

NS9415
Strømprorsjekt
Omregningsfaktorer for
10 og 50 år
basert på
måleperiodens lengde
juli 2018

Forfatter:

JL Reed

Jenny-Lisa Reed

Oppdragsgiver

SINTEF / Standard Norge (rev. NS 9415)

Status: Åpen

Innholdsfortegnelse

1. Bakgrunn	3
2. Hoved konklusjoner	3
3. Data og metodikk	4
3.1 Data	4
3.2 Metodikk	4
4. Beskrivende statistikk	5
4.1 CF 10-år	5
4.2 CF 50-år	8
4.3 Midlingsperiode	11
5. Konklusjon	17
6. EVA – Weibull3 fordeling	18

1. Bakgrunn

10- og 50-års strømverdier skal fastsettes i henhold til dagens NS9415 ved bruk av multiplikasjonsfaktorene henholdsvis 1.65 og 1.85 på maksimal strøm målt i løpet av en måned. Det er stor usikkerhet knyttet de multiplikasjonsfaktorene.

Under revisjon av NS9415 skal det utarbeides forbedrede multiplikasjonsfaktorene for beregning av dimensjonerende strømhastighet med 10- og 50-års returperiode fra måleserier av strøm med forskjellig varighet, midling og opphav.

Det er antatt at kortere midlingsperioder gir høyere maksimal strømhastighet og dermed lavere omregningsfaktor sammenlignet med lengre midlingsperioder som gir lavere maksimal strømhastighet og dermed høyere omregningsfaktor. Data med forskjellige midlingsperiode er sammenlignet.

2. Hoved konklusjoner

Både spredning av og verdi for omregningsfaktor (multiplikasjonsfaktor) minker med økende måleperiode.

Det er ingen tydelig forskjell i omregningsfaktor på grunn av midlingsperioden.

3. Data og metodikk

3.1 Data

Data fra både 5m og 15m for årsmålinger på 5 lokaliteter er bearbeidet.

4/5 lokaliteter ligger ytterst langs kysten (eksponert)

1/5 lokaliteter ligger i Trondheimsleia SØ for en øy.

3.2 Metodikk

Data for 5m og 15m er slått sammen ettersom NS9415 ikke skiller mellom dyp ved bruk av multiplikasjonsfaktorer for beregning av 10- og 50-års strømhastighet.

Månedlig (kalendermåned) maksimum strømhastighet («independent max») for årsmålinger er funnet for:

- 1 måned
- 2 måneder
- 3 måneder
- 4 måneder
- 6 måneder
- 9 måneder

Omnidirectional (retningsuavhengig) returperiode (RP) for både 10 og 50 år er beregnet ved bruk av ekstremverdianalyse (EVA). EVA-metoden Weibull3 fordeling ble benyttet med 7 dagers «block maxima» fordi denne metoden ga best samsvar med data. I tillegg ble uavhengighet mellom maxima sjekket.

Forholdet mellom de forskjellige maxima for de forskjellige måleperiodene og RP for både 10 og 50 år ble beregnet (omregningsfaktor (CF)).

Beskrivende statistikk for beregningene er presentert.

Påvirkning fra midlingsperiode ble undersøkt.

Data er ikke korrigert for strømhastighet på minst 50cm/s.

Tidevannsstrømmen er ikke trukket fra totalstrømmen.

4. Beskrivende statistikk

4.1 CF 10-år

Høyest spredning i CF10 er for måleperioden 1 måned (Tabell 4.1 og Figur 4.1).

Spredning reduseres med økende lengde på måleperioden (Tabell 4.1 og Figur 4.1).

Medianverdi for CF10 for 1-månedsmålinger er 1.51 og for 9-månedsmålinger er 1.15 (Tabell 4.1).

Snittverdi for CF10 for 1-månedsmålinger er 1.60 og for 9-månedsmålinger er 1.17 (Tabell 4.1).

Prosentandel av data med lavere CF10 øker med økende lengde på måleperioden (Tabell 4.2, Tabell 4.3 og Figur 4.2).

For eksempel er sannsynlighet av data med $CF10 \leq 1.25$ 0.21 (dvs 21%) for 1-månedsmålinger og 0.81 (dvs 81%) for 9-månedsmålinger (Tabell 4.2).

95% av CF10 verdier er lavere enn 2.44 for 1-månedsmålinger, mens 95% av CF10 verdier er lavere enn 1.32 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.3).

50% av CF10 verdier er lavere enn 1.51 for 1-månedsmålinger, mens 50% av CF10 verdier er lavere enn 1.15 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.3).

Prosent av CF10 verdiene ≤ 1.65 for 1-månedsmålinger er 64.3% og 100% for 9-månedsmålinger (Tabell 4.4 og Figur 4.3).

Prosent av CF10 verdiene > 1.65 for 1-månedsmålinger er 35.7% og 0% for 9-månedsmålinger (Tabell 4.4 og Figur 4.3).

Tabell 4.1. CF10 statistikk for alle data for forskjellige måleperioder.

Antall mnd	Antall datapunkter	Lavest	Høyest	Snitt	Stdavvik	Mode	Median
1	126	1.04	3.07	1.60	0.40	1.84	1.51
2	118	1.04	2.50	1.45	0.31	1.49	1.36
3	108	1.04	2.50	1.38	0.28	1.25	1.32
4	98	1.04	2.27	1.33	0.24	1.04	1.26
6	78	1.04	1.64	1.23	0.15	1.04	1.21
9	48	1.04	1.55	1.17	0.12	1.04	1.15

Tabell 4.2. Sannsynlighet for data per CF10 gruppe for forskjellige måleperioder.

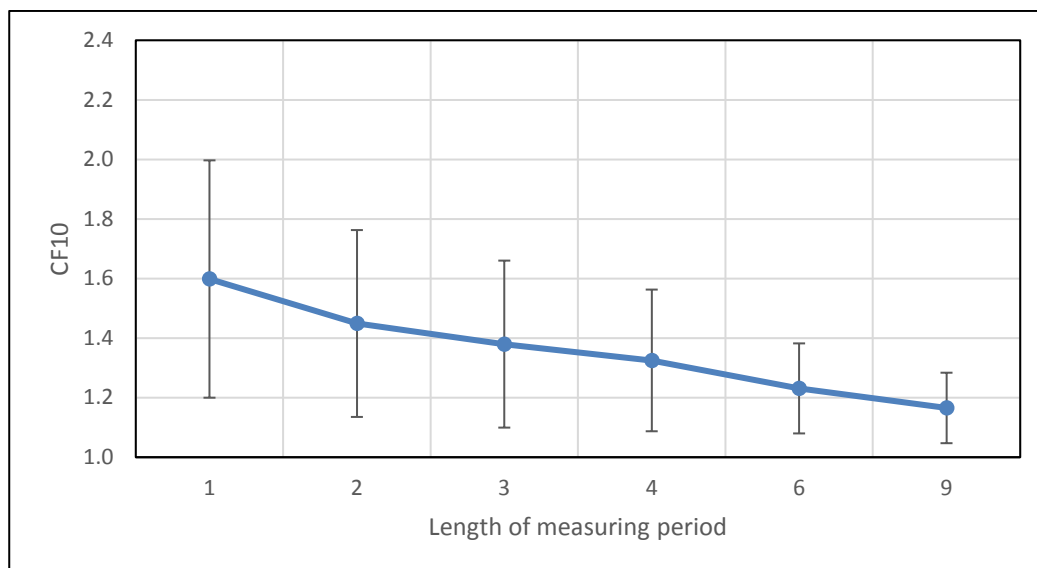
	Antall mnd					
CF10 Gruppe	1	2	3	4	6	9
1-1.25	0.21	0.34	0.43	0.50	0.65	0.81
1.25-1.5	0.29	0.35	0.35	0.34	0.26	0.15
1.5-1.75	0.25	0.19	0.14	0.11	0.09	0.04
1.75-2	0.09	0.03	0.03	0.02	0.00	
2-2.25	0.06	0.04	0.03	0.01		
2.25-2.5	0.06	0.04	0.03	0.02		
2.5-2.75	0.02	0.00	0.00	0.00		
2.75-3	0.00	0.00	0.00			
3-3.25	0.01					
3.25-3.5	0.00					

Tabell 4.3. Prosentilanalyse av CF10 for forskjellige måleperioder.

