

# Teknisk notat

TN-30920-6339-1

Revisjon 1 Dato: 17/11 2020

Tema: Sikkerhetsfaktorer tau

Oppdragsgiver: Sjømat Norge

Forfatter: Are Berstad, Aquastructures, Kjøpmannsgata 21 7013  
Trondheim, 2020. [www.aquastructures.no](http://www.aquastructures.no)

---

## Innhold

1	Bakgrunn.....	3
2	Omfang .....	3
3	Sikkerhetsfaktorer .....	3
3.1	Sikkerhetsfaktorer i noen aktuelle standarder .....	3
3.2	Returperiode laster og lastkombinasjoner .....	5
3.3	Utmatting.....	5
3.4	Andre forskjeller .....	5
4	Litteraturstudie.....	6
5	Empiristudier.....	7
6	Konklusjon.....	10
6.1	Konkluderende kommentarer .....	10
6.2	Forslag til fremtidig sikkerhetsfaktor (materialfaktor).....	10
7	Referanser .....	11
A1	Appendiks 1 .....	12
A2	Appendiks 2 .....	12
A2.1	DNVGL-OS-E301, 2015 .....	12
A2.2	DNVGL-OS-E301, 2018 .....	13
A2.2.1	DNVGL-OS-E301 Returperiode for kombinasjon av miljøeffekter.....	14
A2.3	BW NR 493.....	15
A2.4	ABS-GN2011.....	15
A2.5	API-2SM .....	16
A2.6	BW NR 494.....	16
A2.7	ISO 19901-7.....	16

## 1 Bakgrunn

Målet med dette arbeidet har vært å undersøke bakgrunnen for materialfaktor for tau brukt i NS 9415. Dette dokumentet sammenligner materialfaktorer på tvers av bransjer, diskuterer kontekst og forutsetninger og utfører empiriske studier.

## 2 Omfang

Dokumentet presenterer en sammenligning av sikkerhetsfaktorer fra andre standarder og bransjer, samt en empirisk studie av hvor mye styrken i tau er redusert for faktiske, brukte tau.

Det er utført en litteraturstudie i forhold til degradering av tau over tid.

Det er utført empiriske studier for kapasitet av brukte tau. Dette for å finne statistikk for kapasitetsreduksjon i forhold til alder på de tau som vanligvis benyttes i havbruksnæringen.

Det konkluderes med forslag til justert materialfaktor for tau i havbruksnæringen.

## 3 Sikkerhetsfaktorer

Krav til sikkerhet av kapasitet er vanligvis formulert som

$$S_{dim} = \gamma_s * S \leq \frac{R}{\gamma_m}$$

Hvor  $\gamma_s$  er en sikkerhetsfaktor som multipliseres med påført last,  $S$ , lastfaktor.  $\gamma_m$  er materialfaktor som kapasitet,  $R$ , deles på. Total sikkerhetsfaktor er

$$\gamma_t = \gamma_s \gamma_m$$

### 3.1 Sikkerhetsfaktorer i noen aktuelle standarder

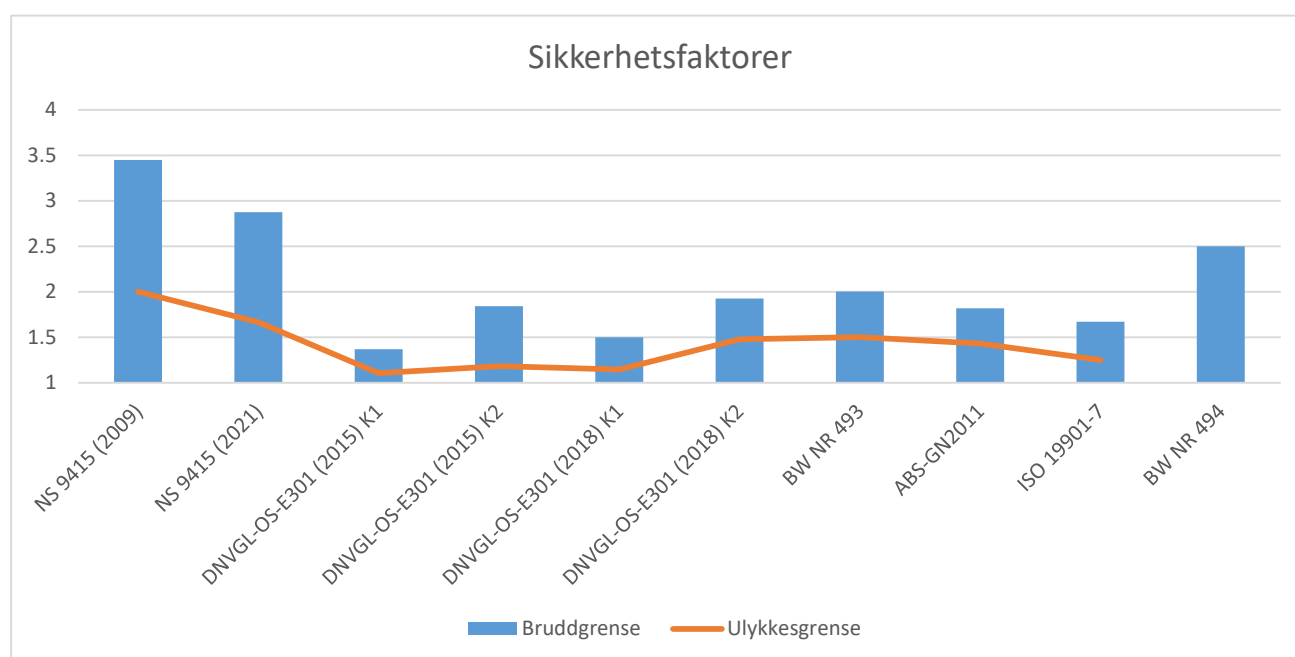
Det varierer om standarder definerer last og materialfaktorer, eller om de definerer totale sikkerhetsfaktorer. Dette dokumentet har funnet total sikkerhetsfaktor  $\gamma_t$  fra standarder i listen under. Sammenligning er vist i Figur 1. Aksemerker i Figur 1 viser til dokumentene fra følgende standarder:

1. **NS 9415(2009)**: Norsk Standard, NS 9415 2009 versjon.
2. **NS 9415(2021)**: Norsk Standard, NS 9415 2021 versjon.
3. **DNVGL-OS-E301 (2015)**: Det Norske Veritas, «Position mooring». Benyttet i olje og gassnæring. Ref 3. K1 og K2 betegner konsekvensklasser.
4. **DNVGL-OS-E301 (2018)**: Det Norske Veritas, «Position mooring». Oppdeling og faktorer er endret fra 2015. Det deles opp med en faktor for forspenning og en for miljølaster, se seksjon A. Jeg har antatt miljølaster 90% i denne sammenligning. For klasse K1 varierer faktorer mellom fast installasjon eller midlertidig. I sammenligning er benyttet K1 for fast installasjon. For K2 er faktorer for faste og mobile enheter like.
5. **BW NR 493**: Bureau Veritas. «Classification of mooring systems for permanent and mobile offshore units». Benyttet i Olje og gassnæring.
6. **ABS-GN2011**: American bureau of shipping. «The Application of Fiber Rope for Offshore Mooring. Benyttet i olje og gassnæring.

7. **ISO-19901-7:** ISO 19901-7 «Petroliums- og naturgassindustri. Spesifikke krav til offshorekonstruksjoner. Del 7: Dynamisk posisjonering og forankring av flytende innretninger og flyttbare innretning til havs (ISO 19901-7:2013). Standard Norge 2013»
8. **BW NR 494:** Bureau Veritas. «Rules for the Classification of Offshore Loading and Offloading Buoys» Benyttet i Olje og gassnæring. Er spesielt for skip som legger til bøye for lessing av olje.

Alle disse standarder er referert i referanseliste.

Figur 1 viser total sikkerhetsfaktor utledet for dokumentene angitt over.



Figur 1 Sikkerhetsfaktorer i nevnte standarder.

Tabell 1 Faktorer fra Figur 1.

Standard	Bruddgrense	Ulykkesgrense
NS 9415 (2009)	3.45	2.0
NS 9415 (2021)	2.875	1.67
DNVGL-OS-E301 (2015) K1	1.37	1.11
DNVGL-OS-E301 (2015) K2	1.84	1.18
DNVGL-OS-E301 (2018) K1	1.50	1.15
DNVGL-OS-E301 (2018) K2	1.93	1.48
BW NR 493	2.00	1.50
ABS-GN2011	1.82	1.43
ISO 19901-7	1.67	1.25
BW NR 494	2.50	-

Appendiks 1 gir en oversikt over hvordan det er kommet frem til sikkerhetsfaktorer angitt i Figur 1.

Appendiks 2 gir videre oversikt og kommentarer til noen ytterligere dokumenter som er gjennomgått.

### 3.2 Returperiode laster og lastkombinasjoner

Sikkerhetsfaktorer dekker både kapasitet og last. Sikkerhetsnivået avhenger av hvordan last og kapasitet beregnes. Returperiode for de viktigste miljøparameterne er en viktig input der. Tabell 2 viser vanlige returperioder og kombinasjoner assosiert med de vurderte standarder..

**Tabell 2** Kombinasjoner er av miljødata (Dokumentforfatter så ikke forskjell i 2015 og 2018 versjonen av DNVGL-OS-E301 på dette. Derfor er de samlet i denne tabellen.) **NO** angir de forskjellige kombinasjoner i gitte standarder.

Standard	No: #	Vind	Strøm	Bølge
NS 9415	1	50	10	50
	2	10	50	10
DNVGL-OS-E301 (1)	1	100	10	100
DNVGL-OS-E301 (2)	2	20	100	20
DNVGL-OS-E301 (2)	3	100	5	5
BW NR 493 (3)	1	50	10	100
BW NR 493	2	100	10	50
BW NR 493	3	10	100	10
ABS-GN2011 (4)	1	100	10	100
ISO 19901-7 (5)				
BW NR 494 (6)				

- (1) Se Appendix 2.
- (2) Det opereres med noen reduksjonsfaktorer
- (3) Fant lite her, men utledet dette. Antar omtrent som de andre ellers.
- (4) Fant kun en sikker kombinasjon
- (5) Ikke noe spesifikt funnet
- (6) Denne standarden er i størst grad knyttet opp mot operasjoner

Som man ser fra Tabell 2, benytter disse standarder i stor grad 100 år returperiode for ledende lastkomponent og 10 (evt 20) for «nest største». Forenklet kan det sammenlignes med i underkant av 10% økning i last, noe som igjen kan sammenlignes med 10% ekstra sikkerhet for et klassisk oppdrettsanlegg som deformeres i takt med økende last. For stivere konstruksjoner kan last øke kvadratisk fra denne lastforskjellen.

