

Afstudeerscriptie

De vervanging van een kraangiek

Seaway Heavy Lifting



Naam	Niels Koorn
Studentnummer	09078460
School	Haagse Hogeschool
Opleiding	Werktuigbouwkunde voltijd
Cursuscode	THR-AFSTUD1-02
Afstudeerbedrijf	Seaway Heavy Lifting
Bedrijfscoach	Jan-Peter Bredeveld
Afstudeercoach	Andries Boogert
Assessor	Fatih Erdurcan
Afstudeerperiode	11-2-2013 t/m 7-6-2013
Inleverdatum	7-6-2013



Document Title:
Afstudeerscriptie Niels Koorn

Client: Haagse Hogeschool

Project: Vervanging van de kraangiek van de Stanislav Yudin

Document No.: -

Other Information:
(Including details of originator, checker & approver)

Signature legend:

NKO	-	Niels Koorn	Trainee
JOU	-	John Oudejans	Installation Engineer
MRV	-	Martijn Verschelling	Lead Engineer
JPB	-	Jan-Peter Bredeveld	Engineering Director

Issued for approval		7-6-2013	NKO	JOU/MRV	JPB	
Description of Revision	Rev.	Date	Orig.	Chck.	Appr.	

Haagse Hogeschool

De vervanging van een kraangiek

Eindrapport

Prepared by: Seaway Heavy Lifting Engineering BV
Albert Einsteinlaan 50
2719 ER Zoetermeer
The Netherlands

SHL Project No: 15499

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van mijn afstudeerstage bij Seaway Heavy Lifting te Zoetermeer, die ik van 11 februari 2013 tot en met 7 juni 2013 gelopen heb. Vanwege mijn interesse in de kraantechniek, viel mijn oog op dit offshore-bedrijf. Deze stage vormt het laatste studieonderdeel van mijn opleiding werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool, vestiging Delft, en ik verwacht hiermee mijn studie succesvol af te sluiten.

Het rapport is bestemd voor de afstudeercoach dhr. A.J. Boogert en de assessor dhr. E.F. Erdurcan, die de rol van examinatoren op zich zullen nemen tijdens de scriptieverdediging. Het verslag is tevens bestemd voor opdrachtgever Seaway Heavy Lifting, en dan met voor de bedrijfscoach dhr. J.P. Bredeveld, de *Engineering Director*.

Mijn dank gaat uit naar Seaway Heavy Lifting voor het aanbieden van de afstudeerplaats, Jan-Peter Bredeveld voor zijn begeleiding en adviezen op de stageplek, Andries Boogert voor zijn coaching vanuit de school, dhr. C. van Hulst en Rudi van der Lans voor hun ondersteuning bij de voorbereidingen. Daarnaast wil ik mijn directe collega's Lars Bos, Jasper Breeuwsma, Kees Havik, Wouter Hoeksema, Richard Lunn, Joep Niermeijer, John Oudejans en in het bijzonder Martijn Verschelling op de afdeling bedanken voor hun steun en gezelligheid. Tevens wil ik mijn studiegenoten, in het bijzonder Leonie de Kleijn en Josie Schönhoff, bedanken voor hun advies bij het zoeken naar een afstudeerstage.

Zoetermeer, juni 2013

Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Samenvatting.....	VI
Nederlandse samenvatting	VI
English abstract	VI
Verklarende woordenlijst	VII
Symbolenlijst	X
Grieks alfabet.....	X
1. Inleiding.....	1
2. Achtergronden	2
2.1. Bedrijf: Seaway Heavy Lifting.....	2
2.2. Engineering Department	2
2.3. Stanislav Yudin	2
2.4. Oleg Strashnov	3
3. Opdracht	4
3.1. Probleemstelling.....	4
3.2. Opdrachtoomschrijving.....	4
3.3. Onderzoeksvragen.....	4
3.4. Doel	4
4. Pakket van eisen en wensen	5
4.1. Eisen.....	5
1.1. Gebruikseisen.....	5
1.2. Functionele eisen.....	5
1.3. Fabricage-eisen.....	5
4.2. Wensen.....	5
5. Systeemanalyse.....	7
5.1. Boom hoist	8
5.2. Main hoist.....	9
5.3. Auxiliary hoist	10
5.4. Trolley	10
6. Concepten.....	12
6.1. Morfologisch overzicht.....	12
6.2. Boxconstructie.....	12

1.4.	Concept blauw: box in A-vorm	13
1.5.	Concept rood: box in Y-vorm	13
6.3.	Vakwerkconstructie	14
1.6.	Concept geel: vakwerk in Y-vorm	14
1.7.	Concept groen: vakwerk in A-vorm	15
6.4.	Alternatieve concepten	15
1.8.	Concept lavendel: driehoekig profiel	16
1.9.	Concept roze: rond profiel.....	16
7.	Geometrie	18
7.1.	Vorm	19
8.	Materialen	20
8.1.	Staalsoorten	20
8.2.	Staal in de giek van de Oleg Strashnov.....	20
8.3.	Legeringen	22
9.	Montage	23
10.	Belasting op de kraan	24
10.1.	Krachten in de constructie	24
10.2.	Spanningen in de elementen	26
10.3.	Massa.....	26
11.	Productie.....	27
11.1.	Lassen.....	27
12.	Onderhoud.....	28
13.	Vermoeing.....	30
14.	Stabiliteit	31
14.1.	Stijfheid.....	31
15.	Aanpassingen hijsinrichtingen	33
15.1.	Upgrade.....	33
15.2.	Toevoeging extra hijsinrichting.....	34
16.	Keuzematrix.....	37
17.	Gekozen concept.....	41
18.	Conclusies en aanbevelingen	42
18.1.	Conclusies	42
18.2.	Aanbevelingen	42
19.	Bronvermelding.....	43
	Bijlage I: Specificaties van de Stanislav Yudin	46

1. Algemeen	46
2. Afmetingen	46
3. Voortstuwing	46
4. Accommodatie	46
5. Kraan.....	46
Bijlage II: Vormen van bezwijken	49
1. Vloeien	49
2. Knik	49
3. Vermoeiing	49
Bijlage III: Berekening van de krachten en momenten	51
1. Krachten	54
2. Startwaardes	54
3. Trekkracht in de boom hoist in punt B.....	54
1.10. Netto trekkracht.....	54
1.11. Bruto trekkracht.....	55
1.12. Uitkomsten bij enkele belastingsgevallen	57
4. Reactiekrachten in de heel points (punt A).....	58
5. Moment in punt B.....	60
6. Interne krachten	61
6.1. Dwarsdoorsnede in K.....	62
6.2. Dwarsdoorsnede in L	63
6.3. Dwarsdoorsnede in M	64
Bijlage IV: Model in werkstand.....	68
2D-modellen	68
3D-model box	73
3D-model vakwerk	79
Bijlage V: Model in ruststand	85
1. Boxmodel.....	85
2. Vakwerk.....	86
Bijlage VI: Doorbuiging van de jib	88
1. Gegeven	88
2. Uitkomsten.....	90
3. Doorbuiging in SACS op $r_{\text{main}} = 60 \text{ m}$	90
3.1. Box	90
3.2. Vakwerk.....	90

Bijlage VII: Plan van aanpak.....	92
1. Projectgrenzen.....	92
2. Producten	92
3. Doelstelling	92
3.1. Doelen vanuit de opleiding.....	92
3.2. Persoonlijke leerdoelen.....	93
4. Kwaliteitsbewaking	93
Bijlage VIII: Projectorganisatie	95
1. Afstudeerder	95
2. Afstudeercoach.....	95
3. Assessor.....	95
4. Bedrijfscoach	95
5. Afstudeerbedrijf.....	96
6. School	96
7. Afstudeercoördinatie.....	96
8. Organogram van het Engineering Department.....	97
9. Relaties rondom het afstuderen	98
Bijlage IX: Planning	99
1. Belangrijke data.....	99
2. Planning afstuderen.....	99
Bijlage X: Persoonlijke reflectie	100
1. Werkplek.....	100
2. Eerste weken.....	100
3. Maart	100
4. April	100
5. Directe werkomgeving	101
7. Slot	101

Samenvatting

Nederlandse samenvatting

Seaway Heavy Lifting (SHL) is sinds 1991 actief in de offshore-branche en heeft daarvoor twee kraanschepen tot haar beschikking, de Stanislav Yudin en de Oleg Strashnov. De Stanislav Yudin is opgeleverd in 1985 en is gezien haar leeftijd toe aan een revisie. De draaikrans is aan vervanging toe en de giek moet mogelijk ook vervangen worden. De hieruit voorkomende opdracht is om te bestuderen of er wederom voor een boxconstructie gekozen moet worden of dat een vakwerkconstructie wellicht een beter alternatief is en welke vorm deze constructie dan uitgevoerd moet worden.

De kraangiek moet voldoen aan de relevante normering binnen de branche. Aangezien SHL haar vloot laat certificeren door DNV, wordt de DNV-norm 2.22 *Lifting appliances* gehanteerd. De volgende zaken spelen een rol: massa, productie, onderhoud, vermoeiing, sterkte en stabiliteit.

Aan de hand van de structuur en de geometrie van de giek kunnen verschillende concepten worden opgesteld, die aan de hand van de eerder genoemde eisen getoetst worden in een keuzematrix. Daaruit is naar voren gekomen dat het vakwerk uitgevoerd in Y-vorm het gunstigste is. Daar moet echter wel bij vermeld worden dat de gekozen weging van eisen doorslaggevend is geweest en dat de uitkomst bij een andere invulling hiervan ook een boxconstructie kan zijn.

English abstract

Seaway Heavy Lifting (SHL) has been active in the offshore industry since 1991 and owns two crane vessels, the Stanislav Yudin and the Oleg Strashnov. The Stanislav Yudin was delivered in 1985 and, considering its age, is ready for a revision. The slewing ring has to be replaced and the boom may also need to be replaced. The resulting assignment is to study if there has to be chosen for a box construction or a lattice structure, together with the type of construction (A-shape or Y-shape).

The crane boom must comply with the relevant standards in the industry. The SHL fleet is in class with DNV, so in this report the DNV standard 2.22 *Lifting appliances* has been used. The following aspects are relevant: mass, production, service, fatigue, strength and stability.

On basis of the structure and geometry of the boom different concepts could be developed, which will be checked on the basis of the above requirements by using a selection matrix. It emerged that the lattice structure in Y-shape will be the best option. However it should be mentioned that the chosen weighting of the requirements was decisive and that the outcome could be a box construction in a different circumstances.

Verklarende woordenlijst

A-frame

A-vormige constructie op het kraanhuis waaraan de *boom hoist* en de giek bevestigd zitten

AISC

American Institute of Steel Construction, technisch instituut en brancheorganisatie uit de Verenigde Staten voor de toepassing van constructiestaal

API

American Petroleum Institute, Amerikaans instituut die technische standaards ontwikkelt voor de olie-, gas- en petroleumindustrie

Auxiliary hoist

Extra hijsinrichting waarmee lichtere lasten kunnen worden verplaatst, bevindt zich doorgaans in het jibgedeelte

Boom hoist

Lierwerk waarmee de positie van de giek versteld kan worden

Crane boom

Giek van de kraan

DNV

Det Norske Veritas, Noorse certificeringsinstantie

DP

Dynamic Positioning, computergestuurd systeem dat automatisch de positie en koers van het schip constant houdt met behulp van de eigen schroeven

Drijvende bok

Doosvormige, waterdichte romp, waarop een starre hefinrichting is bevestigd

EEM

Eindige elementenmethode (ook wel bekend onder de Engels naam *FEM: finite element method*), rekenmethode voor het oplossen van partiële differentiaal- en integraalvergelijkingen

Heel point

Scharnieras die de giek met het A-frame verbindt

HLV

Heavy Lift Vessel, schip met kraan die zeer zware lasten kan verplaatsen

Inschering

Het doorhalen van een lier over een schijf

Jacket

Vakwerkconstructie waarop het riggingplatform rust

Jib

Verlenging van de basis van de giek, vaak voorzien van de tweede (en eventueel derde, vierde) hijsinrichting

Joint

Knooppunt, punt waar meerdere elementen samenkomen

Main deck

Basisdek van het schip

Main hoist

Basishijsinrichting waarmee de zwaarste last gehesen kan worden

Member

Element, verbinding tussen twee knooppunten

Part

Deel van de lier tussen de schijf in de giek en die in het hijsblok (in het Engels: *fall*)

Poop deck

Verhoogd dek waarop de kraan zich bevindt

Rigging

Als zelfstandig naamwoord: Hijsgereedschap om de last mee aan de haak te verbinden, zoals stropen, sluitingen e.d.

Als werkwoord: Het bevestigen van dit hijsgereedschap aan de last en aan het haakblok

SACS

Structural Analysis Computer System, EEM-softwarepakket voor structurele analyses van offshore-constructies

SHL

Seaway Heavy Lifting

Trolley

Verrijdbare loopkat met hijsblok om lichte lasten mee te verplaatsen

Unity check

Verhouding tussen de belasting op de constructie en de weerstand die zij daar tegen kan bieden

VLS

Vrijlichaamsschema, een schema waarin een mechanisch systeem los van zijn omgeving is weergegeven, inclusief alle krachten die erop werken

Vlucht

Horizontale afstand tussen het hart van de draaikrans en het hart van de last

Whip hoist

Extra hijsrichting waarmee lichtere lasten gehesen kunnen worden, bevindt zich op een runner op de jib

Engels	Nederlands
boom	giek
crane	kraan
fall	part
finite element method (FEM)	eindige elementenmethode (EEM)
hoist	takel
reeve	inschering
vessel	vaartuig

Symbolenlijst

Grootheid	Symbool	S.I.-eenheid	Symbool
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg/m^3
doorzakking	v	meter	meter
elasticiteitsmodulus	E	Pascal	Pa
hoogte	h	meter	m
kracht	F	Newton	N
lengte	L	meter	m
massa	m	kilogram	kg
moment	M	Newton meter	Nm
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2
spanning	σ	Pascal	Pa
stijfheid	k	Newton per meter	N/m
traagheidsmoment	I	meter tot de vierde	m^4
volume	V	kubieke meter	m^3

Grieks alfabet

Hoofdletter	Kleine letter	Naam
A	α	alfa
B	β	bèta
Γ	γ	gamma
Δ	δ	delta
E	ε	epsilon
Z	ζ	zèta
H	η	èta
Θ	θ	thèta
I	ι	iota
K	κ	kappa
Λ	λ	lambda
M	μ	mu
N	ν	nu
Ξ	ξ	xi
O	$\omicron$	omicron
Π	π	pi
P	ρ	rho
Σ	σ	sigma
T	τ	tau
Y	υ	upsilon
Φ	ϕ	phi
X	χ	chi
Ψ	ψ	psi
Ω	ω	omega

1. Inleiding

Het offshore-werkterrein raakt de laatste jaren steeds meer in trek voor het plaatsen van jackets, boorplatforms, pijpleidingen en windmolens. Om deze reusachtige constructies te kunnen plaatsen en onderhouden is zwaar materieel nodig. Hiervoor zijn in de loop der jaren reusachtige kraanschepen gebouwd, zoals de Thialf, Saipem 7000 en Oleg Strashnov. Seaway Heavy Lifting is de afgelopen jaren een belangrijke speler in de offshore-industrie geworden. Het bedrijf bezit en exploiteert twee kraanschepen en is zodoende een interessant afstudeerbedrijf voor een werktuigbouwkundestudent met interesse in de kraantechniek en de offshore.

Dit rapport vormt het eindresultaat van de afstudeerstage, die van februari tot juni 2013 door de afstudeerder is gelopen in het *Engineering Department*. In de eerste hoofdstukken worden de achtergronden van de opdrachtgever Seaway Heavy Lifting toegelicht en worden de probeemstelling en de opdracht geformuleerd. Daarna zal het pakket van eisen en wensen worden besproken. Voorts volgt een analyse van het systeem en de verschillende mogelijkheden, gevolgd door enkele concepten en een morfologisch overzicht. Dan zullen de bevindingen aan de hand van de eerder gestelde eisen worden doorgenomen, waarna er een waardering aan de concepten wordt toegekend in de vorm van een keuzematrix. Tenslotte volgen de conclusies en aanbevelingen en de bijlagen.

2. Achtergronden

In dit hoofdstuk zullen de opdrachtgever en zijn kraanschepen worden beschreven. Een overzicht van de projectorganisatie is te vinden in *Bijlage VIII*.

2.1. Bedrijf: Seaway Heavy Lifting

Seaway Heavy Lifting (later ook wel SHL genoemd) is opgericht in 1991 als een joint venture van Stolt Nielsen Seaway (het huidige Subsea 7) en de Russische staatsoliemaatschappij Kaliningrad Morneft (thans Lukoil Kaliningrad Morneft). Ze houdt zich bezig met het uitvoeren van offshore-projecten, zoals de installatie van boorplatforms en windmolens. Ze beschikt daarvoor over twee kraanschepen, de Oleg Strashnov en de Stanislav Yudin, met een hijscapaciteit van respectievelijk 5.000 mt en 2.500 mt. Het hoofdkantoor van SHL Engineering bevindt zich in Zoetermeer, maar SHL is ook gevestigd in Hamburg (Duitsland) en Limassol (Cyprus). Het werkgebied omvat met name de Noordzee, de Middellandse Zee, het Midden-Oosten en India.

2.2. Engineering Department

Het *Engineering Department* bevindt zich op het hoofdkantoor van SHLE in Zoetermeer en zorgt voor het bedenken, ontwerpen en doorrekenen van de uitvoering van de offshore-projecten. Tevens ontwerpt deze afdeling eventuele aanpassingen aan de vaartuigen. Regelmatig reizen de engineers af naar de projecten en zijn zij direct betrokken bij de uitvoering van het werk op locatie. De afdeling is de afgelopen jaren behoorlijk gegroeid en nog steeds worden er nieuwe engineers geworven. Een organogram van de afdeling is te vinden in *Bijlage VIII*.

2.3. Stanislav Yudin

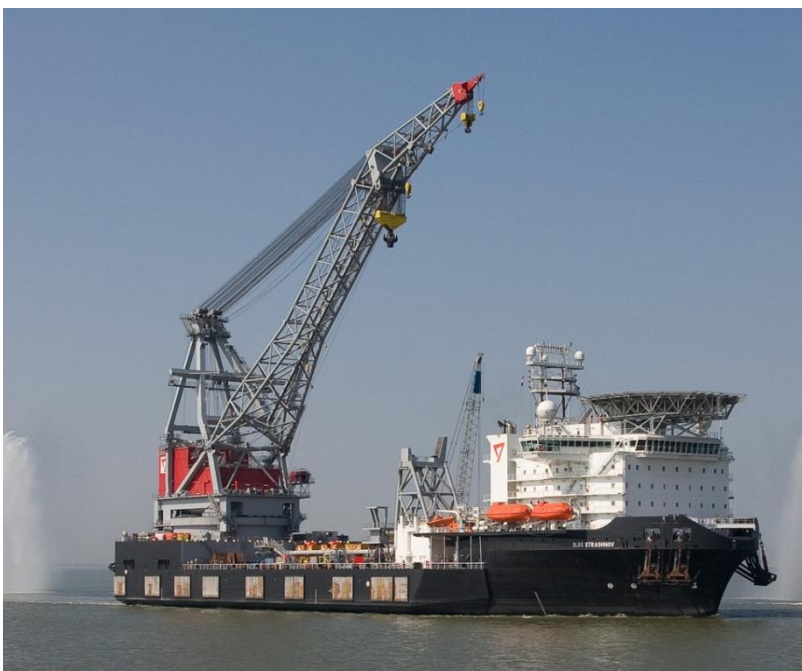
HLV (*Heavy Lift Vessel*) Stanislav Yudin is gebouwd in 1985 in Wärtsilä te Finland en kwam in dienst bij het Russische KMNG. In 1992 kwam SHL in het bezit van het kraanschip. Het is een enkelrompsschip (in het Engels *monohull* genoemd), dat wil zeggen dat er één drijver onder het schip bevestigd is. Het schip heeft een diepgang van 5,5 m en vaart thans onder Cypriotische vlag. Het is tevens gecertificeerd als *Light Ice Class*. Achterop het schip bevindt zich de kraan, die is ontworpen door Gusto MSC en gebouwd door Kone. Ze had oorspronkelijk een capaciteit van 2x 800 mt, maar heeft in 1992 een upgrade ondergaan naar 2.000 mt. In 1996 kreeg de kraan opnieuw een upgrade naar de huidige capaciteit van 2.500 mt. De giek van de kraan bestaat uit een gesloten, rechthoekig kokerprofiel, vanaf nu ook wel 'boxconstructie' genoemd. Meer technische specificaties van het kraanschip zijn te vinden in *Bijlage I*. In *Figuur 2.1* is een *load test* met de Stanislav Yudin te zien.



Figuur 2.1: De Stanislav Yudin tijdens een load test.

2.4. Oleg Strashnov

HLV Oleg Strashnov is het nieuwste schip uit de vloot van SHL (zie *Figuur 2.2*) en is gebouwd bij IHC Merwede. Het schip is eveneens een *monohull* en is opgeleverd in het voorjaar van 2011. Het is uitgerust met klasse III *Dynamic Positioning*, dat is een systeem waarbij de eigen schroeven de positie en koers van het schip constant houden. De kraan achterop het schip heeft een capaciteit van 5000 mt, twee keer zoveel als die van de Stanislav Yudin. De kraan is, net als het exemplaar op de Stanislav Yudin, ontworpen door Gusto MSC. Er zijn wel duidelijke verschillen, zo bevat de kraan van de Oleg Strashnov een vakwerkgiek en beschikt zij over meer hijsinrichtingen.



Figuur 2.2: De Oleg Strashnov vlak na de oplevering.

3. Opdracht

Dit hoofdstuk zal ingaan op de afstudeeropdracht. In *Bijlage VII* is een aantal aanpak gerelateerde zaken, zoals de projectgrenzen en kwaliteitsbewaking, te vinden. In *Bijlage IX* is de planning van de gehele opdracht te vinden.

3.1. Probleemstelling

De Stanislav Yudin is het oudste schip uit de vloot van SHL. De technische dienst zorgt ervoor dat de schepen operationeel zijn en merkt dat de Stanislav Yudin gebreken begint te vertonen. Gezien de leeftijd is vervanging van enkele onderdelen van het schip noodzakelijk, zo zal er in 2014 een retrofit van het schip plaatsvinden in een dok, waarbij onder andere de accommodatie en de kraancabine vernieuwd zullen worden en het schip van een nieuwe verlaag zal worden voorzien. Verder wil men de draaikrans van de kraan vervangen en ook de giek van de kraan moet in de toekomst vervangen worden.

3.2. Opdrachtschrijving

De vervanging van die giek, biedt de mogelijkheid om het ontwerp ervan te evalueren en vervolgens te wijzigen. Een voor de hand liggend alternatief is de vakwerkconstructie die op het andere kraanschip, de Oleg Strashnov, te vinden is. De keuze bestaat dan ook uit een box- of vakwerkconstructie, die in verschillende vormen uitgevoerd kunnen worden. De hoofdvraag is welke constructie het meest geschikt is voor het kraanschip. Deze vraag zal in dit rapport in de vorm van een advies beantwoord worden.

3.3. Onderzoeksvragen

Enkele verdere vragen die men hierbij kan stellen zijn:

- Hoe is de giek opgebouwd?
- Hoe verloopt het krachten spel in beide constructies? Wat zijn de verschillen?
- Welke variaties zijn er mogelijk qua vorm?
- Welke materialen zijn er geschikt voor beide constructies? Zit hierin verschil?
- Zit er verschil in het (de)monteren van de giek? Wat is efficiënter?
- Wat zijn de benodigde productietechnieken voor beide constructies? Zit hierin verschil?
- Wat voor onderhoud heeft de giek nodig en hoe vaak?

3.4. Doel

Het doel van de opdracht is om aan het eind van de afstudeerstage een aantal concepten te hebben met een gefundeerde advies aan de hand van het pakket van eisen.

4. Pakket van eisen en wensen

In dit hoofdstuk worden de eisen en wensen die aan de kraangiek gesteld worden, besproken.

4.1. Eisen

De giek moet voldoen aan de geldende normering die *Det Norske Veritas* (DNV) hanteert in de branche en de SHL-specificaties. DNV is de instantie die het materiaal van SHL certificeert. De branche gerelateerde norm is *Standard 2.22: Lifting appliances*. Daarnaast moeten de volgende zaken in acht genomen worden.

4.2. Gebruikseisen

Het onderhoud aan de giek is essentieel om een lange levensduur te kunnen garanderen, daarom streeft men ernaar dit zo eenvoudig mogelijk te houden.

4.3. Functionele eisen

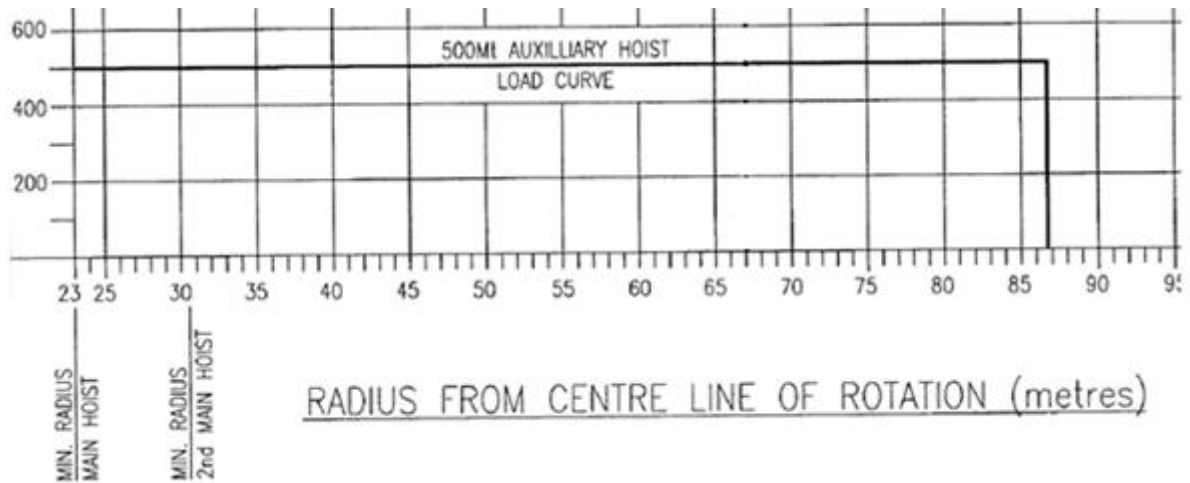
- Sterkte: Zoals eerder aangegeven moet de giek een belasting van 2.500 mt aankunnen zonder plastisch te vervormen of te knikken.
- Vermoeiing: In de loop der jaren zullen er vermoeiingsverschijnselen gaan optreden in de giek, men wil dit na zoveel mogelijk belastingscycli en bij een zo hoog mogelijke spanningsamplitude.
- Stabiliteit en stijfheid: Een bepaalde mate van stabiliteit is een vereiste, men doelt hierbij vooral tot uitwijkingen van de giek bij een zijwaartse belasting, door bijvoorbeeld de of bij een slingerende last (schuine reeptrek).
- Massa: De massa van de giek moet zo laag mogelijk zijn, opdat onnodig capaciteitsverlies en materiaalverbruik tot een minimum beperkt blijven.

4.4. Fabricage-eisen

Er moeten fabricagemogelijkheden bestaan voor het produceren van de giek. Deze zijn bij voorkeur eenvoudig, snel en goedkoop.

4.5. Wensen

- Er kan een derde haak (tweede *auxiliary hoist* of een *whip hoist*) toegevoegd worden, zoals bij de Oleg Strashnov het geval is.
- Een upgrade van de *auxiliary hoist* is mogelijk. Wanneer men naar de hijstabel hiervan kijkt (zie *Figuur 4.1*), valt op dat de capaciteit op elke bereikbare radius gelijk is. Dat betekent dat maximale capaciteit niet beperkt wordt door het moment ten opzichte van de kraan, want dan zou de capaciteit bij een toenemende radius afnemen ($M = F \times r$). De beperkingen zitten in de lieren en / of het hijsblok. SHL zou graag een upgrade naar 700 mt willen realiseren.
- SHL wil graag zoveel mogelijk materiaal aan boord van de kraanschepen, zoals de te plaatsen lasten en het benodigde gereedschap hiervoor. Dat betekent dat het wenselijk is dat de giek in ruststand zo min mogelijk dekruimte in beslag neemt.



Figuur 4.1: De hijscapaciteit van de auxiliary hoist.

5. Systemanalyse

Er bestaan veel verschillende soorten kranen met een grote diversiteit aan gieken. De giek is het langwerpige, dragende gedeelte van de kraan, waarover de hijslieren gespannen zijn. In dit hoofdstuk zal de giek nader geanalyseerd worden.

De giek van de Stanislav Yudin valt op te delen in twee delen: het main- en het jibgedeelte. Het maingedeelte vormt de basis van de giek, de jib is de verlenging daarvan die onder een kleine hoek staat. De kraan heeft een drietal hijsinrichtingen, de *main hoist*, de *auxiliary hoist* (zie *Figuur 5.1*) en de *trolley*. Welke inrichting er gebruikt wordt, hangt van een aantal factoren af:

- Wat is het gewicht van de last?
- Op welke radius moet de last geplaatst worden?
- Hoe snel moet de last verplaatst worden?



Figuur 5.1: Positionering van de main hoist (onderste hijsblok) en auxiliary hoist (bovenste hijsblok) op de kraangiek. Het verschil in grootte is duidelijk te zien.

5.1. Boom hoist

Het verstellen van de giek, dat wil zeggen het veranderen van de hoek ten opzichte van de horizontale as om dichterbij of verder weg te kunnen hijsen, wordt gedaan door de *boom hoist*, afgebeeld in *Figuur 5.2*. Dit is een lier die diverse malen is ingeschoren over katrollen (72 parten) aan het A-frame en de giek. Door de lier te vieren zal de giek aftoppen (de eerder genoemde hoek wordt dan kleiner) en door haar te hijsen zal de giek optoppen.



Figuur 5.2: De boom hoist in ontspannen toestand.

5.2. Main hoist

De *main hoist* bevat het grootste haakblok (zie *Figuur 5.3*) van de kraan en kan de maximale capaciteit (2500 mt) van de kraan leveren. Nadeel van het zware blok is dat door het zeer grote aantal inscheringen van 52 parten het hijsen en vieren van het blok erg traag gaat (immers om een last x meter omhoog te hijsen, zal er 52x meter lier verplaatst moeten worden). Deze inrichting wordt dan ook vooral gebruikt voor hijswerk waarbij het maximale van de kraan wordt gevraagd en die dan ook niet met de andere inrichtingen gedaan kunnen worden. Ze heeft een bereik (minimale radius tot maximale radius) van 24 tot 67 m.



Figuur 5.3: Het hijsblok van de main hoist tijdens onderhoud.

5.3. Auxiliary hoist

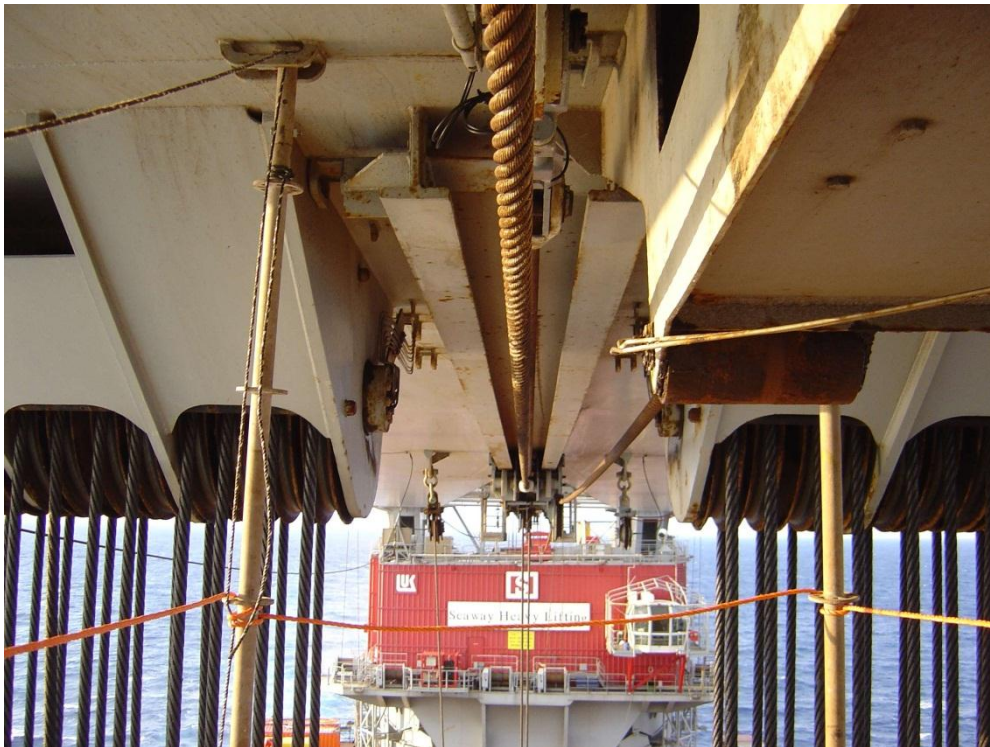
Voor lichter hijswerk (< 500 mt) wordt meestal uitgeweken naar de auxiliary hoist, die zich aan het uiteinde van de jib bevindt (zie *Figuur 5.4*). De Stanislav Yudin beschikt over één zo'n hulphijsinrichting, de Oleg Strashnov echter heeft er twee. Deze inrichting bevat een lichter hijsblok en is ingeschoren op 24 parten. Het bereik loopt van 32 tot 86 m. Het grote voordeel ten opzichte van de *main hoist* zit in de hijsnelheid, die is vanwege het kleinere aantal inscheringen een stuk groter. Verder is met de *auxiliary hoist* een grotere vlucht en hijshoogte te overbruggen dan met de andere hijsinrichtingen, doordat deze zich helemaal aan het uiteinde van de giek bevindt.