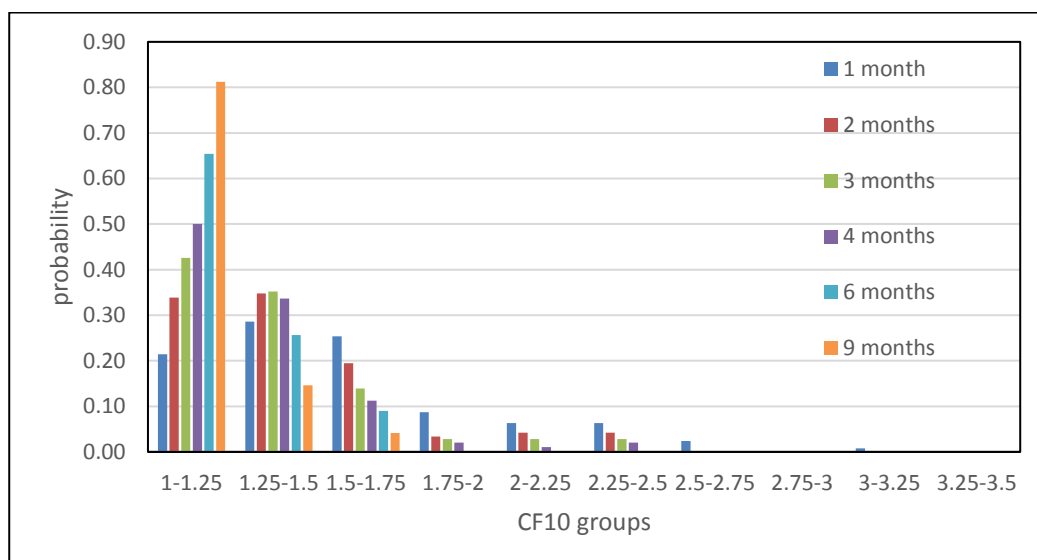
	Antall mnd					
Prosentil	1	2	3	4	6	9
10	1.18	1.16	1.13	1.11	1.04	1.04
25	1.30	1.21	1.20	1.18	1.13	1.04
50	1.51	1.36	1.32	1.26	1.21	1.15
75	1.75	1.58	1.49	1.41	1.32	1.21
90	2.24	1.84	1.67	1.60	1.44	1.32
95	2.44	2.23	2.00	1.71	1.55	1.32

Tabell 4.4. Prosentandel av data lavere og høyere enn multiplikasjonsfaktor (1.65) for 10-års strømhastighet i NS9415 for forskjellige måleperioder.

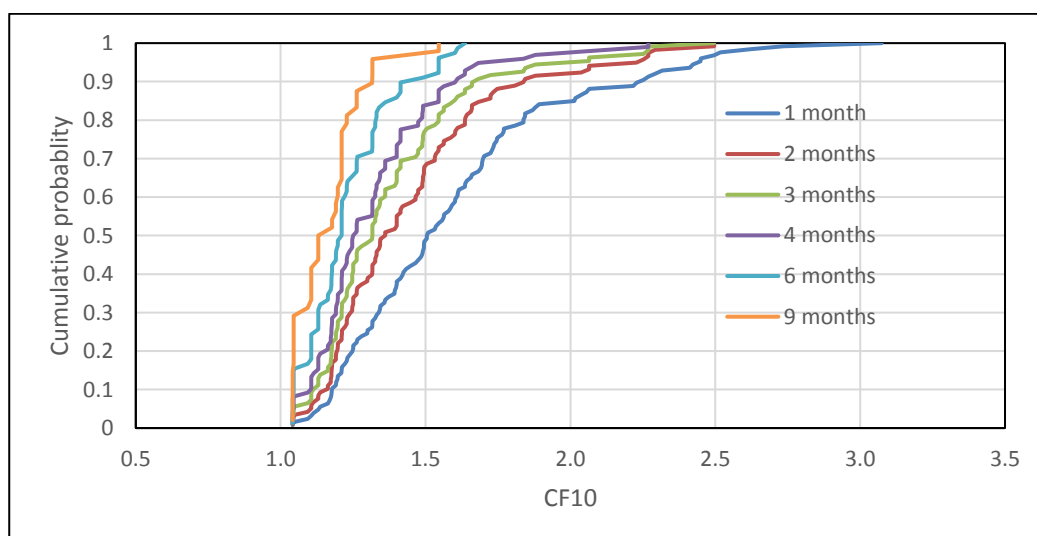
NS9415	Antall mnd					
x 1.65	1	2	3	4	6	9
% ≤ 1.65	64.3	81.4	88.0	92.9	100	100
% > 1.65	35.7	18.6	12.0	7.1	0.0	0.0



Figur 4.1. Snitt CF10 verdi mot lengde på måleperioden.



Figur 4.2. Sannsynlighet for data i CF10-grupper for forskjellige lengder på måleperioden. (eller bare måleperioder eller måleperiodelengder)



Figur 4.3. Kumulativ fordeling av CF10 for forskjellige lengder på måleperioden.

4.2 CF 50-år

Høyest spredning i CF50 er for måleperiode på én måned (Tabell 4.5 og Figur 4.4).

Spredning reduseres med økt lengde på måleperioden (Tabell 4.5 og Figur 4.4).

Medianverdi for CF50 for 1-månedsmålinger er 1.67 og 1.25 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.5).

Snittverdi for CF50 for 1-månedsmålinger er 1.74 og 1.27 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.5).

Prosentandel av data med lavere CF50 øke med økende lengde på måleperioden (Tabell 4.6, Tabell 4.7 og Figur 4.5).

For eksempel er sannsynlighet av data med $CF50 \leq 1.25$ 0.08 (dvs 8%) for 1-månedsmålinger og 0.50 (dvs 50%) for 9-månedsmålinger (Tabell 4.6).

95% av CF50 verdier er lavere enn 2.67 for 1-månedsmålinger, mens 95% av CF50 verdier er lavere enn 1.45 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.7).

50% av CF50 verdier er lavere enn 1.67 for 1-månedsmålinger, mens 50% av CF50 verdier er lavere enn 1.25 for 9-månedsmålinger (Tabell 4.7).

Prosent av CF50 verdiene ≤ 1.85 for 1-månedsmålinger er 69.0% og 100% for 9-månedsmålinger (Tabell 4.8 og Figur 4.6).

Prosent av CF50 verdiene > 1.85 for 1-månedsmålinger er 31.0% og 0% for 9-månedsmålinger (Tabell 4.8 og Figur 4.6).

Tabell 4.5. CF50 statistikk for alle data for forskjellige måleperioder.

Antall mnd	Antall datapunkter	Lavest	Høyest	Snitt	Stdavvik	Mode	Median
1	126	1.10	3.40	1.74	0.45	1.36	1.67
2	118	1.10	2.76	1.57	0.35	1.36	1.48
3	108	1.10	2.76	1.50	0.32	1.36	1.43
4	98	1.10	2.51	1.44	0.27	1.36	1.36
6	78	1.10	1.82	1.34	0.18	1.36	1.31
9	48	1.10	1.71	1.27	0.14	1.32	1.25

Tabell 4.6. Sannsynlighet for data per CF50 gruppe for forskjellige måleperioder.

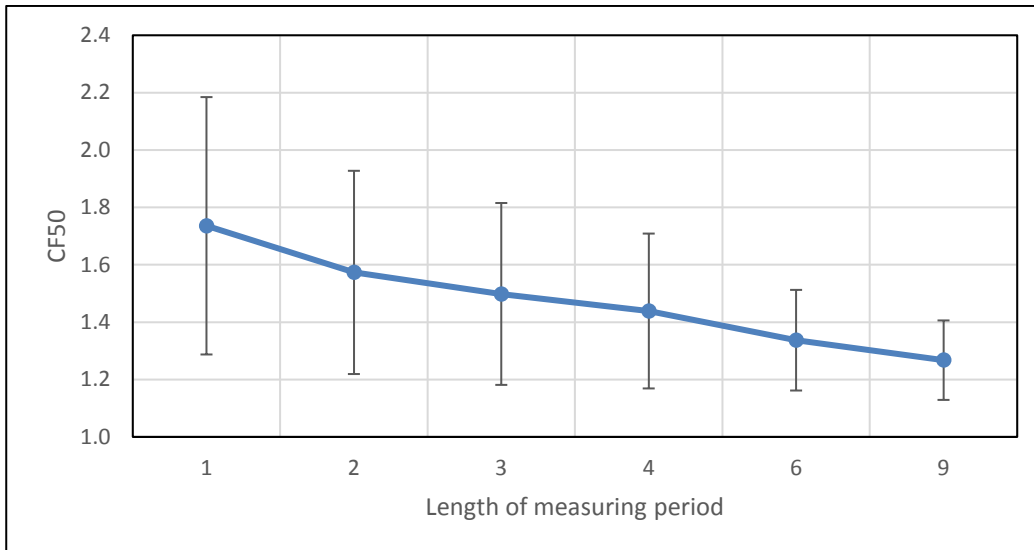
	Antall mnd					
CF10 Gruppe	1	2	3	4	6	9
1-1.25	0.08	0.13	0.18	0.23	0.36	0.50
1.25-1.5	0.29	0.41	0.47	0.48	0.49	0.46
1.5-1.75	0.22	0.23	0.19	0.17	0.12	0.04
1.75-2	0.21	0.13	0.07	0.06	0.04	
2-2.25	0.06	0.03	0.03	0.02		
2.25-2.5	0.04	0.04	0.03	0.01		
2.5-2.75	0.06	0.03	0.02	0.02		
2.75-3	0.02	0.02	0.01			
3-3.25	0.01					
3.25-3.5	0.01					

Tabell 4.7. Prosentilanalyse av CF50 for forskjellige lengde måleperioder.

