

Bachelor Projekt 2014



Titelblad:

Titel: Bachelor projekt

Tema: Fjernstyret Semi-submergable vessel til ROV med henblik på rensning af havvindmølle fundamenter.

Hovedvejleder: Anders Schmidt Kristensen

Projektperiode: 20. april – 30. oktober

Forfatter: Martin Risvig Dohn

Sideantal: 67

Antal oplag: 4

Synopsis:

Dette forskningsprojekt er udarbejdet som en del af et koncept, der skal produceres og bruges kommercielt i nærmere fremtid. Projektet er baseret på et offshore faretøj, der skal være i stand til at huse en ROV (Remotely Operated underwater Vehicle) til rensning af fundamenter på offshore vindmøller. Faretøjet skal kunne transportere en ROV samt kunne levere strøm, modtage/sende informationer og yde beskyttelse. Derfor skal der kunne være plads til meget udstyr ombord på faretøjet, for at kunne leve op til kravene. Der skal bl.a. være en diesel generator, brændstoftank, en styring med GPS opkobling samt muligheden for at kunne hæve og sænke hele faretøjet. Mange af delene er "hyldevare" derfor går projektet ud på, at finde den bedste måde at konstruere faretøjet på, således at det kan udføre opgaverne på tilfredsstillende vis.

I rapporten vil der blive belyst de tanker og overvejelser der er gjort undervejs, samt de beregninger der ligger til grund for de valg der er taget. Der vil være illustrationer, tegninger og modelleringer igennem hele rapporten, og i Appendiks vil CAD-tegninger og Excel dokumenter være at finde.

Forord:

Rapporten er udarbejdet i samarbejde med Anders Schmidt Kristensen, og er en del af et større kommercielt projekt, omhandlende rensning af fundamenter på offshore vindmøller. Rapporten afspejler nogle af de færdigheder jeg har tillært mig, under uddannelsen til maskiningeniør på Aalborg Universitet i Esbjerg samt egne erfaringer. Der vil blive brugt CAD-tegninger og FEM-analyser til at illustrere koncepter og endelige konstruktioner, samt normer fra DNV til beregning af de styrkemæssige forhold der vil gælde for konstruktionen. Ydermere vil der blive brugt litteratur fra tidligere fag/kurser.

Igennem rapporten vil der være henvisninger til kilder, der er med til at underbygge teorier og udsagn i rapporten. Disse er markeret med parentes [Nr.] hvor nummeret henviser til kildens placering i kildelisten. Det samme gælder for figurer og billeder, hvilket også er markeret med: [Nr.] og derved er at finde omme i kildelisten under Billeder/illustrationer. For elektroniske kilder er denne markeret med E[Nr.]

Appendiks og bilag vil være at finde på den vedlagte CD.

Jeg vil gerne rette en tak til Anders Schmidt Kristensen, for god vejledning og et godt samarbejde.

Esbjerg d. 30. oktober 2014

Martin Dohn

Indholdsfortegnelse:

Indledning.....	1
Initierende Problem.....	2
Symbolliste	3
Problembeskrivelse	4
Problemanalyse	5
Problemformulering.....	6
Krav til konstruktionen	6
Nedbrydning af krav	7
Kontrollerbar opdrift, flydeevne og stabilitet.....	7
Konstruktionsmaterialet skal kunne holde til maritimt miljø	8
Launch and recovery af ROV	9
Materiale til bærerammen:.....	12
Tyngdepunkt:.....	14
Valg af ROV + TMS	17
Valg af ombordværende udstyr.....	21
Beregning af konstruktion	23
Pontoner:.....	30
Svejsninger	33
Pulversvejsning:.....	34
MIG og MAG:	35
TIG:	36
Elektrode:	37
Konstruktionen	38
Fremgangsmåde i Inventor.....	41
Padeye	58
Svejsning.....	61
Diskussion	64
Konklusion	65
Litteraturliste	66

Indledning

Vi er i Danmark stolte af at være en af de nationer der er længst i udviklingen af vindmøller. Det er vi bl.a. fordi vi er et land med meget vind, og har virksomheder som Vestas til at udnytte det. Vestas er pt. førende inde for vindmølleproduktion i Danmark, og har den højeste ydende/producerende vindmølle i deres sortiment.

Da vi er et arealmæssigt lille land, har vi ikke muligheder for at sætte store vindmøllefarme op på land, som kan generere strøm nok til at dække alles energiforbrug. Men da Danmark er omringet af hav, er det nærliggende at sætte vindmøllefarmene op langs kysterne. Der er både masser af plads, ingen naboer og intet der dækker for vinden. Det er en perfekt måde at høste vindens energi på, men det har også sine omkostninger.

Da det er havvand møllerne står i er slidtagen på tårnene mange gange større end på land. Da vindmøllerne er konstrueret af stål, er de automatisk udsat for korrosion, og i særdeleshed de dele der er i saltvand. Monopælene som vindmøllerne står på, er coatet med samme slags maling man bruger til store tankskibe, for at afskære dem fra elementerne. Det afskærmer havvandet fra stålet, og derved mindsker man risikoen for korrosion.

Den største trussel mod denne beskyttelse er begroninger og lignende. Dette bliver ofte refereret til som "biofouling" og er en betegnelse for muslinger, tang, skjolder osv. der sætter sig på overflader der er under havoverfladen.

Problemet med denne biofouling er, at det er med til at ødelægge malingen, hvilket fører til grubbetærring af metallet. Dette er med til at gøre fundamentet skrøbeligt, og i værste tilfælde kan det få vindmøllen til at kollapse. En havvindmølle koster i omegnen af 100 millioner kroner, så der er mange penge på spil, for uden de menneskeliv der kunne være i potentiel fare. Ved Horns Rev 2 er der opsat 91 offshore vindmøller E[1] som hver producerer 2,3 MW.

Derfor er det nødvendigt at vedligeholde fundamenterne på havvindmøllerne, så eventuelle defekter kan opdages og udbedres i tide.

Til dette bruger man pt. dykkere til at rense fundamenterne, men dette er meget tidskrævende og ikke særlig effektivt. Derfor vil en automatiseret løsning være at fortrække, således at man kan gøre det mere effektivt og uden at være afhængig af et helt mandskab.

Projektet går derfor ud på at konstruere en automatiseret løsning, der kan styrres fra land.

Dette vil blive gjort ved at lave en drone, der kan huse det nødvendige maskineri til opgaven. Den skal både kunne opereres manuelt, samt køre automatisk.

Dog vil projektet kun omhandle konstruktionen af dennes ydre, og ikke belyse styringen der lægger bag ved denne. Det vil sige at det er selve rammekonstruktionen og valg af komponenter til at udføre opgaven.

Da en ROV er en hyldevare er der blevet valgt en specifik model til dette, så konstruktionen af rammen er det der er i fokus.

Selve rammen vil blive beregnet ud fra de laster den vil blive udsat for under drift, samt dem der vil være på konstruktionen når den er oppe på land.

Initierende Problem

Da dette projekt omhandler tilblivelsen af en prototype til at fjerne biofouling fra havvindmøller, bliver resultatet et koncept, og ikke et fuldstændigt produkt. Projektet hører samtidig under kategorien "forskningsprototype" og der vil derfor ikke være udført og overholdt samtlige sikkerheds- og offshore protokoller, da prototypen primært bliver produceret til at teste. De endelige model vil selvfølgelig blive godkendt og certificeret efter reglerne.

Dette leder derfor til følgende initierende problem:

"Hvad er det bedste bud på et fjernstyret og ubemandet faretøj, der kan fjerne biofouling fra fundamentene på havvindmøller?"

Derved skal det også testes om den løsning der bliver fremlagt i denne rapport, kan klare de belastninger den vil blive udsat for.

Symbolliste

N	-	Newton
kg	-	kilo
mm	-	milimeter
m	-	meter
x_{cm}	-	center of mass
π	-	Pi
r	-	radius
l	-	længde
v	-	volumen
$\sigma_{eff,s}$	-	effektive spænding
σ	-	spænding
τ	-	tøjning
F	-	kræft
γ_{M2}	-	partialkoefficient
β_W	-	korrelationsfaktor

Problembeskrivelse

For at konstruere en bæreramme, hvor der er monteret udstyr til at drive denne og en ROV, er der mange faktorer der skal kortlægges. Desuden er der også nogle krav til konstruktionen, som skal være overholdt, inden den kan konstrueres og testes. Derfor er der opsat nogle **primære krav** og nogle **sekundære krav**. Disse vil blive beskrevet senere i rapporten.

Selve problematikken ligger i konstruktionen, da den både skal være let, stærk, beskyttende og modstandsdygtig over for elementerne. Med elementer menes der vind, vand og blæst samt dens egenvægt.

Et anden essentielt krav er at tyngdepunktet ligge tilpas lavt til, at konstruktionen ikke mister ballansen og vender bunden eller siden i vejret.

Dette bliver en balancegang, da konstruktionen ikke må være for tung til at kunne bære sin egen vægt på land.

Problemanalyse

I dette kapitel vil gitterkonstruktionen blive beskrevet. Der vil blive kigget på strukturens udbøjninger, stabilitet og løftepunkter samt valg af TMS, tank, styring, ROV, powersupply og GPS.

Der vil blive brugt Inventor til at tegne og beregne konstruktionen med. Samtidig vil der blive gennemgået de basale regler for en rammekonstruktion.

Der vil desuden blive set på de laster der forekommer ved løft af konstruktionen samt de laster der er påført via udstyr og ballast.

Problemformulering

Krav til konstruktionen

Da dette er et forskningsprojekt der ender ud i et koncept, er det vigtigt at sætte nogle krav til konstruktionen. Dels for at have en guideline til det endelige koncept, men samtidig også for at få truffet alle de rigtige valg hen ad vejen.

For at sætte kravene op skal der overvejes, hvilke krav der er de primære og hvilke der er de sekundære. Det er klart at de primære krav er "need to have" hvor de sekundære krav kun er "nice to have" hvilket er med til at skitsere konceptet på en struktureret måde.

De primære krav er nødvendige for at konceptet kan opereres, og virker efter hensigten.

De sekundære krav er med til at gøre betjening, designet, funktionerne osv. bedre og nemmere.

Kravene opstillet på punktform:

Primære krav:

- Kontrollerbar opdrift, flydeevne og stabilitet
- Konstruktionsmaterialerne skal holde til maritimt miljø
- Launch and recovery af ROV
- Skal have et lavt tyngdepunkt
- Bærerammen skal kunne
 - Huse drivenhed/power supply
 - Påmonteres TMS under vandoverfladen
 - Fastgøres med pontoner
 - Løftes op af vandet med kran
 - Stilles på land, hvor det er rammen der skal kunne supporte vægten

Sekundære krav:

- Skal konstrueres af standard profiler
- Der skal være få samlinger/svejsninger
- Vægten skal holdes nede
- Skal opbygges i moduler, for bedre at kunne skifte/reparere dele
- Skal kunne styre sig selv (AI)

Da kravene er sat op kan de enkelte dele undersøges, for at sandsynliggøre om kravene kan imødekommes. Desuden kan delene der skal monteres og går under kategorien "hyldevare" udvælges, hvorved bærerammen kan dimensioneres og konstrueres.

Nedbrydning af krav:

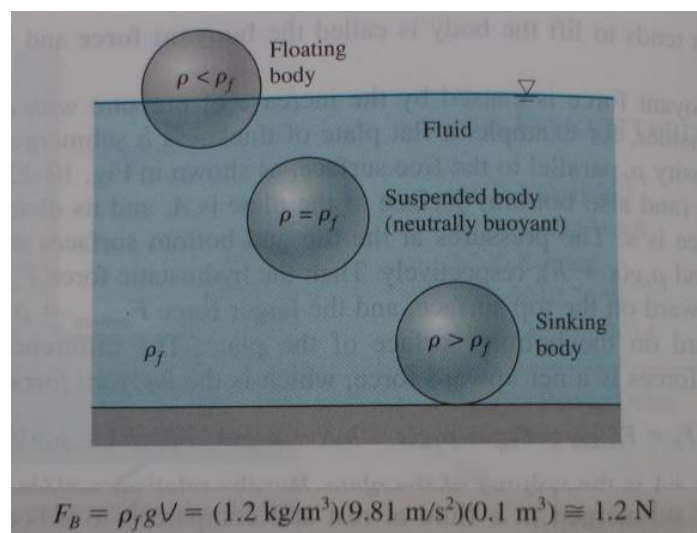
For at bryde de primære krav ned, bliver der set på punkterne individuelt.

Kontrollerbar opdrift, flydeevne og stabilitet:

Opdriften bliver bestemt af de pontoner der bliver fastmonteret på konstruktionen. For at konstruere disse skal der først ses på udformningen af dem. Det er ikke lige meget hvilken form de får, da dette kan have konsekvenser for den videre konstruering eller deres ønskede egenskaber.

Pontonerne er i princippet beholdere der indeholder luft og/eller vand, alt efter hvor meget opdrift der skal være i dem. Opdriften bestemmes teknisk set af to faktorer: Vægten af den mængde vand de fortrænger, samt den dybde de er på.

Vægten af den væske de fortrænger, kan omsættes til den opdrift de maksimalt kan yde. Dette kan ses ud fra denne formel, der forklarer omstændighederne omkring opdrift.



Figur 1: Dette er et eksempel på hvordan, et givent emne ville opføre sig under nedsænkning i væske. [L1]

Som det er vist i figur 1 er opdriften på emnet, tilsvarende den vægt væsken der bliver fortrængt har. I dette tilfælde bliver det til 1,2N så hvis massefylden for bolden er under $1,2\text{kg/m}^3$, vil denne flyde. Er massefylden den eksakt samme vil den være stationær og hvis den er over, vil bolden synke.

En ponton kan være konstrueret i mange materialer, da det eneste formål den har, er at levere opdrift. Dog vil der blive monteret propeller på de pontoner der bliver brugt i dette koncept, da det bliver nødvendigt at de både kan levere opdrift samtidig med fremdrift.

Da vægten på den samlede konstruktion bliver relativ høj, skal volumen af pontonerne også have en tilsvarende størrelse. Specielt da det er tiltænkt at det kun skal være pontonerne, det holder konstruktionen flydende. Konstruktionen bliver dog fremstillet af rørprofiler, så den luft der bliver "fanget" i selve rammen, hjælper også til opdriften.

De endelige beregninger på pontonerne kommer senere i rapporten, sammen med valg af udformning og materiale.

Konstruktionsmaterialet skal kunne holde til maritimt miljø:

For at konstruktionen ikke skal forgå i maritimt miljø, hvor korrosion nemt forekommer grundet bl.a. saltvand, skal der nøje overvejes hvilket materiale den bliver lavet i.

Som udgangspunkt vil en konstruktion være både let og modstandsdygtig, hvis den blev konstrueret i aluminium. Dettets modstandsdygtighed over for korrosion kommer ved, at aluminium danner et oxidlag på overfladen, der virker beskyttende over for elektronvandring. Derved bliver aluminiummet skånet for de ydre elementer, og korrodere ikke yderligere (såfremt oxidlaget forbliver intakt).

Men da der skal monteres bl.a. en TMS og andre elementer, der typisk er konstrueret i rustfri stål, vil der opstå en spændingsforskel imellem disse, hvilket vil agere som en katalysator for korrosionen. Derfor vil det være mest hensigtsmæssigt at udarbejde rammen i rustfri stål, så denne forskel ikke bliver en betydende faktor for installationen af de drivende dele.

Legering	Korrosionspotentiale Volt SCE		
Grafit	+ 0,30	-	+ 0,20
Platin	+ 0,25	-	- 0,05
Titan	+ 0,10	-	- 0,05
Austenitisk rustfrit stål (passiv)	+ 0,10	-	- 0,10
Kupronikkel	- 0,15	-	- 0,25
Bly	- 0,15	-	- 0,25
Ferritisk rustfrit stål (passiv)	- 0,20	-	- 0,35
Kobber	- 0,30	-	- 0,35
Messing	- 0,30	-	- 0,40
Aluminiumbronze	- 0,30	-	- 0,45
Austenitisk rustfrit stål (aktiv)	- 0,45	-	- 0,55
Ferritisk rustfrit stål (aktiv)	- 0,45	-	- 0,55
Ulegeret stål	- 0,60	-	- 0,75
Aluminium	- 0,75	-	- 1,00
Zink	- 0,95	-	- 1,05
Magnesium	- 1,55	-	- 1,65

Figur 2: Den galvaniske spændingsserie i havvand, hvor det kan ses at Austenitisk- og Ferritisk rustfrit stål er passive, og derfor vil være de bedst kvalificerede materialer til opgaven. [L2]

For at få en længere levetid på konstruktionen, vil en overfladebehandling med maling, samt en anode til at give katodisk beskyttelse være at foretrække. Ved at benytte en overfladebehandling, kan man undgå at aflejringer/begroninger føre til en hurtig og kraftig grubetæring, hvilket vil resultere i omfattende reparationer.

Samlingerne er endnu et punkt, hvor der skal overvejes brug af metode. Der kan enten blive brugt boltesamlinger, nitter eller svejsninger. Alle metoder er velegnet til brug offshore, og det vil der også gøres brug af på denne prototype. Dog er de forskellige metoder fordelagtige i hver sit sammenhæng.

Det er fx ikke en god ide at samle rammen med bolte eller nitter, da der ønskes en stiv og tæt konstruktion. Så selve rammen kan med fordel svejdes sammen. Udstyret kan derimod nemt blive boltet fast til konstruktionen, da dette sikre at det er nemt at skifte ud, hvis der er defekter eller der skal laves service på disse.

Til plader der fastgøres på konstruktionen kan nitter bruges. Det er nemt at installere, og samtidig kan disse bores ud, hvis der sker skader eller der skal gøres plads til brug af kran, ved udskiftning af andre komponenter.

Det vigtigste er at det er af samme materiale, da der ellers vil forekomme den før omtalte spændingsforskel, hvilket leder til korrosion.

Dette punkt vil blive belyst senere i rapporten, når konstruktionens opbygning skal belyses, hvor der også bliver gået mere i dybden med "Marine grade steel".

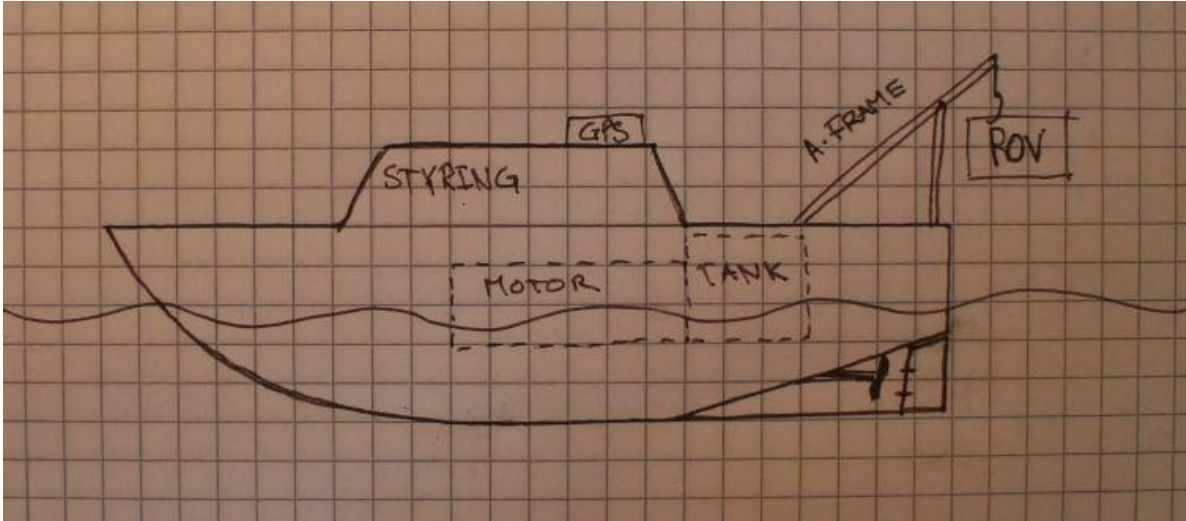
Launch and recovery af ROV:

Det er essentielt at en ROV nemt og bekvemt kan sendes på opgave, og bagefter kan returnere til fartøjet uden yderligere udfordringer. Det er derfor vigtigt at der er tænkt på, hvordan denne operation skal foregå.

Ideen er at der er færre steps, hvor det kan gå galt eller hvor der er store belastninger på systemet, hvis selve ROV'en er under vandoverfladen under hele forløbet. Men for at få en ide om hvad der er vigtigt for projektet, er der tre forskellige ideer til hvordan man kan udføre den opgave, som konceptet skal kunne håndtere.

De tre metoder:

1. Koncept:



Figur 3: Koncept 1 er konstrueret ud fra et bådsrog. Dette er ikke en endelig tegning, men kun en skitse af en ide.

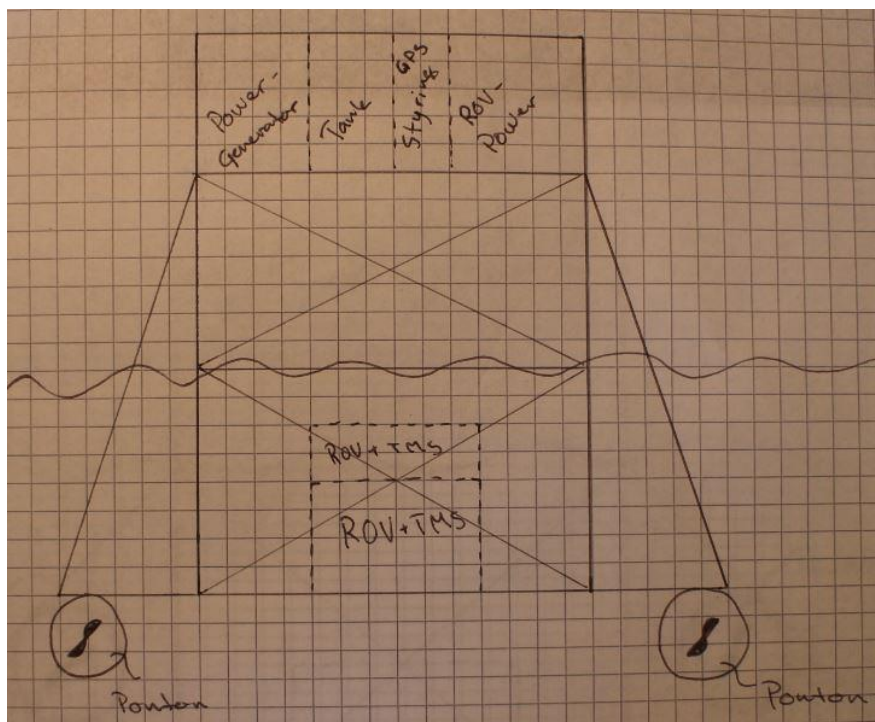
For at komme billigst omkring kostprisen ved at bygge dette koncept, vil det være en fordel at benytte allerede eksisterende moduler, og bygge konceptet op derfra. Denne ide er illustreret ved at benytte et skrog fra en båd, og påmontere en a-frame på den. A-ramen skal bruges til at sænke og hejse ROV'en i og op af vandet. Desuden skal den være med til at give ROV'en strøm og instrukser, via et kabel. Da det ikke er et skib der er bemanded, skal der ikke tages hensyn til en besætning, og derfor kan skibets motor levere alt strømmen. For at denne ikke skal tankes for ofte, kan meget af skibets plads bruges til at huse en stor dieseltank.

2. Koncept:

Dette koncept er ikke bygget efter allerede eksisterende fartøjer, som koncept 1 er. Derimod er dette koncept tænkt som en helt ny måde at huse og søsætte ROV'en på. Der er tænkt andre baner, og det der gør denne konstruktion speciel er, at ROV'en aldrig kommer op over vandoverfladen. Den forbliver under overfladen, og er tiltænkt kun at komme op til overfladen, når hele konstruktionen skal i land til service. Derfor er det også vigtigt at ROV'en kan klare alting fra denne undervandsdock, hvor den har et TMS (Tether Management System) som kan lavere strøm og information til ROV'en.

Da det ikke er alt der er bygget til at komme i havvand, er alle de tørre komponenter holdt over overfladen. De er sikkert gemt væk, så vind, regn og havvand ikke kommer til at gøre en forskel under dårlige vejrforhold. Derfor er det et must at disse elementer bliver holdt hver for sig, da det i værste tilfælde kan resultere i nedbrud ellers kortslutning af hele systemet.