Figuur 5.4: Gebruik van de auxiliary hoist.

5.4. Trolley

De *trolley* tenslotte is de lichtste en snelste hijsinrichting van de drie en wordt vooral gebruikt voor het verrichten van hand- en spandiensten op het dek. Zij heeft een maximale capaciteit van 30 mt en is ingeschoren op 2 parten. De *trolley* is niet alleen sneller in het hijsen dan de andere twee blokken, ook horizontaal verplaatsen gaat sneller, doordat de *trolley* kan rijden (katten) over een rail in de lengte van de giek (zie *Figuur 5.5*). Hierdoor hoeft de giek slechts een keer onder de juiste hoek gezet te worden en daarna kan door middel van het in- en uitkatten van de *trolley* de juiste radius bereikt worden, wat aanzienlijk sneller gaat dan het verstellen van de *boom hoist*. Daarnaast kan de *trolley* werken op een radius kleiner dan 24 m.



Figuur 5.5: De rails waarover de trolley in- en uitkat.

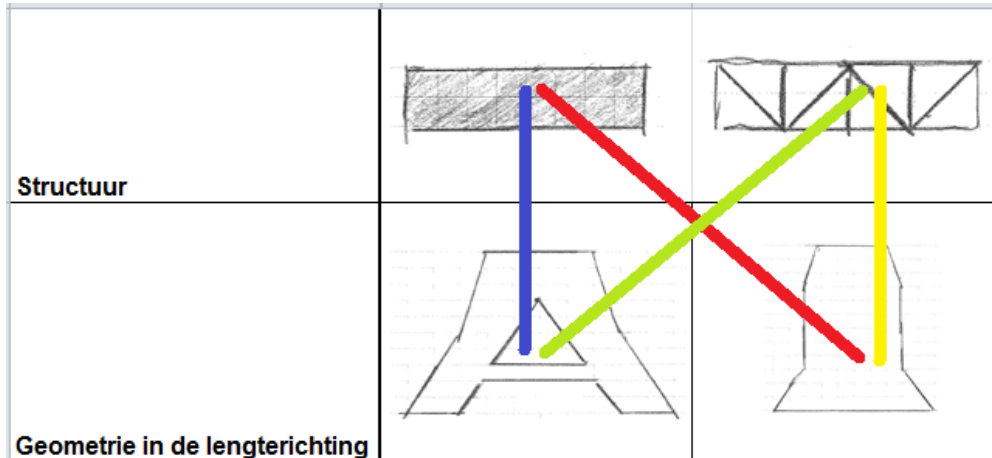
Het komt erop neer dat vooral het gewicht van de last bepalend is voor de keuze van het meest geschikte hijsblok.

6. Concepten

In dit hoofdstuk zullen de verschillende concepten aan bod komen.

6.1. Morfologisch overzicht

In *Figuur 6.1* is het morfologisch overzicht weergegeven voor verschillende structuren en geometrieën. Elk concept is gekoppeld aan een kleur.



Figuur 6.1: Morfologisch overzicht met vijf verschillende concepten uiteengezet.

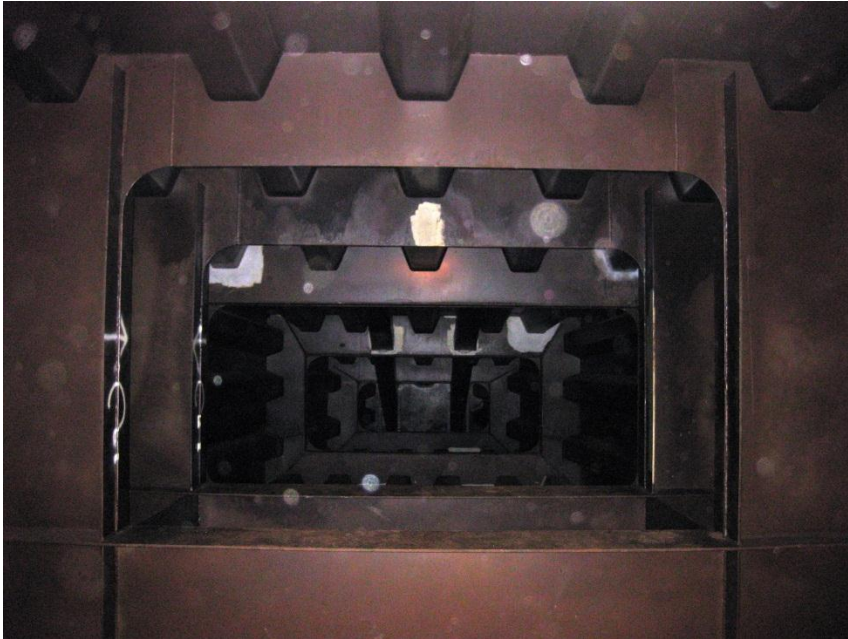
6.2. Boxconstructie

Een giek met een boxconstructie houdt in dat de giek volledig gesloten is. Deze constructie is thans op de Stanislav Yudin te vinden. Telescoopgieken zijn eigenlijk altijd van dit type, tegenwoordig vaak in een afgeronde vorm. Een groot voordeel is dat een boxconstructie een vrij eenvoudige opbouw heeft en niet moeilijk te produceren is. Er zijn verschillende vormen mogelijk, zo zijn de hoeken bij telescoopgieken vaak afgerond om de slijtage bij het in- en uittelescoperen van de giekdelen te beperken. Bij de offshore-kranen zijn de hoeken doorgaans niet of nauwelijks afgerond. Enkele voordelen van een boxconstructie zijn:

- Er zijn relatief weinig verbindingen.
- Het oppervlak is eenvoudig te schilderen.
- De binnenkant is goed toegankelijk, waardoor het eenvoudig is inwendige inspecties of aanpassingen te doen.
- Aan begin en uiteinde van de giek worden de krachten goed verdeeld opgevangen en doorgevoerd naar de *heel points*. Dit komt door het relatief grote oppervlak van een dwarsdoorsnede.

Nadelen zijn:

- De massa is relatief hoog.
- Het grote oppervlak vangt veel wind.
- Het geheel dient verstevigd te worden met verstijvingen en tussenschotten om plooivorming tegen te gaan (zie *Figuur 6.2*). Plooivorming ontstaat door drukkrachten op het plaatmateriaal.



Figuur 6.2: De verstijvers en de tussenschotten in de giek van de Stanislav Yudin.

6.3. Concept blauw: box in A-vorm

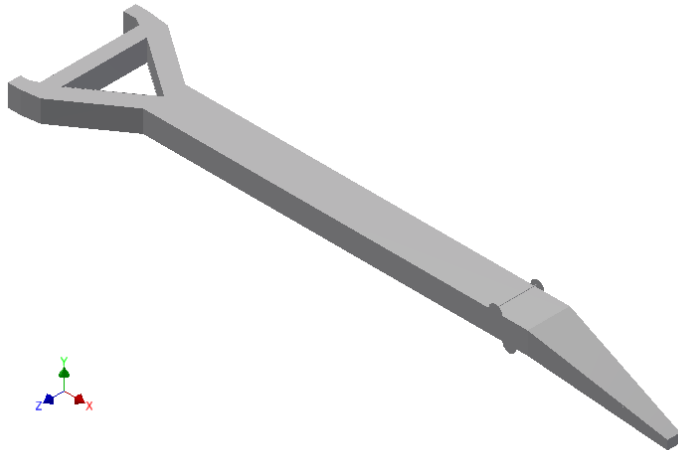
Dit is het concept dat thans op de Stanislav Yudin zit. De giek bestaat uit een tweebeelige boxconstructie in een V-vorm met een rechthoekig profiel, zoals te zien is in *Figuur 6.3*.



Figuur 6.3: De giek van de Stanislav Yudin.

6.4. Concept rood: box in Y-vorm

Dit concept is even een boxconstructie, maar dan uitgevoerd in een Y-vorm. Dat betekent dat de twee benen vanuit de *heel points* eerder (lees: op een kortere afstand) worden samengevoegd tot één recht been, zoals te zien is in *Figuur 6.4*.



Figuur 6.4: Een boxconstructie in Y-vorm.

6.5. Vakwerkconstructie

Een vakwerkgiek bestaat doorgaans uit een viertal buizen die met een aantal spijlen in een rechthoekvorm aan elkaar verbonden is. De constructie bestaat daardoor uit minder materiaal dan een boxconstructie van dezelfde afmetingen. Wel is de productie een arbeidsintensief proces en komt er veel laswerk bij kijken om alle spijlen te verbinden. Bij lichte kranen is de giek vaak demontabel en kunnen de vakwerkdelen met pennen aan elkaar gekoppeld worden. In de offshore is het echter doorgaans een geheel. Enkele voordelen van een vakwerkgiek zijn:

- De massa is relatief laag.
- De constructie laat veel wind door (niet erg windgevoelig).
- Er zijn geen verstijving en tussenschotten nodig.

Nadelen zijn:

- Er zijn relatief veel verbindingen (veel laswerk).
- Het oppervlak is het lastig te schilderen.
- De constructie is lastig toegankelijk, waardoor het lastig is inspecties of aanpassingen te verrichten.
- Aan begin en uiteinde van de giek worden de krachten niet goed verdeeld opgevangen en doorgevoerd naar de *heel points*. Daarom wordt op deze twee punten vaak een stukje plaatwerk geïntegreerd om dit op te vangen.

6.6. Concept geel: vakwerk in Y-vorm

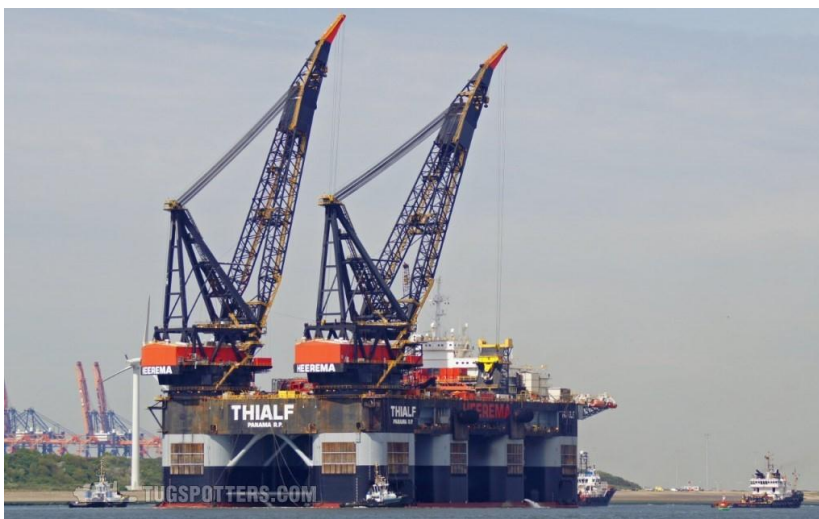
Dit is het concept dat op de Oleg Strashnov zit. De giek bestaat uit een eenbenige vakwerkconstructie in een Y-vorm met een rechthoekig profiel. In *Figuur 6.5* is deze giek te zien.



Figuur 6.5: De giek van de Oleg Strashnov onderweg voor montage.

6.7. Concept groen: vakwerk in A-vorm

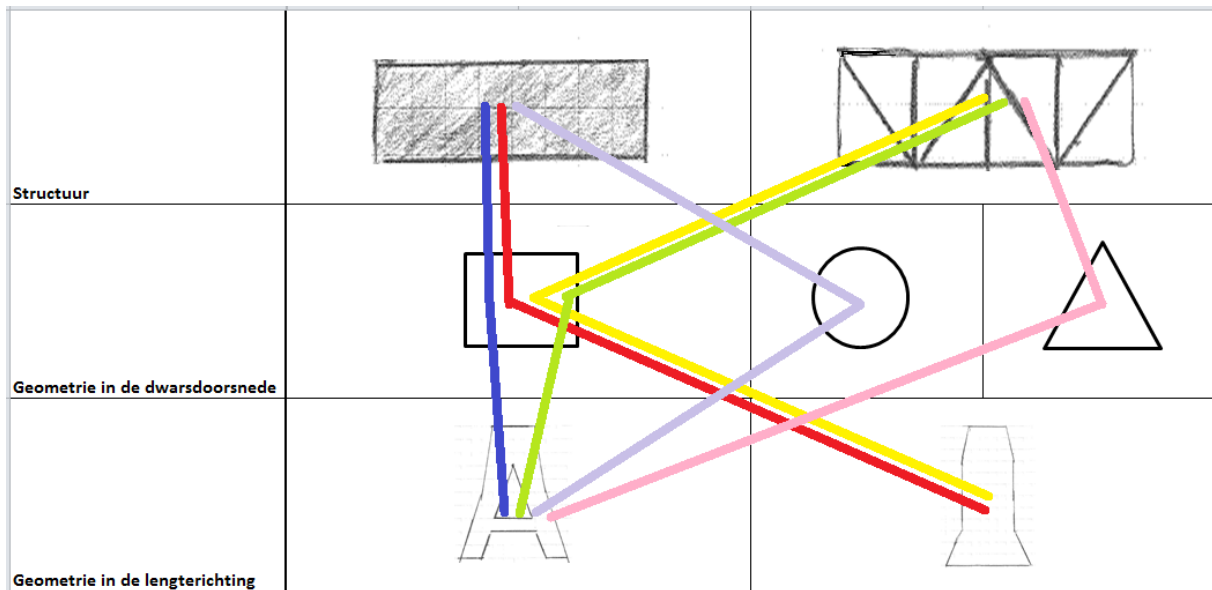
Dit is het concept dat op de Balder, Hermod en Thialf zit. De giek bestaat uit een tweebeinige vakwerkconstructie in een A-vorm met een rechthoekig profiel. In *Figuur 6.6* zijn enkele afbeeldingen van deze kranen te zien.



Figuur 6.6: Vertrek van de Thialf.

6.8. Alternatieve concepten

Er is tevens variatie mogelijk in de geometrie van de dwarsdoorsnede van de giek. Zo kan de giek naast rechthoekig ook rond of driehoekig worden uitgevoerd, zoals te zien is in *Figuur 6.7*. Deze concepten zullen in dit rapport niet uitgebreid uitgewerkt worden.



Figuur 6.7: Morfologisch overzicht aangevuld met alternatieven voor geometrie in de dwarsdoorsnede.

6.9. Concept lavendel: driehoekig profiel

Dit concept is afgeleid van de giek van torenkranen. De giek bestaat uit een tweebeugige vakwerkconstructie in een omgekeerde V-vorm met een driehoekig profiel, zoals in *Figuur 6.8* is weergegeven.



Figuur 6.8: Driehoekig profiel van de giek van een torenkraan.

6.10. Concept roze: rond profiel

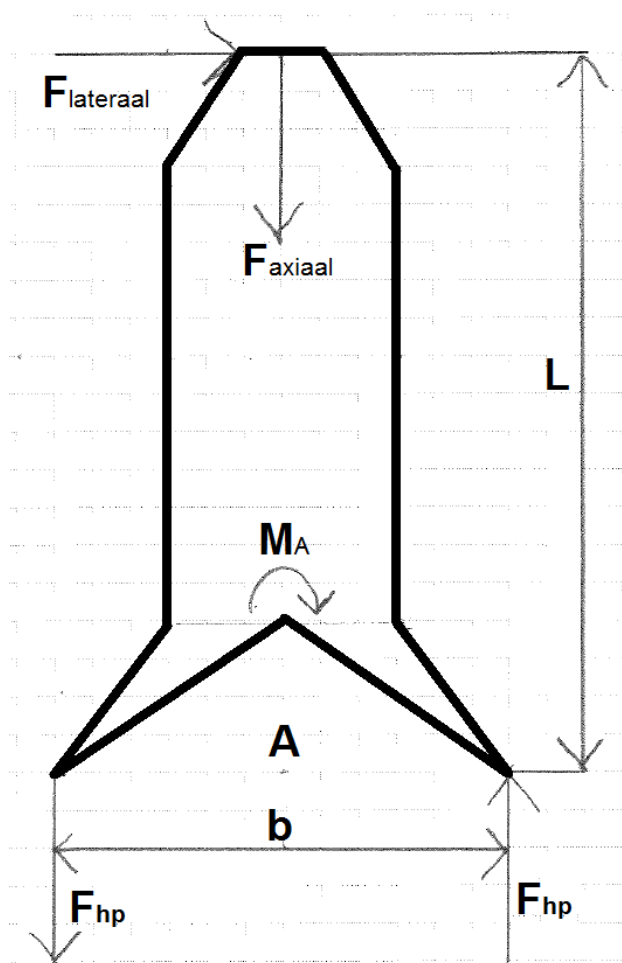
Dit concept is afgeleid van de giek die sommige drijvende bokken bevatten zoals de Matador 3 van Bonn & Mees. De giek bestaat uit een tweebeugige buisconstructie in een A-vorm. In *Figuur 6.9* is een afbeelding van de Matador 3 te vinden.



Figuur 6.9: De Matador 3 met de giek van de Oleg Strashnov in de haak.

7. Geometrie

Naast de structuur van de giek (box / vakwerk) zit er ook verschil in de geometrie ervan. Bij de offshore-kraanschepen zijn de gieken doorgaans rechthoekig, net als bij vakwerkkranscransen. Torenkranen hebben vaak een driehoekig giekprofiel, terwijl telescoopkranen vaak rechthoekig zijn met afgeronde hoeken. Verder valt op dat bij offshore-kranen de twee *heel points* ver uit elkaar geplaatst zijn. Dit heeft te maken met de zijdelingse belasting, veroorzaakt door de wind of een schuine reeptrek. Daarvan is sprake als de last hangt niet recht onder de kraan hangt doordat de last zich niet recht onder de kraan bevindt of door deining van het schip, waardoor de kraan zich niet recht boven de last bevindt. Deze kracht veroorzaakt een lateraal moment in de constructie. Om de reactiekrachten van de *heel points* beperkt te houden, worden ze ver uit elkaar geplaatst, dit is te zien in *Figuur 7.1*.



Figuur 7.1: De zijdelingse belasting op de giek F_{lateraal} veroorzaakt een moment tussen de heel points van de giek.

De zijdelingse belasting F_{lateraal} uit de eerder genoemde figuur veroorzaakt een moment tussen de *heel points*. Uit de onderstaande formules valt af te leiden dat bij een grote afstand tussen de *heel points* bij een gelijkblijvende gieklengthe en zijdelingse belasting, de reactiekrachten beperkt blijven.

b = breedte van de giek [m]

F_{axiaal} = axiale kracht op de giek [kN]
 F_{hp} = reactiekracht in heel point [kN]
 F_{lateraal} = laterale kracht op de giek [kN]
 L = lengte van de giek [m]
 M_A = moment in punt A [kNm]

$$M_A = F_{\text{lateraal}} \times L = a \times F_{\text{hp}}$$
$$F_{\text{hp}} = \frac{L \times F_{\text{lateraal}}}{b}$$

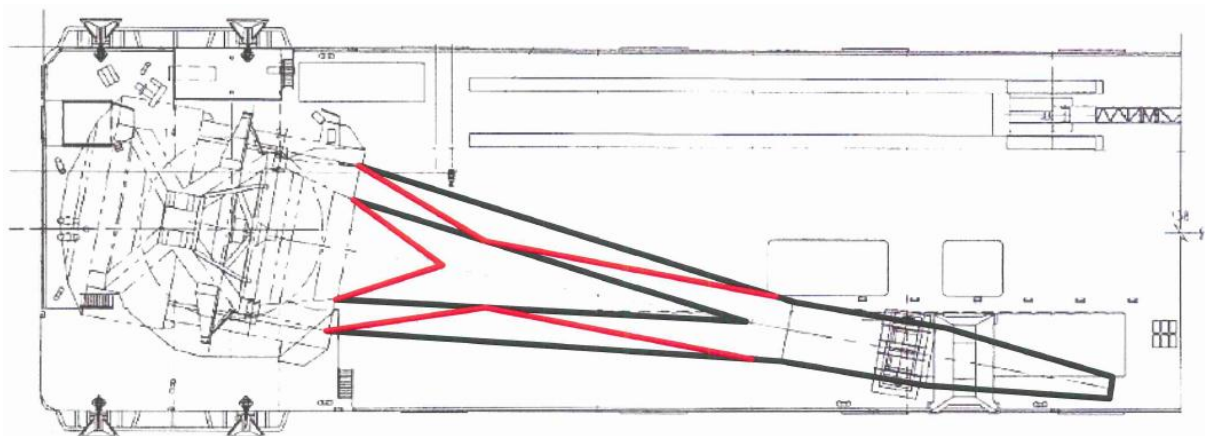
7.1. Vorm

Er is een studie naar de verschillen tussen een A- en een Y-vorm giek verricht door Gusto MSC ten behoeve van het ontwerp voor de kraangiek van de Oleg Strashnov. Daaruit kwam naar voren dat de A-vormige giek stijver is dan de Y-vorm, maar ook meer knooppunten bevat en zwaarder is. In *Tabel 7.1* zijn de meest extreme waarden die hiervoor gevonden zijn, weergegeven. Deze gelden bij een mainradius van 32 m en een belasting in de *main hoist* van 4.500 mt.

	Massa (mt)	Laterale deformatie (cm)
A-vorm	624	19
Y-vorm	552	36

Tabel 7.1: Enkele verschillen tussen de twee verschillende giekvormen.

De grotere massa bij een A-vorm is niet alleen te verklaren door het feit dat zij twee benen heeft in plaats van een, ook de bevestiging van de *trolley* bevat meer materiaal, bij de Y-vorm kan deze immers direct aan de giek bevestigd worden, terwijl ze bij de A-vorm aan beide benen verbonden moet worden. Een ander nadeel van de A-vorm dat genoemd wordt, is de relatief grote ruimte dat zij inneemt boven het dek (zie *Figuur 7.2*). Dat is lastig aangezien men het dek liever gebruikt om de lasten op te vervoeren naar de locatie, opdat er geen (kostbare) barge nodig is.



Figuur 7.2: De Y-vorm (rood) biedt een groter beschikbare hoeveelheid dekruimte dan de A-vorm (zwart).

8. Materialen

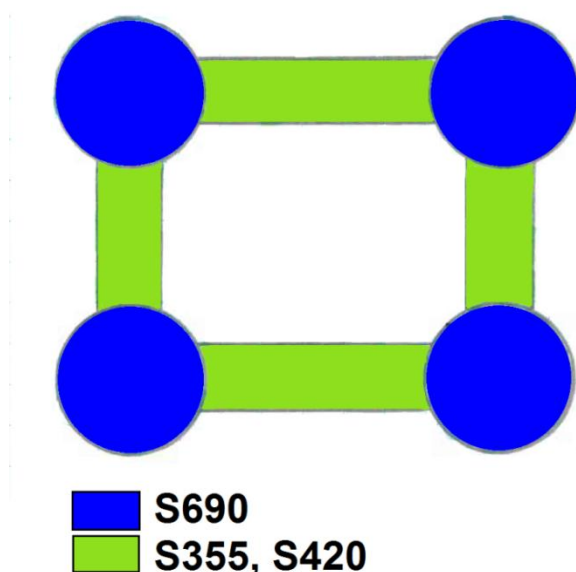
In de offshore wordt voornamelijk gebruik gemaakt van staalsoorten. Ook in de DNV-norm 2.22 wordt er uitgegaan van het gebruik van staal. Er is echter wel diversiteit in de gekozen staalsoorten aan de hand van de functie die het onderdeel zal gaan uitoefenen. Men kent een gradatie van laagwaardig naar hoogwaardig staal, waarbij de vloeigrens maatgevend is.

8.1. Staalsoorten

Een belangrijk criterium waarop men staalsoorten onderscheidt, is de vloeigrens. Wanneer deze grens relatief hoog is, spreekt men van hoogwaardig staal. Hoogwaardig staal speelt een belangrijke rol in het lichtgewicht construeren, immers als hogere spanningen toelaatbaar zijn, betekent dit dat de constructie met minder materiaal oftewel lichter uitgevoerd kan worden. In oudere constructies of onderdelen die een minder prominente rol spelen in de opvang van het krachterspel ziet men vaak S235 (St 37), dat een beduidend lage treksterkte (360 MPa) heeft. In de onderdelen die essentieel zijn binnen de overdracht van de spanningen wordt hoogwaardiger staal gebruikt, zoals S355, S420 en S690.

8.2. Staal in de giek van de Oleg Strashnov

Voor de giek van de Oleg Strashnov is een gebruik gemaakt van een combinatie van enkele staalsoorten. Zo zijn de vier hoofdbuizen gemaakt van S690, zeer hoogwaardig staal. Het gebruik van hoogwaardig staal heeft als voordeel dat de buis licht kan worden uitgevoerd, er is immers minder materiaal nodig om dezelfde spanning aan te kunnen. Nadelen zijn echter dat het lassen eraan meer randvoorwaarden vereist, zoals een tochtvrije omgeving, en dat het gevoeliger is voor vermoeiing. Dit komt doordat de vermoeiingsgrens niet evenredig mee verandert met de vloeigrens en treksterkte. Andere buizen die lagere spanningen tevoorduren krijgen zijn gemaakt van laagwaardigere soorten staal zoals S420 en S355, zoals te zien is in *Figuur 8.1*.



Figuur 8.1: Dwarsdoorsnede van een vakwerk met gebruikte staalsoorten.

Een belangrijke reden hiervoor is om de afmetingen van de verschillende buizen niet teveel van elkaar te laten afwijken. Een dunne buis die aansluit op een dikke buis geeft een relatief hoge spanning in het knooppunt, aangezien de kracht in de staaf gelijk blijft, maar het oppervlak van de lasverbinding klein is (zie ook *Figuur 8.2* en *8.3*). Er treedt dan *punching shear* (afschuiving in knooppunt met een stompe verbinding) op en de kans bestaat dat de dunne staaf door de dikke staaf heen gedrukt wordt. Wanneer de afmetingen niet veel van elkaar afwijken zal deze spanning veel lager zijn. Dit is af te leiden uit de onderstaande formule voor *punching shear* volgens het *American Petroleum Institute* (API). Wanneer de tussenstaaf een kleine wanddikte heeft, zal het oppervlak van de dwarsdoorsnede ook klein zijn, waardoor de nominale, axiale buigspanning groot wordt.

A = oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de tussenstaaf [mm^2]

d = diameter van de tussenstaaf [mm]

t = dikte van de tussenstaaf [mm]

V_p = *punching shear* [MPa]

τ = verhouding in dikte tussen hoofd- en tussenstaaf

σ_b = nominale, axiale buigspanning in het knooppunt [MPa]

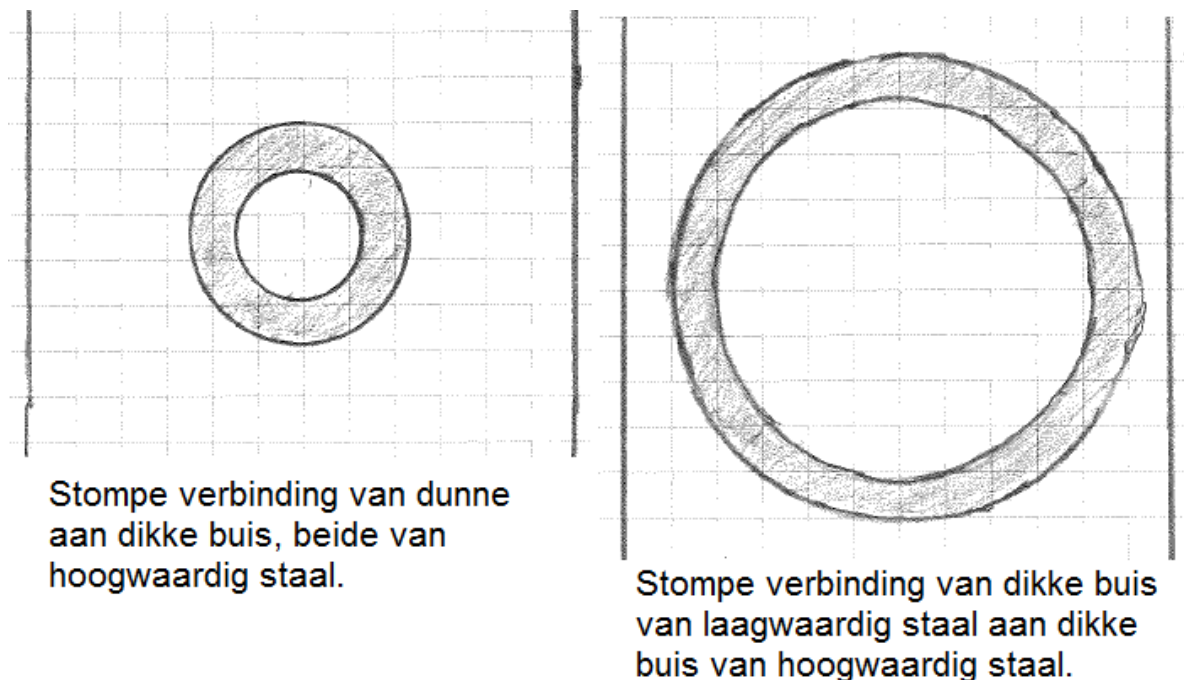
T = dikte van de hoofdstaaf [mm]

θ = hoek waaronder de tussenstaaf verbonden is met de hoofdstaaf [rad]

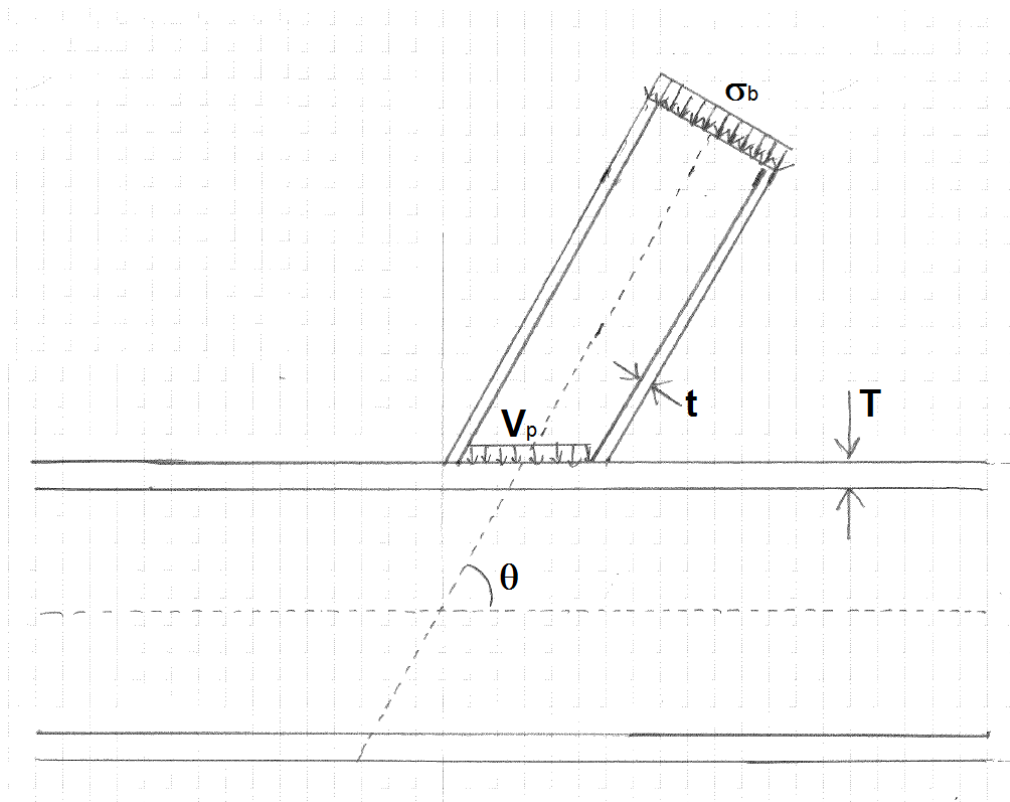
F_b = axiale kracht uitgeoefend door de tussenstaaf op de hoofdstaaf [N]

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 - (d - 2t)^2$$

$$V_p = \tau \sigma_b \sin \theta = \frac{t}{T} \frac{F_b}{A} \sin \theta$$



Figuur 8.2: Vergelijking van een dunne versus een dikke tussenstaaf, bij de dunne staaf zal door het kleinere oppervlak een grotere spanning ontstaan dan bij de dikke staaf.



Figuur 8.3: In het knooppunt treedt punching shear op.

8.3. Legeringen

In assen wordt vaak gebruikt gemaakt van staallegeringen met nikkel, chroom e.d. Deze legeringen zijn nog beter in staat de grote belastingen die op asverbindingen komen te staan, te verdragen. Voor een giek zijn deze legeringen echter niet geschikt, aangezien er niet aan gelast kan worden.

9. Montage

Bij het monteren van de kraangiek zal gebruik gemaakt moeten worden van een grote hijsinstallatie om het geheel te kunnen plaatsen op de bok en de *heel points*. Voor de installatie van de giek van de Oleg Strashnov is gebruik gemaakt van een drijvende bok.

De massa en omvang van de giek is doorslaggevend voor het kiezen van het juiste type kraan. Doordat deze vrij hoog zijn en het feit dat de giek niet in delen kan worden vervoerd, zoals dat bij onshore-kranen doorgaans wel geval is, is het vrijwel onmogelijk om de giek over het land naar het schip te transporteren.