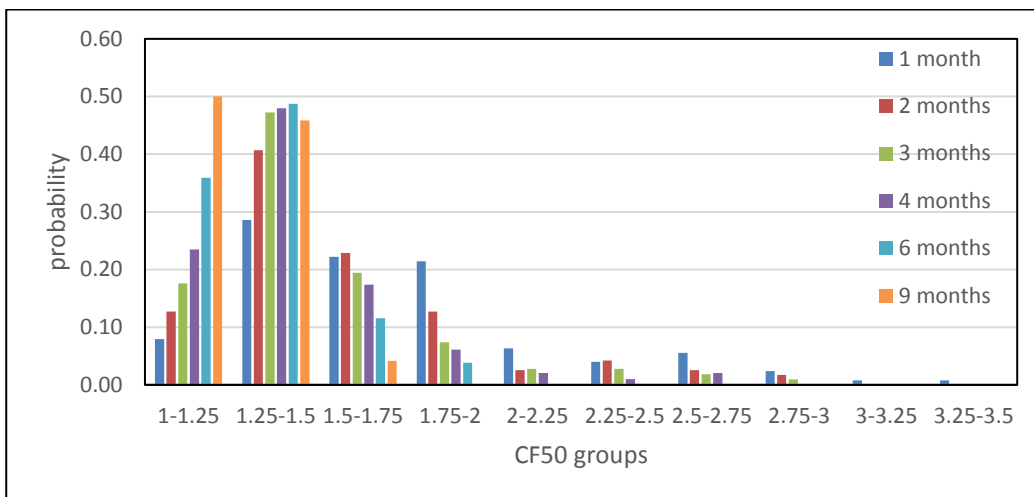
	Antall mnd					
Prosentil	1	2	3	4	6	9
10	1.28	1.23	1.21	1.18	1.16	1.10
25	1.40	1.32	1.30	1.26	1.22	1.16
50	1.67	1.48	1.43	1.36	1.31	1.25
75	1.91	1.71	1.62	1.55	1.44	1.32
90	2.45	2.03	1.84	1.76	1.57	1.44
95	2.67	2.44	2.19	1.89	1.71	1.45

Tabell 4.8. Prosentandel av data som er lavere og høyere enn multiplikasjonsfaktor (1.85) for 50-års strømhastighet i NS9415 for forskjellige måleperioder.

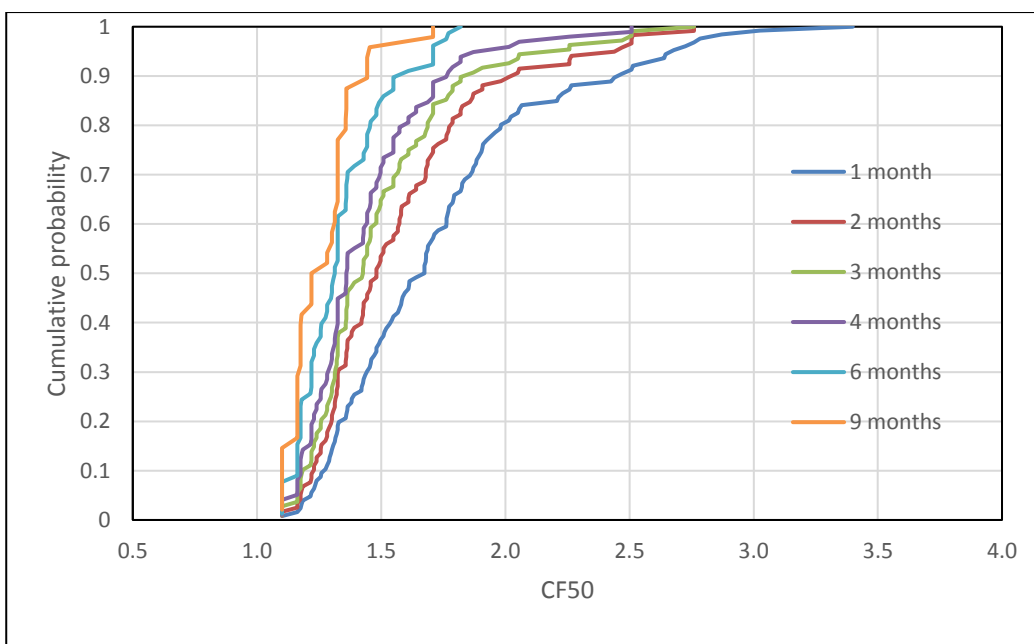
NS9415	Antall mnd					
x 1.85	1	2	3	4	6	9
% ≤ 1.85	69.0	83.9	89.8	93.9	100	100
% > 1.85	31.0	16.1	10.2	6.1	0.0	0.0



Figur 4.4. Gjennomsnittlig CF50 verdi mot lengde på måleperioden.



Figur 4.5. Sannsynlighet for data i CF50-grupper for forskjellige lengder på måleperioden.



Figur 4.6. Kumulativ fordeling av CF50 for forskjellige lengder på måleperioden.

4.3 Midlingsperiode

Lokalitet	Midlingsperiode
1	3 min hvert 15 min
2	3 min hvert 15 min
3	1 min hvert 10 min
4	1.5 min hvert 10 min
5	3 min hvert 15 min

Det er antatt at kortere midlingsperioder gir høyere maksimal strømhastighet og dermed lavere omregningsfaktor sammenlignet med lengre midlingsperioder som gir lavere maksimal strømhastighet og dermed høyere omregningsfaktor.

Høyest og gjennomsnittlig CF for både 10 og 50 år per datasett er oppgitt i hhv Tabell 4.9 og Tabell 4.10, samt Figur 4.9 til Figur 4.16. Høyest CF er rangert fra lavest til høyest i Tabell 4.11 og Tabell 4.12. Lavest CF for både 10 og 50 år er rangert fra lavest til høyest i Tabell 4.13.

Det er ikke et klart mønster basert på midlingsperioden. Ingen av de midlingsperiodene gir konsekvent høyere eller lavere CF for de forskjellige måleperiodene (Tabell 4.11 og Tabell 4.12).

Midlingsperiode på 3 min hvert 15. min gir både høy og lav CF uansett lengde på måleperioden, bortsett fra 9 måneders måleperiode. For 9 måneders måleperiode var CF lavere for midlingsperiode på 1 min hvert 10. min enn for 3 min hvert 15. min.

Lavest CF10 og CF50 er for midlingsperiode på 1 min hvert 10 min (Tabell 4.13).

Høyeste CF10 og CF50 er for midlingsperiode 3 min hvert 15 min (Tabell 4.13).

Det var ikke en klar forskjell mellom midlingsperioder på 1.5 min hvert 10 min sammenlignet med midlingsperioder på 3 min hvert 15 min (Tabell 4.13).

Forskjell mellom CF10 for lavest CF er 0.17.

Forskjell mellom CF50 for lavest CF er 0.22 (Tabell 4.13 og Figur 4.8).

Forskjell mellom høyest og lavest CF for både 10 og 50 år reduseres med økt måleperiode (Figur 4.7), dvs spredning reduseres med økt lengde på måleperioden.

Tabell 4.9. Høyest CF for hvert datasett etter lengde på måleperioden.

	CF10 per lengde på måleperioden						CF50 per lengde på måleperioden					
	1	2	3	4	6	9	1	2	3	4	6	9
1-5m	2.45	1.73	1.66	1.66	1.40	1.26	2.64	1.87	1.79	1.79	1.51	1.36
1-15m	2.41	2.29	2.25	1.84	1.41	1.32	2.65	2.51	2.47	2.01	1.55	1.44
2-5m	2.62	2.23	2.06	2.06	1.61	1.21	2.87	2.44	2.26	2.26	1.76	1.32
2-15m	3.07	2.50	2.50	2.27	1.60	1.55	3.40	2.76	2.76	2.51	1.77	1.71
3-5m	1.74	1.49	1.49	1.49	1.32	1.04	1.84	1.58	1.58	1.57	1.39	1.10
3-15m	2.45	2.04	1.84	1.68	1.64	1.04	2.72	2.27	2.05	1.87	1.82	1.16
4-5m	1.77	1.66	1.59	1.36	1.36		1.90	1.77	1.70	1.46	1.46	
4-15m	1.89	1.47	1.47	1.40	1.18		2.02	1.57	1.57	1.50	1.26	
5-5m	1.84	1.75	1.39	1.34	1.23	1.11	1.96	1.86	1.48	1.43	1.31	1.18
5-15m	1.76	1.60	1.56	1.56	1.49	1.13	1.90	1.73	1.69	1.69	1.61	1.22

Tabell 4.10. Snitt CF for hvert datasett etter lengde på måleperioden.

