



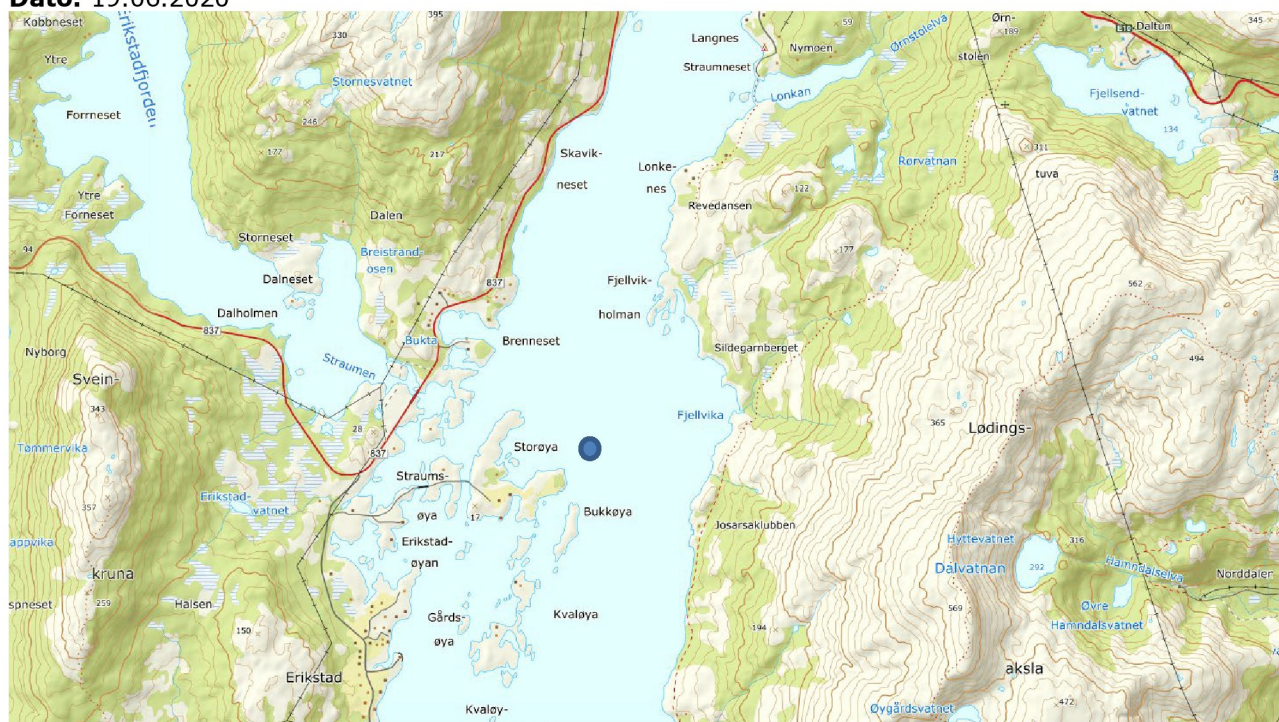
FLÅTE STORØYA NØ, 11298

Fortøyningsanalyse

Mortenlaks AS

Rapport nr.: FA-11298-Storøya NØ-2020.06-F001-1, Rev. 1

Dato: 19.06.2020



Prosjekt navn:	Flåte Storøya NØ, 11298	DNV GL BUSINESS ASSURANCE
Rapport tittel:	Fortøyningsanalyse	NORWAY AS
Kunde:	Mortenlaks AS, Erikstad, 8410 LØDINGEN	Technical Aqua Services P.O.Box 7400 5020 Bergen Norge
Kunde kontakt:	Jostein Naustvik	Tel: +47 55 94 36 00
Utstedelses dato:	19.06.2020	NO 959 627 606 MVA
Pålitelighetsklasse:	2	
Avdeling:	Technical Aqua Services	
Rapport nr.:	FA-11298-Storøya NØ-2020.06-F001-1, Rev. 1	

Avtale: 16.03.2020

Formål: Beregne lastene i fortøyningsarrangementet, slik at nødvendige kapasiteter til fortøyningskomponenter kan bestemmes med nødvendig sikkerhet mot havari iht. NS 9415:2009

Utført av:



Ping Fu
Aquaculture Analyst

Kontrollert:



Odd-Børre Eidnes
Technical inspector

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

Copyright © DNV GL 20198. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- ☐ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL Group
☒ Unrestricted distribution within DNV GL contracting party
☐ No distribution (confidential)

Nøkkelord:

Fortøyningsanalyse
Flåte

Samsvar

Rev. Nr.	Dato	Utgivelse	Utført av	Kontrollert
1	19.06.2020	Fortøyningsanalyse flåte-samsvar	Ping Fu	Odd-Børre Eidnes

SAFER, SMARTER, GREENER

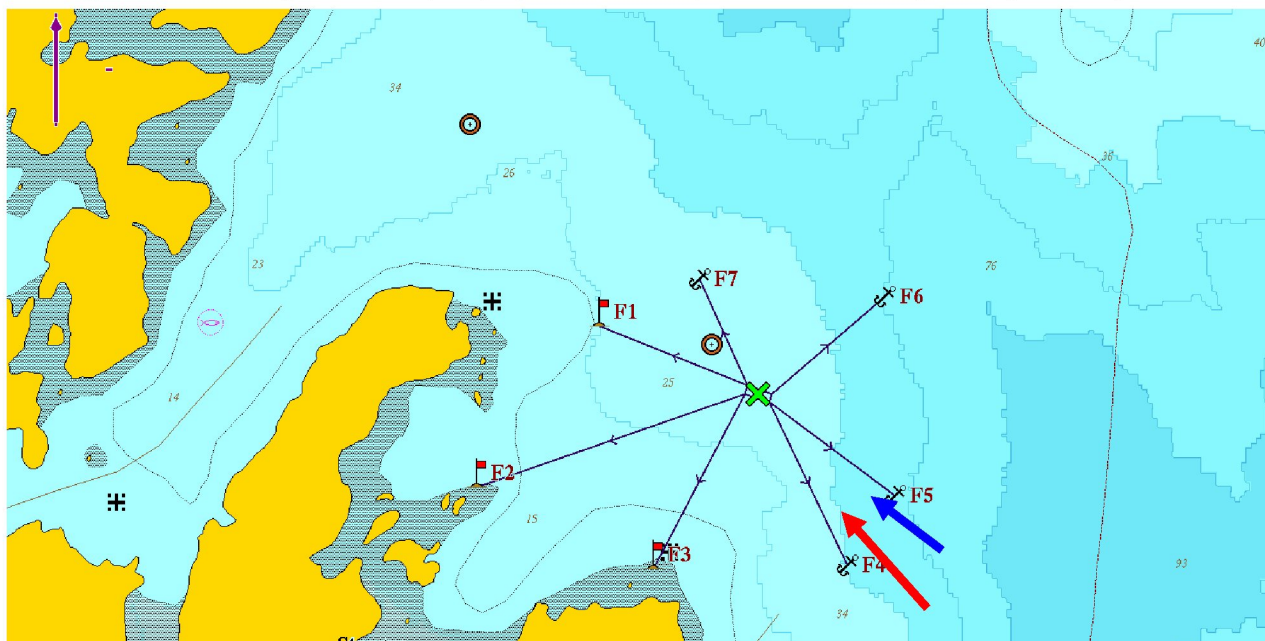
AKKREDITERT ENHET: DNV GL Business Assurance Norway AS, P.O. Box 7400, 5020 Bergen, Norway.
Tel: +47 55 94 36 00, informasjon@dnvgl.com.

Innhold

1	SAMMENDRAG:	3
2	GRUNNLAG I DESIGN OG ANALYSE FOR FORTØYNINGSSYSTEM.	4
2.1	Miljølaster som er benyttet i fortøyningsanalyse	4
2.2	Arrangement og analyse	4
2.3	Beregningsverktøy	4
2.4	Flåte og fortøyningsfester	5
2.5	Ulykkesgrensetilstand	7
2.6	Lastkombinasjoner	8
3	KOMPONENTKRAV TIL FORTØYNINGSUTSTYR	9
3.1	Resultater intakt- og ulykkesgrensetilstand	9
3.2	Kapasitetskontroll flåte	10
3.3	Utmatting	10
3.4	Kommentarer	11
4	AQUASIM MODELLER.....	12
4.1	Intakt system	12
4.2	Ulykkesgrensetilstand	13
5	TIL KUNDE OG LEVERANDØR AV KOMPONENTER.....	16
6	REFERANSER	17
Appendix A	Programvare Aquasim	
Appendix B	Material - metodikk	

1 SAMMENDRAG:

Figur 1.1 Illustrasjon av fortøyningsystem. Piler representerer retning for høyeste miljølaster.



Det er utført en fortøyningsanalyse av en flåte til Mortenlaks AS ved lokaliteten Storøy NØ. Flåten er analysert med totalt 7 stk. fortøyningslinjer. Fortøyningssystemet til flåte er uavhengig av anleggsfortøyningen. Analysen er basert på input som er mottatt fra kunde og resultatene fremkommer i tabell 3.1- 3.2.

Rapporten fra denne fortøyningsanalysen samsvarer med utlagt fortøyningsystem.

