



2014

Rapport – fortøyningsanalyse anlegg Laksevika iht. NS9415:2009

Lokalitet: Laksevika

Dokumentnummer: FR-12022-0040

Revisjon: 0





Rapporttittel: Fortøyningsanalyse anlegg Laksevika iht. NS 9415:2009

Lokalitetsnavn: Laksevika	Lokalitetsnummer: 10080	Kommune Meland	Fylke: Hordaland
------------------------------	----------------------------	-------------------	---------------------

Forfatter: Thommes Thomassen	Godkjent av: Tore Birkeland	Organisatorisk enhet: Akvasafe AS
---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

Oppdragsgiver: Blom Fiskeoppdrett AS	Org. nummer 840215512	Kontaktperson: Martin Blom
---	--------------------------	-------------------------------

Dato for utførelse: 22.01.2014 Status: EK	Prosjektnummer: 0040	Kundenummer: 12022
---	-------------------------	-----------------------

Rapportnummer: FR – 12022-0040	Antall sider: 23	
-----------------------------------	---------------------	--

Rev.: 0 Erstatter: -	Dato for revisjon: -	Ingen distribusjon uten tillatelse fra kunde eller ansvarlig organisatorisk enhet
-------------------------	-------------------------	---

Akvasafe AS Adresse: Hjellestadveien 313, Pb. 55, 5814 Bergen Organisasjonsnummer: 997935187 Internett: www.akvasafe.no E-post: ingve@akvasafe.no Telefon: 468 12 632
--



1 Innholdsfortegnelse

2	Figurliste.....	3
3	Tabelliste.....	3
4	Sammendrag.....	4
5	Lokalitetsdata.....	5
6	Beskrivelse av hovedkomponenter.....	7
6.1	Generelt.....	7
6.2	Fortøyning.....	7
6.2.1	Bøyer.....	10
6.3	Flytekrage.....	10
6.4	Not.....	10
7	Analyseverktøy.....	11
8	Dimensjonerende grensetilstander.....	12
8.1	Bruksgrensetilstand.....	12
8.2	Bruddgrensetilstand.....	12
8.3	Ulykkesgrensetilstand.....	12
8.4	Utmattingsgrensetilstand.....	13
8.5	Lastfaktorer og lastkombinasjoner brukt i analysen.....	13
9	Resultater.....	14
9.1	Statisk likevekt – forspenning.....	14
9.2	Bruddgrense.....	15
9.3	Utmatting.....	16
9.4	Ulykkesgrense.....	17
9.4.1	Springflo.....	19
9.4.2	Punktering.....	19
9.5	Bunnfester.....	20
9.6	Krefter mot flytekrage.....	21
9.7	Bøyekrefter.....	21
9.8	Krav til fortøyningen.....	22
10	Konklusjon.....	23
11	Referanser.....	23



2 Figurliste

Figur 1: Detaljert kart som viser fortøyningsliner og anlegg med oppgitt målestokk.....	6
Figur 2: Eksempel på strømprofil med 2 strømhastigheter.....	6
Figur 3: Modell av fortøyningen med nummerering av liner.....	7
Figur 4: Plassering av bøyer på anlegget.....	10
Figur 5: Modell av nota.....	11
Figur 6: Forspenning ved statisk likevekt.....	14
Figur 7: Analyse 4 av 16 som gir størst krefter i line 8.....	15
Figur 8: Analyse 8 av 16 som gir størst krefter i line 12.....	15
Figur 9: Maksimale dimensjonerende krefter (inkl. lastfaktor) i fortøyningsliner for analyser 1-16.....	16
Figur 10: Analyse 27 med kutt i line 12 (kryss).....	17
Figur 11: Analyse 28 med brudd i line 24 (kryss).....	18
Figur 12: Analyse 29 med brudd i line 26 (kryss).....	18
Figur 13: Analyse 30 med brudd i ramma (kryss).....	19
Figur 14: Analyse 31 med brudd i hanefot (kryss).....	19

3 Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over analyser som er kjørt.....	5
Tabell 2: Fortøyningssegenskaper - vekt i vann og stivhet.....	7
Tabell 3: Linedata.....	8
Tabell 4: Posisjoner.....	9
Tabell 5: Bøyenummer og størrelser i liter.....	10
Tabell 6: Notdata tilhørende anlegg Procean (øverst), Nor-Mær (midten), plastring (nederst).....	10
Tabell 7: Undersøkte komponenter.....	16
Tabell 8: Spenningsvidder [MPa].....	16
Tabell 9: Delskade per blokk og akkumulert skade i løpet av 20 år.....	17
Tabell 10: Beregning av kjettingvekt i vann 28 mm.....	20
Tabell 11: Beregnet dimensjonerende vertikalløft i bunnfester i tonn.....	20
Tabell 12: Opptredende dim. krefter i bøyer ved intakt tilstand.....	21
Tabell 13: Dimensjonerende krefter i tonn og tilhørende MBL i fortøyningssystemet.....	22



4 Sammendrag

Det er utført en beregning etter NS 9415 (2009) av fortøyning med plastring og hengslet stålanlegg etter oppdrag fra Blom Fiskeoppdrett AS iht. pålitelighetsklasse 2. Fortøyningsanalysen i denne rapporten er utført av akkreditert inspeksjonsselskap med bevis INSP 034.

Lokaliteten er Laksevika i Meland kommune med $H_{S(50\text{ÅR})} = 1,04$ m fra SØ og $V_{C(50\text{ÅR})} = 0,63$ m/s mot SØ.

Konklusjon: Den største dimensjonerende krafta opptrer i line 8 og er på 13,3 tonn. Line 3 og 12 opplever en dimensjonerende aksialkraft på 11,7 tonn. Maksimalt restoppløft ved anker er på 4,4 tonn ved line 27. Største aksialkraft inn på flytekragen ved intakt tilstand er 11,7 t (Procean), 13,3 t (Nor-Mær) og 3,5 t (plastring).

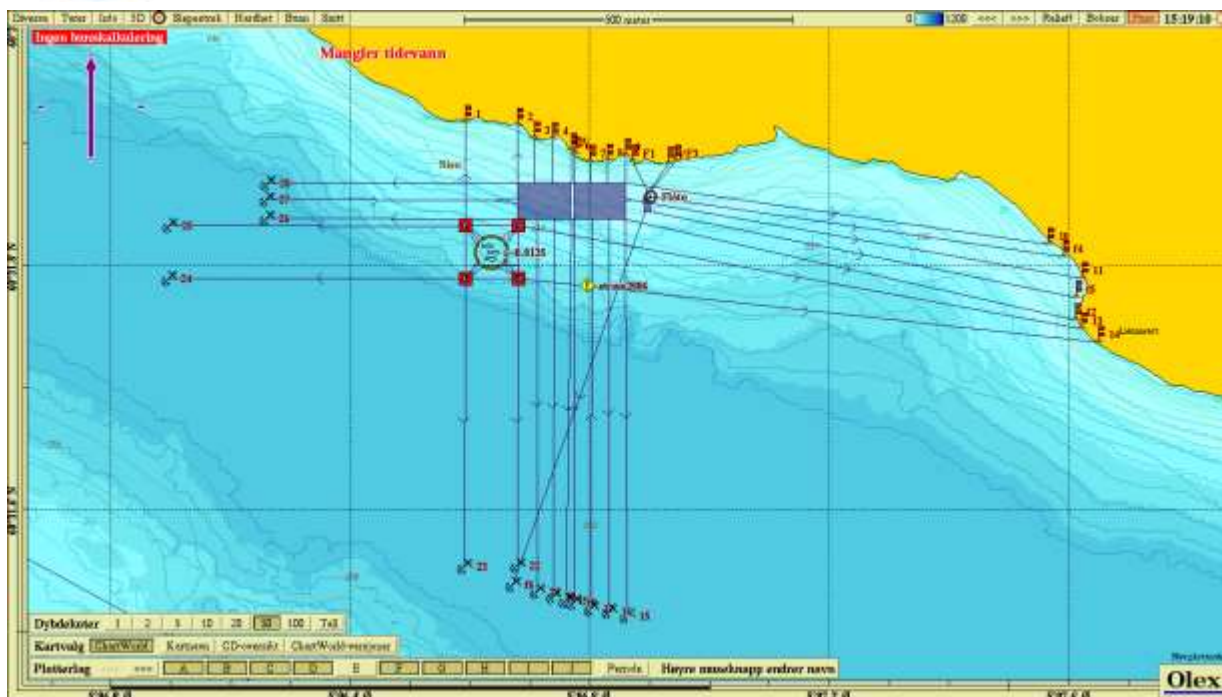
5 Lokalitetsdata

Lokaliteten er Laksevika i Meland kommune med $H_{S(50\text{ÅR})} = 1,04$ m fra SØ og $V_{C(50\text{ÅR})} = 0,63$ m/s mot SØ. Data for miljølaster er hentet fra lokalitetsrapport utført av Resipientanalyse AS (Berge-Haveland, 2010).

