



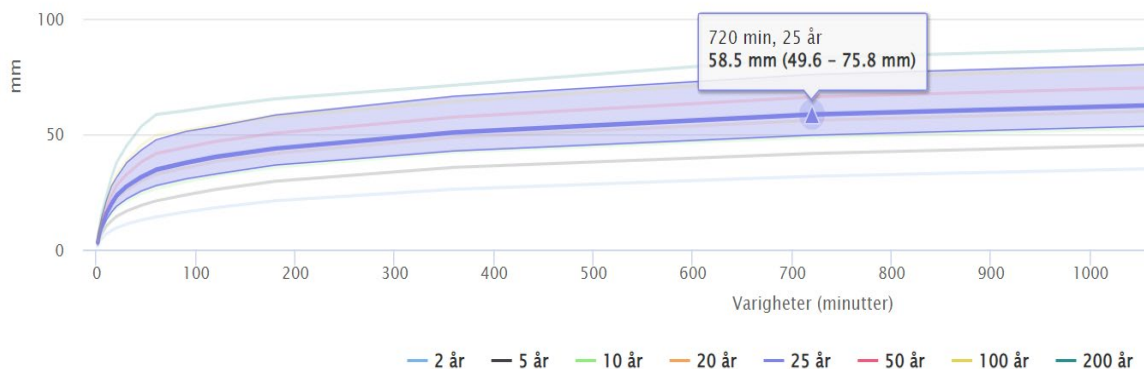
Norwegian
Meteorological
Institute

No. 2/2022
ISSN 2387-4201
KLIMA

METreport

IVF-verdier for norske nedbørstasjoner

Lansert mars 2022
Anita Verpe Dyrddal, Julia Lutz og Lars Grinde



Tittel IVF-verdier for norske nedbørstasjoner	Dato 23.02.2022
Avdeling Modell og klimaanalyse, Klimatjenester	Rapport no. No. 2/2022
Forfattere Anita Verpe Dyrredal, Julia Lutz, Lars Grinde	Klassifisering ● Åpen ○ Begrenset
Abstrakt	
<p>Meteorologisk institutt har i flere tiår beregnet Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) kurver for norske stasjoner der det er målt nedbør hvert minutt. IVF statistikk kalles også dimensjonerende nedbør, og benyttes i planlegging og dimensjonering av infrastruktur. Metoden som hittil har blitt brukt for å beregne IVF kurver på MET ble utviklet for over 45 år siden. Det har skjedd en stor utvikling innen metodikk, og MET har derfor besluttet å oppdatere IVF kurvene med ny metodikk, som beskrevet i denne rapporten. Den nye metodikken gir mulighet for å kvantifisere usikkerheten i IVF-verdiene.</p> <p>Meteorologisk institutt tar i bruk ny metodikk fra og med februar 2022 og nye IVF-kurver vil da være tilgjengelige på https://klimaservicesenter.no/. Meteorologisk institutt anbefaler å ta i bruk disse ved planlegging og dimensjonering.</p>	
Nøkkelord: IVF, dimensjonerende nedbør, nedbørstatistikk, korttidsnedbør	

Faglig ansvarlig
Hans Olav Hygen

Administrativt ansvarlig
Cecilie Stenersen

Meteorologisk institutt
Meteorological Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43 Blindern
0313 Oslo, Norway
T. +47 22 96 30 00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen, Norway
T. +47 55 23 66 00

Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø, Norway
T. +47 77 62 13 00

www.met.no

Innhold

1. Introduksjon	1
2. Metodebeskrivelse	2
2.1 Metodikk fram til januar 2018	2
2.2 Metodikk fra og med mars 2022	3
Datagrunnlaget: Årlig maksimum	3
Ekstremverdianalyse: Bayesiansk metode	3
3. Overgang til ny IVF-statistikk	5
3.1 Eksempel	5
3.2 Anbefaling	7
3.3 Sammenligning av nye og gamle verdier	7
4. Usikkerhet og klassifisering	17

1. Introduksjon

Meteorologisk institutt har i flere tiår beregnet Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) kurver for norske stasjoner der det er målt nedbør hvert minutt. IVF statistikk kalles også dimensjonerende nedbør, og benyttes i planlegging og dimensjonering av infrastruktur. Metoden som hittil har blitt brukt for å beregne IVF kurver på MET ble utviklet for over 45 år siden. Det har skjedd en stor utvikling innen metodikk, og MET har derfor besluttet å oppdatere IVF kurvene med ny metodikk, som beskrevet under. Den nye metodikken gir mulighet for å kvantifisere usikkerheten i IVF-verdiene.

Det er verdt å presisere at det er store usikkerheter knyttet til IVF-statistikk, spesielt for korte måleserier og lange gjentakintervaller. MET leverer IVF-kurver for alle målestasjoner med minst 10 år med data fra en vippepluviograf som måler nedbør hvert minutt. Det innebærer en kraftig ekstrapolasjon å beregne 200-årsnedbør med en 10 år lang serie. For disse korte seriene kan man se store avvik mellom metoder og også ved oppdatering etter nye målinger. Fra og med mars 2022 går MET over til ny metode for beregning av IVF-statistikk ved stasjoner og oppdaterer samtidig statistikken med målinger etter 2017. Nye IVF-verdier blir

tilgjengelige på klimaservicesenter.no. I fremtiden planlegges det å oppdatere IVF-statistikken med nye verdier årlig. I prosjektet ClimDesign er det også planlagt videreutvikling og oppdatering av de griddede (1x1 km) IVF-verdiene for vilkårlige steder i Norge, men det er ikke omfattet av denne rapporten.

2. Metodebeskrivelse

Før vi beskriver den nye metoden, følger grunnleggende informasjon om ekstremverdistatistikk. Både dagens metode (2.1) og ny metode (2.2) tilpasser en Generalized Extreme Value (GEV) fordeling (e.g. Coles, 2001) til observerte nedbørmengder. Teorien bak GEV fordelingen beskriver hvordan fordelingen av maksimumsverdier per tidsenhet, for eksempel årlig maksima for forskjellige varigheter av nedbør, konvergerer mot en GEV fordeling $G(x)$ når lengden på tidsserien blir svært lang. Tre parametre bestemmer GEV fordelingen, og det er disse som må estimeres. GEV fordelingen beskrives matematisk slik:

$$G(x) = \exp\{-[1 + \xi(\frac{x-\mu}{\sigma})]^{-\frac{1}{\xi}}\} \text{ for } 1 + \xi(\frac{x-\mu}{\sigma}) > 0, \quad (1)$$

der μ er lokasjonsparameteren (location), σ er skalaparameteren (scale) og ξ er formparameteren (shape).

2.1 Metodikk fram til januar 2018

IVF kurvene som ble presentert på klimaservicesenter.no fram til mars 2022 var ikke oppdatert etter 2017. Metoden bak disse verdiene ble etablert i 1975 i samarbeid med NVE. Den tilpasser en Gumbel fordeling, det vil si en GEV fordeling der formparameteren er lik null (Coles, 2001), til de N høyeste observerte nedbørverdiene for hver varighet i IVF-kurven (1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720 og 1440 minutt), der N er antall år som går inn i beregningene. Dimensjonerende verdier beregnes for gjentaksintervaller 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 og 200 år. De N høyeste verdiene er hentet fra glidende tidsvindu. Det vil si at for varighet på 60 minutt kan den høyeste verdien være registrert eksempelvis mellom 15:24 og 16:23. Det er ingen krav til at stasjonen skal ha vært operativ en viss periode. For at en nedbørhendelse skal godkjennes for uttak av høyeste verdi, må det ha regnet minst 80% av tiden for den aktuelle varigheten for varigheter 1-30 minutt, og 75% for varigheter 45-360 minutt. For lengre varigheter er det ingen slike kriterier, men verdiene må være over 15 mm på 720 minutt og mer

enn 20 mm på 1440 minutt. Videre må det være en viss tidsavstand mellom to nedbørhendelser slik at disse hendelsene kan vurderes som uavhengige fra hverandre. Periodene er mer enn én time for varigheter 1-3 minutt, to timer for 5 minutt, tre timer for 10 minutt, seks timer for 15-20 minutt, 12 timer for 30-45 minutt og 24 timer for 60-1440 minutt. Siden dimensjonerende verdier beregnes separat for hver varighet, kan det i noen tilfeller forekomme inkonsistens mellom varigheter i IVF kurven, slik at den estimerte dimensjonerende verdien for en varighet kan være mindre enn for den foregående varigheten. I disse tilfelle er verdien fjernet for å sikre strengt stigende kurver. Vi refererer til denne metoden som Gumbel-RV (Gumbel - Reduced Variate) etter Emil J. Gumbels arbeider fra 1954 og 1958 (Gumbel and Lieblein, 1954; Gumbel, 1958) der han introduserer begrepet «reduced variate»; faktorer som bestemmes som funksjon av returperiode og som forenkler beregningen av ekstremverdier.

2.2 Metodikk fra og med mars 2022

Datagrunnlaget: Årlig maksimum

Den nye metoden som tas i bruk ved Meteorologisk institutt fra og med mars 2022 bruker glidende årlige maksimumsverdier for alle varigheter som inndata. Som nevnt i 2.1 over, betyr glidende at hendelsene hentes fra et glidende tidsvindu som forskyves ett minutt av gangen. Undersøkelser viser at i Norge inntreffer de høyeste forekomstene av nedbørhendelser med kort varighet og høy intensitet i løpet av de utvidete sommermånedene, fra 1. mai til og med 30. september. Maksimumsverdien for et bestemt år godkjennes forutsatt en datadekning av god kvalitet på minst 80% i perioden mai til september. Det er varigheter opp til ca. 3 timer som er av størst interesse for den type dimensjonering der IVF benyttes. De samme varigheter og gjentaksintervaller som brukes i dagens metode blir også brukt i den nye metoden.

Ekstremverdianalyse: Bayesiansk metode

Den nye metoden er basert på Bayesiansk inferens for å estimere en hel sannsynlighetsfordeling av parametersettet θ som inneholder de tre GEV-parametrene: $\theta=(\mu, \sigma, \xi)$. Vi refererer til metoden som GEV-Bay (GEV - Bayesiansk) og den er beskrevet og anbefalt for videre bruk i Lutz et al., 2020. GEV-Bay skiller seg fra mer ordinære estimeringsmetoder (for eksempel maximum likelihood metoden) der man kun estimerer den empiriske fordelingen som beskriver θ best, ved at hver GEV parameter estimeres mange ganger og kan presenteres som en fordeling.

Bayesiansk inferens er basert på Bayes' teorem (Bayes, 1763) som sier at sannsynligheten for en hendelse er avhengig av forkunnskap om forhold som er relatert til hendelsen. Forkunnskap kan for eksempel hentes fra beregninger fra lange tidsserier i et lignende område. I vårt tilfelle, kan Bayes' teorem formuleres slik

$$P(\theta|x) = \frac{L(x|\theta)P(\theta)}{P(x)}, \quad (2)$$

der $P(\theta|x)$ er sannsynlighetsfunksjonen til θ gitt observasjonene x . Den kalles posterior sannsynlighet. $L(x|\theta)$ er sannsynlighetsfunksjonen, og $P(\theta)$ er priorfordelingen for θ , det vil si GEV parametrene. Siden $P(x)$ er konstant, kan vi skrive $P(\theta|x)$ som produkt av sannsynlighet og prior sannsynlighet:

$$P(\theta|x) \propto L(x|\theta)P(\theta). \quad (3)$$

Vi utførte 50000 gjentakelser, det vil si tilpasset fordelingen 50000 ganger. For å evaluere estimatene (se avsnitt 2.3.1) brukte vi derimot bare de siste 3000, som viste stabilitet i de simulerte parametrene. Markov Chain Monte Carlo (MCMC; Richey, 2010) metoden (spesielt Metropolis-Hastings algoritmen; Hastings, 1970; brukt i dette tilfellet) genererer estimater av θ , etter en Gaussisk tilfeldig kjede; i hvert trinn blir en ny kandidat for θ^* plukket fra Gaussiske distribusjoner sentrert ved θ . Hvis høyre side av ligning (3) er større for θ^* enn for θ , aksepteres θ^* og erstatter θ . Ellers godtas θ bare hvis forholdet mellom høyre side for θ^* og θ er større enn et uniformt fordelt tilfeldig tall mellom null og en.