Kapasitetsvurdering på tau, kjetting, sjakler og bunnfester er utført for konstruksjonsdeler benyttet i utlagt fortøyningsystem. Flåter beskrevet i denne rapporten har tilstrekkelig kapasitet.

Tabell 1.1 Sammendrag høyeste laster og utnyttelse

Høyeste laster intakt tilstand	[tonn]
Fortøyningsline F4	17.9
Høyeste laster ulykkesgrensetilstand	[tonn]
Fortøyningsline F7	20.9
Høyest utnyttelse	[%]
Fortøyningsline F4	69
Forskyvning	[m]
Fortøyningsline F4	Ca. 13m forskyvning mot anlegg

Det er analysert med brudd i flere komponenter. Risiko ved brudd er vurdert i [tabell 2.7](#).

Utmattingsberegning dokumenterer at levetiden til kjetting, benyttet i analysen, er iht. kravene i NS 9415:2009 (se [kapittel 3.3](#)).

2 GRUNNLAG I DESIGN OG ANALYSE FOR FORTØYNINGSSYSTEM.

2.1 Miljølaster som er benyttet i fortøyningsanalyse

Det foreligger en akkreditert lokalitetsrapport som er utført av Akvaplan Niva AS. Miljølastene er i henhold til kravene i NS 9415:2009. De høyeste miljølastene (verdier og retninger) som påvirker fortøyningssystemet er vist i [figur 1.1](#) og oppgitt i tabell [2.8](#).

Vindhastighetsverdien er satt lik 10 min middel ved 10 moh, som representativ verdi for kastvinden ved 1 moh. Valgte lastdata og retninger er vurdert å være dekkende for de dimensjonerende lasttilfellene.

2.2 Arrangement og analyse

Fortøyningsarrangementet er designet av kunde. Linearrangement er vist i [figur 1.1](#) og [figur 2.1](#). Fortøyningssystemet er analysert både i intakt- og ulykkesgrensetilstand og er utført i henhold til kravene i NS 9415:2009.

Rapport fra denne fortøyningsanalysen samsvarer med utlagt fortøyningssystem. Gyldigheten av akkreditert fortøyningsanalyse forutsetter at alle forbehold blir fulgt. DNV GL har fått tilbakemelding fra kunde om faktisk utlagte fortøyninger (NYTEK §19). Fortøyningsrapport/dokumentasjon og fortøyningsinspeksjonsrapport/dokumentasjon foreligger for utlagt fortøyningssystem.

2.3 Beregningsverktøy

Analysen er gjort med beregningsprogrammet AquaSim. Se [Appendix A](#) for programbeskrivelse.

2.4 Flåte og fortøyningsfester

Tabell 2.1 Posisjon til midtpunkt flåte

Posisjon Nord	Posisjon Øst
68°25.788	15°51.468

Tabell 2.2 Posisjoner for utlagte bunnfester

Line nr.	Posisjon Nord	Posisjon Øst
F1	68°25.664	15°51.685
F2	68°25.565	15°51.480
F3	68°25.515	15°51.776
F4	68°25.517	15°52.100
F5	68°25.560	15°52.180
F6	68°25.682	15°52.160
F7	68°25.693	15°51.853

Tabell 2.3 Flåter som er benyttet i analysen

Flåte	Orientering [°]	Lengde [m]	Bredde [m]	Høyde [m]	Høyde overbygg (gjennomsnitt i analysen) [m]	Totalt antall innfestninger flåte [stk]
OCEA 400	108	30	10	3.5	4.2	7

Tabell 2.4 Flåtedata som er benyttet i analysen.

OCEA	Vekt [t]	Fribord [m]	Dypgang [m]	VCG [m]
Lettskip	249.1	2.710	0.79	3.22
Lastet flåte	708.3	1.210	2.290	3.64

Tabell 2.5 Fortøyningslinjer som er benyttet i analysen.

Line	Bunnfest	Dybde bunnfeste [m]	Bunnkjetting		Tau		Toppkjetting		Retning liner [mot °]	Line stigning [°]
			Lengde [m]	Dim [mm]	Lengde [m]	Dim [mm]	Lengde [m]	Dim [mm]		
F1	Anker	27	27.5	36	130	64	25.0	36	291	8
F2	Bolt	2	27.5	36	271	64	25.0	36	250	0
F3	Bolt	2	27.5	36	173	64	25.0	40	207	0
F4	Anker	45	55.0	36	131	64	25.0	40	154	12
F5	Anker	69	55.0	36	111	64	25.0	40	126	21
F6	Anker	75	55.0	36	104	64	25.0	40	49	24
F7	Anker	32	27.5	36	84	64	25.0	40	335	13

Tabell 2.6 Materialdata som er brukt i analysen

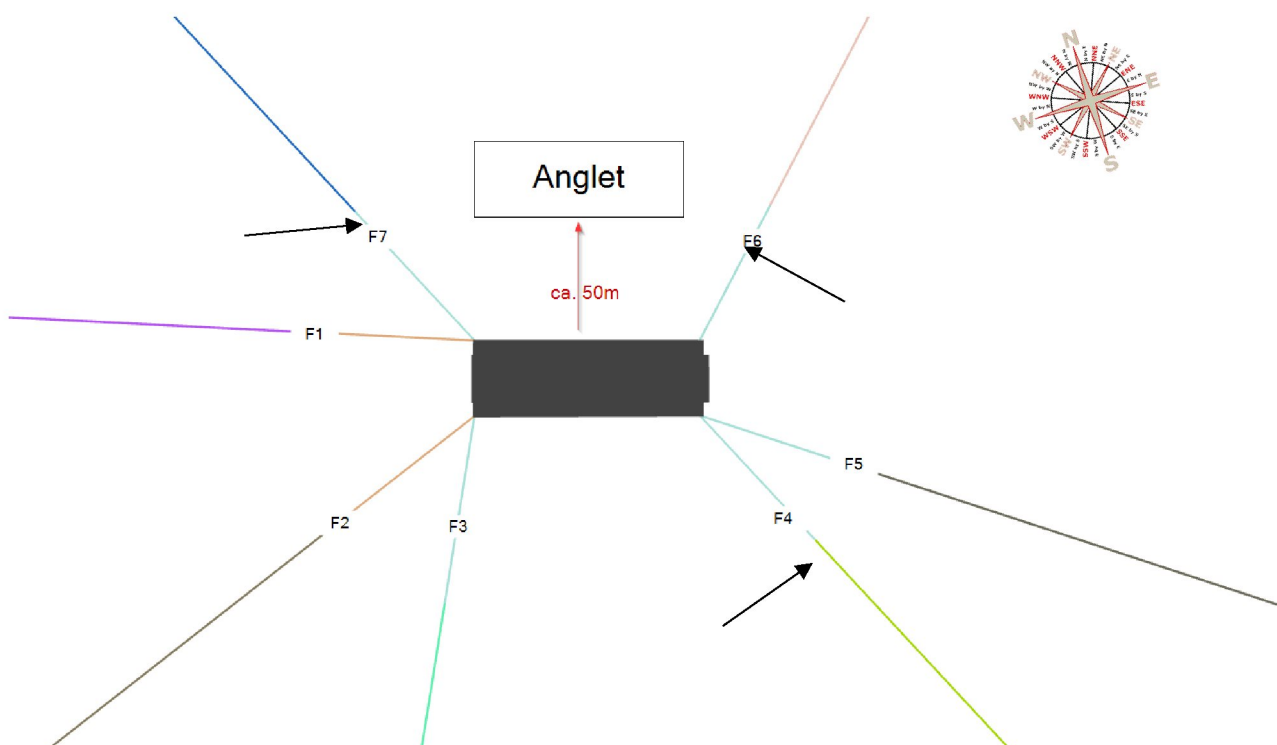
Type	Diamete [mm]	MBL [t]	E-modul ¹⁾ [N/m ²]	Tverrnittsareal [m ²]	Vekt ²⁾ [kg/m]	Benyttet
Tau 3-sl.	64	77.6	2.0 E9	3.22E-3	1.86	Fortøyningsline F1 – F7
Kjetting	36	68.6	1.1 E11	2.03E-3	15.8	Bunnkjetting til fortøyningsline F1 – F7 Toppkjetting til fortøyningsline F1 og F2
Kjetting	40	84.5	1.1 E11	2.51E-3	17.5	Toppkjetting til fortøyningsline F3-F7
Sjakkell	28x28	60	stål	-	-	Fortøyningsline F1 – F7
Kause	82	84.7	stål	-	-	Fortøyningsline F1 – F7
T-bolt	Ø38x500	60	stål	-	-	Bunnfester i fortøyningsline F3 og F2(Dobbelsikring)
Anker	Oppdrett	110.6	stål	-	1000kg	Bunnfester til Fortøyningsline F1 og F5
Anker	Ploganker	193.5	stål	-	2000kg	Bunnfester til Fortøyningsline F4
Anker	Oppdrett	40*	stål	-	1400kg	Bunnfester til Fortøyningsline F6 * Prøvelast
Anker	Dobbel stokk	168	stål	-	1500kg	Bunnfester til Fortøyningsline F7

¹⁾Iht. DNV GL «Vurdering av stivhet på tau og kjetting».