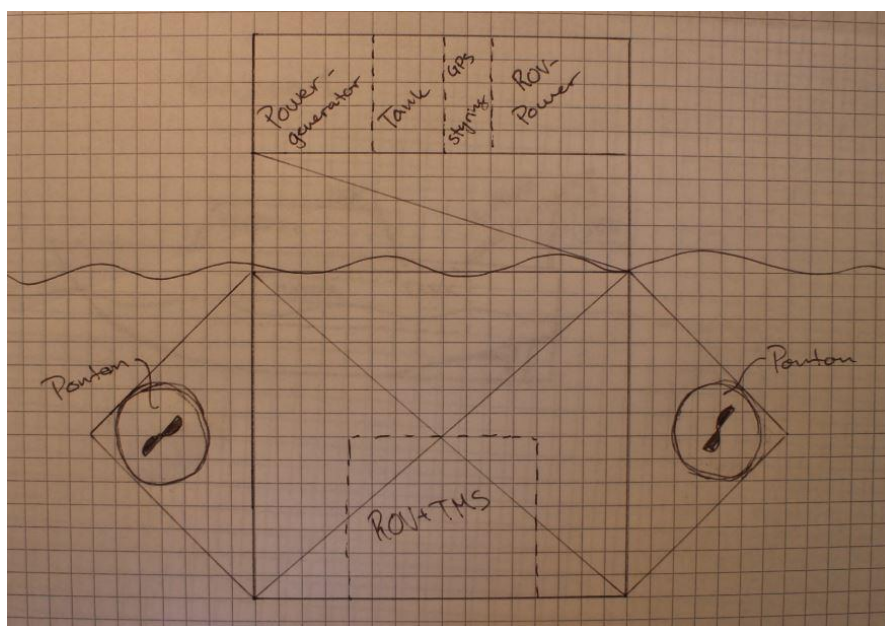
For at sikre dette, ser koncept 2 således ud:



Figur 4: Koncept 2 er konstrueret ud fra en gitterstruktur, for at gøre den let og samtidig mindre påvirket af vind og bølger.

3. Koncept:

Det sidste koncept bygger på ideer fra koncept 2, dog er der tænkt mere over placeringen af pontonerne. Dette skulle gøre at stabiliteten bliver forbedret, da tyngdepunktet bliver ændret i forhold til opdriften fra pontonerne. Hvilket også gør at ROV'en har nemmere ved at tage fra og lægge til i TMS'et.



Figur 5: Koncept 3 er en videretænkning af koncept 2. Der gælder mange af de samme fordele, dog med nogle forbedringer.

Forskellen fra koncept 1 til 2 og 3 er, at der ikke er forbundet risici ved at "søsætte" ROV'en, da den allerede er i vandet. Derfor er det den sikreste måde at håndtere denne på, og derved eliminere risikoen for fejl eller skader. Det er specielt hårdt at søsætte ROV'en i koncept 1, da bølgerne gør at der bliver introduceret stress af a-rammen, da bølgerne vil "hive" i ROV'en indtil den er sikkert under overfladen. Derefter er det kablet der vil være under stress, da båden følger bølgegangen, og ROV'en ikke bliver udsat for de samme ændringer i placeringen under vandet. Derfor skal hele "Launch and recovery" systemet være af teknisk mere avanceret karakter, ellers risikere man brud eller i værste tilfælde at skibet synker.

De sidste krav til konstruktionen er, at den skal være konstruktionsmæssigt gennemtænkt, sikker, nem at servicere og samtidig kunne holde til de laster den bliver udsat for i- og uden for vandet. Det vil med andre ord sige, at den skal konstrueres til at have mindst muligt nede- service tid samt holde til at operere i mange timer under maritime forhold. Men når det er sagt, er det også en prototype til et forskningsprojekt, og derfor skal den endelige test af konstruktionen ske under drift/service på land og i vandet.

De krav der er stillet er derfor ikke faste, men det er et endelig mål at få konstruktionen til at dække samtlige krav tilfredsstillende.

Materiale til bærerammen:

For at bærerammen skal kunne holde til at være i havvand, og samtidig blive udsat for stress, er det vigtigt at finde den rigtige type stål. Det skal være en ståltype der er til at arbejde med, så den kan svejdes sammen og skæres til efter behov. Samtidig ville det være en fordel, hvis den var af en type, der allerede bliver produceret, så der ikke bliver sat krav til eksotiske stålarter. Dette vil samtidig være med til at holde prisen nede, hvilket gør at konceptet bliver nemmere at skaffe midler til at få produceret.

Hvis konstruktionen skal holde til at være i maritimt miljø, er det nødvendigt at materialet er af "Marine grade steel". Dette er en betegnelse for en ståltype, der er velegnet til brug i havvand.

Af rustfri ståltyper er der disse to typer og vælge imellem:

Ferritisk rustfri stål og Austenitisk rustfri stål.

Ferritisk rustfrit stål udmærker sig ved at være sammensat således, at der ikke dannes Austenit ved opvarmning. Der er dog enkelte undtagelser, men som hovedregel er ferritisk rustfrit stål fri for austenit. Dog er der få tilfælde, hvor der bliver dannet mindre mængder af austenit, og betegnes derfor som en ferritisk-martensitisk blanding. Dette forårsager at denne blanding ikke kan normaliseres ved opvarmning, hvilket er en ulempe ved svejsning, da man bibeholder de spændinger der tilføjes ved den ekstreme opvarmning svejsning forårsager. Ved denne opvarmning får man forøget størrelse af kornene således at

styrken bliver høj, men sandsynligheden for sprøde brud bliver forøget. Dette gør også at denne legering ikke er velegnet til brug i et miljø med lave temperaturer.

Austenitisk rustfrit stål er en legering af jern, krom og nikkel. Nikkel er et meget vigtigt metal i denne legering, da denne er med til at stabilisere dannelsen af austenit. Ved en procentdel på ca. 8% og en smelte/temperatur på imellem 750-1500°C er det ikke længere muligt at der dannes martensit i korngrænserne, og der kan derved sikres et rent austenitisk stål ved bratkøling. Dette gør også at dette stål ikke er magnetisk ved stuetemperatur, i modsætning til ferrit der kan forekomme ferromagnetisk. Derfor er det nemt at teste stålet for austenitisk stål, da man kun behøver at have en magnet med.

Austenitisk ståls store force, når projektet skal tages i betragtning er, at det er korrosionsbestandigt og dermed er velegnet til brug i offshore miljøer.

Samtidig er det en ståltype med en relativ lang forlængelse i forhold til belastning, hvilket er med til at sikre konstruktionens beskaffenhed ved dynamiske udefrakommende kræfter.

Efter vægtning af de to typer at rustfrie stål, er valget gået på Austenitisk stål. Grunden til at valget faldt på denne ståltype er, at den vil være bedst egnet til at være offshore (der tænkes på temperatur, saltvand, bølge- og vindbelastninger samt sammenstød). Samtidig med det bliver konstruktionen af rammen også nemmere, da der kan svejse i stålet uden at svække det betydeligt.

For at holde omkostningerne nede, og ikke konstruere en ramme der skal laves specielle profiler til, bliver der valgt et rørprofil med målene: 100mm x 100mm og med en godstykkelse på 5mm.

Stålet det er produceret i er EN 1.4404 (AISI 316L) der er den mest benyttede ståltype til offshore brug, da den er utrolig resistent over for korrosion. Stålet er stort set identisk med AISI 316, dog er denne AISI 316L en variant med lavere indhold af karbon, hvilket gør at den er bedre at svejse i.

RUSTF.RØR 1.4404 100/100/5,0

METAL BLK.
Saninr. 1042712 / Fællesnr. 2509378105

Udskriv



Type	Kvadratisk profilerør
Overflade	uslebet
Kvalitet	4404
Længde ca.	6 m
Højde	100 mm
Bredde	100
Bredde	100 mm
Godstykkelse	5 mm
Vægt	15,32 kg/m
Dimension	100 X 100 X 5.0 mm
Certifikat	EN10204/2.2
UNSPSC	40142117

Figur 6 - Sanistål kan levere det valgte profil i det rigtige stål. [6]

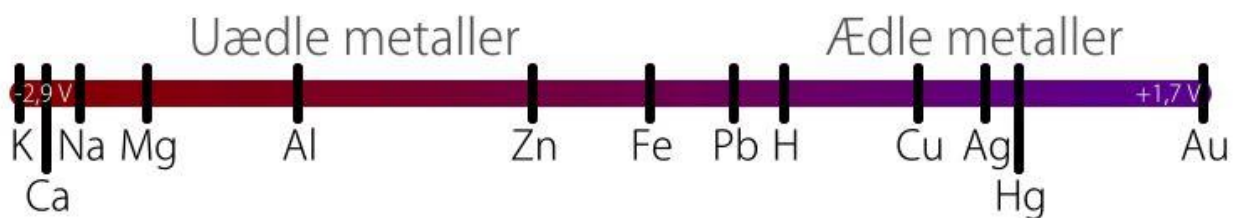
Nu hvor materialet til selve rammekonstruktionen er bestemt, kan beregningerne af udbøjninger og holdbarhed over for belastninger laves. Dog er der aspekter med hensyn til tilføjelser, der skal kortlægges inden den videre konstruktion af hele fartøjet fortsætter.

Da den galvaniske spændingsrække forskriver, at et metal der er mere ædelt end et andet, under rette forhold vil modtage elektroner fra det andet metal, for at skabe ligevægt i spændingen imellem disse.

Får det betydning for konstruktionen, da det er planen at der skal installeres en TMS i bunden af fartøjet, hvor ROV'en har sin base.

Denne er konstrueret i aluminium og er derved lavere i spændingsrækken end stål er (I dette tilfælde ASIS 316L) Derfor skal der tages hensyn til den måde de to samles på, således at en elektronvandring ikke kan finde sted.

Dette kan gøres meget simpelt ved, at afskærme den direkte kontakt imellem de to metaller, ved eventuelt brug af en gummipakning. Dog skal de bolte der bruges, være af samme materiale som det de skal skrues fast i.



Figur 7 - Den forenklede spændingsrække, hvor det er tydeligt at Al ligger lavere end Fe. [5]

Tyngdepunkt:

Efter vider arbejde med konstruktionen af bærerammen, er der dukket et vigtigt aspekt op, nemlig hvordan tyngdepunktet kan blive holdt så lavt som muligt.

Dette er specielt vigtigt på havet, da bølgerne og vinden meget nemt kan få konstruktionen til at smide sig om på siden eller vende bunden i vejret, hvis tyngdepunktet ikke er lavt nok.

Det vil svare til at tage en tom ½liters flaske, og smide den i et bassin. Den vil bestemt ligge på siden, da det er dér tyngdepunktet er lavest. Men tilføjer man den rigtige mængde vand i flasken, kan man få den til at flyde rundt med låget opad.

Det er det samme princip denne konstruktion skal konstrueres ud fra, da den vil havare hvis vægtfordelingen ikke er korrekt.

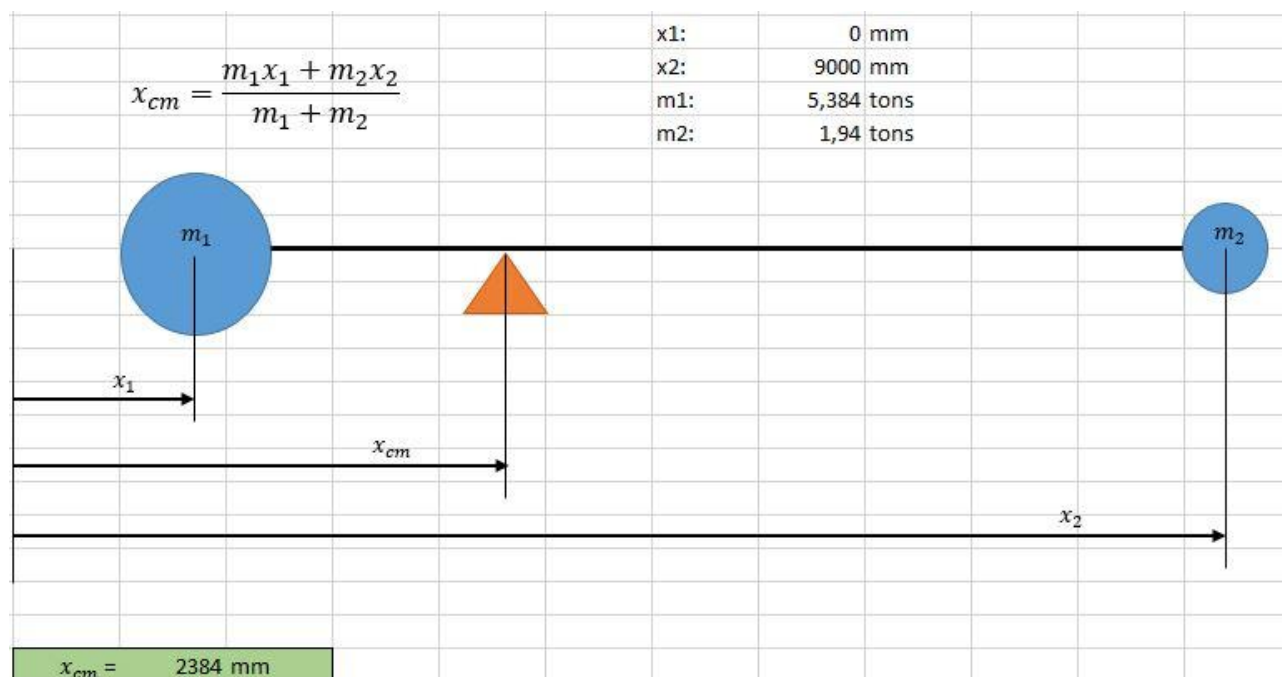
Da mange af de instrumenter og maskiner der er med på faretøjet, ikke må blive våde eller fugtige, giver det en begrænsning for hvordan vægtfordelingen kan ændres.

Som et overslag er der her en figur der illustrere den tvungne vægtfordeling.

Vægt af konstruktion:	
Øverste del:	
Kontaineren:	2 tons
Generator:	1,95 tons
Strømforsyning:	
Unit:	0,23 tons
Tool:	0,104 tons
Tank:	0,55 tons
GPS-styrning:	0,05 tons
Ekstra:	0,5 tons
Sum af tons:	5,384 tons
Rammen:	1,983 tons
Nederste del:	
ROV+TMS:	1,44 tons
Ekstra:	0,5 tons
Sum af tons:	1,94 tons

Figur 8 - Grunden til at der ikke står en vægt ud for "Strømforsyning:" er at den dækker over "Unit:" og "Tool:" og derfor blev delt op i disse, i stedet for en samlet vægt.

Ved den tvungne vægtfordeling er tyngdepunktet meget højt. Faktisk ligger det så højt, at det ikke engang er under vandoverfladen. Illustrationen viser afstanden fra toppen af konstruktionen til tyngdepunktet.



Figur 9 - Ved at benytte formlen, er tyngdepunktet fundet til at ligge 2384mm fra toppen.

I og med at vandoverfladen er 5000mm fra toppen af konstruktionen, ligger tyngdepunktet altså 2616mm over vandoverfladen. Det vil betyde at konstruktionen vil kæntre, hvis denne blev sat i vandet som den er.

Dog er der en mulighed for at justere tyngdepunktet, da der ikke er medregnet selve gitterkonstruktionen og pontonerne. Disse kan bruges til at justere opdriften og samtidig give vægt til den nederste del af konstruktionen.

En af løsningerne kunne være brug af beton, der har en høj massefylde. Hulrummene i rørprofilerne kunne fuldes op med beton (kun i den del der er fra vandoverfladen og ned) for derved at give mere vægt til bunden.

Hvis den løsning ikke er tilstrækkelig, kan pontonerne også blive dimensioneret anderledes, således at de kan indeholde ballast, og derved forøge vægten yderligere i bunden.

En af de forhindringer der kan komme ved denne måde er, at pontonerne ikke kan indeholde nok luft til at levere den fornødne opdrift, og derved gøre projektet udueligt.

En tredje løsning ville være at placere betonblokke i bunden af konstruktionen, sammen med TMS og ROV. Derved kan vægtfordelingen blive perfekt, samt ved service på land, kan de fjernes og derved lette hele konstruktionens vægt.

Da de bliver synlige og ikke pakket ind, kan ROV'en tjekke dem fra land, så der kan holdes øje med tilstanden af disse.

Valg af ROV + TMS

Konstruktionen af ROV og TMS er en meget kompleks opgave, der kræver et stort videns grundlag både elektronik-, materiale- og mekanikmæssigt. Det er derfor ikke muligt at konstruere disse uden den fornødne viden og erfaring, der gør at disse kan måle sig med dem der allerede er på markedet.

Ud over den manglende erfaring, vil en konstruering af disse tage mange måneder og adskillige tests for at komme i nærheden af et endeligt resultat der er brugbart.

Derfor er valget faldet på en allerede eksisterende model, der er testet og er i brug verden over. Disse maskiner/konstruktioner er i den kategori vi kalder "hyldevare" og har derfor mange fordele i forhold til en model der er lavet fra bunden.

Valget er faldet på en model fra Saab Seaeye LTD. og er valgt på baggrund af de opgaver den skal løse. Andre modeller har også haft interesse, men ud fra de krav der er til dem, var det Saab der kunne levere den bedste løsning.

Valget af ROV og TMS er tager ud fra disse krav:

- Elektrisk drevet
- Skiftbar værktøj
- Lang umbilical cord
- Alt udstyr er under vandoverfladen
- Nem at installere på selve konstruktionen

De modeller der vagte interesse er listet nedenfor, og blev derefter sat op imod hinanden.

Soil Machines Dynamics Ltd.

Model: ATOM – Ultra Compact ROV

Denne ROV er kompakt og lavet til at udføre arbejde under vandet. Den er specielt velegnet til at bore og udføre lette reparationer. Den kan leveres med en ultra kompakt TMS, hvorfra den også kan af- og påmontere værktøj. Den er lavet til at udføre vedligehold under vandoverfladen, og det er derfor denne er kommet med i betragtning.



Figur 10 - ATOM ROV klar til montering på et skibsdæk. ROV'en bliver søsat ved, at man svinger den ud over siden på skibet, og derefter hejser den ned i vandet.

Fordelene ved denne ROV:

- Kraftfuld
- Lav vægt
- Ultra kompakt TMS
- Kan operere i 4000m dybde

Ulemperne ved denne ROV:

- Operere via hydraulik
- Kræver en stor mængde strøm til at drive systemet
- Fylder meget over vandet (styrning og hydraulikstation)
- Er designet til kun at operere fra en båd

Saab Seaeye LTD.

Model: Seaeye Cougar-XT

Denne model er også kompakt, men bliver udelukkende drevet af elektricitet. Den er lavet til at arbejde med tunge opgaver, hvor der kræves masser af kræfter. Desuden er den designet til hurtigt at kunne skifte værktøj, der derved gør den yderst fleksibel. Den er lavet til også at udføre vedligehold under vandoverfladen, og gør den derfor interessant til projektets formål.



Figur 11 - ROV med TMS. TMS'en yder beskyttelse samt muligheden for at skifte værktøj hurtigt og nemt.

Fordelene ved denne ROV:

- Lav vægt
- Hurtig til at skifte værktøj
- Drives udelukkende af strøm
- Kan monteres under vandet
- Kraftig
- Kan operere i 2000m dybde

Ulemper ved denne ROV:

- De elektriske komponenter er altid under vand
- Kræver en stor mængde strøm

Da de fleste ROV ligner hinanden, vurderes det at udvælgelsen kan ske på baggrund af fordelene og ulemperne ved enten elektrisk eller hydraulisk drevne ROV'er.

Selv de ROV'er der drives af hydraulik minder utroligt meget om dem der drives udelukkende af strøm, bortset fra at der skal benyttes en hydraulikstation til den ene model, hvor man kan udelukke den ved de modeller der drives direkte af strøm.

Desuden er det også stort set det eneste der gør en forskel, når det er i tankerne at ROV'en skal passe til projektet. Grunden til dette er, at der er minimalt med plads ombord, så sammen med alle de andre ting der skal tilpasses og kringles ind på den sparsomme plads, er det en kæmpe ulempe.

Desuden er hele projektet drevet af én enkelt generator, og da denne skal have mulighed for så stor tank som muligt, grundet den effektive arbejdstid offshore, er der ikke plads til yderligere enheder.

Så på baggrund af disse overvejelser, bliver valget til dette projekt:

Saab Seaeye Cougar-XT med alle fordelene ved at fylde mindst, og ikke gå på kompromis med ydeevnen.

Valg af ombordværende udstyr

Da ROV'en er valgt, mangler der en generator og en computerstyring af ROV samt fartøjet.

Disse komponenter bliver valgt på samme måde som med ROV'en. Disse komponenter er allerede lavet i massevis og kommercielt fungerer de optimalt. Derfor bliver de valgt efter hvad markedet kan tilbyde, da de også hører ind under "hyldevare" kategorien.

Generator:

Denne skal være en diesel-model, da den er billigere i drift og vedligehold, end en benzin drevet model.

Alle modeller kører konstant, og bruger derfor en del diesel i løbet af et døgn. Derfor skal der installeres en stor dieseltank, så konstruktionen kan være arbejds effektiv i flere timer, i stedet for at bruge diesel på at komme ind og tanke, og ud til sitet igen.

Dog er der en ny model af generatorer, der bygger på ideen om at kunne gå i dvale, når der ikke er et forbrug på strømmettet. Denne model er designet her i Danmark, og kommer fra Infotech Concepts ApS.

De er tidligere blevet nævnt i Ingeniøren, hvor de blev rost for ideen, da der ikke fandtes noget lignende andre steder i verdenen. Efter nærmere inspektion af specifikationerne, sammenlignet med det forbrug der vil være på dette projekt, har de lavet en model der dækker kravene fuldt ud.

Derfor vil denne form for hybrid generator blive brugt, da den kan opnå en besparelse af brændstof på hele 75% [E3]

Generatoren fungerer ved at have en batteripakke installeret, som både kan starte generatoren og samtidig give strøm til de elementer der trækker på strømmettet. Generatoren går først i gang, når der er >50% forbrug, i forhold til makseffekten der kan blive genereret.



Figur 12 - Modellen der bliver brugt er denne. Den har navnet Powerstation Plus og fylder det der svare til 1½ paller.

Valget faldt på deres model *Powerstation Plus* og har disse specifikationer og mål:

Peak power output ranges from 30 to 90 kVA.
Size: l, w, h: 1200 x 1160 x 2250 mm
Weight: 1700 - 2250 kg
Diesel tank capacity: 730 liter

Alt efter forbrug, vil denne kunne drive ROV og kommunikation i flere måneder. Samtidig med at den kan gå i dvale, hvis vind og bølger ikke tillader at der bliver arbejdet.

Når prototypen er bygget og testet, kan der også inkorporeres en større tank. Men som udgangspunkt skal den monteres som den er bygget fra fabrikken.

Computerstyring til ROV og fartøj:

Styringen til ROV'en følger med i "pakken" og er beskrevet i kataloget for ROV'en i appendiks. Der er både beskrevet dimensioner, vægt og strømforbrug.

Computerstyring af fartøj med integreret GPS bliver konstrueret specifikt til dette projekt. Mange komponenter så som en GPS antenne er hyldevarer, og de er også lavet til at kunne modstå det maritime miljø de kommer til at operere i.

Alle komponenterne der skal bruges, og ikke tåler saltvand, bliver anbragt i en container der er designet til at holde vand ude. Denne container vil blive anbragt i toppen af konstruktionen, således at den ikke bliver udsat for bølger, samt for at give en frigang ved høj sø.



Figur 13 - Maritim GPS med forskruninger. Denne skal sidde udenfor, og kan nemt blive installeret på toppen af containeren.