Miljødata som er vist i Tabell 1 er brukt i analysene.

Tabell 1: Oversikt over analyser som er kjørt

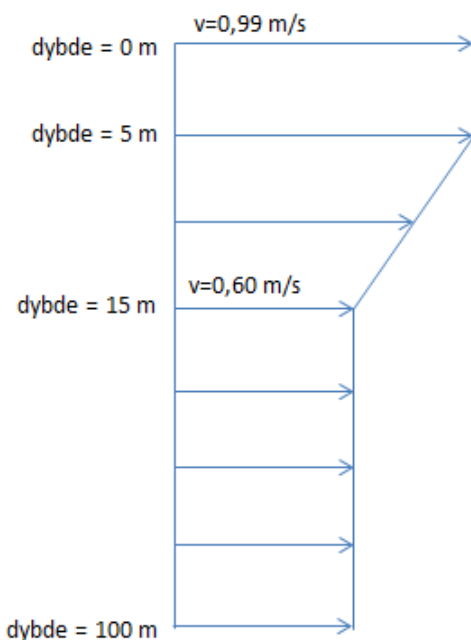
Analyse	Retning mot (kompass) [°]		H_s [m]	T_p [s]	Strøm [m/s]		Vind [m/s]	Kommentar
					5 m	15 m		
1	N	0	0,61	2,10	0,09	0,08	23,2	Kombinasjon 1: 50-årsstrøm 10-årsbølger og -vind
2	NØ	45	0,84	2,59	0,13	0,11	23,2	
3	Ø	90	0,87	2,64	0,19	0,16	23,2	
4	SØ	135	0,39	1,55	0,63	0,54	23,2	
5	S	180	0,15	0,87	0,09	0,08	20,9	
6	SV	225	0,09	0,74	0,19	0,16	13,9	
7	V	270	0,44	1,84	0,41	0,35	18,6	
8	NV	315	0,90	2,83	0,52	0,44	20,9	
9	N	0	0,71	2,20	0,08	0,07	26,0	Kombinasjon 2: 10-årsstrøm 50-årsbølger og -vind
10	NØ	45	0,97	2,71	0,12	0,10	26,0	
11	Ø	90	1,00	2,76	0,17	0,14	26,0	
12	SØ	135	0,45	1,63	0,56	0,48	26,0	
13	S	180	0,18	0,92	0,08	0,07	23,4	
14	SV	225	0,11	0,78	0,17	0,14	15,6	
15	V	270	0,50	1,93	0,36	0,31	20,8	
16	NV	315	1,04	2,96	0,46	0,39	23,4	
17	NV	315	0,04	0,77	0,23	0,23	10,4	Utmatting med 10 blokker for en retning. 50 år returperiode for bølger og 10 år returperiode for strøm og vind. Strøm og vind er ganget med en faktor 0,5.
18	NV	315	0,09	1,10	0,23	0,23	10,4	
19	NV	315	0,13	1,34	0,23	0,23	10,4	
20	NV	315	0,17	1,55	0,23	0,23	10,4	
21	NV	315	0,21	1,73	0,23	0,23	10,4	
22	NV	315	0,26	1,90	0,23	0,23	10,4	
23	NV	315	0,30	2,05	0,23	0,23	10,4	
24	NV	315	0,34	2,19	0,23	0,23	10,4	
25	NV	315	0,38	2,32	0,23	0,23	10,4	
26	NV	315	0,43	2,45	0,23	0,23	10,4	
27	NV	315	0,90	2,83	0,52	0,44	0,4	Brudd i line 12. Analyse 8
28	SØ	135	0,39	1,55	0,63	0,54	0,5	Brudd i line 24. Analyse 4
29	SØ	135	0,39	1,55	0,63	0,54	0,5	Brudd i line 26. Analyse 4
30	SØ	135	0,39	1,55	0,63	0,54	0,5	Brudd i ramme. Analyse 4
31	V	270	0,44	1,84	0,41	0,35	0,3	Brudd i hanefot. Analyse 7



Figur 1: Detaljert kart som viser fortøyningslinjer og anlegg med oppgitt målestokk.

Figur 1 viser flåte og anlegg på lokalitet Laksevika.

Det er valgt å anvende både 5- og 15-metersstrøm i hver kjøring. Et eksempel på en strømprofil med 2 strømhastigheter illustreres i Figur 2.

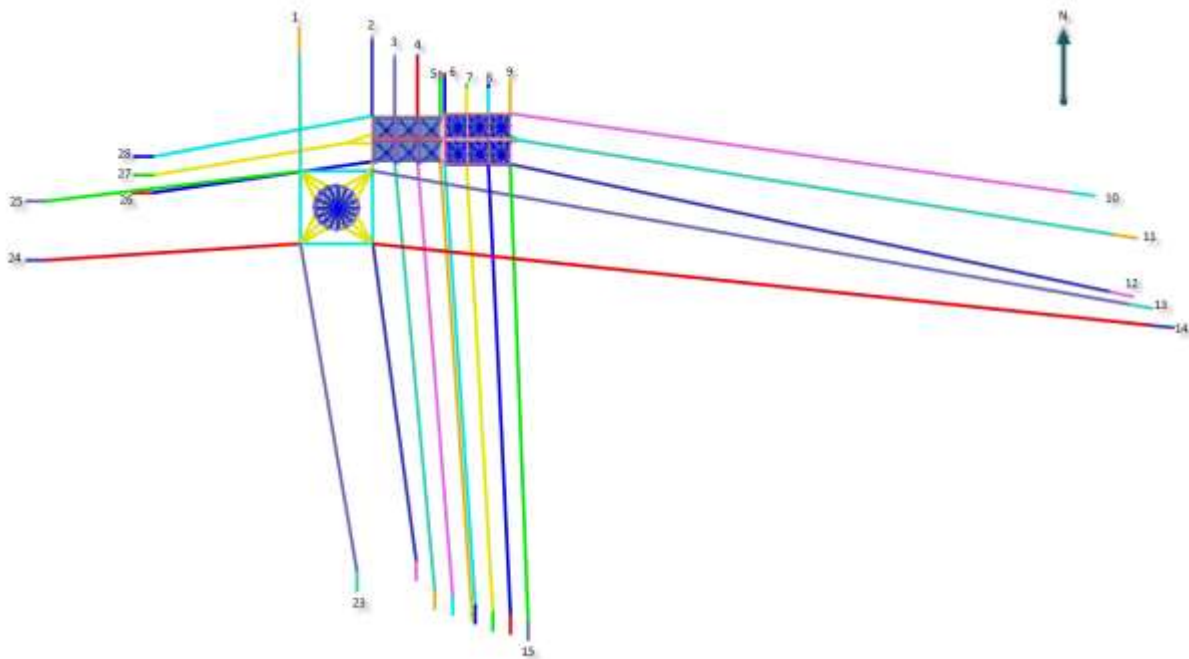


Figur 2: Eksempel på strømprofil med 2 strømhastigheter

6 Beskrivelse av hovedkomponenter

6.1 Generelt

Plassering av anlegg og fortøyningslinjer er oppgitt av kunde. Anlegget består av et Procean-anlegg med 2x3 bur og burstørrelse 25x25 m samt et Nor-Mær-anlegg med 2x3 bur og burstørrelse 24x24 m i tillegg til en plastring med 160 meter omkrets. Rammeburet har en størrelse på er på 80 x 80 meter og ligger på 6 meters dyp. Se Figur 3 for modell.



Figur 3: Modell av fortøyningen med nummerering av liner

6.2 Fortøyning

Komponentene i fortøyningsystemet som er brukt i modellen er:

- 48 mm 3-slått tau i haneføtter
- 56 mm 3-slått tau i ramme
- 64 mm trosse i ankerlinjer og overganger mellom anleggene
- 28 mm stolpekjetting som bunnkjetting

Tabell 3 viser en oversikt over fortøyningskomponentene som er brukt i modellen. Egenskaper vises i Tabell 2. Med tanke på dimensjonering henvises til Tabell 13.