²⁾Vekt er oppgitt som vekt i luft.

Se tabell 2.5 og figur 2.1 for nummerering

Komponenter som benyttes og skal benyttes fortøyningssystemet må dimensjoneres utifra laster i tabell 3.1 og 3.2, samt tilsvarende tverrnittsareal og e-moduler oppgitt i tabell 2.6.



Figur 2.1 Nummerering av fortøyningslinjer (se også tabell 2.5) og de vurderinger som er gjort av flåte i ulykkesgrensetilstand (svarte piler angir bruddsteder som er vurdert).

2.5 Ulykkesgrensetilstand

Det er gjort vurderinger av ulykkesgrensetilstand i henhold til kap. 6.5.6 (NS 9415:2009). Tabell 2.7 inneholder de vurderingene som er gjort for fortøyningssystemet. Miljølaster for hver analysert ulykkestilstand er oppgitt i [tabell 2.8](#).

Tabell 2.7 Vurdering av ulykkestilstander.

Det skal vurderes og dokumenteres følgende ulykkestilstander:	Line nummer eller bruddsted (se figur 2)	*Risiko ved brudd (liten, middels, høy)	Vurdering
Brudd i line med størst last	Fortøyningsline F4	Liten	Ca. 13m forskyvning mot anglet Dim. last i F5
Brudd i line med høyest utnyttelsesgrad	Som over	Som over	Som over
Brudd i line som er kritisk for forskyvning av flåte	Som over	Som over	Som over
Brudd i koblingspunkt, for eksempel koblingsplate	-	-	-
Brudd i line som er kritisk for posisjonering av flåte	Fortøyningsline F6	Liten	Ca. 14m forskyvning fra anglet
Før opp flere bruddsteder hvis dette er vurdert	Fortøyningsline F7	Liten	Dim. last i F1
Punktering, bortfall eller tap av flytedeler	-	-	-
Progressivt brudd	Vurdert		
Båtanløp	Ikke vurdert i denne analysen. Kriterier for båtanløp må vurderes spesifikt.		
Vannstandsheving	Vurdert		
Nedising	Vurdert		
*Ref. NS9415:2009 tillegg F.			

2.6 Lastkombinasjoner

De gjeldende miljølaster på lokaliteten er analysert fra 8 retninger med kombinasjoner av 10 års bølger/50 års strøm (kombinasjon 1) og 50 års bølger/10 års strøm (kombinasjon 2). Tabell 2.8 angir lasttilfellene for intakt tilstand (kombinasjon 1 og 2), samt utvalgte lasttilfeller for ulykkesgrensetilstand og utmatting.

Tabell 2.8 Flåte er analysert med følgende lastkombinasjoner og med sammenfallende laster som fremgår under:

Tilstand	Miljølaster fra	Hs		Tp	U10	5 meter		15 meter	
		Retning	[m]			[m/s]	[grader]	[m/s]	[grader]
Kombinasjon 1	N	15	0.8	2.5	23	0.5	180	0.27	195
"	NØ	30	0.7	2.4	23	0.33	210	0.11	210
"	Ø	105	0.5	1.8	23	0.18	285	0.31	285
"	SØ	150	1	3.7	26	0.28	315	0.5	315
"	S	165	1.2	4.5	23	0.26	0	0.4	345
"	SV	210	1	4.6	26	0.18	30	0.1	30
"	V	285	0.6	1.8	26	0.34	105	0.12	105
"	NV	330	0.6	2.1	23	0.43	150	0.23	150
Kombinasjon 2	N	15	0.9	2.8	26	0.45	180	0.24	195
"	NØ	30	0.8	2.7	26	0.29	210	0.09	210
"	Ø	105	0.6	2	26	0.16	285	0.27	285
"	SØ	150	1.1	4.1	29	0.25	315	0.45	315
"	S	165	1.4	5	26	0.23	0	0.35	345
"	SV	210	1.1	5.1	29	0.16	30	0.09	30
"	V	285	0.7	2	29	0.31	105	0.11	105
"	NV	330	0.7	2.3	26	0.38	150	0.2	150
Ulykkestilstander og utmatting									
Brudd line F4	S	165	1.4	5	26	0.23	0	0.35	345
Brudd line F6	NØ	30	0.8	2.7	26	0.29	210	0.09	210
Brudd line F7	N	15	0.9	2.8	26	0.45	180	0.24	195
Utmatting 36 mm kjetting	S	165	1.4	5	26	0.23	0	0.35	345

3 KOMPONENTKRAV TIL FORTØYNINGSUTSTYR

3.1 Resultater intakt- og ulykkesgrensetilstand

Tabell 3.1 Laster i intakt- og ulykkesgrensetilstand og dimensjonerende last i fortøyningslinjer.

Line	Last statisk $\lambda_f = \lambda_m = 1$ [t]	Intakt tilstand				Ulykkesgrensetilstand				Utnyttet			Vurdering
		Last line $\lambda_f = 1.15$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 3$ [t]	MBL Kjetting / sjakler $\lambda_m = 2$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1.5$ [t]	Last line $\lambda_f = 1$ [t]	MBL tau $\lambda_m = 2$ [t]	MBL Kjetting / sjakler $\lambda_m = 1.33$ [t]	1.flyt kobl.pkt $\lambda_m = 1$ [t]	Tau [%]	Kjetting [%]	Kobl -pkt [%]	
F1	2.9	8.2	24.5	16.3	12.2	16.2	32.4	21.6	16.2	42	36	-	OK
F2	1.9	7.1	21.2	14.1	10.6	6.0	12.0	8.0	6.0	27	24	-	OK
F3	1.8	11.2	33.5	22.4	16.8	10.3	20.7	13.8	10.3	43	37	-	OK
F4	4.2	17.9	53.8	35.9	26.9	4.4	8.7	5.8	4.4	69	60	-	OK
F5	4.0	11.9	35.7	23.8	17.8	19.7	39.3	26.2	19.7	51	44	-	OK
F6	4.0	16.8	50.3	33.5	25.2	20.6	41.1	27.4	20.6	65	56	-	OK
F7	5.3	17.6	52.7	35.1	26.3	20.9	41.8	27.8	20.9	68	59	-	OK

Rød skrift er dimensjonerende last og krav til MBL for fortøyningskomponentene.

λ_f = lastfaktor

λ_m = materialfaktor

Fortøyningskomponenter benyttet i fortøyningsarrangementet skal ha tilstrekkelig kapasitet jmf. laster i tabell 3.1 (se også [tabell 2.5](#) og [figur 1.1](#) og [2.1](#)) og dimensjonerende brukstid for komponentene skal være definert for hver fortøyningskomponent.

Tabell 3.2 Krav til holdekraft i bunnfester og vertikale laster i fortøyningslinjer. Tabellen inneholder dimensjonerende laster.

Line	Last i linjen [t]	Linestigning [°]	¹ Vertikal last [t]	Holdekraft bunnfeste [t]	MBL bunnfeste [t]	Utnyttet [%]	Vurdering
F1	16.2	8	0.2	16.2	32.4	29	OK
F2	7.1	0	0.0	7.1	21.2	35	OK
F3	11.2	0	0.0	11.2	33.5	56	OK
F4	17.9	12	1.9	17.9	53.8	28	OK
F5	19.7	21	2.4	19.7	39.3	36	OK
F6	16.8	24	4.4	16.8	50.3	42*	OK
F7	17.6	13	2.7	17.6	52.7	31	OK

Tabellen inneholder dimensjonerende laster.

¹Vertikale laster er oppgitt uten lastfaktor (dvs. 1.0).

Ulykkestilstand

*Basert på testload

3.2 Kapasitetskontroll flåte

Det er gjort en kapasitetskontroll mellom laster i innfestninger mot kapasitet i flåte. Metode er beskrevet i [Appendix B](#).

Tabell 3.3 Kontroll av kapasitet i flåte.

Flåte	Last i innfestning inkl. 1.15 [t]	Last i innfestning uten 1.15 [t]	Min. kapasitet flåte [t]	Vurdering
OCEA 400	17.9	17.6	40	OK

3.3 Utmatting

For å komme frem til laveste levetid på kjetting er utmattingsberegningen utført med de lasttilfellene som gir størst spenningsvidde. Resultater fra utmattingsberegning er gitt i Tabell 3.4 og 3.5. Det er også oppgitt dominerende vindretning med tilhørende årlig frekvens på nærmeste målestasjon. Se Appendix B.4 for en mer detaljert beskrivelse av metodikken.

Tabell 3.4 Levetid på komponentene.

Målestasjon	Offersøy			
Vindretning / frekvens [%]	ØNØ/23.1			
Komponent	Plassering ¹	Levetid	² Bølgeretning	Summert delskade
36 mm kjetting	Bunnkjetting av L7	> 20 år	V	0.24

¹ Se tabell 1.7.

² Bølgeretning for høyeste spenningsvidde

Table 3.5 Levetidsberegning kjetting.