Etter noen tester av realistiske verdier for formparameteren ξ , innførte vi en prior med samme beta fordeling som i Martins et al., 2000: $B(p=6, q=9)$ definert på intervallet $[-0.5, 0.5]$. For lokasjon- og skalaparametrene bruker vi ikke-informative priorfordelinger.

I det Bayesianske rammeverket kan kvantiler avledes direkte fra den underliggende fordelingen $P(\theta|x)$. I denne studien brukte vi 95% konfidensintervall, det vil si området mellom 2.5% og 97.5% kvantilen, for å beskrive usikkerheten knyttet til selve IVF verdien.

Lutz et al. (2020) sammenlignet GEV-Bay med en GEV maximum likelihood metode (GEV-mML) og fant at GEV-Bay ga bedre resultater ved 14 stasjoner i Oslo-området. GEV-Bay er implementert i R (R Core Team, 2020) ved bruk av pakkene `gevXgpd` (Frei and Fukutome, 2014) og `extRemes` (Gilleland and Katz, 2016).

Konsistente IVF-kurver

Den nye metoden beregner også dimensjonerende verdier for hver varighet separat. I dette tilfellet kan det oppstå inkonsistens mellom de ulike varighetene i en IVF-kurve. Derfor bruker vi en metode beskrevet i Roksvåg et al. (2021) for å etterbehandle estimater og sikre konsistens mellom varigheter. Metoden som anbefales i Roksvåg et al. (2021) kalles “quantile selection algorithm”, og denne velger en verdi innenfor det estimerte utfallsrommet som både ligger nærmest mulig medianen og som sikrer en strengt stigende IVF kurve.

3. Overgang til ny IVF-statistikk

Det er hovedsakelig to grunner til å innføre ny metodikk for IVF-beregning:

1. Gumbel-RV benytter en Gumbel fordeling som er kjent for å underestimere de høyeste nedbørverdiene (e.g. Papalexou & Koutsoyiannis, 2013; Koutsoyiannis, 2004), og et utvalg (N høyeste) som ikke innfrir ekstremverditeoremet der GEV beskrives som den eneste mulige fordelingen for blokk maksima.
2. Bayesiansk statistikk, benyttet i GEV-Bay, gir mulighet for en direkte og intuitiv kvantifisering av usikkerheten i IVF-verdiene.

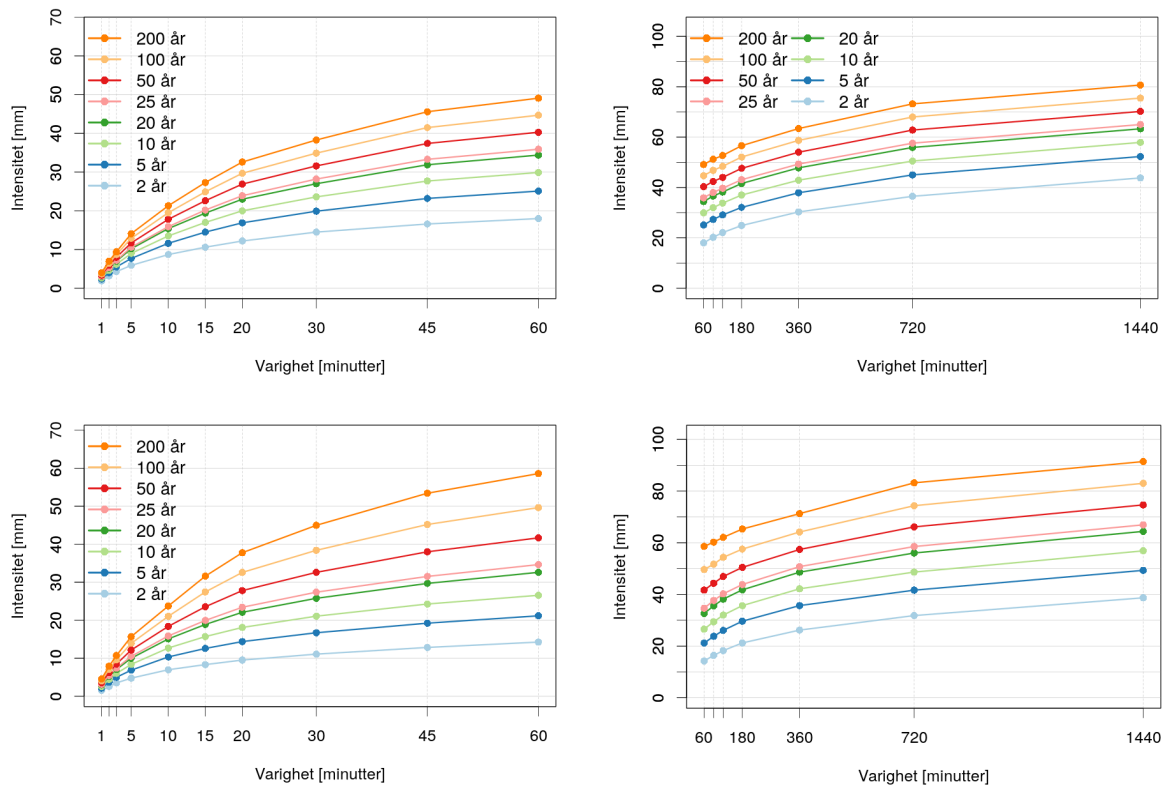
I tillegg til å fornye metodikken, vil en oppdatering av IVF-kurvene inkludere tre flere år med observasjoner (siden 2017), samt noe annet utvalg etter implementering av kriteriet for 80% datadekning. Dette vil både forbedre statistikken og være en ekstra kilde til avvik mellom gamle og nye IVF-verdier. I fremtiden planlegges det å oppdatere IVF-statistikken med nye verdier årlig.

3.1 Eksempel

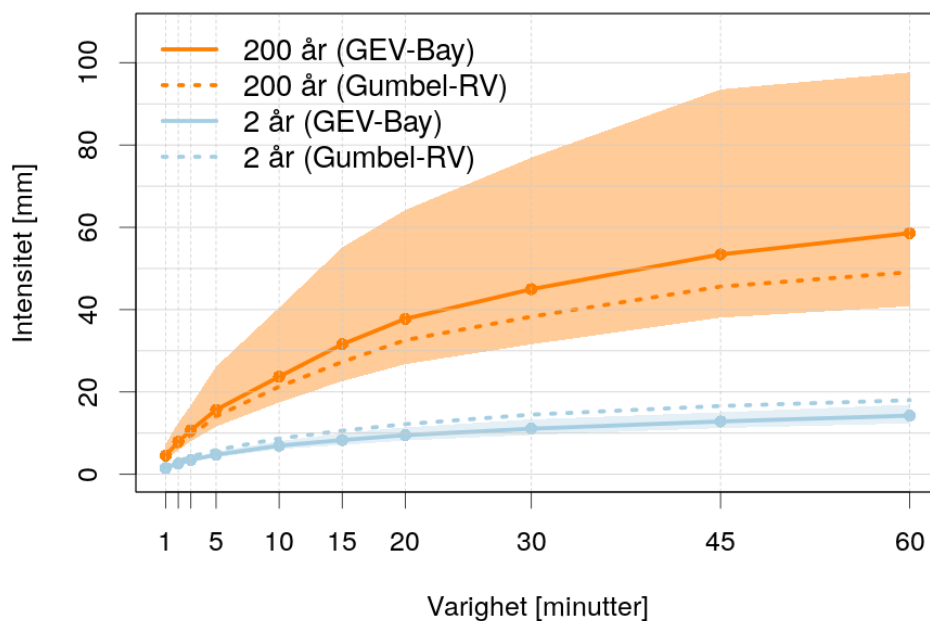
Et eksempel på IVF kurver beregnet med den gamle (Gumbel-RV) og den nye (GEV-Bay) metoden for stasjonen Oslo-Blindern (18701), er presentert i Figur 1. I Figur 2 trekker vi frem gjentaksintervaller 2 og 200 år, og viser i tillegg usikkerheten ifølge GEV-Bay. Man ser at den generelle formen på kurvene er fortsatt den samme, men spredningen mellom gjentaksintervallene er større for GEV-Bay. Verdiene for de korte gjentaksintervallene er noe lavere, mens verdiene for de lange gjentaksintervallene er høyere enn med Gumbel-RV.

Usikkerhetsintervallet (Figur 2) er naturlig nok mye større for 200-års gjentaksintervall enn for 2-års gjentaksintervall. Verdiene for 2-års gjentaksintervall beregnet med den gamle metoden (Gumbel-RV) er noe høyere enn for GEV-Bay, og de ligger utenfor usikkerhetsintervallet fra

den nye metoden. For 200-års gjentakintervall er de gamle verdiene lavere enn de nye, men de ligger innenfor usikkerhetsintervallet.



Figur 1: IVF kurver for Oslo-Blindern (18701) for varigheter 1-60 minutter (til venstre) og 60-1440 minutter (til høyre) og alle gjentakintervaller, beregnet med Gumbel-RV (øverst) og GEV-Bay (nederst).



Figur 2: IVF kurver med usikkerheter for Oslo-Blindern (18701) for varigheter 1-60 minutter og for gjentakintervaller 2 og 200 år, beregnet med GEV-Bay og Gumbel-RV.

3.2 Anbefaling

Meteorologisk institutt tar i bruk metodikken beskrevet i kapittel 2.2 fra og med mars 2022 og nye IVF-kurver vil da være tilgjengelige på <https://klimaservicesenter.no/>. Meteorologisk institutt anbefaler å ta i bruk disse ved planlegging og dimensjonering.