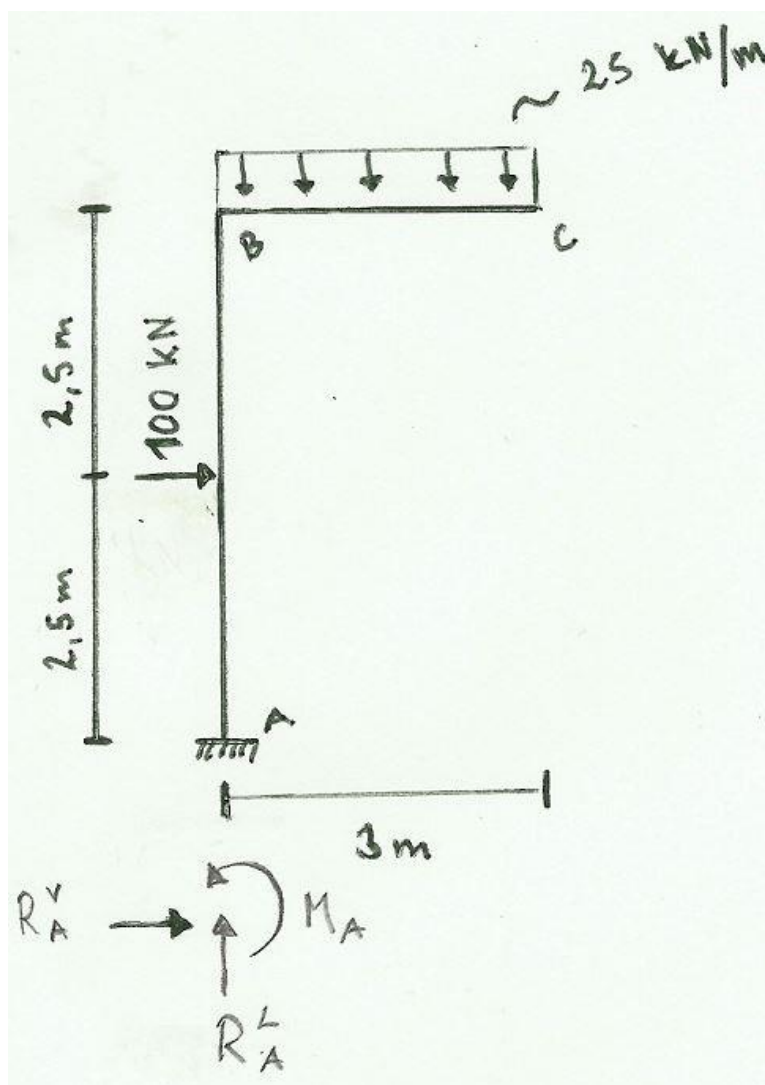
Beregning af konstruktion

For at være sikker på at konstruktionen kan holde til de belastninger den vil blive udsat for, kan Inventor lave en statisk beregning af udbøjninger og stress. Derved kan de aktuelle belastning blive afprøvet, inden konstruktionen bliver samlet.

Dog skal der laves beregninger i hånden, således at Inventor kan valideres inden de beregninger kan danne grundlag for om konstruktionen kan holde.

Derfor er disse beregninger lavet på en simpel konstruktion, således at de kan sammenlignes med de værdier Inventor giver.

Konstruktionen der bliver regnet på ses illustreret nedenfor.



Figur 14 - En simpel rammekonstruktion, hvor der både er en fordelt last, samt en punktlast.

Konstruktionen er simpel, så den ikke giver anledning til fejl, da beregningerne derfor ligeledes bliver simple.

Beregningerne der er lavet på baggrund af denne konstruktion, tager udgangspunkt i ligevægtsprincippet. Det vil sige at der bliver taget udgangspunkt i Newtons 1. lov, som kan oversættet sådan:

" Et legeme som ikke er påvirket af en kraft, eller af kræfter, der ophæver hinandens virkning, vil enten være i hvile eller foretage en jævn retlinet bevægelse"

Sagt på en anden måde så er vores konstruktion i hvile, hvilket gør at en hver kræft har en ens og modsatvirkende kræft. Deraf kommer ligevægtsprincippet, da alle kræfter summeret skal give nul.

Beregningerne viser princippet i forhold til konstruktionen:

Reaktions bestemmelse

Vandret ligevægt:

$$\begin{aligned} \rightarrow R_A^V + 100 \text{ kN} &= 0 \\ R_A^V &= \underline{-100 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Lodret ligevægt:

$$\begin{aligned} \uparrow R_A^L - 25 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m} &= 0 \\ R_A^L &= \underline{75 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Moment om A: $\curvearrowright +$

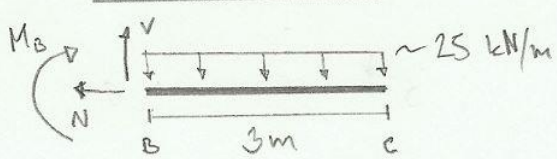
$$\begin{aligned} -100 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} - (3 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}) \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ m} \\ + M_A &= 0 \\ M_A &= \underline{437,5 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Figur 15 - Pilene med et lille + ved, viser i hvilken retning der regnes positivt.

Beregningerne tager udgangspunkt i A, og viser de resulterende kræfter og moment der er i systemet, ved den givne belastning. De næste beregninger tager udgangspunkt i B, og viser også hvilken kræft og moment der er i dette punkt.

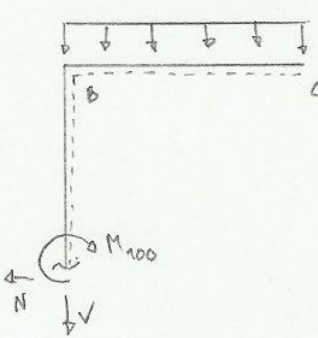
For at regne de kræfter og moment, laves der et snit i punktet hvor punktlasten på de 100kN er.

Moment i B:



$$-(25 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} - M_B = 0$$

$$\underline{M_B = -112,5 \text{ kNm}}$$



Snit ved 100 kN

Moment om snit:

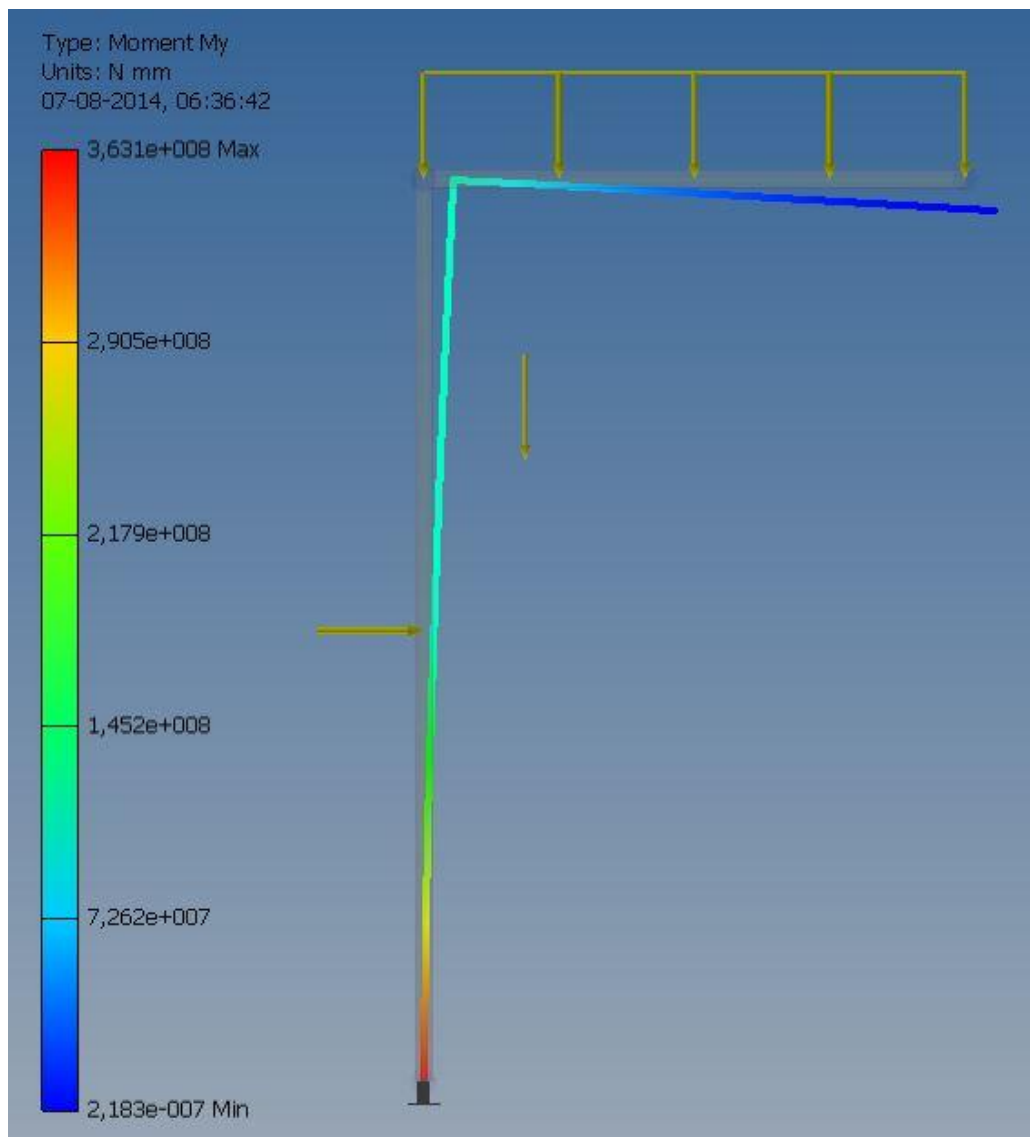
$$-M_{100} - (25 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 0$$

$$\underline{M_{100} = -112,5 \text{ kNm}}$$

Figur 16 - Da momentet skal regnes positivt imod uret, vil udbøjningen ske imod C. Desuden er momentet positivt, og ikke negativt som der er angivet på tegningen og i beregningerne.

Nu da beregningerne er udført, kan disse sammenlignes med dem der er genereret i Inventor. For at kunne validere Inventors beregninger, skal det dog siges at det er svært at sammenligne resultaterne præcist, da kræfterne er vist efter en farveskala.

Dette er nemmere at illustrere end at beskrive, så efterfølgende er de genererede resultater fra Inventor.



Figur 17 - Hele konstruktionen er genereret og deformationen vist. Farveskalaen til venstre indikere det moment systemet bliver påvirket med.

Den gule pil i midten af konstruktionen er en indikation for tyngdekræften, der selvfølgelig også vil have en indvirkning på konstruktionen.

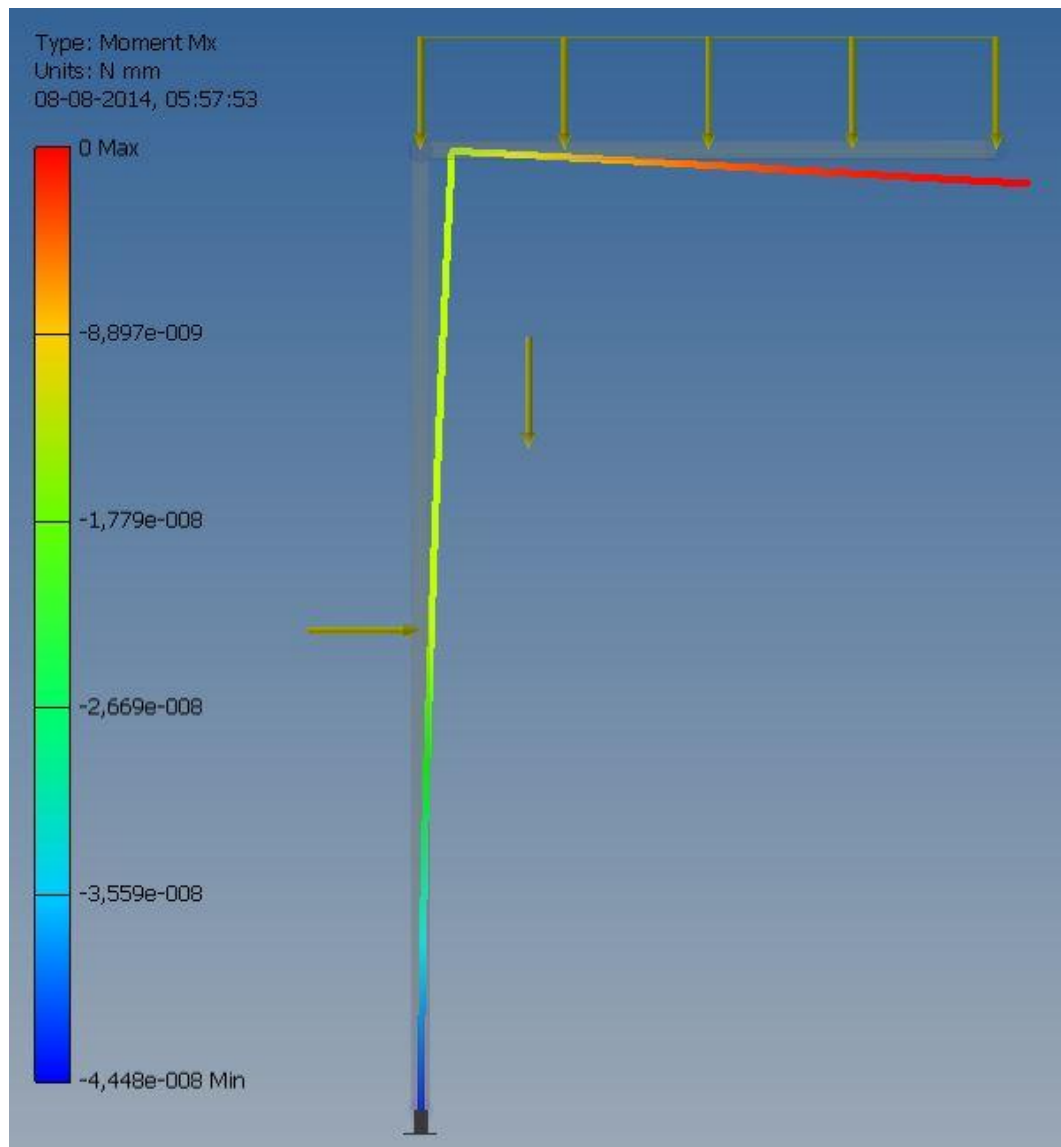
Dog er det ikke noget der er tager forbehold for i håndberegningerne, så resultaterne er desværre ikke sammenlignelige.

Men det giver en go indikation af hvad tyngdekræften bidrager med, kontra en beregning hvor denne ikke er medregnet.

Heldigvis er tyngdekræften ikke påtvunget i Inventor, så efter at have sat denne til 0, blev resultaterne anderledes og sammenlignelige med håndberegningerne.

Resultaterne er svære at bestemme nøjagtigt i Inventor, da den er vist med en farveskala, men der er gjort alt for at gøre det bedst muligt.

Forskellen på resultatet med og uden tyngdekræft er betydelig, og kan ses ved at sammenligne nedenstående illustration med den foregående.

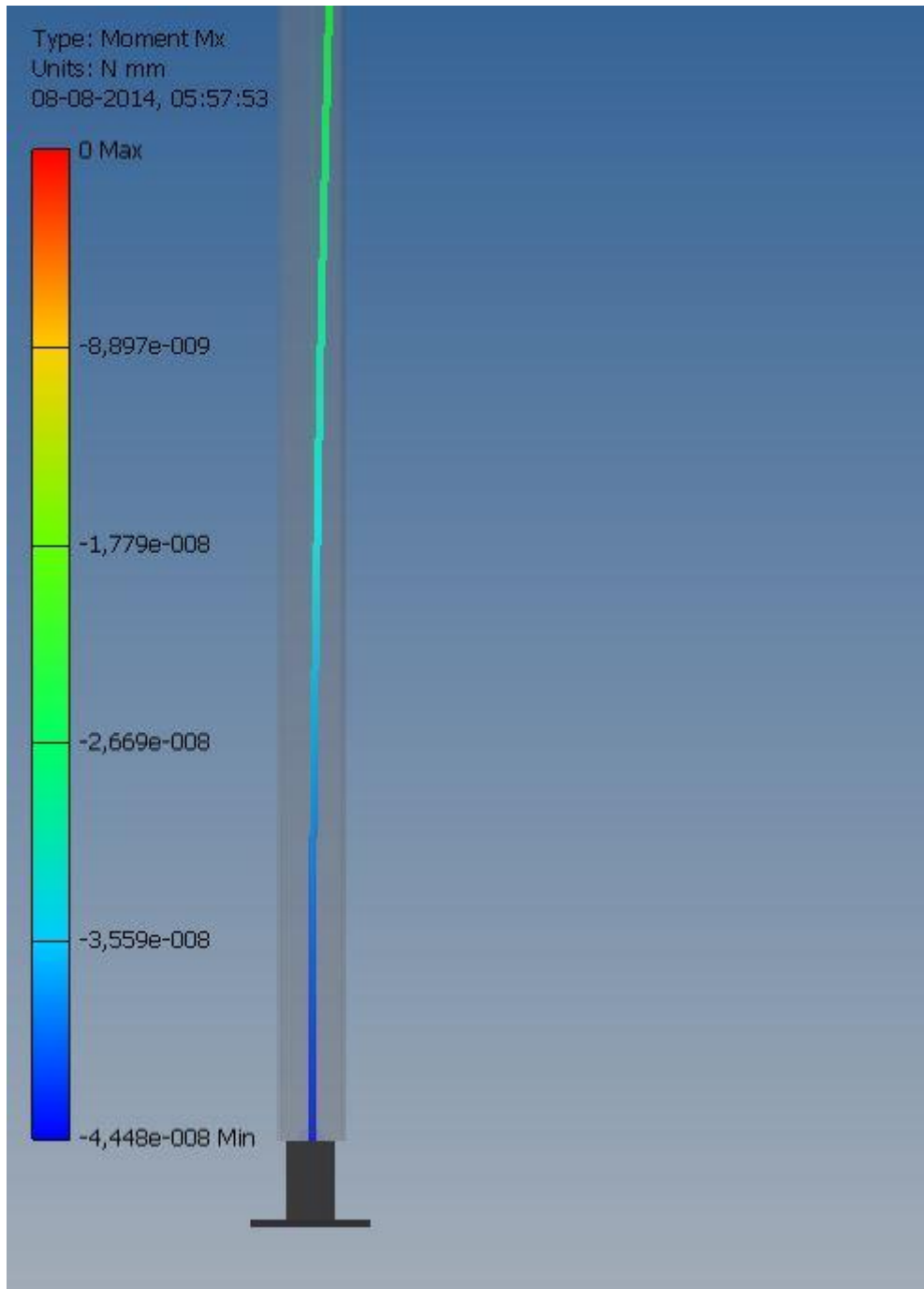


Figur 18 - Resultatet uden påvirkning fra tyngdekræften.

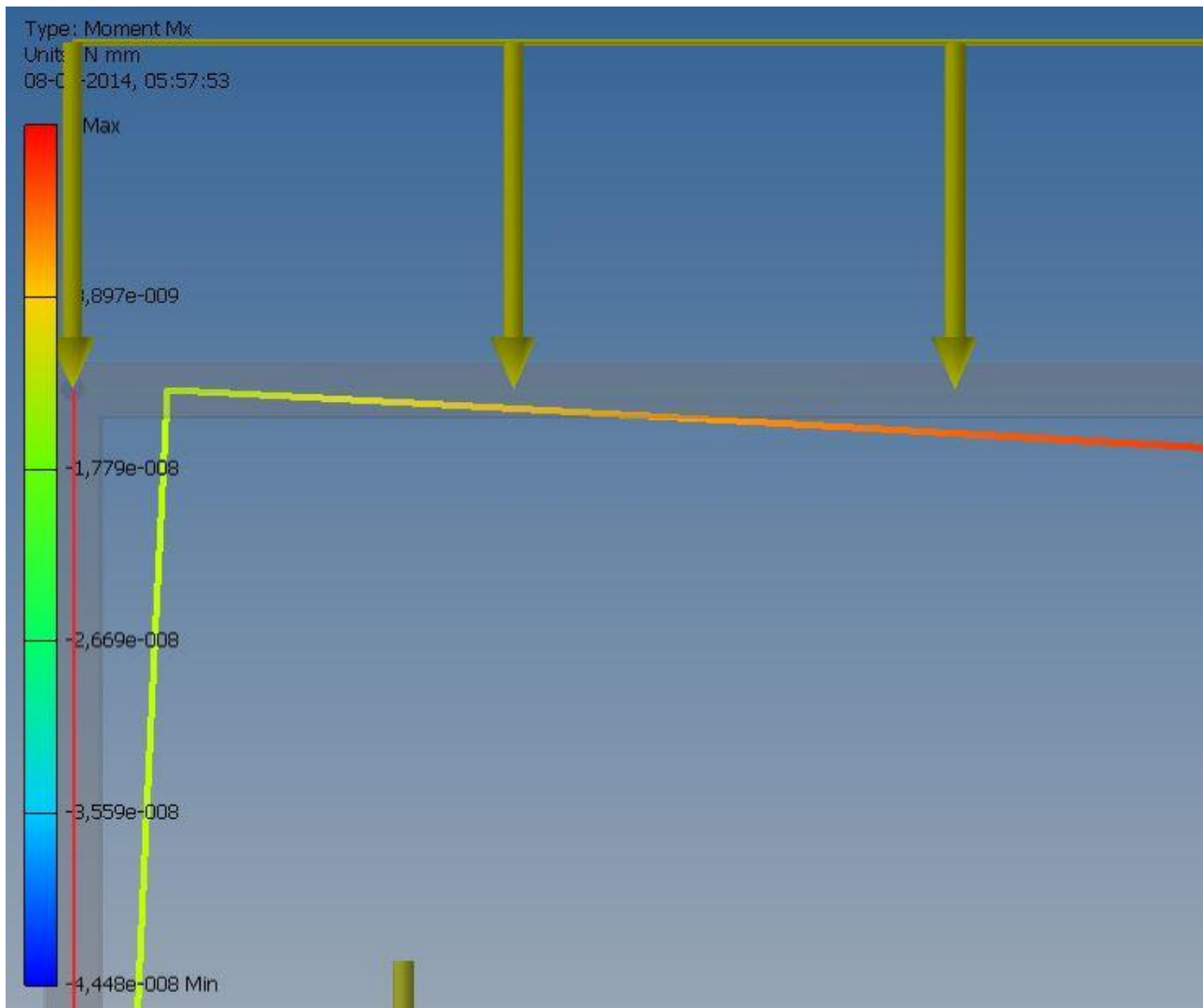
De to resultater (med og uden tyngdekræft) har en forskel på 81,7 kNm, og et vågent øje vil bemærke at det mindste moment ved illustrationen med tyngdekræftpåvirkningen er på 21,8 kNm hvor der selvfølgelig reelt set slet ikke er en påvirkning og derfor har et moment på 0 kNm.

Når håndberegningerne og Inventor beregninger sammenlignes, ses det at resultaterne er meget lig hinanden.

Det bliver tydeligere ved at zoome ind i Inventor, så farverne nemmere kan matches. Derfor er de to næste illustrationer præsenteret af samme grund.



Figur 19 - Moment i A er på 444,8 kNm i følge illustrationen, og i håndberegningerne er den på 437,5 kNm.



Figur 20 - Det er ikke til at se præcist hvor stort momentet i B er, men farverne indikere i hvilket område det ligger.

Ved et kvalificeret skøn, er momentet i B det samme som det moment der er fundet i håndberegningerne, 112,5 kNm.

De vandrette og lodrette kræfter er også ens for Inventor og håndberegningerne, så dette fører videre til at der kan konkluderes, at Inventor er valid til videre beregning af konstruktionen.

Pontoner:

For at holde konstruktionen flydende, samt i den rette dybde for at kunne operere, skal der monteres pontoner. Disse består af en cylindrisk beholder, der fastmonteres til gitterkonstruktionen, så tæt på vandoverfladen som muligt. Grunden til at de skal holdes under vandoverfladen er, at de i dette område er mest muligt effektive, da volumen kontra opdriften er mindst.

Opdrift ved hjælp af pontoner foregår ved at pontonerne fortrænger den mængde vand, der svarer til volumen af dem. Ved at fortrænge vandet, og udskifte det med et stof af anden massefylde (luft), skabes der en opdrift der er lig:

$$\rho_{\text{luft}} - \rho_{\text{havvand}} = \rho_{\text{opdrift}}$$

Hvor opdriften er afstedkommet ud fra *Archimedes lov*, der siger følgende:

”Når et legeme helt eller delvis nedsænkes i en væske, taber det lige så meget i vægt, som den fortrængte væskemængde vejer.”

Det er derfor at pontonerne giver opdrift, da de opfylder den ovenstående læresætning. Hvilket i dette projekt bliver opfyldt ved at pontonerne optager en stor del af vandets plads, og derved bliver den samme mængde vand (det som mængden af vandet vejer) lettere.