	CF10 per lengde på måleperioden						CF50 per lengde på måleperioden					
	1	2	3	4	6	9	1	2	3	4	6	9
1-5m	1.63	1.42	1.36	1.33	1.28	1.23	1.76	1.53	1.46	1.43	1.38	1.33
1-15m	1.77	1.59	1.47	1.38	1.32	1.27	1.94	1.75	1.62	1.52	1.45	1.39
2-5m	1.70	1.53	1.44	1.38	1.25	1.21	1.86	1.68	1.57	1.51	1.38	1.32
2-15m	1.98	1.70	1.62	1.54	1.39	1.32	2.19	1.88	1.80	1.70	1.54	1.46
3-5m	1.39	1.28	1.24	1.20	1.11	1.04	1.47	1.35	1.31	1.27	1.17	1.10
3-15m	1.68	1.50	1.41	1.34	1.19	1.04	1.87	1.67	1.57	1.49	1.32	1.16
4-5m	1.47	1.39	1.34	1.29	1.24		1.57	1.49	1.43	1.38	1.33	
4-15m	1.42	1.32	1.29	1.26	1.16		1.52	1.41	1.38	1.34	1.24	
5-5m	1.35	1.28	1.22	1.19	1.14	1.11	1.44	1.36	1.30	1.27	1.21	1.18
5-15m	1.43	1.36	1.30	1.26	1.19	1.12	1.55	1.47	1.41	1.36	1.28	1.21

Tabell 4.11. Høyest CF10 for hvert datasett etter lengde på måleperioden, rangert fra lavest til høyest.

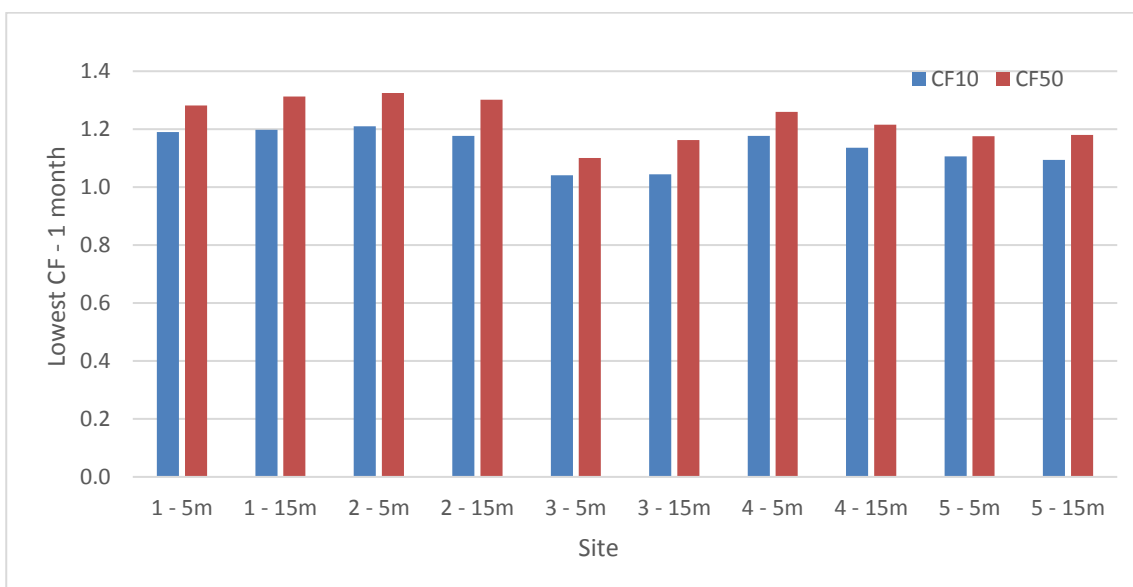
Lengde på måleperioden											
1	1	2	2	3	3	4	4	6	6	9	9
3-5m	1.74	4-15m	1.47	5-5m	1.39	5-5m	1.34	4-15m	1.26	3-5m	1.04
5-15m	1.76	3-5m	1.49	4-15m	1.47	4-5m	1.36	5-5m	1.31	3-15m	1.04
4-5m	1.77	5-15m	1.60	3-5m	1.49	4-15m	1.40	3-5m	1.39	5-5m	1.11
5-5m	1.84	4-5m	1.66	5-15m	1.56	3-5m	1.49	4-5m	1.46	5-15m	1.13
4-15m	1.89	1-5m	1.73	4-5m	1.59	5-15m	1.56	1-5m	1.51	2-5m	1.21
1-15m	2.41	5-5m	1.75	1-5m	1.66	1-5m	1.66	1-15m	1.55	1-5m	1.26
3-15m	2.45	3-15m	2.04	3-15m	1.84	3-15m	1.68	5-15m	1.61	1-15m	1.32
1-5m	2.45	2-5m	2.23	2-5m	2.06	1-15m	1.84	2-5m	1.76	2-15m	1.55
2-5m	2.62	1-15m	2.29	1-15m	2.25	2-5m	2.06	2-15m	1.77		
2-15m	3.07	2-15m	2.50	2-15m	2.50	2-15m	2.27	3-15m	1.82		

Tabell 4.12. Høyest CF50 for hvert datasett etter lengde på måleperioden, rangert fra lavest til høyest.

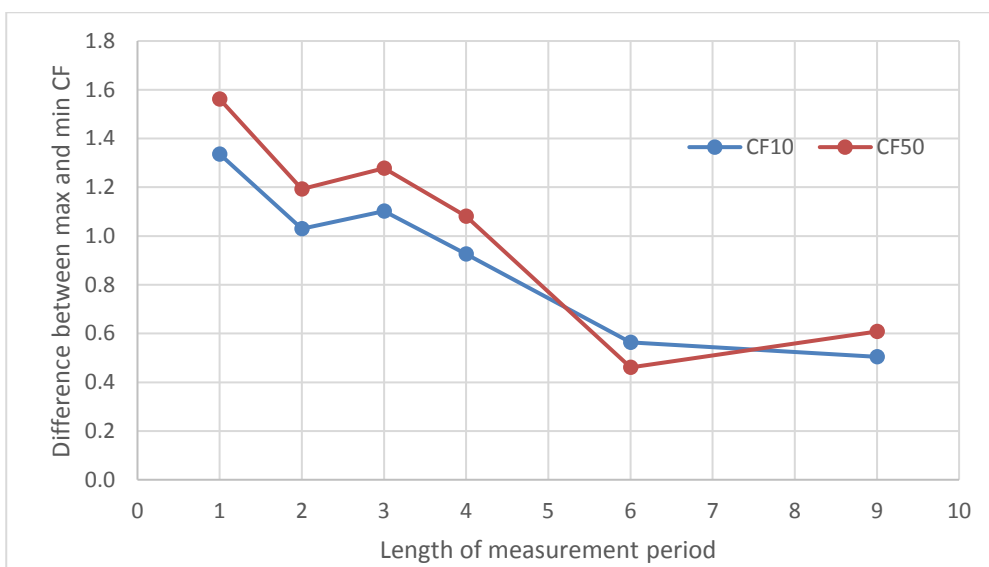
Lengde på måleperioden											
1	1	2	2	3	3	4	4	6	6	9	9
3-5m	1.84	1-5m	1.57	5-5m	1.48	5-5m	1.43	4-15m	1.18	3-5m	1.10
4-5m	1.90	1-15m	1.58	4-15m	1.57	4-5m	1.46	5-5m	1.23	3-15m	1.16
5-15m	1.90	2-5m	1.73	3-5m	1.58	4-15m	1.50	3-5m	1.32	5-5m	1.18
5-5m	1.96	2-15m	1.77	5-15m	1.69	3-5m	1.57	4-5m	1.36	5-15m	1.22
4-15m	2.02	3-15m	1.86	4-5m	1.70	5-15m	1.69	1-5m	1.40	2-5m	1.32
1-5m	2.64	3-5m	1.87	1-5m	1.79	1-5m	1.79	1-15m	1.41	1-5m	1.36
1-15m	2.65	4-5m	2.27	3-15m	2.05	3-15m	1.87	5-15m	1.49	1-15m	1.44
3-15m	2.72	4-15m	2.44	2-5m	2.26	1-15m	2.01	2-15m	1.60	2-15m	1.71
2-5m	2.87	5-5m	2.51	1-15m	2.47	2-5m	2.26	2-5m	1.61		
2-15m	3.40	5-15m	2.76	2-15m	2.76	2-15m	2.51	3-15m	1.64		

Tabell 4.13. Lavest CF for hvert datasett, rangert fra lavest til høyest.