Tabell 2: Fortøyningsegenskaper - vekt i vann og stivhet

Komponent	vekt [N/m]	EA [N]
48mm 3-slått	1,00	1,45E+06
56mm 3-slått	1,00	4,61E+06
64mm trosse	1,00	2,57E+06
28mm kjetting	156,14	1,35E+08



Tabell 3: Linedata

Line nr.	Retning [°]	Dybde [m]	Lengde kjetting oppe [m]	Lengde tau [m]	Lengde kjetting nede [m]	Forankring
1	0	0	0	131	28	bolt
2	0	0	0	84	5	bolt
3	0	0	0	63	5	bolt
4	0	0	0	63	5	bolt
5	0	0	0	45	5	bolt
6	0	0	0	40	5	bolt
7	0	0	0	28	5	bolt
8	0	0	0	28	5	bolt
9	0	0	0	36	5	bolt
10	98	0	0	624	28	bolt
11	99	0	0	673	28	bolt
12	102	0	0	675	28	bolt
13	100	0	0	846	28	bolt
14	96	0	0	861	28	bolt
15	180	384	0	693	28	anker
16	180	385	0	687	28	anker
17	180	385	0	683	28	anker
18	180	385	0	675	28	anker
19	180	379	0	669	28	anker
20	180	379	0	663	28	anker
21	180	384	0	661	28	anker
22	180	384	0	561	28	anker
23	180	381	0	559	28	anker
24	270	382	0	570	28	anker
25	270	381	0	569	28	anker
26	270	368	0	511	28	anker
27	270	377	0	517	28	anker
28	270	376	0	517	28	anker

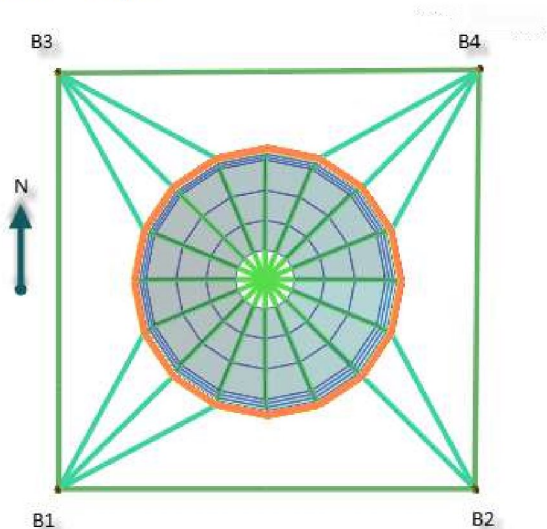


Tabell 4 viser posisjoner i fortøyningen.

Tabell 4: Posisjoner

Punkt/Line	START		SLUTT	
	Breddegr.	Lengdegr.	Breddegr.	Lengdegr.
Midtpunkt				
NV1	60°31,832	5°06,592		
NV2	60°31,867	5°06,679		
NØ	60°31,867	5°06,859		
SØ1	60°31,837	5°06,869		
SØ2	60°31,789	5°06,680		
SV	60°31,789	5°06,592		
1	60°31,832	5°06,592	60°31,917	5°06,592
2	60°31,867	5°06,679	60°31,915	5°06,679
3	60°31,867	5°06,708	60°31,904	5°06,708
4	60°31,867	5°06,737	60°31,903	5°06,738
5	60°31,867	5°06,768	60°31,894	5°06,769
6	60°31,867	5°06,774	60°31,891	5°06,774
7	60°31,867	5°06,801	60°31,885	5°06,801
8	60°31,867	5°06,829	60°31,885	5°06,829
9	60°31,867	5°06,859	60°31,890	5°06,859
10	60°31,867	5°06,859	60°31,817	5°07,566
11	60°31,852	5°06,859	60°31,788	5°07,622
12	60°31,838	5°06,859	60°31,755	5°07,611
13	60°31,832	5°06,680	60°31,748	5°07,621
14	60°31,789	5°06,680	60°31,736	5°07,650
15	60°31,835	5°06,815	60°31,512	5°06,862
16	60°31,834	5°06,781	60°31,515	5°06,831
17	60°31,834	5°06,746	60°31,518	5°06,802
18	60°31,836	5°06,716	60°31,523	5°06,773
19	60°31,837	5°06,687	60°31,524	5°06,759
20	60°31,838	5°06,677	60°31,528	5°06,739
21	60°31,838	5°06,677	60°31,532	5°06,711
22	60°31,789	5°06,680	60°31,553	5°06,679
23	60°31,789	5°06,592	60°31,553	5°06,590
24	60°31,789	5°06,592	60°31,789	5°06,097
25	60°31,832	5°06,592	60°31,832	5°06,098
26	60°31,837	5°06,679	60°31,838	5°06,260
27	60°31,851	5°06,679	60°31,854	5°06,260
28	60°31,867	5°06,680	60°31,867	5°06,261

6.2.1 Bøyer



Figur 4: Plassering av bøyer på anlegget

Figur 4 viser plassering av bøylene på anlegget, mens Tabell 5 angir bøyennummer og størrelse i antall liter.

Tabell 5: Bøyennummer og størrelser i liter

Bøyenr.	Størrelse
B1	1100
B2	1100
B3	1100
B4	440

NB! Dimensjonene som er oppgitt er kun veiledende.

Med tanke på riktig dimensjonering av fortøyningsselementer skal Tabell 13 brukes.

6.3 Flytekrage

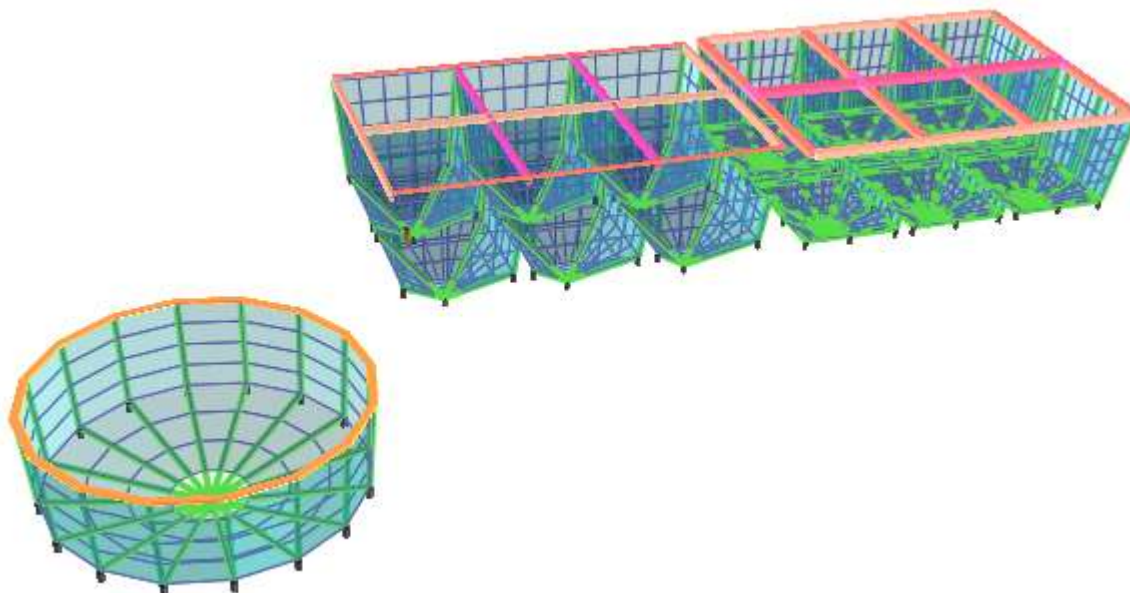
Kunden har opplyst om at det skal brukes et Procean-anlegg bestående av 2x3 bur, et Nor-Mær-anlegg med 2x3 bur og en plastring på 160 meter omkrets. De to hengslede stålanleggene festes enten med kjetting eller tau med hverandre (eventuelt med fleksikobling), slik at det dannes et system på 2x6 stålbur. Burstørrelsen er 25x25 meter i Procean- og 24x24 i Nor-Mær-anlegget. Plastringen har en omkrets på 160 meter og doble rør med Ø400-diameter.

6.4 Not

Tabell 6: Notdata tilhørende anlegg Procean (øverst), Nor-Mær (midten), plastring (nederst)

Trådtykkelse [mm]	Halvmaskevidde [mm]	Dybde til bunnline [m]	Total dybde til spiss [m]	Soliditet	Sol. inkl. 50% begroning	Total bunnvekt for hver not [m]
1,55	18	15	30	17%	26%	2700
1,55	18	20	30	17%	26%	1894
1,55	18	15	20	17%	26%	4020

Nøtene i Procean-anlegget har et lodd på 300 kg i spissen. For Nor-Mær og plastringen gjelder 100 kg. Se detaljer oppgitt i Tabell 6. Figur 5 viser modell av nota.



