

2018:01257 - Unrestricted

Rapport

NS 9415 - Strømprosjekt

Fastsettelse av ekstremstrøm

FHF-prosjektnummer: 901506

Forfatter(e)

Grim Eidnes

Juliane Borge, Multiconsult; Are Berstad, Aquastructures; Jenny-Lisa Reed, Åkerblå og Jørgen Walaunet, SinkabergHansen



SINTEF Ocean AS

2018-11-28

SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

NS 9415 - Strømprosjekt

Fastsettelse av ekstremstrøm

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2018:01257	302004135	3.1	2018-11-28

EMNEORD:
Oseanografi
Strøm
Ekstremverdi
NS 9415

FORFATTER(E)
Grim Eidnes
Juliane Borge, Multiconsult; Are Berstad, Aquastructures; Jenny-Lisa Reed, Åkerblå og Jørgen Walaunet, SinkabergHansen

OPPDRAKSGIVER(E)
Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

OPPDRAKSGIVERS REF.	ANTALL SIDER:
Kjell Maroni	15

GRADERING	GRADERING DENNE SIDE	ISBN
Åpen	Åpen	978-82-14-06810-8

SAMMENDRAG

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har igangsatt et prosjekt med formål å identifisere lange måleserier for strøm, analysere disse og foreslå nye omregningsfaktorer eller andre metoder for fastsettning av dimensjonerende strøm. Prosjektet er organisert som et samarbeid mellom Multiconsult, Aquastructures, Åkerblå, SinkabergHansen og SINTEF Ocean. Den foreliggende rapporten er en felles oppsummerende sluttrapport fra prosjektet.

Rapporten presenterer resultatene og diskuterer effekten av

- månedsmaksima og omregningsfaktorer for 10 og 50 års ekstremverdier
- forskjellige midlingsteknikker (burst mode, spread mode)
- nødvendig lengde på måleserien for pålitelig ekstremverdianalyse

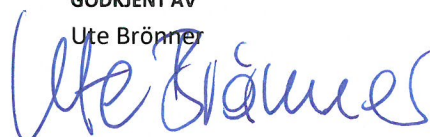
UTARBEIDET AV
Grim Eidnes



KONTROLLERT AV
Heidi Moe Føre

for 

GODKJENT AV
Ute Brønner



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2018-11-01	Utkast til avsluttende rapport
2.0	2018-11-05	Nytt utkast til avsluttende rapport
3.0	2018-11-28	Endelig rapport
3.1	2018-11-28	Endelig rapport inkludert kapittelet Hovedfunn

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
2	Datagrunnlag.....	4
3	Variasjon i månedsmaksima	5
4	Omregningsfaktor for månedsmaksima.....	5
5	Ekstremverdianalyse	8
	5.1 Retningsavhengige ekstremverdier	10
6	Korte midlingsperioder ('burst mode').....	10
7	Lang midlingsperiode (30 min)	12
8	Responstid av et anlegg	12
9	Måleinnstillinger og valg av lokalitet	13
10	Konklusjoner og anbefalinger	14
11	Hovedfunn	15

1 Bakgrunn

På initiativ fra Standardiseringskomiteen SN/K 509 Flytende oppdrettsanlegg har Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) bevilget midler til et prosjekt med formål å identifisere lange måleserier for strøm, analysere disse og foreslå nye omregningsfaktorer eller andre metoder for bestemmelse av dimensjonerende strøm. Prosjektet er organisert som et samarbeid mellom Multiconsult, Aquastructures, Åkerblå, SinkabergHansen og SINTEF Ocean med sistnevnte som prosjektleder. Den foreliggende rapporten representerer en felles oppsummerende sluttrapport fra prosjektet.

I henhold til dagens standard (NS 9415:2009) skal ekstremverdier med 10 og 50 års returperiode fastsettes ved at månedsmaksima multipliseres med en faktor på henholdsvis 1,65 og 1,85 eller ved ekstremverdi-analyse av tidsserier på minst ett år. Omregningsfaktorene ble fastsatt rundt 2005 og var basert på en sammenstilling av ekstremverdi-analyser av lange tidsserier av strøm fra i hovedsak olje- og gassindustrien (rørlegging, terminalutbygging) og vegutbygging (fjordkryssing). Det er imidlertid stor usikkerhet forbundet med omregningsfaktorene, og prosjektet har som målsetting gjennom nye analyser å foreslå forbedrede faktorer eller metoder for fastsettelse av ekstremstrøm.

Den foreliggende oppsummerende sluttrapporten ser på effekten av:

- månedsmaksima og omregningsfaktorer for ekstremverdier
- effekten av forskjellige midlingsteknikker (burst mode, spread mode)
- effekten av samplingsintervall på 30 min
- responstid av anlegg
- gjennomføring av ekstremverdi-analyser

Oppsummeringen i denne sluttrapporten er basert på følgende underliggende rapporter:

- Aquastructures: Teknisk notat TN-30090-5620-1. Revisjon 2. 29.10.2018.
- Multiconsult: NS9415 Strømprosjekt. Metoder for fastsettelse av ekstremstrøm. Dokumentkode: 10205468-RIMT-RAP-001. Revisjon 3. 12.11.2018.
- Åkerblå: NS9415 Strømprosjekt. Omregningsfaktorer for 10 og 50 år basert på måleperiodens lengde. 12.11.2018 – versjon 02.
- Åkerblå: Sammenligning 50 års strøm. Maksimal strøm målt per måned x 1.85 og beregnet 50 års strøm fra EVA. 12.11.2018 – versjon 2.
- SINTEF Ocean: Revisjon av NS 9415 – Fastsettelse av ekstremstrøm fra korte tidsserier. Rapportnr. 2018:01070. 24.10.2018

Hver av partene er ansvarlig for sine underliggende rapporter, og partene deler ikke nødvendigvis de resultater, oppfatninger og konklusjoner som er omtalt i de andres rapporter.

2 Datagrunnlag

For beregning av omregningsfaktorer for månedsmaksima til 10 og 50 års verdier ble det brukt data fra totalt 22 lokaliteter med hovedsakelig 2 måledyp per stasjon. Lengste måleperiode var på nesten 2,5 år mens den korteste var i underkant av 7,5 måned. Samlet varighet på alle tidsseriene var nesten 55 år og utgjør et godt grunnlag for de etterfølgende beregninger og analyser. Seriene fordelte seg som vist i tabell 1.