Voor de Oleg Strashnov komt daar nog bij, dat zij bij de montage van de giek al te water gelaten was, waardoor het schip goed te benaderen is door een andere hijsinstallatie om de giek te plaatsen. De drijvende bok is hiervoor uitermate geschikt gebleken, met minder capaciteit dan een HLV zoals de Oleg Strashnov zelf is, maar zeker voldoende om de 658 mt wegende giek te kunnen plaatsen.

De giek wordt op een viertal punten aangeslagen met staalstroppen. Tussen het plaatsen van een box- of een vakwerkconstructie zit niet veel verschil in deze wijze. De geometrie heeft echter wel invloed op het aanslaan van de last, aangezien de positie van het zwaartepunt ervan afhankelijk is.



Figuur 9.1: De giek van de Oleg Strashnov aangeslagen met een viertal stroppen.

De montage vindt in principe eenmalig plaats en heeft door de geringe verschillen tussen de verschillende concepten geen grote invloed op de uiteindelijke keuze.

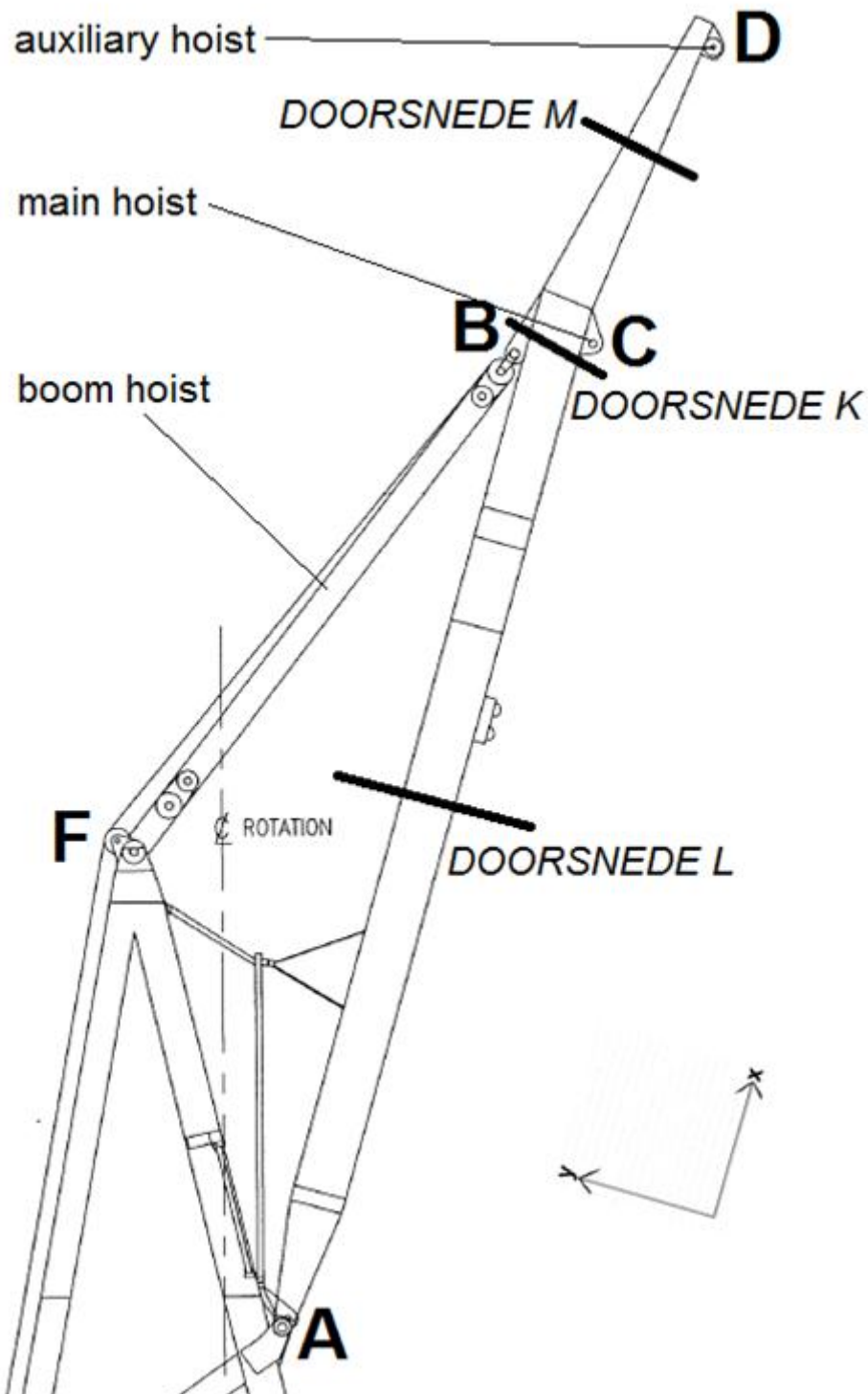
10. Belasting op de kraan

De belasting in de constructie moet bekend zijn voor het opstellen van een model van de verschillende concepten. De maximale belasting voor de *main hoist* bedraagt 2.500 mt en die voor de *auxiliary hoist* 500 mt. Deze belastingen zijn exclusief het eigen gewicht van de giek, lieren en hijsblokken, wel moet het gewicht van de *rigging* in de belasting worden meegenomen. In *Bijlage II* worden de verschillende vormen van bezwijken nader toegelicht.

10.1. Krachten in de constructie

Om een indruk te krijgen, hoe de belasting op de kraan werkt, zijn de krachten in verschillende plekken in de giek berekend. In *Bijlage III* zijn enkele berekeningen van de krachten en momenten die op het systeem uitgeoefend worden, te vinden. Hierin wordt het systeem in 2D beschouwt. In *Figuur 10.1* zijn de gebruikte knooppunten en dwarsdoorsneden te zien. De belangrijkste conclusies zijn:

- De grootste trekkracht in de *boom hoist* wordt veroorzaakt door de maximale belasting in de *main hoist*. Daarbij is de radius bepalender dan het gewicht van de last.
- De reactiekrachten in de x-richting zijn beduidend groter dan die in de y-richting. De grootste reactiekracht wordt veroorzaakt door de belasting in de *main hoist*.
- Het grootste moment in punt B wordt veroorzaakt door de belasting in *auxiliary hoist*. Dit is te verwachten, aangezien de arm van die kracht een stuk groter is.
- De belasting in de *main hoist* veroorzaakt de grootste interne krachten. De grootste drukkracht loodrecht op de doorsnede bevindt zich in doorsnede L, dit is ook het dikste deel (met het grootste dwarsdoorsnedeoppervlak) van de giek. Naarmate de radius groter wordt, worden de drukkrachten kleiner, dit valt te verwachten aangezien de belastingen bij een afgetopte giek meer in de y- dan in de x-richting gaan werken. De grootste evenwijdige kracht treedt op in dwarsdoorsnede K bij een gemiddelde radius.



Figuur 10.1: Kraangiek met de in de berekening gebruikte knooppunten en dwarsdoorsnedes.

10.2. Spanningen in de elementen

Om te kunnen zien hoe de spanningen in de constructie verlopen en te kijken of deze toelaatbaar zijn, is het handiger om een softwarepakket dat rekent met de eindige elementenmethode (EEM) in te zetten. In *Bijlage IV* is een model van het systeem in zo'n softwarepakket te vinden en een analyse van de spanningen in de elementen in 3D. Het model dient tevens als controle van de eerder uitgevoerde berekeningen. In het EEM-pakket wordt het model getoetst aan een code. In deze code zijn de verschillende bezwijkmogelijkheden verwerkt en aan de hand daarvan wordt grenswaarde voor de spanning per element berekend. In het gebruikte programma SACS is geen code van DNV opgenomen, daarom is er gebruik gemaakt van de code van het *American Institute of Steel Construction* (AISC). Deze code is algemeen geaccepteerd in de offshore. Bij het laten uitvoeren de berekeningen (het zogenaamde *runnen* van het model) worden de daadwerkelijk optredende spanningen vergeleken met de eerdergenoemde grenswaarden. Deze vergelijking wordt ook wel eenheidstoets of *unity check* genoemd.

10.3. Massa

De massa van de kraangiek van de Stanislav Yudin bedraagt 411 mt. De massa is van groot belang voor het ontwerp, aangezien een hoge massa ten koste gaat van de capaciteit. Ook moeten bij een zwaardere giek zaken als de boom hoist en de heel points zwaarder (en duurder) worden uitgevoerd. Wanneer men naar de kraancurve van de Oleg Strashnov kijkt, valt op dat de maximale capaciteit van de main hoist verdubbeld is ten opzichte van de Stanislav Yudin. De massa van deze giek is echter niet verdubbeld, deze bedraagt 658 mt, dat is ongeveer 1,6 keer zoveel als die van de Stanislav Yudin. Dat betekent dat er met het nieuwe concept een gewichtsreductie is gerealliseerd. Uit de analyse blijkt ook dat de boxconstructie zonder verstijvingen en tussenschotten al zwaarder is dan een vakwerk, respectievelijk 509,4 mt versus 489,2 mt.

11. Productie

Onder de productie van de giek vallen de fabricage en de assemblage van de losse onderdelen. Er zal gekeken worden welke methoden het snelst en het goedkoopst zijn. Men moet hierbij denken aan laswerkzaamheden, het plaatsen van de spijlen onder de juiste hoek en het aanbrengen van de verstijvingen en tussenschotten.

11.1. Lassen

Bij grote offshore-constructies is lassen de meest gebruikte methode twee elementen aan elkaar te verbinden. Bovendien is het bij een offshore-kraan niet nodig de giekdelen losneembaar te maken, zoals op het land wel het geval is in verband met het transport van de kraan. Bij de boxconstructie bestaan de laswerkzaamheden uit het verbinden van de platen waaruit de koker is opgebouwd, de verstijvers en de tussenschotten. Dit zijn grote, maar wel relatief eenvoudige lassen. Deze lassen kunnen dan ook geautomatiseerd worden uitgevoerd. Bij een vakwerk zijn de lasverbindingen weliswaar kleiner qua oppervlak, de lassen zelf zijn complexer. De twee oppervlaktes die aan elkaar gelast moeten worden zijn namelijk niet vlak en vereisen dan ook een hoge mate van nauwkeurigheid. Ook is de positionering complexer dan bij een box, de staven komen immers niet uitsluitend onder rechte hoeken te staan, maar tevens onder scherpe en stompe hoeken. Deze benodigde precisie brengt veel extra werk met zich mee, zoals het plaatsen van bruggen (zie *Figuur 11.1*) en is lastiger te automatiseren. Navraag leert dat dit dan ook doorgaans handmatig wordt gedaan.



Figuur 11.1: Lasverbinding in de giek van Oleg Strashnov. De platen (bruggen) die op het oppervlak zijn aangebracht zijn nodig om de twee te verbinden uiteinden goed te positioneren.

12. Onderhoud

Onderhoud bestaat uit alle handelingen die nodig zijn om reeds bestaand object (in dit geval de giek) zijn doel te laten blijven behalen. Dat komt neer op de volgende activiteiten:

- Smering: De bewegende delen moeten van olie worden voorzien om met zo min mogelijk wrijving te kunnen functioneren.
- Inspectie: Er worden visuele controles verricht op / in de kraangiek (bijvoorbeeld controle van scheuren in lasnaden)
- Schoonmaak: Vuil wordt van de giek verwijderd.
- Test: Er wordt gecontroleerd of een onderdeel na reparatie of vervanging weer volledig functioneert.
- Kalibratie: Er wordt gecontroleerd of de ingestelde waarden overeenkomen met de gemeten waarden (bijvoorbeeld het vergelijken van de ingestelde snelheid van de loopkat met een gemeten snelheid ervan).
- Certificering: De kraan wordt gekeurd door een certificerende instantie (zoals DNV) door het verrichten van onder andere een overlasttest (zie *Figuur 12.1*).
- Modificatie: Er worden aanpassingen aangebracht aan de giek.
- Coaten: De giek wordt voorzien van een nieuwe verflaag / coating, die de giek zal moeten beschermen tegen corrosie. Daarnaast heeft een coating ook een esthetisch effect.



Figuur 12.1: Load test met de Stanislav Yudin.

Bij het verrichten van al deze activiteiten aan de giek, is het van belang dat de onderhoudsgevoelige onderdelen gemakkelijk toegankelijk zijn. Onderhoud betekent namelijk stilstand van de kraan en het is dan ook van belang dat het zo snel mogelijk voltooid kan worden.

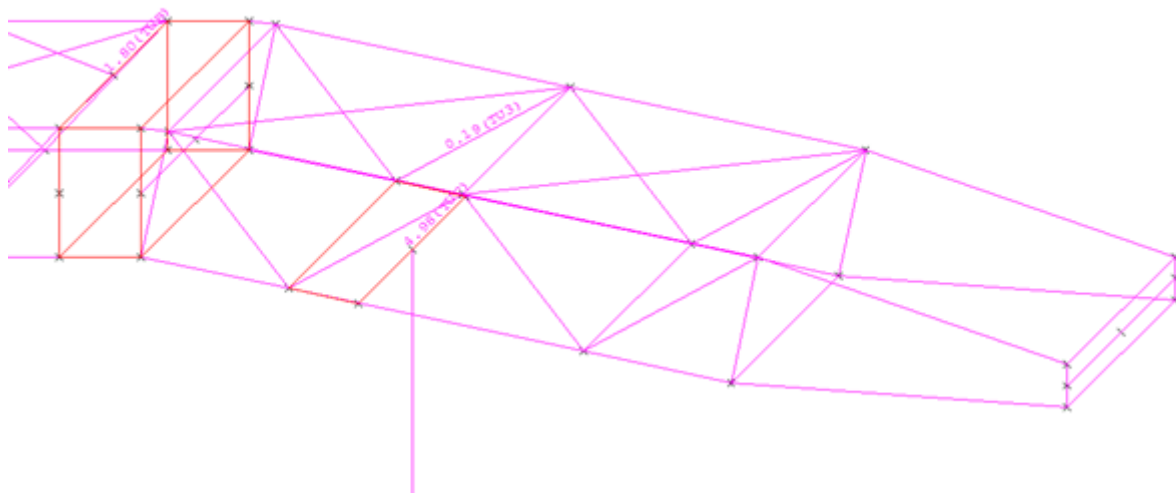
De boxconstructie is zowel van binnen als van buiten toegankelijk. Bij het vakwerk is de bewegingsvrijheid voor de monteur aanzienlijk minder, gezien de vele open ruimtes. Men zal dan moeten werken met loopbruggen of manschappenbakken om overal bij te kunnen. Ook navraag bij het personeel aan boord leert dat de boxconstructie iets onderhoudsvriendelijker is dan een vakwerk, echter de verschillen zijn niet erg groot.

13. Vermoeiing

Om de prioriteit van vermoeiing te analyseren is de giek in ruststand onderzocht (zie *Bijlage V* voor de modellen hiervan). De constante belasting die in dit geval op de giek werkt, is het eigen gewicht. In *Bijlage II* wordt het verschijnsel vermoeiing nader toegelicht. Omdat de belasting ook in ruststand fluctueert, door de deining van het schip en de weersomstandigheden, wordt een gemiddelde spanning aangenomen van twee maal de maximale spanning die gevonden is met behulp van het EEM-model, de zogenaamde $\Delta\sigma$.

Vervolgens kan in het S/N-diagram gekeken worden naar het aantal belastingen dat mogelijk is bij deze spanning. De grootste $\Delta\sigma$ voor het boxmodel bedraagt 88,3 MPa. Deze spanning zit onder de vermoeiingsgrens van staal ($S_{vg} = 188$ MPa)

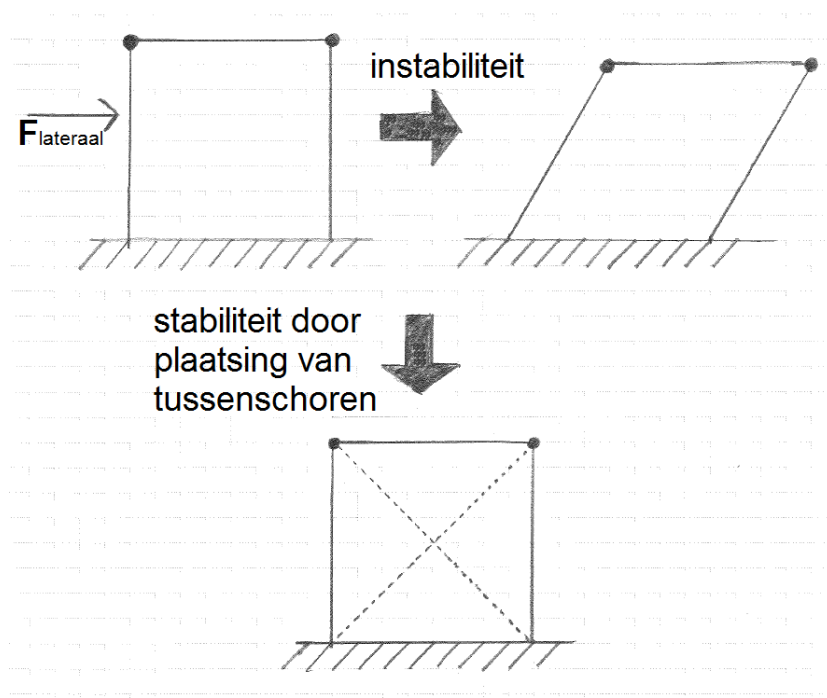
In het vakwerkmodel ligt de grootste $\Delta\sigma$ een stuk hoger en zijn *unity checks* groter dan één te vinden, zoals te zien is in *Figuur 13.1*. Dat betekent dat de spanningen in die onderdelen de weerstand die deze er tegen kunnen bieden, overschrijden. Vermoeiing speelt hier wel een belangrijke rol, dat betekent dat de staven waarin deze hoge spanningen optreden, extra verstevigd moeten worden door het gebruik van dikkere buizen, ondersteunend plaatwerk of hoogwaardig staal. Er wordt aanbevolen meer onderzoek hiernaar te verrichten.



Figuur 13.1: De grootste unity checks in het vakwerk bevinden zich tussen de main en boom hoist.

14. Stabiliteit

Stabiliteit is de mate waarin een constructie in staat zijn eigen vorm te behouden nadat zij uit haar evenwicht gebracht is. Wanneer een constructie niet axiaal, maar op een andere wijze (bijvoorbeeld zijdelings) belast wordt, kan instabiliteit optreden. Gevolg is dat constructie gaat uitwijken naar een ongewenste positie, zoals te zien is in *Figuur 14.1*. Schoren kunnen dienen als opvang van deze belastingen, die dan als een trek- of drukkracht daarop werken.



Figuur 14.1: De stabiliteit kan bevorderd worden door middel van tussenschoren.

In een vakwerkgiek is het nodig om schoren te plaatsen om de giek stabiel te houden. Ook in de boxconstructie moeten maatregelen getroffen worden om instabiliteit te voorkomen, dit gebeurt door middel van tussenschotten die in de boxconstructie worden gelast.

14.1. Stijfheid

Stijfheid is de mate waarin een materiaal zich verzet tegen elastische vervorming. Deformatie en doorbuiging zijn vormen van instabiliteit en moeten beperkt blijven, dat wil zeggen dat een hoge mate van stijfheid vereist is. Er is geen specifieke eis voor kranen hiervoor. Wel kan in de DNV-norm OS-C101 een richtlijn worden gevonden voor offshore-constructies. Daarin staat voor een ingeklemde balk de onderstaande formule.

v = doorbuiging in de balk door variabele en permanente belasting [mm]

L = lengte van de balk [mm]

$$v \leq \frac{2L}{300}$$

In *Bijlage VI* is de uitwerking van de doorbuiging in de jib van de kraan te vinden. Hieruit blijkt dat de doorbuiging in het vakwerk groter is dan in de boxconstructie.

15. Aanpassingen hijsinrichtingen

Zoals reeds beschreven is in de paragraaf *Wensen*, is het bij vervanging van de giek het mogelijk de hijsinrichtingen te wijzigen. Uit *Tabel 15.1* blijkt dat de meeste lasten zich in het lastspectrum <500 mt bevinden. Het is niet efficiënt om deze met zware hijsinrichtingen uit te voeren, bij de Oleg Strashnov is daar dan ook rekening mee gehouden door meer hijsinrichtingen te plaatsen, die ieder specifiek zijn voor een lastspectrum (een specifiek bereik). Voor de Stanislav Yudin is dit een interessante modificatiemogelijkheid. Naast het toevoegen van hijsinrichtingen, kan men ook de capaciteit van de *auxiliary hoist* uitbreiden en zo de lasten van 500-700 mt overnemen van de *main hoist*.

Last (mt)	< 500	501-1000	1001-2000	2001-2500
Aantal totaal	1458	270	96	20
Gem. aantal per jaar	73	23	5	1

Tabel 15.1: Aantal hijsen (alleen installatie / verwijdering offshore-constructies) door de Stanislav Yudin in de periode 1992-2011.

15.1. Upgrade

Het upgraden van de kraan houdt in dat de capaciteit van de kraan, of in ieder geval van een van haar hijsinrichtingen wordt opgewaardeerd door middel van modificaties aan de kraan. De zwakste schakel zal gemodificeerd worden. Dat betekent dat wanneer bijvoorbeeld de giek en de lieren gemakkelijk een hogere capaciteit aankunnen, maar er al maximaal ingeschoren is, een groter blok met meerdere schijven een oplossing zou kunnen zijn. Een sterkere lier in combinatie met grotere schijven in het blok behoort ook tot de mogelijkheden.

In het verleden is de *main hoist* van de Stanislav Yudin enkele malen opgewaardeerd. In 1996 was dat voor het laatst; van 2.000 naar 2.500 mt. Hiervoor zijn het hijsblok inclusief haak (zie *Figuur 15.1*), het schijvenpakket in de giek en een viertal platen in de giek vervangen.

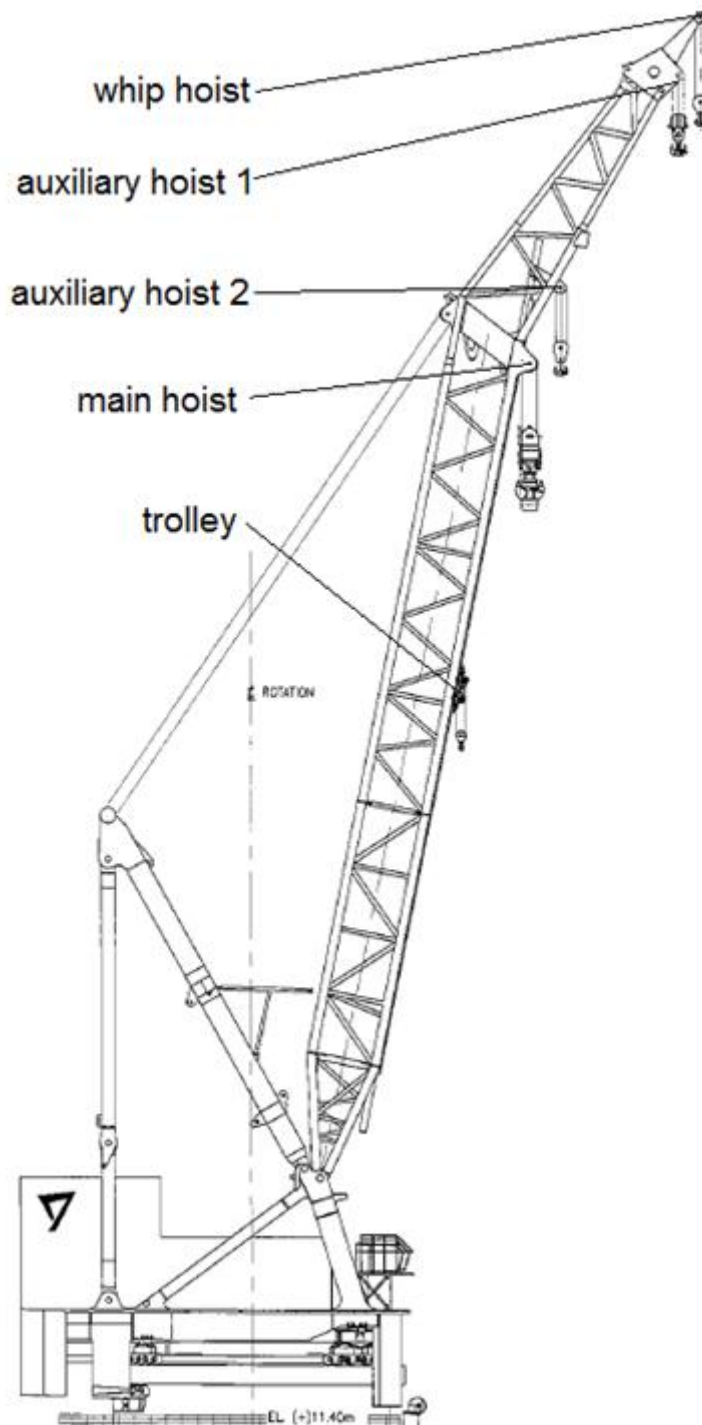


Figuur 15.1: De nieuwe haak in ontwikkeling voor de upgrade.

Zoals in het pakket van eisen en wensen reeds is aangetoond, is de capaciteit van de *auxiliary hoist* bij elke radius gelijk. Dat betekent dat de beperking niet zit in het moment van de last, dat wordt immers groter bij een toenemende radius.

15.2. Toevoeging extra hijsinrichting

De huidige capaciteit van de *auxiliary hoist* bedraagt 500 mt. Dat betekent dat alle hijskarweien tussen de 30 en 500 mt met deze hijsinrichting gedaan moeten worden. De *auxiliary hoist* is echter vanwege het hoge aantal inscheringen (24 ten opzichte van twee inscheringen van de *trolley*) niet ideaal voor lasten die de *trolley* niet aankan, daarom is er bij de Oleg Strashnov voor gekozen om een tweede *auxiliary hoist* in het midden van de jib te verwerken met een capaciteit van 200 mt en een *whip hoist* op de punt van de jib met een capaciteit van 110 mt (zie *Figuur 15.2*).



Figuur 15.2: Oleg Strashnov en haar hijsinrichtingen.

Wanneer de Stanislav Yudin een nieuwe giek krijgt, is het mogelijk om ook haar kraan van een vierde hijsinrichting te voorzien. De ervaring van de Oleg Strashnov leert dat de *whip hoist* meer gebruikt wordt dan de tweede *auxiliary hoist* en zodoende een goed alternatief is voor lasten tussen de 30 en 110 mt. In *Figuur 15.3* is de installatie van beide blokken tezamen met het blok voor de *trolley* te zien.



Figuur 15.3: Installatie van de hijsblokken voor de tweede auxiliary hoist (1), de whip hoist (2) en de trolley (3) bij de Oleg Strashnov.

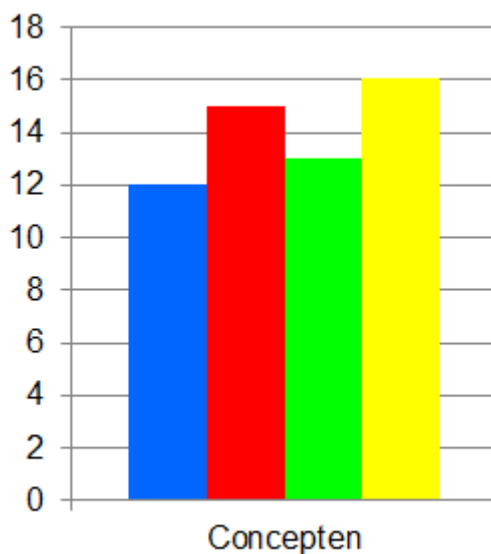
16. Keuzematrix

Om de concepten en hun eigenschappen te kunnen vergelijken zijn in *Tabel 16.1* de concepten getoetst aan de eerder opgestelde eisen. In *Figuur 16.1* is de uitkomst in grafiekvorm weergegeven. De waardering is gebaseerd op de bevindingen uit de eerdere hoofdstukken.

Eis / wens		WF	Concept							
			Box				Vakwerk			
			A-vorm		Y-vorm		A-vorm		Y-vorm	
			Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF
Func. eisen	Massa	3	0	0	1	3	2	6	3	9
	Vermoeiing	2	2	4	2	4	1	2	1	2
	Stabiliteit	1	3	3	2	2	2	2	1	1
Fabricage-eis	Productie	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Gebruikseis	Onderhoud	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Wens	Dekruimte	1	1	1	2	2	1	1	2	2
Totaal			12		15		13		16	

WF = weegfactor

Tabel 16.1: Keuzematrix met de concepten uitgezet tegen de eisen.



Figuur 16.1: Staafdiagram van de vier concepten.

De massa krijgt de hoogste weegfactor, omdat zij de gehele levensduur invloed heeft op het functioneren van de giek. Tevens is de invloed ervan op de rest van de kraan groot. Vermoeiing speelt pas na een aantal belastingcycli een rol, maar is wel essentieel voor het niet bezwijken van de giek, daarom krijgt zij een gemiddelde weegfactor toegekend. De stijfheid van de constructie is geen harde eis en er zijn concessies ten behoeve van de andere eisen (zoals massa) mogelijk, daarom is haar weegfactor laag. Productie en onderhoud zijn geen constant aanwezige factoren en hebben daarom eveneens een lage weegfactor gekregen.

Uit de analyses is gebleken dat een boxconstructie zwaarder is dan een vakwerk en dat de A-vorm zwaarder is dan de Y-vorm. Dit resulteert in een hoge score voor concept geel en een lage score voor concept blauw.

In het vakwerk vindt men grotere waarden voor $\delta\sigma$, waardoor vermoeiing een rol kan gaan spelen. Het grotere aantal knooppunten in een vakwerk, voornamelijk in de A-vorm, speelt tevens een rol hierin.

Stabiliteit is onderzocht aan de hand van de deformatie van de giek. De deformatie is groter in een vakwerk dan in een boxconstructie. Een studie verricht door Gusto MSC heeft aangetoond dat de A-vorm stijver is dan de Y-vorm.

Het productieproces bestaat voornamelijk uit laswerkzaamheden. Deze zijn voor de boxconstructie minder complex dan voor het vakwerk, waardoor het voor een box gemakkelijker te automatiseren is.

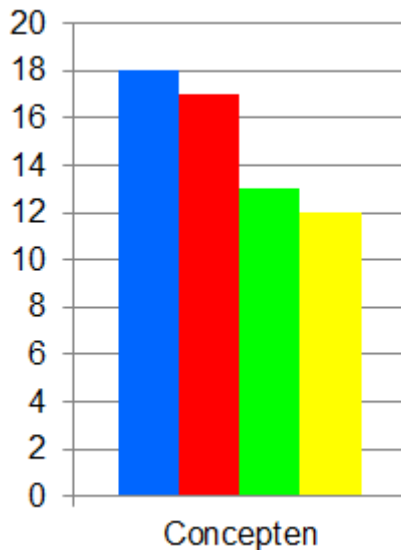
Onderhoud verschilt niet veel voor de concepten. Het voornaamste verschil is dat de boxconstructie gemakkelijker toegankelijk is dan een vakwerk.

Nu is er een concessie gedaan in de stabiliteit (stijfheid) ten behoeve van het reduceren van de massa de giek. Deze keuze is echter klant specifiek, dat wil zeggen dat de invulling van de weegfactoren voor iedere situatie opnieuw bekeken moet worden. Een andere klant kan bijvoorbeeld wel stabiliteit boven massareductie prefereren. In de keuzematrix in *Tabel 16.2* en *Figuur 16.2* is te zien wat de consequentie is wanneer men juist voor stijfheid als zwaarst wegende eis zou kiezen. De boxconstructies zijn dan meer geschikt dan vakwerkstructuren.

Eis / wens		WF	Concept							
			Box				Vakwerk			
			A-vorm		Y-vorm		A-vorm		Y-vorm	
			Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF
Func. eisen	Massa	1	0	0	1	1	2	2	3	3
	Vermoeiing	2	2	4	2	4	1	2	1	2
	Stabiliteit	3	3	9	2	6	2	6	1	3
Fabricage-eis	Productie	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Gebruikseis	Onderhoud	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Wens	Dekruimte	1	1	1	2	2	1	1	2	2
Totaal			18		17		13		12	

WF = weegfactor

Tabel 16.2: Keuzematrix met alternatieve weegfactoren.



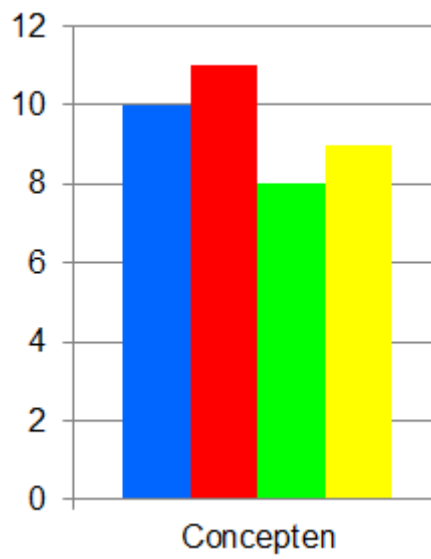
Figuur 16.2: Staafdiagram van de vier concepten.

Ook wanneer men geen gebruik maakt van weegfactoren, blijken de boxconstructies hoger te scoren dan de vakwerken (zie *Tabel 16.3* en *Figuur 16.3*). De hoge prioriteit die aan de massa is toegekend, blijkt dan ook een grote invloed te hebben op de uitkomst van de keuzematrix.