Pontonerne er cylindriske med en godstykkelse på få millimeter. Inden den aktuelle godstykkelse kan fastsættes, skal den teoretiske opdrift først beregnes.

Opdriften skal være tilsvarende den neddrift der er ved fuld funktionsstadiet. Det vil sige at fartøjet er fyldt op med brændstof, og at alt værktøj er ombord. Dette er nødvendigt da det er ved denne belastning, pontonerne skal give den maksimale opdrift. Derfor er det vigtigt at kende hele konstruktionens samlede vægt, for at have den kræft der skal modvirkes.

Når neddriften er lige med opdriften, har man opnået det stadie der kaldet for flydestadiet. Det er et stadie hvor man hverken har op- eller neddrift, men i stedet et stationært stadie hvor konstruktionen flyder.

For at opnå dette, skal denne formel være i ligevægt:

$$F_{\text{buoyance}} = \rho_f \cdot g \cdot v$$

Når den samlede vægt af konstruktionen er kendt, kan formelen omskrives og derved give den volumen der skal til at holde fartøjet flydende.

Vægten af fartøjet er blevet målt ud fra de vægtangivelser, producenterne af de forskellige komponenter har beskrevet, samt Inventors indbyggede regnemaskine til at bestemme vægten af rammen.

Når de respektable kilo bliver lagt sammen, og konverteret til [N] bliver dennes neddrift fastsat til 257352,7N hvilket svare til $F_{Buoyance}$ i den tidligere ligning.

Derved bliver værdierne således:

$$F_{Buoyance} = 257352,7N$$

$$\rho_l = 1,269 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 9,82 \frac{m}{s^2}$$

Formlen omskrives så volumen bliver isoleret:

$$v = \frac{F_{Buoyance}}{\rho_l \cdot g}$$

Værdierne indsættes:

$$v = \frac{257352,7N}{1,269 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,82 \frac{m}{s^2}}$$

Resultatet bliver:

$$v = 20652m^3$$

Dog er resultatet baseret på en enkelt ponton, og ikke som i dette projekt, hvor der vil være 2 pontoner. Derfor skal denne volumen deles med 2, og derefter kan pontonerne dimensioneres.

$$\frac{2}{v} = 10326m^3$$

For at kunne regne på pontonerne, skal radius fastsættes til en størrelse. I appendiks er der et Excel ark, hvor der kan laves om på radius, og derved finde længden på pontonerne.

Formlen for en cylindrisk beholder er følgende:

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = v$$

Derfor bliver længden af pontonerne ved $r = 1$ og volumen der blev fundet i ovenstående udregning:

$$l = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Når værdierne er sat ind:

$$l = \frac{10326m^3}{2 \cdot \pi \cdot 1m}$$

Længden af hver ponton bliver derfor:

$$\underline{l = 1643,4m}$$

Da hver ponton er over 1½ kilometer lange, er det urealistisk med denne form for opdrift. Hvis radius på pontonerne fordobles til 2m, vil pontonernes længde blive på 821,7m som også er alt for langt til at kunne blive brugt til projektet.

For at finde ud af hvor stor en radius der skal til ved en max længde på 20m, er denne formel sat op:

$$r = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot l} \rightarrow \frac{10326m^3}{2 \cdot \pi \cdot 20m}$$

Hvilket giver radius til at være:

$$\underline{r = 82,17m}$$

Denne radius svare til 9,13 gange højden på hele konstruktionen. Så hele herligheden kommer til at være konstrueret som et isbjerg, hvor kun 1/10 af konstruktionen er synlig ved overfladen.

Det er ikke meningen at der skal laves konklusioner i dette afsnit, men tallene siger også alt hvad der er at sige.

Der kan være andre faktorer der skal rettes, hvis dette projekt skal kunne lade sig gøre, men disse ændringer vil blive beskrevet senere i rapporten.

Svejsninger

Til at samle hele konstruktionen vil der hovedsageligt blive benyttet svejsninger. Derfor vil dette kapitel beskrive svejsninger og de problemstillinger der er ved at svejse i en stålkonstruktion.

Der er flere forskellige metoder til at svejse med, og de har alle sammen fordele og ulemper i forhold til de opgaver der skal løses.

De mest anvendte svejsemetoder er følgende:

- Pulversvejsning
- MIG og MAG
- TIG
- Elektrode

Ens for disse metoder er, at de smelter grundmaterialets kanter og derved smelter dem sammen. Der behøver ikke at blive tilført nyt materiale ved en svejsning, men ved pulversvejsning, MIG, MAG og TIG er der normalt at der bliver tilført en tråd i form af enten kobber eller det samme materiale som grundmaterialet er af.

Grunden til at der kan blive tilført materiale er, at der oftest er en skærpning, hvorved der skal nyt materiale til at dække det manglende materiale. Der kan både være en lille skærpning, hvor der ikke skal meget til at dække for det manglende materiale, eller en stor skærpning hvor der skal tilføres flere kilo materiale. Dette skal gøres efter en forvisning, og derfor laves der ofte en svejseprocedure før emnerne bliver svejst sammen.

I svejseproceduren bliver der taget hensyn til materiale, pladetykkelsen og tråden der skal tilføre materiale til svejsningen.

For at kunne godkende en svejseprocedure skal der laves en test, hvorefter et certificeret firma godkender proceduren samt en svejseprøve. Selve proceduren bliver overvåget af en udsendt person fra firmaet, dette kan fx være Force Technology, som tager tid på opvarmning af materialet, køletider og svejsetider. Derefter tages svejseprøven med på et laboratorium, hvor det bliver skåret op og testet.

Testene består af slagtest, ultralydstest, metalslib og træktest. Værdierne skal derefter gerne stemme overens med de værdier der er forskrevet i normerne, således at svejsningen kan holde til de belastninger der er foreskrevet til at kunne håndtere.

Gennemgang af de mest brugte svejsemetoder:

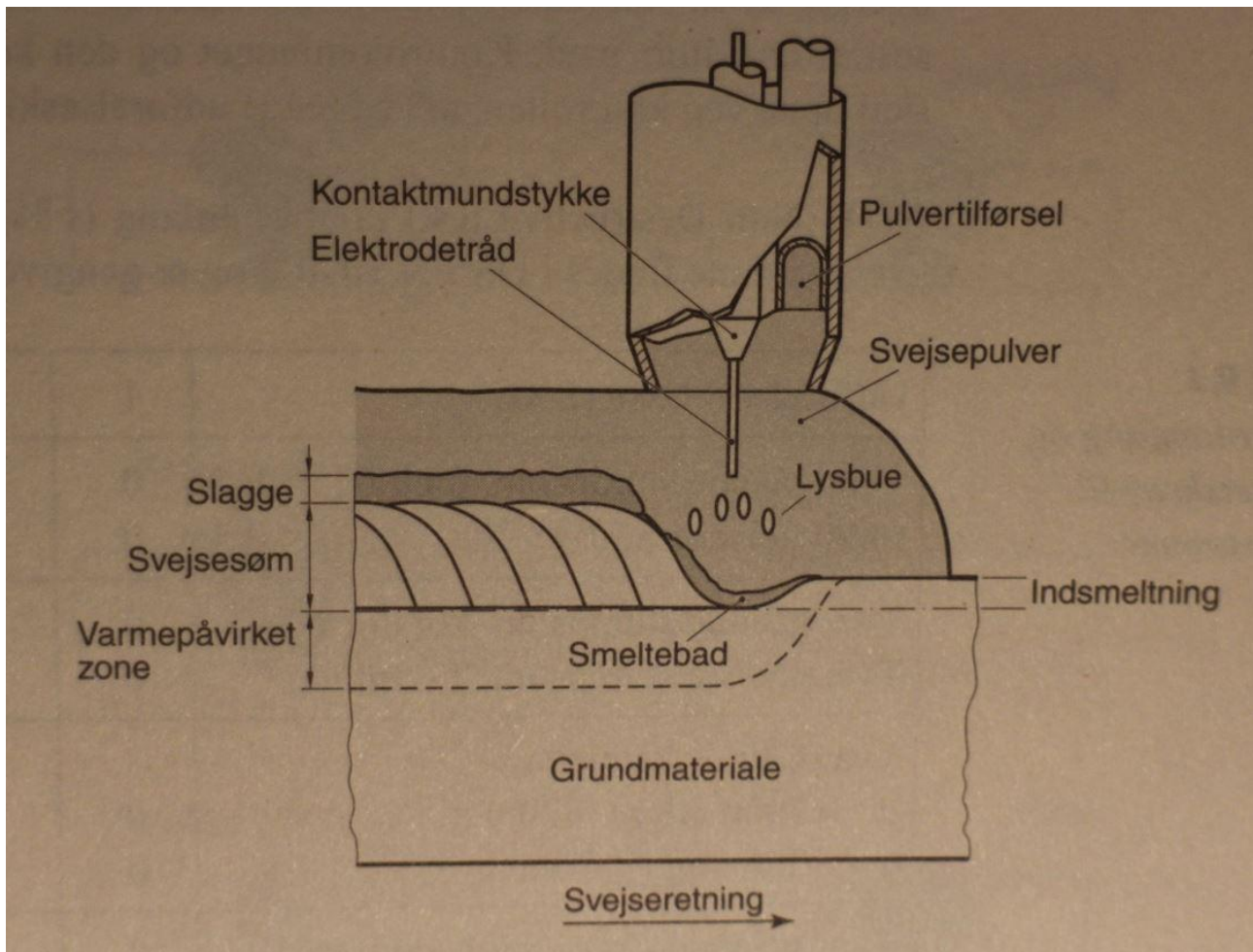
Pulversvejsning:

Denne metode er ofte brugt på massivt gods, hvor der skal fyldes meget fyldmateriale i svejsningen samt udføres lange kontinuerlige svejsninger, som fx rund- og langsøm på vindmølleårne.

Denne metode er yderst effektiv, da der kan tilføres op til tre tråde på samme svejsning, og derved opnå en fyldningsprocent der er langt over hvad man kan opnå manuelt. Desuden er denne svejseform meget ensformig, og man opnår et svejseforløb der er kontrollerbart og effektivt.

Det kræver tungt materiel og meget plads, men dette kan nemt måle sig med den effektivitet der kan opnås ved en fuldt indstillet pulversvejser.

Pulversvejseren fungerer på denne måde:



Figur 21 - Illustrationen viser den grundlæggende ide ved pulversvejsning, dog kan der som tidligere nævnt tilføjes flere elektroder, således at der kan komme mere fyldmateriale i af gangen. [L3]

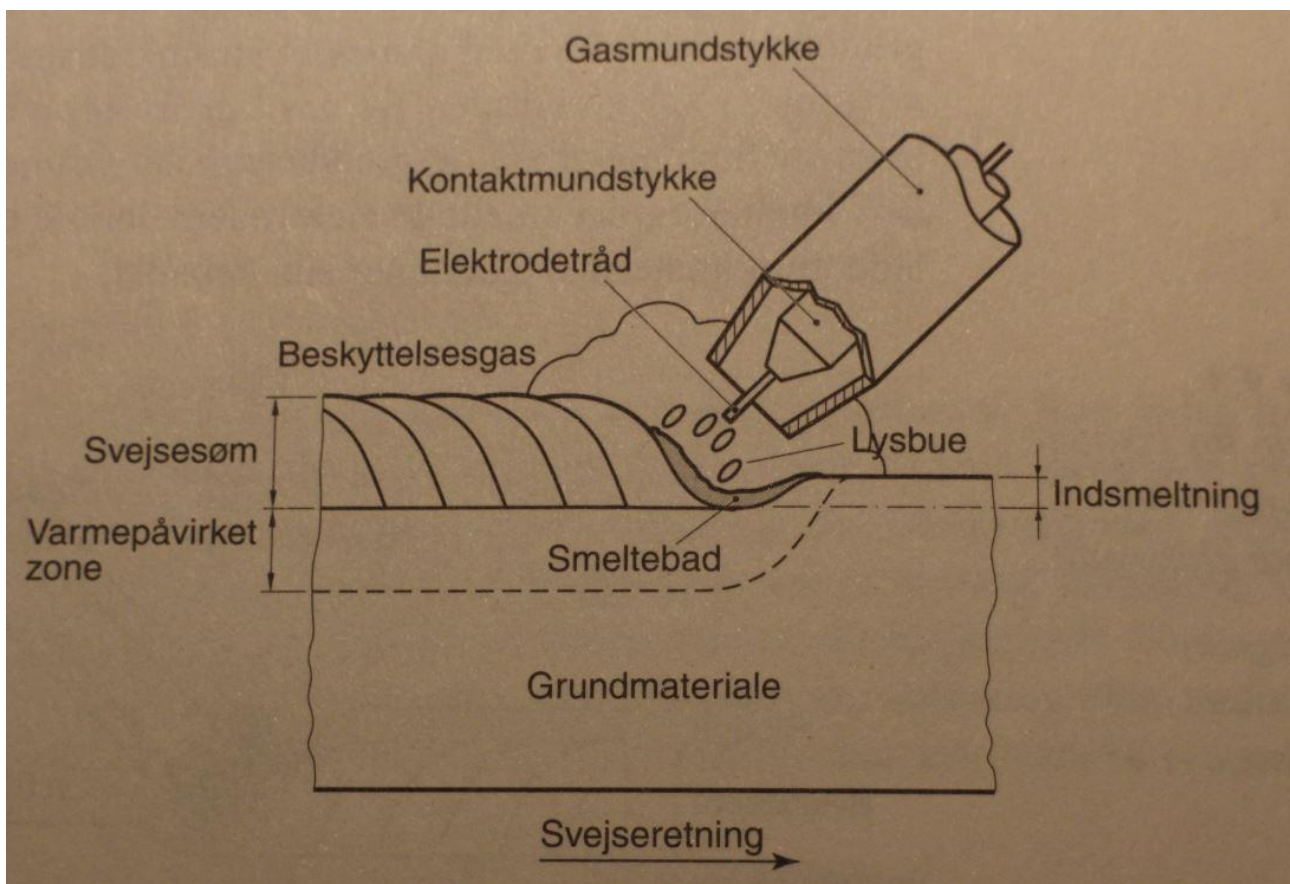
Pulveret der er en vigtig del af denne svejsemetode, er som udgangspunkt produceret via en hemmelig opskrift. Dog er de elementære emner i pulveret bestående af antioxidantstoffer og et middel til at optage urenheder fra svejsningen.

De antioxiderende stoffer er tilsat for at holde atmosfærisk luft fra svejsningen, således at der ikke forekommer en oxidering under processen hvor materialerne er opvarmet til deres smeltepunkt.

Denne metode er automatisk, dog skal der en operatør til at overvåge og indstille maskinen imens den udfører svejsningen.

MIG og MAG:

Denne form for svejsning bliver hovedsageligt brugt på mellemtykke godstykkelser. Det foregår manuelt ved at en svejser føre pistolen, og derved bestemmer hastighed, spænding og tilførsel af materiale.



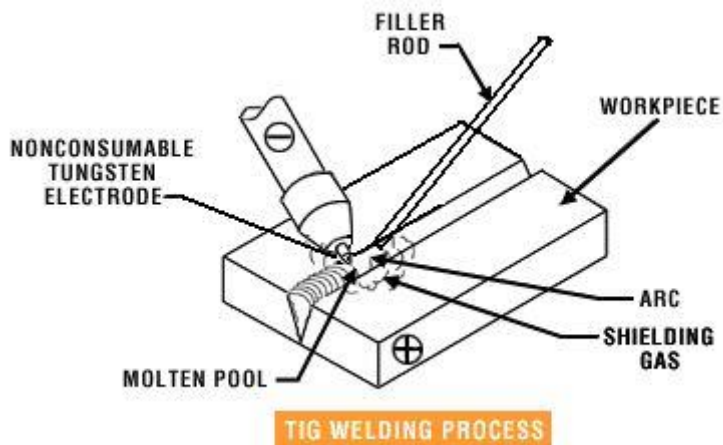
Figur 22 - illustrationen viser hvordan gassen omslutter smeltebadet, således at der ikke sker en oxidation af materialet ved opvarmningen. [L3]

MIG er en betegnelse for en svejsning med inaktiv gas. Forkortelsen kommer fra engelsk "Metal Inert Gas" og kan oversættes til Metal Inaktiv Gas. Betegnelsen MAG er en forkortelse for "Metal Active Gas" og kan oversættes til Metal Aktiv Gas.

Forskellen på disse svejsemetoder er den gas der bliver brugt under selve svejsningen. Den aktive gas er, som ved pulver-svejsning, med til at hindre oxidering samtidig med at den går i forbindelse med smeltebadet og fjerner urenheder. Den inaktive gas er derimod kun til beskyttelse over for oxidering af smelten.

TIG:

TIG er en forkortelse for "Tungsten Inert Gas" og ligesom med MIG og MAG bruges der også en gas til at beskytte med under svejsningen. På dansk kalder vi Tungsten for Wolfram, og dette er en henvisning til at der bliver brugt Wolfram til at lede spændingen igennem.



Figur 23 - Principet i TIG er vist her, hvor der i dette tilfælde bliver tilføjet fyldmateriale. [7]

TIG bliver oftest brugt til små svejsninger og i materiale der er tyndt, desuden kan denne form for svejsning også bruges som "pynt" da de ofte bliver ensformige og flotte. Dette kan blandt andet ses på cykelstel og speciellavede dele til biler.

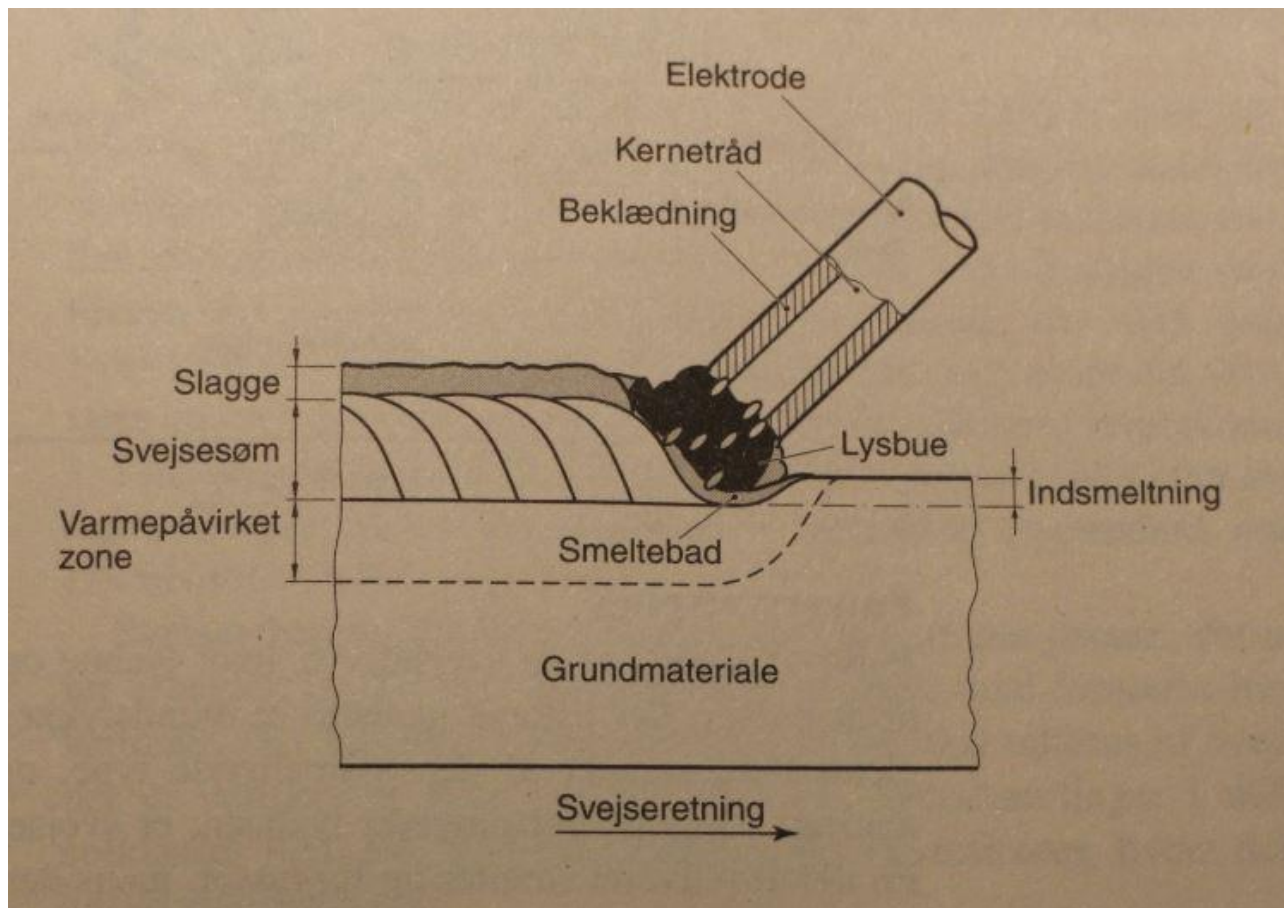
Det er ikke altid nødvendigt at tilføje mere materiale under denne svejsning, men hvis opgaven kræver det kan dette sagtens lade sig gøre.

Ved svejsning i mere eksotiske metaller vil man ofte bruge TIG, da det er muligt at tilføje det samme materiale til emnet, og derved undgå at lave forskel i spændingen af materialerne (ud fra den galvaniske spændingsrække).

Elektrode:

Elektrode bliver oftest anvendt til tunge godstykkelser, da den kan tilføje utrolige mængder varme til materialet. Desuden er den yderst velegnet til brug under vand, da elektroden er beklædt med en antioxidant, og derved ikke skal bruge gas eller flux til at holde ilt væk med.

Denne beklædning er af samme art som den flux der bliver brugt ved pulversvejsning, dog er denne i fast form og omslutter tråden.



Figur 24 - Beklædningen bliver varmet op under svejsning, og danner en slagge der beskytter imod oxidering. [L3]

Elektroden giver også andre muligheder end blot at svejse materialer sammen med. Man kan også skifte elektroden ud, og anvende en der er beregnet til at skære/smelte. Denne elektrode er meget effektiv til at fjerne gamle svejsninger med, og derved gøre plads til en ny.

Specielt under vand er dette en fordel, da det kan være upraktisk at tage pneumatisk værktøj med ned på meget lave dybder, så som fundamentet til en Offshore rig.

Til dette projekt vil der blive svejst med MIG eller MAG, da det både er hurtigst og samtidig kan levere den varme der skal til for at levere en robust svejsning. Dette betyder ikke at de andre metoder ikke kan bruges, da de også sagtens kan levere den svejsning der ønskes.

Grunden til valget gik på MIG eller MAG er på grund af materialets tykkelse og samtidig den udbredelse der er af MIG og MAG maskiner.

Omme i billagene vil der kunne findes arbejdstegninger med anvist svejsesymboler.

Konstruktionen

Fra den første ide til en færdig CAD tegning er der meget langt, og der er mange flere tanker der er gennemgået end dem der er beskrevet i rapporten. I dette kapitel vil der blive forsøgt at tage modtageren med på en tur i det meget omfattende arbejde der ligger i, at ende med en færdig CAD tegning samt arbejdstegninger til konstruering af konstruktionen.

Da senere beregninger viste at pontonerne ikke ville blive af optimale dimensioner, er disse ikke tegnet med i CAD tegningerne. Dog flourer de på de tidligere håndskitser, da disse er lavet så tidligt i forløbet at der ikke er nogen beregninger til at understøtte dem endnu.

Håndskitserne kan ses i afsnit "*Krav til konstruktionen*" under "*Launch and recovery af ROV*" og i de færdige CAD tegninger er gitterkonstruktionen blevet anvendt og tegnet.

Inden en CAD tegning bliver lavet, er der nogle tanker og ideer der skal på plads. Der skal være en rød tråd i metoden denne tegning skal opbygges, da det ellers vil blive en lang og fejlfyldt proces. Noget af det der skal overvejes er om der skal laves arbejdstegninger ud fra den færdige konstruktion, eller om der skal konstrueres stykker af den samlede tegning, således at de vigtige detaljer kan komme med i arbejdstegningen, på en overskuelig og gennemtænkt måde.