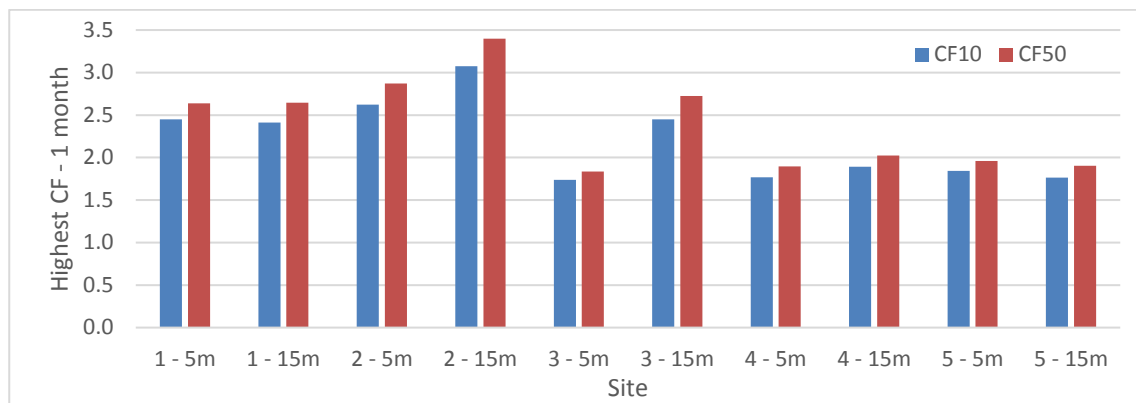
	CF10		CF50
3-5m	1.04		1.10
3-15m	1.04		1.16
5-15m	1.09		1.18
5-5m	1.11		1.18
4-15m	1.14		1.21
4-5m	1.18		1.26
2-15m	1.18	1-5m	1.28
1-5m	1.19	2-15m	1.30
1-15m	1.20		1.31
2-5m	1.21		1.32



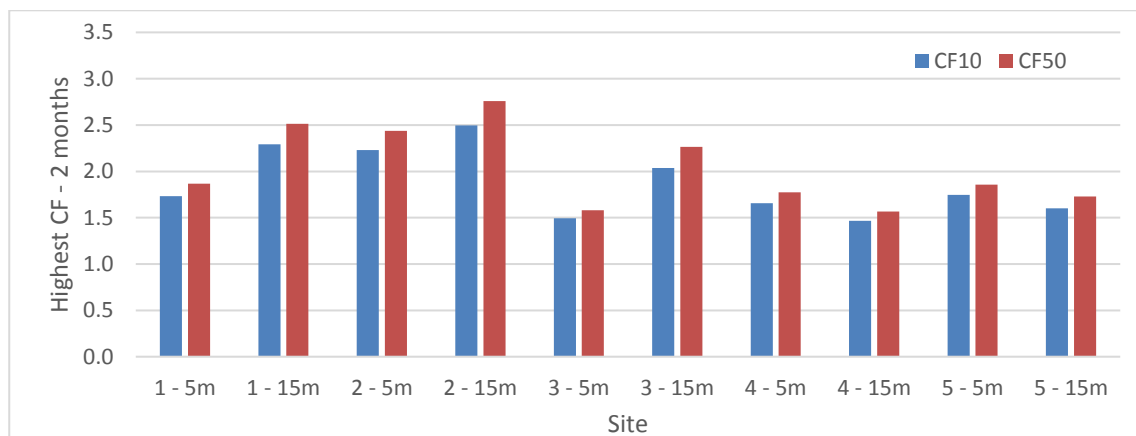
Figur 4.7. Lavest CF (både 10- og 50-år) per datasett for 1-månedsmålinger.



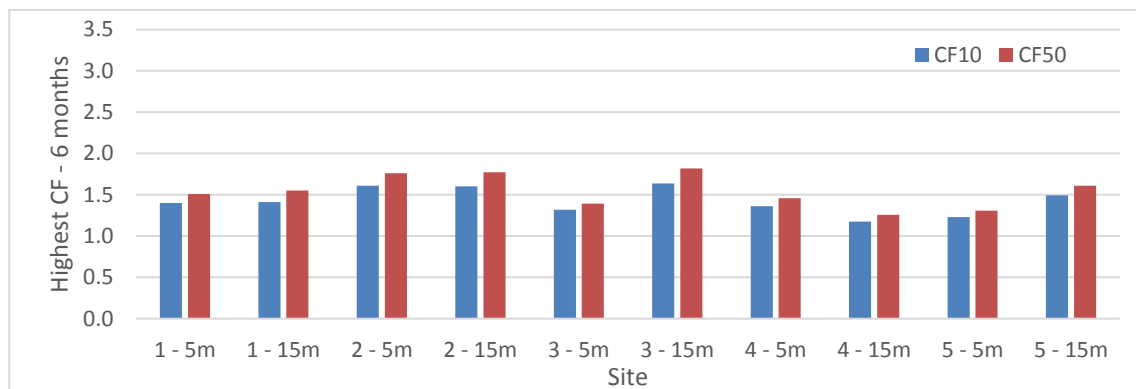
Figur 4.8. Forskjell mellom høyest og lavest CF (både 10- og 50-år) etter lengde på måleperioden.



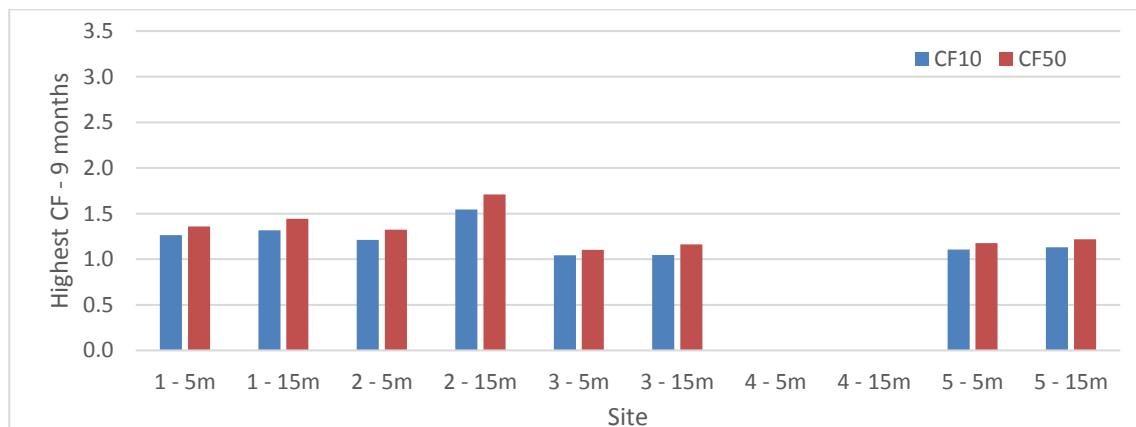
Figur 4.9. Høyest CF (både 10- og 50-år) per datasett for 1-månedsmålinger.



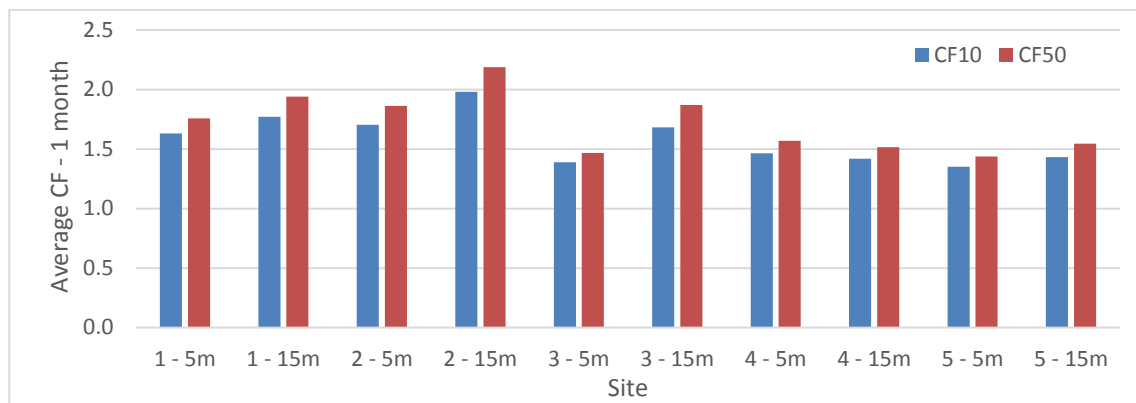
Figur 4.10. Høyest CF (både 10- og 50-år) per datasett for 2-månedsmålinger.