Eis / wens		WF	Concept							
			Box				Vakwerk			
			A-vorm		Y-vorm		A-vorm		Y-vorm	
			Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF	Score	S x WF
Func. eisen	Massa	1	0	0	1	1	2	2	3	3
	Vermoeiing	1	2	2	2	2	1	1	1	1
	Stabiliteit	1	3	3	2	2	2	2	1	1
Fabricage-eis	Productie	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Gebruikseis	Onderhoud	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Wens	Dekruimte	1	1	1	2	2	1	1	2	2
Totaal			10		11		8		9	

WF = weegfactor

Tabel 16.3: Keuzematrix met zonder weegfactoren (WF = 1).

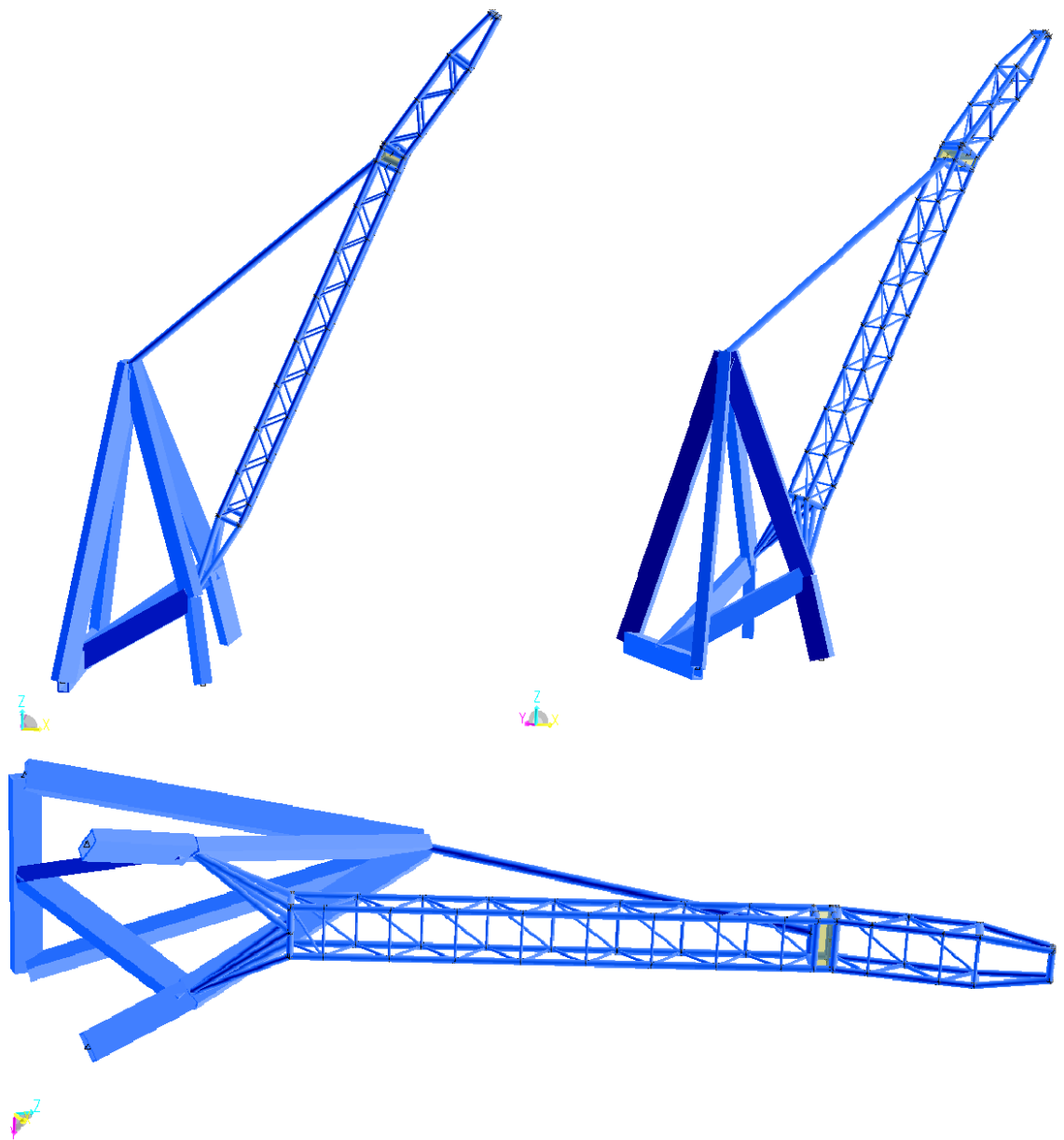


Figuur 16.3: Staafdiagram van de vier concepten.

17. Gekozen concept

Uit het onderzoek is gebleken dat het vakwerk uitgevoerd in Y-vorm de gunstigste optie is voor SHL als nieuwe giekvorm voor de Stanislav Yudin. Bijkomend voordeel, dat losstaat van de uitkomsten van het onderzoek, is dat SHL al ervaring heeft met het gekozen concept op de Oleg Strashnov.

In *Figuur 17.1* is een aantal afbeeldingen van het concept weergegeven.



Figuur 17.1: Enkele screenshots van de vakwerkgiek in Y-vorm.

18. Conclusies en aanbevelingen

18.1. Conclusies

Uit het onderzoek is gebleken dat aan de hand van de gestelde eisen het vakwerk uitgevoerd in Y-vorm de beste optie is als nieuwe giek voor de Stanislav Yudin. Daarbij moet echter wel bij vermeld worden dat de massa als zwaar wegende eis is meegenomen. Wanneer de weging van de eisen verandert, is het goed mogelijk dat een ander concept meer geschikt is.

18.2. Aanbevelingen

Er zijn nog diverse zaken die nader onderzocht kunnen worden. Zo kan de torsie van de giek veroorzaakt door zijdelingse belasting en de invloed hiervan op het functioneren van de kraan nader onderzocht worden. Ook kan er een vervolgstudie gedaan worden naar de upgrade van de *auxiliary hoist* van 500 naar 700 mt en / of de toevoeging van een *whip hoist*. Verder kan het ontwerp verder geoptimaliseerd worden, door bijvoorbeeld een grotere variatie aan te brengen in de wanddiktes van het plaat- dan wel buismateriaal van de giek. Tevens kan er nader onderzoek verricht worden naar de financiële aspecten van de concepten.

19. Bronvermelding

Boeken

Beer, J.C.F. de (2011), *Methodisch ontwerpen* (2^e druk, 5^e oplage). Den Haag, Sdu Uitgevers bv.

Dik, R., Hoogland, W.R. (2002), *Rapport over rapporteren* (4e druk). Groningen, Wolthers-Noordhoff

Erdurcan, E.F. (2012), *Eindige elementen methode* (1^e druk). Rijswijk

Hibbeler, R.C. (2008), *Mechanica voor technici – Statica, derde editie* (4^e druk). Amsterdam, Pearson Education Benelux

Hibbeler, R.C. (2009), *Sterkteleer, tweede editie* (4^e druk). Amsterdam, Pearson Education Benelux

Kals, H.J.J., Buiting-Csikós, Cs., Lutterveld, C.A., Moulijn, K.A., Ponsen, J.M. (2003), *Industriële productie* (3^e druk). Den Haag, Sdu Uitgevers bv.

Mourik, P. van, Dam, J. van (2004), *Materiaalkunde voor ontwerpers en constructeurs* (4^e druk). Delft, VSSD

Muhs, D., Wittel, H., Becker, M., Jannasch, D., Voßink, J. (2010), *Roloff / Matek machine-onderdelen - Tabellenboek* (4^e druk, 5^e oplage). Den Haag, Sdu Uitgevers bv.

Muhs, D., Wittel, H., Becker, M., Jannasch, D., Voßink, J. (2011), *Roloff / Matek machineonderdelen - Theorieboek* (4^e druk, 7^e oplage). Den Haag, Sdu Uitgevers bv.

Documentatie

5000 t crane weight control report. (2011) Schiedam, Gusto MSC

Dijk, M. van (2009), *SY crane calculation sheet*. Zoetermeer, Seaway Heavy Lifting

Jesusa, A.M.P. de, Rui, M., Rebeloc, C., Silvab, L.S. da, Veljkovcc, M. (2012), *A comparison of the fatigue behavior between S355 and S690 steel grades*. Luleå, Luleå University of Technology

Outline specification for the Stanislav Yudin. (2012) Zoetermeer, Seaway Heavy Lifting

Pors, W., Gresnigt, A.M., Wortel, J.C. van (2008), *Constructiestaalsoorten met een hoge treksterkte*. Zoetermeer, FME-CWM

Vink, F. (1998), *Mechanica. Toepassingen in de bouw en waterbouw*. Delft, TU Delft

Vlugt, A. van der (2009), *Onderhoudstechnieken*. Delft, Haagse Hogeschool TISD

Yuen, K.W. (2012), *SY main crane load spectrum based on past and future activities*. Zoetermeer, Seaway Heavy Lifting

Zhang, N., Koelewijn, V.J., *Boom shape study for SHL 5000t crane*. Schiedam, Gusto MSC

Normering

OFFSHORE STANDARD DNV-OS-C101 – Design of offshore steel structures, general (LRFD method). 2011, DNV

Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms – working stress design. 2000, API

STANDARD FOR CERTIFICATION No. 2.22 - Lifting appliances. 2011, DNV

Software

Autodesk Inventor Professional 2013

Microsoft Office 2010

SACS 5.4 V8

Websites

Access steel – Nominal values of yield strength and ultimate tensile strength for hot rolled structural steel

<http://www.access-steel.com/discovery/ClauseLookup.aspx?id=EC016>

Grontmij - Grontmij begeleidt plaatsing torenkraan met 's werelds grootste mobiele kraan in centrum Den Haag

<http://www.grontmij.nl/MediaCenter/Nieuwsarchief/Pages/Grontmij-begeleidt-plaatsing-torenkraan-met-s-werelds-grootste-mobiele-kraan-in-centrum-Den-Haag.aspx>

Maasland Straatinfo – Stanislav Yudin

http://maasland.straatinfo.nl/fotos/stanislav-yudin-on-the-new-waterway_178601/

Marine Traffic - Stanislav Yudin

<http://www.marinetraffic.com/ais/nl/shipdetails.aspx?mmsi=210334000>

Seaway Heavy Lifting

www.seawayheavylifting.com/cy

Subsea 7 - datasheet Stanislav Yudin

http://www.subsea7.com/files/docs/Datasheets/Vessels/Stenislav_Yudin.pdf

Tecdic – The Technical Dictionary

<http://www.tecdic.com>

Tugspotters – Vertrek Thialf en Taklift 4

<http://www.tugspotters.com/site/content/2012/05/vertrek-thialf-en-taklift-4>

Wikipedia

<http://nl.wikipedia.org>

Bijlage I: Specificaties van de Stanislav Yudin

1. Algemeen

Eigenaar: Seaway Heavy Lifting
Vlag: Cyprus
Bouwjaar: 1985
Bouwplaats: Wärtsilä, Finland
Classificatie: DNV 1A1 kraanschip

2. Afmetingen

Totale lengte: 183,2 m
Lengte schip: 173.1 m
Breedte: 36 m
Diepte vanaf dek: 13 m
Diepgang: 5,5-8,9 m
Bruto gewicht: 24.822 mt
Max. deklading: 5.000 mt
Dekoppervlak: 2.560 m²
Vrije dekhoogte: 20 m

3. Voortstuwing

Aantal hoofdmotoren: 3
Vermogen hoofdmotor: 4.095 kW
Aantal generatoren: 3
Schijnbaar vermogen generator: 4.860 kVA
Voltage generator: 600 V
Frequentie generator: 50 Hz
Aantal hoofdboegschroeven: 2
Vermogen hoofdboegschroeven: 2.800 kW
Aantal overige boegschroeven: 2
Vermogen hoofdboegschroeven: 880 kW
Maximale snelheid: 12 knopen
Vermogen noodstroomvoorziening: 200 kW

4. Accommodatie

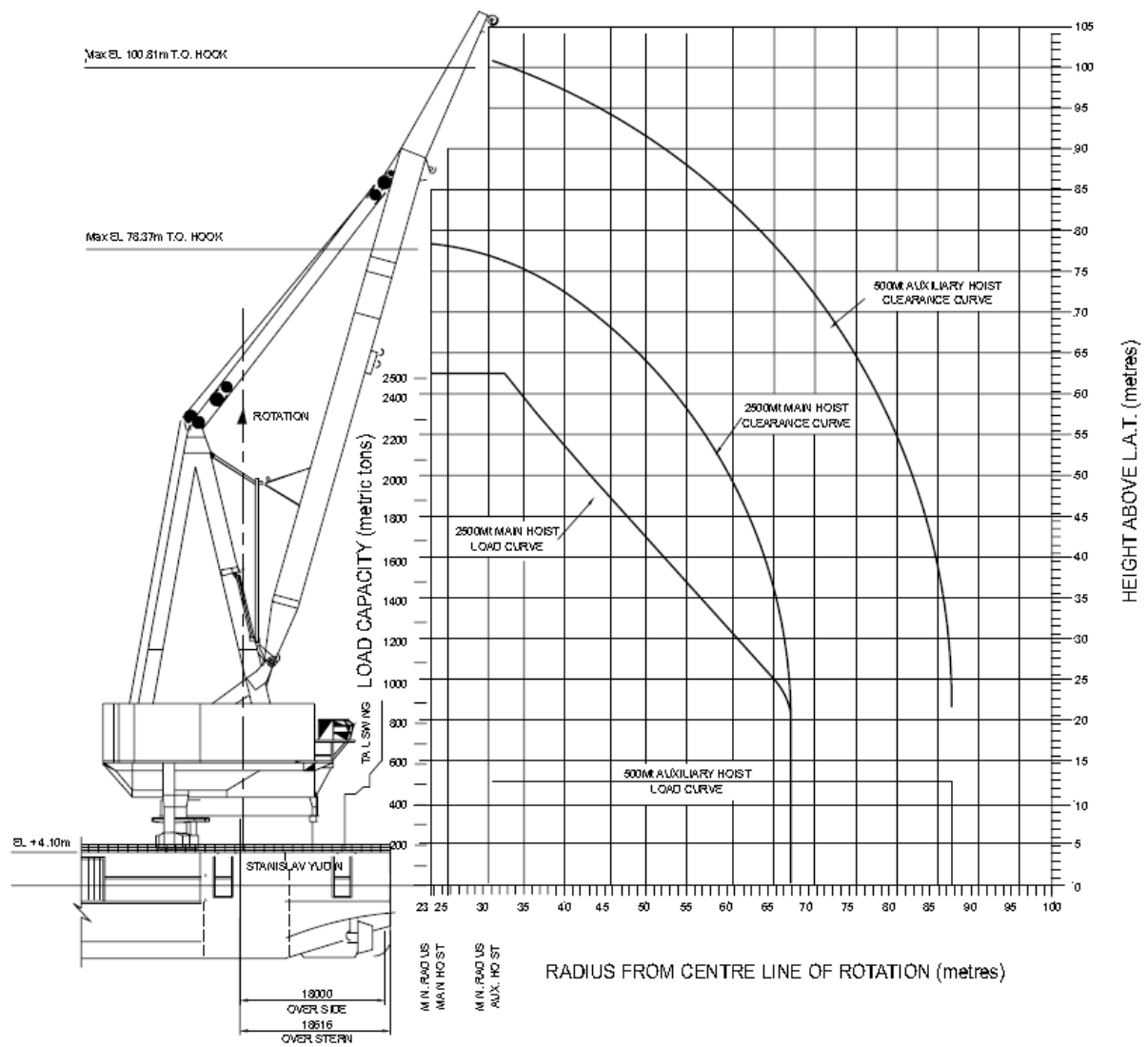
Max. aantal mensen: 143

5. Kraan

Ontwerper: Gusto MSC
Fabrikant: Kone
Max. capaciteit *main hoist*: 2.500 mt
Max. hijshoogte *main hoist*: 78,3 m
Max. capaciteit *auxiliary hoist*: 500 mt
Max. hijshoogte *auxiliary hoist*: 100,3 m

Omschrijving	Massa (mt)	LCG (m)	VCG (m)
Giekstructuur en bewegende draden	425,3	40,3	-0,081
2500t main blok	105,533	63,5	-2,25
Max. afgelieerde draad van <i>main</i> blok	26,617	63,5	-2,25
400t <i>auxiliary</i> blok	22,7	83,1	-4,5
Draad op schijf van <i>auxiliary</i> blok	1	83,1	-4,5
<i>Boom hoist</i> draad	43	38,966	14,104
Totaal giek, blokken en lieren	624,15	46,745	0,269

Tabel B1.1: De massa's van de giek, de blokken en de lieren.



GENERAL NOTES

1. MAIN & AUXILIARY HOIST LOAD CURVES INCLUDE A 10% ALLOWANCE FOR DYNAMIC AMPLIFICATION.

Figuur B1.1: Belastingcurve.

Bijlage II: Vormen van bezwijken

In deze bijlage zal worden ingegaan op elke vormen van bezwijken die zijn getoetst met behulp van het EEM-pakket SACS.

1. Vloeien

Er zijn verschillende typen belasting die optreden in de giek, zoals trek, druk en moment. Om de concepten te kunnen modelleren is het nodig om kennis te hebben van de spanningen die deze belastingen in de constructie veroorzaken. De sterkte van de constructie hangt af van de mate waarin zij deze belastingen kan verdragen. De vloeigrens is een belangrijke parameter hiervoor, deze geeft de spanning aan waarbij het materiaal begint met plastisch vervormen, een verschijnsel dat niet gewenst is bij een giek. Deze grens is materiaalgebonden en kan worden opgezocht in tabellen. Op deze grens wordt nog een veiligheidsfactor toegepast, de waarde daarvan is afhankelijk van de belastingscombinatie die op de kraan wordt uitgeoefend.

2. Knik

Naast plastisch vervormen zijn er nog twee andere vormen van bezwijken mogelijk, namelijk knik en vermoeiing. Knik is een doorbuiging in de dwarsrichting van een kolom als gevolg van een te grote axiale drukkracht en kan in verschillende dimensies voorkomen. Voor het knikken van kolommen geldt de formule van Euler.

F_{kritisch} = kritische last [kN]

E = elasticiteitsmodulus [MPa]

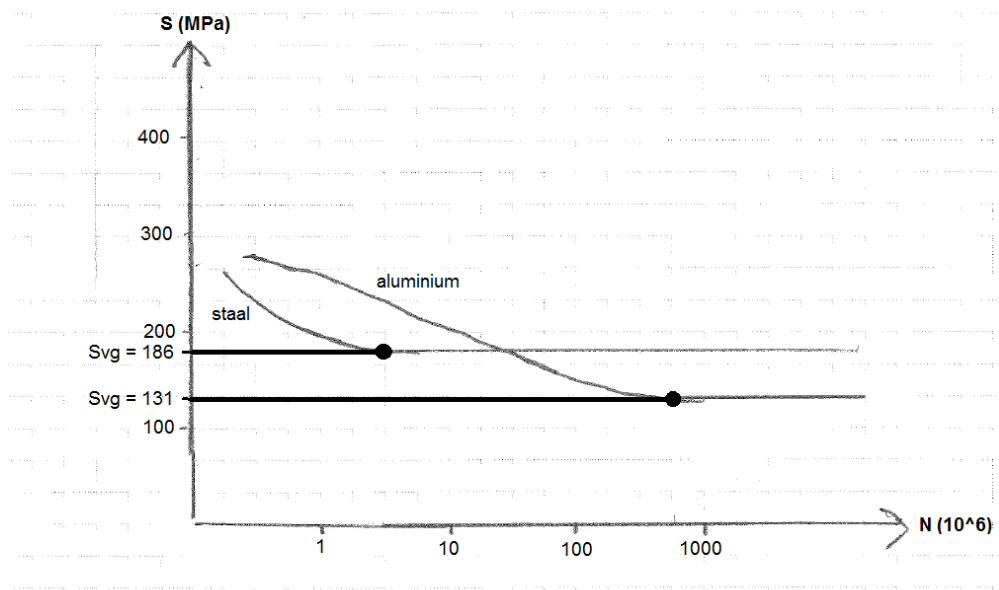
I = massatraagheidsmoment [mm⁴]

L = lengte van de staaf [mm]

$$F_{\text{kritisch}} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

3. Vermoeiing

Vermoeiing is een verschijnsel dat optreedt wanneer een metaal wordt blootgesteld aan een wisselende belasting, dat is bij een constructie als een kraan zeker het geval. Het gevolg is dat het constructie-element nog voordat de vloeispanningsgrens is bereikt, zal bezwijken. Dit komt doordat er zeer lokale gebieden zijn, waarin de spanning veel hoger is dan de gemiddelde spanning, waardoor er scheurtjes ontstaan. Deze scheurtjes leiden uiteindelijk tot een brosse breuk. Er hebben in het verleden diverse ongelukken plaatsgevonden door het bezwijken van de constructie door vermoeiing, het is dus van belang deze te onderzoeken voor de concepten. In een S/N-diagram kan worden afgelezen wanneer het materiaal zal bezwijken, waarin de spanning uitgezet is tegen het aantal belastingscycli, een voorbeeld hiervan is te zien in *Figuur B2.1*. Het diagram is gebaseerd op de verkregen meetwaarden bij het blootstellen van wisselende belastingen op een aantal proefstaven.

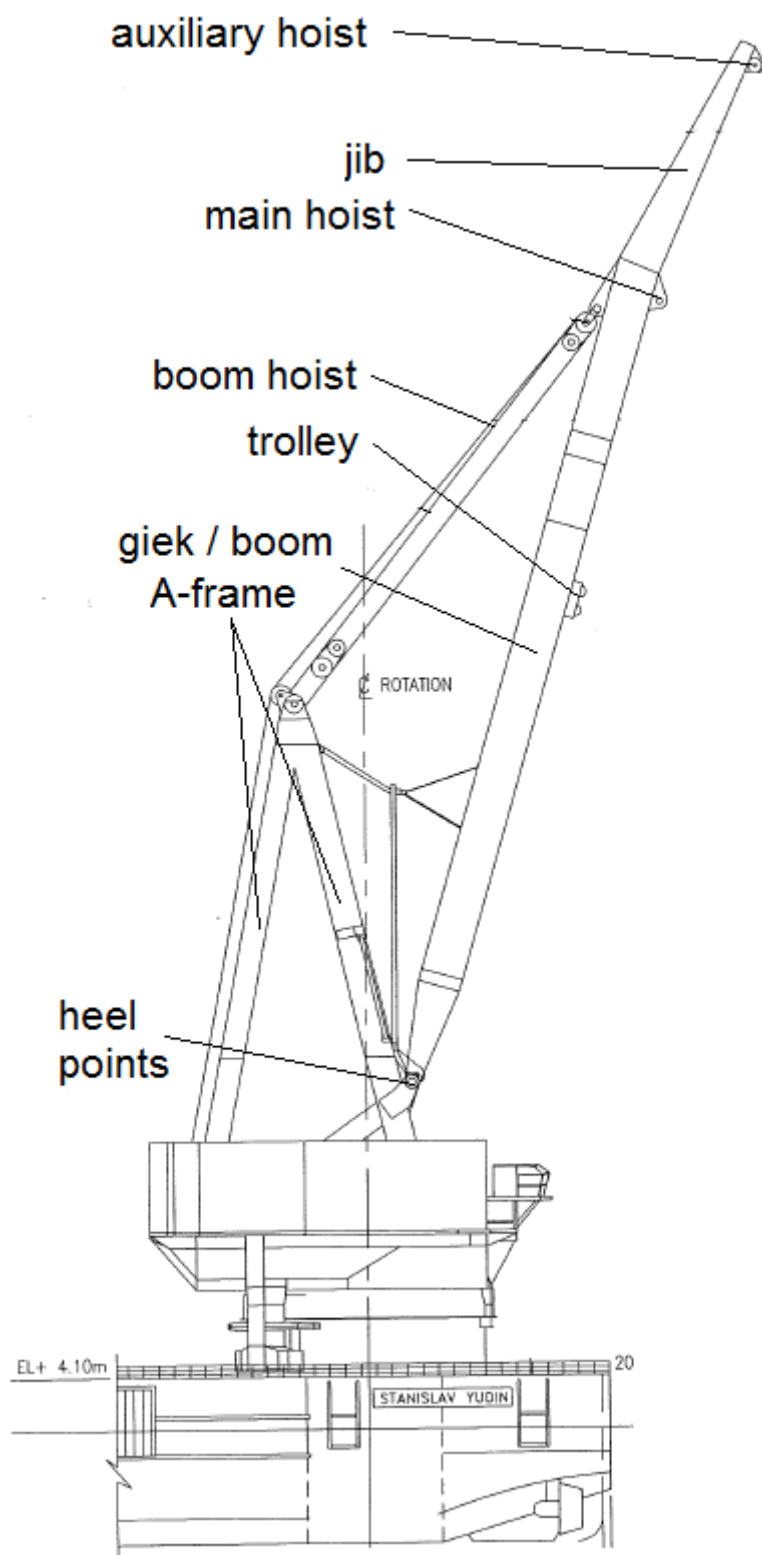


Figuur B2.1: S/N-diagram voor staal en aluminium.

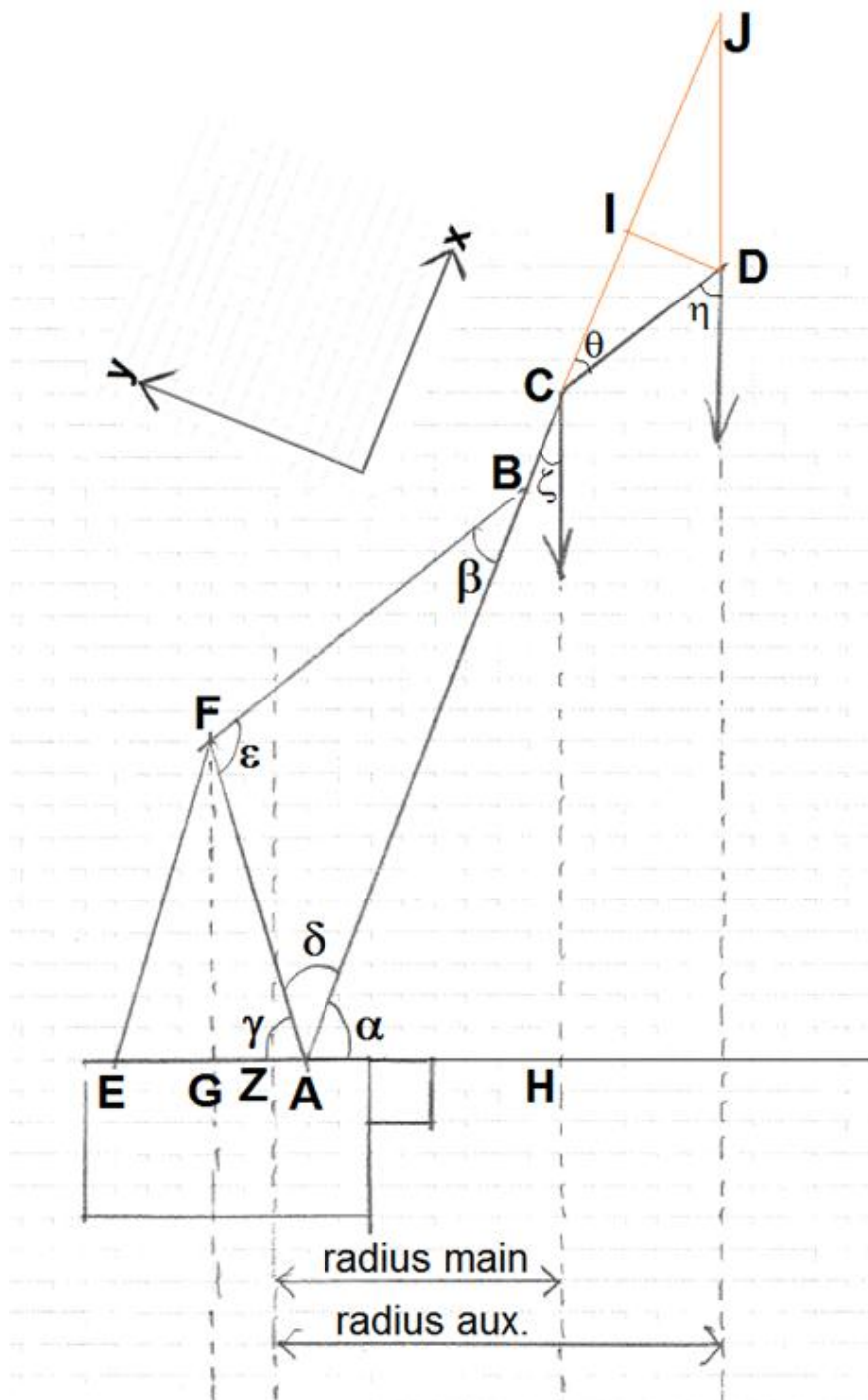
Uit de figuur valt op te maken dat er een spanningsamplitude bestaat, waarbij het aantal belastingscycli oneindig is en de curve dan ook horizontaal loopt; deze waarde noemt men de vermoeiingsgrens, aangeduid met S_{vg} .

Bijlage III: Berekening van de krachten en momenten

In deze bijlage worden de krachten die op het systeem in 2D werken en in de constructie aangrijpen, berekend. Om een duidelijk begrip te krijgen van de kraan, zijn in *Figuur B3.1* de belangrijke onderdelen van de kraan weergegeven.



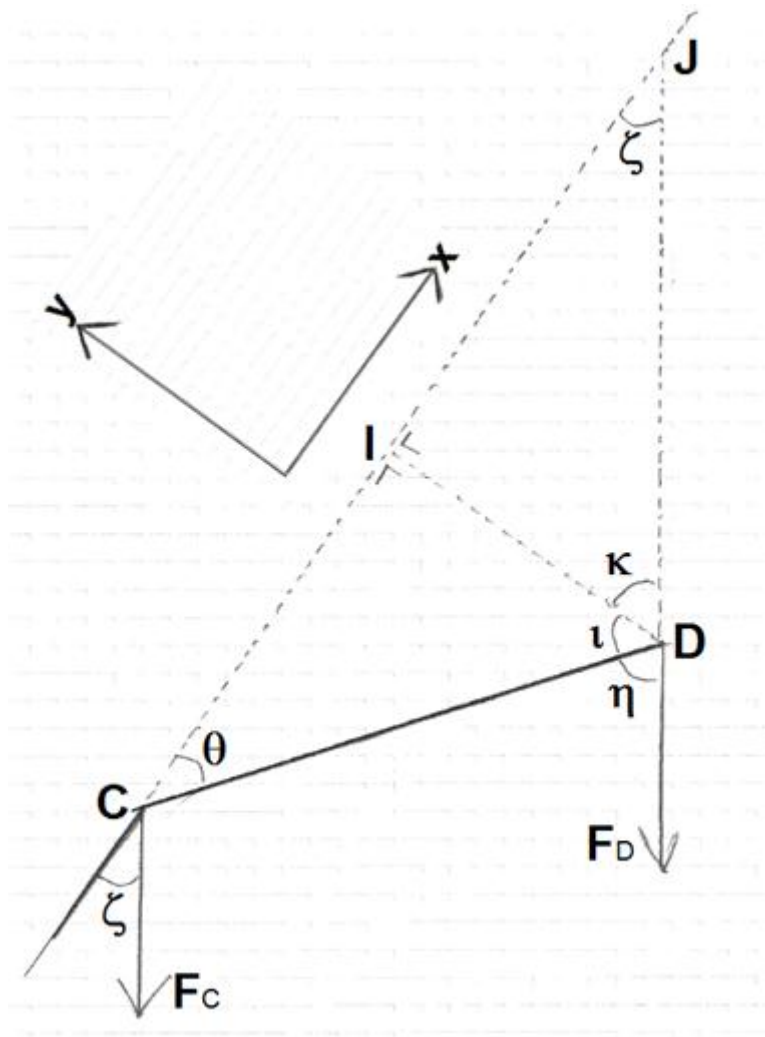
Figuur B3.1: Enkele belangrijke onderdelen van de kraan.



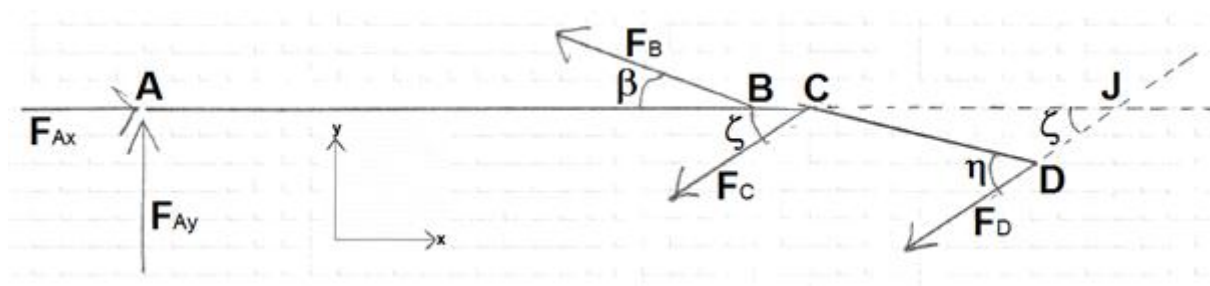
Figuur B3.2: Schets van de totale kraan.

Punt	Omschrijving
A	heel points
B	bevestiging boom hoist - boom
C	main hoist
D	auxiliary hoist
F	bevestiging boom hoist – A-frame
Z	hart van de draaikrans

Tabel B3.1: Toelichting van de belangrijke punten uit de schets.



Figuur B3.3: Jibgedeelte van de kraan.