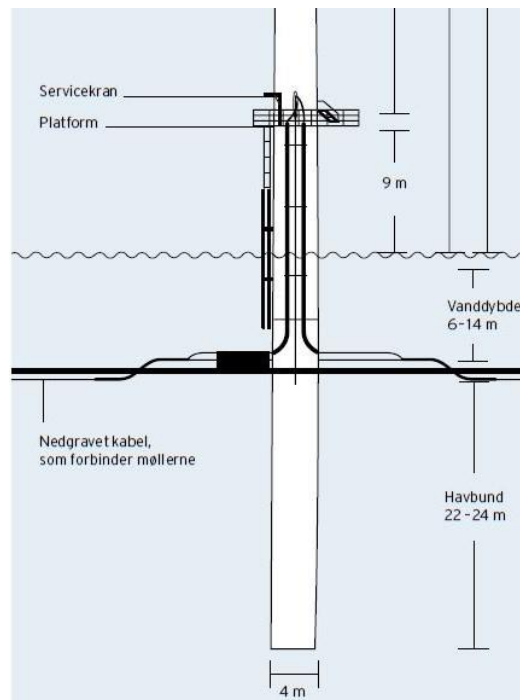
Det er utrolig vigtigt at en arbejdstegning er overskuelig, med præcise beskrivelser af skærpninger, svejsninger og tolerancer, da det modsatte er med til at akkumulere fejl og misforståelser i produktionen. Det er ikke den ingeniør der tegner arbejdstegningerne der skal udføre udarbejdelsen af konstruktionen, så alle tanker og detaljer skal kunne læses ud fra den færdige tegning.

Derfor er det en god ide at dele tegningerne op i dele, således at der ikke hersker tvivl omkring fremgangsmåde, mål eller forarbejdning. Med dette menes det, at der ikke er nogen ide i at have hele konstruktionen samlet i én tegning, da overblikket derved ikke ville være tilstede. Der vil være et hav af informationer omkring skærpning, emners længde, smig, svejsninger, grader på hældninger osv. som for modtageren ikke er overskueligt og derved nemt kan blive overset eller glemt.

Derfor vil arbejdstegningerne i dette projekt, være delt ud på mange tegninger. Disse repræsenterer hver en part, som så bliver specificeret i en endelig tegning.

Gitterkonstruktionen bliver konstrueret efter det miljø den skal operere i, det vil sige at der bliver taget højde for størrelsen af konstruktionen, da den ikke skal risikere at gå på grund eller bliver væltet af bølger eller vind.

Undersøgelser og målinger fra Horns rev 1 viser, at dybden varierer fra 6000-16000mm alt efter om der er flod eller ebbe. Derfor skal konstruktionen kunne ikke stikke dybere end 4000mm da der skal være plads til at denne ikke går på grund eller rammer andet fra havbunden. [Appendiks - HornsRevbroschurdk.pdf]



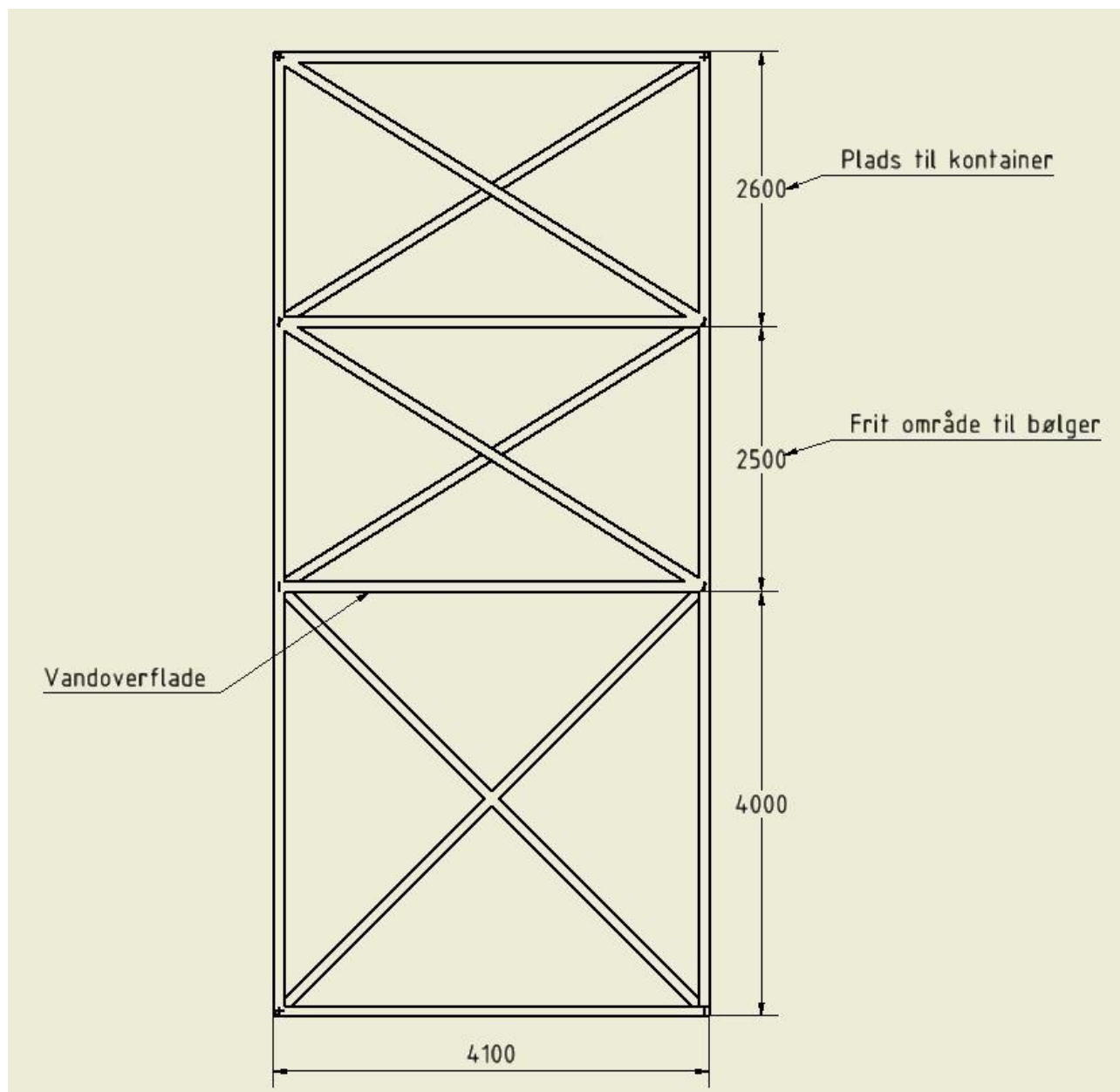
Figur 25 - Vandstanden er skitseret på højre side af vindmøllen. Hele skitsen kan ses i bilag - HornsRevbroschurdk.pdf

Bølgerne er målt til gennemsnitlig at være på 1000-1500mm høje, så da dette er endnu en faktor der skal tages højde for, skal konstruktionen ikke under 2500mm fra havoverflade til de "tørre" elementer der er placeret oven på konstruktionen. Der er enkelte tilfælde hvor bølgerne når 10m, men dette må betegnes som en kritesituation, og forekommer kun ved kraftig vind. Ved en stormvarsling skal faretøjet transportere sig selv til land, hvor den er i sikkerhed for bølger og vind, således at den ikke havarere.

Den øverste del af konstruktionen skal huse de "tørre" dele, der består af en kontainer med transformator, generator, GPS system, styring og kommunikationsudstyr. Dennes dimensioner bestemmes af de komponenter der skal installeres i kontaineren.

Generatoren er den højeste af alle komponenter med 2350mm hvilket er grundlag for at konstruere kontaineren med en højde på 2500mm.

Ud fra de ovennævnte betingelser, bliver konstruktionens mål derfor som vist på skitsen:



Figur 26 - Arbejdstegning fra Inventor, hvor de overordnede dimensioner er sat på. Grunden til at den øverste sektion er på 2600mm er, at der ikke er taget forbehold for dimensionen af de profiler gitteret er konstrueret af. Alle dimensionerne er i mm.

De overordnede dimensioner er fastsat, og derved kan gitterstrukturen og de andre dele konstrueres.

Dette bliver gjort i Inventor og i det samme program vil der blive lavet arbejdstegninger.

Fremgangsmåden vil blive vist med skitser og udpluk af tegningerne. De endelige arbejdstegninger og 3D tegninger vil være at finde i bilagene.

Fremgangsmåde i Inventor

Det er vigtigt at gøre sig en ide om hvordan konstruktionen skal tegnes, inden man går i gang. Dette er med til at eliminere fejl og ekstra arbejde, da det ofte kan være omfattende at konstruere en færdig model uden en plan.

Derfor er tegningsforløbet opridset i punkter, for at gøre arbejdsgangen så overskuelig og nem som mulig.

Tegningsdele i kronologisk rækkefølge (grove træk):

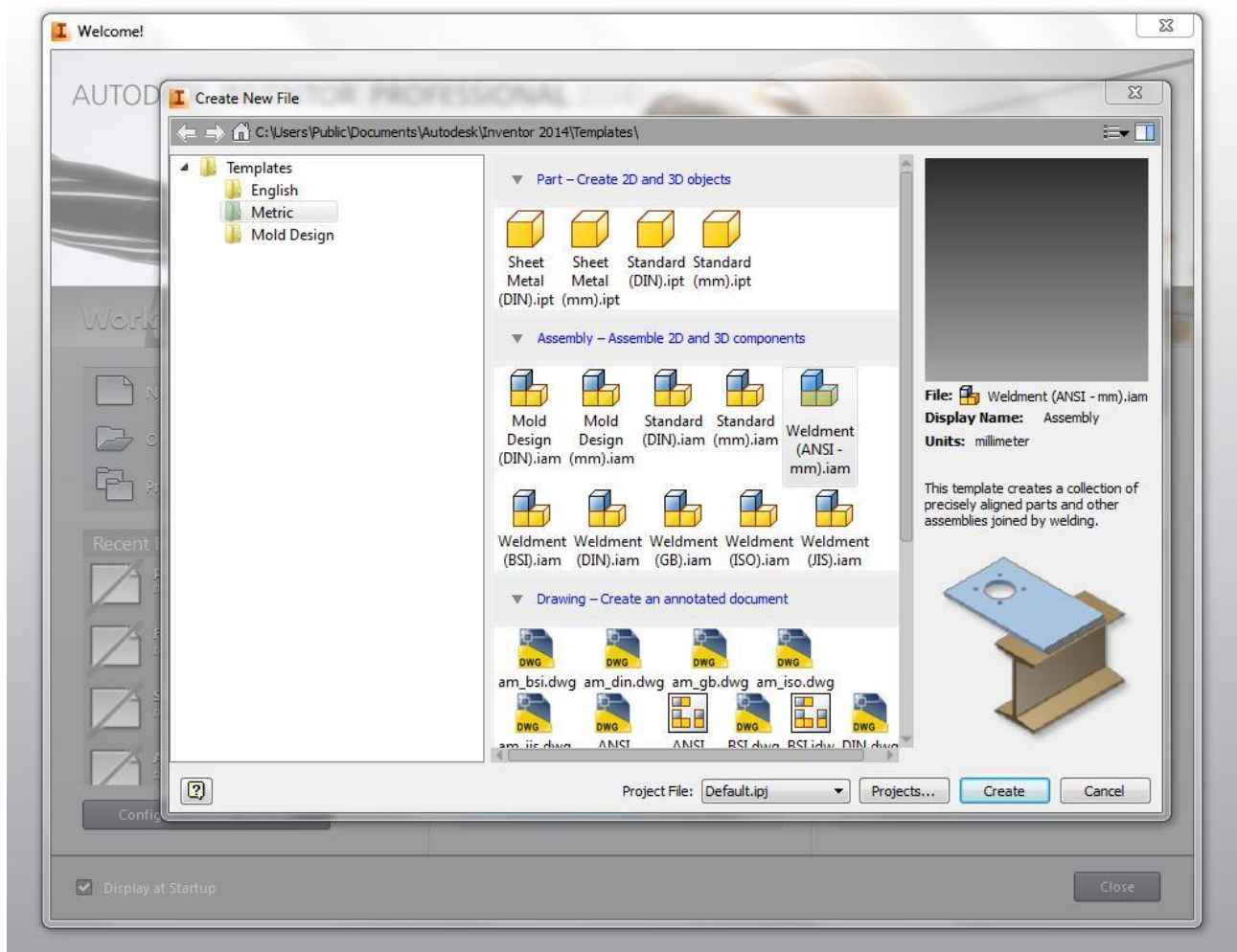
- Gitter (part)
- Organiser plan
- Undgå dobbeltstreger
- Frame generator (assembly)
- Vælg rigtig profil
- Organiser profiler i forhold til x,y,z plan
- Trim profiler i smig
- Målsætte, teste og tegne bundplader
- Indsætte bundplader i assembly
- Påfør belastninger og analysere kræfter til videre brug ved Padeyes
- Konstruere parts af detaljer, til brug ved arbejdstegninger (Padeye, samlinger, grademål osv.)
- Indsætte svejse/skærpninger, målsætte og beskrive arbejdstegninger

Fremgangsmåden vil blive illustreret og beskrevet. Dette vil foregå ved at følge den rækkefølge der er beskrevet ovenfor.

For at udføre denne konstruktion på den rigtige måde, startes der med at lave en simpel stregtegning. Denne skal senere bruges til at generere rammen omkring, med de rigtige profiler og materiale.

For at gøre dette rigtigt skal der tages højde for bund, top og sider. Dette vil gøre de nemmere senere, når der skal laves arbejdstegninger og ved fremvisning af 3D model i et givent miljø.

Stregtegningen er udført på denne måde:



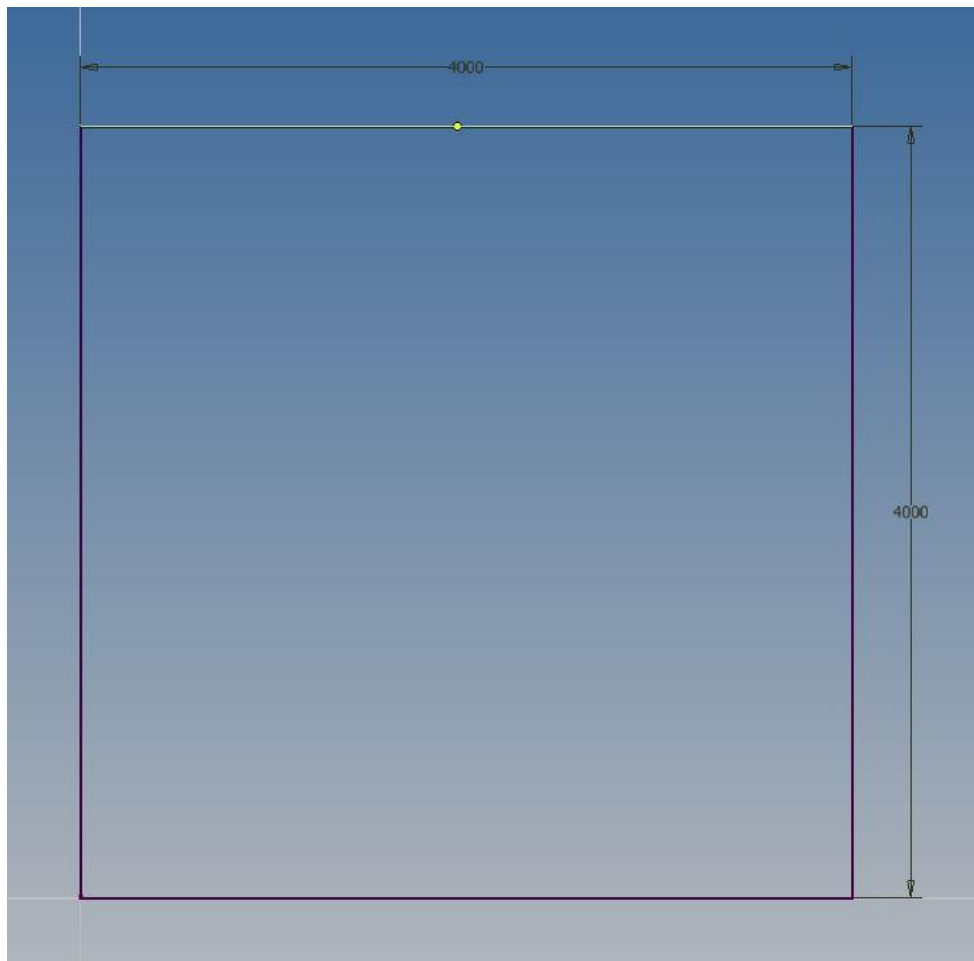
Figur 27 - Valget af part er med til at bestemme den standard der bliver konstrueret efter.

I dette tilfælde er der startet med at vælge en Part fil, der er i overens stemning med den målsætning der er tiltænkt. Derfor er der valgt en Standard(mm).ipt hvilket gør at målsætningen er i mm og ikke i tommer.

Hvis det er tænkt at der skal arbejdes i plademetall, kan der med fordel vælges en SheetMetal(mm).ipt dette giver andre værktøjer, der er specielt beregnet til at konstruere i plademetall.

Efter valg af Part kommer der en blank konstruktionsplatform frem, og der er nu gjort klar til at begynde konstruktionen.

Målene på rammen er 4000x4000x9000mm og der kan med fordel vælges at starte med at lave en bund på 4000x4000mm.



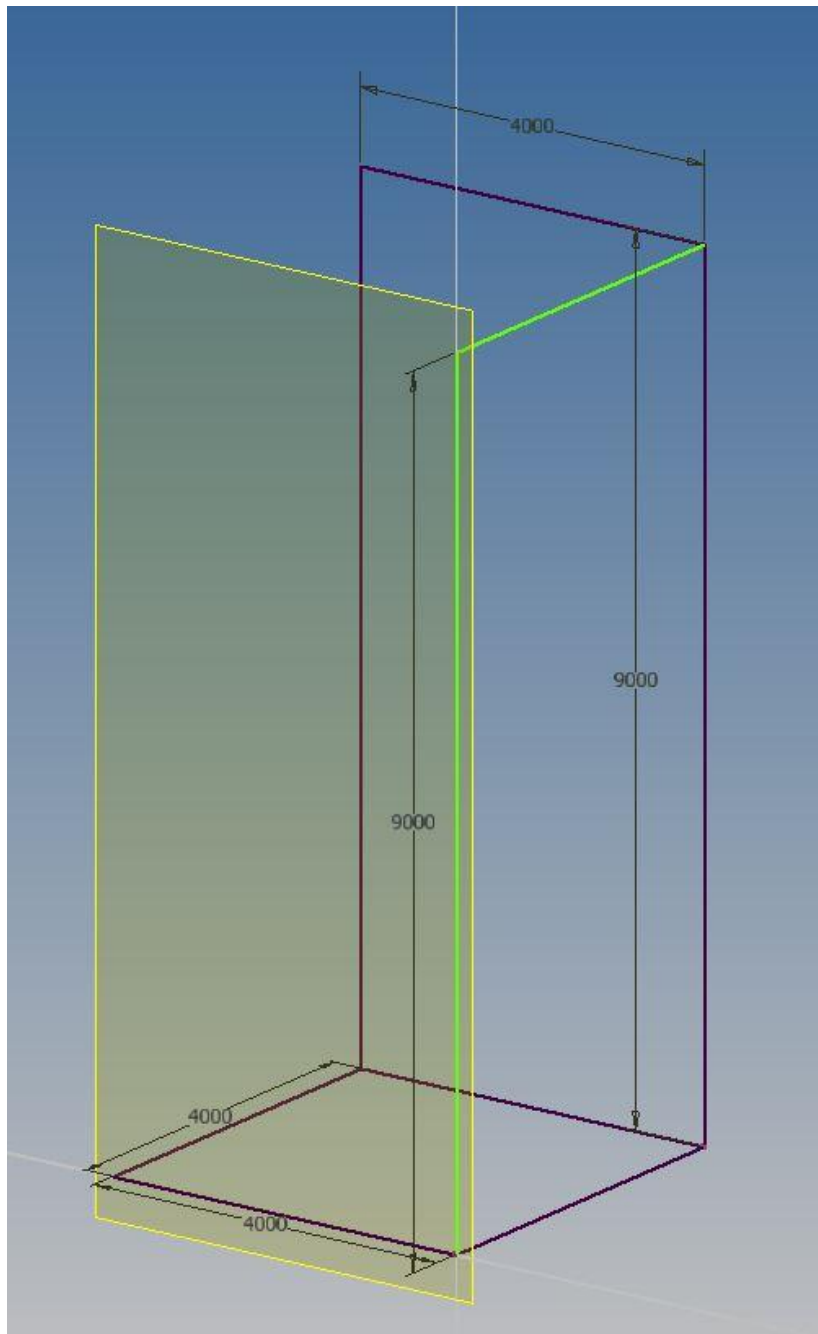
Figur 28 - Ved at vælge at starte med bunden, er det vigtigt at tegne i x,z planet med start i koordinaterne 0,0.

Som beskrevet i figurteksten startes der i x,z planet, da dette er med til at sikre at konstruktionen står som det er ment. Dette kan forklares med et hus eksempel, hvor der nu er valgt at fundamentet er i x,z plan (jordoverfladen) således at taget ender med at være det øverste og ikke bliver bygget ud af siden.

Fordelen ved at starte i koordinaterne 0,0 er at det er nemmere at fange det samme punkt igen, når der skal tegnes sider, da man nemt kan skrive startkoordinaterne ind for det sted man ønsker at linjen skal have udgangspunkt i.

Siderne laves ved at lave et plan i de rigtige koordinater, og derefter tegne dem op via streger.

Planene er til for at kunne lave en sketch, der ligger i det plan man har sat. Derfor er det vigtigt ikke at lægge planene i de forkerte koordinater, da man derved ikke får en lukket konstruktion.

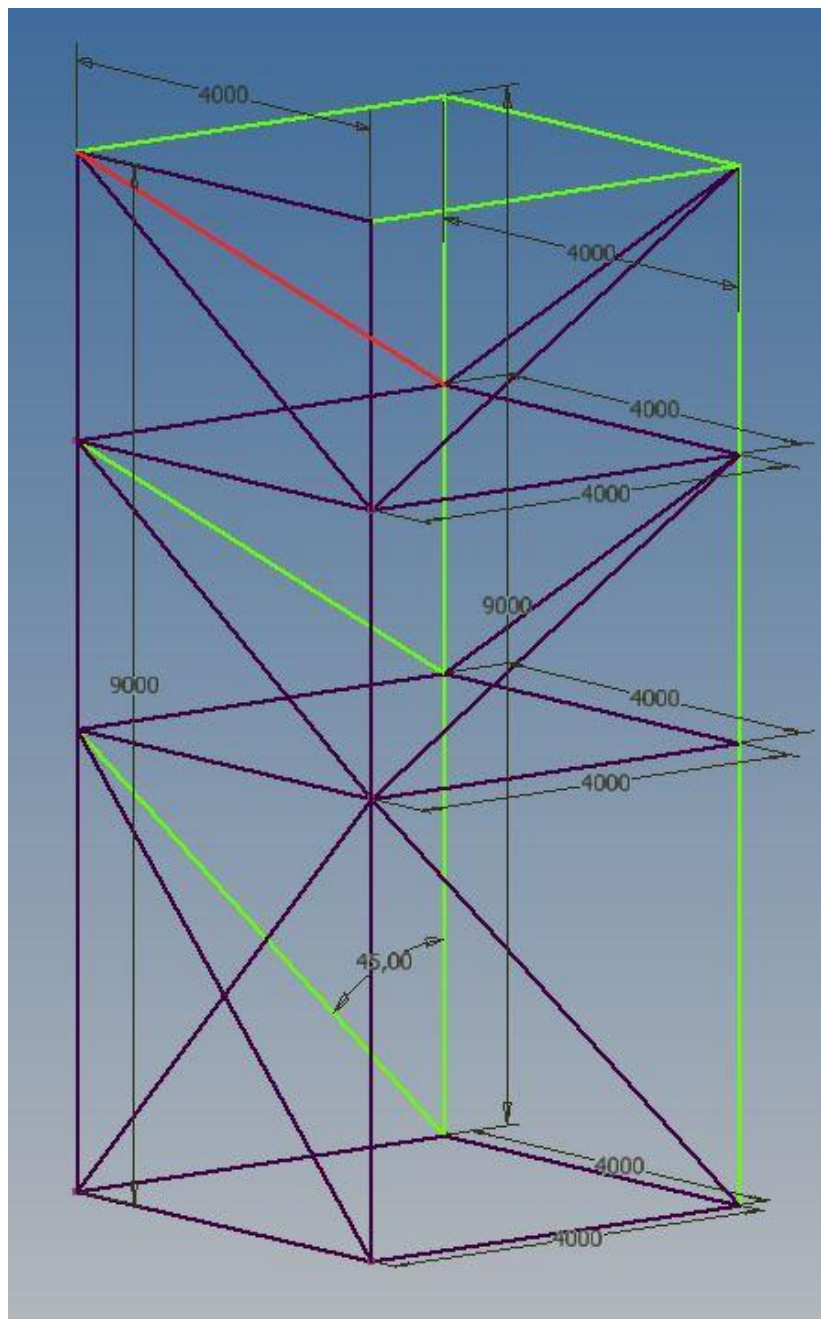


Figur 29 - illustrationen viser et plan der er ved at blive fastsat (den gule firkant)

Planet vil figurere synligt i 3D modellen, men ved at benytte Visibility funktionen, kan planet blive transparent. Hvis man senere skal bruge planet, kan dette blive synligt igen ved at bruge samme funktion.