Figur 5: Modell av nota

7 Analyseverktøy

Analysene er gjennomført med beregningsverktøyet Aquasim utviklet av Aquastructures AS.

Analyseverktøyet bygger på tidssimulering. Man får ta med seg effekter av hvordan sterkt ikkelineære respons i forskjellige komponenter virker samtidig og hvordan disse påvirker hverandre og totalanlegget. I programmet er det åpning for å ta høyde for veldig mange ikkelineære effekter. Bruker av program gjør selv flere valg for å etterligne den virkelige fysikken.

I dette tilfellet er følgende valg gjort:

- Det er kjørt dynamisk analyse
- Det er kjørt lineære bølger
- På ankerliner benyttes Morisons ligning med crossflow prinsippet
- På evt not benyttes Morisons ligning i henhold til vanlig membranteori som gir drag og løft komponenter.
- Det er benyttet en opsjon i programmet hvor det tas hensyn til at legemet er under eller over vann når vertikale krefter beregnes. Det vil si at lokale oppdriftskrefter på ett flyteelement er satt til maksimalt volumet av elementet og minimal oppdriftskraft er null.
- Froude Kriloff krefter beregnes for aktuell horisontal plassering av tverrsnitt.



- Strømbidraget antas med interpolerte verdier gjennom vannsøylen.
- Det tas hensyn til skyggeeffekt av nøter

Fortøyningsystemet er modellert ved hjelp av noder og elementer. Belastninger på anlegget eller flåten og fortøyningslinjer som beregnes er krefter på grunn av vannbevegelse og vind.

Hver simulering blir kjørt med 5 initielle steg, der strømhastigheten bygger seg opp fra 0 til maksimal strøm. Deretter bygges det opp en bølge til H_3 i løpet av en periode for så å kjøre en komplett bølge i en periode til. Hver bølge er delt i 20 steg, hvorav hvert steg beregnes maksimalt med 600 iterasjoner. For å sjekke at systemet ligger stabilt i starten og gir fornuftige verdier blir minst 3 analyser med forskjellig retning kontrollert visuelt.

8 Dimensjonerende grensetilstander

8.1 Bruksgrensetilstand

Fortøyningsystemet vurderes ikke utsatt for nedsatt funksjonsdyktighet eller redusert bestandighet under normale forhold. Forutsatte normale driftsforhold er:

- Notskifte
- Notvask
- Avlusing
- Vedlikehold nedlodning
- Opptak dødfisk

Andre driftsforhold er ikke vurdert.

8.2 Bruddgrensetilstand

Det er utført beregninger for å dokumentere at fortøyningene tåler krefter som påføres av de dimensjonerende verdiene i lokalitetsundersøkelsen.

8.3 Ulykkesgrensetilstand

Ulykkesgrensetilstand skal kontrolleres ut fra følgende hendelser; progressivt brudd, fri avdrift, kantring eller synking ved særskilte påvirkninger som kollisjon med båt, anlegg eller ekstrautstyr.

To aspekter skal kontrolleres:

- Brudd i fortøyningsline. Fortøyningsystemets styrke og motstand mot fri avdrift som følge av videre progressive brudd ved:
 - brudd i line med størst last;
 - brudd i line som er kritiske for styrke i det flytende oppdrettsanslegget;
 - brudd i koblingspunkt, for eksempel koblingsplate;
 - brudd i line som er kritisk for posisjonering av enkeltstående eller gruppe av merder med felles fortøyning, der forflytning kan føre til skade på tilstøtende merder. Ikke relevant ved flåtefortøyning.
- Springflo. Vannstanden skal heves til 1 meter over øvre tidevannsnivå

I ulykkestilstand skal materialfaktor divideres med 1,5. Virkning av vind, bølger og strøm skal inkorporeres i lastkombinasjonen.



8.4 Utmattingsgrensetilstand

Utmattning avhenger av lastvariasjoner over tid. Det skal tas hensyn til laster som varierer med bølgefrequens. I dette fortøyningsystemet er det kjetting i stål som er aktuell for utmattingsanalyse.

Beregningen er gjort i henhold til SN-kurvemetodikk, med antall sykluser til brudd $n(s)$

$$n(s) = a \cdot s^{-m} \quad (1)$$

Stolpeløs kjetting: $a = 6 \cdot 10^{10}, m = 3$

Stolpekjetting: $a = 1,2 \cdot 10^{11}, m = 3$

Det skal, i henhold til NS 9415:2009 kap 11.6.2 tas utgangspunkt i 20 års dimensjonerende brukstid. Vi bruker verdier for stolpeløs kjetting.

Fra lokalitetsundersøkelsen har vi verdi for 50-årsbølge. Vi ser på retningen som gir maksbølge, og tenker oss at alle bølger kommer fra denne retningen. Dette er en konservativ antagelse.

Hovedretningen er delt opp i 10 blokker med prosentvis bølgefordeling. Varigheten til en sjøtilstand er satt til 3 timer og tilhørende weibullfaktor h for fordeling av H_s er satt til 1.

Fordelingen baseres på DNV-RP-C203 (2010).

I tillegg til bølgedata må det legges på vind og strøm. Det er brukt 0,5 ganger 10-årsstrøm og 0,5 ganger 10-årsvind. Dette er en konservativ antagelse, da gjennomsnittlige verdier for strøm og vind ligger langt under verdiene for 10-år returperioden.

For de valgte kjettingkomponentene er det kjørt analyser og spenningsvidden funnet. Utifra spenningsvidden fra de 10 blokkene finnes akkumulert skade i løpet av 20 år for hver undersøkt komponent.

8.5 Lastfaktorer og lastkombinasjoner brukt i analysen

For analyse av bruddgrensetilstand ser vi på 8 retninger i 2 lastkombinasjoner. For utmatting har vi valgt en hovedretning med 10 blokker. Vi har kjørt ulykkesanalyser basert på risikovurdering. Som regel simuleres brudd i mest belastede line i tillegg til brudd i flere komponenter som kan føre til rømming.

I henhold til NS9415:2009 bruker vi lastfaktor i intakttilstand lik 1,15, og 1,0 i ulykkesgrensetilstand.

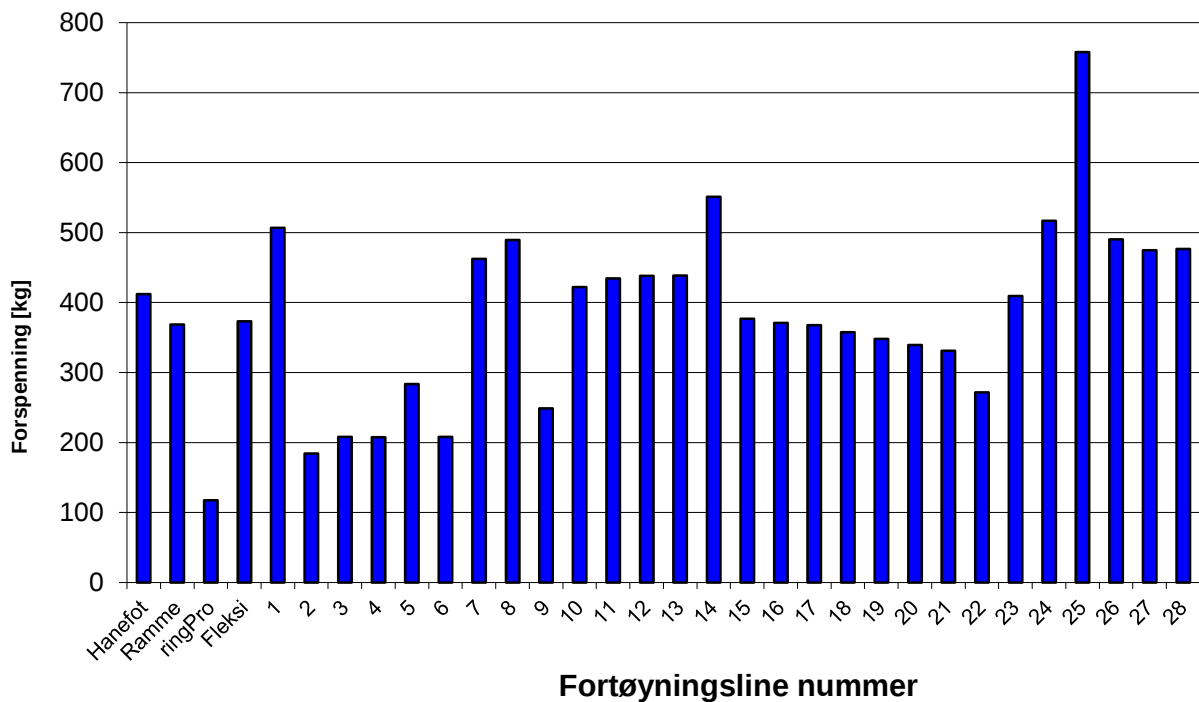
$$\gamma_f = 1,15, \gamma_{f-brudd} = 1,0$$

9 Resultater

I det følgende behandles resultater basert på analysene definert i Tabell 1.