### 3.3 Utmatting

Gjennomgåtte standarder har generelt også ganske strikse kriterier på utmatting. Utmatting er i utgangspunktet ikke noe problem for slike tau, med mindre man anser all degradering over tid som utmatting. Degradering over tid omhandles i avsnitt 5.

### 3.4 Andre forskjeller

Det er flere parametere som vil innvirke på total sikkerhet. Blant annet systemer for

- Lastmonitorering
- Beskyttende kappe rundt tau
- Inspeksjon og testing gjennom levetid

- Eksponering av tau over levetid (splash sone, UV) og mot operasjoner (kontakt/friksjon med andre komponenter)

Jo mer man beskytter mot effekter som degraderer tau over tid, jo mindre trenger man at en materialfaktor inkluderer dette. Eksempelvis er det i olje og gass-næringen vanlig med kappe rundt tau. Dette reduserer degradering over tid, fordi tauet beskyttes mot flere av effektene som skaper degradering over tid. Dersom man forutsetter nåværende kultur i havbruksnæringen, kan det medføre økt risiko å redusere sikkerhetsfaktorer til nivået i bransjer hvor det er en annen kultur og systemer for inspeksjon, innkapsling, testing mm.

For å undersøke mulig reduksjon i kapasitet for tau over tid er det i gjennomført en undersøkelse rundt dette som inneholder en litteraturstudie (avsnitt 4) mens det i avsnitt 5 er gjennomført en empirisk undersøkelse.

## 4 Litteraturstudie

Det er flere faktorer som gjør at tau degraderer over tid. Dokumentet «Guidance on the use of synthetic fibre ropes for marine energy devices» (ref 9) gir en oversikt over effekter vist i Figur 2

	<b>Wear, fatigue</b>	<b>UV exposure</b>	<b>Bio-fouling</b>	<b>Creep</b>	<b>Shock-loading</b>	<b>Axial compression</b>
<b>Check</b>	Cuts and chaffing, broken or pulled fibres may give a fuzzy appearance, rope compaction, localised melting. Damage to splices/terminations	Brittleness and discolouration of outer fibres for unjacketed ropes	Significant bio-fouling <sup>26</sup>	In the absence of in-situ elongation measurements a significant change in pre-tension may indicate creep	Usually not discernible from visual inspection, hence check load measurements	Bulges may appear in ropes with a tight jacket. Damaged fibres will have a kinked or 'Z'-shaped appearance or be severed.

Figur 2 oversikt over faktorer som fører til redusert kapasitet av tau over tid. (ref. 9)

Wikipedia angir flere årsaker til at polyestertau (Wiki 2020) degraderer over tid, disse er angitt i punkter under

- Sand eller leire som legger seg inn i tauet bidrar til slitasjeskader innvendig. En har ved tester fått redusert utmattingslevetiden med 13-40%.
- Slitasje ved gjentatte bevegelser av tauet på ru flater kan gi utvendige skader.
- Høy temperatur på grunn av friksjon kan føre til at trådene smelter. Friksjonen kan være utvendig, eller innvendig mellom trådene.
- Marine organismer som trenger seg inn i tauet og ødelegger det. Noen er svært skarpe i kantene og bidrar sammen med trådenes bevegelser til skader. Dette problemet kan reduseres ved ikke å bruke polyestertau i den øvre delen av vannsøylen, der begroing er sterkest.
- Tau som er konstant belastet med mer enn ca. 70% av bruddstyrken vil ryke etter en tid.

- Nedbryting på grunn av sollys. Tynne tau er mer utsatt enn tykke tau, noe som sannsynligvis rett og slett skyldes at tynnere tau har større overflate i forhold til areal. Det er kjent at kapasiteten til tau svekkes over tid (e.g. ref 9). Hvor mye det svekkes påvirkes for eksempel av om det er kultur for innkapsling av tau, slik som i olje og gassnæringen, hvor det i stor grad også monitoreres, for å unngå og evt. oppdage svekkelse over tid.

Standarder nevnt i Kapittel 3 omhandler til en viss grad aspekter rundt degradering over tid. I alle standarder er relasjonen mellom høyeste tålte kraft, og hvor mange sykler som tåles av lavere krefter, mye gunstigere for tau enn for kjetting. Dette tilsier i praksis at klassisk utmatting ikke er noe problem for tau. Dette er i tråd med hva som oppfattes også i havbruksnæringen. Det fører til at utmatting ikke vil slå ut som kriterier for tau for oppdrettsanlegg, gitt sikkerhetsfaktorer i NS 9415 (2009) og dette endres ikke mye til NS 9415 (2021).

Som man ser fra Figur 2, finnes det muligheter til å studere restkapasitet på tau; inkludert ikke-destruktive metoder. Dette kan være aktuelle ting å ta med seg med hensyn til å få et system for forlengelse av levetid for tau.