De næste steps følger den samme fremgangsmåde, så det endelige resultat bliver en fuldt optegnet konstruktion, udført i streger.

Konstruktionen har fået tværstiver for at holde den stiv, og derved modvirke de eksterne kræfter den bliver udsat for.

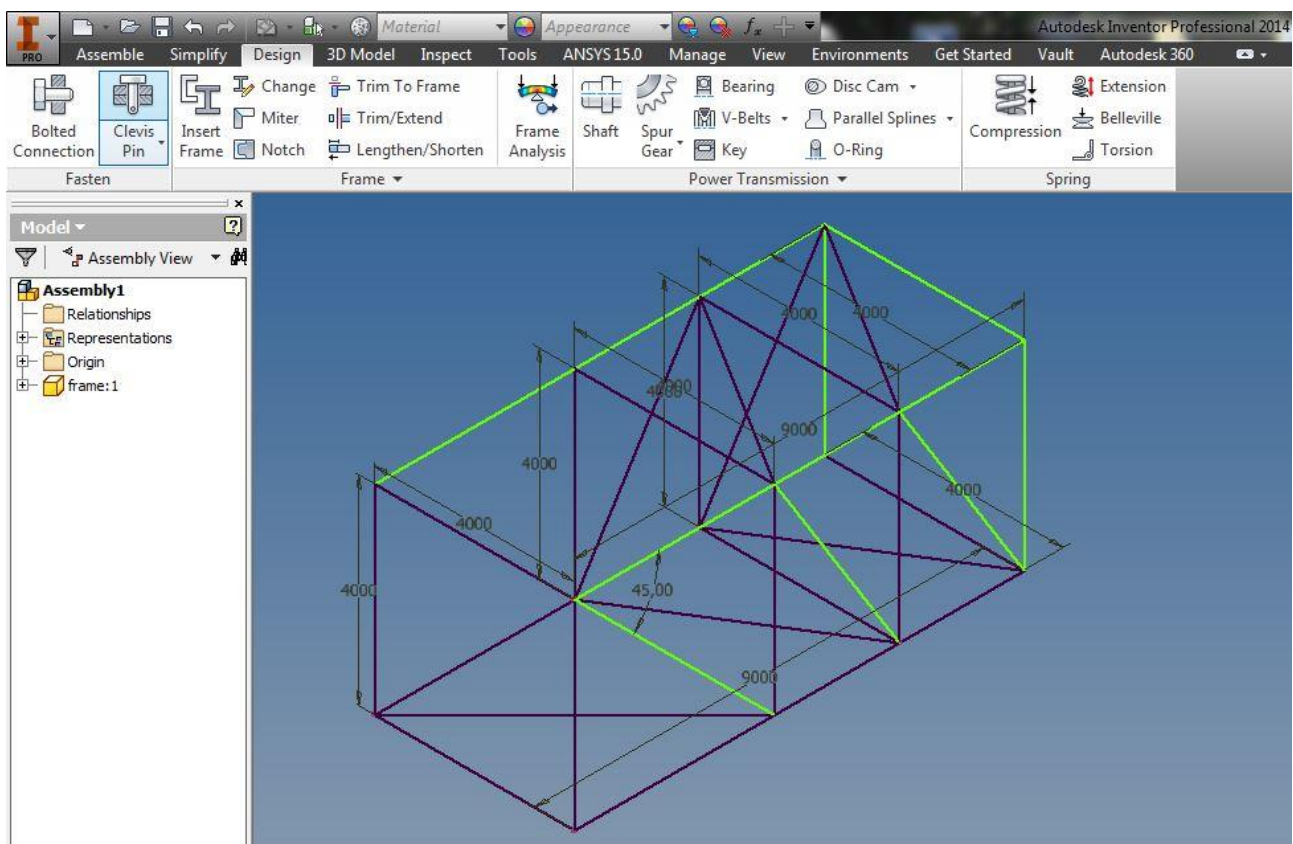


Figur 30 - Fuldt optegnet konstruktion. De forskellige farver af streger gør ingen forskel.

Denne stregtegning skal danne guideline for videre konstruktion, med dette menes at der vil blive genereret profiler omkring dem, således at tegningen bliver korrekt til videre beregninger/simuleringer.

Inden filen bliver gemt til videre brug, skal der tjekkes for dobbelt streger. Dette kan give forkerte beregninger/simuleringer senere hen, da der er flere stænger per knudepunkt end det er meningen.

Når alle tegningen er tjekket igennem for fejl, kan næste skridt tages. I dette projekt omhandler det at generere den rigtige profil til konstruktionen, således at det stemmer overens med det der er tænkt og bestemt i materialevalgs afsnittet.



Figur 31 – Insert Frame bruges til at generere rammen. I denne funktion kan man vælge forskellige profiler, alt efter krav og specifikation.

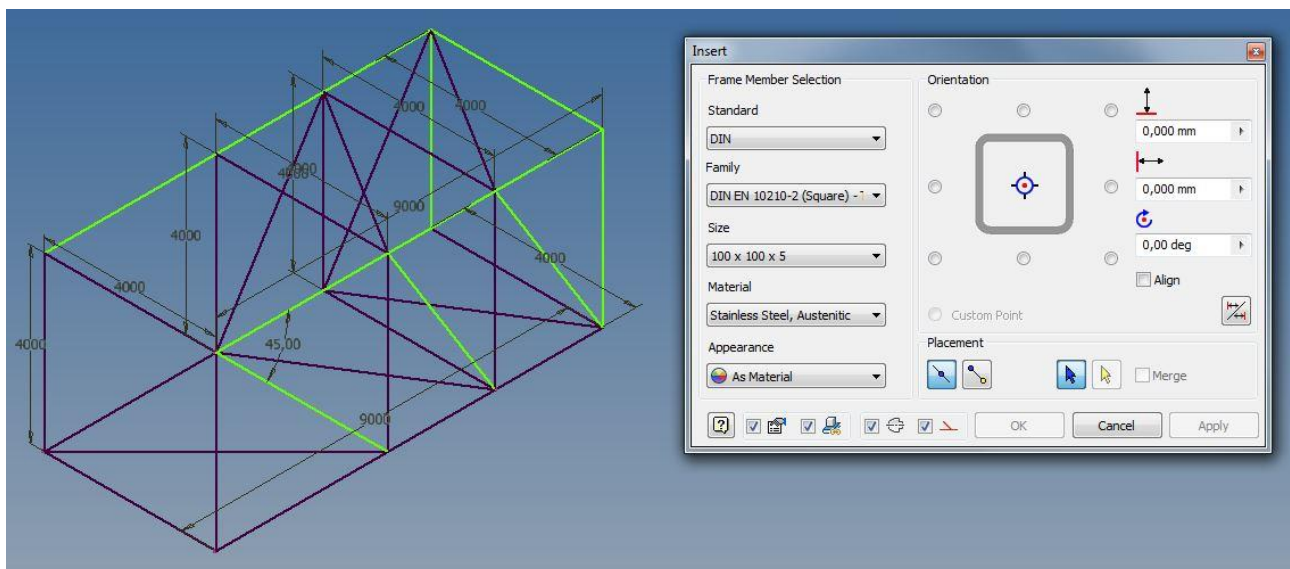
Ved funktionen Insert Frame er det muligt at vælge de linjer der skal genereres profiler omkring. Når denne benyttes kommer der en menu op, der giver mulighed for at vælge standarder, profiler, materiale og retning.

Hvis konstruktionen består af flere forskellige profiler, er det samtidig muligt at generere af flere gange så det ønskede resultat opnås.

Konstruktionen i dette projekt består af ens profiler, så ved at markere alle stregerne i tegningen, kan der genereres den færdige konstruktion.

Profilerne der er blevet valgt til dette formål er et standard profil, der kan erhverves ved producenterne, som følger den standard der er krævet ved lige præcis denne. Profilet er et EN 1.4404 profil i målene 100x100x5mm.

Ved generering af konstruktionen vælges dette profil, eller et der er af samme ståltype og dimensioner.



Figur 32 - Da der ikke er en EN1.4404 standard, er der valgt at konstruere med en DIN standard EN 1.0210. Dette gør ingen forskel, da den overholder de samme specifikationer som det valgte.

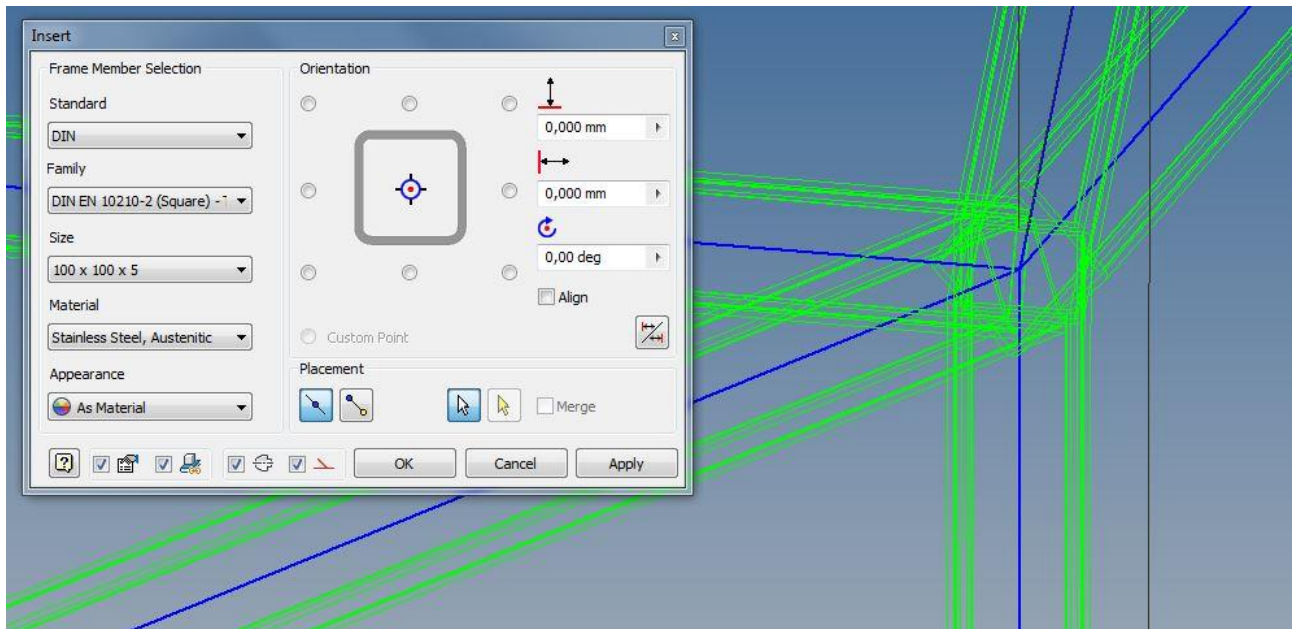
Illustrationen ovenfor viser det profil der er valgt, samtidig med det materiale og mål som er valgt i tidligere afsnit.

Til venstre i vinduet er der en boks hvor der står Align. Denne funktion er til at ensrette profilerne, således at de alle sammen er vinklet i samme retning.

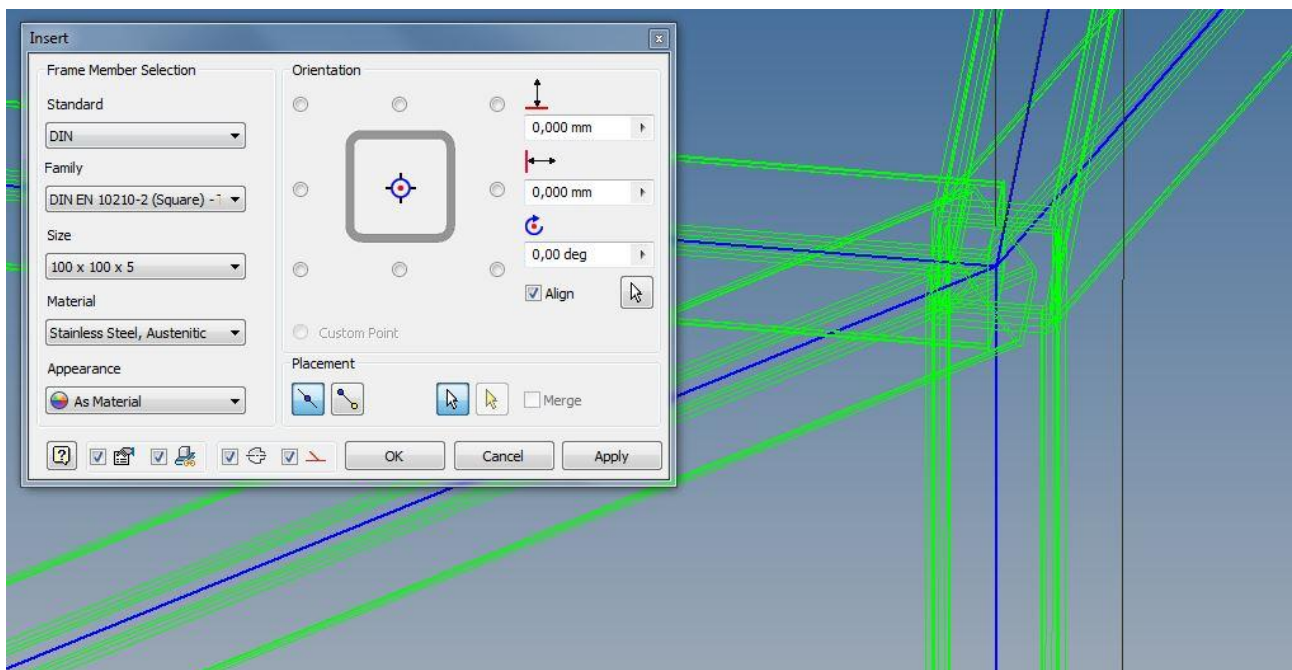
Hvis man ikke får gjort det, bliver det svært at få profilerne til at arrangere sig i den rigtige retning. I dette tilfælde er det valgt at stregerne er center for profilerne, men der kan også vælges specielle og individuelle måder at indsætte profilerne på.

I andre projekter kan dette være en fordel, men det er ikke en funktion der bliver benyttet i dette projekt.

For at understrege vigtigheden af Align funktionen, er det vist forskellen i illustrationerne herunder.



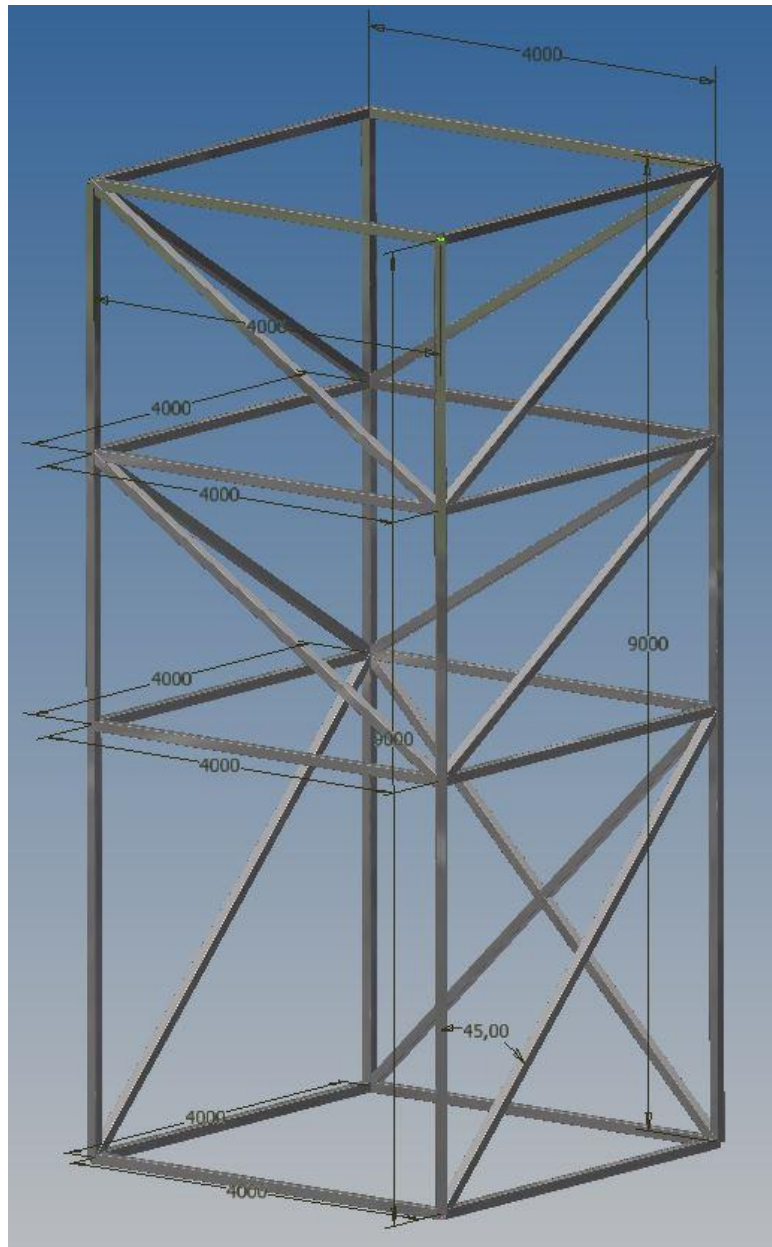
Figur 33 - Dette er resultatet efter at have markeret samtlige streger, og fået Inventor til at indsætte profilerne uden retningslinjer.



Figur 34 - Dette er resultatet efter at have sat en retning alle profiler skal følge. Dette gøres ved at markere Align og vælge en retning.

Efter en retning er valgt kan Inventor generere profilerne, og de bliver sat som det er ønsket.

Det færdige resultat efter genereringen af profilerne kommer til at se ud som vist i illustrationen nedenunder.

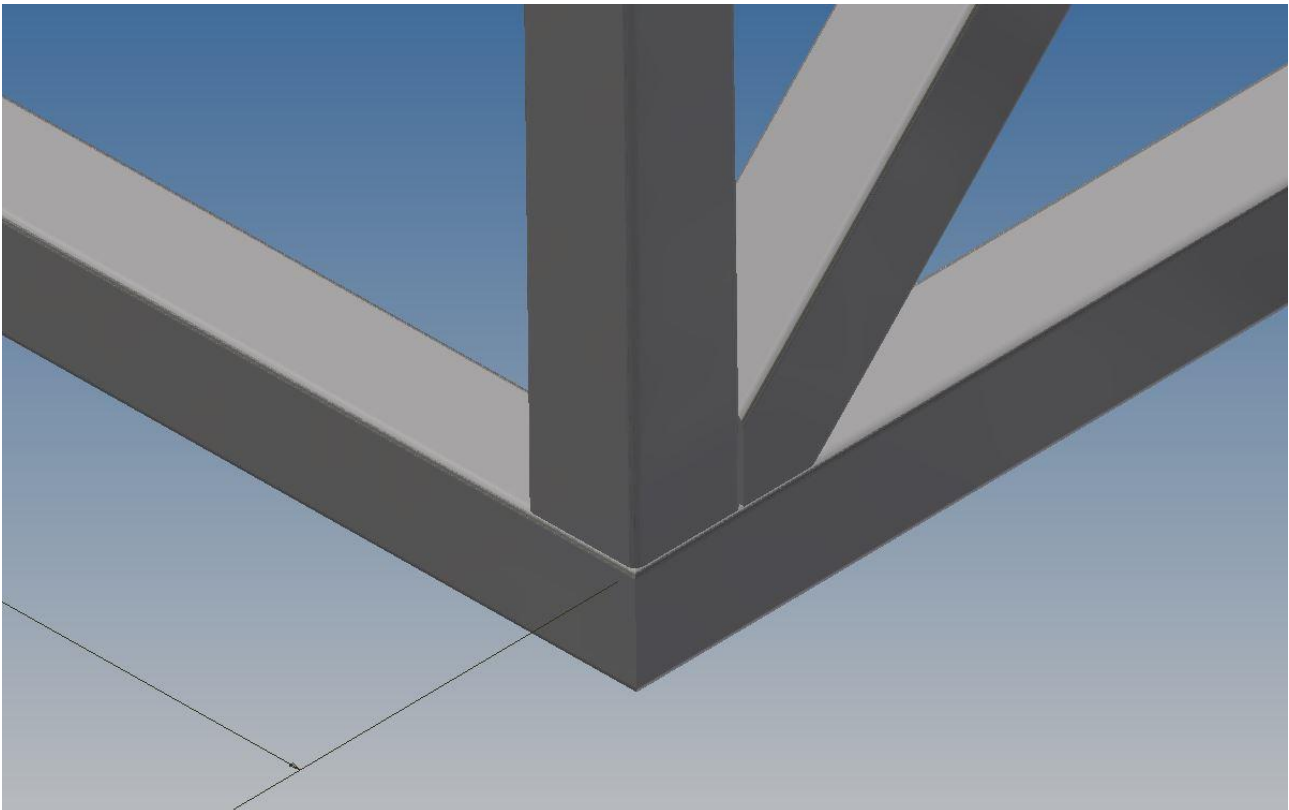


Figur 35 - Gitterkonstruktionen er nu genereret med de ønskede profiler.

Da Inventor ikke selv laver smig eller samler profilerne som de vil blive ved en produktion, skal der manuelt redigeres i udseende. Inventor gør ikke dette selv, da det ikke spiller en rolle når der skal laves

analyser af strukturen. Det er udelukkende kosmetiske ændringer der mangler, så der kan laves arbejdstegninger og 3D modellen kan bruges til fremvisning ved en præsentation.

Ved at benytte funktionen Miter kan man lave de smig der skal bruges i tegningen. Denne funktion er som tidligere ren kosmetisk, men dette kommer til at florere på arbejdstegningerne, så for at få den rigtige forståelse og bearbejdning af profilerne, er dette en vigtig funktion at bruge.



Figur 36 - Efter brug af funktionen Miter, kommer profilerne til at se ud som dette.

Når alle profilerne er skåret i smig, er selve rammen færdig og klar til at blive brugt til at generere arbejdstegninger.