9.1 Statisk likevekt – forspenning

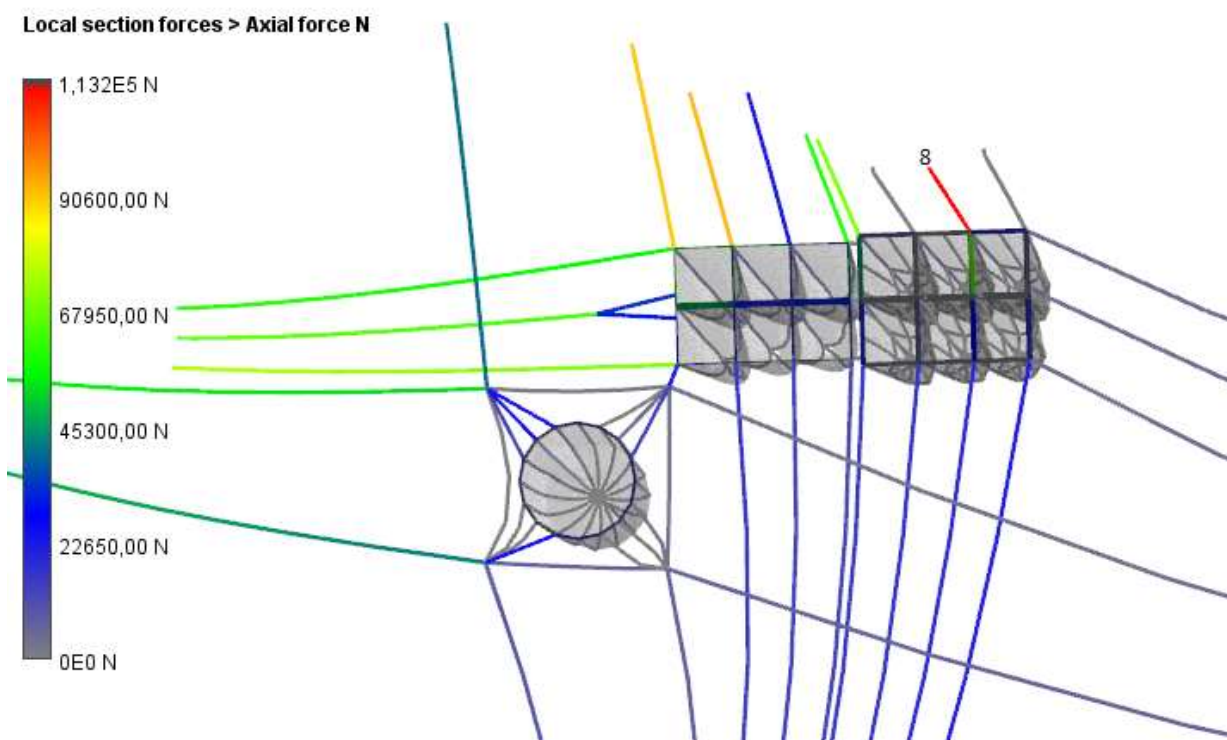
Figur 6 viser forspenning i fortøyningen uten bølger og strøm. Kreftene er oppgitt inkludert lastfaktor på 1,15. Verdiene er kun oppgitt som informasjon og er ikke ment som krav.



Figur 6: Forspenning ved statisk likevekt

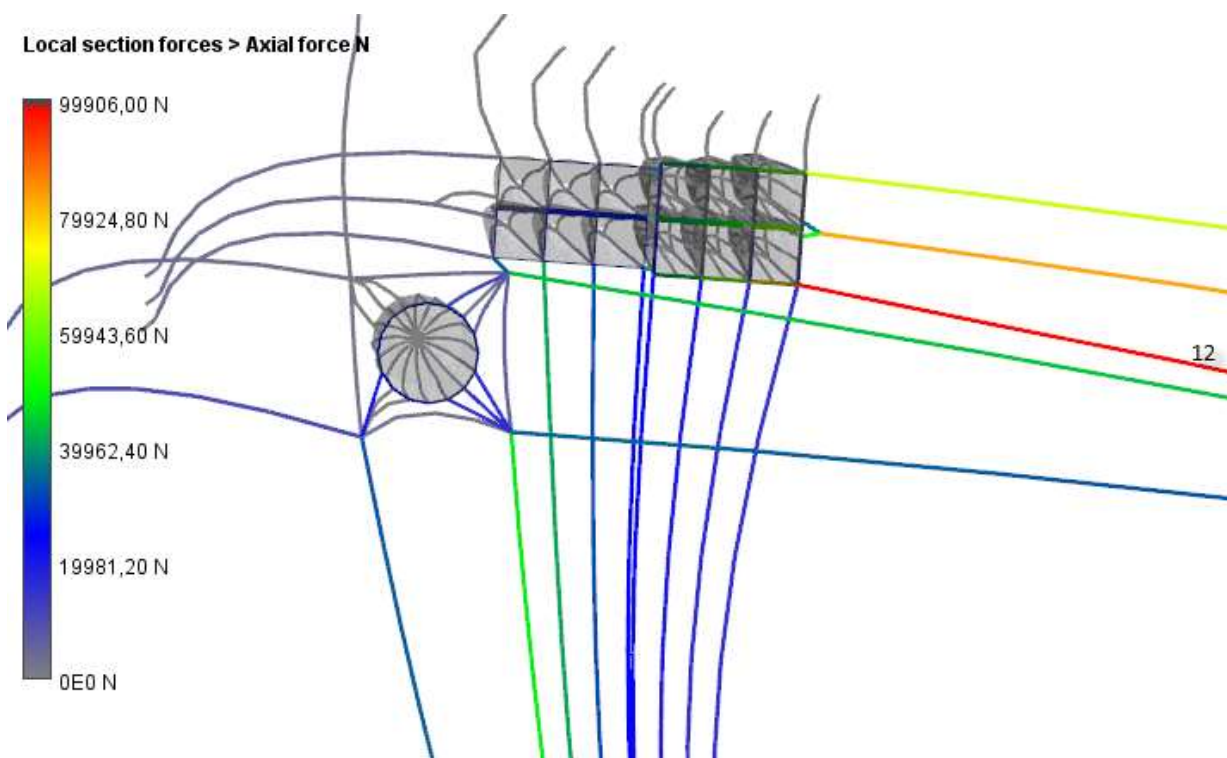
"RingPro" er trossen mellom plastringens ramme og Procean-anlegget.