For sammenlikning mellom korte midlingsperioder og 10 min middelvei ble det i tillegg til SINTEFs stasjoner nevnt over også benyttet kortere tidsserier fra fire andre stasjoner som vist i tabell 2.

Tabell 1. Datasett brukt for beregning av omregningsfaktorer til 10 og 50 års ekstremverdier.

Ansvarlig	Antall stasjoner	Måledyp	Cellestørrelse	Måleintervall	Midlingsintervall
Multiconsult	16	5 og 15 m	2 m	10 min	Burst 60 – 120 s
Åkerblå	4	5 og 15 m	2 - 2,5 m	10 min	Burst 60 – 180 s
SINTEF Ocean	2	1 og 20 m*	5 m	10 min	Burst 60 s

*) 1 m inkluderes i 5 m statistikk og 20 m i 15 m statistikk

Tabell 2. Datasett brukt for beregning av omregningsfaktorer mellom 10 min middelveier og kortere midlingsperioder.

Ansvarlig	Antall stasjoner	Måleintervall	Midlingsintervall	Varighet
Multiconsult	2	1 min	60 s	4 og 67 dager
Åkerblå	1	1 min	60 s	14 dager
Aquastructures	2	1 og 2 min	60 og 120 s	2 og 4 uker
SINTEF Ocean	3	1 min	60 s	3 x 19 mnd.

3 Variasjon i månedsmaksima

Månedsmaksima på en stasjon varierer fra en måned til den neste. Noen har en spredning på 20 – 25 cm/s, mens andre kan ha månedsmaksima som varierer så mye som 70 cm/s, og der forholdet mellom høyeste og laveste månedsmaksima var 3,8. En omregningsfaktor fra månedsmaksimum til 10 og 50 års verdier vil da også variere med en faktor av 3,8. Lastfaktoren blir da kvadratet av 3,8, dvs. 14 ganger høyere. Målinger i 1 m dyp over 19 måneder i tre fjorder på Møre viste at det høyeste månedsmaksimumet var 2,1 - 2,2 ganger høyere enn det laveste. I 20 m dyp var forholdet opppe i 2,7. Dette er høye forholdstall og gjenspeiler den naturlige variasjonen i strømmens hastighet.

Det er vanskelig å se en naturlig sesongmessig sammenheng i månedsmaksimumet. For eksempel ble *minimums* verdien i Halsafjorden registrert i oktober. I Breisundet var det derimot *maksimum* i oktober. I Sulafjorden ble høyeste og laveste verdi målt i henholdsvis januar og februar. Andre datasett hadde maksimum i januar, april, august, november og desember. Det er naturlig nok heller ikke målt maks strøm i alle sektorene i løpet av samme måned.

4 Omregningsfaktor for månedsmaksima

Den store spredning mellom månedsmaksima gir usikre estimat av en omregningsfaktor for ekstremverdier. Omregningsfaktorer fra månedsmaksima til ekstremverdiene med 10 og 50 års returperiode er i gjeldende standard av NS 9415 satt til henholdsvis 1,65 og 1,85. Basert på til sammen 661 månedsmålinger er forholdet mellom hvert månedsmaksimum og tilhørende ekstremverdi beregnet. Det er også funnet maksimalstrøm for lengre perioder (2, 3, 4, 6, 8 og 10 måneder). Resultatet er vist i tabell 3 og 4. Tabellen viser at omregningsfaktoren til 50 års (10 års) returperiode basert på 1 måneds måleserie, er 1.92 (1,73) i middel. Spredningen er imidlertid stor, slik at ca. 42 % (43 %) av måleseriene gir en høyere omregningsfaktor. 10 % er over faktor 2,65 (2,36) og 5 % over 2,89 (2,55). Maksimal omregningsfaktor fra maksimalstrøm i en månedsmåling til 50-årsstrøm var 5.22.

Tabell 3. Omregningsfaktor fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til strømhastighet med 50 års returperiode, for alle dyp (1 m, 5 m, 15 m og 20 m)

Lengde av måleserien [mnd]	RP50								
	Snitt	Median	Standard-avvik	78. prosentil	80. prosentil	90. prosentil	95. prosentil	99. prosentil	Maksimum
1	1.92	1.77	0.55	2,31	2,37	2.65	2.89	3.70	5.22
2	1.72	1.61	0.43	2,03	2,06	2.33	2.54	2.87	4.41
3	1.61	1.51	0.38	1,86	1,90	2.16	2.39	2.67	4.03
4	1.53	1.44	0.33	1,72	1,76	2.04	2.26	2.54	2.68
6	1.43	1.37	0.27	1,58	1,61	1.81	1.97	2.44	2.50
8	1.37	1.33	0.22	1,48	1,49	1.68	1.73	2.07	2.47
10	1.32	1.30	0.17	1,44	1,44	1.57	1.69	1.81	1.93

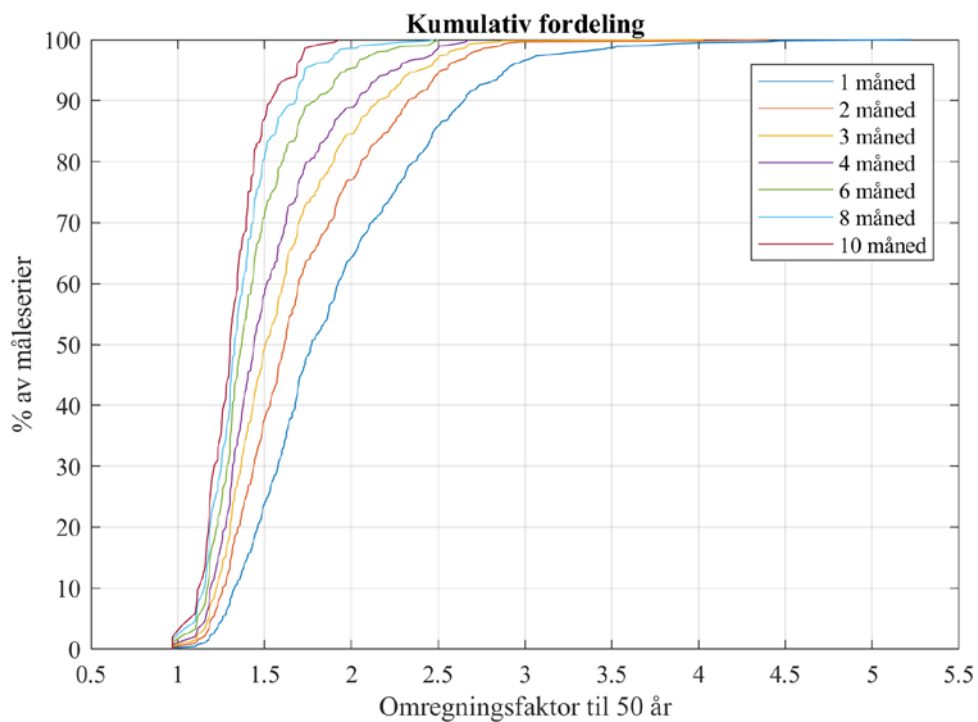
Tabell 4. Omregningsfaktor fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til strømhastighet med 10 års returperiode, for alle dyp (1 m, 5 m, 15 m og 20 m)