Figuur B3.4: VLS van de kraangiek.

1. Krachten

Symbol	Naam kracht
$F_{A,x}$	reactiekracht in de <i>heel points</i> in de x-richting
$F_{A,y}$	reactiekracht in de <i>heel points</i> in de y-richting
F_B	trekkracht in de <i>boom hoist</i>
F_C	belasting in de <i>main hoist</i>
F_D	belasting in de <i>auxiliary hoist</i>
F_P	zwaartekracht door eigen gewicht

Tabel B3.2: Toelichting krachten

2. Startwaardes

Voor de vlucht (afstand last tot het hart van de draaikrans) wordt de *mainradius* als uitgangspunt genomen. De berekeningen worden uitgevoerd voor in totaal achttien verschillende belastingsituaties; negen verschillende vluchten voor het hijsen van de maximale belasting in de *main hoist* en voor het hijsen van de maximale belasting in de *auxiliary hoist*. Deze maximale belasting is afkomstig uit de belastingscurve en kan met behulp van een door SHL ontwikkeld rekenprogramma worden afgelezen. Enkele gegeven waardes zijn verder:

$$F_P = 6.122.911,5 \text{ N}$$

$$L_{FG} = 29,4 \text{ m}$$

$$L_{AG} = 8,9 \text{ m}$$

$$L_{AC} = 63,5 \text{ m}$$

$$L_{AB} = 61,6 \text{ m}$$

$$L_{CI} = 21,05 \text{ m}$$

$$L_{DI} = 4,5 \text{ m}$$

3. Trekkracht in de boom hoist in punt B

Dit is de kracht die door het lierenstel van de *boom hoist* wordt uitgeoefend op de giek.

3.1. Netto trekkracht

De netto trekkracht in de boom hoist is de trekkracht die veroorzaakt wordt door alle uitwendige belastingen en de reactiekrachten in de *heel points*.

Voor positionering van de hoeken (aangeduid met Griekse letters) en knooppunten (aangeduid met blokletters) zie *Figuur B3.2, B3.3 en B3.4*.

F_X = reactiekracht in knooppunt X [kN]

L_{xy} = afstand tussen x en y [m]

r_x = radius = horizontale afstand hart draaikrans – hart last in x [m]

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{L_{FG}}{L_{AG}}$$

$$L_{AF} = \sqrt{L_{FG}^2 + L_{AG}^2}$$

$$L_{AH} = r_{main} + L_Z$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{L_{AH}}{L_{AC}}$$

$$\delta = 180^\circ - \alpha - \gamma$$

$$L_{BF} = \sqrt{L_{AB}^2 + L_{AF}^2 - 2L_{AB}L_{AF} \cos \delta}$$

$$\beta = \cos^{-1} \frac{L_{AF}^2 - L_{AB}^2 - L_{BF}^2}{-2L_{AB}L_{BF}}$$

$$\beta = \cos^{-1} \frac{L_{AF}^2 - L_{AB}^2 - L_{BF}^2}{-2L_{AB}L_{BF}}$$

$$\text{zeta} = 180^\circ - 90^\circ - \alpha$$

$$L_{CD} = \sqrt{L_{CI}^2 + L_{DI}^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{L_{DI}}{L_{CI}}$$

$$\text{eta} = \text{zeta} + \theta$$

$$i = 180^\circ - 90^\circ - \theta$$

$$k = 180^\circ - i - \text{eta}$$

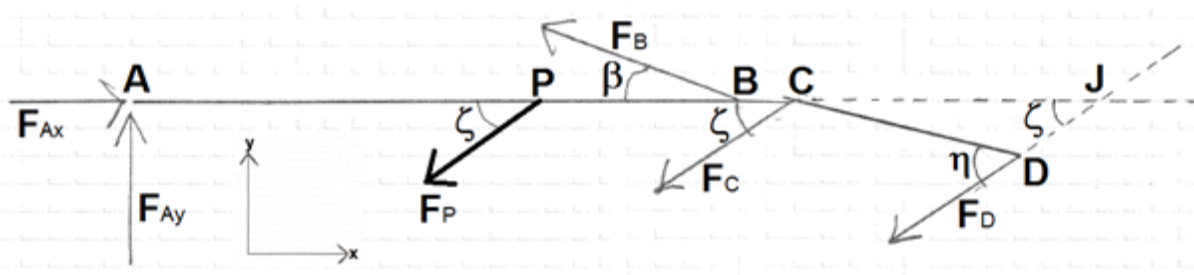
$$L_{IJ} = L_{DI} \tan k$$

$$L_{AJ} = L_{IJ} + L_{CI} + L_{AC}$$

$$F_B = \frac{F_C \sin(\text{zeta}) L_{AC} + F_D \sin(\text{zeta}) L_{AJ}}{\sin \beta L_{AB}}$$

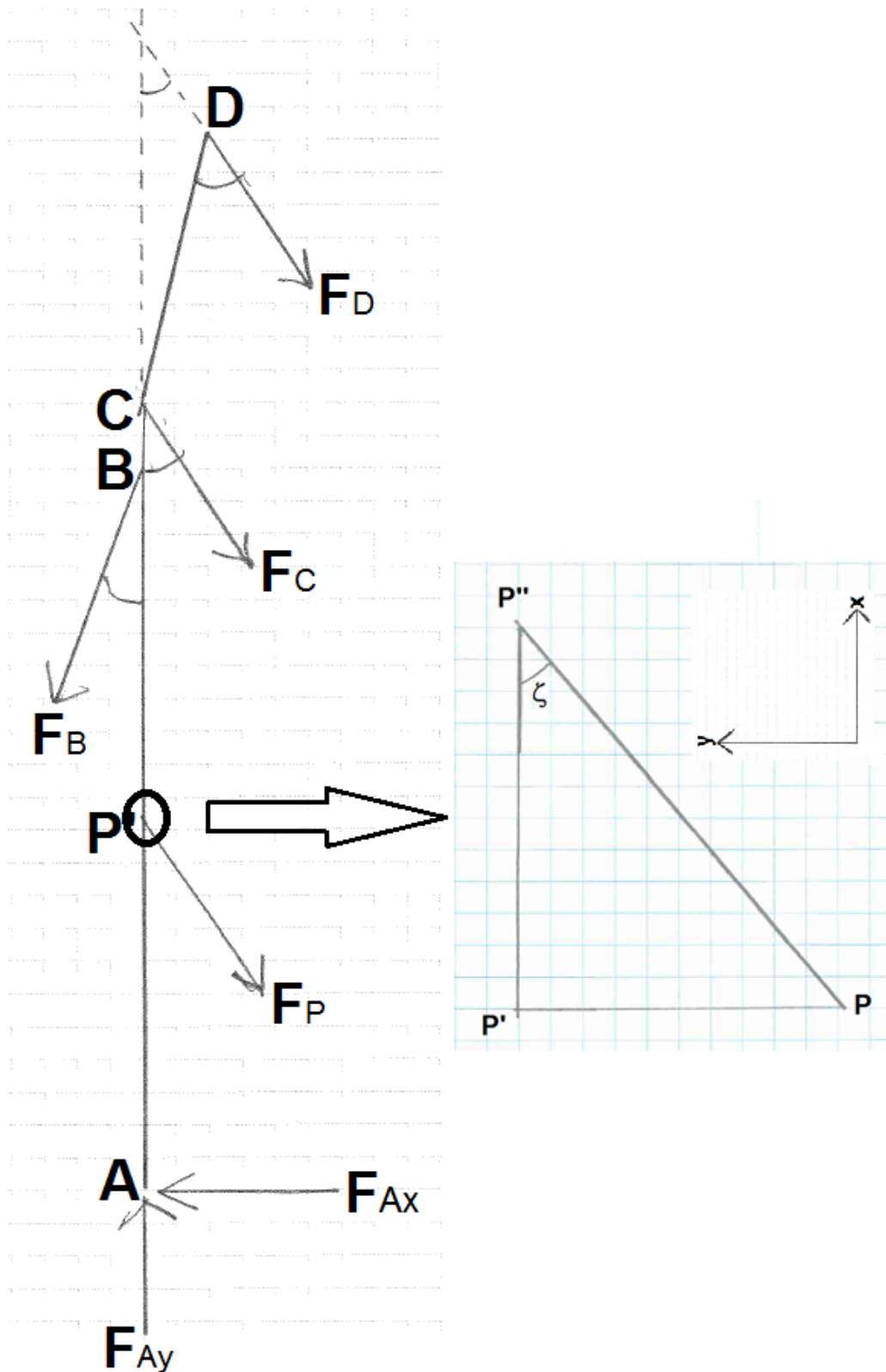
3.2. Bruto trekkracht

De bruto trekkracht in de boom hoist is de netto trekkracht in de *boom hoist* plus de zwaartekracht die op het zwaartepunt P op het systeem werkt.



Figuur B3.5: VLS met zwaartekracht door eigen gewicht.

Het zwaartepunt bevindt zich niet geheel op de middellijn, maar net iets daaronder op afstand $L_{PP'}$. In *Figuur B3.6* wordt de situatie weergegeven. Punt P is het daadwerkelijke zwaartepunt. De middellijn loopt door de punten P' en P''. Aangezien de zwaartekracht loodrecht naar beneden werkt, staat de lijn PP'' onder hoek ζ .



Figuur B3.6 Positie van het zwaartepunt.

$$\sum M_A = 0$$

$$L_{AP''} = L_{AP'} + L_{P'P''} = L_{AP'} + \frac{L_{PP'}}{\tan(\text{zeta})}$$

$$-F_B \sin \beta L_{AB} + F_C \sin(\text{zeta}) L_{AC} + F_D \sin(\text{zeta}) L_{AJ} + F_P \sin(\text{zeta}) L_{AP''} = 0$$

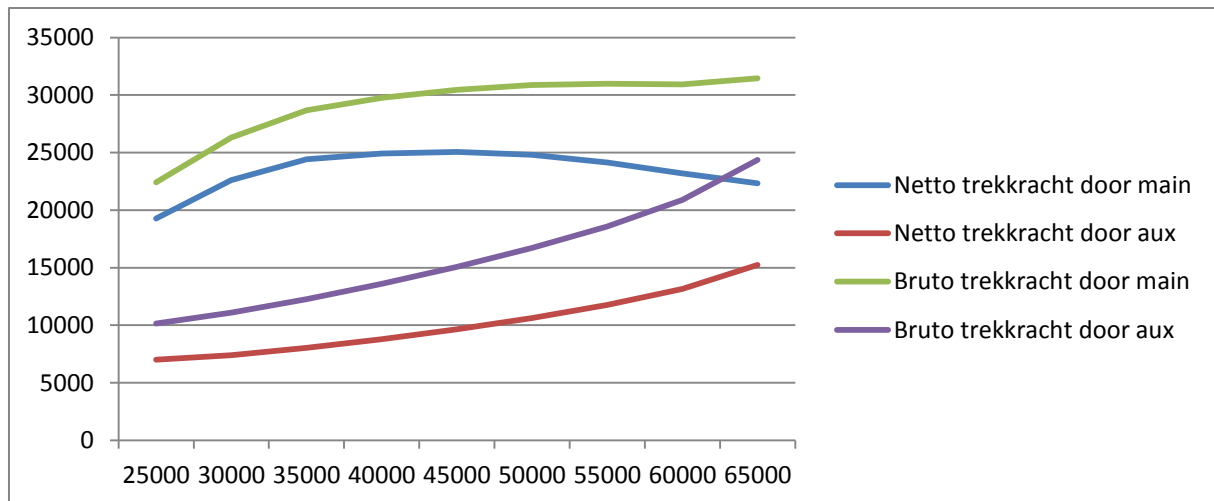
$$F_B = \frac{F_C \sin(\text{zeta}) L_{AC} + F_D \sin(\text{zeta}) L_{AJ} + F_P \sin(\text{zeta}) L_{AP''}}{\sin \beta L_{AB}}$$

3.3. Uitkomsten bij enkele belastingsgevallen

r-main (mm)	m-main (mt)	m-aux (mt)	F-B-n (kN)	F-B-b (kN)
25000	2500	0	19263	22414
30000	2500	0	22615	26313
35000	2350	0	24425	28672
40000	2115	0	24929	29744
45000	1888	0	25046	30463
50000	1666	0	24794	30870
55000	1444	0	24147	30973
60000	1222	0	23184	30927
65000	1000	0	22335	31448
25000	0	500	7006	10157
30000	0	500	7385	11083
35000	0	500	8026	12273
40000	0	500	8792	13607
45000	0	500	9657	15074
50000	0	500	10633	16709
55000	0	500	11762	18588
60000	0	500	13154	20897
65000	0	500	15238	24350

Afkorting	Naam
r-main (mm)	radius main hoist
m-main (mt)	belasting main hoist
m-aux (mt)	belasting auxiliary hoist
F-B-n (kN)	netto trekkracht in boom hoist
F-B-b (kN)	bruto trekkracht in boom hoist

Tabel B3.3: Trekkracht in de boom hoist.



Figuur B3.7: Trekkraft F_B uitgezet tegen de radius van de main hoist.

4. Reactiekrachten in de heel points (punt A)

De *heel points* vormen een scharnieroplegging in het VLS. Dat betekent dat er twee reactiekrachten op de scharnierpunten werken, aangezien er geen verplaatsing mogelijk is. De waarden die met de onderstaande formules berekend worden gelden voor de twee scharnieren. Wil men de reactiekracht per scharnier weten, zal men deze door twee moeten delen.

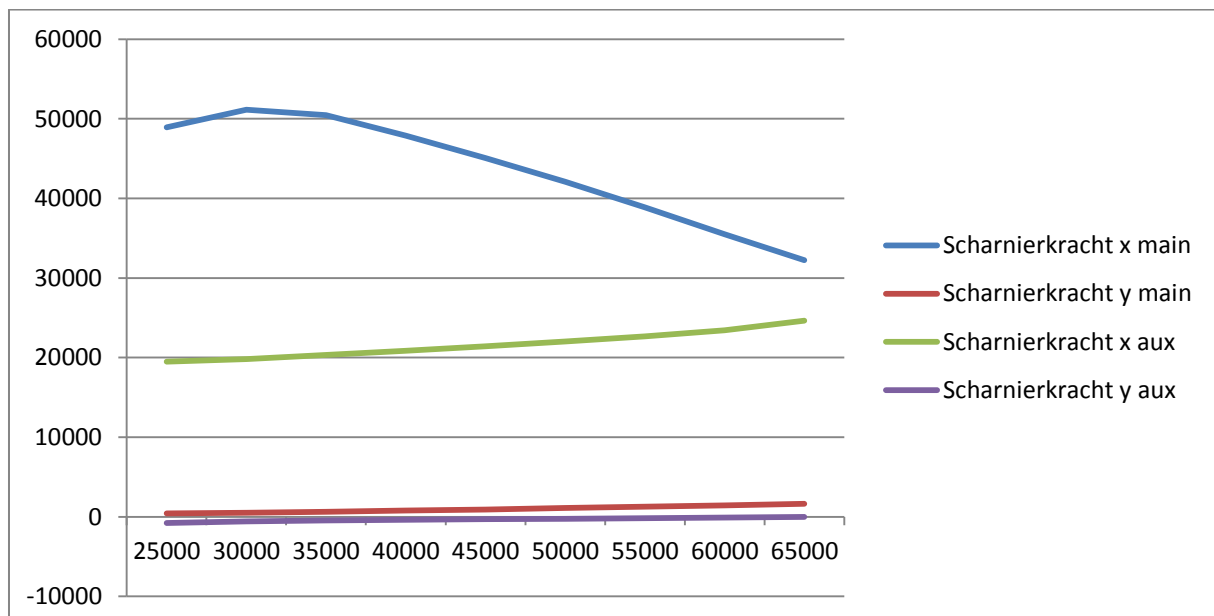
$$\begin{aligned}
 & \overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = 0 \\
 & F_{A,x} - F_B \cos \beta - F_C \cos(\text{zeta}) - F_D \cos(\text{zeta}) = 0 \\
 & F_{A,x} = F_B \cos \beta + F_C \cos(\text{zeta}) + F_D \cos(\text{zeta})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & +\uparrow \sum F_y = 0 \\
 & F_{A,y} + F_B \sin \beta - F_C \sin(\text{zeta}) - F_D \sin(\text{zeta}) = 0 \\
 & F_{A,y} = -F_B \sin \beta + F_C \sin(\text{zeta}) + F_D \sin(\text{zeta})
 \end{aligned}$$

r-main (mm)	m-last (mt)		F-A (kN)	
	main	aux	x	y
25000	2500	0	48917	417
30000	2500	0	51126	514
35000	2350	0	50445	635
40000	2115	0	47864	777
45000	1888	0	45066	929
50000	1666	0	42077	1091
55000	1444	0	38861	1264
60000	1222	0	35494	1447
65000	1000	0	32230	1641
25000	0	500	19476	-780
30000	0	500	19824	-568
35000	0	500	20324	-453
40000	0	500	20861	-371
45000	0	500	21417	-303
50000	0	500	22003	-238
55000	0	500	22650	-173
60000	0	500	23431	-98
65000	0	500	24630	3

Afkorting	Naam
r-main (mm)	radius main hoist
m-last (mt)	belasting main of aux. hoist
F-A (kN)	reactiekracht in <i>heel point</i>

Tabel B3.4: Reactiekrachten in de heel points.



Figuur B3.8: De verschillende scharnierkrachten uitgezet tegen de radius van de main hoist.

5. Moment in punt B

De belastingen veroorzaken een moment in punt B.

$$M_B = F_C \sin(\text{zeta}) (L_{AC} - L_{AB})$$

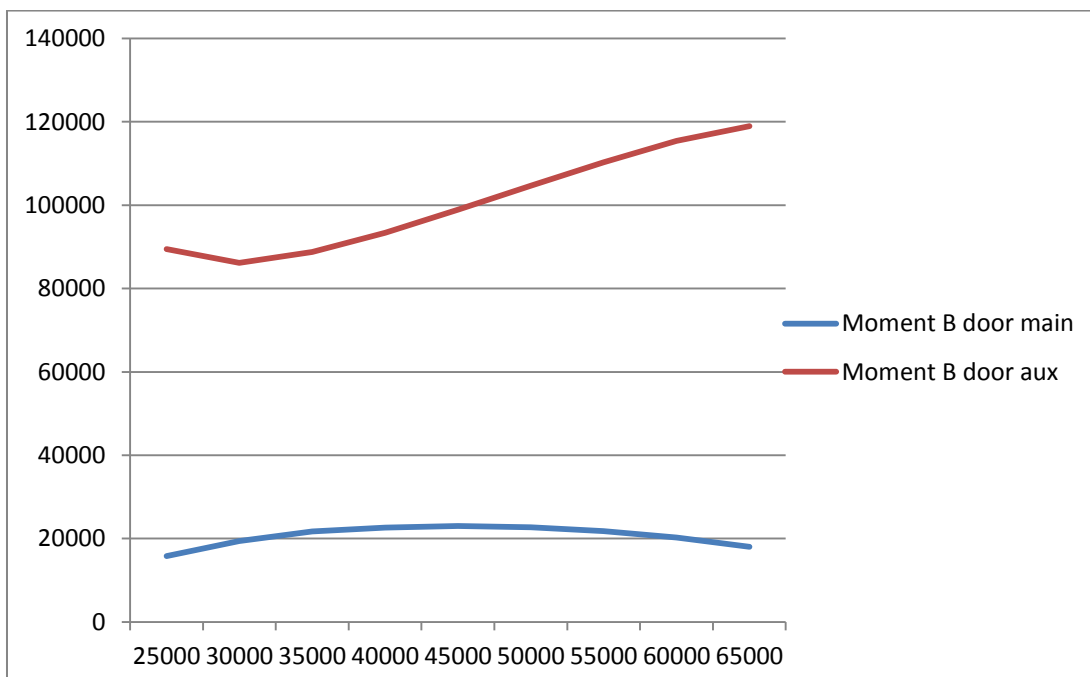
Radius main hoist (mm)	Belasting main hoist (mt)	Moment in B door main (kNm)
25000	2500	15777
30000	2500	19446
35000	2350	21728
40000	2115	22660
45000	1888	22998
50000	1666	22739
55000	1444	21828
60000	1222	20266
65000	1000	18052

Tabel B3.5: Moment in B veroorzaakt door belasting in de main hoist.

$$M_B = F_D \sin(\text{zeta}) (L_{AJ} - L_{AB})$$

Radius main hoist (mm)	Belasting auxiliary hoist (mt)	Moment in B door aux (kNm)
25000	500	89470
30000	500	86128
35000	500	88752
40000	500	93415
45000	500	98895
50000	500	104644
55000	500	110303
60000	500	115458
65000	500	118972

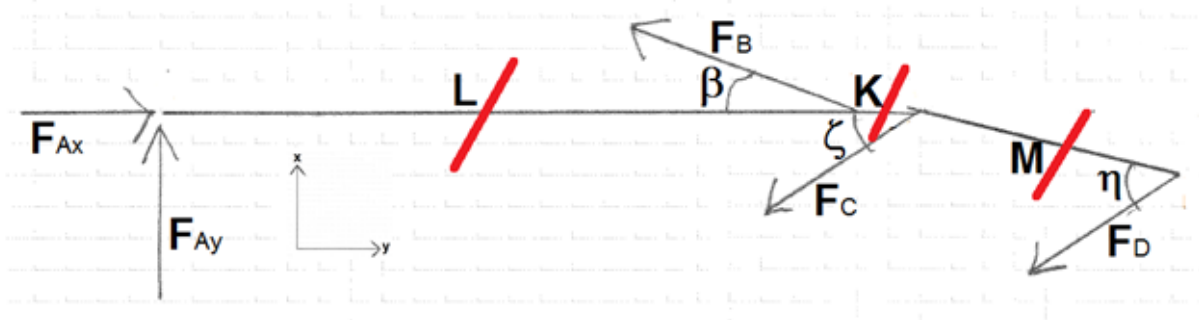
Tabel B3.6: Moment in B veroorzaakt door belasting in de auxiliary hoist.



Figuur B3.9: Momenten op B veroorzaakt door de main en auxiliary hoist.

6. Interne krachten

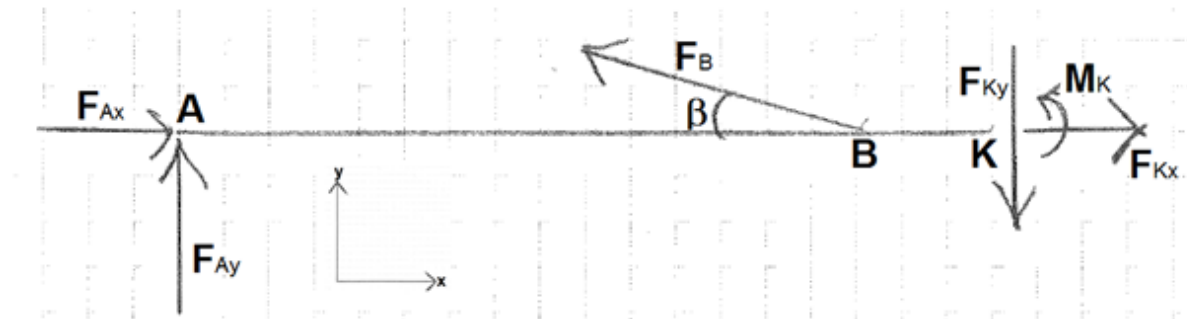
Om te bestuderen welke interne krachten er in de giekstructuur optreden, wordt de giek op drie plekken doormidden gesneden; tussen de bevestiging van de *boom hoist* en de *main hoist* in doorsnede K, tussen de *heel points* en de bevestiging van de *boom hoist* in doorsnede L en in het jibgedeelte in doorsnede M. In *Figuur B3.9* worden de drie doorsnedes met rode lijnen weergegeven.



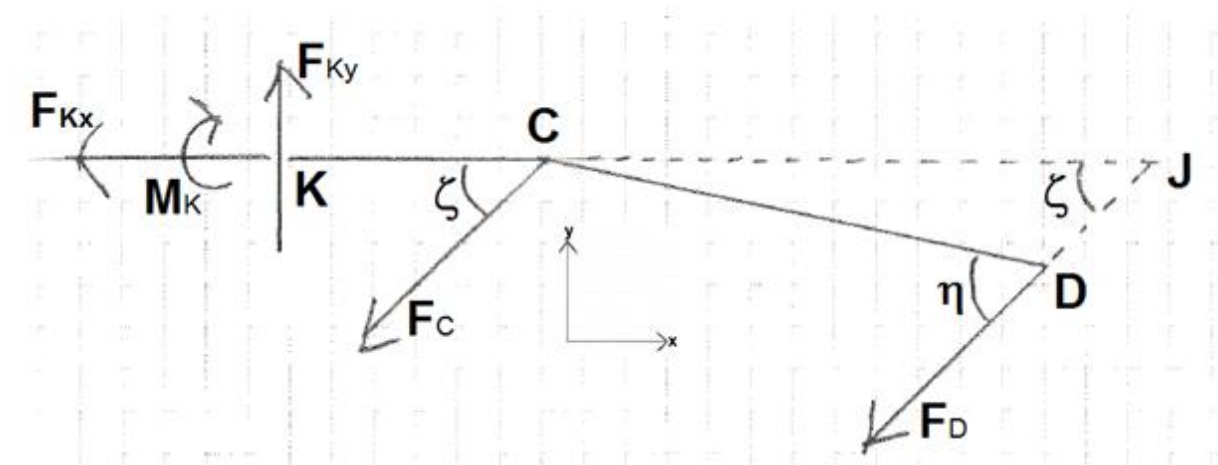
Figuur B3.10: Overzicht van drie verschillende dwarsdoorsnedes.

6.1. Dwarsdoorsnede in K

Doorsnede K is een snede tussen de bevestiging van de *boom hoist* en de *main hoist*.



Figuur B3.11: Linkerdoorsnede.



Figuur B3.12: Rechterdoorsnede.

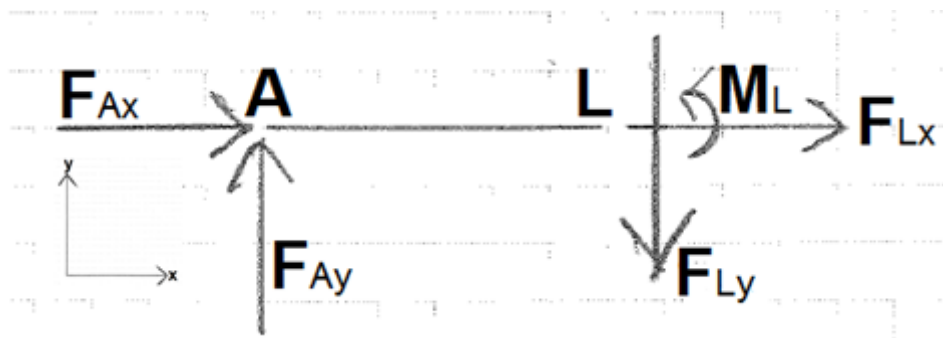
$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x &= 0 \\ F_{A,x} - F_B \cos \beta + F_{K,x} &= 0 \\ F_{K,x} &= -F_{A,x} + F_B \cos \beta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +\uparrow \sum F_y &= 0 \\ F_{A,y} + F_B \sin \beta - F_{K,y} &= 0 \\ F_{K,y} &= F_{A,y} + F_B \sin \beta \end{aligned}$$

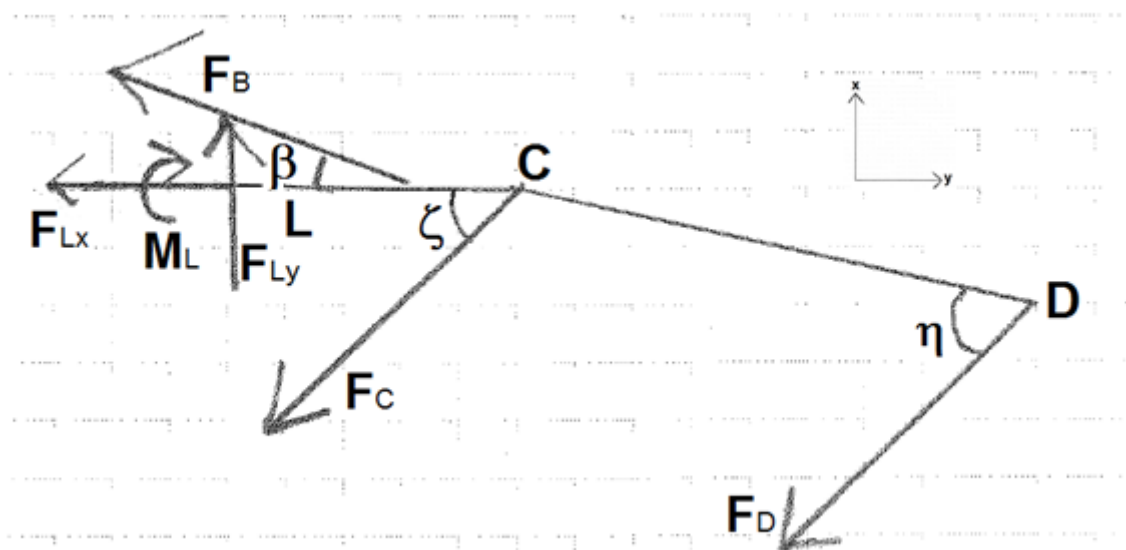
$$\sigma_{trek} = \frac{F_{M,x}}{A}$$

6.2. Dwarsdoorsnede in L

Doorsnede L is de snede tussen de bevestiging van de *boom hoist* en de *main hoist*.



Figuur B3.13: Linkerdoorsnede.



Figuur B3.14: Rechterdoorsnede.

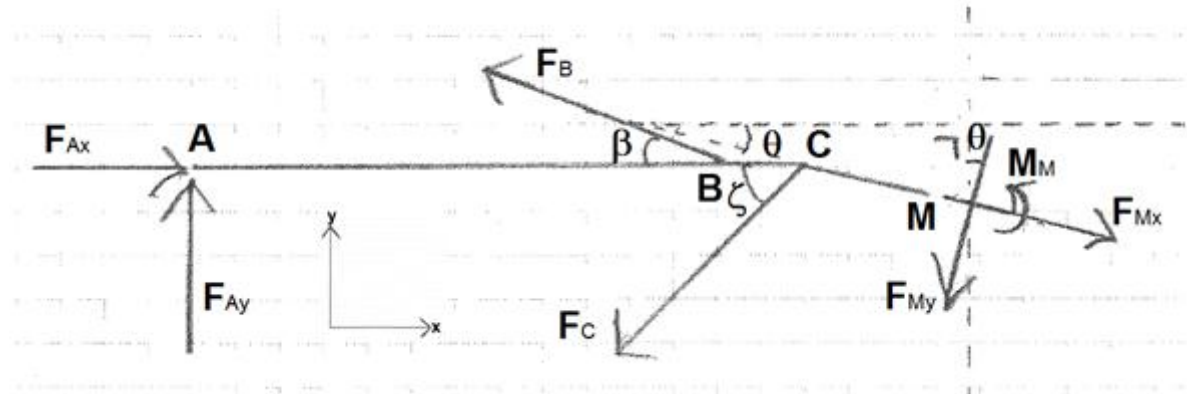
$$\begin{aligned}
 +\rightarrow \sum F_x &= 0 \\
 F_{A,x} + F_{L,x} &= 0 \\
 F_{L,x} &= -F_{A,x}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 +\uparrow \sum F_y &= 0 \\
 F_{A,y} - F_{L,y} &= 0 \\
 F_{L,y} &= F_{A,y}
 \end{aligned}$$

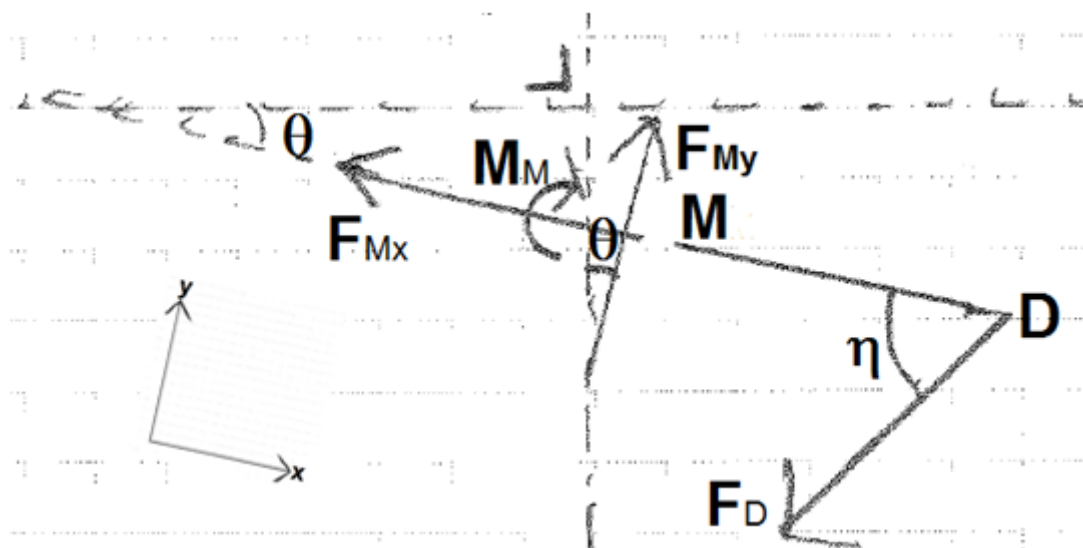
$$\sigma_{trek} = \frac{F_{M,x}}{A}$$

6.3. Dwarsdoorsnede in M

Doorsnede M is de snede in het jibgedeelte, tussen *main hoist* en de *auxiliary hoist*.
33



Figuur B3.15: Linkerdoorsnede.