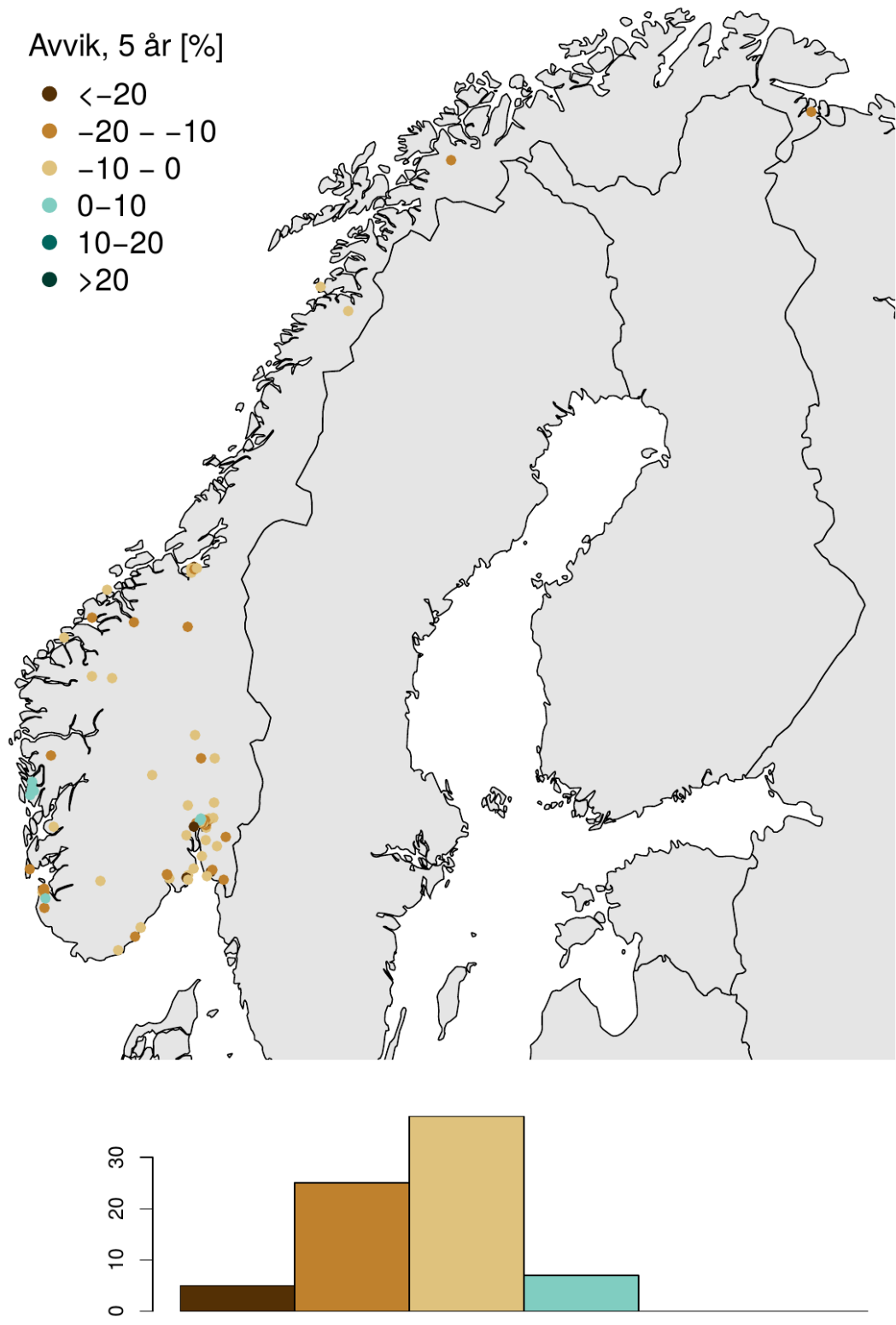
3.3 Sammenligning av nye og gamle verdier

For å beskrive endringene det innebærer å gå fram gammel til ny metode, og samtidig oppdatere med data fra de senere år, sammenligner vi noen utvalgte estimater. Se Tabell 1 under for hvilke sammenligninger vi har fokusert på i denne rapporten. Figurer 3-6 viser avvik mellom GEV-Bay og Gumbel-RV både i kart og som histogram, for varighet 60 minutter og gjentaksintervaller 5, 20, 50 og 200 år, for alle stasjoner med IVF-kurver. I appendix vises tilsvarende figurer for varigheter 10 og 180 minutter. Gjennomsnittlige avvik fra Gumbel-RV for 5, 20, 50 og 200-års gjentaksintervall og varigheter 10, 60 og 180 minutter vises i Tabell 2. **Generelt får vi noe lavere verdier for 5 års gjentaksintervall med GEV-Bay sammenlignet med Gumbel-RV, mens lengre gjentaksintervaller (50 og 200 år) gir høyere verdier.** Avvikene er naturlig nok større for 200-års gjentaksintervall, men vi ser ingen tydelige regionale mønstre.

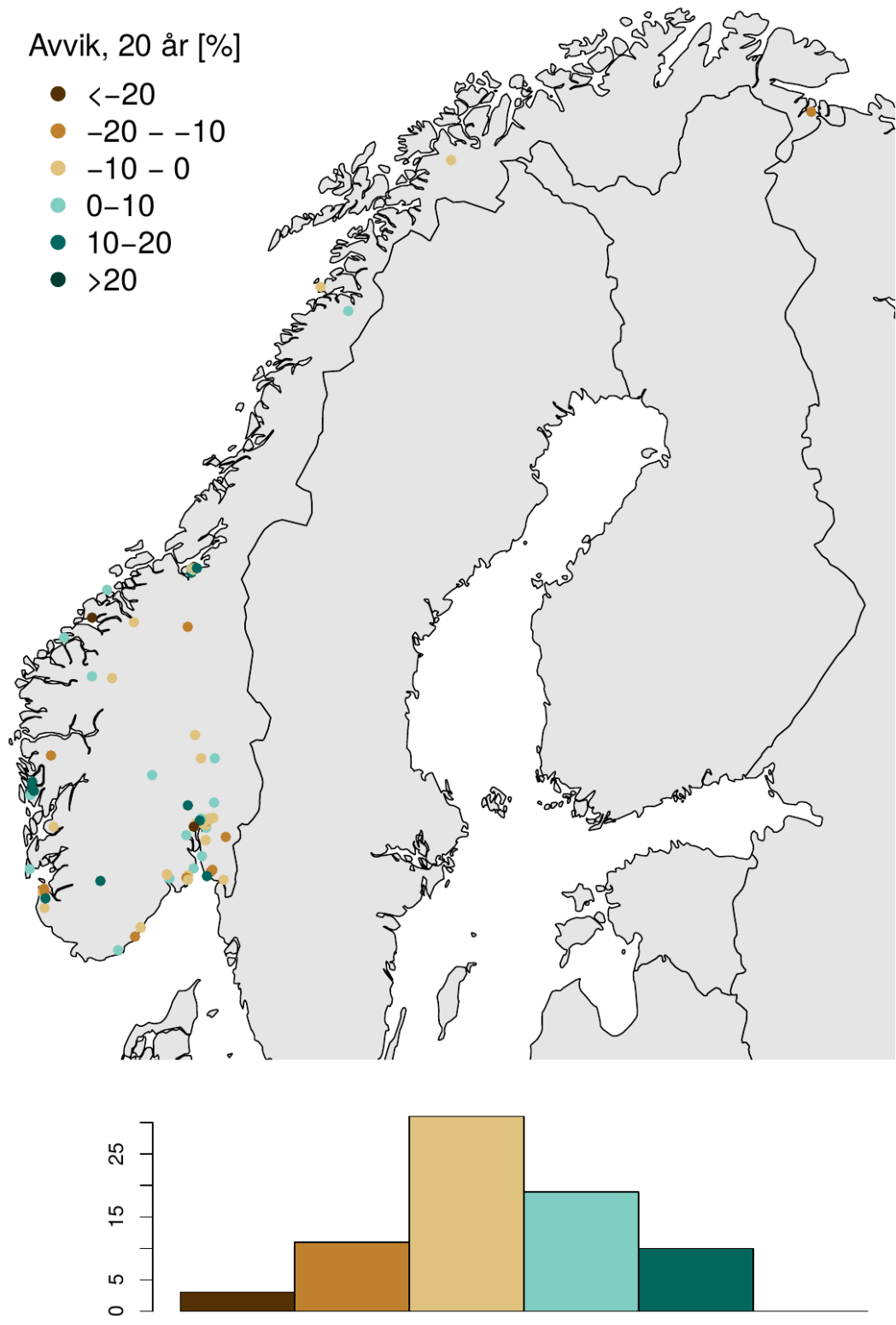
Ved noen stasjoner er det til dels store positive avvik ($GEV-Bay > Gumbel-RV$) for noen varigheter. Eksempelet med størst avvik av de varighetene og gjentaksintervallene vi har undersøkt, er stasjonen Bergen - Sædalen (stasjonsnummer 50503). For varighet 10 minutter er avviket for 5, 20, 50 og 200-årsnedbøren på henholdsvis 27,6%, 61,9%, 82,8% og 114,6%. Dette store avviket skyldes to forhold, som begge drar i samme retning. IVF-verdiene fra Gumbel-RV er beregnet fra 10 år med data mellom 2005 og 2014 (stasjonen er ikke i drift store deler av 2015-2017), der alle årlig maksima er relativt lave og med lite variasjon. I de tre siste årene; 2018, 2019 og 2020, er det målt mye høyere verdier, og siden det er en svært kort serie får disse siste verdiene stor påvirkning. Oppdaterte estimater blir derfor større. I tillegg får vi høyere verdier når vi benytter GEV-Bay for Gumbel fordelingen generelt gir konservative estimater for lange gjentaksintervaller.

Tabell 1: Sammenligning av GEV-Bay og Gumbel-RV er gjort for varigheter og gjentakintervaller med kryss. Stort kryss indikerer sammenligning ved alle stasjoner, mens lite kryss indikerer sammenligning ved de 8 utvalgte stasjonene.

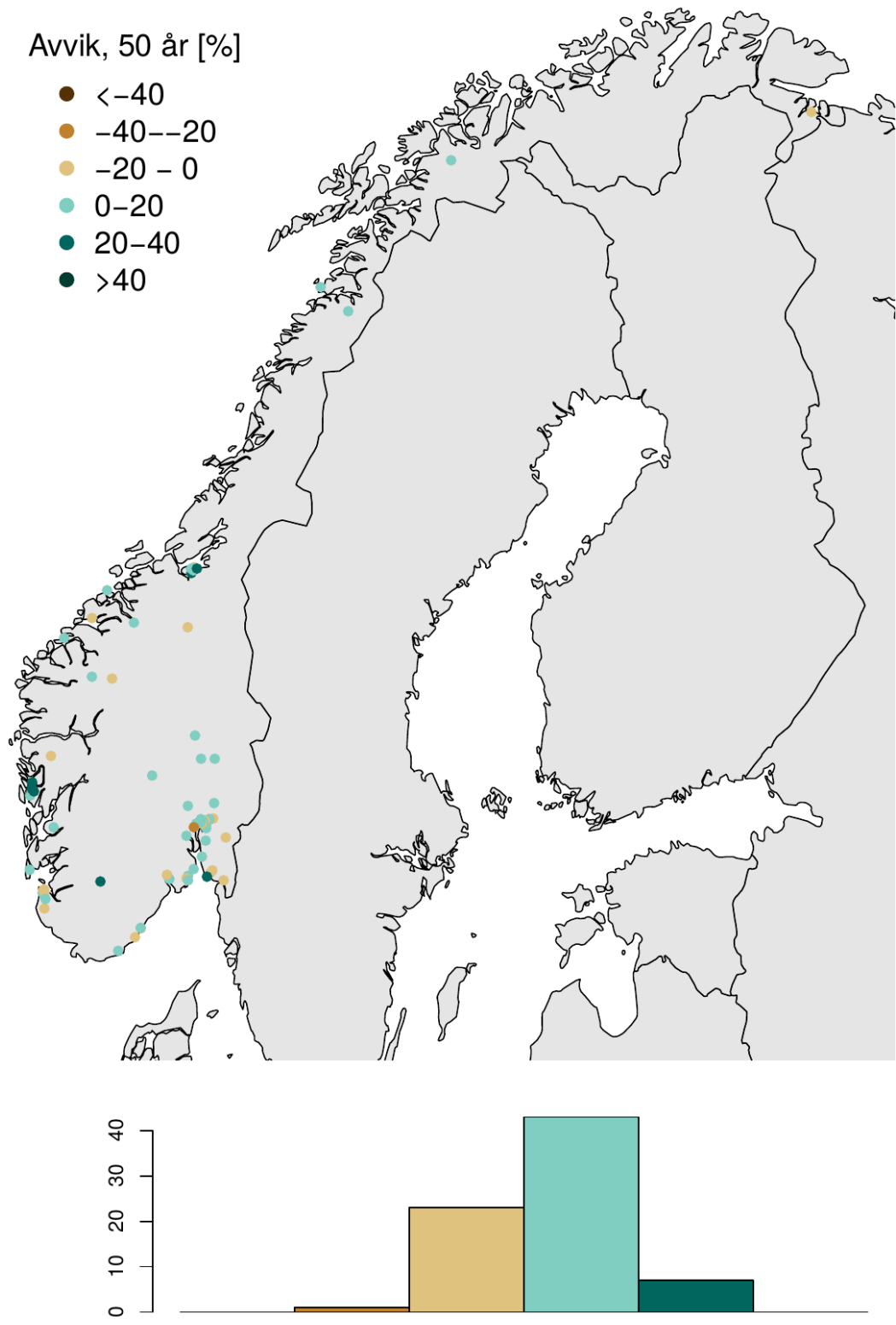
		Varighet (minutter)															
		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Gj	2					x					x			x	x		
	5					Xx					Xx			Xx	x		
	10					x					x			x	x		
	20					Xx					Xx			Xx	x		
	25					x					x			x	x		
	50					Xx					Xx			Xx	x		
	100					x					x			x	x		
	200					Xx					Xx			Xx	x		