Lengde av måleserien [mnd]	RP10								
	Snitt	Median	Standard-avvik	78. prosentil	80. prosentil	90. prosentil	95. prosentil	99. prosentil	Maksimum
1	1.73	1.61	0.47	2,07	2,11	2.36	2.55	3.22	4.44
2	1.54	1.47	0.37	1,81	1,85	2.09	2.26	2.46	3.75
3	1.45	1.38	0.32	1,64	1,68	1.90	2.11	2.33	3.43
4	1.38	1.31	0.28	1,54	1,57	1.84	1.97	2.25	2.32
6	1.29	1.23	0.22	1,40	1,43	1.58	1.78	2.10	2.18
8	1.23	1.21	0.17	1,31	1,33	1.46	1.54	1.84	2.13
10	1.19	1.19	0.14	1,26	1,27	1.39	1.44	1.54	1.67

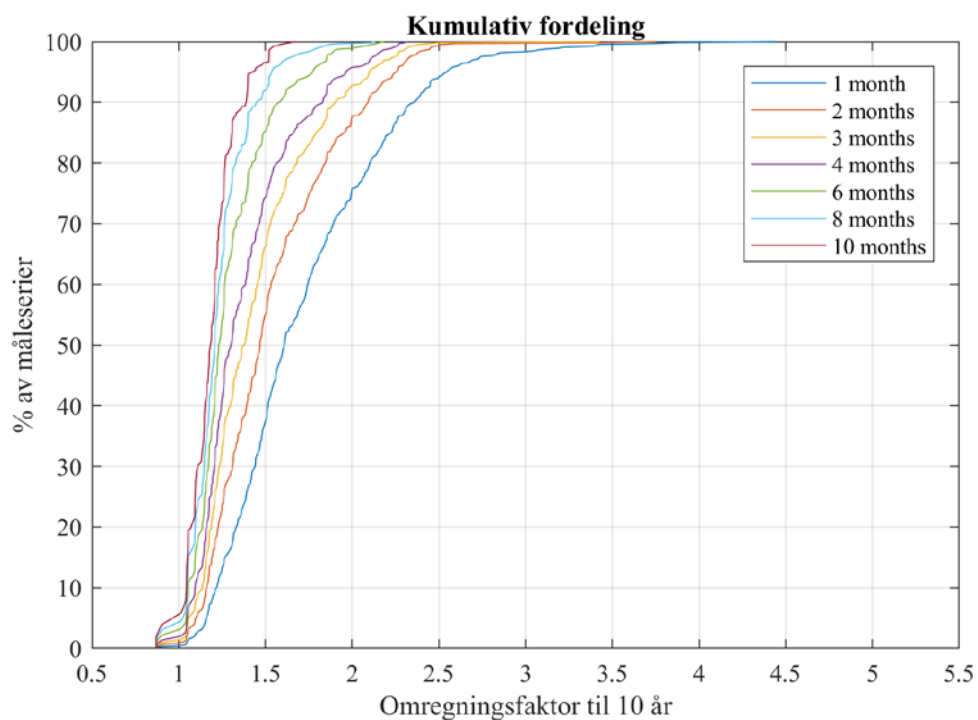
Figur 1 og 2 viser den kumulative fordelingen av faktorene for 10 og 50 års returperiode. Både midlere omregningsfaktor og spredningen reduseres med økt lengde av måleserien, slik at omregningsfaktorene til 50 års (10 års) returperiode ved bruk av en 6 måneders måling er redusert til en middelverdi på 1.43 (1,29), med 90. prosentil på 1,81 (1,58) og maksimumsfaktor for 50 års returperiode på 2,50.

Om man utfører månedsmålinger og bruker faktoren 2,65 for å regne om fra månedsmaksimum til 50-årsstrøm, er det over tid sannsynlig at for 10 % av måleseriene er beregnet ekstremstrøm lavere enn den reelle ekstremverdien. Ved bruk av månedsmåling og dagens faktor på 1,85 ser vi av Figur 1 at det er sannsynlig at 45 % av anleggene over tid vil oppleve en høyere ekstremverdi. 78-prosentilen i tabell 4 ligger nærmest opptil dagens omregningsfaktorer på 1,85 og 1,65 når vi baserer den på 3 mnd. målinger (i stedet for månedsmålinger).

Strømforholdene langs kysten varierer fra sterke tidevannssund til stillestående bakevjer. Drivkreftene er varierende bidrag fra tidevann, vind og trykkforskjeller. I tillegg vil Coriolis-effekten, lagdeling og friksjon virke styrende på strømmens hastighet. Det kan derfor virke optimistisk å prøve å dekke alle typer strøm med én faktor. Det kan også være ønskelig å avveie valg av sikkerhetsnivå mot lokalitet og strømtype. Omregningsfaktoren skal også være gyldig for både 5 og 15 m dyp. Siden man kan forvente at strømmen ofte er forskjellig på de to dypene, vil dette også øke usikkerheten i beregningene.



Figur 1. Kumulativ fordeling av omregningsfaktoren fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til 50 år.



Figur 2. Kumulativ fordeling av omregningsfaktoren fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til 10 år.

5 Ekstremverdianalyse

Som et alternativ til å beregne 10- og 50-års ekstremverdier med omregningsfaktorer og høyeste månedsverdi, kan også ekstremverdiene bestemmes ved direkte analyse av de målte data. En standard ekstremverdianalyse baserer seg på å tilpasse en gitt fordeling (som f.eks. Weibull eller Gumbel) til de målte data (ved f.eks. minste kvadraters metode eller momentmetoden). Dataene som inngår i analysen, bør være uavhengige og ideelt representere én hendelse av en bestemt varighet. En ofte benyttet metode er å plukke ut den høyeste strømshastigheten som er målt over en gitt periode - ofte ett, to eller tre døgn – og la disse verdiene utgjøre datagrunnlaget. Da er også varigheten av hendelsen entydig bestemt og det er rimelig å anta at dataene er uavhengige.