Figuur B3.16: Rechterdoorsnede.

$$\begin{aligned}
 & \rightarrow \sum F_x = 0 \\
 & F_{A,x} - F_B \cos \beta - F_C \cos(\zeta) + F_{M,x} \cos \theta = 0 \\
 & F_{M,x} \cos \theta = -F_{A,x} + F_B \cos \beta + F_C \cos(\zeta) \\
 & F_{M,x} = \frac{-F_{A,x} + F_B \cos \beta + F_C \cos(\zeta)}{\cos \theta}
 \end{aligned}$$

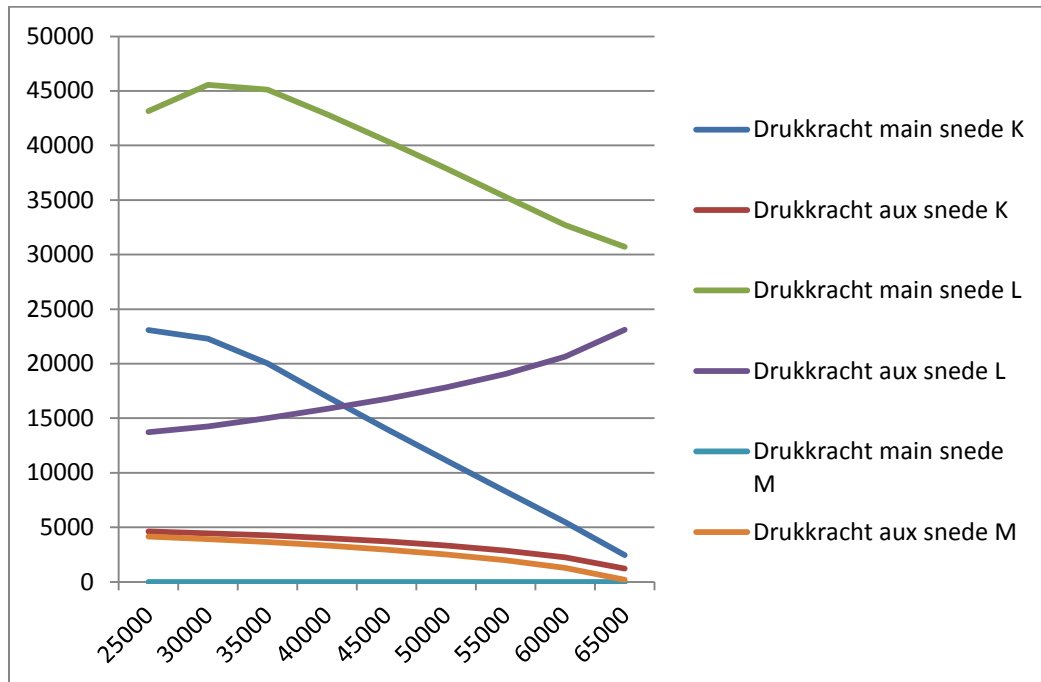
$$\begin{aligned}
 & +\uparrow \sum F_y = 0 \\
 & F_{A,y} + F_B \sin \beta - F_B \sin(\zeta) - F_{M,y} \cos \theta = 0 \\
 & F_{M,y} \cos \theta = F_{A,y} + F_B \sin \beta - F_C \sin(\zeta)
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{trek} = \frac{F_{M,x}}{A}$$

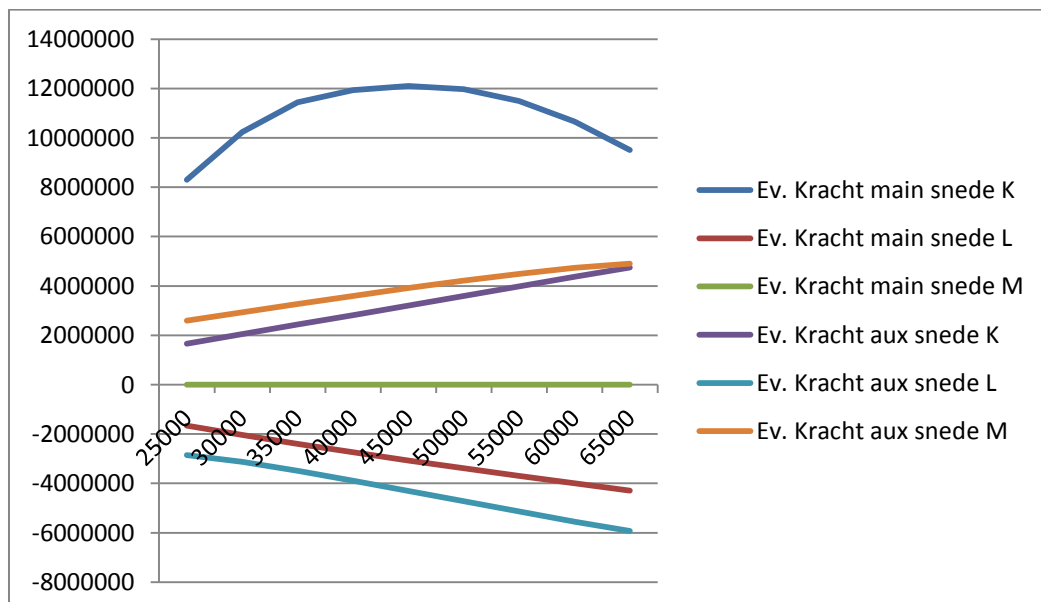
γ -main (mm)	m-main (mt)	m-aux (mt)	Doorsnede	F-ld (kN)	F-ed (kN)
25000	2500	0	K	23076	8303740
30000	2500	0	K	22287	10234843
35000	2350	0	K	20017	11435988
40000	2115	0	K	16978	11926102
45000	1888	0	K	14019	12104459
50000	1666	0	K	11130	11968046
55000	1444	0	K	8287	11488669
60000	1222	0	K	5471	10666328
65000	1000	0	K	2443	9501024
25000	0	500	K	4615	1660748
30000	0	500	K	4457	2046969
35000	0	500	K	4259	2433189
40000	0	500	K	4014	2819409
45000	0	500	K	3713	3205630
50000	0	500	K	3340	3591850
55000	0	500	K	2869	3978071
60000	0	500	K	2239	4364291
65000	0	500	K	1221	4750512
25000	2500	0	L	43156	-1656521
30000	2500	0	L	45561	-2040761
35000	2350	0	L	45128	-2402452
40000	2115	0	L	42853	-2742175
45000	1888	0	L	40432	-3072236
50000	1666	0	L	37907	-3392531
55000	1444	0	L	35279	-3702168
60000	1222	0	L	32699	-4001096
65000	1000	0	L	30705	-4289133
25000	0	500	L	13714	-2852829
30000	0	500	L	14260	-3123258
35000	0	500	L	15008	-3490491
40000	0	500	L	15851	-3890794
45000	0	500	L	16783	-4304325
50000	0	500	L	17834	-4722158
55000	0	500	L	19068	-5138437
60000	0	500	L	20636	-5546420
65000	0	500	L	23106	-5927451
25000	2500	0	M	0	0
30000	2500	0	M	0	0
35000	2350	0	M	0	0
40000	2115	0	M	0	0
45000	1888	0	M	0	0
50000	1666	0	M	0	0
55000	1444	0	M	0	0
60000	1222	0	M	0	0
65000	1000	0	M	0	0
25000	0	500	M	4166	2588894
30000	0	500	M	3931	2933585
35000	0	500	M	3656	3269772
40000	0	500	M	3336	3596194
45000	0	500	M	2960	3910918
50000	0	500	M	2516	4210787
55000	0	500	M	1974	4490049
60000	0	500	M	1277	4735876
65000	0	500	M	201	4900870

Afkorting	Naam
r-main (mm)	radius main hoist
m-main (mt)	belasting main hoist
m-aux (mt)	belasting auxiliary hoist
F-ld (kN)	loodrechte drukkracht op doorsnede
F-ed (kN)	evenwijdige drukkracht op doorsnede

Tabel B3.7: Drukkrachten in de doorsneden.



Figuur B3.17: Drukkracht in de verschillende doorsneden in de giek.

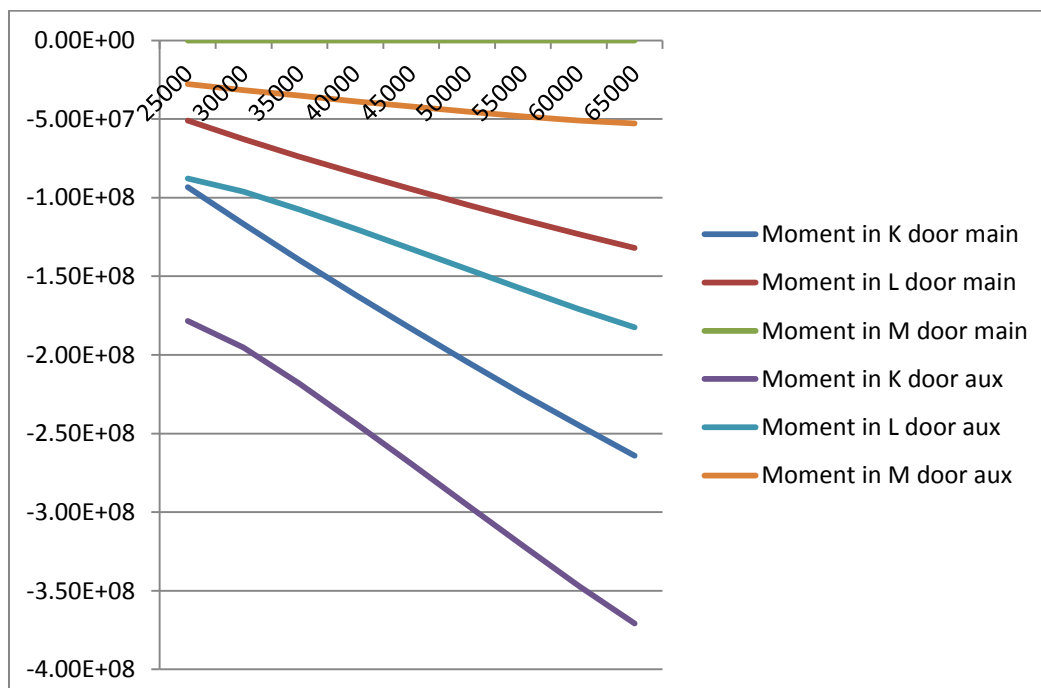


Figuur B3.18: Evenwijdige kracht in de verschillende doorsneden in de giek.

r-main (mm)	m-last (mt)		M (kNm)		
	main	aux	M	L	M
25000	2500	0	-9.33E+07	-5.10E+07	0
30000	2500	0	-1.17E+08	-6.29E+07	0
35000	2350	0	-1.40E+08	-7.40E+07	0
40000	2115	0	-1.62E+08	-8.45E+07	0
45000	1888	0	-1.83E+08	-9.46E+07	0
50000	1666	0	-2.04E+08	-1.04E+08	0
55000	1444	0	-2.25E+08	-1.14E+08	0
60000	1222	0	-2.45E+08	-1.23E+08	0
65000	1000	0	-2.64E+08	-1.32E+08	0
25000	0	500	-1.78E+08	-8.79E+07	-2.79E+07
30000	0	500	-1.95E+08	-9.62E+07	-3.16E+07
35000	0	500	-2.18E+08	-1.08E+08	-3.52E+07
40000	0	500	-2.43E+08	-1.20E+08	-3.87E+07
45000	0	500	-2.69E+08	-1.33E+08	-4.21E+07
50000	0	500	-2.95E+08	-1.45E+08	-4.53E+07
55000	0	500	-3.21E+08	-1.58E+08	-4.83E+07
60000	0	500	-3.47E+08	-1.71E+08	-5.10E+07
65000	0	500	-3.71E+08	-1.83E+08	-5.27E+07

Afkorting	Naam
r-main (mm)	radius main hoist
m-last (mt)	belasting main of aux. hoist
M (kNm)	moment (kNm)

Tabel B3.8: Momenten in de doorsneden.



Figuur B3.19: De interne momenten uitgezet tegen de radius.

Bijlage IV: Model in werkstand

2D-modellen

Ter controle van de berekeningen in *Bijlage III* is er voor een tweetal verschillende vluchtsituaties (te weten $r_{\text{main}} = 30$ m en $r_{\text{main}} = 60$ m) een model opgesteld in het EEM-pakket SACS, dat veel voor het doorrekenen van offshore-constructies gebruikt wordt. Bij SHL is dit programma standaard op een engineers-pc aanwezig. Als input worden tekent men de geometrie aan de hand van *joints* (knooppunten) en *members* (verbindingen tussen knooppunten). Vervolgens kunnen de *properties* (vorm, afmetingen, materiaaleigenschappen) en de *loads* worden toegekend. In de output kan men dan het krachtenspel en maximale spanningen +aflezen voor vier belastingsituaties. In *Figuur B4.1* en *B4.2* zijn de modellen voor $r_{\text{main}} = 30$ m respectievelijk $r_{\text{main}} = 60$ m te zien. De stippellijn geeft de deformatie van de giek weer.

Inputfile $r_{\text{main}} = 30$ m

```

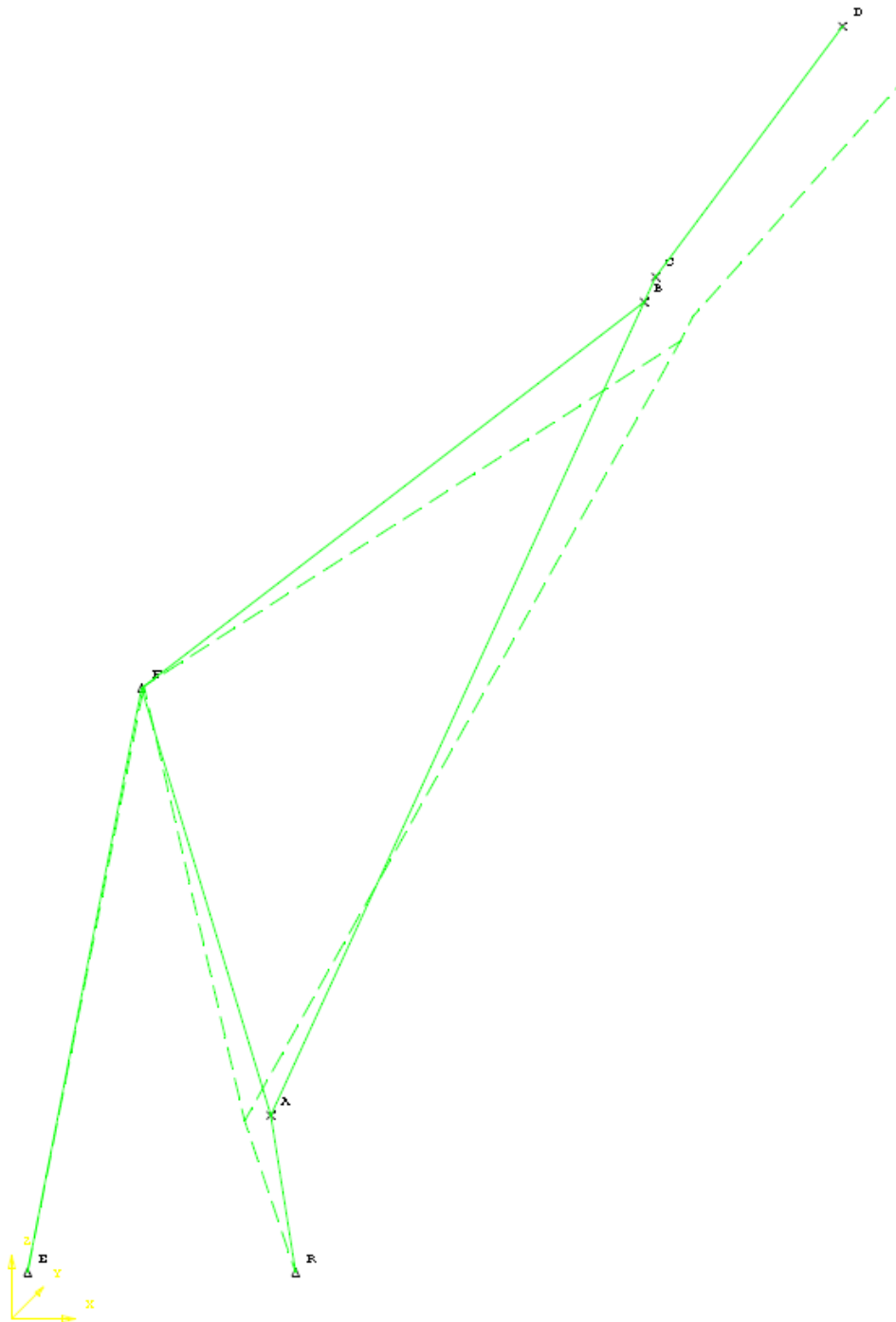
OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.0020.00150.0020.00
GRUP
GRUP DUM BOX          20.007.72234.50 1   1.001.00       7.8490
MEMBER
MEMBER A  B  DUM  000010
MEMBER A  R  DUM
MEMBER B  C  DUM
MEMBER C  D  DUM
MEMBER F  A  DUM
MEMBER F  B  DUM  000111000011
MEMBER F  E  DUM
JOINT
JOINT A    0.000 0.000 0.000
JOINT B    25.707 0.000 55.980
JOINT E   -16.750 0.000-10.800          111000
JOINT F    -8.900 0.000 29.400          010000
JOINT C    26.500 0.000 57.706
JOINT D    39.374 0.000 74.958
JOINT R     1.706 0.000-10.800          111000
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z A  B          -47.406   -47.406          GLOB UNIF  3
LOAD Z B  C          -47.406   -47.406          GLOB UNIF  3
LOAD Z C  D          -47.406   -47.406          GLOB UNIF  3
LOADCN AUX
LOAD  D              -4905.0          GLOB JOIN  0
LOADCN WBH
LOAD Z F  B          -9.6670   -9.6670          GLOB UNIF  2
LOADCNMAIN
LOAD  C              -24525.          GLOB JOIN  0

```

```

LCOMB
LCOMB 1  WB 1.0000WBH 1.0000MAIN1.0000
LCOMB 2  WB 1.0000AUX 1.0000WBH 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END

```

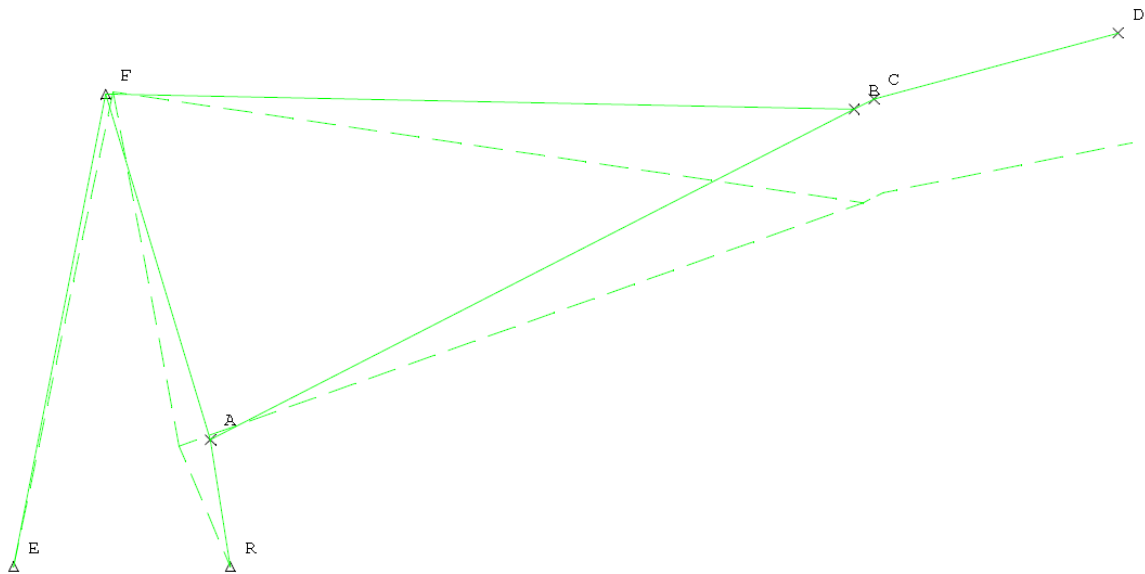


Figuur B4.1: De kraan bij een mainradius van 30 m.


```

Inputfile rmain = 60 m
OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.0020.00150.0020.00
GRUP
GRUP DUM BOX          20.007.72234.50 1   1.001.00       7.8490
MEMBER
MEMBER A  B  DUM  000010
MEMBER A  R  DUM
MEMBER B  C  DUM
MEMBER C  D  DUM
MEMBER F  A  DUM
MEMBER F  B  DUM  000111000011
MEMBER F  E  DUM
JOINT
JOINT A    0.000 0.000 0.000
JOINT B    54.809 0.000 28.116
JOINT E   -16.750 0.000-10.800          111000
JOINT F    -8.900 0.000 29.400          010000
JOINT C    56.500 0.000 28.983
JOINT D    77.283 0.000 34.586
JOINT R     1.706 0.000-10.800          111000
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z B  C          -47.406      -47.406      GLOB UNIF  3
LOAD Z C  D          -47.406      -47.406      GLOB UNIF  3
LOAD Z A  B          -47.406      -47.406      GLOB UNIF  3
LOAD Z A  B          -126.23      -126.23      GLOB UNIF  1
LOAD Z B  C          -126.23      -126.23      GLOB UNIF  1
LOAD Z C  D          -126.23      -126.23      GLOB UNIF  1
LOADCN AUX
LOAD  D              -4905.0          GLOB JOIN  0
LOADCNMAIN
LOAD  C              -11988.          GLOB JOIN  0
LCOMB
LCOMB 1  WB  1.0000MAIN1.0000
LCOMB 2  WB  1.0000AUX 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 0 1 1
END

```

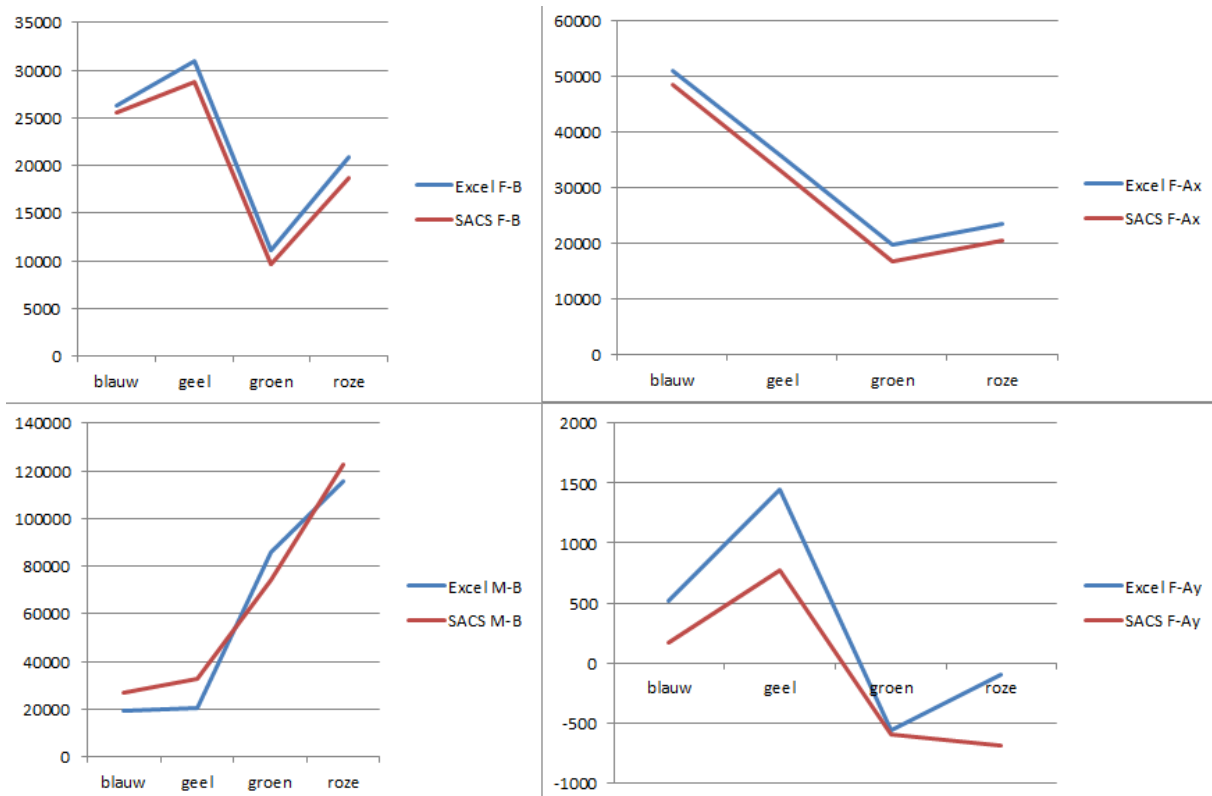


Figuur B4.2: De kraan bij een mainradius van 60 m.

In *Figuur B4.3* wordt output van het model voor vier situaties (gekoppeld aan vier kleuren) vergeleken met de resultaten uit de berekeningen uit *Bijlage III*. In de meeste gevallen benadert de twee methodieken elkaar goed. De verschillen worden veroorzaakt door:

- Het SACS-model bevat eigenschappen van het materiaal (vloeigrens, soortelijke massa) en vorm (structuur, afmetingen), de handberekening niet.
- SACS neemt het eigen gewicht van de constructie mee als verdeelde belasting over de giek, de handberekening neemt het mee als puntbelasting vanuit het zwaartepunt.
- SACS maakt gebruik van de EEM, de handberekening van staticaformules.
- SACS kijkt naar de opleggingen van de constructie, waarmee zij is verbonden met de vaste wereld, de handberekening is gebaseerd op een VLS waarin de constructie los is van de vaste wereld.

Kleur	Mainradius	Hijsinrichting
blauw	30	main
geel	30	aux
groen	60	main
roze	60	aux



Figuur B4.3: Vergelijking tussen handmatige berekening en de output van het SACS-model.

3D-model box

Bij de vertaling van het 2D-model naar 3D is gekozen om per model vier belastingsgeval uit te werken; twee verschillende vluchten (dichtbij: $r_{\text{main}} = 30$ m en ver weg: $r_{\text{main}} = 60$ m) en twee verschillende belastingen (maximale capaciteit van de *main hoist* en maximale capaciteit van de *auxiliary hoist*) In *Figuur B4.4* en *Figuur B4.5* is het boxmodel voor een mainradius van 30 m te zien. Het model is gebaseerd op de giek van de Stanislav Yudin.

Inputfile $r_{\text{main}} = 30$ m

```

OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.004.000150.004.000
SECT DUM    BOX          300.0020.00150.0020.00
GRUP
GRUP BOX BOX          20.007.72241.00 1 1.001.00      N7.8490
GRUP DUM DUM          20.007.72234.50 1 1.001.00      7.8490
MEMBER
MEMBER A  B  BOX
MEMBER B  C  BOX
MEMBER C  D  BOX
MEMBER A1 B  BOX
MEMBER A  R  DUM
MEMBER F  A  DUM
MEMBER F  B  DUM 000111000011
MEMBER F  E  DUM
MEMBER A1 F  DUM
MEMBER E1 F  DUM
MEMBER E1 E2 DUM
MEMBER E2 A  DUM
MEMBER E2 E  DUM
MEMBER E2 A1 DUM
MEMBER R1 A1 DUM
JOINT
JOINT A  0.000 0.000 0.000
JOINT B  25.707 7.500 55.980
JOINT E  -16.750 -2.755 -10.800          111000
JOINT F  -8.900 7.500 29.400          010000
JOINT C  26.500 7.500 57.706
JOINT D  39.374 7.500 74.958
JOINT R  1.706 -2.755 -10.800          111000
JOINT A1 0.000 15.000 0.000
JOINT E1 -16.750 17.755 -10.800          111000
JOINT E2 -16.750 7.500 -10.800
JOINT R1 1.706 17.755 -10.800          111000
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z A  B          -27.217          -27.217          GLOB UNIF 1
LOAD Z B  C          -27.217          -27.217          GLOB UNIF 1
LOAD Z C  D          -27.217          -27.217          GLOB UNIF 1

```

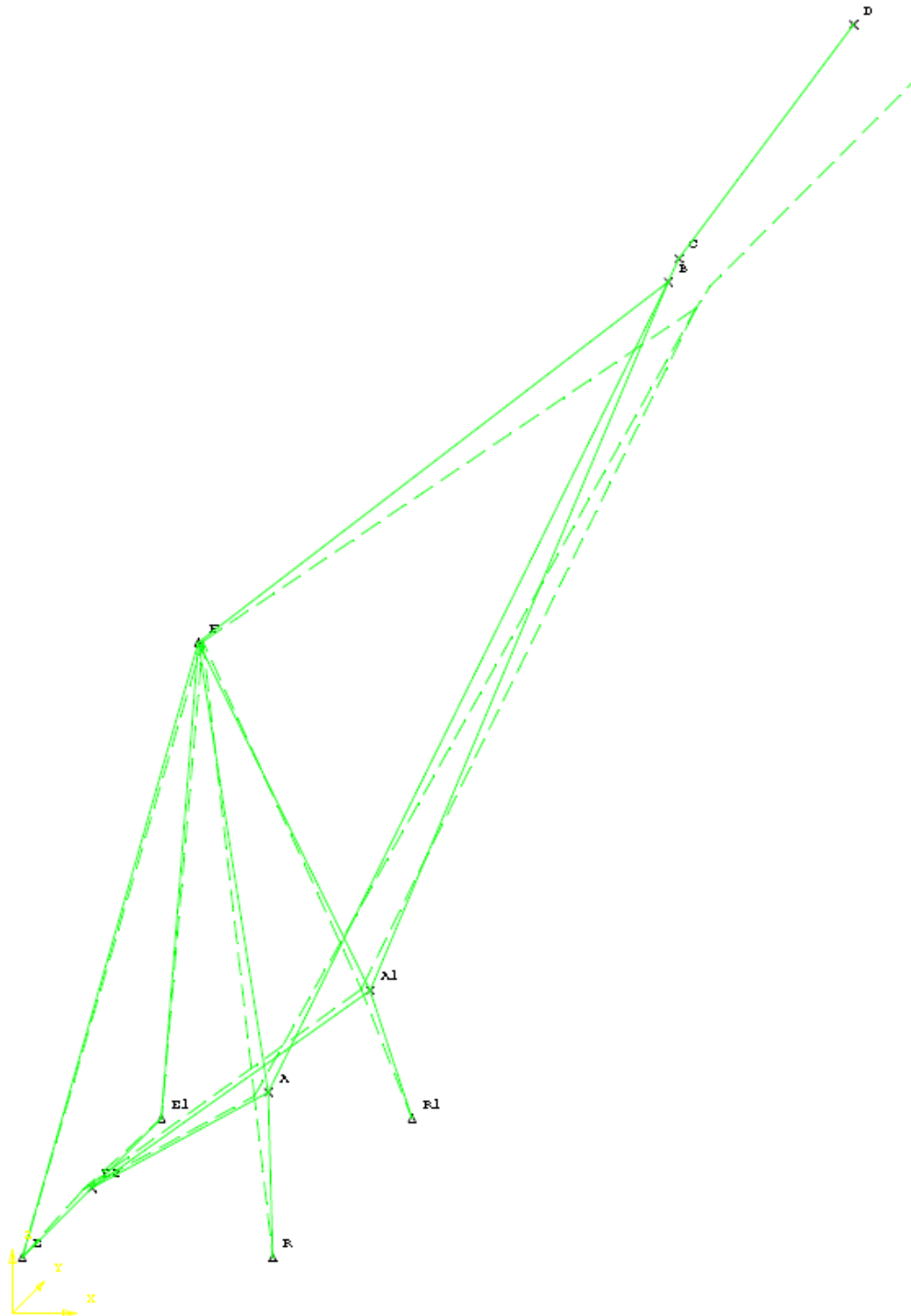


```

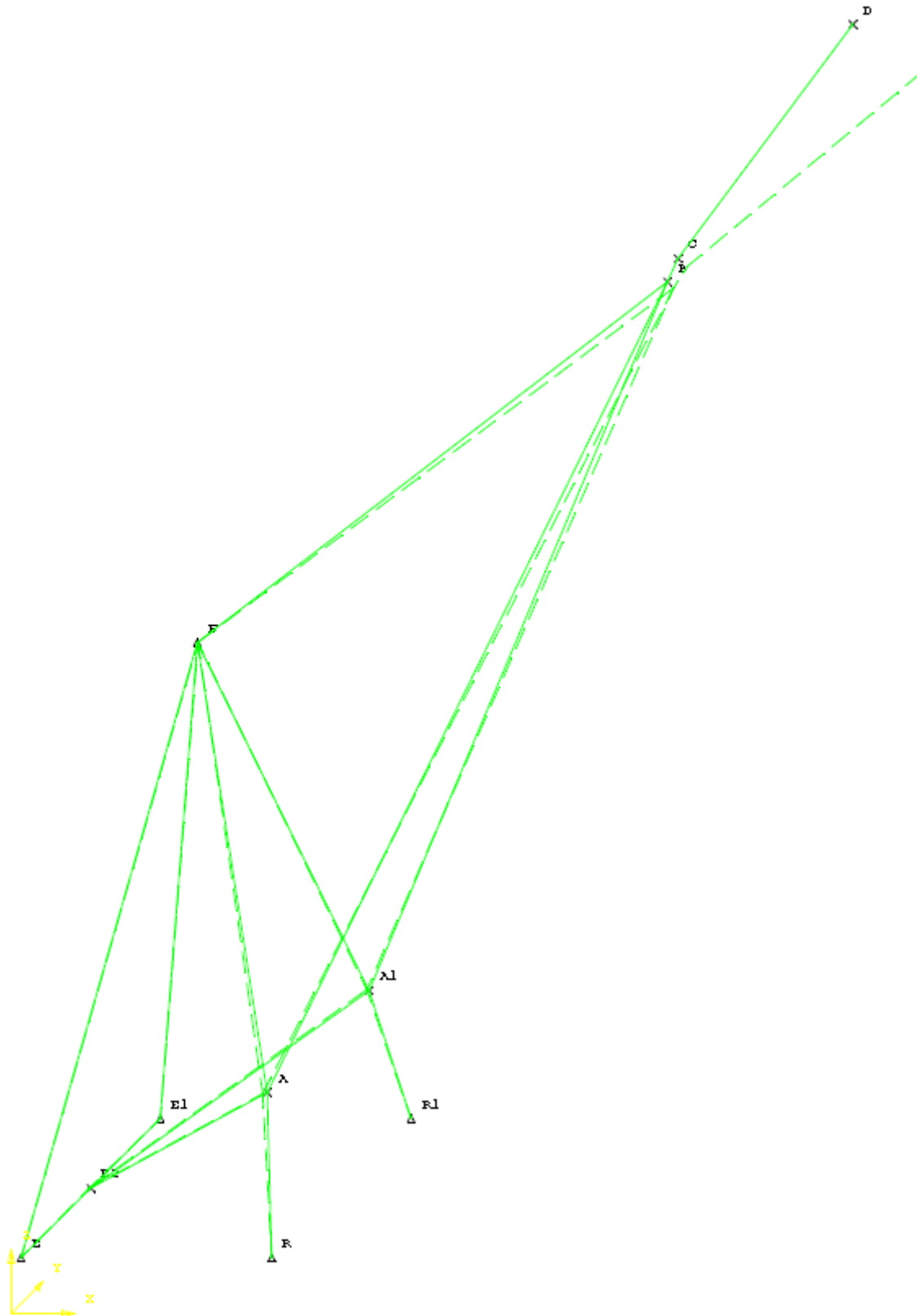
LOAD ZA1 B      -27.217   -27.217           GLOB UNIF  1
LOADCN AUX
LOAD  D          -5395.5           GLOB JOIN  0
LOADCN WBH
LOAD Z F B      -9.6670   -9.6670           GLOB UNIF  1
LOADCNMAIN
LOAD  C          -26977.           GLOB JOIN  0
LCOMB
LCOMB 1  MAIN1.0000WBH 1.0000
LCOMB 2  AUX 1.0000WBH 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 0 1 1
END

```

Eigen gewicht: 803,8 m.t.