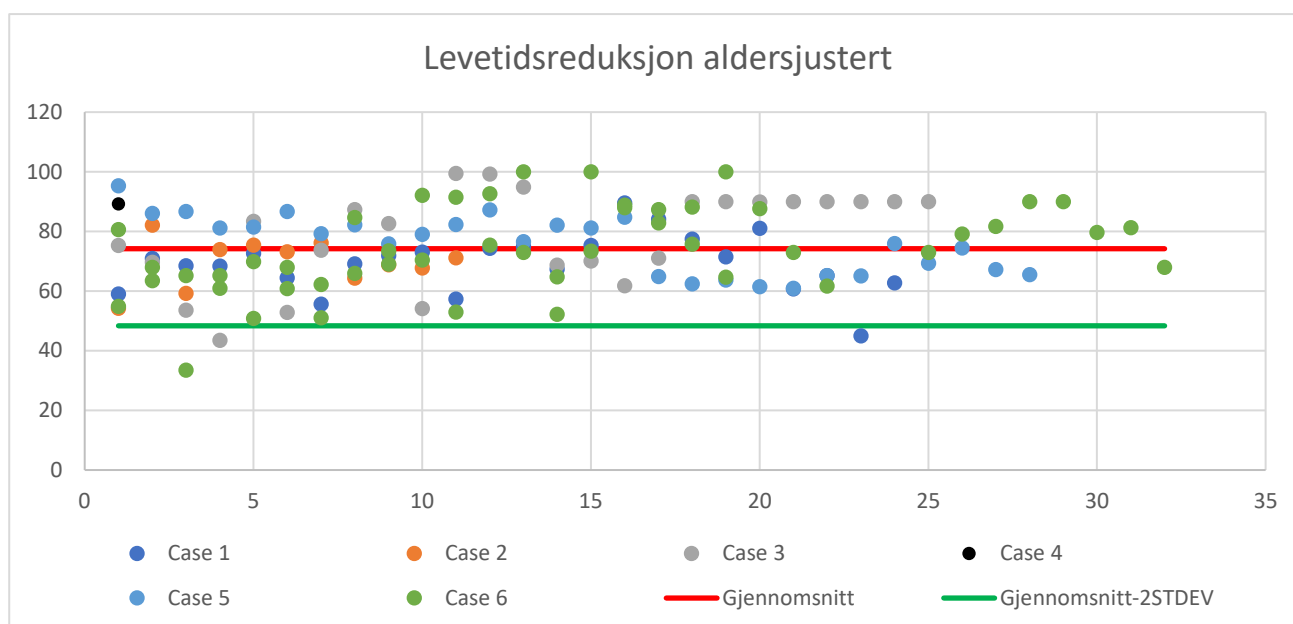
## 5 Empiristudier

For å studere effekter av hvordan tau som har vært i bruk degraderer over tid, er det blitt samlet inn data for kapasitet i brukte tau fra havbruksnæringen. Figur 3 viser hvor mye de enkelte tau har i kapasitet relativt til full kapasitet i prosent (dvs full kapasitet = 100).

De forskjellige punkter/linje i Figur 3 er følgende:

- Case 1: Testdata notstaver. Man kan se på det som % av «full» kapasitet.
- Case 2-4: Testdata fortøyning
- Case 5 og 6 Notstaver
- Gjennomsnitt: Gjennomsnitt av alle data
- Gjennomsnitt – 2STD: Gjennomsnitt – 2\*standardavvik. Denne la seg omtrent på 95% persentil av data. 2STD er benyttet som alternativ til 95% persentil, da denne parameteren fremsto noe mindre sensitiv for enkelt-tall.

For alle testede verdier er det i figuren oppgitt funnet kapasitet ved test / Nominell kapasitet \*100.



Figur 3 Kapasitet i forhold til kapasitet nytt tau, normalisert, 100 = samme kapasitet

Resultater i Figur 3 er ekstrapolert til 10 års levetid. For tau som er testet ved kortere levetid, er reduksjon i styrke multiplisert med  $10/(\text{alder ved test})$ . Tabell 3 angir statistiske parametere for empiri vist i Figur 3.

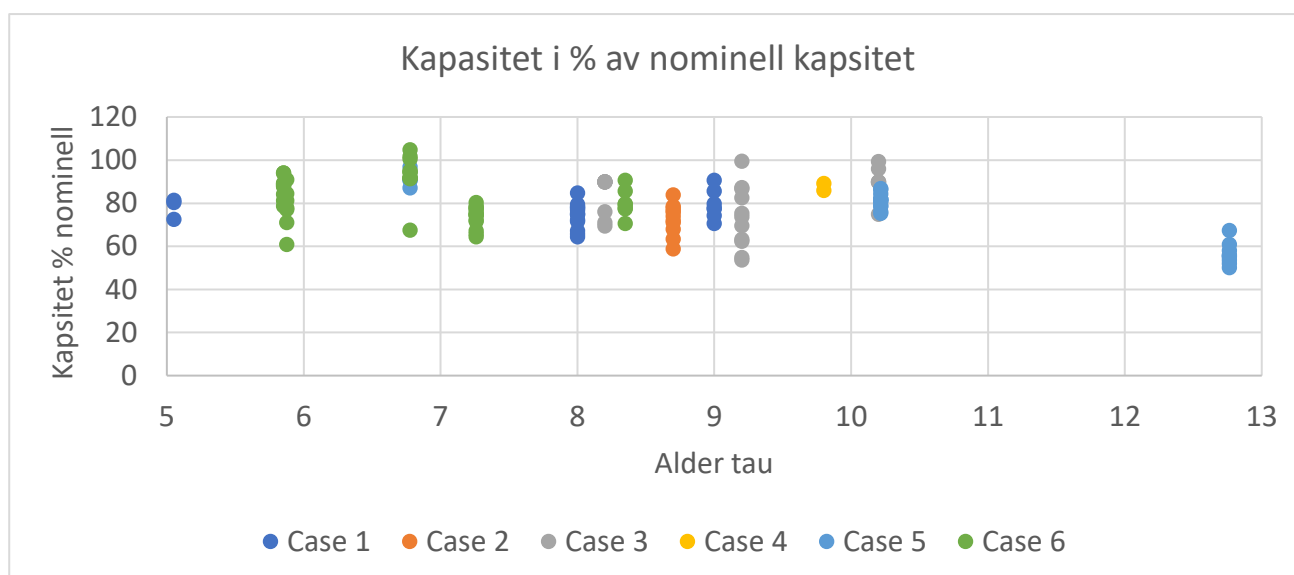
Tabell 3 Statistiske parametere i Figur 3