Kjettingdim [mm]		50 års Tz [s]	Linelast [t] [mm]	Spenningsvidde [Mpa] [mm]	Ant. lastcykler i 20 år	Akkumulert skade	Summert delskade
36	Str+Vnd+Blg	12*60*60	15.6	75	2.06E+04	0.007	0.24
	Blg	5.00	9.3	45	1.78E+08	0.232	

Hvis det benyttes kjetting som har kortere levetid enn kravene i NS 9415:2009 må det utarbeides rutiner som ivaretar sikkerheten til fortøyningen mht. ettersyn og utskiftning. Årlig reduseres tykkelsen på kjetting i stål pga. tæring og levetiden er i praksis noe lavere. Hvis ikke kjettingen ettersees årlig, skal tykkelsen antas å minke 0.4 mm hvert år mellom hvert ettersyn (NS 9415:2009). Kjetting med øvrig utstyr må ettersees i henhold til brukerhåndbok. Forøvrig er det benyttet formler og konstanter for stolpeløs kjetting angitt i kap. 11.6 i NS 9415:2009.

Det er ikke utført analyser for utmatting på tau siden laster i liner ikke gir spenninger over 170 MPa. Se figur 4.3 som viser Von Mises spenninger i fortøyningssystemet.

3.4 Kommentarer

Flåten skal fortøyes ca. 50 meter nordøst for anlegg. Det er kjørt analyser i lett- og fullastet tilstand, med regulære bølger og irregulære bølger. Flåter er analysert både i intakt- og ulykkesgrensetilstand i henhold til kravene i NS 9415:2009. Vurderte ulykkesgrensetilstander er oppgitt i tabell 2.7 og 2.8. I ulykkesgrensetilstand vil ikke det oppstå dimensjonerende laster. I ulykkesgrensetilstand vil det oppstå dimensjonerende laster i følgende komponenter/liner:

- Fortøyningsline F1 og F5

Øvrige komponenter i fortøyningssystemet skal dimensjoneres etter laster som fremkommer i intakt tilstand.

Komponenter som er benyttet i analysen er oppgitt i tabell 2.6. Resultater er oppgitt i tabell 3.1 – 3.3. Materialfaktorer for konstruksjonsdeler til fortøying er hentet fra tabell 13 i NS9415, og inngår i [Appendix B](#) i denne rapporten. Tabell 3.1 er inkludert med materialfaktorer.

Høyeste laster og utnyttelser i fortøyningskomponenter for lokaliteteten er oppgitt i tabell nedenfor.

Tabell 3.5 Høyeste laster og utnyttelse i fortøyningsliner.

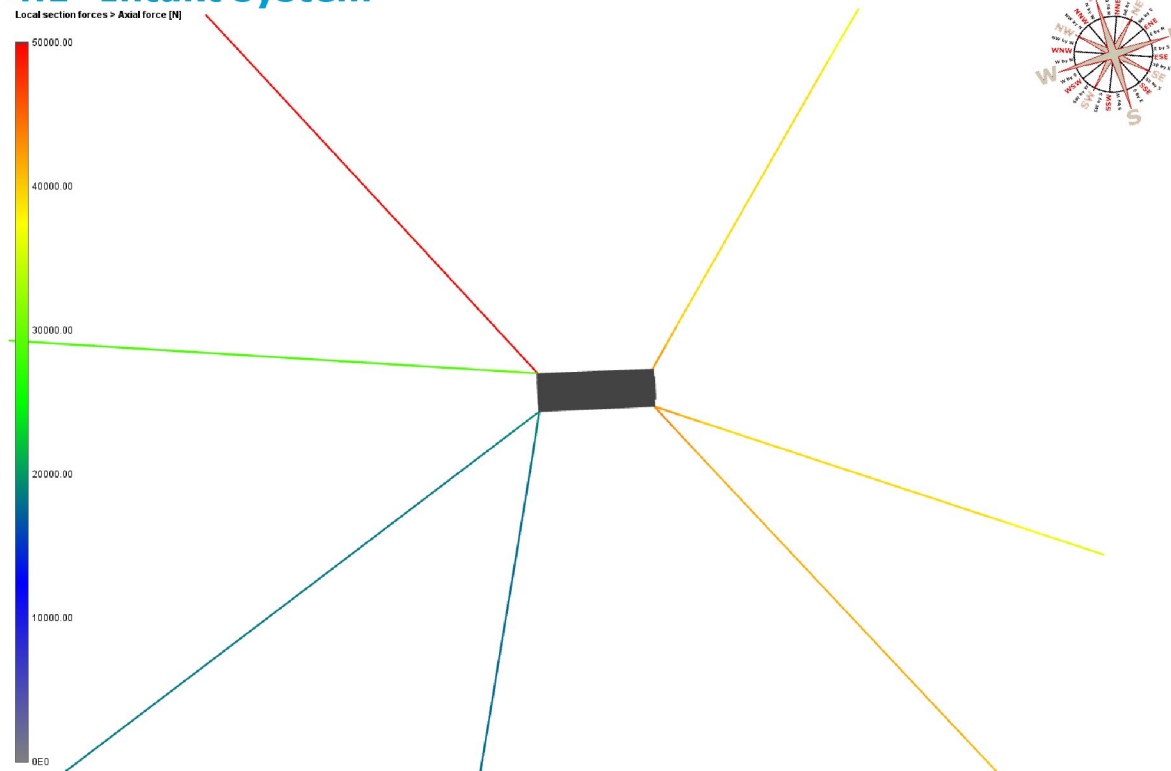
Høyeste laster intakt tilstand	[tonn]
Fortøyningsline F4	17.9
Høyeste laster ulykkesgrensetilstand	[tonn]
Fortøyningsline F7	20.9
Høyest utnyttelse	[%]
Fortøyningsline F4	69
Forskyvning	[m]
Fortøyningsline F4	Ca. 13m forskyvning mot anlegg

Det er analysert med brudd i flere komponenter (se tabell 2.7 for risikovurdering). Det kan oppstå forskyvning av flåten på ca. 13m forskyvning mot anlegget.

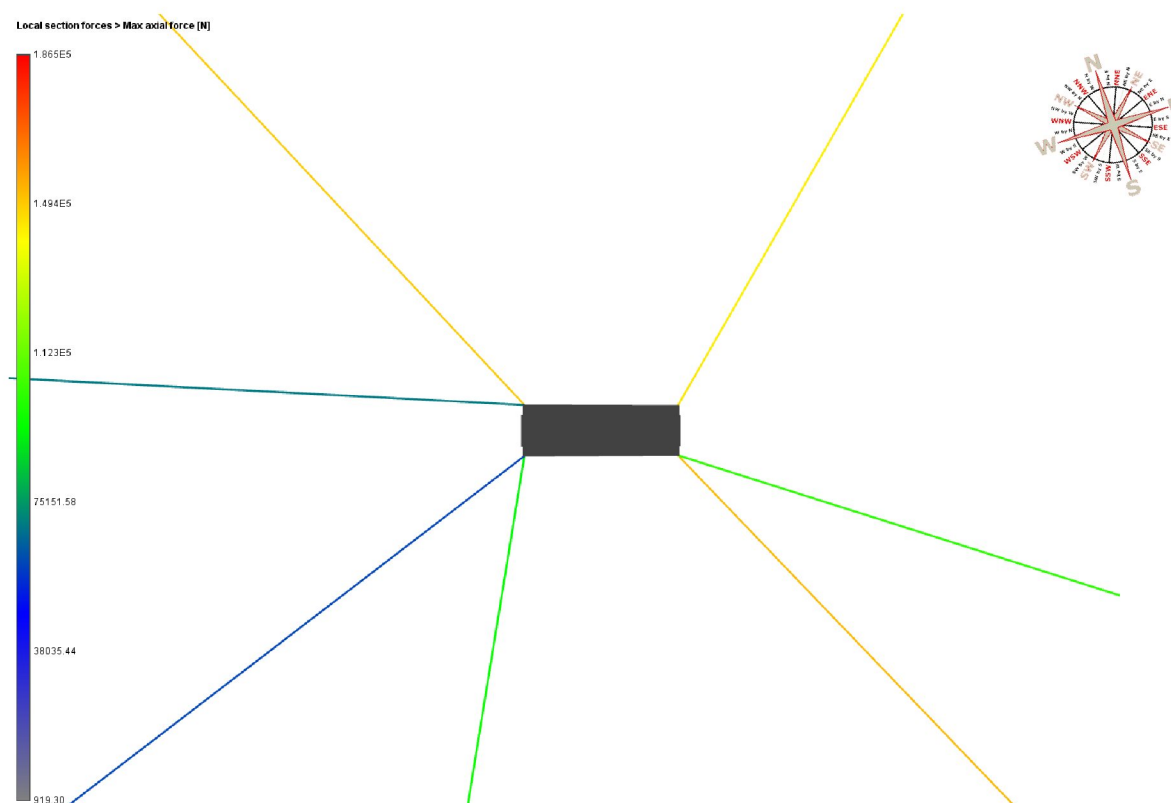
Flåter og fortøyningssystem er dimensjonert etter de laster som fremkommer i tabell 3.1 - 3.3.