Figuur B4.4: De kraan bij een mainradius van 30 m voor load combination 1.



Figuur B4.5: De kraan bij een mainradius van 30 m voor load combination 2.



Inputfile r_{main} = 60 m

```

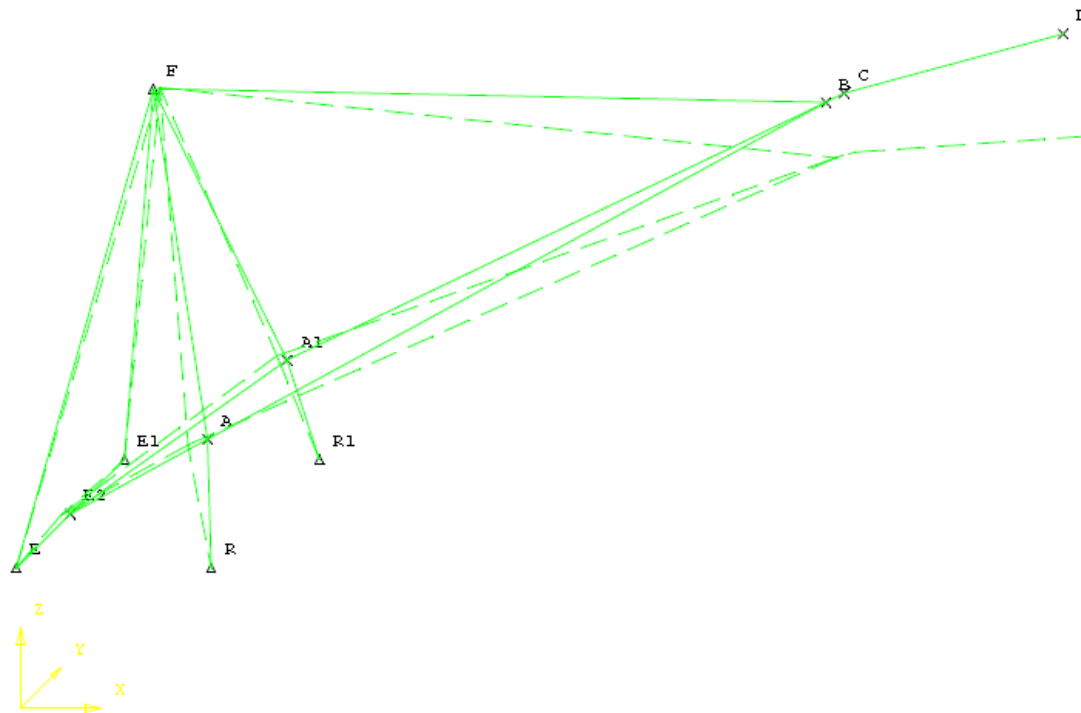
OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.008.000150.008.000
SECT DUM    BOX          300.0020.00150.0020.00
GRUP
GRUP BOX BOX          20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP DUM DUM          20.007.72234.50 1 1.001.00 7.8490
MEMBER
MEMBER A B BOX
MEMBER B C BOX
MEMBER B A1 BOX
MEMBER C D BOX
MEMBER A R DUM
MEMBER F A DUM
MEMBER F B DUM 000111000011
MEMBER F E DUM
MEMBER A1 F DUM
MEMBER A1 R1 DUM
MEMBER E1 F DUM
MEMBER E1 E2 DUM
MEMBER E2 A DUM
MEMBER E2 E DUM
MEMBER E2 A1 DUM
JOINT
JOINT A 0.000 0.000 0.000
JOINT B 54.809 7.500 28.116
JOINT E -16.750 -2.755-10.800 111000
JOINT F -8.900 7.500 29.400 010000
JOINT C 56.500 7.500 28.983
JOINT D 77.283 7.500 34.586
JOINT R 1.706 -2.755-10.800 111000
JOINT A1 0.000 15.000 0.000
JOINT E1 -16.750 17.755-10.800 111000
JOINT E2 -16.750 7.500-10.800
JOINT R1 1.706 17.755-10.800 111000
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z A B -53.450 -53.450 GLOB UNIF 1
LOAD Z B C -53.450 -53.450 GLOB UNIF 1
LOAD Z B A1 -53.450 -53.450 GLOB UNIF 1
LOAD Z C D -53.450 -53.450 GLOB UNIF 1
LOADCN AUX
LOAD D -4905.0 GLOB JOIN 0
LOADCN WBH
LOAD Z F B -6.6198 -6.6198 GLOB UNIF 1
LOADCNMAIN
LOAD C -11988. GLOB JOIN 0
LCOMB

```

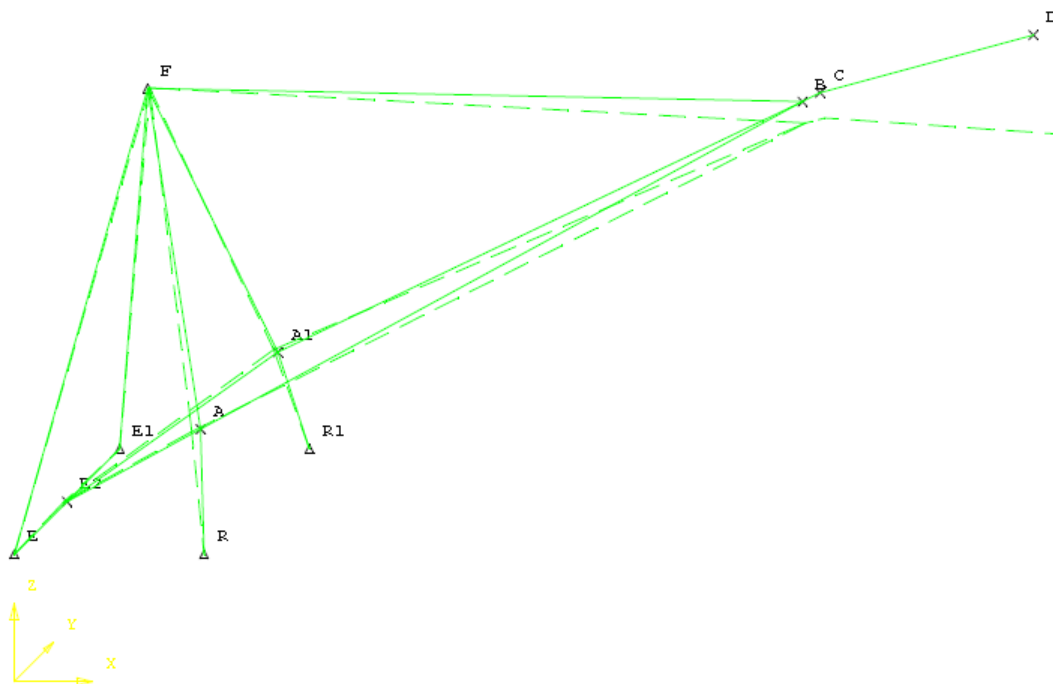
```

LCOMB 1  MAIN1.0000
LCOMB 2  AUX 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END

```



Figuur B4.6: De kraan bij een mainradius van 60 m voor load combination 1.



Figuur B4.7: De kraan bij een mainradius van 60 m voor load combination 2.

3D-model vakwerk

Het vakwerkmodel is gebaseerd op de giek van de Oleg Strashnov, verschaald naar de afmetingen van de Stanislav Yudin.

Inputfile $r_{\text{main}} = 30 \text{ m}$

```

OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT TU2    TUB          30.0002.500
SECT TU3    TUB          40.00010.00
SECT TUBE   TUB          70.0005.000
SECT WIRE   TUB          100.0010.00
GRUP
GRUP DUM BOX          20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP TU2 TU2          20.007.72244.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP TU3 TU3          20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP TUB TUBE          20.007.72244.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP WIR WIRE          20.007.72224.80 1 1.001.00 7.8490
MEMBER
MEMBER A R DUM
MEMBER F A DUM
[...]
PGRUP
PGRUP 10.000I20.000 0.30024.800 7.8490
PGRUP PLA 10.000I20.000 0.30024.800 7.8490
PLATE
PLATE A001 2 22 23 3 PLA 0
PLATE A002 2 22 22.12.1 PLA 0
PLATE A003 22.12.1 3.1 23.1PLA 0
PLATE A004 3.1 3 23 23.1PLA 0
JOINT
JOINT 1 2.810 0.000 9.714
JOINT 2 24.344 0.000 56.605
[...]
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z 1 12 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
LOAD Z 1 5.1 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
[...]
SFRC -43.873A26.104 56.8432 22 23 3 1
SFRC -73.138A24.741 2.50057.4682 22 22.12.1 1
SFRC -43.873A26.104 5.00056.84322.12.1 3.1 23.1 1
SFRC -73.138A27.466 2.50056.2173.1 3 23 23.1 1
LOADCN AUX
LOAD D2 -4905.0 GLOB JOIN 1
LOADCN WBH
LOAD Z F 2.2 -9.6670 -9.6670 GLOB UNIF 1
LOADCNMAIN
LOAD C2 -24525. GLOB JOIN 1

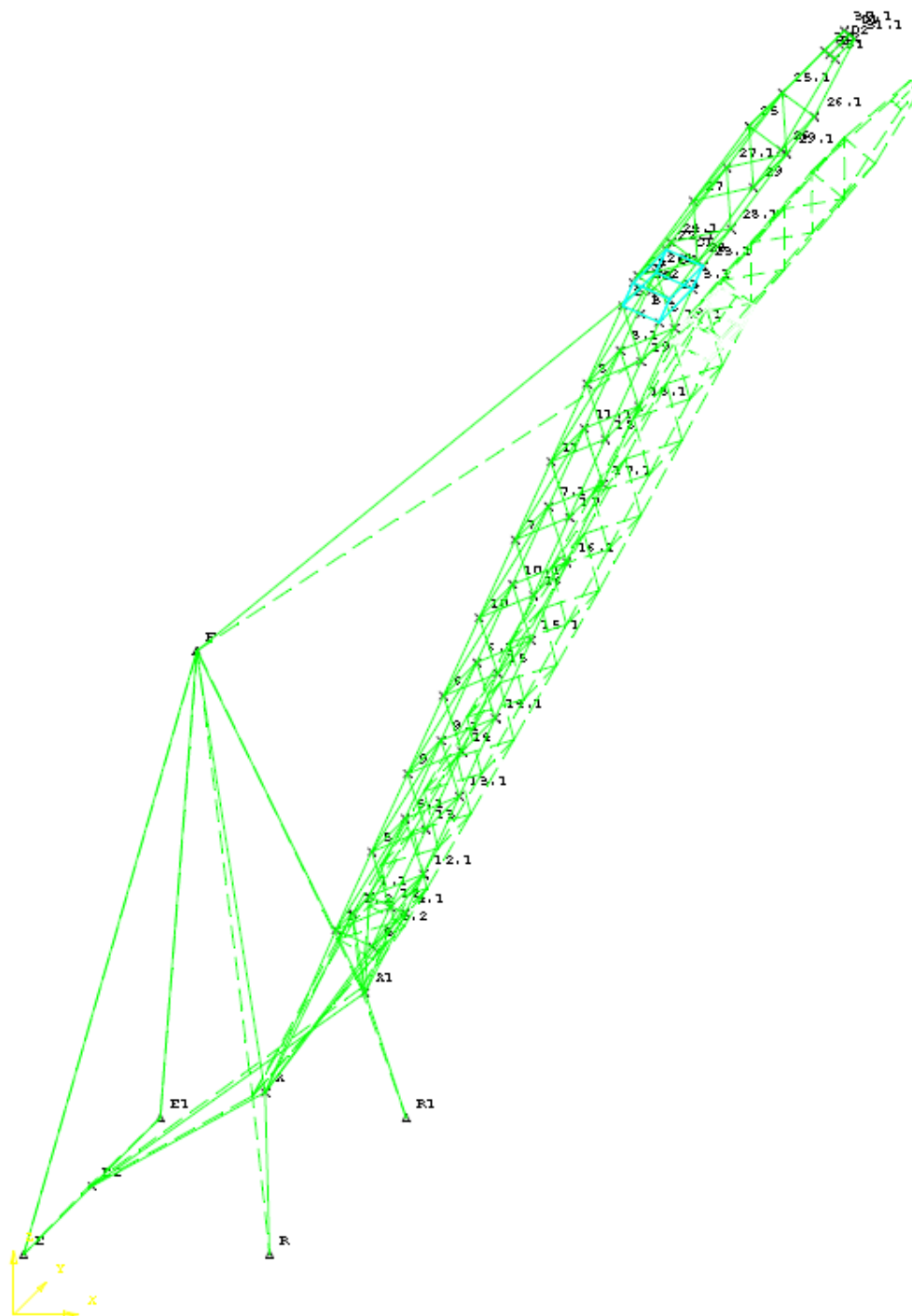
```

```

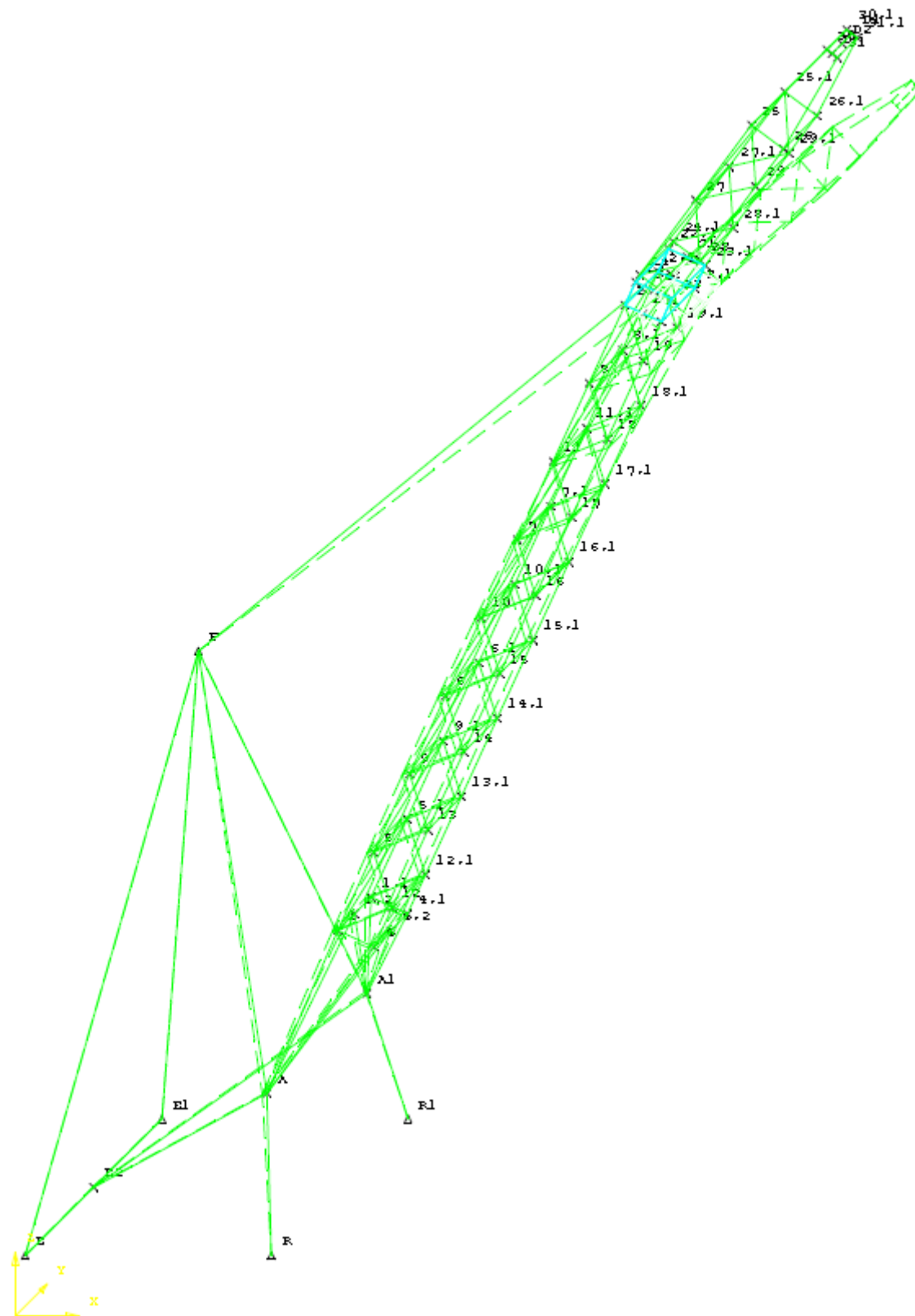
LCOMB
LCOMB 1  WBH 1.0000MAIN1.0000WB 1.0000
LCOMB 2  AUX 1.0000WBH 1.0000WB 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END

```

Eigen gewicht: 489,2 m.t.



Figuur B4.8: De kraan bij een mainradius van 30 m voor load combination 1.



Figuur B4.9: De kraan bij een mainradius van 30 m voor load combination 2.



Inputfile r_{main} = 60 m

```

OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT TU2    TUB          30.0002.500
SECT TU3    TUB          40.0005.000
SECT TUB    TUB          70.0005.000
SECT WIRE   TUB          100.0010.00
GRUP
GRUP DUM BOX          20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP TU2 TU2          20.007.72244.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP TU3 TU3          20.007.72241.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP TUB TUB          20.007.72244.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP WIR WIRE          20.007.72224.80 1 1.001.00 7.8490
MEMBER
MEMBER A R DUM
MEMBER F A DUM
[...]
PGRUP
PGRUP PLA 10.000S20.000 0.30024.800 7.8490
PLATE
PLATE A001 2 22 23 3 PLA 0
PLATE A004 23.13.1 3 23 PLA 0
PLATE A005 22 2 2.1 22.1PLA 0
PLATE A006 23.13.1 2.1 22.1PLA 0
PLATE A007 2 2.1 3.1 3 PLA 0
PLATE A008 23 24 24.123.1PLA 0
PLATE A009 22 24 22.124.1PLA 0
PLATE A010 23 22 24 PLA 0
PLATE A011 23.122.124.1 PLA 0
JOINT
JOINT 1 8.213 0.000 5.899
JOINT 2 54.125 0.000 29.450
[...]
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z 1 14 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
LOAD Z 1 5.1 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
[...]
SFRC -43.876A55.655 28.5492 22 23 3 1
SFRC -73.136A56.340 2.50027.21523.13.1 3 23 1
SFRC -73.136A54.970 2.50029.88322 2 2.1 22.1 1
SFRC -43.876A55.655 5.00028.54923.13.1 2.1 22.1 1
SFRC -115.44A54.809 2.50028.1152 2.1 3.1 3 1
SFRC -115.47A56.871 2.50029.11523 24 24.123.1 1
SFRC -30.323A56.187 2.50030.44922 24 22.124.1 1
SFRC -9.018A56.520 29.51623 22 24 1
SFRC -9.018A56.520 5.00029.51623.122.124.1 1
LOADCN AUX

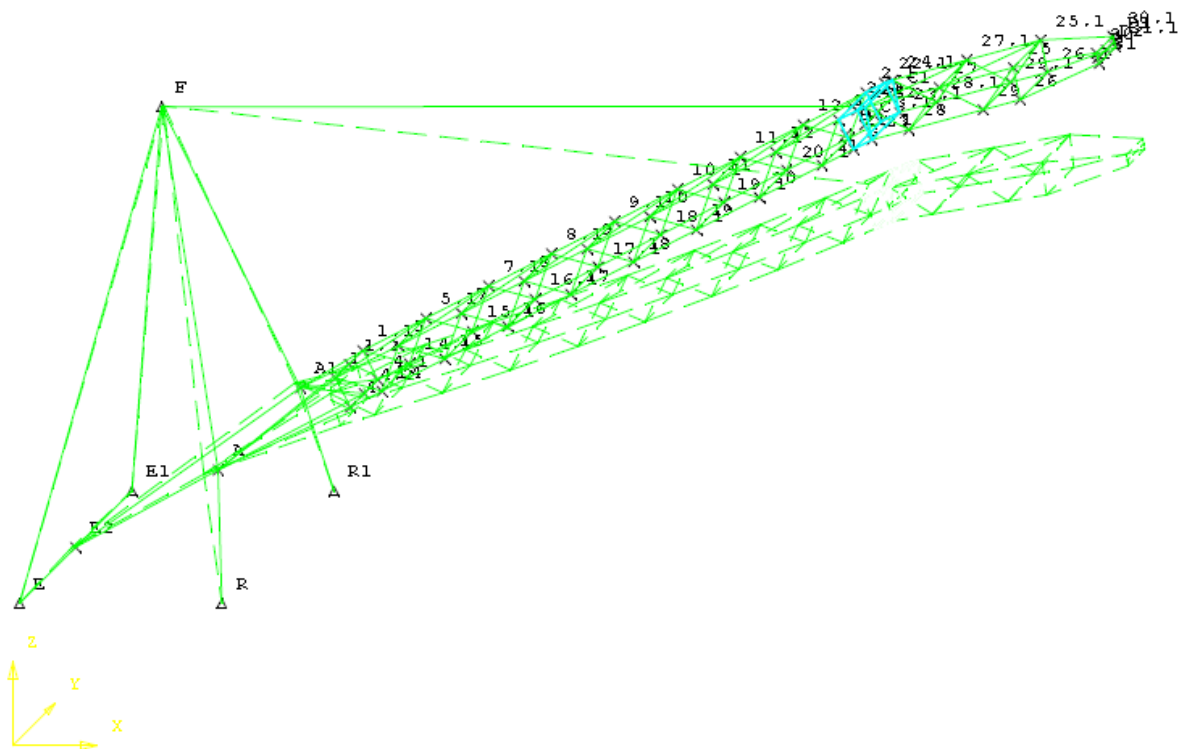
```



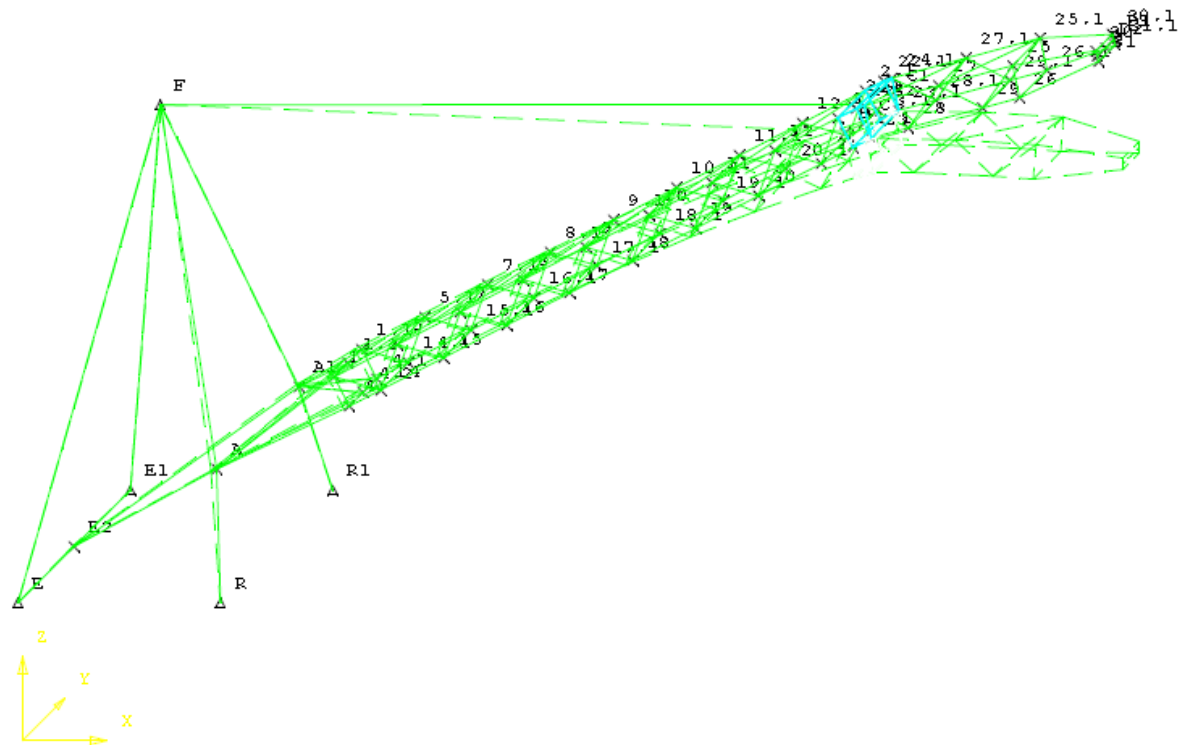
```

LOAD  D2          -5395.5          GLOB JOIN  1
LOADCN WBH
LOAD Z 2.2 F      -9.6670    -9.6670    GLOB UNIF  2
LOADCNMAIN
LOAD  C2          -13187.          GLOB JOIN  1
LCOMB
LCOMB 1  WBH 1.0000MAIN1.0000WB 1.0000
LCOMB 2  AUX 1.0000WBH 1.0000WB 1.0000
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END

```



Figuur B4.10: De kraan bij een mainradius van 60 m voor load combination 1.



Figuur B4.11: De kraan bij een mainradius van 60 m voor load combination 2.

Bijlage V: Model in ruststand

In deze bijlage wordt het model in ruststand geanalyseerd om een beeld te krijgen van...

1. Boxmodel

Inputfile

```

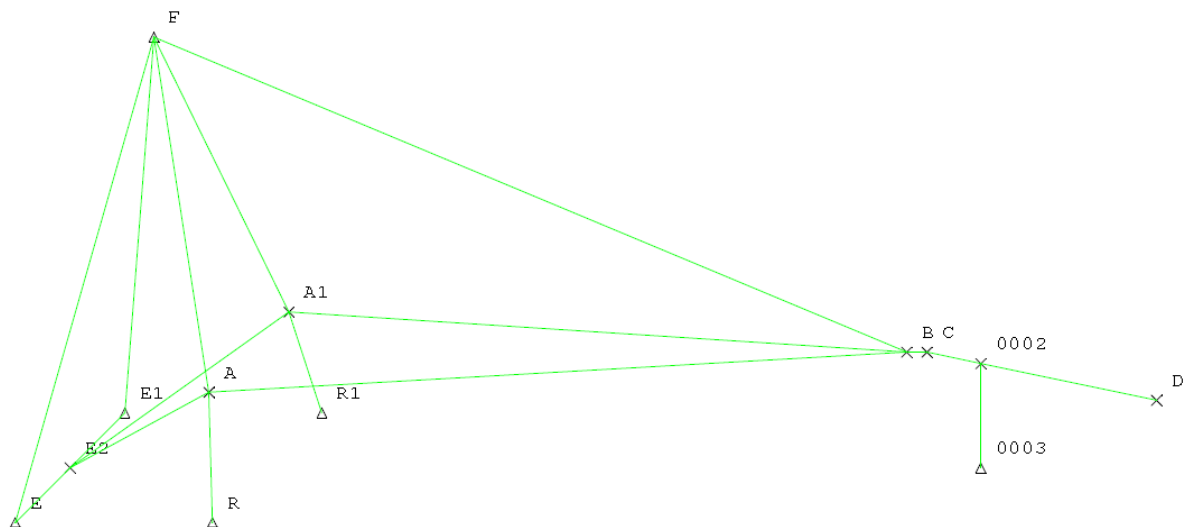
OPTIONS      MN          1 1
SECT
SECT      BOX          300.0020.00150.0020.00
SECT BOX    BOX          300.005.000150.005.000
SECT DUM    BOX          300.0020.00150.0020.00
GRUP
GRUP BOX BOX          20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP DUM DUM          20.007.72234.50 1 1.001.00 7.8490
MEMBER
MEMBER A B BOX
MEMBER B C BOX
MEMBER C 0002 BOX
MEMBER A1 B BOX
MEMBER 0002D BOX
MEMBER A R DUM
MEMBER F A DUM
MEMBER F B DUM 000111000011
MEMBER F E DUM
MEMBER A1 F DUM
MEMBER E1 F DUM
MEMBER E1 E2 DUM
MEMBER E2 A DUM
MEMBER E2 E DUM
MEMBER E2 A1 DUM
MEMBER R1 A1 DUM
MEMBER 00020003 DUM
JOINT
JOINT A 0.000 0.000 0.000
*
JOINT B 61.600 7.500 0.000
JOINT E -16.750 -2.755-10.800 111000
JOINT F -8.900 7.500 29.400 010000
JOINT C 63.500 7.500 0.000
JOINT D 85.000 7.500 -4.500
JOINT R 1.706 -2.755-10.800 111000
JOINT A1 0.000 15.000 0.000
JOINT E1 -16.750 17.755-10.800 111000
JOINT E2 -16.750 7.500-10.800
JOINT R1 1.706 17.755-10.800 111000
JOINT 0002 68.535 7.500 -1.076
JOINT 0003 68.535 7.500-10.800 001000

```

```

LOAD
LOADCN WB
LOAD Z A B -33.868 -33.868 GLOB UNIF 1
LOAD Z B C -33.868 -33.868 GLOB UNIF 1
LOAD Z C 0002 -33.868 -33.868 GLOB UNIF 1
LOAD Z A1 B -33.868 -33.868 GLOB UNIF 1
LOAD Z 0002D -33.868 -33.868 GLOB UNIF 1
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END

```



Figuur B5.1: Boxmodel in ruststand.