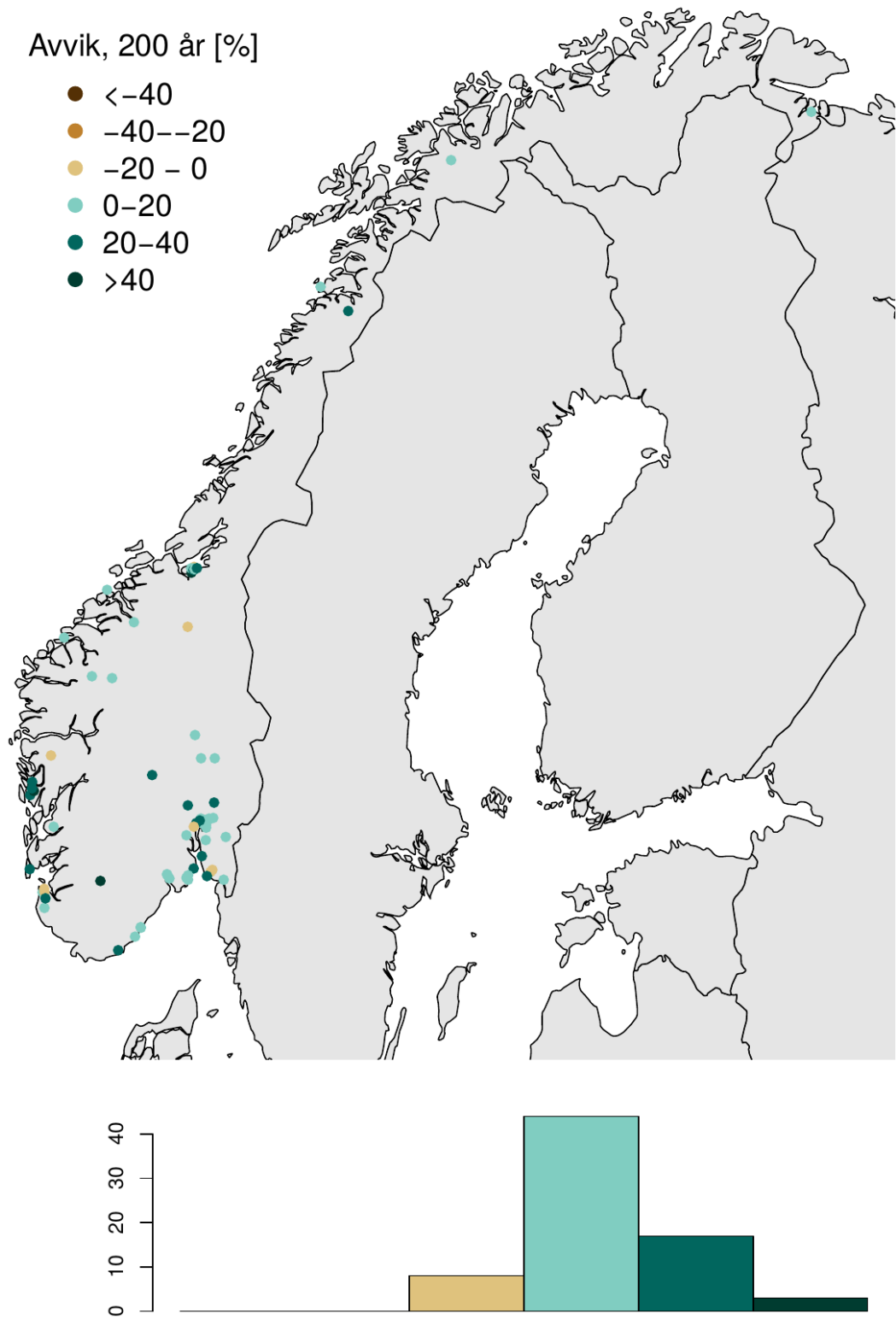
Figur 3: Avvik i % fra Gumbel-RV (gammel metode) til GEV-Bay (ny metode) for varighet 60 minutt og gjentakintervall 5 år. Brune farger viser negative verdier (GEV-Bay < Gumbel-RV) og grønne farger representerer positive verdier (GEV-Bay > Gumbel-RV).



Figur 4: Avvik i % fra Gumbel-RV (gammel metode) til GEV-Bay (ny metode) for varighet 60 minutt og gjentakintervall 20 år. Brune farger viser negative verdier (GEV-Bay < Gumbel-RV) og grønne farger representerer positive verdier (GEV-Bay > Gumbel-RV).



Figur 5: Avvik i % fra Gumbel-RV (gammel metode) til GEV-Bay (ny metode) for varighet 60 minutt og gjentakintervall 50 år. Brune farger viser negative verdier (GEV-Bay < Gumbel-RV) og grønne farger representerer positive verdier (GEV-Bay > Gumbel-RV).

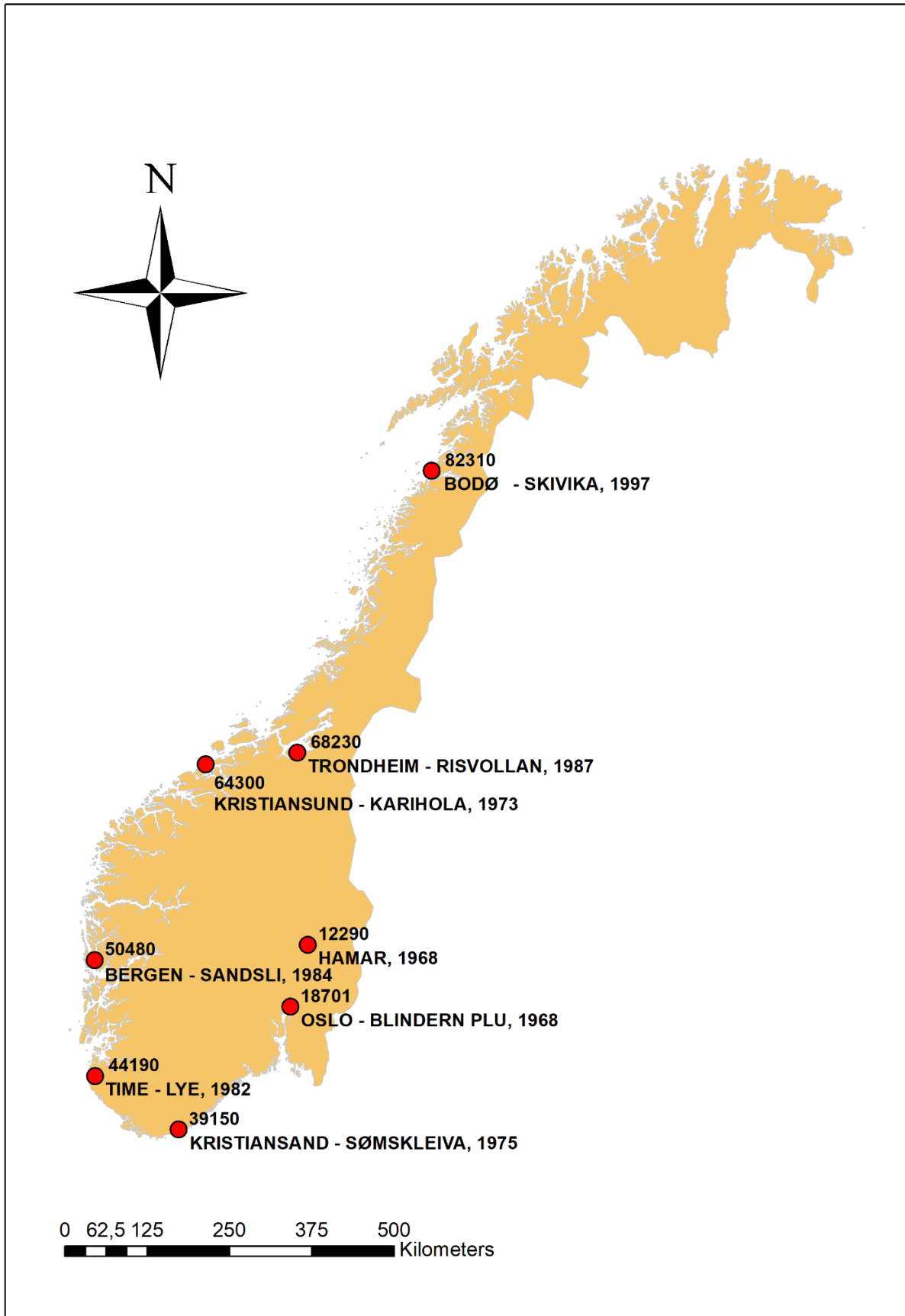


Figur 6: Avvik i % fra Gumbel-RV (gammel metode) til GEV-Bay (ny metode) for varighet 60 minutt og gjentakintervall 200 år. Brune farger viser negative verdier (GEV-Bay < Gumbel-RV) og grønne farger representerer positive verdier (GEV-Bay > Gumbel-RV).

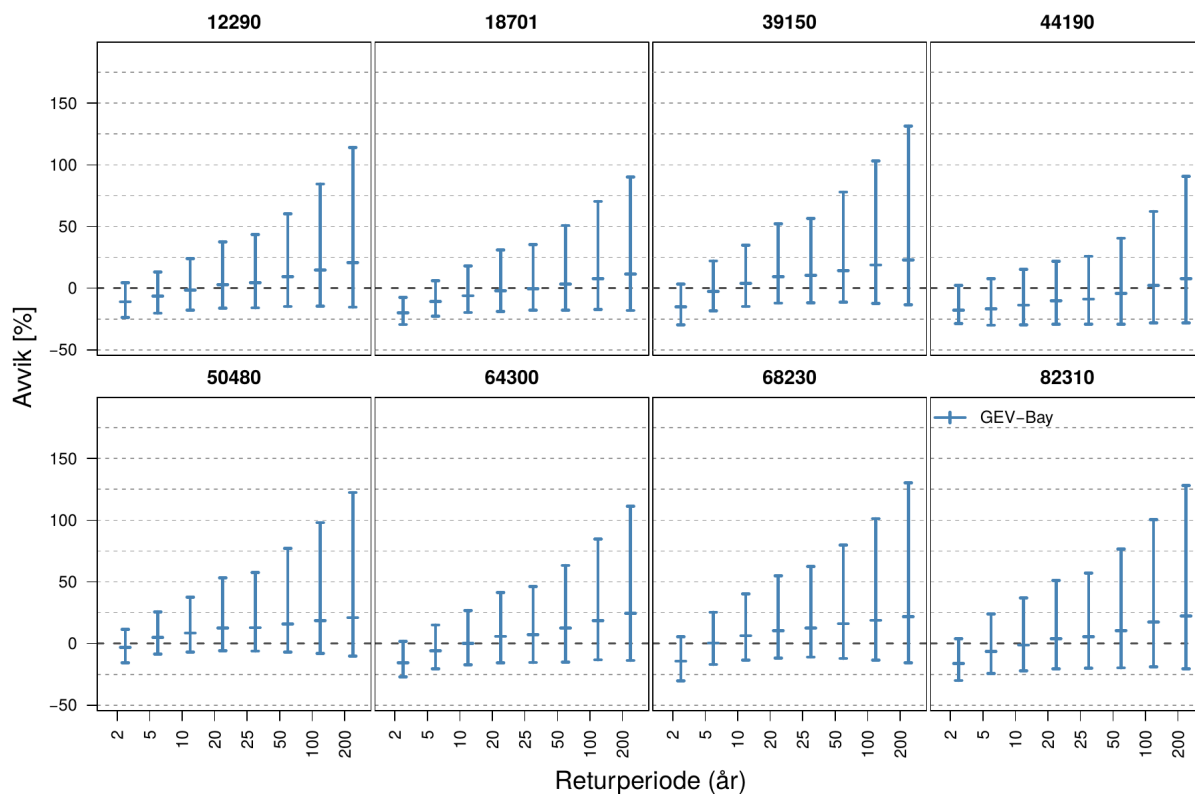
Tabell 2: Gjennomsnittlige avvik (%) mellom GEV-Bay og Gumbel-RV