9.2 Bruddgrense



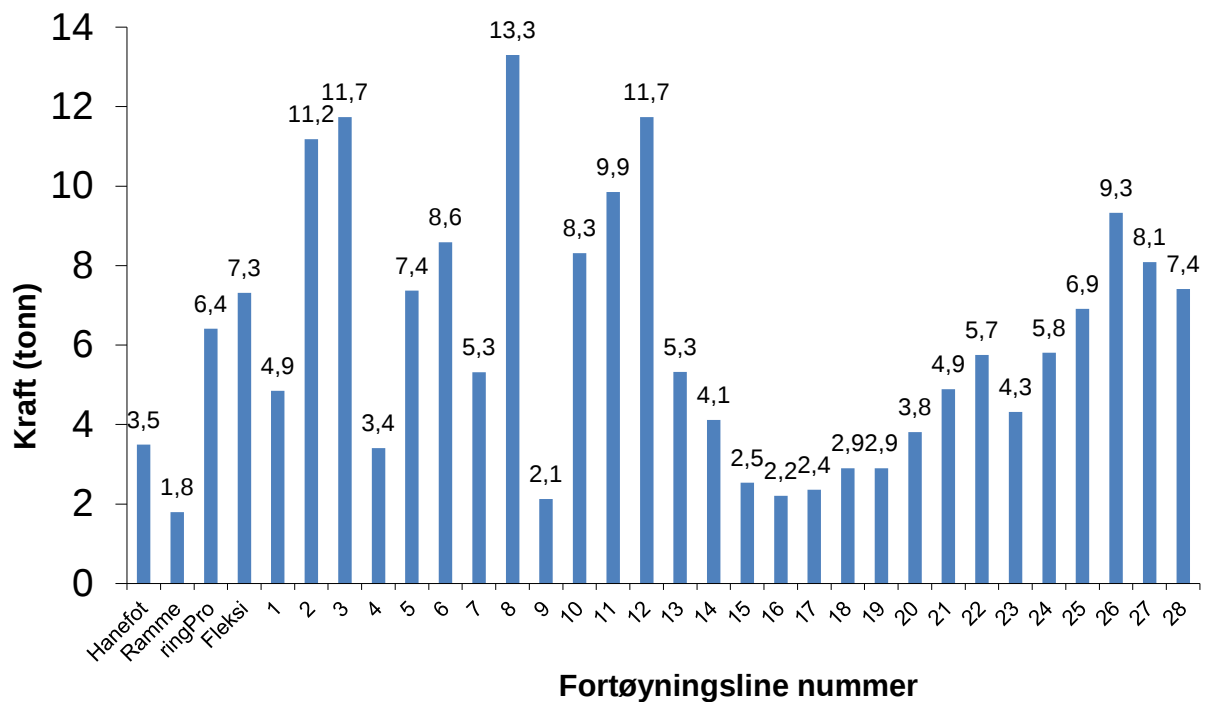
Figur 7: Analyse 4 av 16 som gir størst krefter i line 8.

Figur 7 viser de største dimensjonerende kreftene i fortøyningssystemet ved intakt tilstand som oppstår ved analyse 4.



Figur 8: Analyse 8 av 16 som gir størst krefter i line 12

Figur 8 viser krefter i fortøyningssystemet ved analyse 9.



Figur 9: Maksimale dimensjonerende krefter (inkl. lastfaktor) i fortøyningslinjer for analyser 1-16

Dimensjonerende krefter og tilhørende krav til MBL vises i Tabell 13.

9.3 Utmatting

Vi har valgt å se på vind og strøm fra sørøst som sannsynligvis vil gi høyest utmatting i fortøyningen. Komponentene som ble vurdert er definert i Tabell 7.

Tabell 7: Undersøkte komponenter

Detalj	Beskrivelse	Ref.nr.
Detalj 1	kjett24bunn	369
Detalj 2	kjett25bunn	370
Detalj 3	kjett26bunn	371
Detalj 4	kjett27bunn	372

Tabell 8: Spenningsvidder¹ [MPa]

Blokk nr	Detalj 1	Detalj 2	Detalj 3	Detalj 4
Blokk 1	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 2	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 3	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 4	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 5	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 6	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 7	3,500	3,500	3,500	3,500

¹ Pga. numerisk feil i modellen er det brukt en høy konservativ verdi for alle blokker og elementer.

Blokk 8	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 9	3,500	3,500	3,500	3,500
Blokk 10	3,500	3,500	3,500	3,500

Tabell 9: Delskade per blokk og akkumulert skade i løpet av 20 år

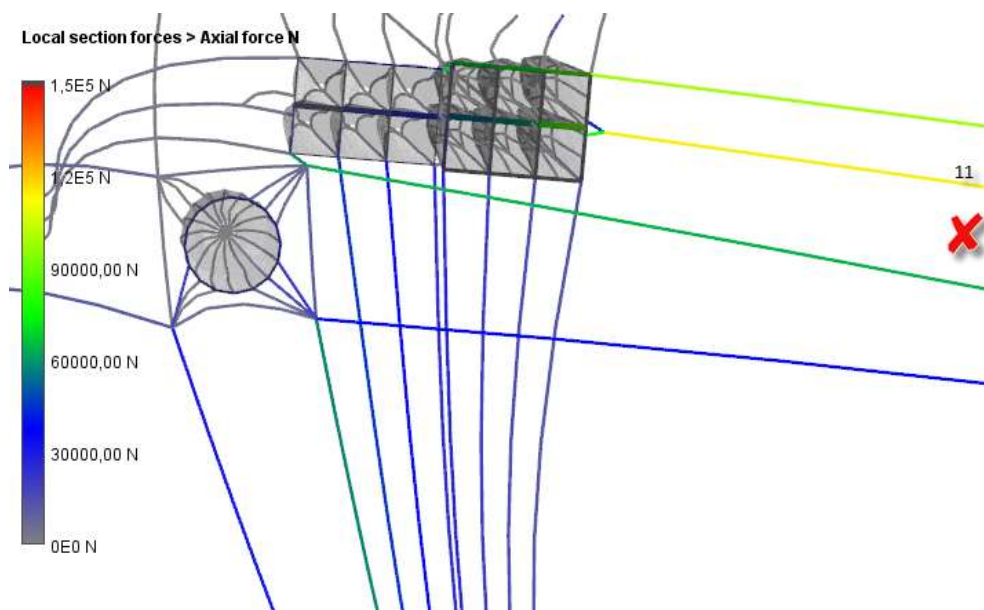
Blokk nr	Detalj 1	Detalj 2	Detalj 3	Detalj 4
Blokk 1	1,760	1,760	1,760	1,760
Blokk 2	0,379	0,379	0,379	0,379
Blokk 3	0,094	0,094	0,094	0,094
Blokk 4	0,025	0,025	0,025	0,025
Blokk 5	0,007	0,007	0,007	0,007
Blokk 6	0,002	0,002	0,002	0,002
Blokk 7	0,001	0,001	0,001	0,001
Blokk 8	0,000	0,000	0,000	0,000
Blokk 9	0,000	0,000	0,000	0,000
Blokk 10	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	0,907	0,907	0,907	0,907
Levetid år	Levetid>20	Levetid>20	Levetid>20	Levetid>20

En total akkumulert skade på 1 eller mindre betyr at komponenten har en forventet levetid på 20 år eller mer. Som man ser fra Tabell 9 har alle komponentene en levetid på over 20 år.

9.4 Ulykkesgrense

Det er kjørt 5 analyser med ulykkestilstand som vist i Tabell 1.

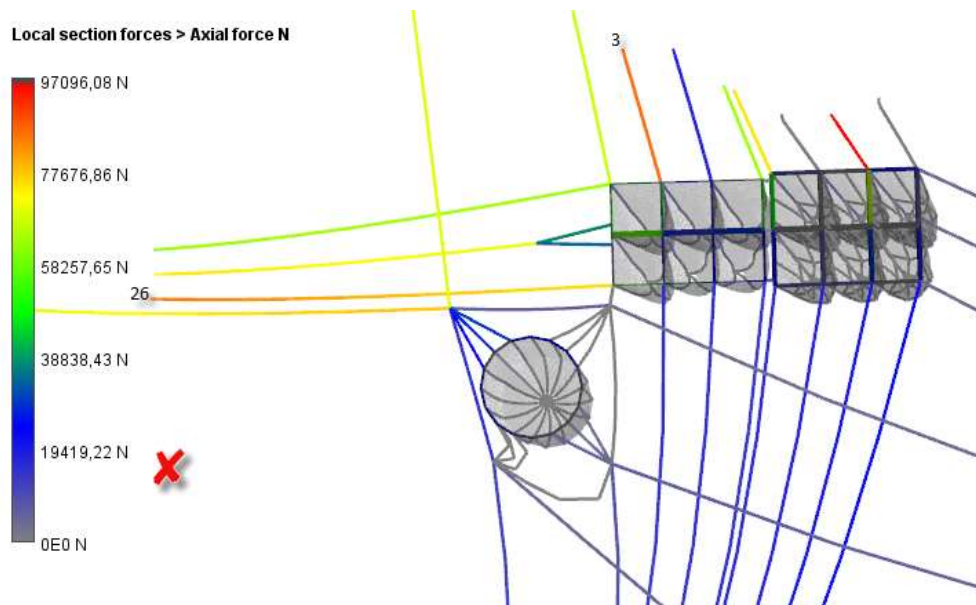
Det er valgt å simulere kutt i line med mest belastning og/eller som vil ha størst konsekvens for fortøyningen.