2. Vakwerk

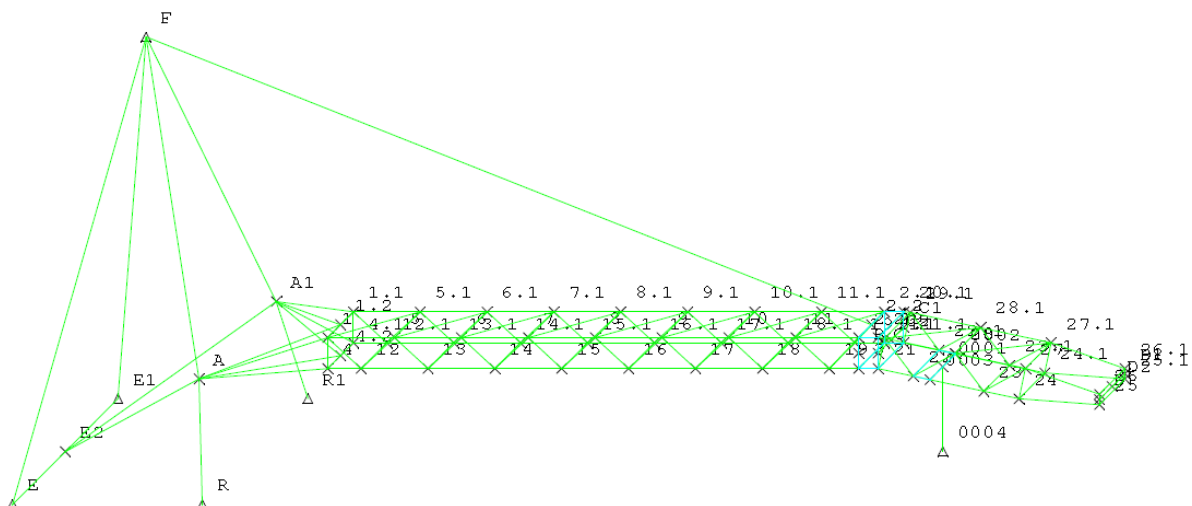
Inputfile

```

OPTIONS MN 1 1
SECT
SECT BOX 300.0020.00150.0020.00
SECT BOX BOX 300.0020.00150.0020.00
SECT TU2 TUB 30.0002.500
SECT TU3 TUB 40.00010.00
SECT TUBE TUB 70.0005.000
SECT WIRE TUB 100.0010.00
GRUP
GRUP DUM BOX 20.007.72234.50 1 1.001.00 7.8490
GRUP TU2 TU2 20.007.72241.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP TU3 TU3 20.007.72241.00 1 1.001.00 7.8490
GRUP TUB TUBE 20.007.72241.00 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP WIR WIRE 20.007.72224.80 1 1.001.00 7.8490
MEMBER
MEMBER A R DUM
MEMBER F A DUM
MEMBER F E DUM

```

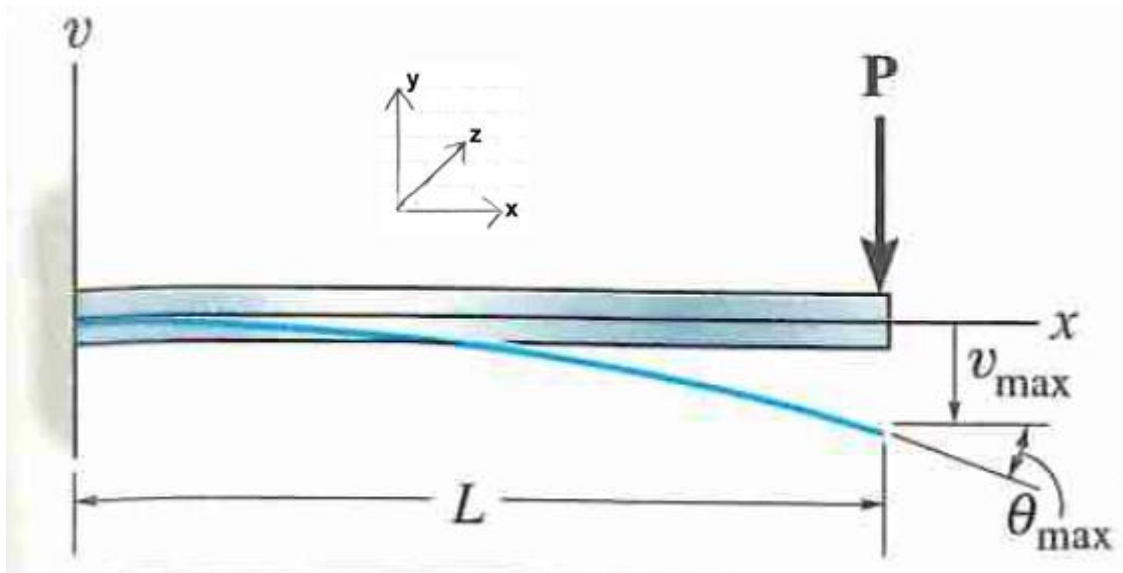
```
[...]
PGRUP
PGRUP 10.000I20.000 0.30024.800 7.8490
PGRUP PLA 10.000I20.000 0.30024.800 7.8490
PLATE
*
PLATE A001 2.1 20.120 2 PLA 0
PLATE A002 2 20 21 3 PLA 0
PLATE A003 3 21 21.13.1 PLA 0
PLATE A004 3.1 2.1 20.121.1PLA 0
PLATE A005 22 22.100020003PLA 0
JOINT
JOINT 1 10.000 0.000 1.500
JOINT 2 61.600 0.000 1.500
[...]
LOAD
LOADCN WB
LOAD Z 1 12 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
LOAD Z 1 5.1 -1.6625 -1.6625 GLOB UNIF 1
[...]
SFRC -73.124A62.550 2.500 1.5002.1 20.120 2 1
SFRC -43.874A62.550 2 20 21 3 1
SFRC -73.124A62.550 2.500-1.5003 21 21.13.1 1
SFRC -43.874A62.550 5.000 3.1 2.1 20.121.1 1
SFRC -63.437A67.729 2.500-2.40422 22.100020003 1
END
**JNCV** 0 0 0 0 1 1
END
```



Figuur B5.2: Vakwerkmodel in ruststand.

Bijlage VI: Doorbuiging van de jib

In de jib van de kraan zal doorbuiging plaatsvinden, zoals is weergegeven in *Figuur B6.1*. In de berekening wordt aangenomen dat het profiel op elke positie gelijk is (dezelfde afmetingen heeft) en de jib aan het begin ingeklemd is. In werkelijkheid buigt dit beginpunt ook al door en zal de uiteindelijke doorzakking daarbij opgeteld moeten worden.



Figuur B6.1: Doorbuiging van eenzijdig ingeklemde, belaste balk volgens Hibbeler.

1. Gegeven

L = lengte [m]

E = elasticiteitsmodulus [MPa]

$L_{jib} = 21526$ mm

$E_{S355} = E_{S420} = E_{S690} = 2,10 \cdot 10^5$ MPa

Aangezien de last niet onder een loodrechte hoek in de kraan hangt, moet zij worden opgedeeld in een x- en een z-component, waarbij de x-component evenwijdig loopt aan de as van de jib en de z-component haaks op de jib staat. De z-component is dan belasting P en kan worden berekend volgens de volgende formule.

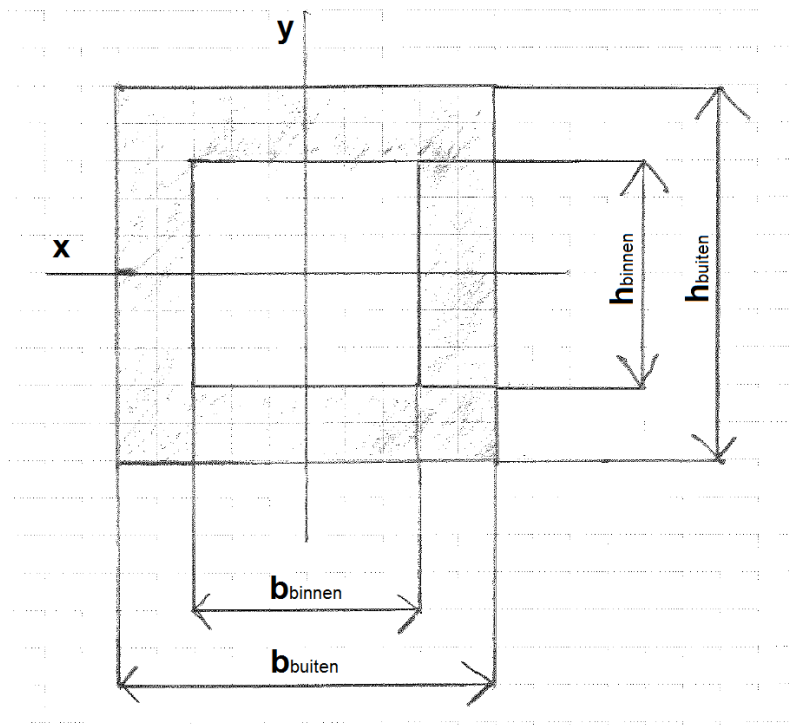
P = belasting haaks op de jib [kN]

F_D = last [kN]

η = hoek tussen de last en de jib [rad]

$$P = F_D \sin(\eta)$$

Voor het berekenen van de maximale doorbuiging is het nodig het massatraagheidsmoment van de constructie te kennen. In *Figuur 6.2* zijn de benodigde afmetingen weergegeven voor de berekening van het massatraagheidsmoment.



Figuur B6.2: Dwarsdoorsnede van een kokerprofiel.

I = massa traagsheidsmoment [mm^4]

b = breedte [mm]

h = hoogte [mm]

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}b_{\text{buiten}}h_{\text{buiten}}^3 - \frac{1}{12}b_{\text{binnen}}h_{\text{binnen}}^3$$

$$I_y = \frac{1}{12}hb^3 = \frac{1}{12}h_{\text{buiten}}b_{\text{buiten}}^3 - \frac{1}{12}h_{\text{binnen}}b_{\text{binnen}}^3$$

Nu kan de maximale doorbuiging van de koker worden bepaald. Voor het berekenen van de doorbuiging wordt de I_x als massa traagsheidsmoment gebruikt, aangezien de koker om deze as zal gaan roteren.

v_{max} = maximale doorzakking [mm]

$$v_{\text{max}} = \frac{PL^3}{3EI}$$

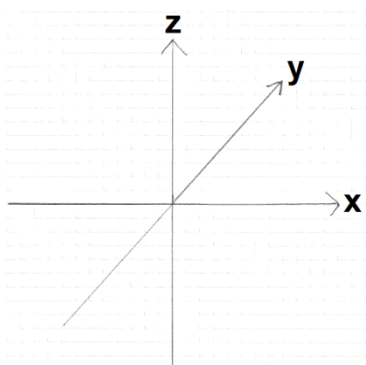
4. Uitkomsten

Radius main hoist (mm)	Belasting main hoist (mt)	Belasting auxiliary hoist (mt)	Maximale doorbuiging (mm)
25000	0	500	45.2
30000	0	500	51.2
35000	0	500	57.1
40000	0	500	62.8
45000	0	500	68.3
50000	0	500	73.6
55000	0	500	78.4
60000	0	500	82.7
65000	0	500	85.6

Tabel B6.1: Maximale doorbuiging in de balk op verschillende vluchten

5. Doorbuiging in SACS op $r_{\text{main}} = 60 \text{ m}$

In Postvue (het output-bestand van SACS na het runnen van het model) kan de verplaatsing opgevraagd worden in de drie dimensies x, y en z, zoals SACS die hanteert (zie *Figuur B6.3*) en in haar totaliteit (aangeduid met T). Dit is de doorzakking die optreedt in de gehele giek (in tegenstelling tot in de handberekening). De gehanteerde code is WSD AISC 9th / API 21st.



Figuur B6.3: Het assenstelsel in SACS.

5.1. Box

De maximale doorzakking voor belasting in de auxiliary hoist inclusief eigen gewicht bedraagt 27,51 cm.

MAXIMUM JOINT DISPLACEMENTS								
LOAD	DEFL(X)		DEFL(Y)		DEFL(Z)		DEFL(T)	
COND	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)
WB	D	0.696	A1	0.154	D	-3.222	D	3.296
AUX	D	7.002	A1	1.053	D	-27.510	D	28.387
WBH	D	0.039	A1	0.019	D	-0.185	D	0.189
MAIN	D	2.921	A1	1.229	D	-13.441	D	13.754
1	D	2.921	A1	1.229	D	-13.441	D	13.754
2	D	7.002	A1	1.053	D	-27.510	D	28.387

Tabel B6.2: Maximale knooppuntverplaatsing in Postvue (SACS).

5.2. Vakwerk

De maximale doorzakking voor belasting in de auxiliary hoist inclusief eigen gewicht bedraagt 59,755 cm.

MAXIMUM JOINT DISPLACEMENTS								
LOAD		DEFL(X)		DEFL(Y)		DEFL(Z)		DEFL(T)
COND	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)	JOINT	(CM)
WB	10.1	1.785	B	0.896	31.1	-6.641	31.1	6.871
AUX	30	14.365	25.1	-2.455	31	-53.101	D2	54.645
WBH	19	0.199	22	0.101	11	-0.594	19	0.630
MAIN	30.1	7.492	A1	2.630	31	-30.675	31	31.570
1	30.1	9.086	A1	3.284	31	-37.330	31	38.456
2	30	15.958	A	-2.216	31	-59.755	D2	61.450

Tabel B6.3: Maximale knooppuntverplaatsing in Postvue (SACS).

Bijlage VII: Plan van aanpak

1. Projectgrenzen

In verband met beperkingen in tijd, zal de opdracht afgebakend moeten worden. Dat betekent dat de focus op twee subvragen zal liggen en de andere meer algemeen behandeld zullen worden. Deze twee subvragen zijn:

- Hoe verloopt het krachten spel in beide constructies? Wat zijn de verschillen?
- Welke variaties zijn er mogelijk qua vorm?

Het onderzoek zal zich verder vooral richten op de werkwijzebepalende fase en niet zo zeer op de vormgevende fase. Dit betekent dat de nadruk zal liggen op het genereren, beargumenteren en beoordelen van concepten en dat de uitwerking van het definitieve concept summier zal zijn. Daarnaast zal de student zich beperken tot de vervanging van de kraangiek, overige onderdelen zullen alleen benoemd of geheel weggelaten worden.

2. Producten

De volgende zaken zullen aan het einde van de afstudeerstage door de afstudeerder opgeleverd worden.

- Een onderzoek naar de verschillende typen constructies voor de giek van het kraanschip
- Een analyse van het krachten spel in de giek
- Een concept voor een nieuwe giek voor het kraanschip
- Enkele tussenrapportages, waarschijnlijk in de vorm van een conceptrapport en technisch product dossier
- Een eindrapportage van het geheel
- Een reflectieverslag waarin de afstudeerstage geëvalueerd wordt

In juni / juli 2013 zal de scriptieverdediging van de eindrapportage plaatsvinden op de Haagse Hogeschool vestiging Delft.

3. Doelstelling

In dit hoofdstuk zullen de doelstelling vanuit de opleiding en de student kort worden besproken.

3.1. Doelen vanuit de opleiding

Het voornaamste doel vanuit de opleiding is om de student tijdens zijn afstudeerstage aan de hand van twee taakrollen te laten aantonen dat hij zich de opleidingscompetenties eigen heeft gemaakt. Om de ontwikkeling hiervan te kunnen meten is er een zogenaamde competentieset opgesteld, die te vinden is in *Bijlage X*. Deze competentieset is de zogenaamde nulmeting en bevat de actuele situatie. Door aan het eind van de stage een tweede meting te verrichten, kan men de voortgang afleiden.

overzicht competentieniveaus				
		taakrol		
		geleid	zelfstandig	sturend
context	simpel	1	2	3
	lastig	2	3	4
	complex	3	4	5

Tabel B7.1: Toelichting van de competentieset.

De competentieset bevat negen specifieke (op werktuigbouwkunde gerichte) en zes algemene HBO-competenties waaraan per relevante taakrol een score op de schaal van 1 t/m 5 moet worden toegekend (zie ook *Tabel 7.1*). De taakrollen zijn de ontwerper, onderzoeker, adviseur, beheerder, projectleider en ondernemer.

3.2. Persoonlijke leerdoelen

Hieronder volgen de ontwikkelingen die de afstudeerder zelf graag wil ontplooiën.

- Rekenvaardigheden met de eindige elementenmethode
- Uitwerken van verschillende concepten
- Beargumenteren van ontwerpkeuzes volgens het methodisch ontwerpen
- Werken in een bedrijfssfeer

Aan het eind van de stageperiode zullen de persoonlijke ervaringen worden opgenomen in een reflectieverslag. Ook zal er een tweede meting verricht worden met de competentieset.

4. Kwaliteitsbewaking

De student wordt gedurende zijn afstudeerperiode ondersteund door verschillende begeleiders, die hem helpen met het bewaken van de kwaliteit. De begeleiding komt zowel vanuit het afstudeerbedrijf als van de opleiding werktuigbouwkunde. Een overzicht van de begeleiders en andere betrokkenen en hun contactgegevens is te vinden in *Bijlage VI*.

Als eerste wordt de opdracht getoetst aan de eisen van de opleiding door de afstudeercoördinator. Hij beoordeelt tevens of de opdracht op HBO-niveau is en controleert of de student wel toestemming van de toetscommissie om te mogen starten.

De bedrijfsbegeleider vormt het aanspreekpunt op de werkplek, met hem is wekelijks een overleg ingepland om de vordering en eventuele hindernissen te bespreken. Tussenrapporten worden ter controle aan hem voorgelegd. De afstudeerder werkt aan zijn opdracht tussen andere engineers, variërend van Senior Engineer tot Project Engineer, bij wie de student altijd terecht kan met vragen.

Ook de opleiding biedt begeleiding aan de afstudeerder in de vorm van een coach en een assessor. De coach is het aanspreekpunt vanuit de opleiding voor de student en zal in ieder geval een maal een bedrijfsbezoek afleggen om het plan van aanpak en de voortgang te bespreken. Daarna zullen nog enige afspraken volgen. Door het aanleveren van tussenrapportages houdt de student zijn coach op de hoogte van de vorderingen van het afstuderen. Aan het einde van de afstudeerstage zal de rol van begeleider veranderen in die van beoordelaar. De assessor heeft voornamelijk de rol van tweede beoordelaar tijdens het assessment, daarnaast zal er ook nog een externe deskundige plaatsnemen om de onafhankelijkheid te waarborgen.

Bijlage VIII: Projectorganisatie

In dit hoofdstuk volgt een overzicht van alle betrokkenen en hun contactgegevens.

1. Afstudeerder

Naam: N.J. (Niels) Koorn
Studentnummer: 09078460
Afdeling: Engineering
Kamernummer: 2.05
E-mail school: n.j.koorn@student.hhs.nl
E-mail werk: nkoorn@shl.nl
E-mail privé: njkoorn@hotmail.com
Tel.: 079 – 363 79 14
Mob.: 06 – 30 54 42 58

2. Afstudeercoach

Naam: ing. A.J. (Andries) Boogert
Functie: gastdocent
E-mail: a.j.boogert@hhs.nl
Tel.: 015 – 260 62 51

3. Assessor

Naam: ir. E.F. (Fatih) Erdurcan
Functie: docent in mechanica, sterkteleer
Kamernummer: D1.069
E-mail: e.f.erdurcan@hhs.nl
Tel.: 015 – 206 62 54

4. Bedrijfscoach

Naam: ir. J.P. (Jan-Peter) Bredeveld
Functie: Engineering Director
Kamernummer: 2.11
E-mail: jbreedeveld@shl.nl
Tel.: 079 – 363 77 06

Naam: ir. K.W. (Ka Wing) Yuen
Functie: Department Engineer Mechanical
Kamernummer: 1.05
E-mail: kwyuen@shl.nl
Tel.: 079 – 363 78 08

5. Afstudeerbedrijf

Seaway Heavy Lifting
Albert Einsteinlaan 50
2719 ER Zoetermeer
Website: www.seawayheavylifting.com.cy
Tel.: 079 – 363 77 00
Fax: 079 – 363 77 99

6. School

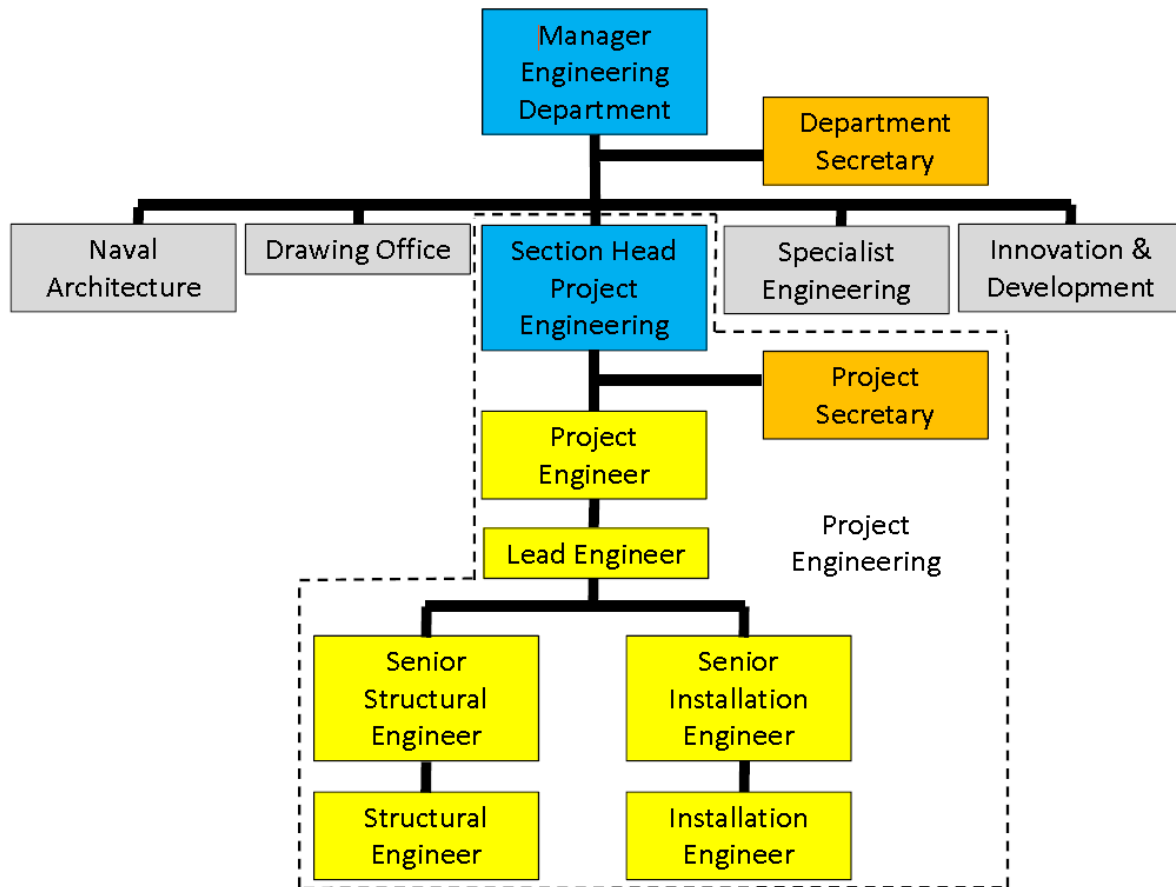
Haagse Hogeschool, locatie Delft
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft
Website: www.dehaagsehogeschool.nl
Tel.: 015 - 260 62 00
Fax.: 015 - 260 62 01

7. Afstudeercoördinatie

Naam: ir. C. (Coen) van Hulst
Functie: afstudeercoördinator
Kamernummer: D1.071
E-mail: c.vanhulst@hhs.nl
Tel.: 015 - 260 62 50

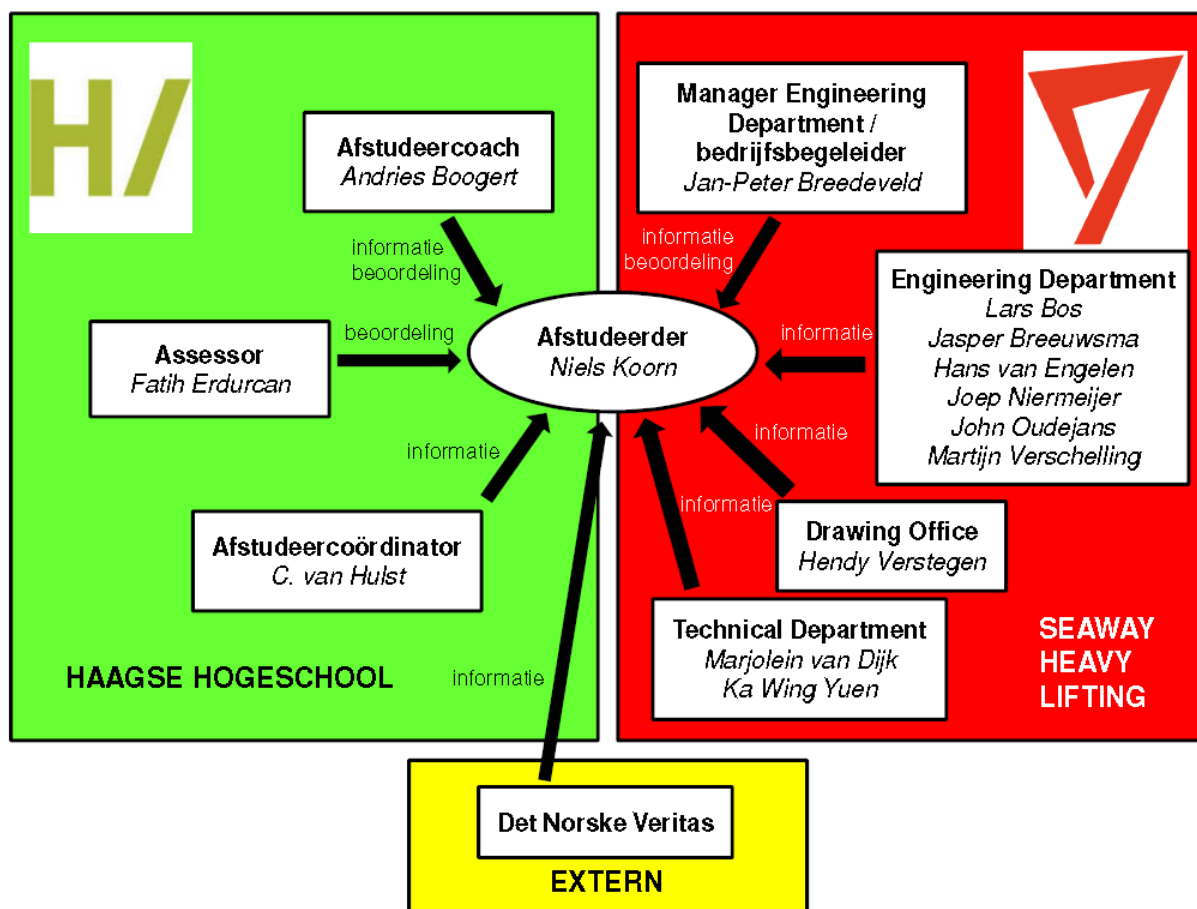
Naam: ir. A. (Bram) van der Vlugt
Functie: assistent afstudeercoördinator
Kamernummer: D1.069
E-mail: a.vandervlugt@hhs.nl
Tel.: 015 - 260 62 58

8. Organogram van het Engineering Department



Figuur B8.1: Organogram van het Engineering Department.

9. Relaties rondom het afstuderen



Figuur B8.2: De relaties rondom de afstudeerder.

Bijlage IX: Planning

1. Belangrijke data

Datum	Activiteit
7 februari 2013	Inleveren plan van aanpak
11 februari 2013	Aanvang afstudeerstage
28 februari 2013	Bezoek afstudeercoach op SHL
1 april t/m 28 april 2013	Tweede bezoek afstudeercoach
7 juni 2013 (uiterlijk 12.00 uur)	Inleveren scriptie
17 juni t/m 5 juli 2013	Examenzitting
17 juli 2013	Diploma-uitreiking

2. Planning afstuderen

Onderdeel	Beoogde tijd	Benodigde literatuur	Benodigde software
<i>Toetsen van de concepten</i>	10 weken		
Sterkte	4 weken		
Belastingen	2 week	Statica	
Analyse van het systeem	7 dagen	Statica	Excel
Nulmodel van box	3 dagen	Sterkteleer, Statica	SACS
Materialen	1 week		
Vloeijspanning	2 dagen	Sterkteleer, Statica, Materiaalkunde	
Vermoeiing	3 dagen	Sterkteleer, Statica	
Vorm	1 weken		
Knik	2 dagen	Sterkteleer	
Berekening vakwerk met EEM-pakket	3 dagen	Eindige elementen methode	SACS / FEMAP
Stijfheid	1 week		
Materialen	2 dagen	Materiaalkunde voor ontwerpers & constructeurs	
Lengtebepaling	3 dagen	Sterkteleer	
Stabiliteit	1 week		
?	1 week	Werktuigbouwkundige systemen	
Onderhoud	2 weken		
Vormen van onderhoud	1 week		
Toegankelijkheid	1 week		
Productie	2 weken		
Lasverbindingen	1 week	Roloff / Matek	
Omvormtechnieken	1 week	Industriële productie	

Onderdeel	Beoogde tijd
<i>Conclusies, aanbevelingen en uitloop</i>	4 weken
Conclusies	2 weken
Keuze van het concept	7 dagen
Overige conclusies	1 dagen
Aanbevelingen	2 dagen
Uitloop	2 weken
Controle verslag	1 week
Bijstellen verslag	1 week
Inleveren verslag	1 dag

Bijlage X: Persoonlijke reflectie

Ik heb deze afstudeerstage bij Seaway Heavy Lifting als zeer leerzaam ervaren. De werksfeer is erg goed. Het Engineering Department is de afgelopen jaren behoorlijk gegroeid, waardoor de engineers nu op de tweede en vierde verdieping verspreid zitten. Tegenover mij zat nog een afstudeerder van werktuigbouw, wat ik wel als prettig ervaarde. De bedrijfsmentor, Jan-Peter Breedeveld, zit schuin tegenover ons en was daardoor snel te bereiken, ook al had hij het doorgaans wel erg druk.

1. Werkplek

De werkplek en de voorzieningen zijn goed. Ik had een groot bureau, een moderne pc, een telefoon en diverse kantoorartikelen tot mijn beschikking. De beveiling op het netwerk is wel vrij strict, waardoor het soms lastig is om documenten te delen met thuis of via een laptop te werken. Met enige creativiteit was dit wel op te lossen. Ook is het kantoor goed te bereiken per fiets, auto en openbaar vervoer.

2. Eerste weken

De eerste weken heb ik me vooral bezig gehouden met verzamelen van zoveel mogelijk informatie. Ik merkte dat er veel kennis in huis is bij SHL en ik heb veel verschillende medewerkers gesproken, maar dat het wel eens lastig is dit allemaal te ordenen tot nuttige informatie, omdat ik verschillende richtingen opgestuurd werd. Jan-Peter benadrukte een scherpe afbakening van de opdracht aangezien de 17 weken snel voorbij zijn, dat vond ik soms lastig, omdat er in zeker in de eerste weken nog niet erg duidelijk is hoeveel tijd de verschillende activiteiten gaan kosten. Ik heb uiteindelijk de activiteiten in een planning uiteengezet en deze besproken met Jan-Peter. De grote mate van vrijheid heb ik wel als prettig ervaren.

3. Maart

In de vierde week ben ik begonnen met het berekenen van de statische belasting in en op de kraangiek. Daar zaten meer haken en ogen aan dan ik in eerste instantie dacht. Elke week legde ik mijn vorderingen voor aan Jan-Peter ter controle. Naast de benoeming van zaken die nog verder uitgewerkt kunnen worden, leer ik hier ook het verschil tussen het bedrijfsleven en de school. Zo merkte ik dat Jan-Peter niet alles wat ik als vanzelfsprekend ervoer, kon volgen. Ik heb dit meegenomen in mijn rapport, aangezien dit geïoriënteerd is op een ingenieur uit het bedrijfsleven als op een docent van werktuigbouw. Na de eerste bespreking heb ik het *Technical Department* gevraagd om meer informatie op te sturen. Hiermee ben ik verder gegaan in de vijfde week.

4. April

Na het doen van handberekening ben ik begonnen met het bouwen van modellen in het EEM-programma SACS. Hoewel het programma redelijk overeenkomt met het op de HHS gebruikte Femap, waren er ook verschillen, waar ik aan moest wennen. Er was dan ook wel hulp van enkele collega's nodig om met het programma overweg te kunnen. Het viel me op dat er een groot verschil zit in frequentie van gebruik van het programma, de ene ingenieur gebruikt het bijna dagelijks, de ander nooit. Het was

dus nodig om te zoeken naar een collega die het programma veel gebruikt en veel kennis erover heeft.

5. Directe werkomgeving

De directe omgeving was afgeschermd door drie muren, de vierde wand was open. Dit heb ik als prettig ervaren, het was een rustige plek, maar ook weer niet te veel geïsoleerd van de omgeving zoals een compleet afgesloten kamer. De sfeer was goed en informeel. Naast Nederlandse ingenieurs zaten er ook een Aziatische en een Latijns-Amerikaanse man op de afdeling. Het viel me op dat ze vrij geïsoleerd van de rest werkten, ondanks het feit dat iedereen bij SHL redelijk goed Engels spreekt. Eind maart kwamen er nieuwe ingenieurs en ook een nieuwe afstudeerder op de afdeling.

6. Competentieset

In *Tabel B10.1* is de competentieset weergegeven. Er is gekozen om alleen de taakrollen onderzoeker en ontwerper te hanteren, aangezien deze het meest op mij van toepassing zijn.

Competentieset werktuigbouw & hbo algemeen		Onderzoeker		Ontwerper	
Nr.	Competenties werktuigbouwkunde	1e meting	2e meting	1e meting	2e meting
1	Projectmanagement uitvoeren	3	3	3	3
2	Een onderzoeksopdracht uitvoeren	3	4		
3	Het kunnen opstellen van productdefinitie, pva en pve voor een duurzaam product of proces	4	4	4	4
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces			3	3
5	Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces			3	3
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces			3	3
7	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces				
8	Het produceren van een duurzaam product				
9	Het beheren of onderhouden van een product of proces				
Nr. Algemene hbo competenties					
10	Kritisch handelen	4	4	3	3
11	Systematisch een probleem aanpakken	4	4	3	3
12	Samenwerken	4	4	4	4
13	Persoonlijke en professionele ontwikkeling	4	4	4	4
14	Zelfverantwoordelijk werken	3	4	3	3
15	Kunnen functioneren in een internationale en/of multiculturele context				

Tabel B10.1: Competentieset.

7. Slot

Al met al heb ik de afgelopen maanden als een leuke en leerzame tijd ervaren. Ik ben in staat gebleken om een gedegen onderzoek te doen, keuzes te maken, concepten uit te werken en door te rekenen en rapportage op te stellen.