I beregningene som ligger til grunn for ekstremverdianalysen ovenfor (tabell 3 og 4; figur 1 og 2), er valg av fordeling og metode bestemt ut fra det som gir best tilpasning til totalstrømmen for de forskjellige tidsseriene basert på visuell inspeksjon. Følgende fordelinger og metoder er brukt i beregningene:

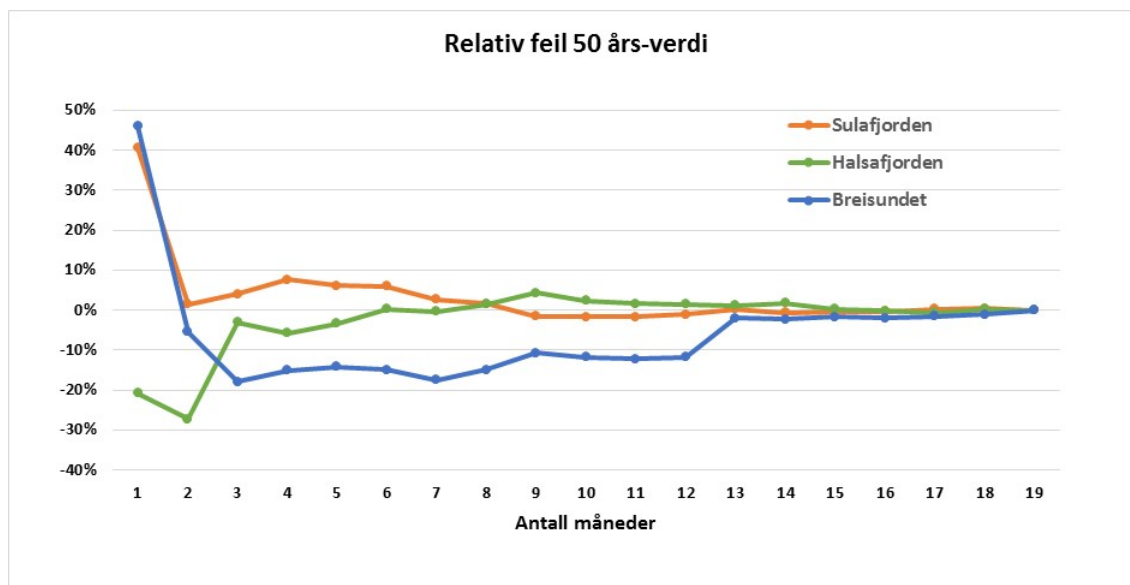
- Fordeling: Weibull, Gumbel, eksponensialfordeling og General Extreme Value
- Datagrunnlag: alle data, daglig maksima, ukentlig maksima og topper over en viss terskel ('peak-over-threshold')
- Tilpasning: momentmetoden og sannsynlighetsmaksimerings ('maximum likelihood') metoden

Vi har også benyttet ekstremverdianalyse på de kontinuerlige tidsseriene av strøm i 1 m dyp over 19 måneder fra Sulafjorden, Halsafjorden og Breisundet. Først har vi skilt ut bidraget fra tidevannet ved å kjøre en harmonisk analyse. Tidevannsstrømmen er forholdsvis svak ved de tre lokalitetene, midlere tidevannsstrøm er henholdsvis 3, 5 og 5 cm/s. Når tidevannsstrømmen er trukket fra, står vi igjen med det som kalles reststrømmen. Den er utgangspunkt for ekstremverdianalysen som i tillegg er basert på følgende metode og fordeling:

- 24-timers maksima utgjør datagrunnlaget
- dataenes fordeling tilpasses en 3-parameter Weibull-fordeling
- beste tilpasning bestemmes etter momentmetoden
- midlere tidevannsstrøm adderes ekstremverdiene

Dette er en statistisk kurant og holdbar metode for ekstremverdianalyse spesielt når tidevannsstrømmen er svak. Blir tidevannsbidraget mer dominerende, må beregninger basert på kombinert sannsynlighet brukes.

Ekstremverdianalysene er kjørt suksessivt for 1 måned, 2 måneder, 3 måneder osv. opp til hele tidsseriens lengde på 19 mnd. (Merk at den første måneden var tidsserien bare på hhv. 19, 14 og 18 dager.) Det var rimelig å forvente at de beregnede ekstremverdiene ville ha et betydelig sprik avhengig av hvor stor del av tidsseriens totale lengde som ble brukt, men at de etter hvert ville "konvergere" mot en endelig verdi. Målet var å se hvor mange måneder med data som var nødvendig, før man med en gitt sikkerhet kunne fastslå 10- og 50-års ekstremverdier. Resultatet er oppsummert i figur 3 og tabell 5.



Figur 3. Relativ feil i beregnet 50-års ekstremverdier når tidsseriens lengde varierer fra 1 måned til 19 måneder. Antatt "fasit" er satt til verdien etter 19 måneder.

Tabell 5. Høyeste registrerte strøm og beregnet 50 års strøm i 1 m dyp samt feilmargin som funksjon av antall måneder med data.

	Høyeste registrerte strøm	50-års strømhastighet	Feilmargin (%) etter				
			3 mnd.	4 mnd.	6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.
Sulafjorden	92 cm/s	102 cm/s	4 %	8 %	6 %	2 %	1 %
Halsafjorden	104 cm/s	123 cm/s	3 %	6 %	0 %	4 %	2 %
Breisundet	102 cm/s	119 cm/s	18 %	15 %	15 %	11 %	12 %

Figuren viser at ekstremverdiene for Sulafjorden var innenfor en feilmargin på 5 % etter 7 måneder med data. For Halsafjorden var man innenfor 5 % feil etter 5 måneder. En høy registrering i Breisundet etter ett år med målinger, gjorde alle ekstremverdier for lave fram til måned 13 da feilmarginen kom under 5 %.

Breisundet er vesentlig mer eksponert for vær og vind der det ligger ut mot åpent hav i vest. Dette kan være en forklaring på hvorfor det trengs en lengre måleperiode her for å fange inn de mer ekstreme variasjonene. I mer skjermede farvann, som for eksempel Halsafjorden, vil de store svingningene og variasjonene dempes.