Figur 10: Analyse 27 med kutt i line 12 (kryss)

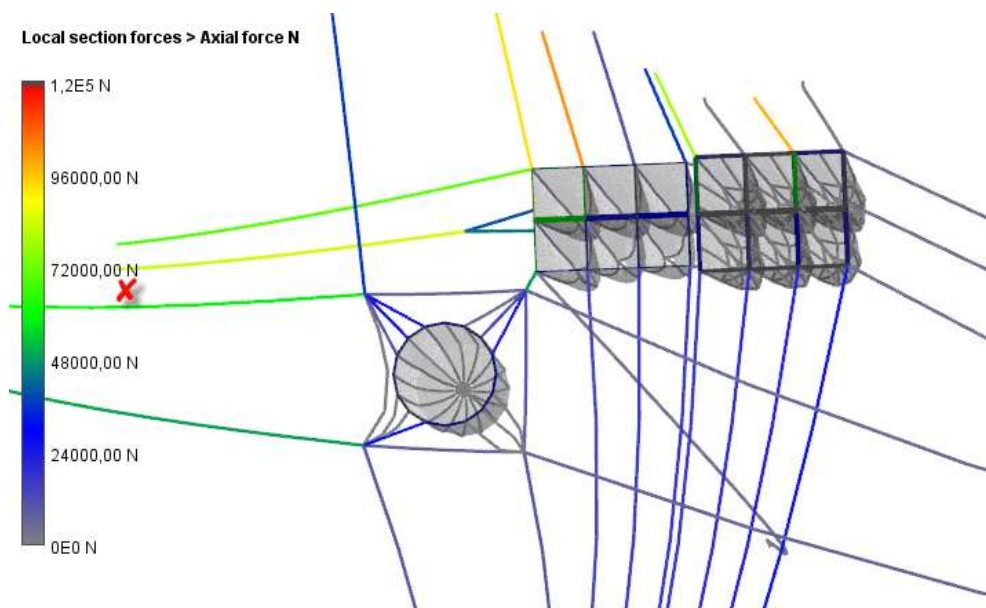
Ved brudd i line 12 som i analyse 27 forsterkes belastningen i line 11 med en maksimal

dimensjonerende kraft på 11,7 tonn.



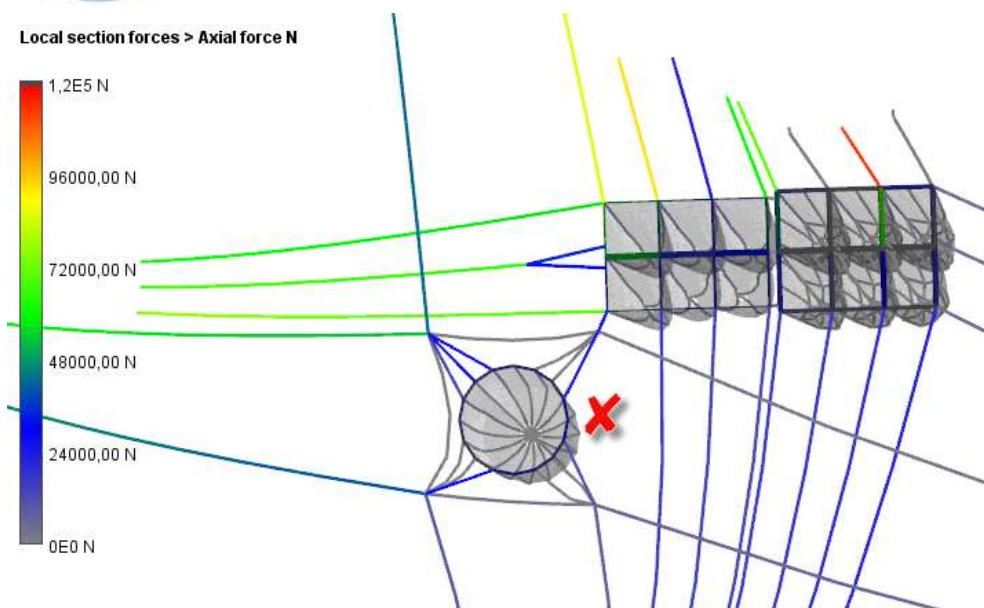
Figur 11: Analyse 28 med brudd i line 24 (kryss)

Ved brudd i line 24 som i analyse 28 (Figur 11) øker krafta i line 26 til 8,7 tonn dimensjonerende aksialkraft.



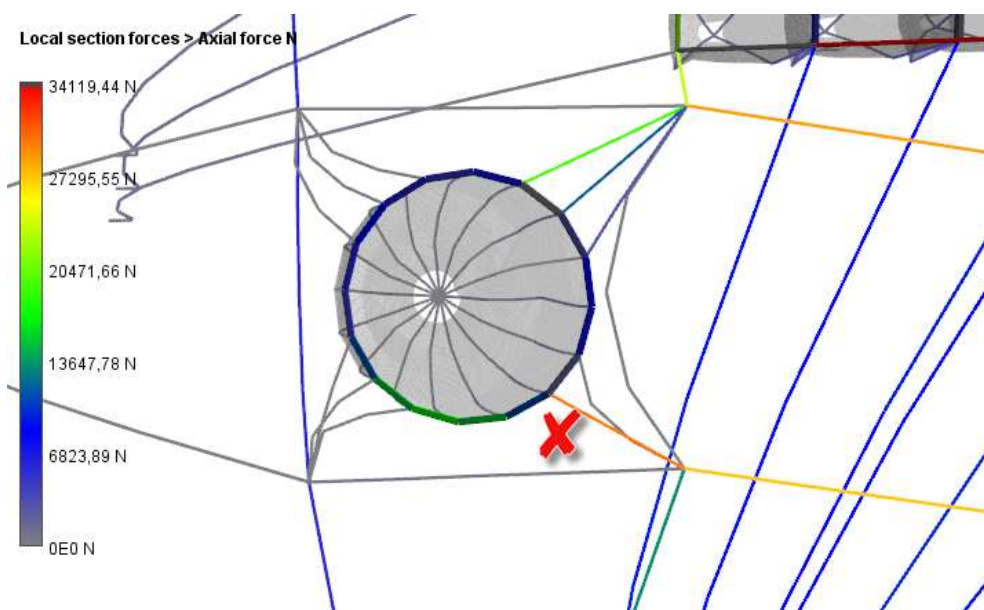
Figur 12: Analyse 29 med brudd i line 26 (kryss)

Ved brudd i line 26 som vist i Figur 12 øker krafta i line 27 til 9,0 tonn dimensjonerende aksialkraft.



Figur 13: Analyse 30 med brudd i ramma (kryss)

Ved brudd i ramma som vist i Figur 13 vil kreftene i hanefoten øke til 3,6 tonn.



Figur 14: Analyse 31 med brudd i hanefot (kryss)

Ved hanefotbrudd som i analyse 31 øker krafta i naboelement til 6,4 tonn.

9.4.1 Springflo

En vannstandheving på 1 meter vil ikke påvirke fortøyningsystemet, grunnet tilstrekkelig avstand til anker- eller boltfestene.

9.4.2 Punktering

Punktering/tap av flyteelement er vurdert til ikke å ha noen kritisk betydning for krefter i fortøyningsystemet.



9.5 Bunnfester

Det er tatt ut vertikalkrefter i bunnkjettingen fra samtlige analyser og subtrahert med vekt i vann av kjettingen og eventuelle lodd. Av dette får man restoppløft i tonn ved bunnfeste som vist i Tabell 11.

På de ankerlinene der restoppløftet er større enn vekten på bunnloddet/ankeret er det en viss risiko for at fortøyningspunktet mister festet. Eventuelt må det dokumenteres at bunnloddet/ankeret tåler vertikal kraft tilsvarende verdien i Tabell 11.

Bunnkjettingen er antatt å ha følgende vekt per meter.