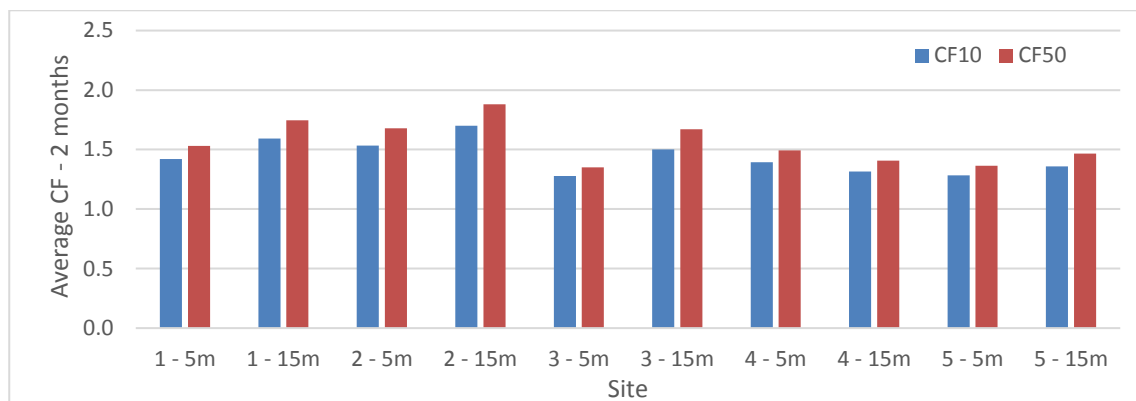
Figur 4.11. Høyest CF (både 10- og 50-år) per datasett for 6-månedsmålinger.



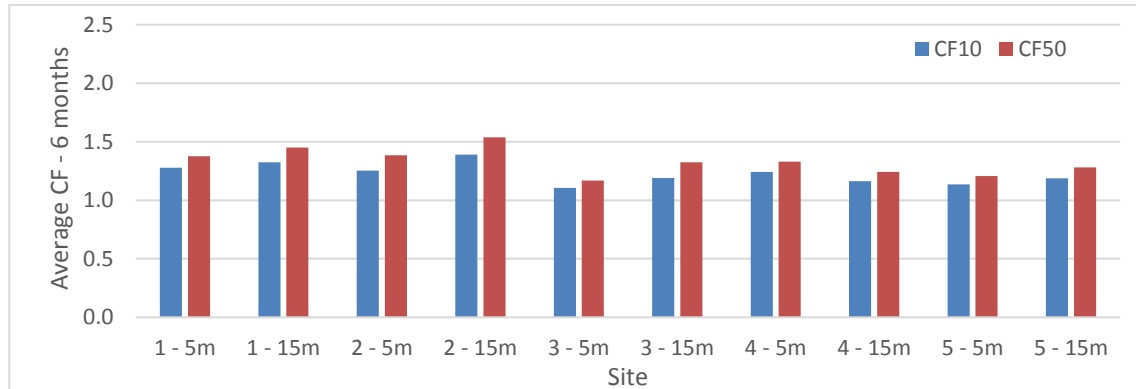
Figur 4.12. Høyest CF (både 10- og 50-år) per datasett for 9-månedsmålinger.



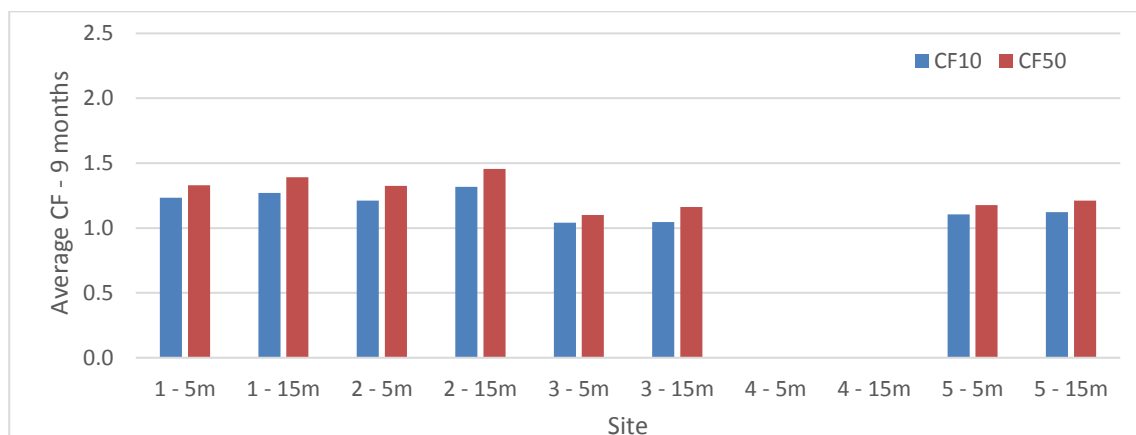
Figur 4.13. Gjennomsnittlig CF (både 10- og 50-år) per datasett for 1-månedsmålinger.



Figur 4.14. Gjennomsnittlig CF (både 10- og 50-år) per datasett for 2-månedsmålinger.



Figur 4.15. Gjennomsnittlig CF (både 10- og 50-år) per datasett for 6-månedsmålinger.



Figur 4.16. Gjennomsnittlig CF (både 10- og 50-år) per datasett for 9-månedsmålinger.

5. Konklusjon

Både spredning av og verdi for CF minker med økende måleperiode.

64.3% av CF10 verdiene for 1-månedsmålinger var ≤ 1.65 .

69.0% av CF50 verdiene for 1-månedsmålinger var ≤ 1.85 .

Ved bruk av forskjellige EVA-fordelinger kan man oppnå både lavere og høyere EVA-verdier for RP10 og RP50. I tillegg er det ikke én metode som passer best til alle datasett.

Valg av metode er viktig og det bør utarbeides kriterier eller veiledning for hvordan man skal velge metode som skal brukes (relevant for harmonisering av årsmålinger i NS9415).

CF er jevnet ut ved bruk av både 5m og 15m data sammen. Man kan ofte forvente lavere CF (høyere strømhastighet) på 5m og høyere CF (lavere strømhastighet) på 15m.

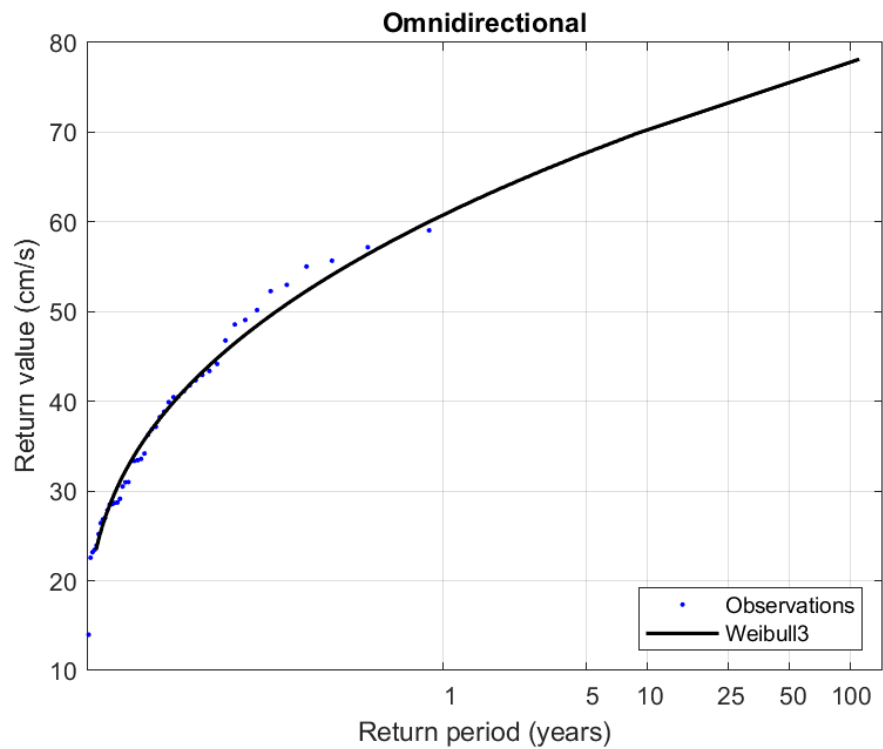
Ingen av de 3 forskjellige midlingsperiodene gir konsekvent høyere eller lavere CF for de forskjellige måleperiodene.

Resultatene er ikke vurdert etter forventede drivkrefter eller plassering.