Parameter		Ekvivalent materialfaktor
Gjennomsnitt -2STD	48.36	2.07
2 STDEV	25.86	
STDEV	12.93	
Gjennomsnitt	74.22	1.35

Noen innsamlede data var for tau med alder lavere enn 5 år. Disse er ikke med i sammenligningen.

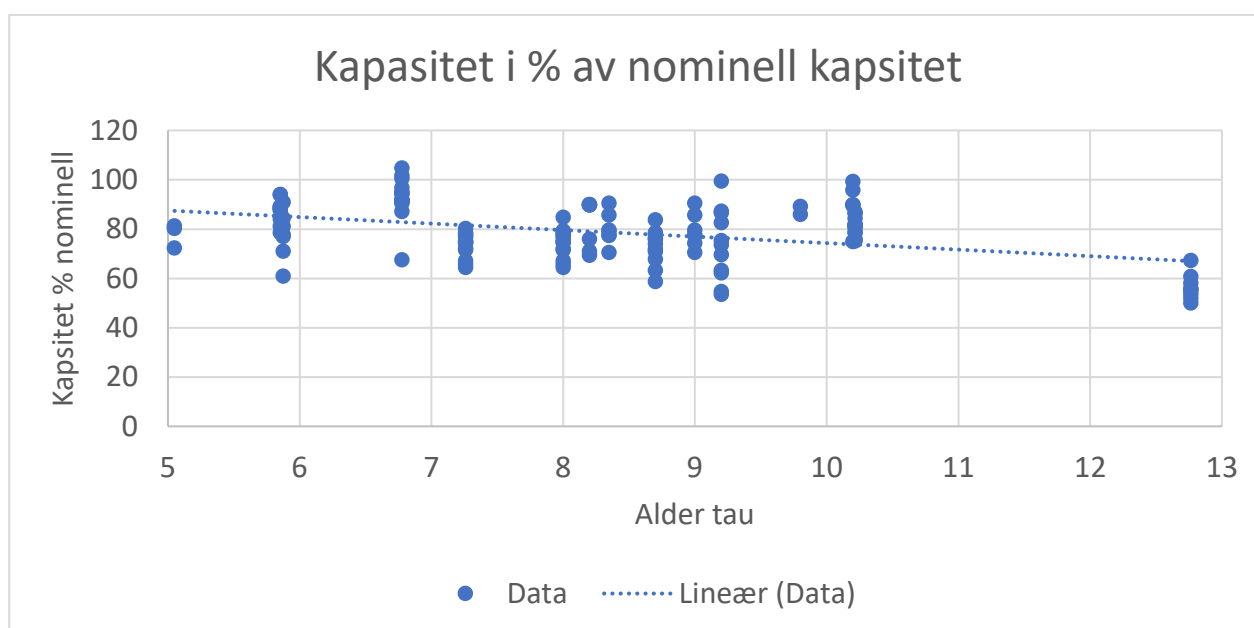
Figur 4 viser restkapasitet i forhold til ny kapasitet for alle data.





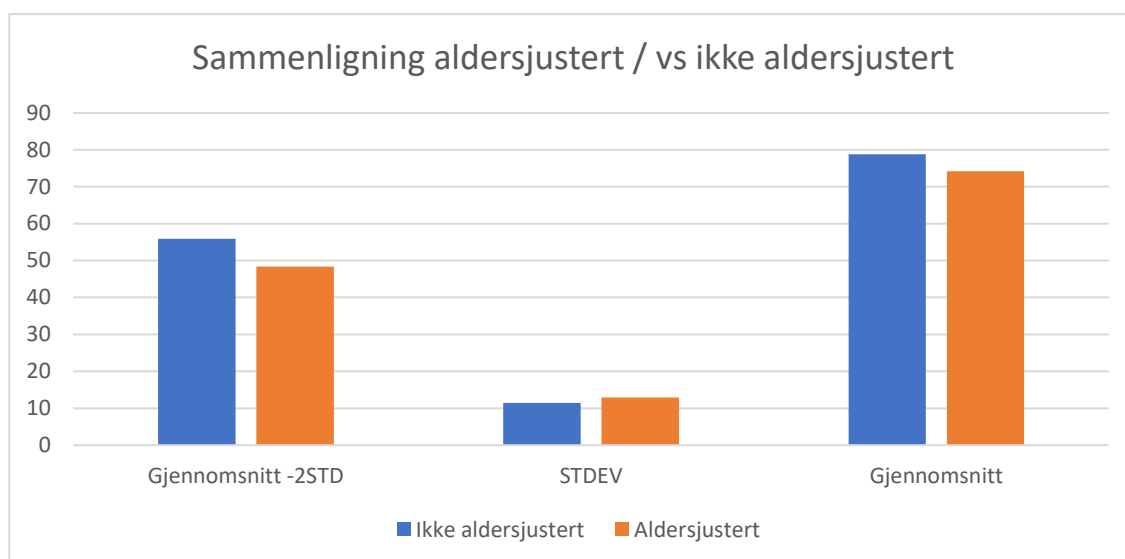
Figur 4 Kapasitet som funksjon av alder (relativ til nominell kapasitet)

Figur 5 viser det samme som Figur 4 med trendlinje for alle data. Som man ser tenderer data nedover. Man ser også at tau kan ha høyere kapasitet enn nominell. Dette har tauet med seg fra nytt tau.