Tabell 10: Beregning av kjettingvekt i vann 28 mm

Beregning av vekt i vann		
vekt i luft/m	18,3	kg/m
tetthet stål	7800	kg/m ³
tetthet vann	1025	kg/m ³
volum stål/m	0,002345	m ³
vekt i vann/m	15,9	kg/m

Tabell 11: Beregnet dimensjonerende vertikalløft i bunnfester i tonn

Line nr.	Oppløft kjetting [tonn]	Lodd [tonn]	Vekt kjetting [tonn]	Vekt anker [tonn]	Restoppløft [tonn]	Krav bruddlast [tonn]
1					bolt	14,6
2					bolt	33,5
3					bolt	35,2
4					bolt	10,2
5					bolt	22,1
6					bolt	25,8
7					bolt	15,9
8					bolt	39,9
9					bolt	12,7
10					bolt	24,9
11					bolt	29,6
12					bolt	35,2
13					bolt	16,0
14					bolt	12,4
15	1,38		0,44	0,61	0,33	7,6
16	1,21		0,44	0,61	0,17	6,6
17	1,09		0,44	0,61	0,05	7,1
18	1,43		0,44	0,61	0,38	8,7
19	1,35		0,44	0,61	0,30	8,7
20	1,88		0,44	0,61	0,84	11,4
21	2,50		0,44	0,61	1,45	14,7
22	3,63		0,44	1,10	2,09	17,2
23	2,48		0,44	1,10	0,94	12,9
24	3,35		0,44	1,10	1,82	17,4
25	4,69		0,44	1,10	3,15	20,7
26	5,83		0,44	1,10	4,30	28,0



27	5,94		0,44	1,10	4,40	24,3
28	5,00		0,44	1,10	3,46	22,2

$$\text{Restoppløft} = \text{Oppløft kjetting} - \text{Lodd} - \text{Vekt kjetting} - \text{Vekt anker}$$

Verdier for fjellbolt er ikke oppgitt, da oppløft er uvesentlig for denne type innfestning. Videre er det angitt krav til bruddlast av innfestning. Det opplyses om at det angis vekt i vann av komponenter. Som man ser fra Tabell 11 vil restoppløftet i liner 25 - 28 havne over 3 tonn. Installasjonselskapet vil kunne vurdere hvor mye hvert anker tåler i vertikalt oppløft. Et restoppløft over 0 behøver ikke bety at det er fare for at ankeret mister festet, men det bør sjekkes at ankeret sitter godt.

9.6 Krefter mot flytekrage

Største aksialkraft inn på flytekragen ved intakt tilstand er 11,7 t (Procean), 13,3 t (Nor-Mær) og 3,5 t (plastring). Brukerhåndboken for Procean-anlegget definerer ingen maksimallast fra fortøyning, men basert på type fortøyningsfeste vurderes grensen til over 30 tonn. Nor-Mær AS oppgir en grense på 13,5 tonn, mens en plastring med 160-meters omkrets og doble rør med Ø400 diameter bør tåle over 10 tonn. Dermed tåler alle flytekrage kreftene påført fra fortøyningen.

9.7 Bøyekrefter

Kreftene oppgitt i Tabell 12 er maksimale krefter ved intakt tilstand i kg. Oppgitte bøyestørrelser i liter er brukt i modellen. Se Figur 4 for plassering av bøyer i fortøyningsystemet.

Tabell 12: Opptredende dim. krefter i bøyer ved intakt tilstand

Bøyenr.	Størrelse	Maks dim [kg]
B1	1100	3783
B2	1100	2879
B3	1100	2789
B4	440	388

Noen av bøylene vil oppleve neddykking. Det må sjekkes med utstyrsleverandør for anbefaling av korrekt bøyestørrelse. Neddykking av bøye betyr ikke nødvendigvis fare for rømming, da flytekragen vil bidra med restoppdrift.



9.8 Krav til fortøyningen

Tabell 13: Dimensjonerende krefter i tonn og tilhørende MBL i fortøyningssystemet

Line nr.	Intakt tilstand			Skadet tilstand		
	Maks Kraft [tonn]	Mat.faktor	MBL Krav [tonn]	Maks Kraft [tonn]	Mat.faktor	MBL Krav [tonn]
Hanefot	3,5	3,0	10,5	3,6	2,0	7,2
Ramme	1,8	3,0	5,4	1,6	2,0	3,2
ringPro	6,4	3,0	19,2	6,6	2,0	13,2
Fleksi	7,3	3,0	21,9	7,9	2,0	15,9
1	4,9	3,0	14,6	7,3	2,0	14,6
2	11,2	3,0	33,5	10,5	2,0	20,9
3	11,7	3,0	35,2	11,7	2,0	23,4
4	3,4	3,0	10,2	2,9	2,0	5,8
5	7,4	3,0	22,1	7,1	2,0	14,2
6	8,6	3,0	25,8	8,9	2,0	17,8
7	5,3	3,0	15,9	5,0	2,0	10,0
8	13,3	3,0	39,9	11,6	2,0	23,3
9	2,1	3,0	6,4	6,4	2,0	12,7
10	8,3	3,0	24,9	10,2	2,0	20,4
11	9,9	3,0	29,6	11,7	2,0	23,5
12	11,7	3,0	35,2	5,4	2,0	10,9
13	5,3	3,0	16,0	6,6	2,0	13,2
14	4,1	3,0	12,4	3,9	2,0	7,9
15	2,5	3,0	7,6	2,7	2,0	5,3
16	2,2	3,0	6,6	2,2	2,0	4,5
17	2,4	3,0	7,1	2,1	2,0	4,1
18	2,9	3,0	8,7	2,7	2,0	5,5
19	2,9	3,0	8,7	2,6	2,0	5,1
20	3,8	3,0	11,4	3,5	2,0	7,0
21	4,9	3,0	14,7	4,7	2,0	9,4
22	5,7	3,0	17,2	6,0	2,0	12,1
23	4,3	3,0	12,9	3,5	2,0	7,0
24	5,8	3,0	17,4	5,5	2,0	11,0
25	6,9	3,0	20,7	7,9	2,0	15,8
26	9,3	3,0	28,0	8,7	2,0	17,4
27	8,1	3,0	24,3	9,0	2,0	17,9
28	7,4	3,0	22,2	7,6	2,0	15,2
kj_bunn1	4,9	2,0	9,8	7,3	1,3	9,8
kj_bunn2	11,2	2,0	22,4	10,5	1,3	13,9
kj_bunn3	11,7	2,0	23,5	11,7	1,3	15,6
kj_bunn4	3,4	2,0	6,8	2,9	1,3	3,9
kj_bunn5	7,4	2,0	14,7	7,1	1,3	9,4
kj_bunn6	8,6	2,0	17,2	8,9	1,3	11,8
kj_bunn7	5,3	2,0	10,6	2,1	1,3	2,8
kj_bunn8	13,3	2,0	26,6	11,6	1,3	15,5
kj_bunn9	2,1	2,0	4,3	4,8	1,3	6,5
kj_bunn10	8,3	2,0	16,6	10,2	1,3	13,6
kj_bunn11	9,9	2,0	19,7	11,7	1,3	15,6
kj_bunn12	11,7	2,0	23,5	5,5	1,3	7,3
kj_bunn13	5,4	2,0	10,7	6,6	1,3	8,8
kj_bunn14	4,0	2,0	8,0	4,0	1,3	5,3
kj_bunn15	2,4	2,0	4,8	2,5	1,3	3,4
kj_bunn16	2,1	2,0	4,2	2,1	1,3	2,9



kj_bunn17	2,3	2,0	4,6	2,3	1,3	3,0
kj_bunn18	2,8	2,0	5,5	3,1	1,3	4,2
kj_bunn19	2,8	2,0	5,6	2,7	1,3	3,6
kj_bunn20	3,8	2,0	7,5	3,7	1,3	4,9
kj_bunn21	4,8	2,0	9,6	4,6	1,3	6,2
kj_bunn22	5,6	2,0	11,3	5,9	1,3	7,8
kj_bunn23	4,3	2,0	8,5	3,5	1,3	4,6
kj_bunn24	5,8	2,0	11,5	5,5	1,3	7,3
kj_bunn25	6,9	2,0	13,7	7,8	1,3	10,4
kj_bunn26	9,3	2,0	18,5	8,7	1,3	11,6
kj_bunn27	8,0	2,0	16,1	8,9	1,3	11,9
kj_bunn28	7,4	2,0	14,7	7,5	1,3	10,0

Tabell 13 viser dimensjonerende krefter og tilhørende MBL for både intakt og skadet tilstand. I de tilfellene MBL fra skadet tilstand overstiger den fra intakt tilstand er verdien merket med rødt.

10 Konklusjon

Dersom fortøyningen er dimensjonert i henhold til Tabell 13 eller sterkere og har nødvendig motvekt i bunnfestene som vist i Tabell 11 har den tilstrekkelig kapasitet i henhold til NS 9415:2009.

Fortøyningen slik beskrevet i denne rapporten innfrir krav til pålitelighetsklasse 2.

Det forutsettes at bunnfestene er installert og sjekket for styrke.

11 Referanser

Berge-Haveland, F. (2010). *Lokalitetsklassifisering lokalitet Laksevika, nr. 439-2010*. Rådal: Resipientanalyse AS.

Norsk Standard NS 9415:2009 Flytende oppdrettsanlegg - Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. (2009). Standard Norge.

Recommended Practice, DNV-RP-C203, Fatigue design of offshore steel structures. (2010). Det Norske Veritas.