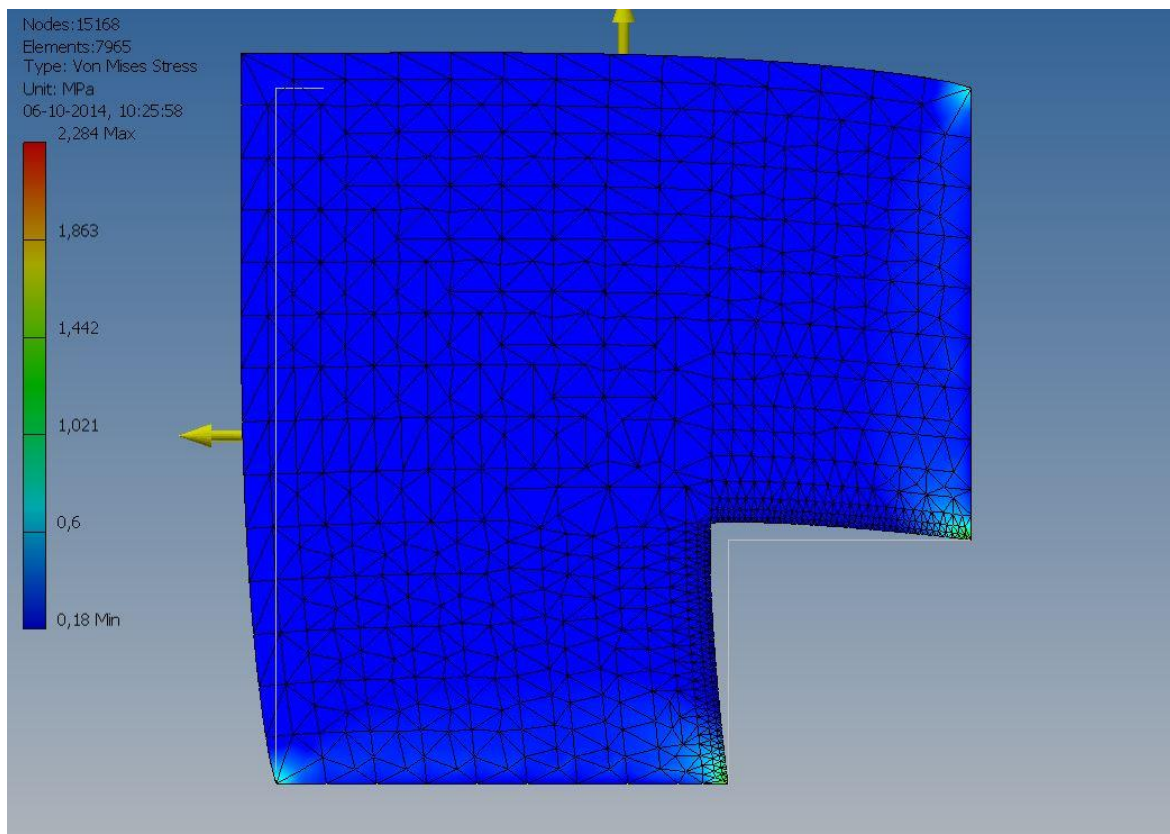
For at skabe et bedre overblik, er det en god ide at dele konstruktionen op i dele. Ved at gøre dette kan man lave en samling af arbejdstegninger, hvor processen bliver beskrevet illustrativt så der ikke opstår forvirring og dermed fejl.

Da det nu er tydeligt hvor store bundpladerne skal være, kan de tegnes og genereres.

For at der kan være plads til profilsamlingerne i hjørnerne, er det valgt at der skal laves et udsnit i pladernes hjørner. For at det ikke skal blive nemmere at producere er det bestemt at hjørnerne bliver cirkulært udskåret.

Ved at generere hjørnerne i Inventor og indsætte laster, kan der forudsiges spændinger der er u hensigtsmæssige, således at konstruktionen ikke bliver svækket af disse udkæringer.

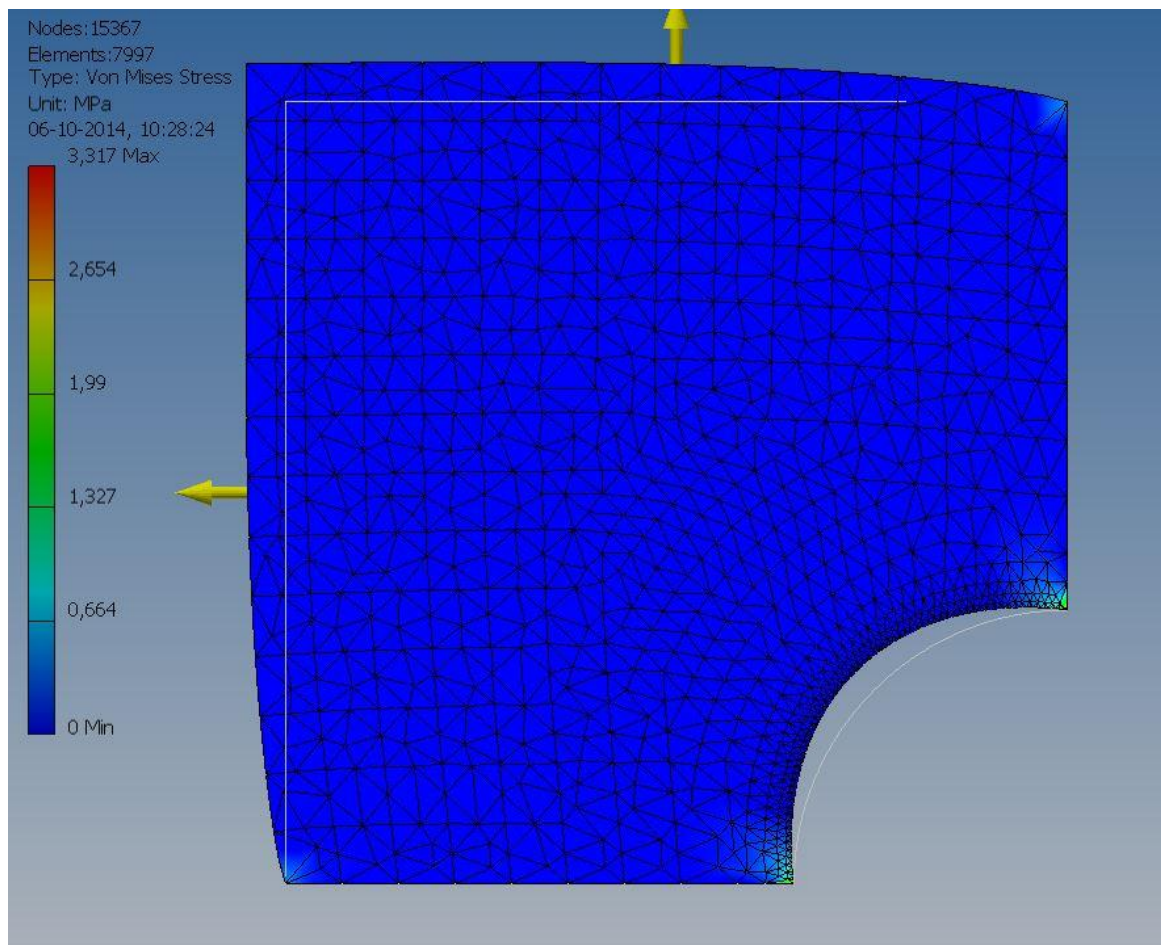
Der bliver lavet et udsnit hvor det er cirkulært og et hvor det er kvadratisk. Disse får påført ens belastninger, for at skitsere om der er en fordel ved at lave udsnittene kvadratiske frem for cirkulære.



Figur 37 - Kræfterne er på 2500N hver, og den nederste og højre side er fastlåste. Deformationen er ikke reelle, da der ikke vil opstå så drastiske deformationer ved de minimale kræfter.

Der er ikke forskel på om der benyttes et cirkulært hul eller et rektangulært hul, da kræfterne ikke kommer over det plastiske område for stål.

Der er dog spændingskoncentrationer i hjørnerne, men disse tages ikke med i overvejelserne da de forekommer på grund af momentet og størrelsen af det mesh der er brugt.



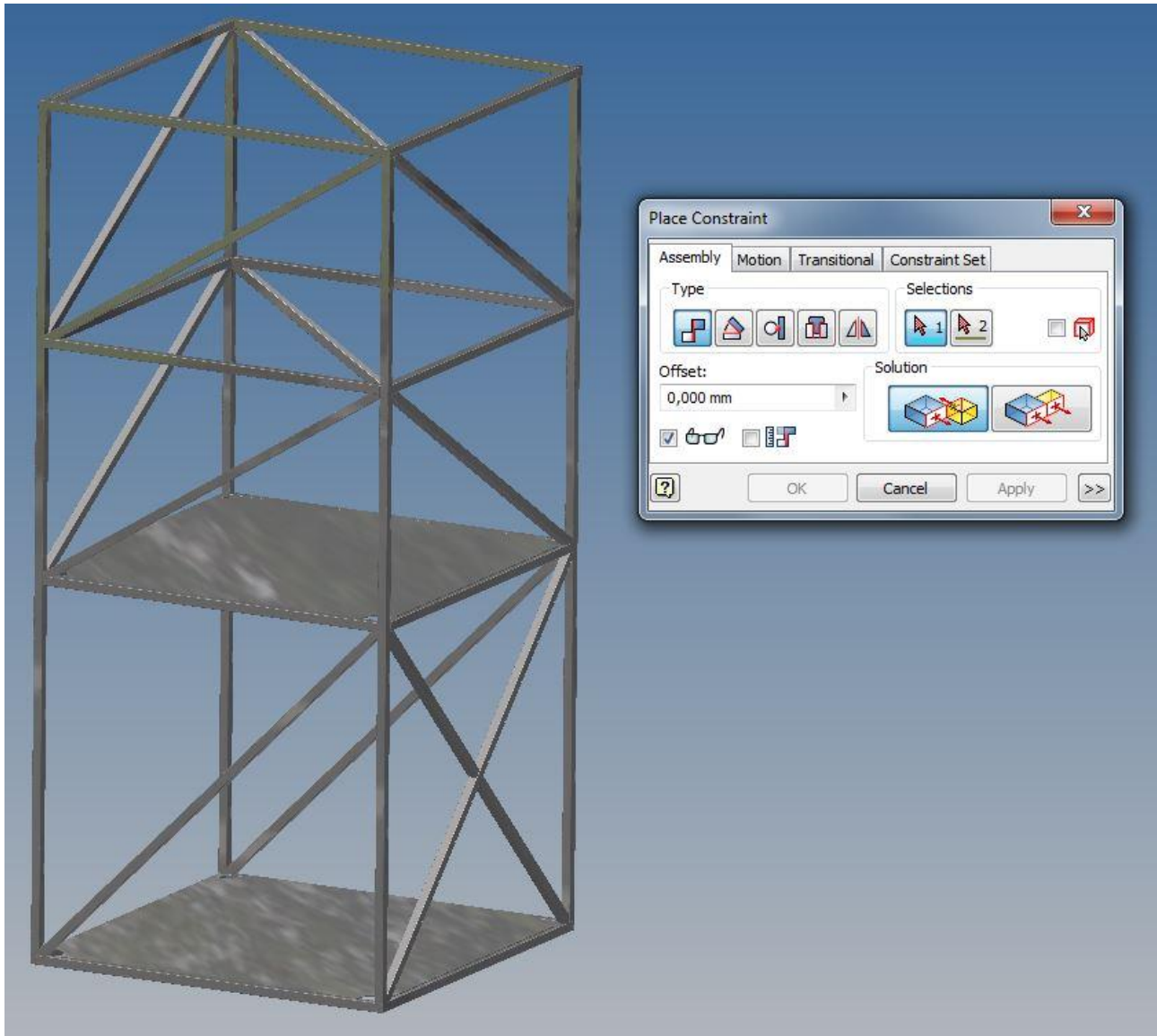
Figur 38 - Der er påsat ens belastninger, som på illustrationen ovenfor. Det samme gælder for fastspændingen af pladen, samt de deformationer der er vist.

Da geometrien er fastsat, kan konstruktionen tegnes op. Dette bliver lavet som en part, således at disse kan indsættes i den samlede Assembly.

Der kan vælges at benytte en Assembly hvor der er lagt vægt på svejsningerne, således at der kan laves individuelle modelleringer og styrkeberegninger på disse. Dog har de ikke en indflydelse på den samlede Assemblys udbøjninger eller den generelle styrke, da de andre parts bliver fastgjort via Constraints.

Derfor er det valgt at samle hele konstruktionen i en Standard(mm).iam Assembly fil, der er den mest almindelige at benytte.

Den samlede konstruktion samles ved at benytte Constraints, som er med til at låse de forskellige Parts til hinanden, og derved få konstruktionens stivhed til at indgå i en helhed.

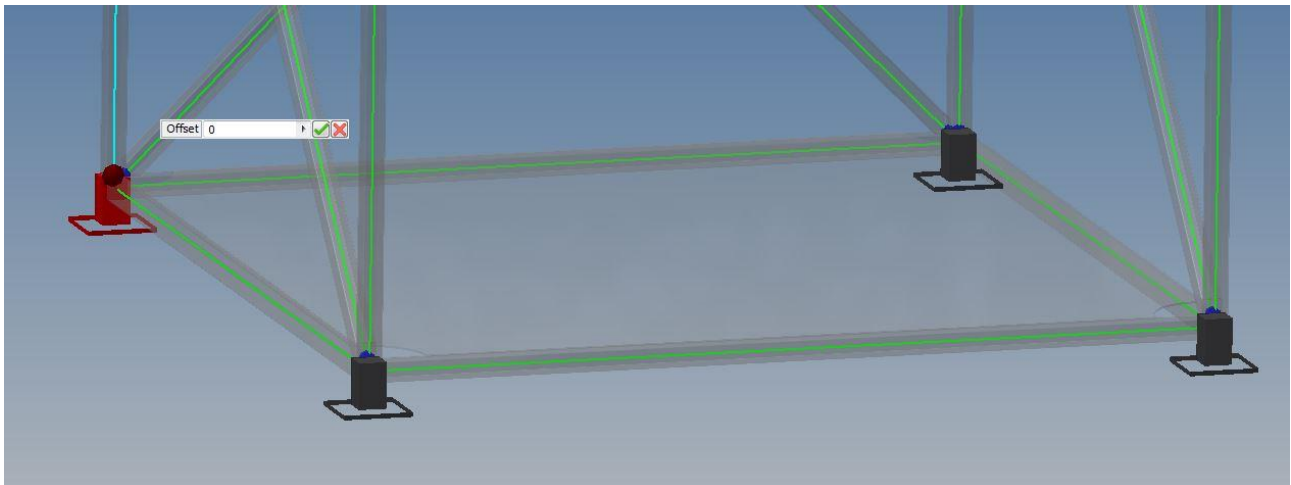


Figur 39 - Funktionen Constraints er opbygget i forskellige typer, således at det er muligt at samle de forskellige parts efter ønske.

Efter at de forskellige Parts er Constrained til hinanden kan der udføres en Frame Analysis, hvor de påførte belastninger simulerer de kræfter der har indvirkning på konstruktionen.

Ved at lave denne simulering fås der et reelt billede af hvordan konstruktionen vil opføre sig ved, når den står færdig bygget.

For at lave en beregning på rammen, skal der indsættes understøtninger og laster. Da det ikke er en ramme der vil rykke på sig ved en landsætning, er det valgt at bruge faste indspændinger i bunden, og derefter indsætte belastningerne i toppen.



Figur 40 - Det er vigtigt at få understøtningerne sat rigtigt, da det ellers kan give forkerte resultater. I dette tilfælde bliver de offset i 0mm, hvilket svarer til bunden af bjælkerne.

Belastningerne er taget fra kapitlet der omhandler tyngdepunktet, da vægten er beregnet og kan omsættes til Newton.

Der er regnet med at $10[\text{N}] \approx 1[\text{Kg}]$

Da hele konstruktionens øverste del vejer $5384[\text{Kg}]$ svarer det til en belastning på $53840[\text{N}]$

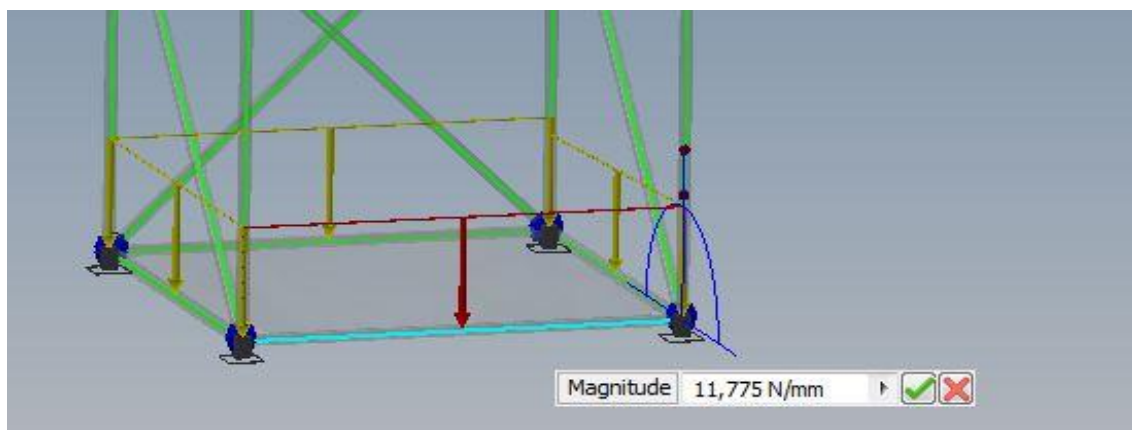
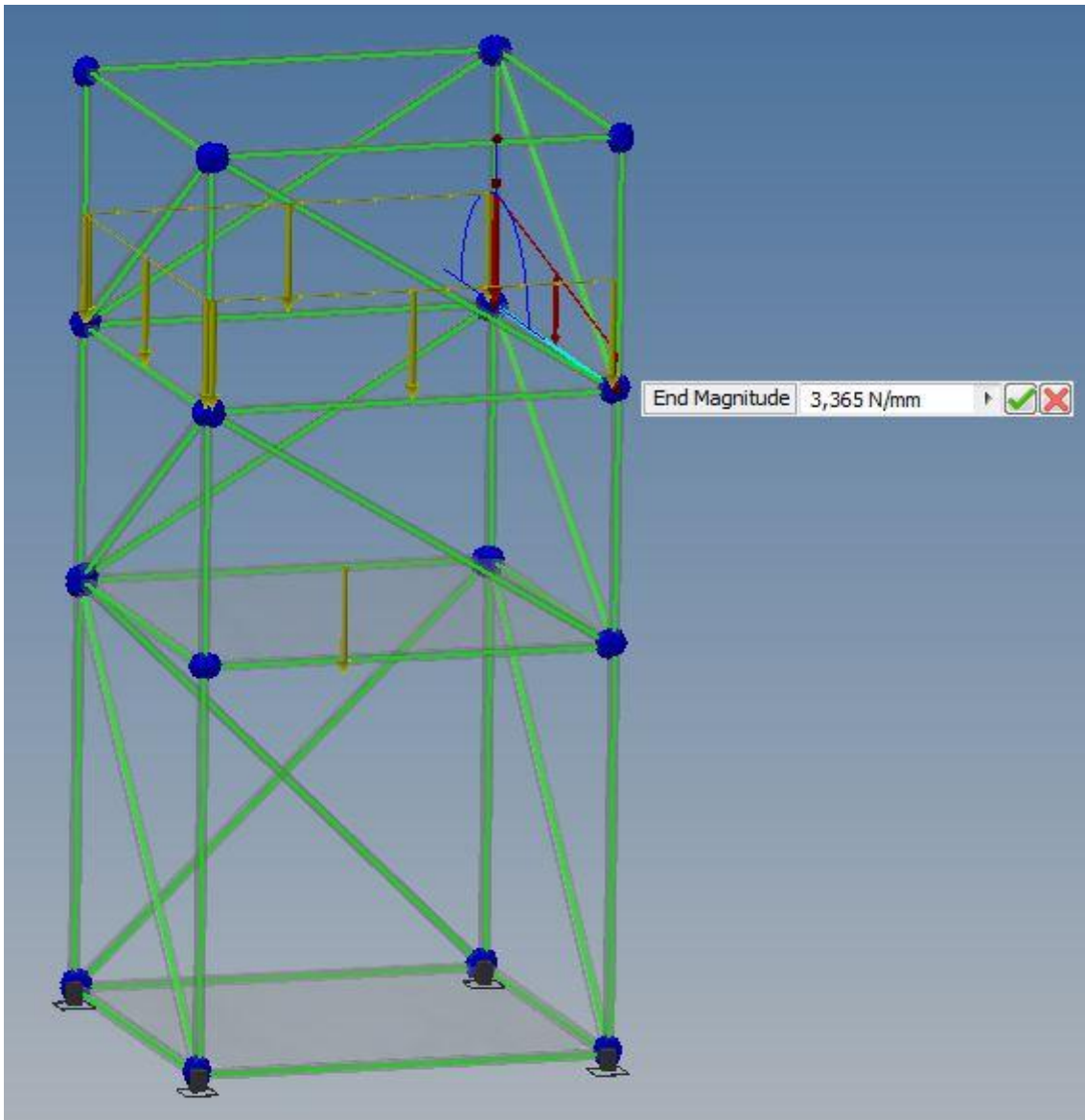
Konstruktionens nederste del inklusiv ballast vejer $18840[\text{Kg}]$ er det tilsvarende $188400[\text{N}]$

Nu kan belastningerne indsættes på de respektive pladser, og en beregning/simulering af rammen kan forekomme.

Da der vil blive brugt fordelte laste, for at få en bedre simulering, bliver kræfterne delt med fire og derefter med den distance de er spredt over.

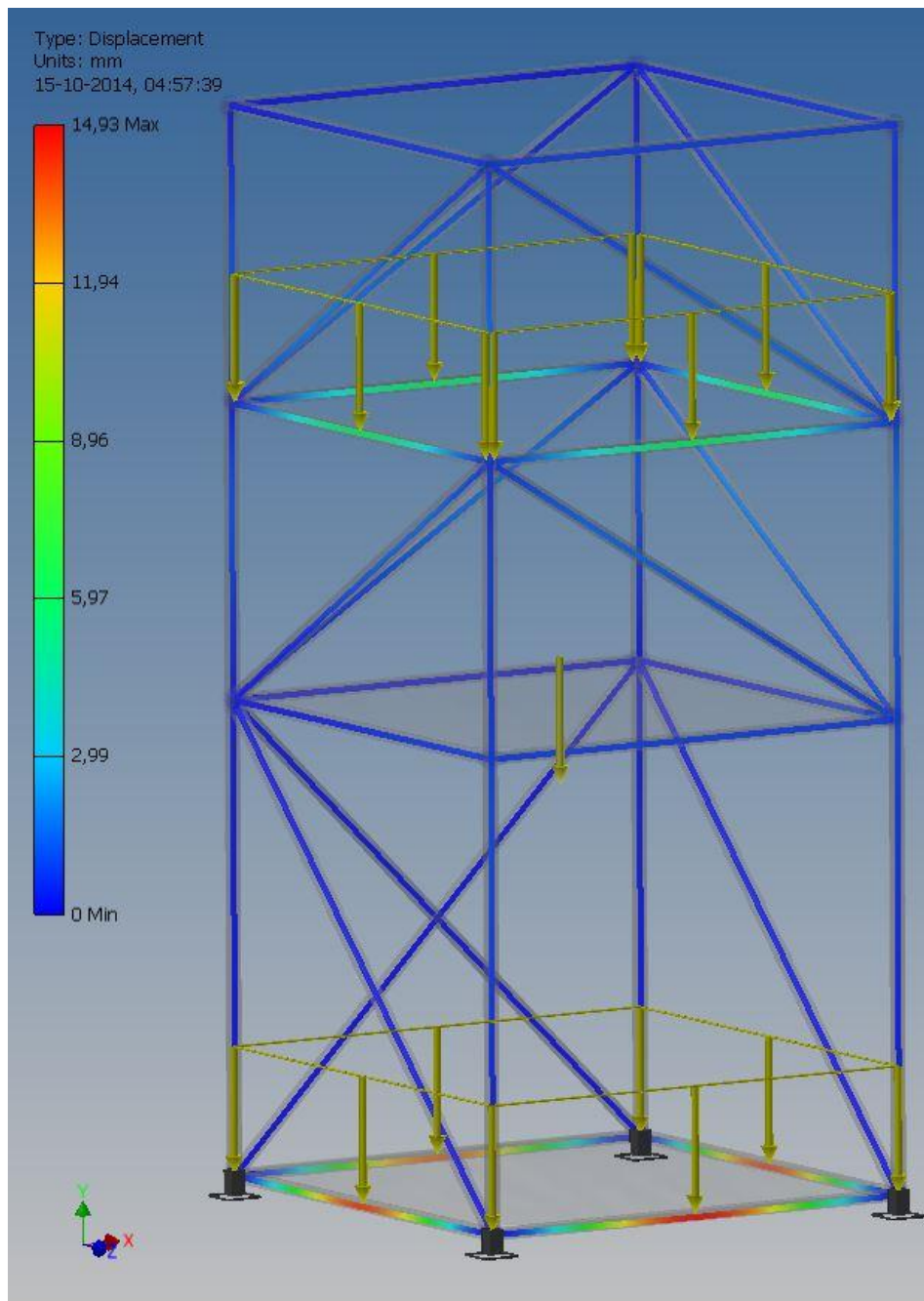
Derfor fås det at kræfterne i toppen er på $3,365 [\text{N/mm}]$ og i bunden er på $11,775 [\text{N/mm}]$

De sættes derefter ind, som illustreret i de efterfølgende 2 illustrationer:



Da alle kræfterne er sat ind de rigtige steder, kan der genereres en rammeanalyse. I denne analyse tages der højde for materiale og geometri, samt de respektive understøtninger og kræfter.