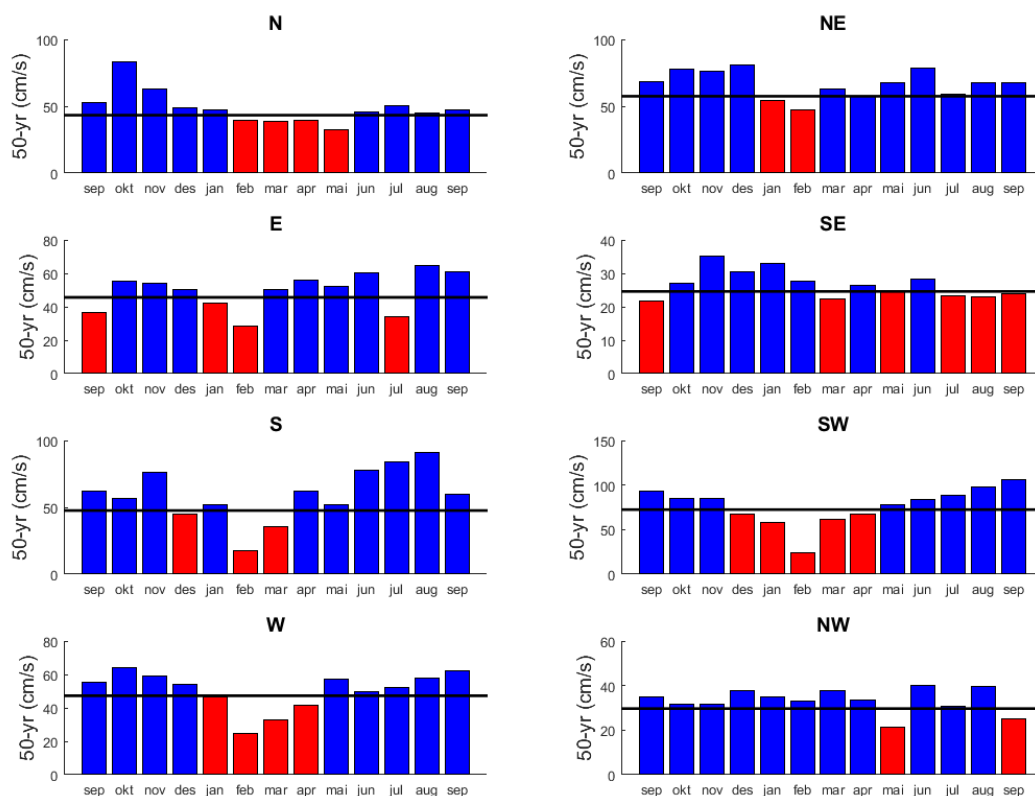
Sammenligner vi ekstremverdiene beregnet med ekstremverdianalyse og ekstremverdiene basert på 1 måneders målinger og omregningsfaktorer, er forskjellen betydelig. Mens ekstremverdier basert på månedsmaksima og omregningsfaktorer varierte med en faktor opp mot 2,25 (125 %), var ekstremverdiene basert på ekstremverdianalyse innenfor 20 % av "fasit" etter tre måneder og innenfor 10 % etter vel et år. Og ekstremverdiene synes vesentlig mer realistisk enn mange av de som ble beregnet med omregningsfaktor.

5.1 Retningsavhengige ekstremverdier

Ved å kjøre ekstremverdianalyse (3-parameter Weibull og ukemaksima) for 45°-sektorer er det foretatt en retningsavhengig sammenlikning mellom 50 års ekstremstrøm basert på

- 1) ekstremverdianalyse og
- 2) månedsmaksima og omregningsfaktor.

Resultatet for 7 lokaliteter og 2 måledyp (5 og 15 m) ble undersøkt. Figur 4 viser resultatet for 5 m dyp for én av lokalitetene.



Figur 4. Retningsbestemt 50-års strøm per måned. Røde kolonner: Månedsmaks x 1,85 er lavere enn 50-års verdien fra ekstremverdianalyse. Blå kolonner: Månedsmaks x 1,85 er høyere enn 50-års verdien fra ekstremverdianalyse. Horisontal linje viser 50-års strømmen beregnet fra ekstremverdianalyse.

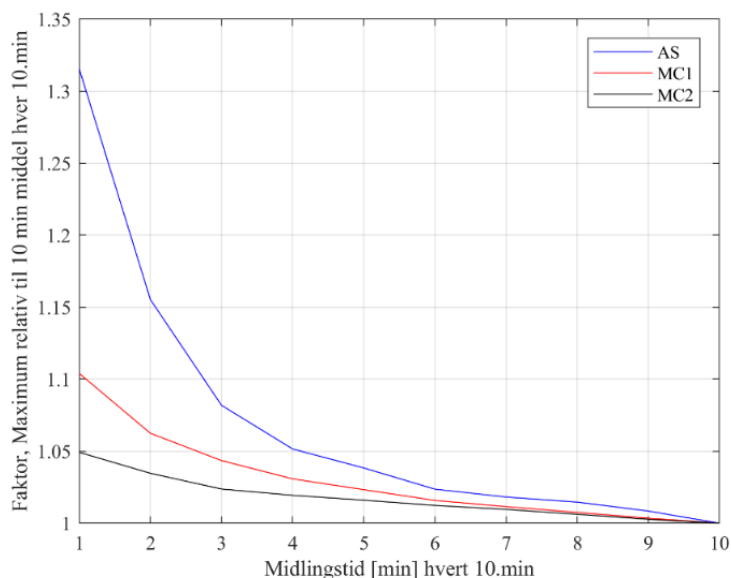
Beregningene viste at i 5 m dyp var nødvendig lengde på tidsserien mellom 3 og 10 måneder før månedsmaksima x 1,85 var minst like høy som 50-års strømmen fra ekstremverdianalysen. I 15 m dyp var det nødvendig med en lengde på måleserien på 2 – 9 måneder.

6 Korte midlingsperioder ('burst mode')

For å spare batteriforbruket og dermed forlenge den totale måleperioden, er det ofte brukt såkalt 'burst mode' på de akustiske målerne. Instrumentet sender da ut akustiske signaler over en kortere periode - for eksempel 1-2 min og så er måleren inaktiv resten av måleperioden på typisk 10 min.