		Gjentaksintervall (år)			
		5	20	50	200
Varighet (minutter)	10	-7.8	1.3	7.4	17.1
	60	-9.2	-1.8	3.8	14.1
	180	-5.8	0.4	4.8	12.5

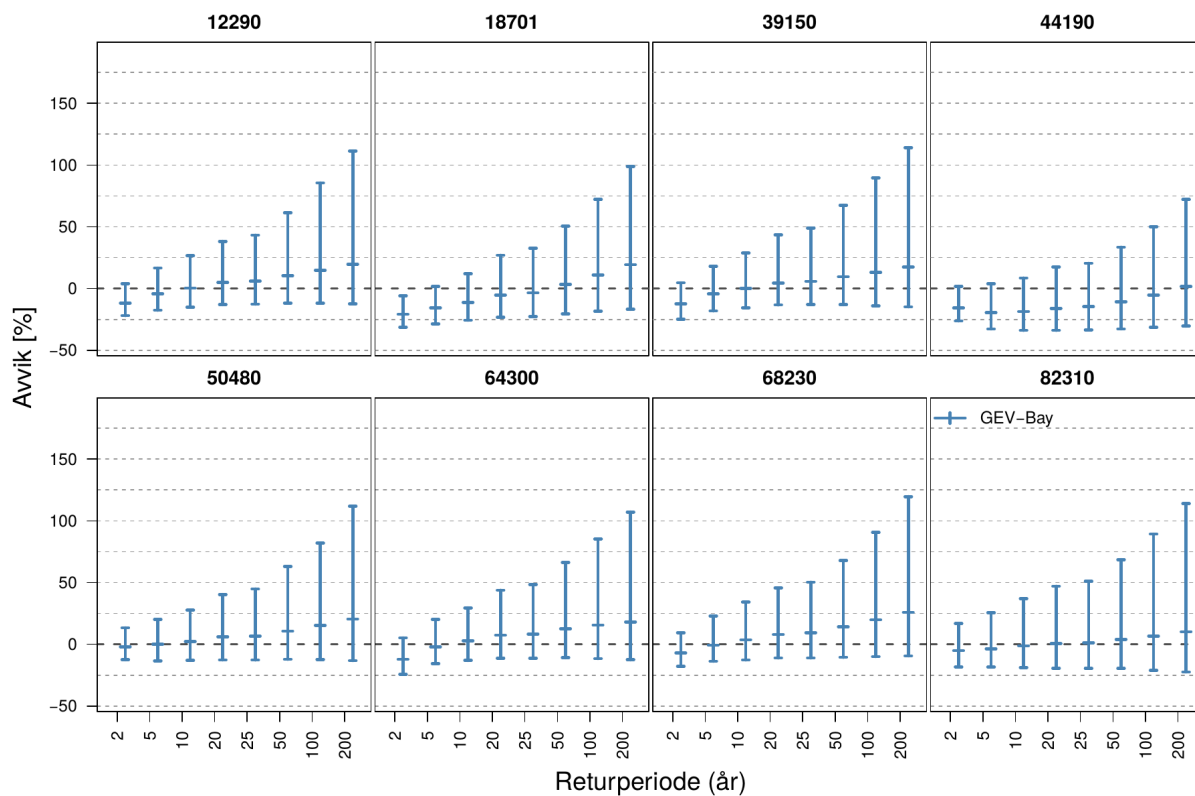
Vi ser nå nærmere på avvikene ved 8 utvalgte stasjoner (Figurer 8-11) med lange serier og som representerer ulike deler av landet (se kart i Figur 7). For disse stasjonene har vi laget IVF-kurver med Gumbel-RV med oppdatert datagrunnlag fram til og med 2020 for en mer korrekt sammenligning. Vi viser varighetene 10, 60, 180 og 360 minutt, og gjentaksintervaller fra 2 til 200 år. Vi ser det samme som for alle stasjoner i Figurer 3-6 over: generelt noe lavere verdier for korte gjentaksintervaller (2-5 år) med GEV-Bay sammenlignet med Gumbel-RV, og noe høyere verdier for lengre gjentaksintervaller (> ~20 år). Unntaket er stasjon 50480 Bergen - Sandsli, der vi for de lengre varighetene 180 og 360 minutt ser høyere verdier for alle gjentaksintervaller. Med få unntak ligger verdien fra gammel metode innenfor usikkerhetsintervallet til GEV-Bay.



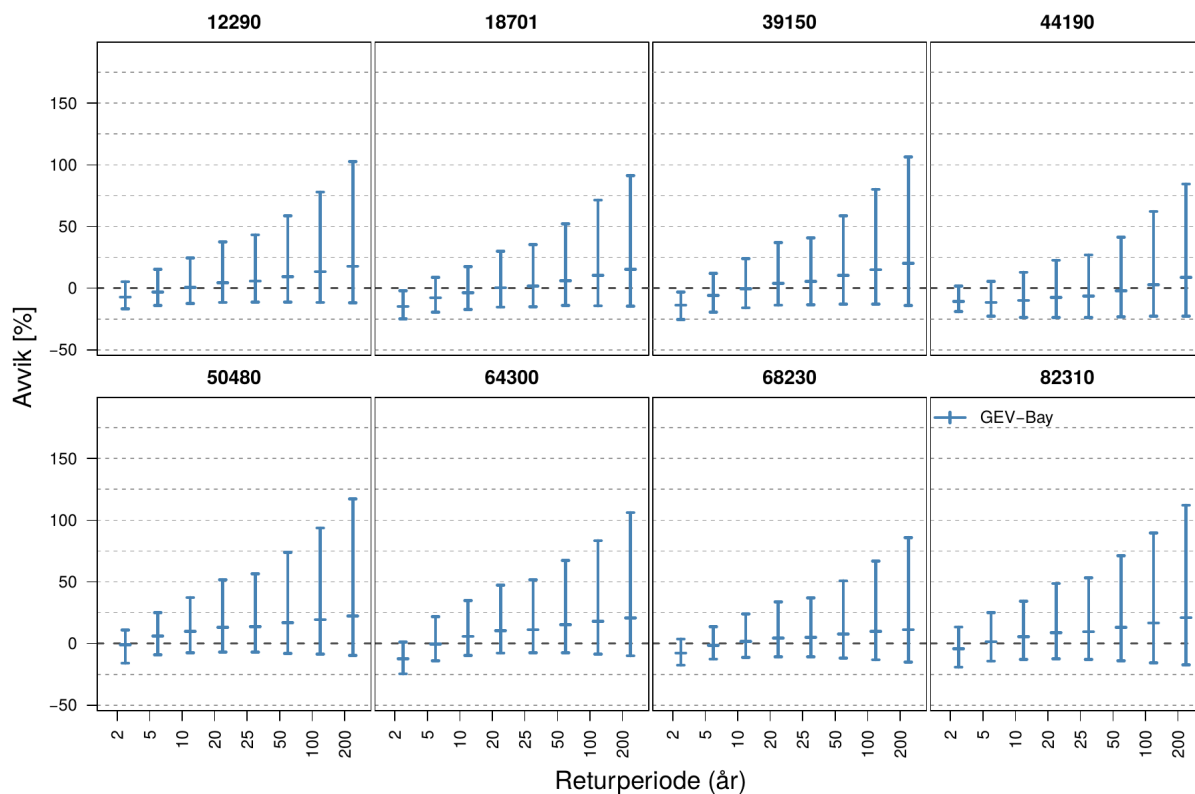
Figur 7: Kart som viser de 8 utvalgte stasjonene med lange tidsserier. Alle stasjonene er i drift per januar 2022, og første år med data for IVF står etter stasjonsnavnet.



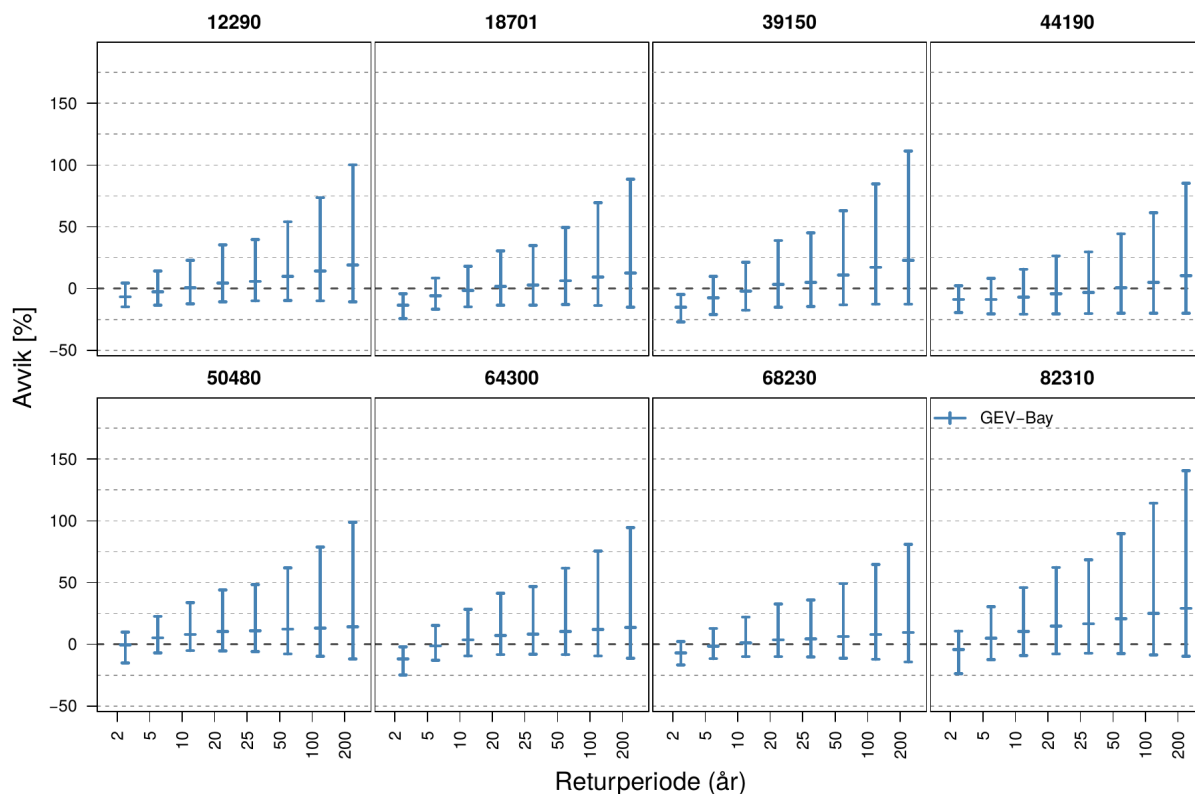
Figur 8: Avvik i % av IVF-verdier fra GEV-Bay (ny metodikk) sammenlignet med gammel metodikk for varighet 10 min og 8 utvalgte stasjoner.