Resultatet af dette bliver som vist herunder:

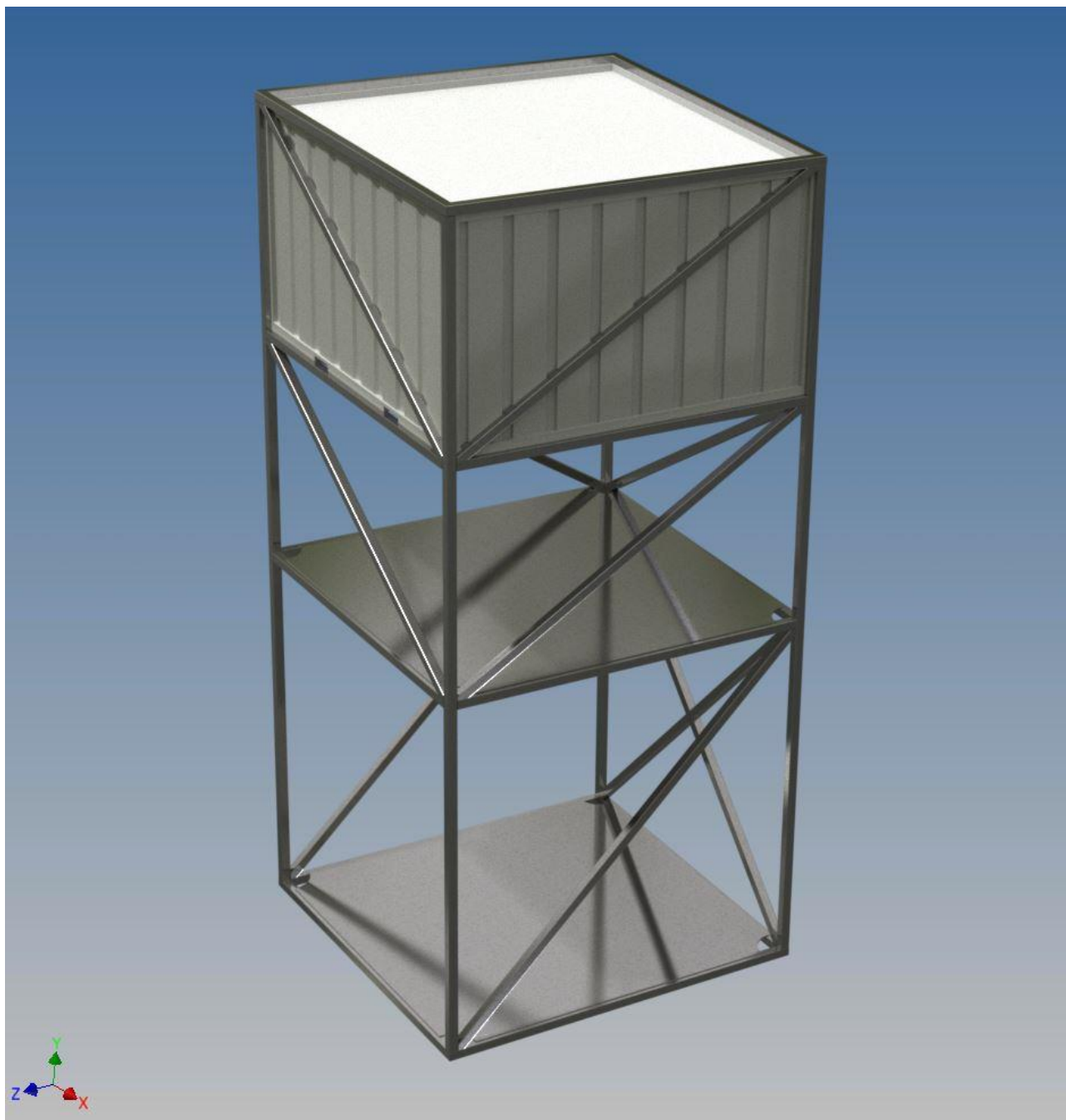


Figur 41 - Max udbøjningen er på 14,93mm i bunden, hvilket er en alt for stor udbøjning. Dog er vægten taget ud fra at konstruktionen er på land, med alt ballasten samt ROV og TMS.

Ved et reelt senarie ville man fjerne ballasten fra rammen, inden den blev taget op på land, og derved ikke belaste rammen på samme måde. Med det i mente er det et godt resultat der kan godkendes til videre konstruktion.

Der er også en video der viser udbøjningerne i 10 trin, hvor deformationsgraden er sat højt, for at få en bedre visuel fornemmelse for hvor der vil ske en udbøjning. Denne video er at finde på CD'en i mappen "Inventor" og hedder **Frame0001x0,5**.

Det færdige resultat af 3D CAD tegningen kan ses på illustrationen nedenfor, hvor der er indsat en kontainer i den øverste sektion, til at huse komponenterne der blev beskrevet i tidligere afsnit.



Figur 42 - Kontaineren indeholder de dele der skal være tørre, og derfor skal afskærmes for væske. På den nederste platform skal ROV og TMS samt ballasten monteres, disse er dog ikke med på illustrationen.

Padeye

For at have mulighed for at løfte konstruktionen, hvilket bliver nødvendigt for at søsætte og landsætte, skal der være løfteøjer (padeyes) til dette.

Disse skal kunne bære den maksimale vægt af konstruktionen, hvilke vil sige alle værktøjer, brændstof, ballast, ROV, TMS osv. der medregnet i løftevægten.

Da der potentielt kan være liv på spil ved løft af konstruktionen, er det yderst vigtigt at løfteøjerne ikke bliver ødelagte under belastningen. Derfor er der udarbejdet en beskrivelse af konstruktionen af disse i DNV Standard 2-7-1 på side 37. (pdf af norm er vedlagt på CD) hvor der er beskrevet hvilke dimensioner løfteøjet skal have, ved en given belastning, som i dette tilfælde udformer sig i 4 stk. på toppen af konstruktionen.

Hele konstruktionen vejer samlet set 24,22 tons og for at lægge en sikkerhedsfaktor ind, ganges hele vægten op med 1,5. Inden dette sker, antages vægten til at være på 25 tons, så der på denne måde også tages forbehold for eventuelle ekstra vægt.

Vægten bliver derfor således:

$$25[t] \cdot 1,5 = 37,5[t]$$

Da dette er den samlede vægt for konstruktionen, skal den yderligere deles med 4 da vægten bliver fordelt ud over hvert løfteøje. Der vil være et øje i toppen i hvert hjørne.

$$\frac{37,5[t]}{4} = 9,375[t] \approx 9,5[t]$$

Grunden til at der bliver rundet op til 9,5 tons i hvert hjørne er, at der i normen er et spring fra 8,5 til 9,5 tons, og derfor er 9,375 tons tættest på 9,5 tons.

Nu hvor WLL (Working Load Limit) er fastsat, kan Tabel D-1 i DNV normen benyttes. Dette vil blive vist i næste illustration.

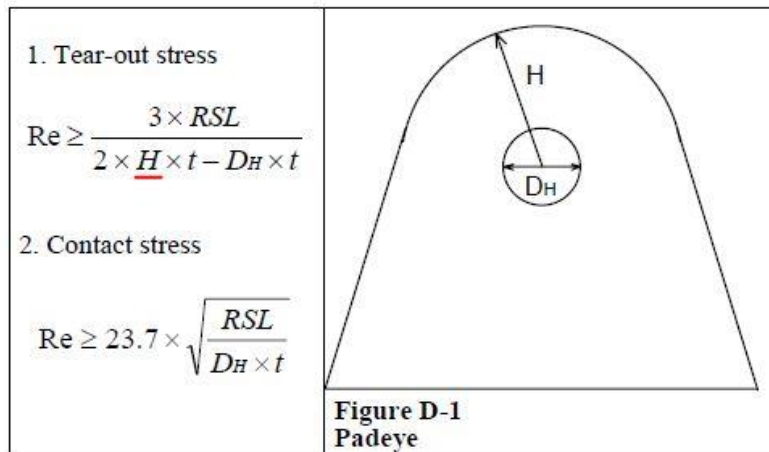
Tabel D-1 fra DNV Standard 2-7-1 på side 37 er den dimensionsgivende faktor.

Nominal WLL (tonnes)	Pin diameter* (mm)	Inside width at pin (mm)	Inside length of Dee shackles (mm)	Inside length of Bow shackles (mm)
3.25	19	27	47	57
4.75	22	31	52	65
6.5	25	36	65	76
8.5	28	43	74	88
9.5	32	46.5	83	101
12	35	51.5	87	108
13.5	38	57	104	126
17	42	60	115	139
25	50	74	139	168

* According to 8.3.2.3 the shackle pins shall have a tolerance of -0/+3 % on the diameter.

Figur 43

Den røde boks indikere den række der er tilsvarende den WLL der er for konstruktionen. Derved er dimensionerne for resten af løfteøjet givet. Dog er der ikke en værdi for den dimension der skal være ved tykkelsen af vægen, hvilket bliver fastsat i ved at følge den næste udregning i normen.



where:

- R_e = minimum specified yield strength of the pad eye material in N/mm^2
- RSL = resulting sling load in N
- H = the shortest distance from centre of bolt hole to edge of pad eye in mm
- D_H = bolt hole diameter in mm
- t = pad eye thickness in mm

Figur 44

I figur 44 er der markeret en højde H hvilket på figuren kan ses repræsenterer vægens tykkelse fra centrum af hullet til den yderste del af løfteøjet.

For at finde denne tykkelse kan formle 1 fra Figur 44 benyttes, hvilket giver en sikker tykkelse på 28,15mm og derfor er det valgt at tykkelsen bliver 30mm. (Vedlagt Excel dokument "Padeye beregning" viser beregningen)

Betegnelserne og værdierne i formlen er:

Re:	Flydespænding af AISI 314L	275 MPa (Det samme som N/mm ²)
RSL:	Resulterende last	95000 N
H:	Radius fra centerhul til væg	30 mm
D _H :	Diameter af centerhul	34 mm
t:	Padeye tykkelse	46,5 mm

Derved er alle dimensioner fastsat, og konstruktionen af denne kan finde sted. Den færdige 3D tegning af løfteøjet ses illustreret nedenfor.



Figur 45 - Tegnet og generet o Inventor. Shaklen er udelukkende til at illustrere funktionen med, den endelige shakel vil få andre dimensioner.

Inden konstruktionen er fuldendt, skal løfteøjerne installeres og svejses fast.

Svejsning

Svejsningerne skal bruges til at samle konstruktionen, derfor er det vigtigt at de er dimensioneret til at kunne klare de kræfter de bliver udsat for.

De vigtigste svejsninger er dem der skal holde løfteøjerne på plads, da de skal kunne holde til belastningen fra hele konstruktionens vægt. Derfor er det de svejsninger, der i dette afsnit vil blive regnet igennem, da de potentielt kan betyde liv eller død.

For at regne svejsningernes bæreevne ud, er der flere faktorer der skal være kendte. Disse vil blive listet op nedenfor, sammen med de formler der vil blive benyttet.

Det første der skal være kendt er, hvilke egenskaber det stål der bliver benyttet har. Da det er AISI 316l der bliver benyttet i dette projekt, er det der skal vides om dette stål:

Den ultimative trækstyrke [f_u]: 500 MPa

Denne skal bruges til at beregne om svejsningen kan holde.

Der er valgt at have en svejsning med et a mål på 5mm, hvilket skal bruges til at beregne om denne vil holde. Kræften hver enkelte løfteøje bliver belastet med er 95kN som derfor også er den kræft der bliver benyttet til beregningerne.

Derfor:

Svejsesøm: $a = 5 \text{ mm}$

Sømlængde: $l = l - 2a = 110 \text{ mm}$

Stålets trækstyrke: $f_{ud} = 500 \text{ MPa}$

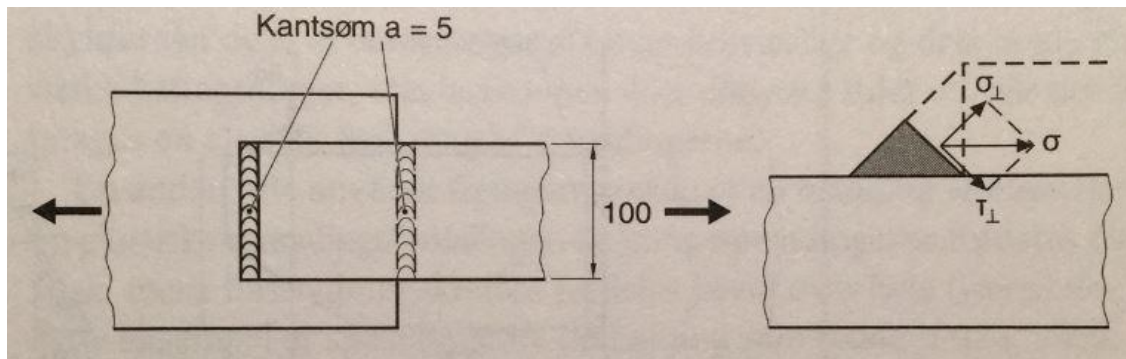
Partialkoefficienten: $\gamma_{M2} = 1,35 \gamma_3$ men da det er vurderet at det er under skærpet forhold, er
 $\gamma_{M2} = 1,35 \gamma_3 \cdot 0,95 = 1,28 \gamma_3$ [L4]

Korrelationsfaktor: $\beta_W = 0,8$ laveste værdi er valgt, da denne ikke kunne findes for AISI 316l [L5]

Regningsmæssige last: $F_S = 95 \text{ kN}$

Det skal nu bevises at svejsningerne kan holde til den regningsmæssige last, da det er kritisk for om konstruktionen kan blive løftet på sikker vis.

Konstruktionen kan deles op som følge:



Figur 46 - Da svejsningerne ligger i de samme plan, kan denne illustration beskrive de samme svejsninger som i projektet. Dog er der forskel på målene, som der vil blive taget højde for i beregningerne. [8]

Da der er symmetri ved de to kantsøm, findes spændingerne i et snit via formlen:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_S}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}}$$

Grunden til at sigma er lige med tau er, at der er symmetri ved svejsningerne, dog er de hinandens spejlinger.

Når værdierne sættes ind bliver regnestykket således:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{95 \text{ kN}}{2 \cdot 5 \cdot 110 \cdot \sqrt{2}} = 61 \text{ MPa}$$

Nu kender vi sigma og tau, så videre skal denne formel benyttes for at finde den effektive spænding:

$$\begin{aligned} \sigma_{eff,s} &= \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \\ &= \sqrt{61^2 + 3 \cdot 61^2} \\ &= 122 \text{ MPa} \end{aligned}$$

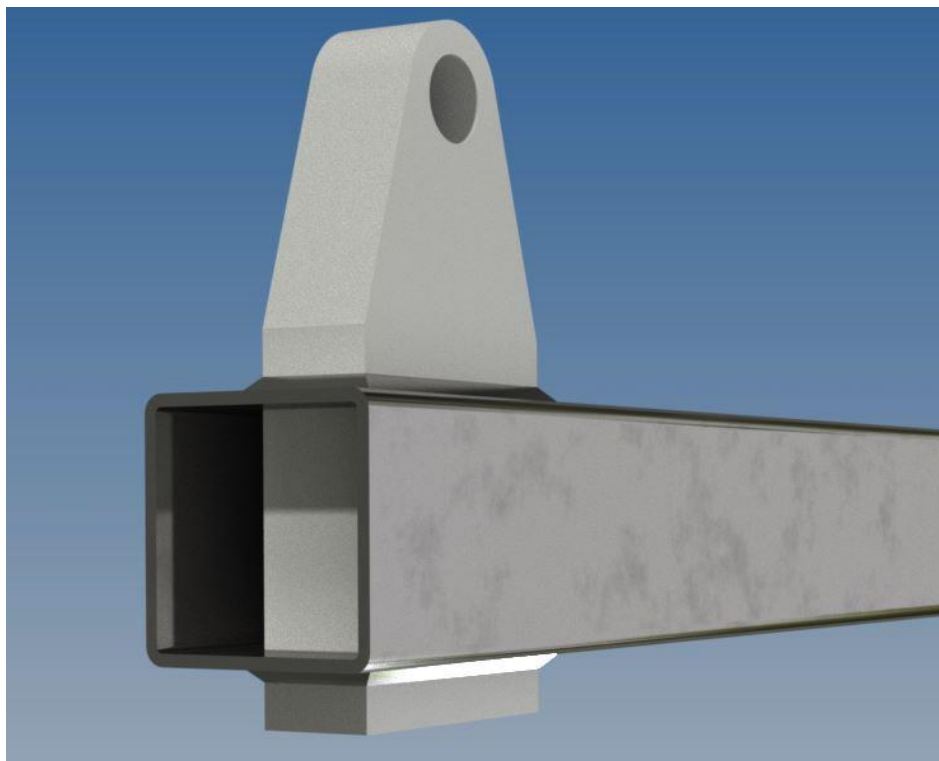
For at sikre at dette ikke er for stor en spænding til det materiale der er valgt, sammenlignes resultatet med stålets ultimative trækstyrke divideret med partialkoefficienten ganget med korrelationsfaktoren. Dette bliver derfor som vist nedenfor:

$$\sigma_{eff,s} \leq \frac{f_{ud}}{\gamma_{M2} \cdot \beta_W}$$
$$\rightarrow 122MPa \leq \frac{500MPa}{1,28 \cdot \gamma_3 \cdot 0,8}$$
$$\rightarrow 122MPa \leq 488MPa$$

Fordi udsagnet er sandt, er det nu bevist at svejsningen kan holde til de belastninger der bliver udøvet ved løft af hele konstruktionen.

Selve svejsningen kan sagtens have et a-mål der er meget mindre, men det vurderes til at en værdi på 5mm er at foretrække, da de mennesker der skal arbejde og løfte denne, skal have tiltro til at svejsningen holder. Dette er derfor af ren visuel sikkerhed, hvilket også skal tages med i overvejelserne, da der ikke skal laves nogen form for optimering af disse svejsninger.

Da bæreevnen for de øverste svejsninger er langt over det der bliver belastet med, ses der ikke nogen grund til at beregne de nederste svejsninger. Hvis dette bliver nødvendigt følges samme fremgangsmåde.



Figur 47 - Padeye der er svejst fast til konstruktionen. Der er genereret en svejsning med $a=5mm$ for visuelt at vise den faktor der er i at det ser solidt ud, og at man derved får tillid til at den kan bære de belastninger der forekommer ved løft.

Diskussion

Projektet har hele tiden været tiltænkt et forskningsprojekt, hvor denne rapport skulle være en del af de indledende beregninger og målsætninger for den færdige konstruktion. Det var meningen at denne rapport skulle danne grundlag for at få lavet en virkelig model af prototypen, så der kunne udføres forsøg og derved komme tættere på en egentlig løsning.

Dog viste det sig at dette projekt ikke kunne lade sig gøre, inden for rimlighedens rammer, da pontonerne ville blive grotæsk store.

Dette var med til at sætte en brat stopper for videre forsøg og beregninger, selvom der i rapporten er regnet videre på konstruktionen, da dette er en bachelor rapport.

Hvis dette projekt havde fundet sted i en virksomhed, var videre beregninger og tegninger stoppet, da der ikke er penge at tjene ved at gøre et projekt færdigt som ikke kan bruges eller sælges.

Der er dog elementer der kan føres videre over i et andet projekt, hvor andre muligheder kan udforskes for at opnå det ønskede resultat.

Som udgangspunkt vil en anden løsning bestå af en båd, hvor man vil kunne sænke ROV'en ned i vandet via en kran. Dette indebærer andre udfordringer med hensyn til bølgernes indvirkning ved søsættelse af ROV, hvilket var meningen at komme udenom ved at benytte et semi-submergable vessel.

Med hensyn til kildevalg er der både blevet brugt information fra internettet og fra bøger. Det er ikke alle informationer der er vurderet til at være lige valide, dog anses de der kommer fra bøger for at være valide. De informationer der er fundet på internettet er derfor blevet tilgået med et meget kritisk syn, således at rapporten ikke bygger på forkerte eller manglende informationer.

Der er mange der afspejler firmaers interesse i deres egne produkter, hvilket kan gøre at alle informationer ikke kommer frem, eller at det er lige omvendt.

Derfor er det specielt kilder der har interesseparter omkring de informationer der er blevet søgt, hvor de er tilgået med yderst stor skepsis.

Det er dog vurderet til at der ikke er afsnit der er skrevet på falske informationer, hvilket kun er opnået ved at behandle informationen rigtigt.

Konklusion

På baggrund af beregningerne af pontonerne, kan det konkluderes at den valgte tilgang til en løsning på problemet med biofouling af fundamentene på havvindmøller ikke er mulig. Vægten på konstruktionen blev for stor i forhold til den opdrift pontonerne skulle levere.

Det er vurderet at det ikke er hensigtsmæssigt at have pontoner, der har en radius på 2 meter og en længde på over 820 meter.

Hvis dette ikke havde været tilfældet, kunne det sagtens have endt med en brugbar løsning til et koncept på et ubemandet fartøj.

Ud fra dette aspekt er det derfor fordelagtigt, at arbejde videre med en løsning der tager udgangspunkt i et skibsskrog. Derved kan man opnå det ønskede resultat, uden at skulle tænke på havdybde, vægt og tyngdepunkt, som har styret dette projekt.

Der skal selvfølgelig tages disse faktorer med i overvejelserne, hvis man benytter et skib, men de vil ikke være styrende på samme måde som de var i dette projekt.

Derfor vil en vurdering af projektet blive, at det godt kan lade sig gøre. Der skal bare tages andre forbehold og tænkes i andre baner.

Det er stadigvæk et projekt der på et eller andet tidspunkt vil blive til virkelighed, da fremtiden kræve mange flere automatiserede systemer og robotter til at klare de tunge arbejdsbyrder.

Litteraturliste

Elektroniske kilder:

[1]: http://www.dongenergy.com/hornsrev2/da/om_horns_rev_2/om_projektet/pages/turbiner.aspx (10.05.14)

[2]: http://www.helens.dk/fileadmin/author/Teknisk_info_dk/Rustfri_teknisk_information.pdf (01.06.14)

[3]: <http://ing.dk/artikel/produktpris-modulaert-opbygget-generator-sparer-75-pct-diesel-til-havvindmoeller-162235> (05.07.14)

[1]: <http://www.smd.co.uk/products/work-class-rov-systems/atom.htm> (14.05.14)

[2]: <http://www.seaeye.com/cougar-xt.html> (14.05.14)

[3]: <http://www.hybridgenerator.dk/powerstation> (22.05.14)

Litteratur kilder:

[L1]: Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences; ISBN: 978-007-126631-4 /(p.414)

[L2]: Metallurgi for ingeniører; ISBN: 978-87-502-0930-0 /(p.344)

[L3]: Stål- konstruktioner efter DS/EN 1993; ISBN: 978-87-571-2683-9 /Billeder (p. 229-231)

[L4]: Stål- konstruktioner efter DS/EN 1993; ISBN: 978-87-571-2683-9 /Tabel 2.1 og 2.2 (p.28-29)

[L5]: Stål- konstruktioner efter DS/EN 1993; ISBN: 978-87-571-2683-9 /Tabel 9.4 (p.243)

Billeder/illustrationer:

[1]: http://shop.sea-gmbh.com/media/catalog/product/cache/4/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/m/image_566_1_2.jpg (05.07.14)

[2]: <http://www.hybridgenerator.dk/powerstation/europall-powerstation-plus> (05.07.14)

[3]: <https://smd.co.uk/products/work-class-rov-systems/atom.htm> (05.07.14)

[4]: <http://www.seaeye.com/cougar-xt.html> (05.07.14)

[5]: <http://da.wikipedia.org/wiki/Sp%C3%A6ndingsr%C3%A6kkes> (19.08.14)

[6]: <https://www.sanistaal.com/da/produkter/staal-og-metaller/rustfrit-staal/roer/profilroer-firkantrektangulaere/4kt-profilroer-uslebet-hf-svejste/4kt-profilroer-uslebet-en-14404/c-493515/1042712/rustfroer-14404-1001005,0.aspx> (19.08.14)

[7]: <http://www.advantagefabricatedmetals.com/images/gtaw2.gif> (01.09.14)

[8]: Stål- konstruktioner efter DS/EN 1993; ISBN: 978-87-571-2683-9 /(p.245)