Figur 5 Kapasitet som funksjon av alder (relativ til nominell kapasitet) med trendlinje for alle data.

Figur 6 viser en sammenligning av statistiske parametere, hvor forskjell på caser er om jeg ekstrapolerte taukapasitetsreduksjonen til 10 år eller ikke. Standardavviket øker, og gjennomsnittlig kapasitet minker når det er ekstrapolert til 10 år. Dette er som forventet.



Figur 6 Sammenligning av statistiske parametere, avhengig av om aldersjustering er tatt med eller ikke.

## 6 Konklusjon

### 6.1 Konkluderende kommentarer

Sikkerhetsfaktoren for tau i oppdrettsanlegg er vesentlig høyere enn for tilsvarende tau i olje og gassnæringen.

Forskjellen kan i stor grad skyldes hvordan det tas høyde for at tau degraderes over tid. I havbruksnæringen i dag er det kultur for at tau får være i bruk i ca 10 år fra det er nytt, og at man i den tiden ikke gjør annen testing enn visuell kontroll.

Statistisk analyse av styrkereduksjon over tid viser at styrke reduseres, men at man selv etter 10 år fortsatt er på tilfredsstillende sikkerhetsnivå når man har benyttet 3 i materialfaktor, gitt nytt tau. Basert på denne empirien bør materialfaktor som minimum være på 2.

Det ble funnet interessante punkter i litteraturen vedrørende degradering av tau over tid som kan være aktuelt å ta med i forhold til forlenget levetid for tau.

### 6.2 Forslag til fremtidig sikkerhetsfaktor (materialfaktor)

Basert på arbeid nevnt i denne rapporten, samt på at næringen nå har en lang historikk uten rømming forårsaket av for svake tau, vurderes det at 2.5 kan være en passende materialfaktor. Polyester og andre filamenttyper kan ha annen degradering over tid enn poliofin (Danline) tau, som er vanligst brukt i oppdrettsnæringen, men også andre tau degraderer over tid. Jeg anbefaler derfor at også andre tau og stropper får samme materialfaktor, dvs. 2.5.

## 7 Referanser

1. NS 9415:2009 «Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift.»
2. ISO 18692-1 (2018) «Fibre ropes for offshore stationkeeping — Part 1: General specification»
3. DNVGL-OS-E301 (2015/2018) «Position mooring» DNVGL.
4. DNVGL-OS-E303 (2015) «Offshore fibre ropes»
5. Bureau Veritas NR493 (2015) «Classification of mooring systems for permanent and mobile offshore units»
6. Bureau Veritas NR494 (2006) «Rules for the Classification of Offshore Loading and Offloading Buoys»
7. ABS (2014) «The Application of Fiber Rope for Offshore Mooring» Guidance notes. AUGUST 2011 (Updated February 2014).
8. API (2011) «Recommended Practice 2SM Design, Manufacture, Installation, and Maintenance of Synthetic Fiber Ropes for Offshore Mooring». American Petroleum Institute.
9. Weller, S., P. Davies, L. Johanning, S Banfield (2013) «Guidance on the use of synthetic fibre ropes for marine energy devices» Deliverable 3.5.2 from the MERiFIC Project.
10. Weller, S., P. Davies, L. Johanning, S Banfield (2013) «Marine Energy in Far Peripheral and Island Communities» Ifremer reference: RDT CSM 13-232 September 2013
11. Wiki (2020) «<https://no.wikipedia.org/wiki/Polyestertau>»
12. ISO 19901-7 «Petroleum- og naturgassindustri. Spesifikke krav til offshorekonstruksjoner. Del 7: Dynamisk posisjonering og forankring av flytende innretninger og flyttbare innretning til havs (ISO 19901-7:2013). Standard Norge 2013»  
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=6388>

17

## A1 Appendiks 1

Tabell 4 Last og materialfaktorer fra standarder. Kommentarnummer refereres til punkter under tabellen.

Standard	Bruddgrense		
	Lastfaktor	Materialfaktor	Kombinert faktor
NS 9415 (2009)	1.15	3	3.45
NS 9415 (2021)	1.15	2.5	2.875
DNVGL-OS-E301 (2015) K1	1.3	1.05	1.37
DNVGL-OS-E301 (2015) K2	1.75	1.05	1.84
DNVGL-OS-E301 (2018) K1	1.425	1.05	1.50
DNVGL-OS-E301 (2018) K2	1.83	1.05	1.93
BW NR 493	1.67	1.20	2.00
ABS-GN2011	1.82	1.00	1.82
ISO 19901-7	1.67	1	
BW NR 494	2.5	1.00	2.50
	Ulykkesgrense		
NS 9415 (2009)	1.0	2.0	2.0
NS 9415 (2021)	1.0	1.67	1.67
DNVGL-OS-E301 (2018) K1	1.05	1.05	1.11
DNVGL-OS-E301 (2015) K2	1.13	1.05	1.18
DNVGL-OS-E301 (2018) K1	1.09	1.05	1.15
DNVGL-OS-E301 (2018) K2	1.41	1.05	1.48
BW NR 493	1.25	1.2	1.50
ABS-GN2011	1.43	1	1.43
ISO 19901-7	1.25	1	1.25
BW NR 494			

## A2 Appendiks 2

Dette appendikset inneholder kommentarer fra hvordan jeg har tolket meg fram til sikkerhetsfaktorer fra de forskjellige standardene og utklippene under.