Figur 9: Avvik i % av IVF-verdier fra GEV-Bay (ny metodikk) sammenlignet med gammel metodikk for varighet 60 min og 8 utvalgte stasjoner.



Figur 10: Avvik i % av IVF-verdier fra GEV-Bay (ny metodikk) sammenlignet med gammel metodikk for varighet 180 min og 8 utvalgte stasjoner.



Figur 11: Avvik i % av IVF-verdier fra GEV-Bay (ny metodikk) sammenlignet med gammel metodikk for varighet 360 min og 8 utvalgte stasjoner.

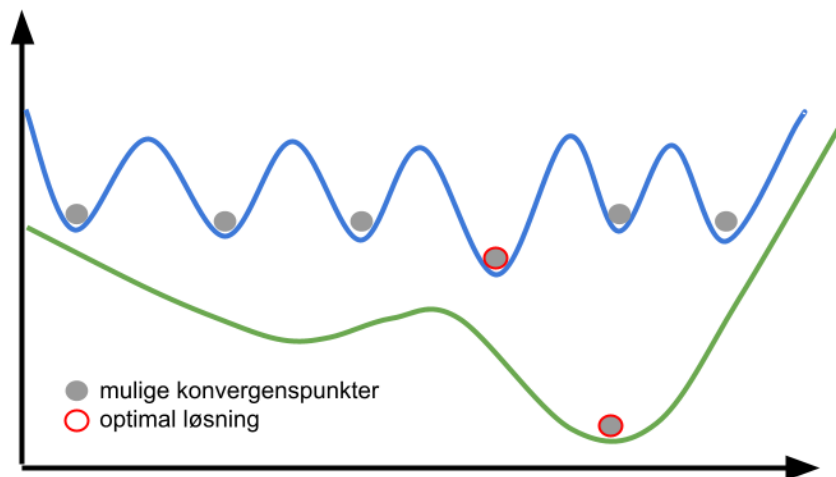
4. Usikkerhet og klassifisering

Grunnet et begrenset datagrunnlag for beregning av IVF-statistikk, kan det være utfordrende å bestemme dimensjonerende nedbør for et gitt område, særlig hvis det er langt til nærmeste målestasjon. På Norsk klimaservicesenter sine nettsider finner du [Hjelp til valg av IVF](#), med informasjon om de ulike usikkerhetskildene (stasjonstetthet, korte serier, metodikk og klimaendringer) samt råd for å bestemme dimensjonerende IVF-statistikk.

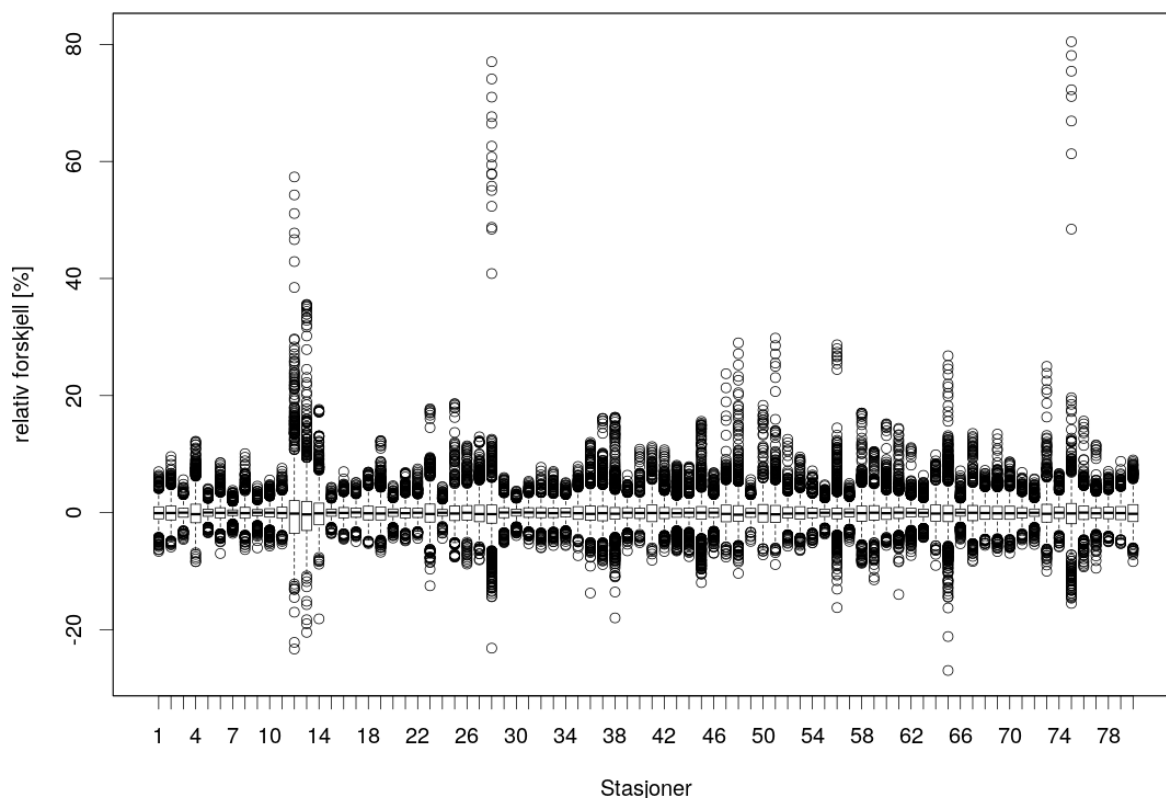
For å gjøre det enkelt for brukeren å raskt vurdere kvaliteten på en IVF kurve har vi fordelt stasjonene i tre kvalitetsklasser: klasse 1 (“god”), klasse 2 (“noe usikker”) og klasse 3 (“svært usikker”). Klassifiseringen er basert på to steg: 1) Hvor mye avhenger det Bayesianske estimatet av tilfeldigheter i MCMC metoden, og 2) hvilken periode representerer datagrunnlaget. Steg 1 beskriver hvor robust IVF-resultatene er. Når man har eksempelvis en kort observasjonsserie er det vanskelig å bestemme hvilken fordeling den kommer fra (se også Figur 12). Derfor kan den Bayesianske metoden konvergere til ulike fordelinger på grunn av tilfeldigheter i MCMC metoden. I steg 2 flyttes alle stasjoner som er lagt ned før 2000 ned en klasse (fra 1 til 2 eller fra 2 til 3), fordi de pågående klimaendringene tilsier at eldre observasjoner ikke kan anses å representere dagens klima.

Figur 13 viser det relative avviket (i %) fra gjennomsnittet over 20 kjøringar med ulike initialbetingelser, for alle varigheter og alle gjentaksintervaller og for hver stasjon. Medianen for alle stasjoner er nær 0, men noen stasjoner viser store avvik i enkelte kjøringar. For å gjennomføre steg 1 i klassifiseringen har vi først tildelt et tall til hver varighet og hvert gjentaksintervall basert på tetthetsfunksjonen av alle avvik; 1 hvis avviket er innenfor ± 1 standardavvik, -1 hvis avviket er utenfor ± 2 standardavvik og 0 hvis avviket er mellom 1 og 2 standardavvik. For å tildele den endelige klassen til hver stasjon, har vi beregnet gjennomsnittet over alle varigheter og gjentaksintervaller og angitt klasse 1 (god) for verdier > 0 , klasse 2 (noe usikker) for verdier mellom -0.5 og 0, og klasse 3 (svært usikker) for verdier ≤ -0.5 .

Stasjoner i klasse 3 har ofte korte tidsserier (hovedsakelig mindre enn 20 år) og/eller utliggere i tidsserien, det vil si verdier som skiller seg mye fra resten. Konsekvensen er at usikkerheten i IVF-verdiene (presentert som 95% konfidensintervall) er stor, særlig for de lange gjentaksintervallene. Vi anbefaler derfor å utøve ekstra forsiktighet med verdiene for lange gjentaksintervaller ved klasse 3 stasjoner, og gjerne vurdere andre IVF-kurver og andre kilder til nedbørinformasjon i nærheten.



Figur 12: Forenklet illustrasjon av mulige løsninger for det Bayesianske estimatet. Utfordringen er at man for noen stasjoner raskt kan lande i en mulig men ikke optimal løsning (blått eksempel) og da er det ofte ikke mulig å komme ut derfra. Dette forsterkes ved å jobbe i tre dimensjoner som er tilfelle her. Grønt eksempel viser tilfellet hvor det er betydelig enklere å finne den optimale løsningen.



Figur 13: Avvik i % av medianen over 20 kjøringar med ulike initialbetingelser, for alle varigheter og alle gjentakintervall for hver stasjon. Boksen for hver stasjon representerer 50% av dataene, linjene viser minimum og maksimum uten utliggere, mens prikkene viser utliggere. En utligger er et datapunkt som er større enn $p75+1.5(p75-p25)$ eller mindre enn $p25-1.5(p75-p25)$, hvor $p25$ er den 25. og $p75$ er den 75. persentilen.

Referanser

Bayes, T. LII. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. By the late Rev. Mr. Bayes, FRS communicated by Mr. Price, in a letter to John Canton, AMFR S. Philos. Trans. Royal Soc. Lond. 1763, 53, 370–418.

Coles, S. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values; Springer: London, UK, 2001.

Frei, C.; Fukutome, S. *gevXgpd: Extreme Value Analysis*, R package version 1.4.2; GitHub: Zurich, Switzerland, 2014.

Gilleland, E.; Katz, R.W. *extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R*. J. Stat. Softw. 2016, 72, 1–39.

Gumbel, E.; Lieblein, J. *Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications: A Series of Lectures*; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, USA, 1954; Volume 33, p. 51.

Gumbel, E.J. *Statistics of Extremes*; Dover Publications: New York, NY, USA, 2004; Unabridged Republication of the Edition Published by Columbia University Press: New York, NY, USA, 1958

Hastings, W.K. Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. *Biometrika* 1970, 57, 97–109. doi:10.1093/biomet/57.1.97.

Koutsoyiannis, D. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records/Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: II. Recherche empirique sur de longues séries de précipitations. *Hydrol. Sci. J.* 2004, 49, 610.

Lutz, J.; Grinde, L.; Dyrddal, A. V.. Estimating Rainfall Design Values for the City of Oslo, Norway—Comparison of Methods and Quantification of Uncertainty. *Water*. 2020; 12(6):1735. <https://doi.org/10.3390/w12061735>

Martins, E.S.; Stedinger, J.R. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. *Water Resour. Res.* 2000, 36, 737–744.