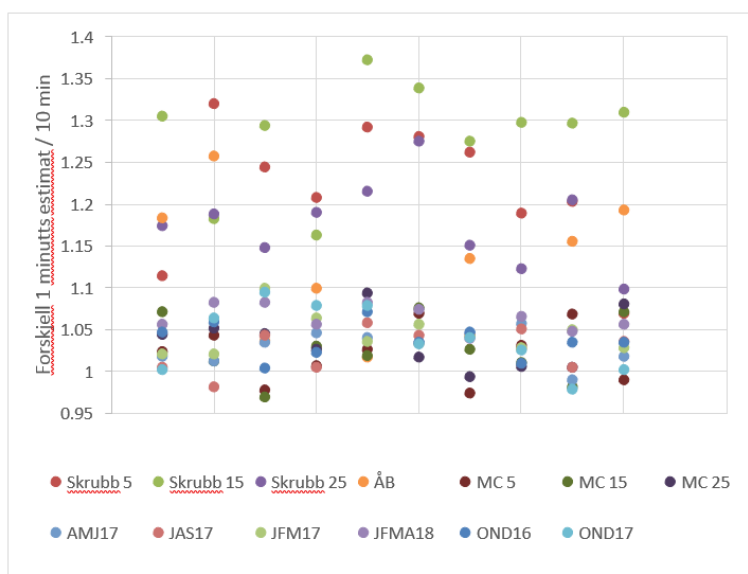
Ser vi isolert på én 1 min måling hvert 10. minutt, får vi en 1 min 'burst mode' serie. Vi har på tilsvarende måte laget 'burst mode' serier på 2, 3 og videre opp til 9 min. Disse er så sammenliknet med det vektorielle middelet på 10 min, som da representerer 'spread mode' verdien. Forholdet (kvotienten) mellom 'burst mode' og 'spread mode' er kalt burst-faktoren.

Burst-faktoren er beregnet for 3 datasett på hhv. 2 dager, 2 måneder og 2 uker (figur 5). Midlere burst-faktor for 1 min midling varierer mellom 1,05 og 1,31 (figur 5). For 2 min midlingstid varierer det mellom 1,03 og 1,16. Spredningen i månedsmaksima er større enn usikkerheten i burst vs. spread mode.



Figur 5. Midlere burst-faktor for 3 datasett på hhv. 2 dager, 2 måneder og 2 uker.

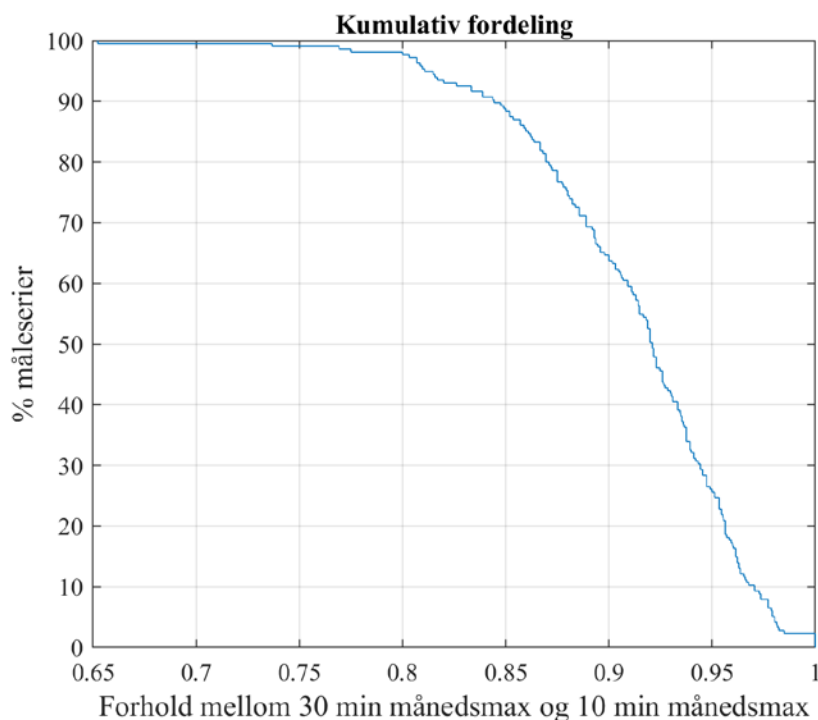
I tillegg er 13 tidsserier med 1 minutts midlingsperiode og målelengde på mellom 2 uker og 3 måneder analysert. Forholdet mellom registrering nr. 1, 11, 21 osv.; registrering nr. 2, 12, 22 osv. og den høyeste etterfølgende 10 min middelverdien ble beregnet. Resultatet er vist i figur 6. Her er middelverdien for den høyeste serien 1,28.



Figur 6. Forholdet mellom 1 min registrering og den høyeste etterfølgende 10 min middelverdien.

7 Lang midlingsperiode (30 min)

Forholdet mellom månedsmaksima basert på subsamplede 30 minutters tidsserier og 10 minutters tidsserien er undersøkt. Månedsmaksima kan i verste fall reduseres med opptil 35 % ved å øke samplingsintervall til 30 minutt (figur 7). I 65 % av tilfellene reduseres imidlertid månedsmaksima med 10 % eller mindre og i 90 % av tilfellene med 15 % eller mindre. Det forventes at ekstremverdianalysen av et 30 minutters datasett vil kunne gi tilsvarende lavere ekstremverdier.