### A2.1 DNVGL-OS-E301, 2015

Dette dokumentet opererer med sikkerhetsfaktorer slik vist i Figur 7 og Figur 8 for ULS og ALS respektive. Som man ser skiller det på statiske laster og dynamiske laster. For å sammenligne med NS 9415 har jeg benyttet konsekvensklasse 2, og jeg har antatt at 50% av lastene er statiske og 50% av lastene er dynamiske. Midlere strøm er definert som statisk last (Figur 9).

~L

**Table 1 Partial safety factors for ULS**

<i>Consequence Class</i>	<i>Type of analysis of wave frequency tension</i>	<i>Partial Safety factor on mean tension</i> $\gamma_{mean}$	<i>Partial Safety factor on dynamic tension</i> $\gamma_{dyn}$
1	Dynamic	1.10	1.50
2	Dynamic	1.40	2.10
1	Quasi-static	1.70	
2	Quasi-static	2.50	

Figur 7 ULS sikkerhetsfaktor DNVGL-OS-E301, 2015.

**Table 2 Partial safety factors for ALS**

<i>Consequence Class</i>	<i>Type of analysis of wave frequency tension</i>	<i>Partial Safety factor on mean tension</i> $\gamma_{mean}$	<i>Partial Safety factor on dynamic tension</i> $\gamma_{dyn}$
1	Dynamic	1.00	1.10
2	Dynamic	1.00	1.25
1	Quasi-static	1.10	
2	Quasi-static	1.35	

Figur 8 ALS sikkerhetsfaktor DNVGL-OS-E301, 2015.

components of characteristic line tension are considered.

- $T_{C-mean}$  the characteristic mean line tension, due to pretension and mean environmental loads. The mean environmental loads are caused by static wind, current and mean wave drift forces.
- $T_{C-dyn}$  the characteristic dynamic line tension induced by low-frequency and wave-frequency motions.

—  $T_{C-mean}$  is the characteristic mean line tension, due to pretension and mean environmental loads.

Figur 9 Hva som er definert som statisk / dynamisk last, respektive

Sikkerhetsfaktorer i Figur 7 og Figur 8 dekker både last og materialfaktor

## A2.2 DNVGL-OS-E301, 2018

I DNVGL-OS-E301 2018 sikkerhetsfaktorer fra 2015 versjonen er noe endret. Man har endret fra å differensiere mellom statiske og dynamiske laster til å differensiere mellom forspenning og miljølast, se Figur 10 og Figur 11.

**Table 1 Partial safety factors for ULS**

Consequence class	Type of unit	Time domain analysis		Frequency domain analysis*)	
		Safety factor on pretension $\gamma_{\text{pret}}$	Safety factor on env. tension $\gamma_{\text{env}}$	Safety factor on pretension $\gamma_{\text{pret}}$	Safety factor on env. tension $\gamma_{\text{env}}$
1	Permanent	1.20	1.45	1.20	1.80
1	Mobile	1.20	1.35	1.20	1.50
2	Permanent & mobile	1.20	1.90	1.20	2.30

Figur 10 ULS sikkerhetsfaktor DNVGL-OS-E301, 2018.

**Table 2 Partial safety factors for ALS**

Consequence class	Type of unit	Time domain analysis		Frequency domain analysis*)	
		Safety factor on pretension $\gamma_{\text{pret}}$	Safety factor on env. tension $\gamma_{\text{env}}$	Safety factor on pretension $\gamma_{\text{pret}}$	Safety factor on env. tension $\gamma_{\text{env}}$
1	Permanent	1.00	1.10	1.00	1.25
1	Mobile	1.00	1.05	1.00	1.10
2	Permanent & mobile	1.00	1.45	1.00	1.70

Figur 11 ALS sikkerhetsfaktor DNVGL-OS-E301, 2018.

Jeg har antatt at 10% av laster i line er forspenning og 90% er miljølaster for beregning av ekvivalent materialfaktor.

#### A2.2.1 DNVGL-OS-E301 Returperiode for kombinasjon av miljøeffekter

For kombinasjon at strøm, vind og bølger angitt i Tabell 2, er følgende tekst benyttet som basis:

DNVGL-OS-E301 Chapter 2 Section 1:

*1.2.5 In Norwegian and UK sectors and some other extra-tropical locations, a combination employing both wind and waves with 100-year return periods together with current with a 10-year return period is usually acceptable. This combination becomes less acceptable as load-effects arising from current become more important.*

*1.2.6 Additional to [1.2.5] for locations with more complex combinations of environmental effects, it is advantageous to consider a few likely candidates for the dominant effect. A 100-year return period is applied to each candidate in turn and fairly realistic, unfavourable levels are applied to the other effects that act simultaneously; e.g.*

*a) Dominant squall winds with a 100-year return period, in association with; (i) other effects with a 5% probability of exceedance, (ii) in the absence of some or all other effects.*

*b) Dominant current with a 100-year return period, in association with; (i) other effects with a 5% probability of exceedance, (ii) other effects with 95% probability of exceedance. It shall be*

*demonstrated that the range of potentially critical cases has been covered, usually by a combination of reasoning, calculation and relevant experience*

Det er antatt at 100 år i denne sammenheng er tilnærmet 100% sannsynlighet for overskridelse, mens 5% sannsynlighet for overskridelse betyr at det skjer ca 5 ganger på hunder år, og at 95% sannsynlighet for overskridelse betyr at det skjer ca 20 ganger på hundre år.