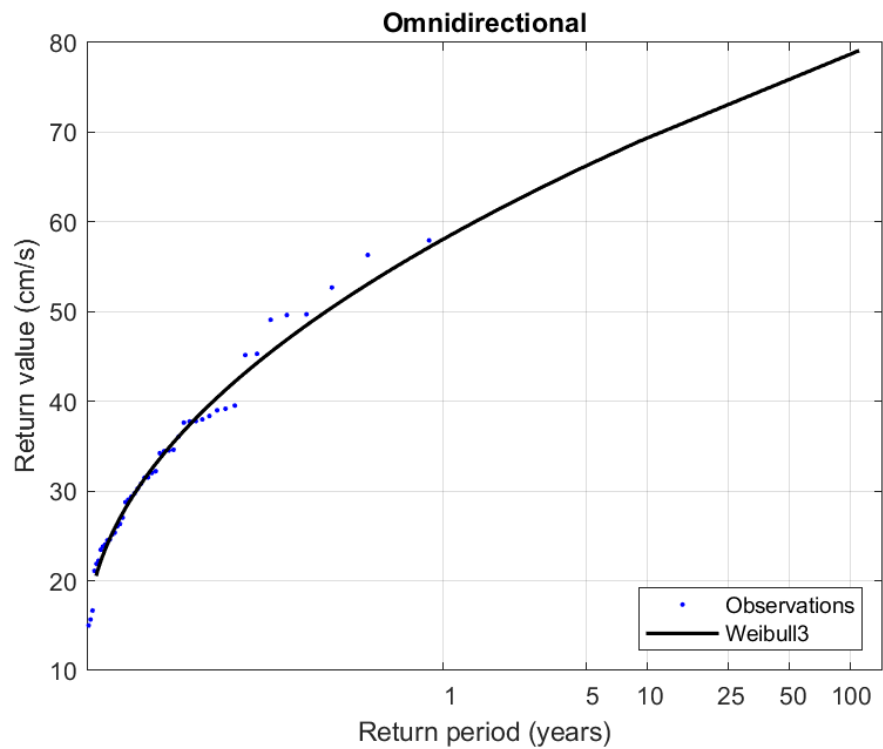
1. Hvordan skal man ta hensyn til spredning i CF?
2. Hvor konservativ skal CF i NS9415 være (hvilket sikkerhetsnivå skal multiplikasjonsfaktorene ligge på)?
3. Hvor mye skal CF økes hvis man velger å bruke f.eks. 95 prosentil strømhastighet fremfor maks strømhastighet?