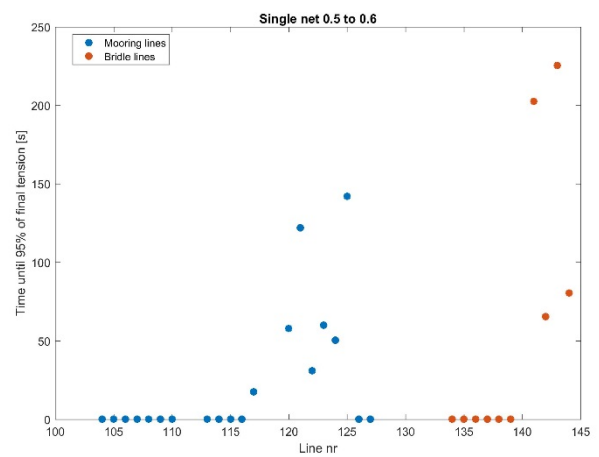
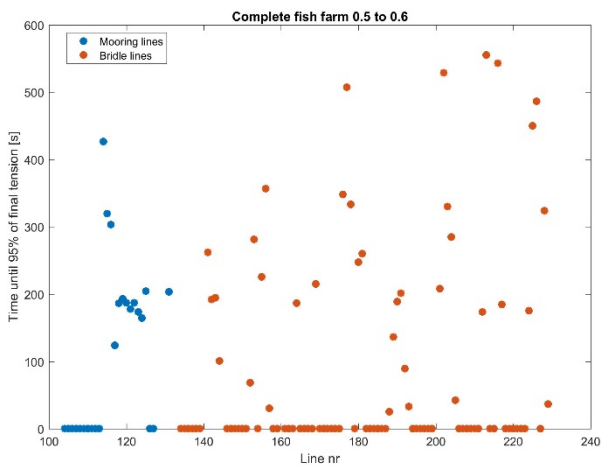
Figur 7. Fordelingen til forholdet mellom månedsmaksimum basert på målinger hvert 30. minutt og målinger hvert 10. minutt

8 Responstid av et anlegg

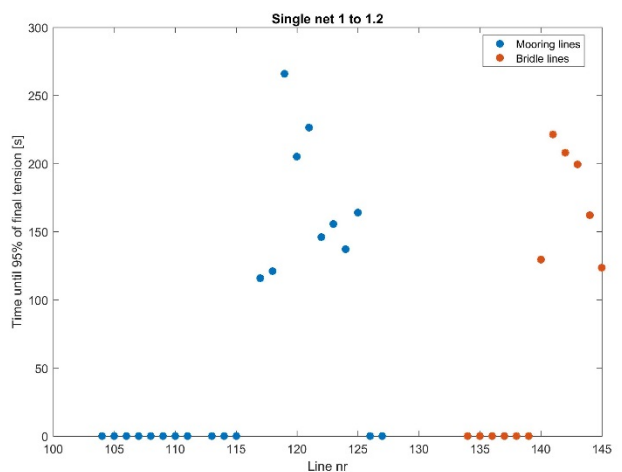
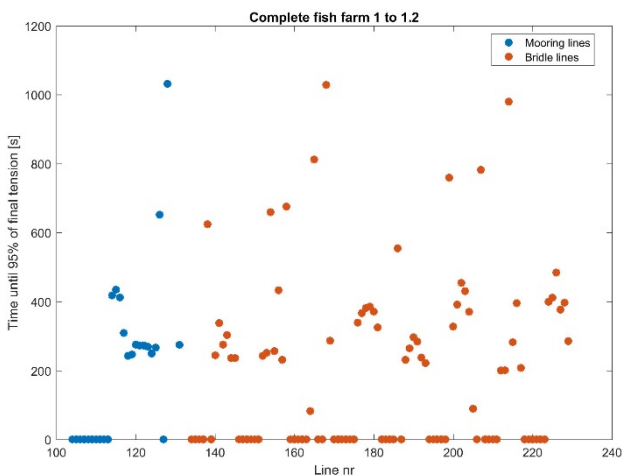
Responstiden av et oppdrettsanlegg er undersøkt ved å beregne tiden det tar for å oppnå 95 % av endelig likevektstilstand for en strømkning fra 0,5 til 0,6 m/s og fra 1,0 til 1,2 m/s. Resultatet er vist i figur 8 og 9.

Analysene viser responstider mellom 1 og 15 minutt for eksempelanlegget. Resultatene må forventes å være avhengig av anleggskonfigurasjon og strømrøtning. Resultatene forutsetter en synkron strømkning i hele anlegget. Dersom strømmen øker gradvis gjennom anlegget vil responstiden kunne være endret.

Dimensjonerende strøm bør være midlet over lignende tidsperioder som den rapporterte responstiden, altså tidsrom mellom 1 og 15 minutt. Da kortere midlingstider gir høyere verdier, er det konservativt å bruke kortere midlingstider.



Figur 8. Responstid for fortøyningslinjer og haneføtter for en strømkjøring fra 0.5-0.6 m/s. Liner med likevekt etter 0 s er slakke liner. Venstre: Hele anlegget. Høyre: Anlegg med ei not.



Figur 9. Responstid for fortøyningslinjer og haneføtter for en strømkjøring fra 1.0-1.2 m/s. Liner med likevekt etter 0 s er slakke liner. Venstre: Hele anlegget. Høyre: Anlegg med ei not.

9 Måleinnstillinger og valg av lokalitet

Moderne akustiske strømmålere er ikke bare profilerende med rekkevidde fra noen få meter til flere hundre, de har også flere innstillinger som det er opp til brukeren å bestemme. Midlingstid, antall ping og vertikal cellestørrelse er andre viktige parametere. Det er neppe ønskelig og trolig verken nødvendig eller mulig å sette opp retningslinjer for en anbefalt konfigurering, til det er bruksområdene og variasjonene for store. Men ønsket om en høyest mulig datakvalitet bør være styrende for de valg som skal tas.

Det er flere eksempler på målinger foretatt i samme anlegg, der forskjellen mellom maksimal strømhastighet i samme periode er 30 %. Med litt kjennskap til strømforholdene er det ikke vanskelig å bestemme den strømførings hovedretningen og de mer rolige bakevjene og le-områdene. Det er da viktig at målinger gjennomføres i et antatt strømført område som anlegget berører. Bunnforankrede strømmålere kan lett trekkes ned i sterk strøm. Dermed øker måledypet. Mer oppdrift over måleren kan avbøte dette, og ved å bruke strømmålere med trykksensor kan måledypet kontrolleres.

10 Konklusjoner og anbefalinger

Det er konsensus i prosjektgruppa om de oppsummerende konklusjoner og anbefalinger gitt nedenfor.

Måleperiodens lengde, månedsmaksimum og omregningsfaktorer. Månedsmaksima på en stasjon varierer fra en måned til den neste. I de undersøkte tidsseriene var det ingen umiddelbar sammenheng i hvilken måned strømmaksimumet var høyt eller lavt.

Den største forskjellen mellom høyeste og laveste månedsmaksimum var 3,8. De høye forholdstallene mellom de forskjellige månedsmaksima avspeiler de store naturlige variasjonene det kan være i strømmens hastighet. Målinger i en måned anses å være en for kort periode til å kunne fastsette pålitelige ekstremverdier for mange lokaliteter.