Med hensyn til kastevind og vind, virker det som at i lastkombinasjoner hvor vind ikke er dominerende faktor, er det vanlig å bruke 1 minuttets returperiode for vind (avsnitt 2.3 (DNVGL-OS-E301))

Med hensyn til strøm, virker det som om DNVGL-OS-E301 avsnitt 2.4 er skrevet som om 10 års returperiode for strøm er det vanlige, mens kombinasjoner med 100 års strøm er mer uvanlige.

### A2.3 BW NR 493

Figur 12 viser sikkerhetsfaktorer i dette dokumentet. I note 2 står det at man skal øke sikkerhetsfaktoren med 20% for andre typer tau enn polyester, og med 10% for polyester. Vanlig tau i oppdrettsbransjen er Polypropylene/polyetylene – blanding. Jeg har derfor ansett denne kommentaren til å bety en materialfaktor på 1.2, mens jeg har tatt lastfaktorer fra «Dynamisk».

Line type 1 betyr at ved brudd flytter installasjonen seg nærmere annen installasjon, mens Line type 2 er alle andre liner. Jeg har derfor antatt line type 2. Satte det som en materialfaktor på 1.2.

**Table 5 : Minimum values of safety factors for mooring line components**

Condition of system	Method of analysis (1)	
	Quasi-dynamic	Dynamic
Intact (2)	1,75	1,67
Damaged (2)	1,25	1,25
Transient (3) (4)	1,25	1,20
Damaged (two adjacent lines removed) (2) (5)	1,00	1,00

**Note 1:** Base factors are for line type II (see [11.1.1]) i.e. they do not apply to structures in close proximity. See (2) and (4).  
**Note 2:** For fibre ropes, the minimum values of safety factors are to be increased in the rope itself (i.e. not including other parts of the line) by 10% for polyester ropes and 20% for the other materials.

(1) The minimum values given for dynamic analysis may also be used with the results of a quasi-dynamic analysis, after agreement of the Society, when the characterization of the line response has provided a firm evidence of a dynamic amplification factor DAF lower than 1,0 in all the relevant conditions (see App 1).  
(2) Minimum values to be increased by 25% for line type I.  
(3) Applying the methodology in [6.3], and when required.  
(4) Minimum values to be increased by 40% for the most loaded line, following the breakage of a line type I.  
(5) Only for notation **POSA-HR**.

**Figur 12 Sikkerhetsfaktorer**

### A2.4 ABS-GN2011

Figur 13 viser sikkerhetsfaktorer i dette dokumentet. Jeg så ikke noe angående materialer, bortsett fra å bruke minimum bruddlast, som er vanlig. Satte derfor materialfaktor til 1.0

## 1 Tension Criteria

Tension limits and factors of safety for intact and one line damaged condition for the most loaded line based on dynamic analysis are provided in Section 7, Table 1.

**TABLE 1**  
**Tension Limit and Factor of Safety for Dynamic Analysis**

	<i>Tension Limit (% MBS)</i>	<i>Equivalent Factor of Safety</i>
Intact	55	1.82
Damaged	70	1.43

Figur 13 Kriterier ABS-GN2011

### A2.5 API-2SM

**API-2SM:** «Recommended Practice 2SM Design, Manufacture, Installation, and Maintenance of Synthetic Fiber Ropes for Offshore Mooring». American Petroleum Institute gir tilsvarende veiledning som ABS-GN2011, men har ikke sikkerhetsfaktorer.

### A2.6 BW NR 494

Dette er en standard som virker først og fremst å omhandle tankbåter som legger til for å losse olje fra bøyer i sjøen. Figur 14 viser sikkerhetsfaktorer for dette caset. Dersom man har en line skal man ha 3 i faktor, mens det er 2.5 om man har 2 liner. Jeg anser 2 liner som den mest relevante for å sammenligne med NS 9415.

**Table 6 : Safety factor**

	Chafe chain and other steel components		Hawser
	Q3 (1), QR3	QR4	
Twin-line system	2,0	2,2	2,5
Single line system	2,5	2,7	3
<b>(1)</b> See [5.3.4].			

Figur 14 Sikkerhetsfaktorer BW NR 494

### A2.7 ISO 19901-7

I denne standard fant jeg tall i Tabell 5, vist i Figur 15. Det er mulig det finnes noe på materialsiden, men jeg fant ikke noe direkte. Standarden viser til ISO 19901-1 for miljødata. Jeg tror vi vil ende på omtrent samme kombinasjoner mht returperiode av bølger, strøm og vind som standardene for olje og gass, men jeg gikk ikke i dybde for å utlede, og jeg fant ikke noe eksplisitt på dette (det betyr ikke at det ikke finnes).



of the floating structure.

**Table 5 — ULS line tension limits and design safety factors**

Analysis condition	Analysis method	Line tension limit (percent of MBS)	Design safety factor
Intact	Quasi-static	50 %	2,00
Intact	Dynamic	60 %	1,67
Redundancy check	Quasi-static	70 %	1,43
Redundancy check	Dynamic	80 %	1,25
Transient	Quasi-static or dynamic	95 %	1,05

Figur 15 Sikkerhetsfaktorer ISO 19901-7