6. EVA – Weibull3 fordeling

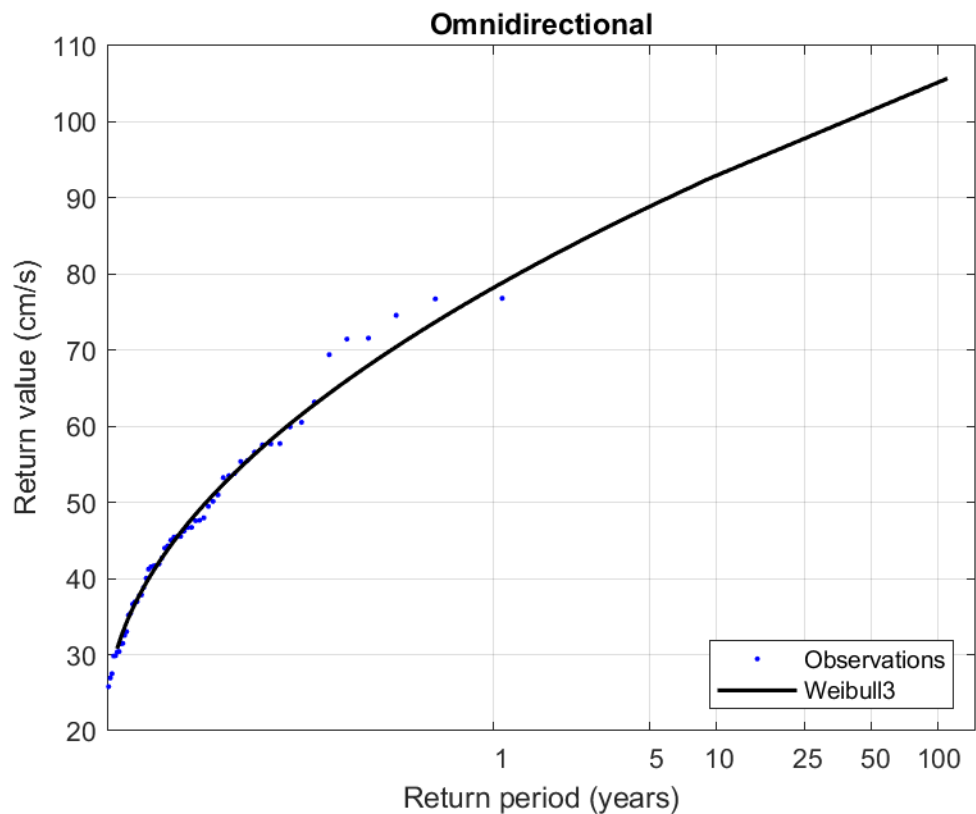
Lokalitet 1 – 5m



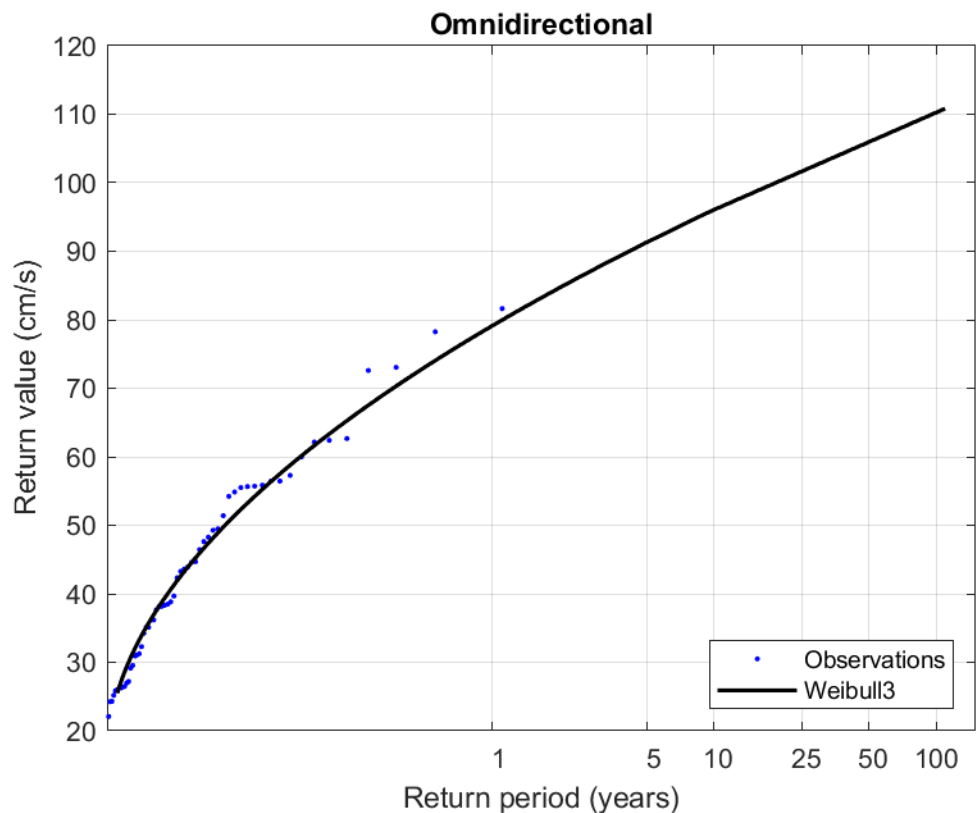
Lokalitet 1 – 15m



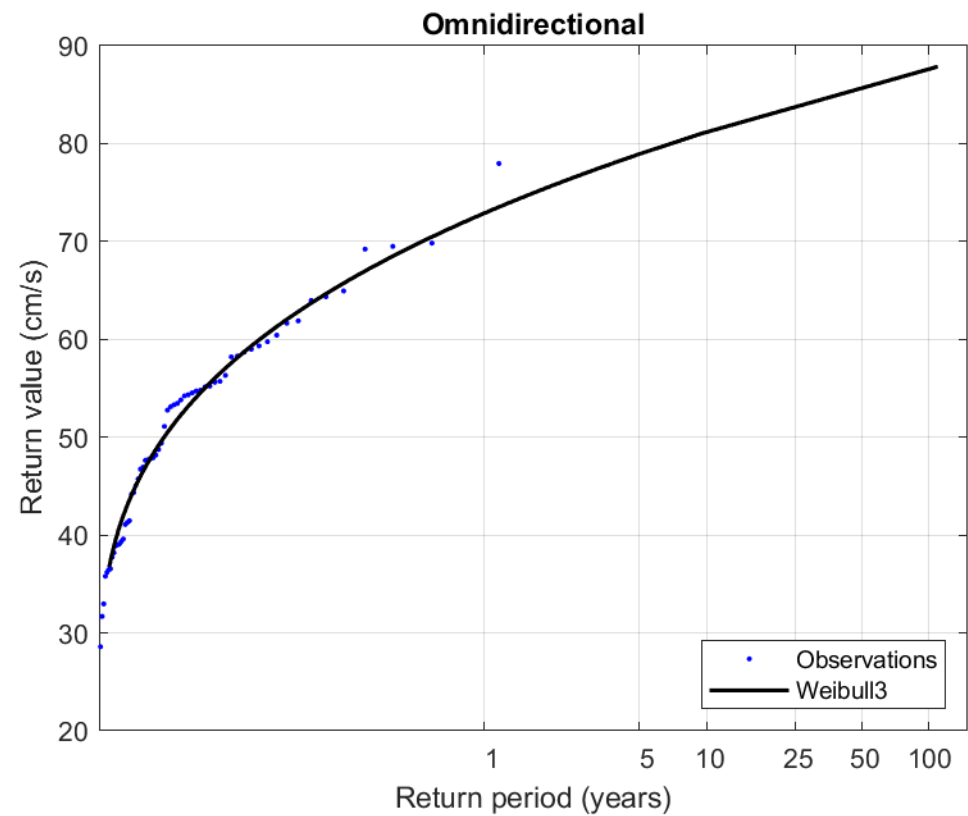
Lokalitet 2 – 5m



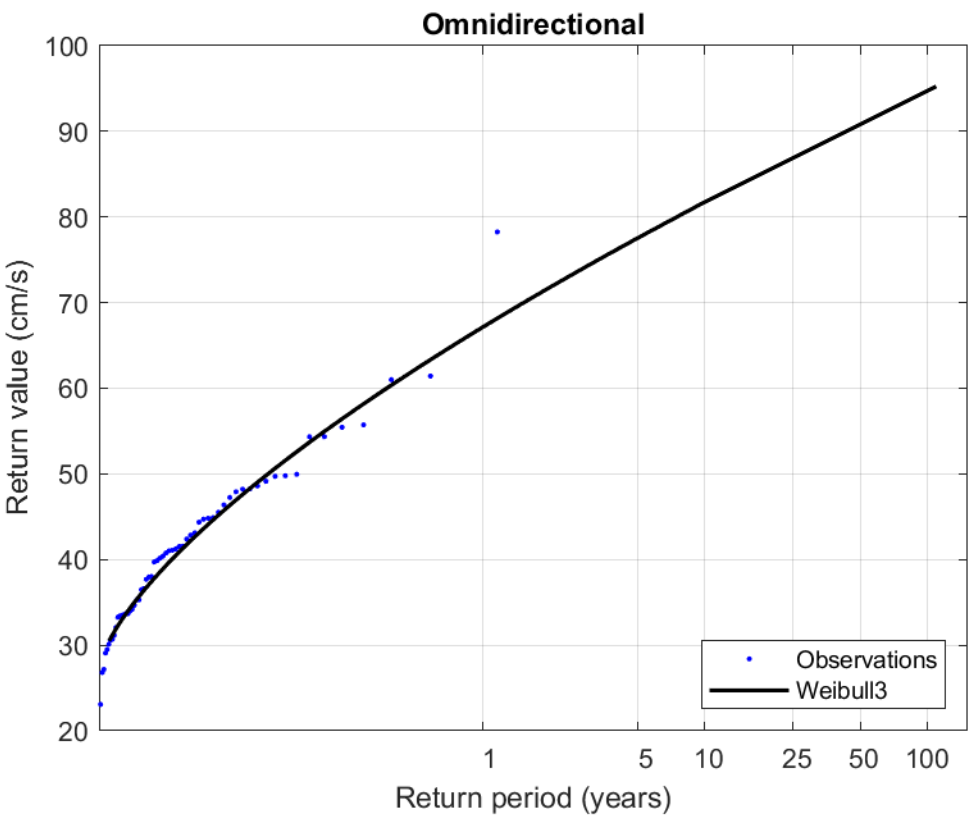
Lokalitet 2 – 15m



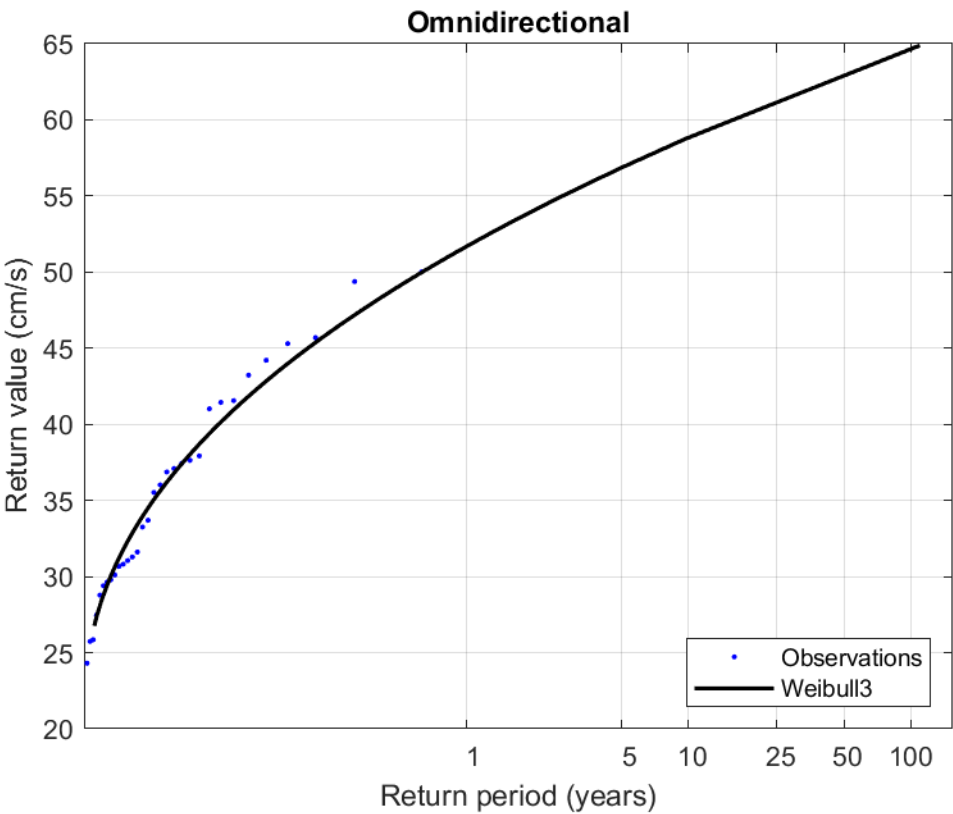
Lokalitet 3 – 5m



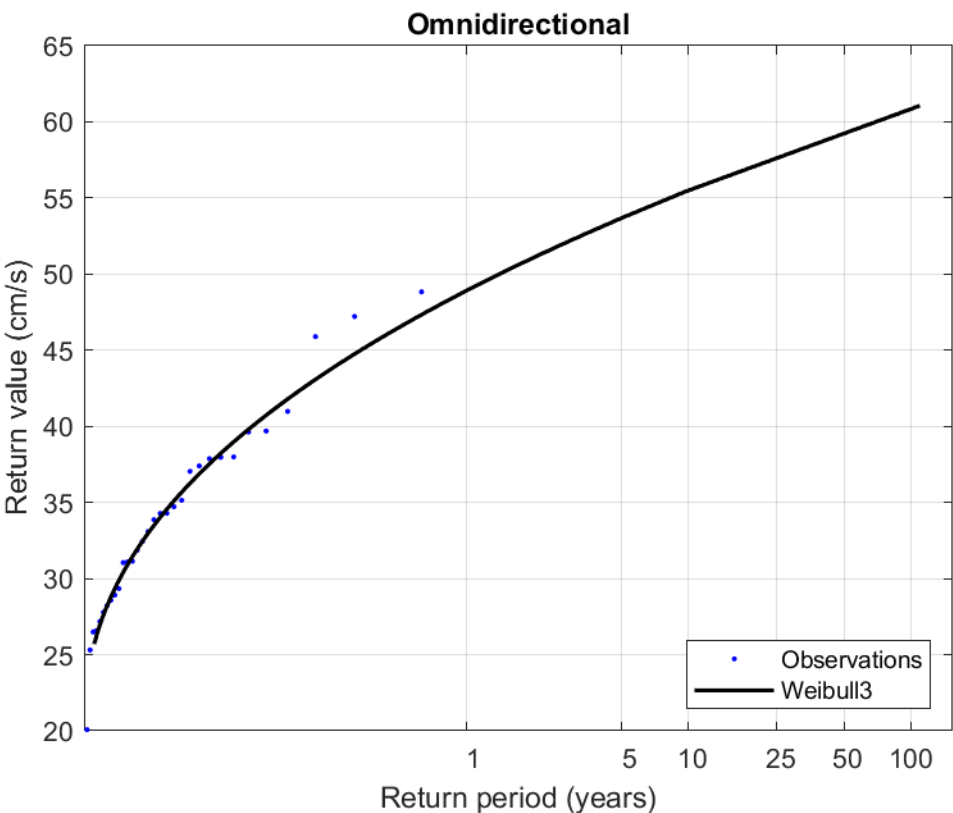
Lokalitet 3 – 15m



Lokalitet 4 – 5m



Lokalitet 4 – 15m



Lokalitet 5 – 5m



Lokalitet 5 – 15m