4 AQUASIM MODELLER

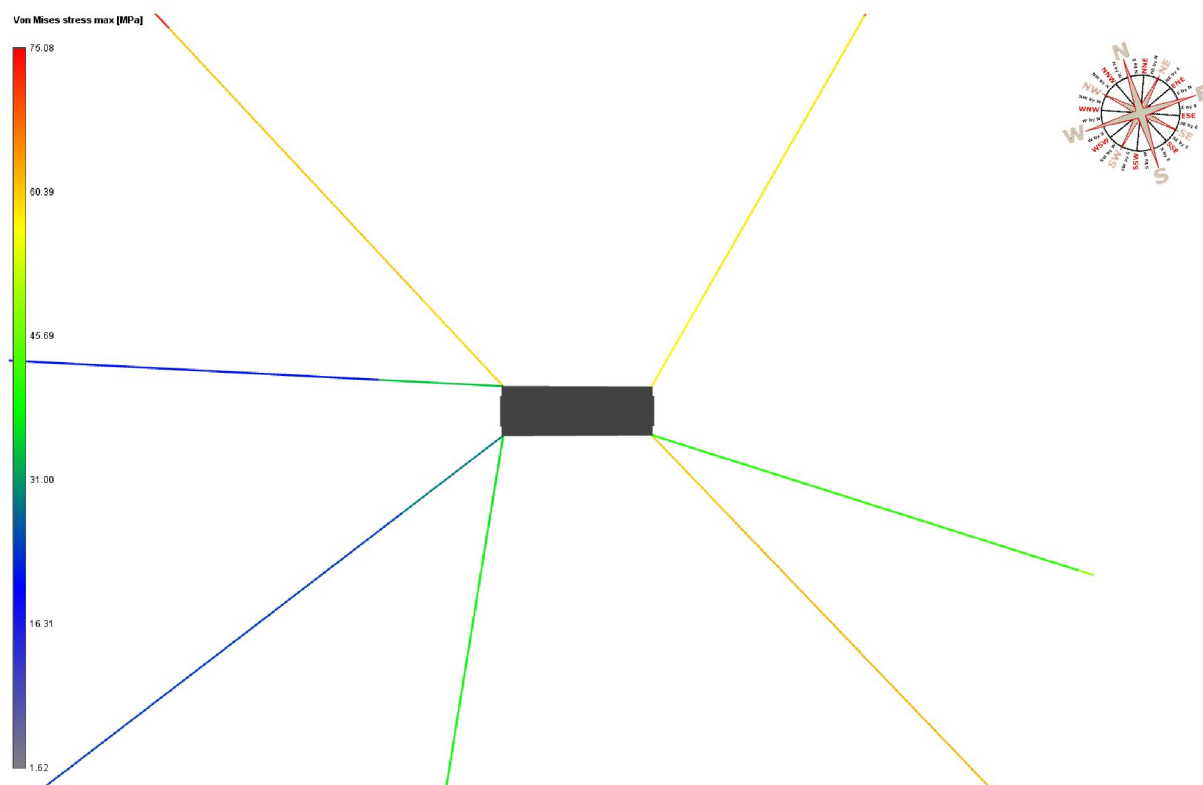
4.1 Intakt system



Figur 4.1. Statisk modell

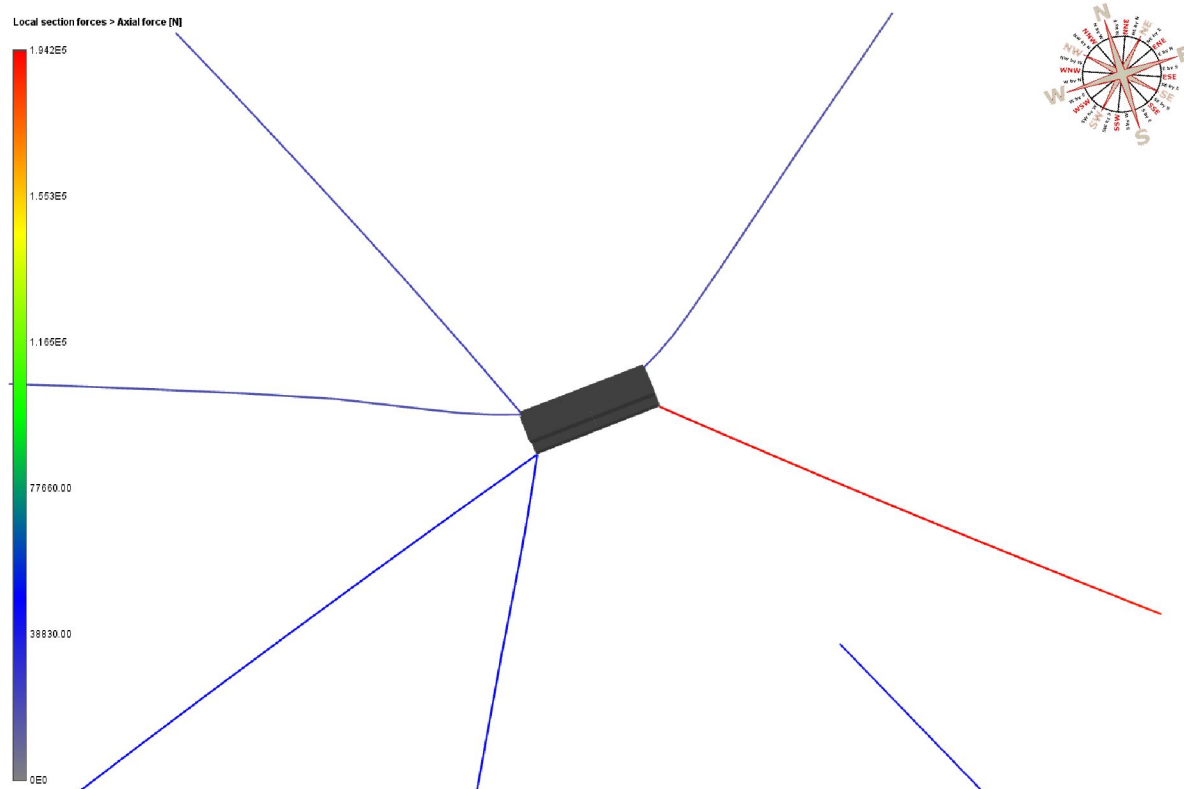


Figur 4.2. Intakt linesystem med maksimale laster (alle miljøkombinasjon)

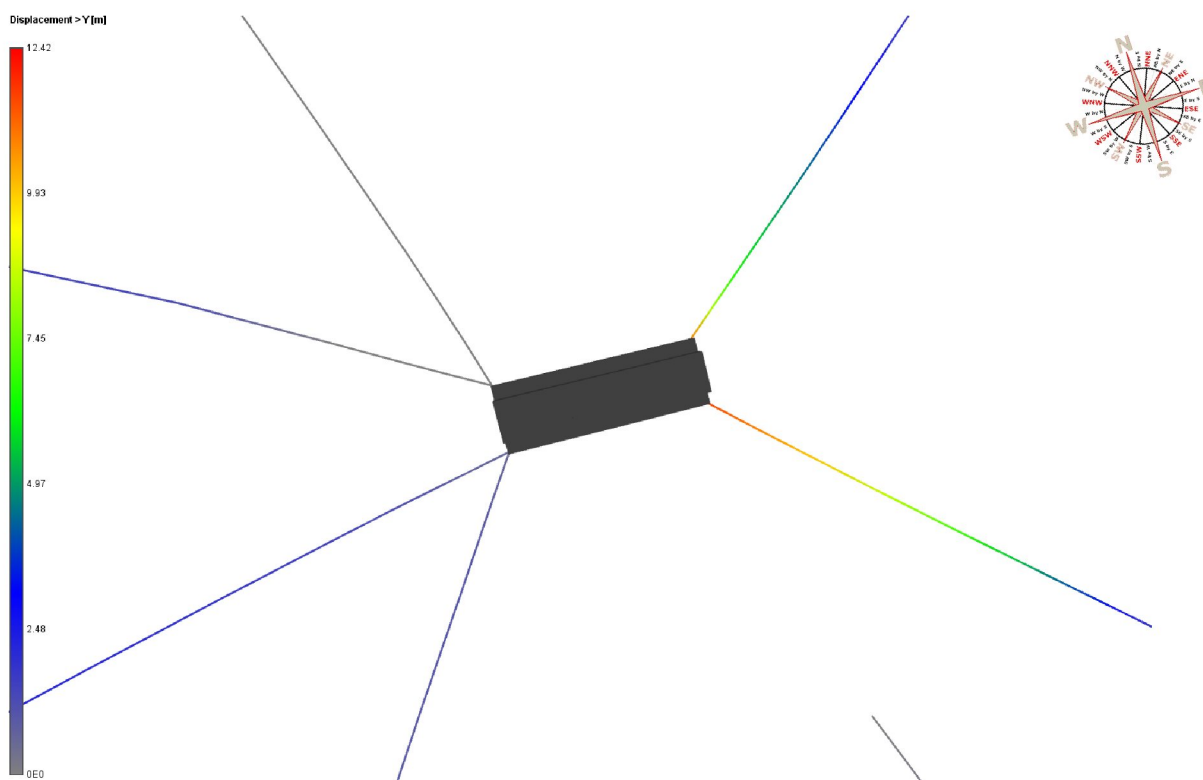


Figur 4.3. Von-mises spenninger, Intakt linesystem med maksimale laster (alle miljøkombinasjon)