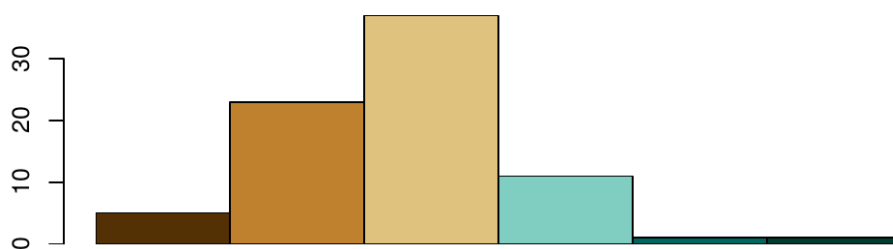
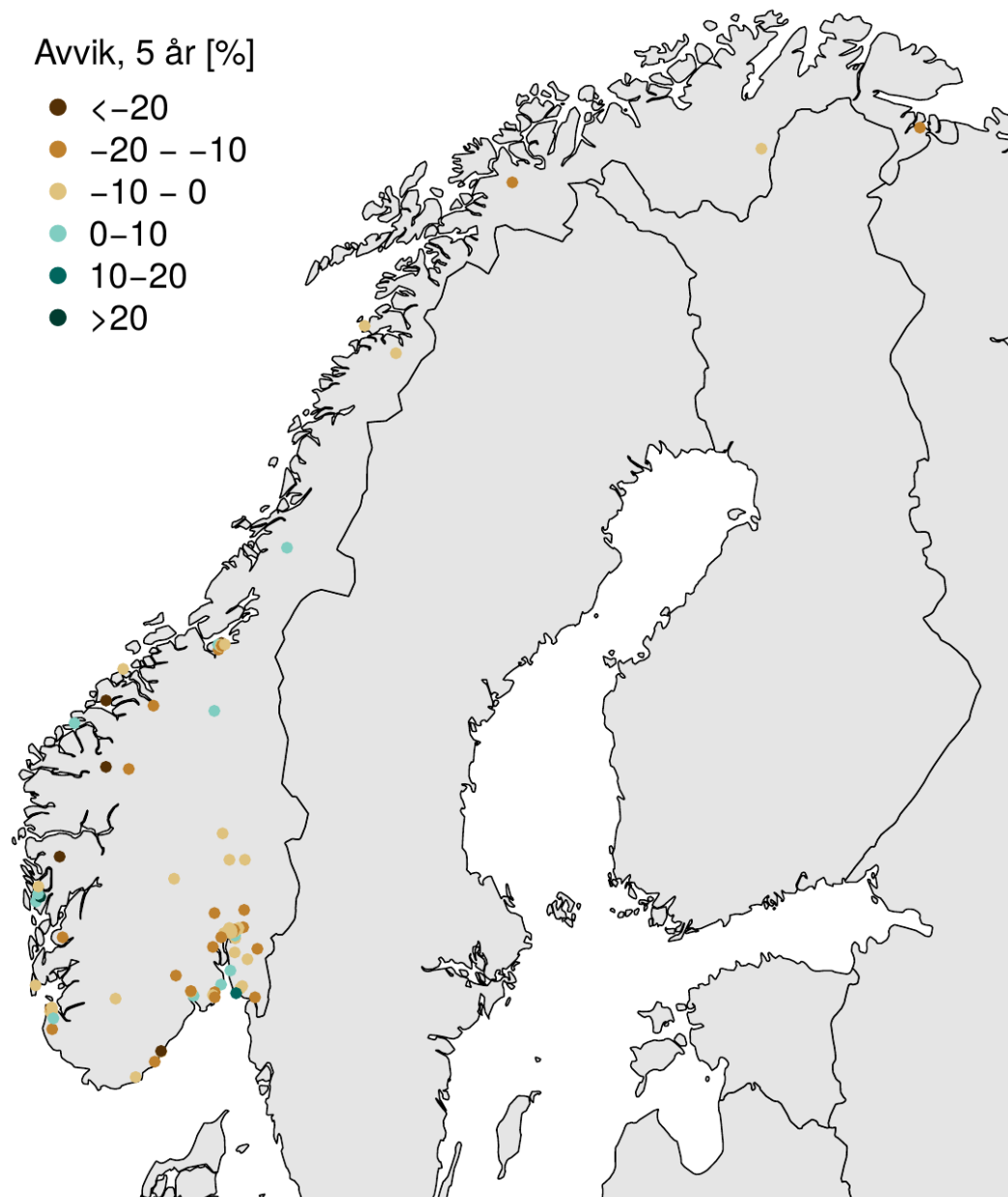
Papalexiou, S.M.; Koutsoyiannis, D. Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall. *Water Resour. Res.* 2013, 49, 187–201.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2020.

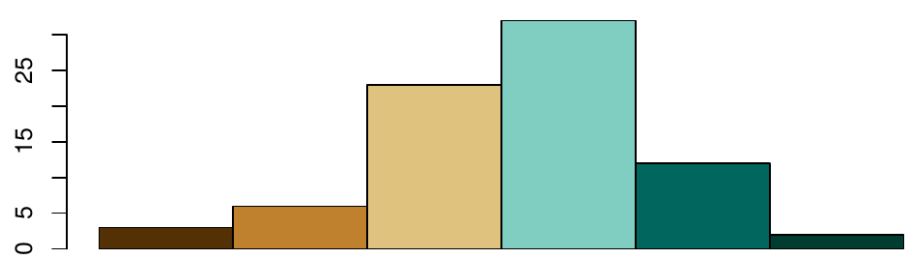
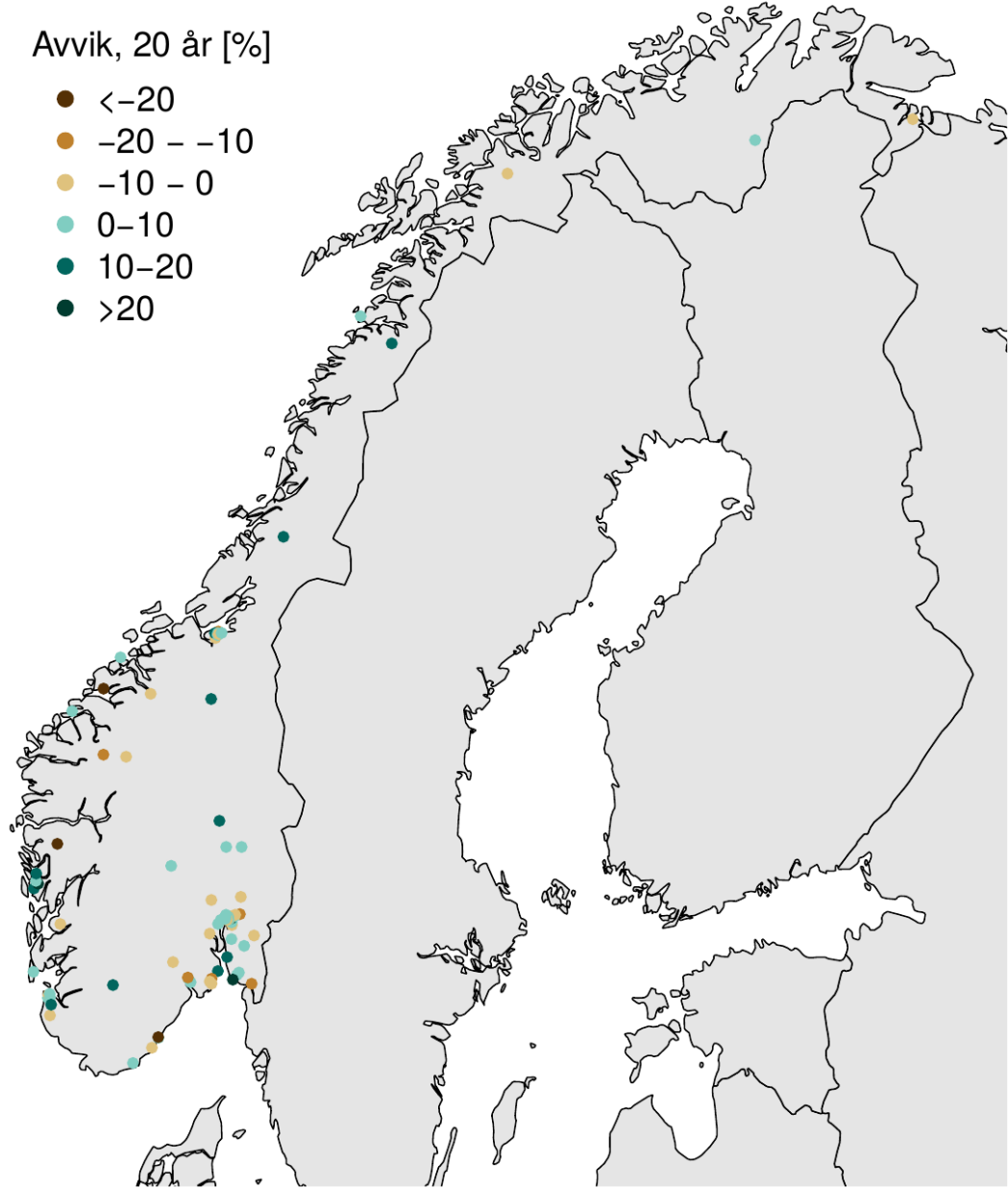
Richey, M. The Evolution of Markov Chain Monte Carlo Methods. *Am. Math. Mon.* 2010, 117, 383–413. doi:10.4169/000298910X485923.

Roksvåg, T.; Lutz, J.; Grinde, L.; Dyrddal, A. V.; & Thorarinsdottir, T. L. Consistent intensity-duration-frequency curves by post-processing of estimated Bayesian posterior quantiles. *J. Hydrol.* 2021, 603 (Part C), 127000.

Appendix



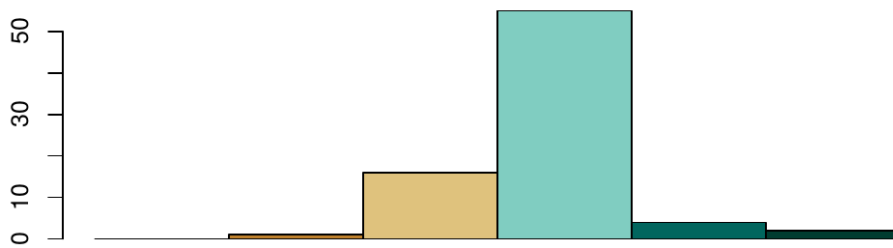
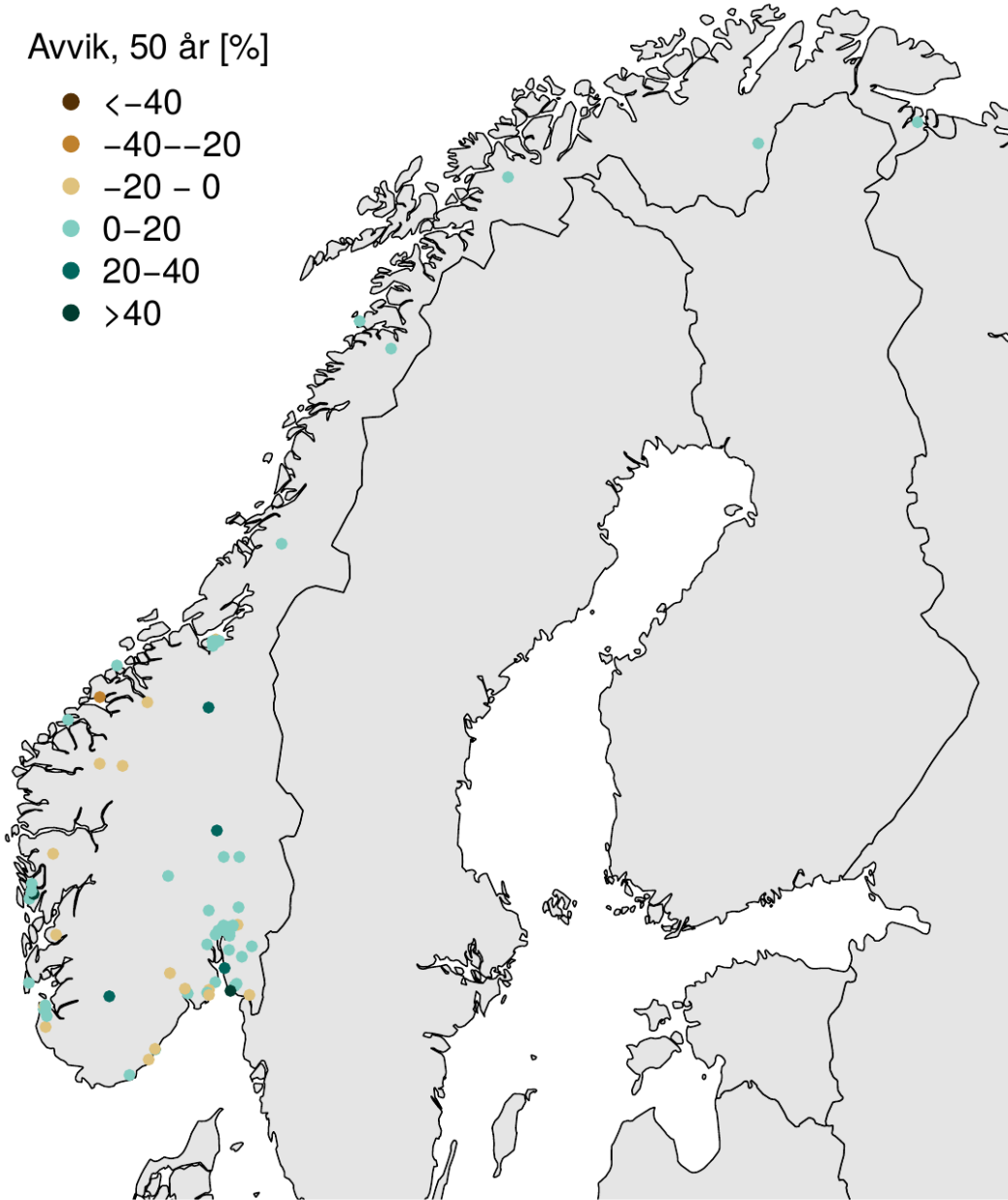
Avvik for varighet 10 minutt og gjentakingsintervall 5 år.