Prosjektgruppa konkluderer med en anbefaling om at strøm bør måles i minst ett år og med påfølgende ekstremverdianalyse for å fastsette 10- og 50-årsstrøm. Det er et uttalt mål at næringen foretar de nødvendige tiltak for å iverksette denne endringen framover. Samtidig ser man at det av praktiske hensyn, og som følge av forskjellige krav ved etablering av en lokalitet, vil være fornuftig å åpne for bruk av kortere måleperioder og å estimere ekstreme strømhastigheter ved bruk av maksimal måleverdi og omregningsfaktorer.

En statistisk analyse basert på lange tidsserier fra 22 forskjellige lokaliteter langs norskekysten har beregnet forholdet mellom strømmaksima og tilhørende ekstremverdier. Analysen viser for eksempel at ved bruk av måleserier med 3 måneders lengde vil en omregningsfaktor på 1,90 gi et estimat av 50-års strømmen som for 80 % av måleseriene (80-prosentilen) vil være høyere enn den reelle ekstremverdien. I tilfellene nevnt ovenfor, der det vil være fornuftig å tillate bruk av kortere måleperioder, anbefales det at minste tillatte måleperiode er 3 måneder, og at omregningsfaktorene for beregning av ekstremstrøm baseres på 80-prosentilen i analysen nevnt ovenfor. Det gir følgende omregningsfaktorer (som avtar ettersom måleseriens lengde øke):

Måleperiodens lengde (mnd.)	3	4	6	8	10
10 års returperiode	1,68	1,57	1,43	1,33	1,27
50 års returperiode	1,90	1,76	1,61	1,49	1,44

Omregningsfaktoren anvendes på den høyeste strømfarten som er registrert i måleperioden. Det forutsettes da at det er gjennomført en kvalitetskontroll som sikrer at denne verdien er reell og ikke en "spiker".

Siden det ikke er funnet noen entydig relasjon mellom strømstyrke og årstid, anbefaler prosjektgruppa at praksisen med å komplettere hull i tidsserien med påfølgende målinger neste år, avvikes. I stedet kan det stilles et krav til datagjenfangst (dvs. relativ andel av gode data) på for eksempel 90 %.

Kort midlingstid – 'burst mode'. Det er viktig at målte variabler er sammenlignbare. Det bør derfor tilstrebes en felles måleteknikk. 'Burst mode' gir jevnt over en litt høyere strømverdi enn et 10 minutt vektorielt middel. Det virker i så måte konservativt. Målinger i 'burst mode' var i utgangspunktet begrunnet i behovet for å spare batteri og forlenge måleperioden. Dette behovet er i dag mindre begrensende fordi batterikapasiteten er blitt bedre. I henhold til dagens standard skal strømmen måles som et vektorielt

middel over 10 min. Eksisterende, lange tidsserier av strøm basert på kortere midlingsperioder enn 10 min kan fortsatt brukes uten ytterligere omregningsfaktorer. For framtida bør man likevel tilstrebe overgang til 10 min vektorielt middel som standard for målt strøm.

Lang midlingstid - subsampling. Sammenlikninger mellom 10 min måle- og midlingsperioder og 30 min måleperioder med 10 min midling viste at månedsmaksima for den siste metoden kunne reduseres med opptil 35 %. De store forskjellene gjør at prosjektgruppa anbefaler at denne målemetoden ikke benyttes.

Nedre grense for 50-års strøm. Dagens standard sier om at dersom høyeste strømhastighet med en returperiode på 50 år, blir lavere enn 50 cm/s, skal 50-års dimensjonerende strømhastighet på lokaliteten uansett settes til 50 cm/s. Denne regelen opprettholdes for tidsserier som av ulike grunner nevnt ovenfor er kortere enn ett år. For målinger over ett år eller mer kan kravet om en nedre grense for 50-års strømmen avvikes.

Ekstremverdianalyse. Resultatet av ekstremverdianalysen basert på langtidsmålinger viste at verdiene var innenfor 20 % av "fasit" etter tre måneder, innenfor 10 % etter ca. 9 måneder og innenfor 5 % etter vel et år. Selv om grunnlaget her bare er tre tidsserier, er resultatet oppløftende. Slik resultatene nå antyder, kan ekstremverdianalyse basert på f.eks. 9 måneder med data angi ekstremverdier innenfor $\pm 10\%$ og ca. 1 år med data med en feilmargen på ca. 5 %. Flere tidsserier er tilgjengelig for ekstremverdianalyse, og det anbefales å få kjørt tilsvarende beregninger for flere av dem for å få validert relasjonen nevnt ovenfor.

Øvrig anbefalt oppfølging.

- Det anbefales at det utarbeides enkle retningslinjer og standarder som sikrer et felles grunnlag for 'best praksis' for hvordan ekstremverdianalyser bør gjennomføres.
- Det bør vurderes hvilken metode for beregning av retningsbestemte ekstremverdier som gir best resultat i henhold til behovet. Skal strømmosen etableres på grunnlag av dekomponerte strømhastigheter innenfor hver sektor, registrerte verdier innenfor sektoren eller ved retningsuavhengig analyse som vektet etter retning?
- Hvordan kan man best utnytte mulighetene i numerisk simulering av strøm til å bedre forståelsen av de romlige forskjellene i strømbildet?

11 Hovedfunn

- Strømmålinger i en måned anses å være en for kort periode til å kunne fastsette pålitelige ekstremverdier for mange lokaliteter.
- Det anbefales at strøm måles i minst ett år med påfølgende ekstremverdianalyse for å fastsette 10- og 50-årsstrøm.
- I gitte situasjoner kan det være fornuftig å åpne for bruk av kortere måleperioder. I slike tilfeller anbefales 3 måneder som korteste tillatte periode og det er gitt omregningsfaktorer avhengig av måleperiodens lengde for beregning av ekstremstrøm.
- Det er ikke funnet noen entydig relasjon mellom strømstyrke og årstid, og det anbefales derfor at praksisen med å komplettere hull i tidsserien med påfølgende målinger neste år avvikes.
- For framtida bør det tilstrebtes overgang til 10 min vektorielt middel som standard for målt strøm.
- Resultatet av ekstremverdianalyse basert på langtidsmålinger viste at verdiene var innenfor 20 % av «fasit» etter tre måneder, innenfor 10 % etter 9 måneder og innenfor 5 % etter vel ett år. Samme analyse bør kjøres på flere tidsserier for å få denne relasjonen validert.