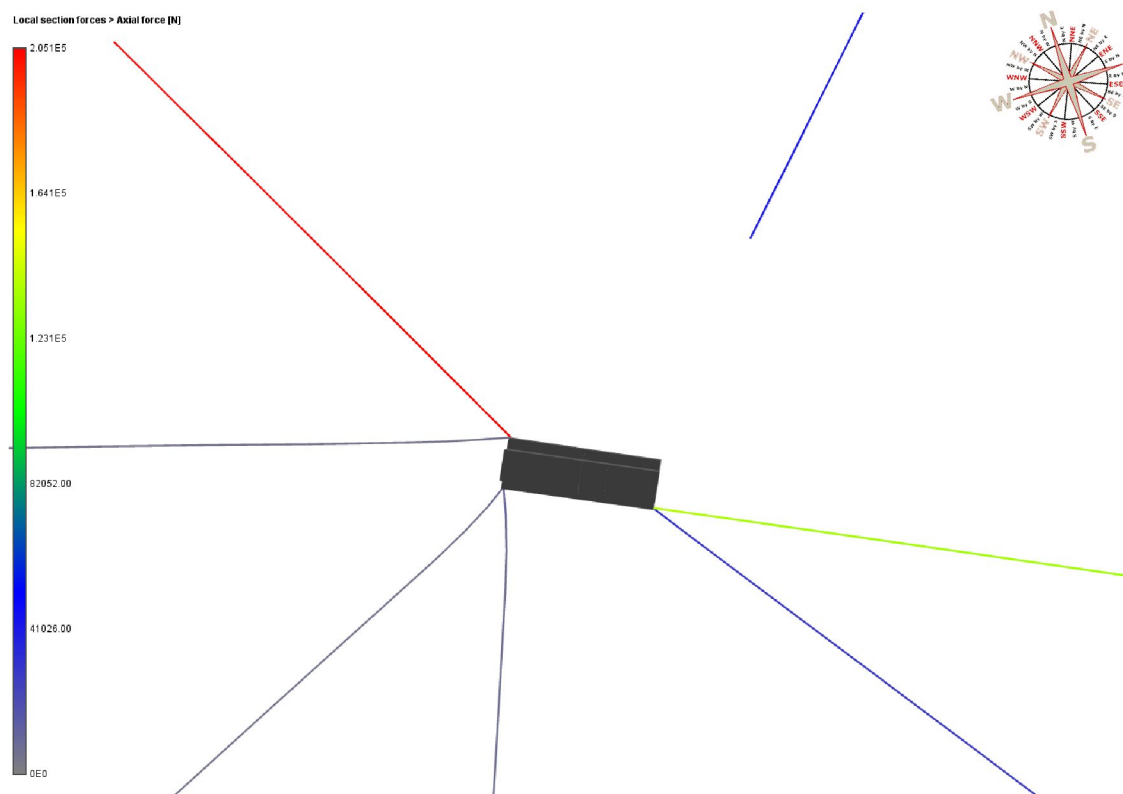
4.2 Ulykkesgrensetilstand



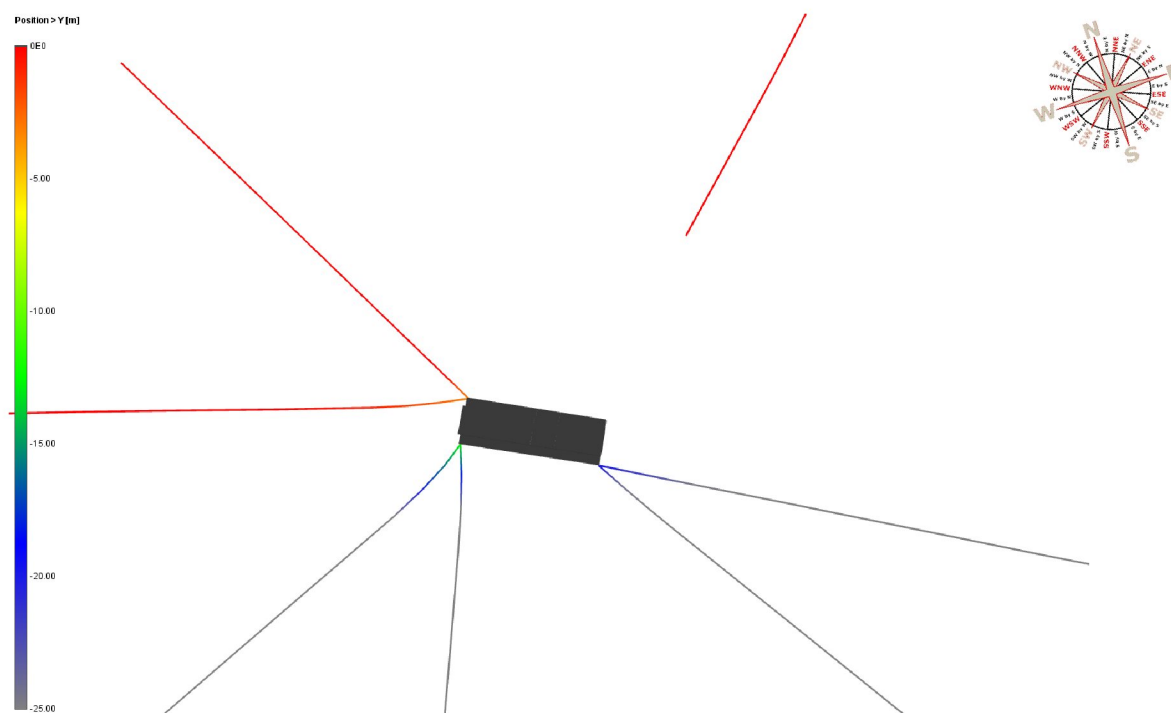
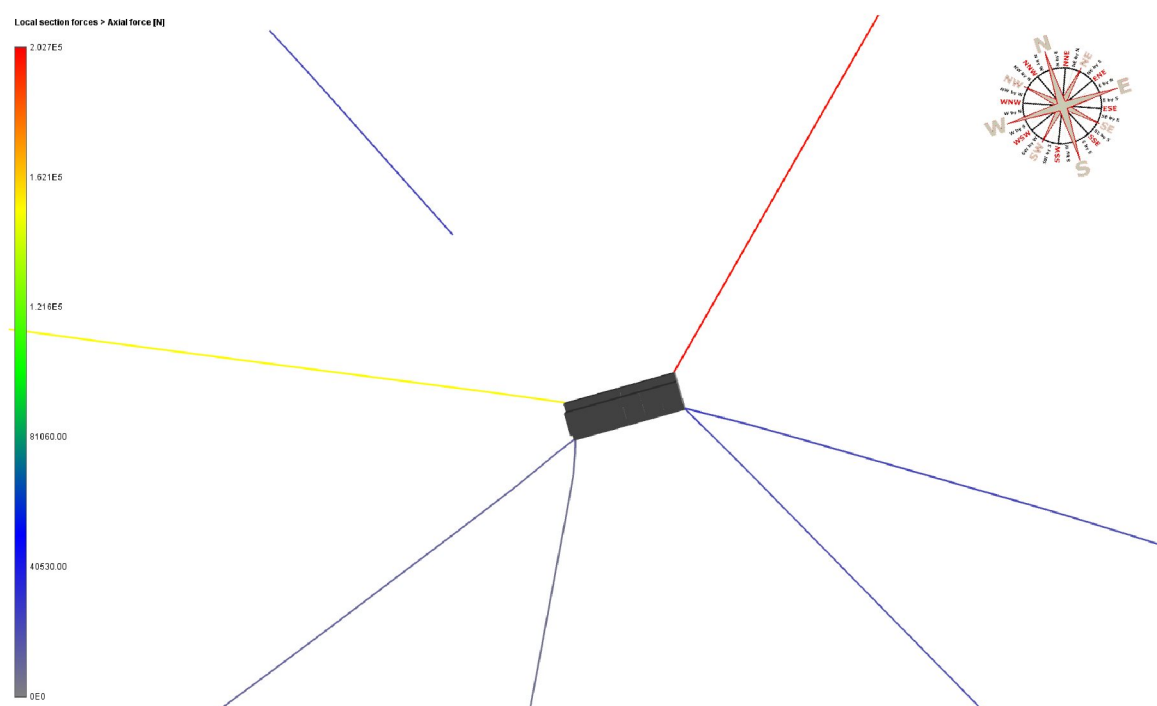
Figur 4.4a. Skadet linesystem, brudd line F4 med miljølaster fra S



Figur 4.4b. Skadet linesystem, forskyvning ved brudd line F4 fra S



Figur 4.5a. Skadet linesystem, brudd line F6 med miljølast fra NØ

**Figur 4.5b.** Skadet linesystem, forskyvning ved brudd line F6 NØ**Figur 4.6.** Skadet linesystem, brudd line F7 med miljølast fra N

5 TIL KUNDE OG LEVERANDØR AV KOMPONENTER

Sertifikater og dokumentasjon på komponenten

Alle sertifikater, dokumentasjon og brukerhåndbøker som følger med komponentene i beskrevet fortøyningsanalyserapport, skal samles og oppbevares på et egnet sted for gjennomføring av vedlikehold. Alle sertifikater, dokumentasjon og brukerhåndbøker skal legges til grunn for drift og vedlikehold av fortøyningssystemet. Konstruksjonsdeler som inngår i fortøying og kan ha betydning for rømmingsfaren, skal være produktsertifisert og i samsvar med krav fastsatt i NS 9415:2009. Dette gjelder kun for konstruksjonsdeler som leveres ny fra leverandør og tas i bruk etter 1. januar 2013.

Representativ for utlagt fortøyingssystem

Ansvarlig utlegger plikter å ha montert fortøyningsutstyr iht. leverandørenes manualer og sertifikater. Denne plikter også å oppgi korrekte produktsertifikater, brukerhåndbøker, fortøyningsrapport og fortøyningsinspeksjonsrapport etter utsett av nye fortøyninger og fortøyingssystem, iht. NYTEK §19. Denne dokumentasjonen inngår i vurdering om fortøyningsanalyserapport er representativ for utlagt fortøyingssystem. DNV GL er ikke ansvarlig for feil i underlagsdokumentasjon eller opplysninger om faktisk utlagt fortøyingssystem.

6 REFERANSER

- /1/ NS 9415: "Marine fish farms. Requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation", Standard Norge, 2009
- /2/ "Analyse av merder med rettvegget not, med og uten luseskjørt", Aquastructures, rapport nr. TR-30723-1998-1.2, rev. 01, 08.03.13
- /3/ "Anlysis of moored large mass floating objects in Aquasim", Aquastructures, rapport nr. 2174-1, rev. 01, 31.10.13
- /4/ "Årsvind for lokalitet", Windsim
- /5/ "Tidevann", www.sehavniva.no
- /6/ "Kart", Olex, i DNV GL sitt arkiv.
- /7/ "Skisse fortøyningsystem", Olexplot for lokaliteten, I DNV GL sitt arkiv
- /8/ "Benchmarking and validation of Aquasim 2006", Aquastructures rapport nr. 01, 22.08.06
- /9/ "Lokalitetsrapport", Akvaplan-niva, rapport nr. 6115.02, 17.1.2013.
- /10/ "Teknisk rapport / stabilitetsrapport", Vik Sandvik, VS No. : VS3002423, 15.01.2008
- /11/ "Brukermanual" for OCEA 400.
- /12/ "Produktsertifikat flåte", OCEA 400, prosjekt 423, 05.06.2008
- /13/ "Fortøyningsinspeksjonsrapport",
 - Rapport for ROV-kontroll av fortøyninger, lokalitet: 11298 N-Ø STORØY, 19.03.2020
 - Posisjonering av flåte
- /14/ " Fortøyningsrapport ",
 - tegning med dim
 - komponentliste flåte Storøy 2019
- /15/ "Produktsertifikat konstruksjondeler"

APPENDIX A

Programvare, Aquasim

AquaSim er en programpakke bestående av primært to deler: AquaEdit og AquaView. I AquaEdit tegnes modeller i 3D og legges i ulike komponentgrupper med mål angitt fra prosjekteringen. Modeller blir koblet sammen av noder og elementer. De ulike komponentgrupper defineres med material karakteristikker fra prosjekteringen. Videre angis miljølaster i henhold til lokalitetsrapport for gitt lokalitet og analysen kan starte. Etter at analysen er ferdig, åpnes kjørefiler i AquaView hvor nødvendige maks verdier tas ut fra hver komponentgruppe og lastkombinasjon. Konvergensfilen (Conv.txt) blir rutinemessig gjennomgått for å få oversikt over alle stegene som er kjørt i analysen. Fra første til siste steg kan man lese av hvor mange iterasjoner som har blitt brukt før man går til neste steg. Alle resultater oppsummeres i tabeller i kapittel 3.

For øvrig informasjon om programvare/system henvises det til brukermanualer til AquaSim, se referenser.

Tabell A.1 AquaSim - input

Versjon		2.15-2348	
Bølger	Antall steg, påføring av strøm	Antall fullt utviklet bølger	Antall steg per bølge
Regulære	5	3	20
Irregulære	5	100	20

APPENDIX B

Material - metodikk

Tabell B.1 Materialfaktorer (ref. NS 9415:2009 Tabell 13)

Type tau/komponenter	Materialfaktor
Syntetisk tau	3.0
Syntetisk tau med knute	5.0
Kjetting og kjettingskomponenter	2.0
Brukt kjetting	5.0
Koblingsplater og andre koblingspunkter av stål	1.5 ¹⁾
Sjakler	2.0
Klumpfester, se kap. 11.3.6.4 NS 9415:2009	2.0 x dimensjonerende last
Anker, se kap. 11.3.6.2 NS 9415:2009	Overstige den dimensjonerende kraft
Fjellbolter og andre bunnfester	3.0
¹⁾ I ulykkestilstand deles materialfaktoren på 1.5	
²⁾ Første flyt	

B.1 Bøyer

Nødvendige bøyestørrelser kan være utfordrende å beregne og ofte har det vist seg at bøyene som benyttes ved slike typer fortøyningssystemer har for mye oppdrift. Dette kan forårsake at bøyene slites raskere slik at oppdriften på sikt kan reduseres (f.eks. utrivning i plasten som kan føre til punktering). For å beregne minimumsstørrelser på bøyer blir det derfor gjort en beregning hvor strøm og vindlasten er isolert bort fra bølgelasten. Netto oppdrift på koblingspunktene til bøyene bør overskride vertikal last i koblingspunktene, ellers så kan bøyene neddykkes. Lastene i rapporten fremkommer som vertikal last i koblingspunkter.

B.2 Kapasitet innfestningspunkt

Kapasiteter i innfestningspunkt vurderes i intakt tilstand, uten lastfaktor. Kapasiteten i innfestningspunkt på hovedkomponent er beregnet med egen lastfaktor i styrkeanalyser som inngår i en sertifisering eller hovedkomponentbevis. Lastfaktor 1.15 er for fortøyninger spesifikt. Lastfaktorer er i henhold til NS 9415 kap. 6.6 og tabell 3, 4 og 5.

B.3 Ising - ulykkeslast

Vannstandsheving og nedising skal vurderes i ulykkestilstand (lastfaktor 1.0 istedenfor 1.15 i intakt tilstand) og blir generelt vurdert til ikke å føre til økning av dimensjonerende laster i fortøyningssystemet. Ved nedising av flytekragene blir disse tyngre i havet og de rykklastene som kan oppstå når flytekragene blir påvirket av bølger blir mindre enn når flytekrager uten is beveger seg. Den evt. økning i vindlast på anlegget pga. gjenising av hoppenett i not vil i fleste tilfeller ikke bidra til økning i dimensjonerende laster. Sannsynligheten for progressivt brudd er liten hvis fortøyningskomponentene dimensjoneres etter de laster og spesifikasjoner som oppgis i rapporten.

B.4 Utmatting

Utmatningsbidragene kommer i hovedsak fra høysyklus bølgelast og fra lavsyklus strøm- og vindlast. Spenningsvidden for strøm og vind beregnes konservativt for totallasten, mens spenningsvidden for bølgelast beregnes fra bølgelastbidraget. For retningsfaktor er det benyttes normalt en verdi på 0.5 som tilsvarer at vind og bølger fra denne retningen påvirker lokaliteten 50% av tiden. Frekvens for vind og bølger er hentet fra windsim.com – Norwegian wind atlas. Maks frekvens og retning for alle målestasjoner i Norge er oppsummert i tabell B.2

Tabell B.2 Frekvens og retning vind.

Climatology - Norwegian Wind Atlas.		Årlig frekvens vind												Maks frekvens	Retning maks frekvens
Fylke	Målested	N	NNØ	ØNØ	Ø	ØSØ	S	SSV	VSV	V	VNV	NNV			
Agder	Lindesnes	0.021	0.029	0.094	0.169	0.05	0.069	0.035	0.022	0.085	0.143	0.116	0.16	16.9	Ø
Agder	Lista	0.041	0.035	0.067	0.128	0.157	0.043	0.043	0.038	0.059	0.081	0.228	0.068	22.8	VNV
Rogaland	Obrestad	0.08	0.026	0.049	0.061	0.048	0.252	0.086	0.052	0.053	0.064	0.014	0.202	25.2	SSØ
Rogaland	Sola	0.086	0.028	0.024	0.037	0.102	0.141	0.134	0.063	0.049	0.054	0.089	0.11	14.1	SSØ
Rogaland	Rennesøy	0.046	0.047	0.048	0.067	0.07	0.121	0.141	0.097	0.065	0.067	0.084	0.111	14.1	S
Rogaland	Haugesund Lufthavn	0.147	0.03	0.017	0.039	0.105	0.127	0.129	0.079	0.069	0.059	0.08	0.093	14.7	N
Rogaland	Utsira	0.151	0.039	0.026	0.031	0.066	0.124	0.184	0.073	0.069	0.065	0.068	0.101	18.4	S
Hordaland	Flesland	0.101	0.038	0.039	0.054	0.103	0.178	0.117	0.053	0.058	0.04	0.037	0.121	17.8	SSØ
Hordaland	Slåtterøy	0.084	0.029	0.034	0.046	0.046	0.175	0.168	0.063	0.072	0.065	0.053	0.135	17.5	SSØ
Hordaland	Hellisøy	0.131	0.043	0.024	0.055	0.083	0.134	0.169	0.094	0.073	0.054	0.044	0.083	16.9	S
Sogn og Fjordane	Florø	0.04	0.031	0.055	0.191	0.133	0.086	0.086	0.076	0.067	0.045	0.083	0.097	19.1	Ø
Sogn og Fjordane	Ytterøyane	0.127	0.01	0.027	0.037	0.028	0.192	0.16	0.064	0.134	0.077	0.012	0.101	19.2	SSØ
Sogn og Fjordane	Krakenes													0	
Møre og Romsdal	Svinøy	0.037	0.109	0.108	0.042	0.053	0.087	0.118	0.168	0.142	0.056	0.032	0.041	16.8	SSV
Møre og Romsdal	Vigra flystasjon	0.041	0.065	0.155	0.03	0.076	0.123	0.086	0.112	0.134	0.072	0.047	0.041	15.5	NNØ
Møre og Romsdal	Ona	0.045	0.089	0.11	0.07	0.052	0.072	0.084	0.106	0.179	0.088	0.035	0.049	17.9	VSV
Møre og Romsdal	Kristiansund	0.024	0.135	0.031	0.099	0.106	0.117	0.028	0.106	0.102	0.137	0.037	0.056	13.7	V
Møre og Romsdal	Smøla	0.06	0.09	0.073	0.088	0.078	0.071	0.073	0.1	0.165	0.096	0.049	0.042	16.5	VSV
Sør Trøndelag	Sula	0.069	0.112	0.023	0.069	0.03	0.185	0.06	0.137	0.1	0.103	0.064	0.032	18.5	SSØ
Sør Trøndelag	Ørland	0.056	0.027	0.04	0.062	0.265	0.1	0.021	0.038	0.132	0.096	0.071	0.074	26.5	ØSØ
Sør Trøndelag	Halten	0.056	0.081	0.058	0.035	0.071	0.157	0.075	0.087	0.154	0.087	0.074	0.062	15.7	SSØ
Sør Trøndelag	Buholmsråsa	0.079	0.074	0.02	0.064	0.097	0.144	0.078	0.127	0.103	0.073	0.032	0.062	14.4	SSØ
Nord Trøndelag	Værnes	0.009	0.014	0.042	0.147	0.275	0.085	0.027	0.024	0.099	0.149	0.078	0.017	27.5	ØSØ
Nord Trøndelag	Rørвик	0.06	0.09	0.056	0.114	0.163	0.091	0.047	0.074	0.133	0.073	0.043	0.039	16.3	ØSØ
Nord Trøndelag	Nordøyen	0.055	0.037	0.076	0.074	0.079	0.203	0.042	0.03	0.173	0.113	0.052	0.051	20.3	SSØ
Nord Trøndelag	Skinna	0.084	0.074	0.043	0.05	0.084	0.134	0.128	0.085	0.104	0.078	0.083	0.085	13.4	SSØ
Nord Trøndelag	Leka	0.07	0.105	0.012	0.027	0.03	0.117	0.078	0.278	0.046	0.063	0.018	0.059	27.8	SSV
Nordland	Brønnøysund	0.094	0.064	0.093	0.093	0.099	0.081	0.077	0.131	0.085	0.053	0.031	0.075	13.1	SSV
Nordland	Vega Vallsjø	0.07	0.066	0.032	0.039	0.097	0.196	0.065	0.099	0.158	0.071	0.054	0.046	19.6	SSØ
Nordland	Sandnessjøen	0.067	0.139	0.151	0.088	0.044	0.051	0.144	0.13	0.07	0.034	0.023	0.043	15.1	NNØ
Nordland	Sleneset	0.076	0.093	0.021	0.06	0.158	0.06	0.12	0.119	0.092	0.06	0.061	0.071	15.8	ØSØ
Nordland	Åsen	0.05	0.035	0.065	0.104	0.21	0.026	0.079	0.111	0.191	0.049	0.046	0.033	21	ØSØ
Nordland	Bodø	0.057	0.034	0.028	0.314	0.144	0.035	0.028	0.04	0.114	0.083	0.066	0.042	31.4	Ø
Nordland	Grøttøy	0.042	0.034	0.144	0.088	0.004	0.163	0.03	0.046	0.24	0.037	0.029	0.056	24	VSV
Nordland	Offersøy	0.01	0.109	0.231	0.075	0.029	0.042	0.038	0.035	0.185	0.101	0.025	0.022	23.1	NNØ
Nordland	Skrova	0.049	0.046	0.175	0.203	0.018	0.045	0.04	0.059	0.179	0.059	0.023	0.072	20.3	Ø
Nordland	Glåpen	0.069	0.147	0.028	0.111	0.015	0.092	0.057	0.042	0.206	0.083	0.014	0.07	20.6	VSV
Nordland	Litløy	0.083	0.041	0.079	0.121	0.095	0.09	0.112	0.055	0.057	0.09	0.025	0.129	12.9	NNV
Nordland	Andøya	0.054	0.085	0.061	0.032	0.044	0.094	0.148	0.166	0.099	0.079	0.06	0.057	16.6	SSV
Troms	Sortland	0.142	0.035	0.018	0.011	0.033	0.114	0.2	0.153	0.048	0.043	0.08	0.094	20	S
Troms	Sandsøy	0.04	0.016	0.058	0.118	0.049	0.094	0.246	0.076	0.032	0.069	0.092	0.064	24.6	S
Troms	Hekkingen	0.043	0.06	0.023	0.022	0.009	0.316	0.193	0.053	0.023	0.079	0.065	0.096	31.6	SSØ
Troms	Sommargøy	0.077	0.029	0.053	0.021	0.028	0.217	0.265	0.042	0.054	0.045	0.038	0.088	26.5	S
Troms	Tromsø Langnes	0.07	0.105	0.045	0.02	0.014	0.022	0.22	0.156	0.073	0.066	0.023	0.017	22	S
Troms	Torsvåg	0.057	0.088	0.056	0.068	0.045	0.176	0.143	0.091	0.056	0.065	0.041	0.055	17.6	SSØ
Troms	Fugløykalven	0.038	0.051	0.062	0.09	0.07	0.089	0.213	0.112	0.097	0.089	0.052	0.035	21.3	S
Troms	Sørkjosen	0.06	0.007	0.006	0.015	0.124	0.268	0.028	0.021	0.024	0.077	0.093	0.125	26.8	SSØ
Troms	Nordstraum	0.032	0.012	0.002	0.048	0.01	0.227	0.249	0.009	0.003	0.074	0.152	0.121	24.9	S
Troms	Loppa	0.053	0.148	0.033	0.068	0.034	0.124	0.171	0.198	0.041	0.052	0.014	0.045	19.8	SSV
Finnmark	Alta	0.046	0.047	0.048	0.067	0.07	0.121	0.141	0.097	0.065	0.067	0.084	0.111	14.1	S
Finnmark	Hasvik	0.028	0.019	0.024	0.13	0.268	0.09	0.016	0.01	0.041	0.092	0.147	0.102	26.8	ØSØ
Finnmark	Hammerfest	0.049	0.084	0.146	0.048	0.049	0.035	0.043	0.134	0.242	0.1	0.017	0.028	24.2	VSV
Finnmark	Fruholmen	0.053	0.055	0.07	0.075	0.043	0.178	0.072	0.094	0.112	0.079	0.082	0.076	17.8	SSØ
Finnmark	Helnes	0.036	0.024	0.046	0.092	0.058	0.115	0.118	0.093	0.105	0.14	0.07	0.091	14	V
Finnmark	Kistrand	0.071	0.083	0.031	0.033	0.014	0.043	0.269	0.116	0.058	0.087	0.07	0.059	26.9	S
Finnmark	Banak	0.123	0.037	0.014	0.01	0.01	0.038	0.326	0.123	0.029	0.03	0.049	0.081	32.6	S
Finnmark	Mehamn	0.085	0.061	0.045	0.051	0.043	0.082	0.157	0.13	0.095	0.073	0.06	0.095	15.7	S
Finnmark	Slettnes	0.046	0.023	0.063	0.08	0.029	0.112	0.08	0.06	0.187	0.096	0.056	0.137	18.7	VSV
Finnmark	Berlevåg	0.048	0.041	0.061	0.122	0.047	0.043	0.06	0.145	0.182	0.079	0.086	0.079	18.2	VSV
Finnmark	Makkaur	0.064	0.02	0.066	0.08	0.019	0.126	0.105	0.103	0.135	0.097	0.027	0.119	13.5	VSV
Finnmark	Vardø Lufthavn	0.074	0.047	0.049	0.052	0.077	0.113	0.07	0.159	0.123	0.074	0.054	0.102	15.9	SSV
Finnmark	Vadsø Lufthavn	0.05	0.081	0.091	0.071	0.068	0.046	0.042	0.089	0.089	0.111	0.161	0.087	16.1	VNV
Finnmark	Kirkenes Lufthavn	0.067	0.063	0.05	0.035	0.038	0.127	0.209	0.085	0.092	0.064	0.063	0.061	20.9	S



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.