Avvik for varighet 10 minutt og gjentakintervall 20 år.

Avvik, 50 år [%]

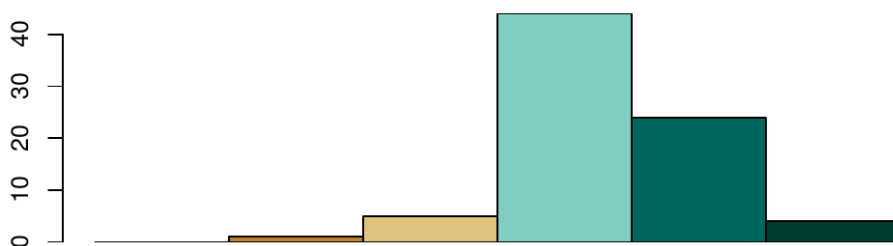
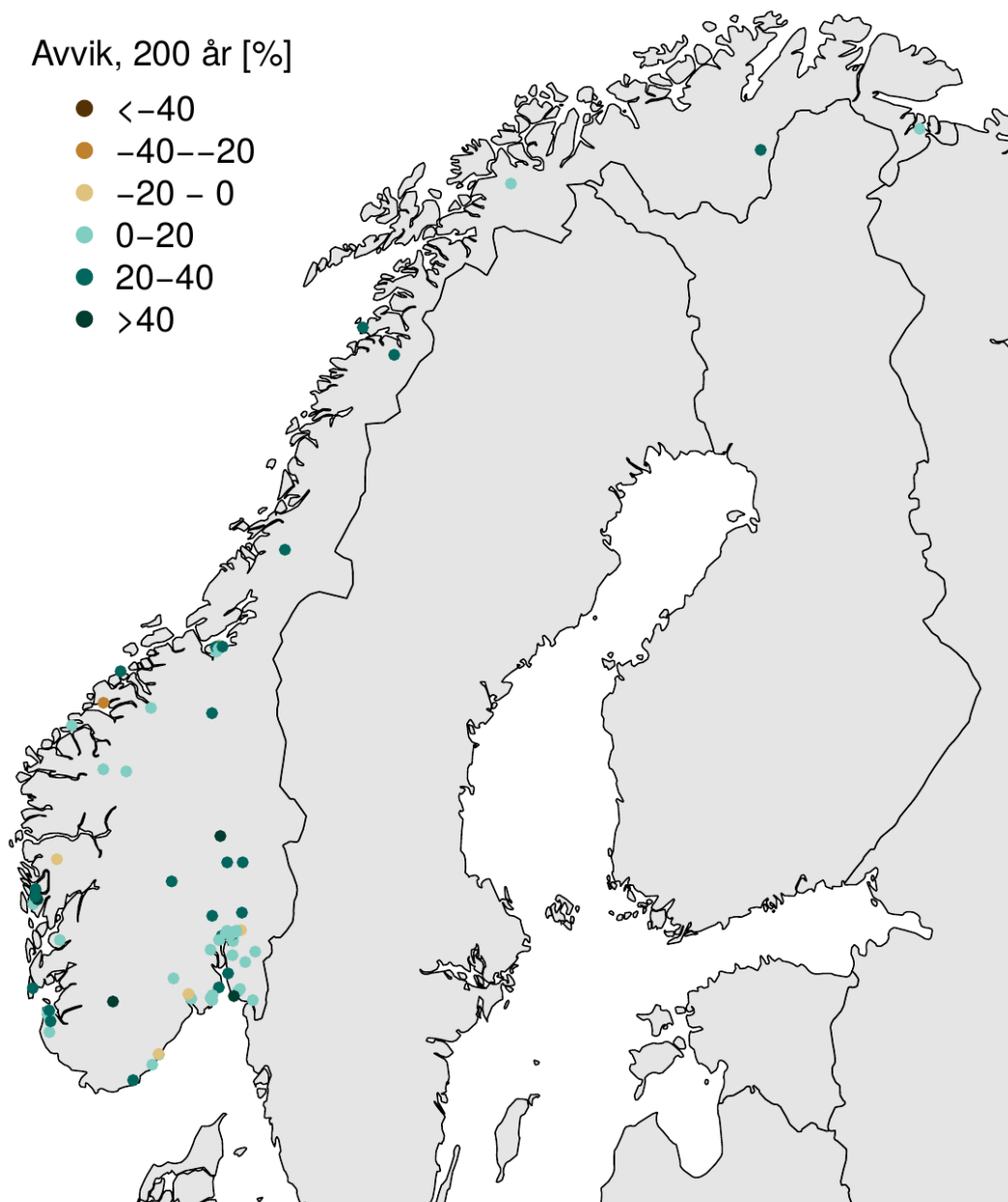
- <-40
- -40--20
- -20 - 0
- 0-20
- 20-40
- >40



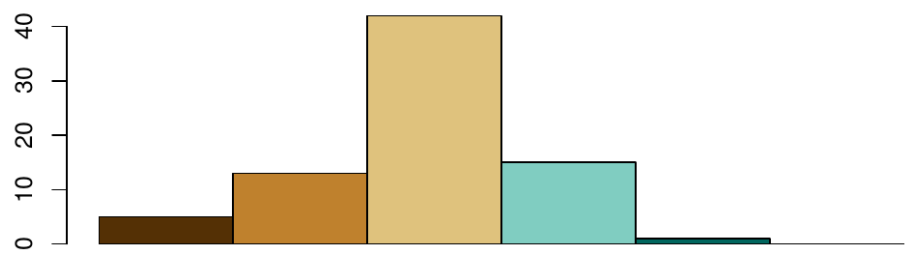
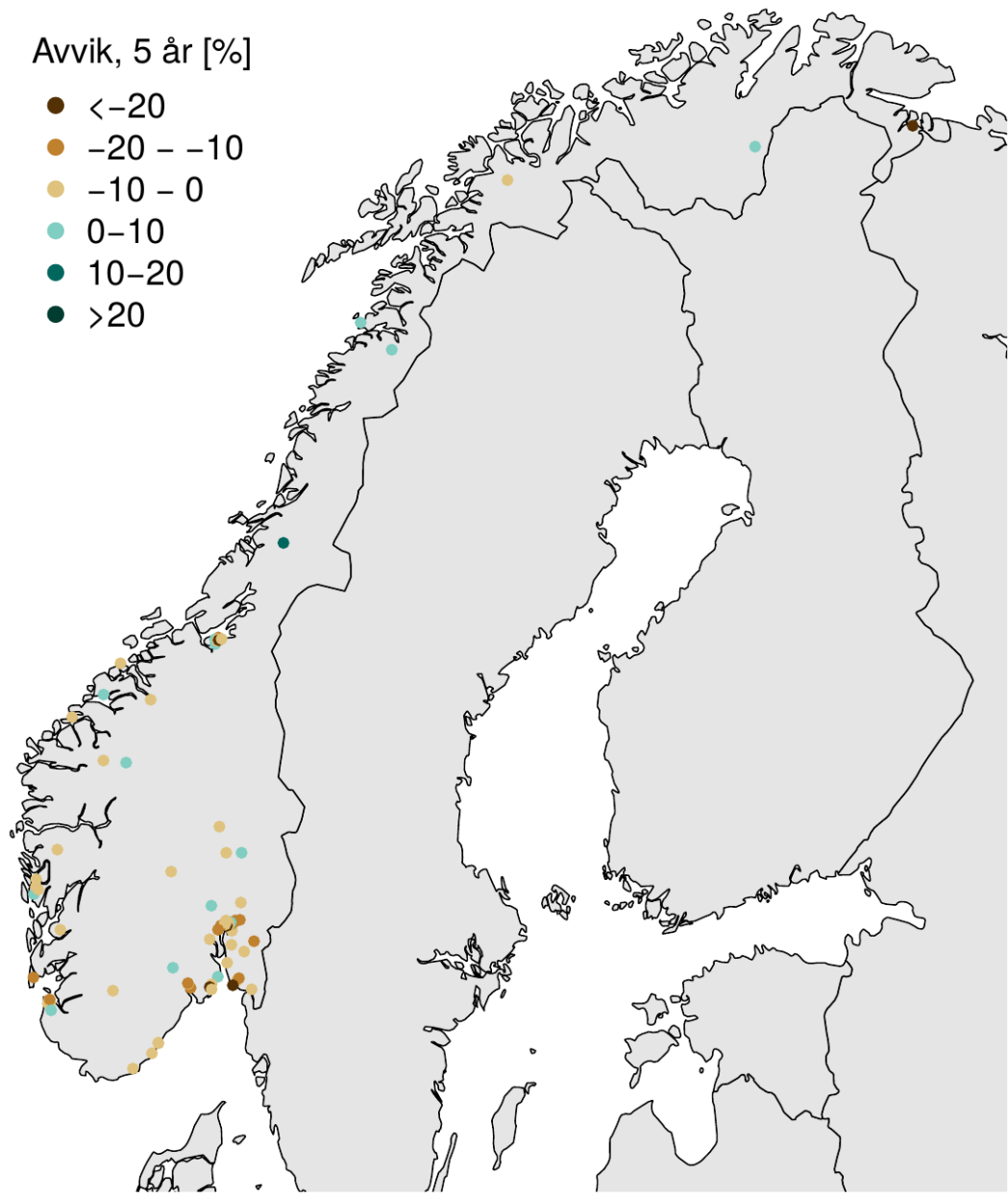
Avvik for varighet 10 minutt og gjentakintervall 50 år.

Avvik, 200 år [%]

- <-40
- -40--20
- -20 - 0
- 0-20
- 20-40
- >40



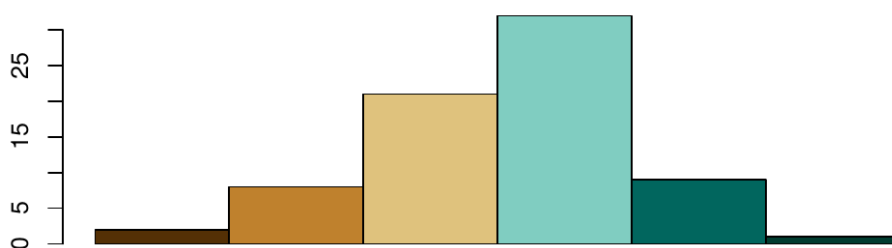
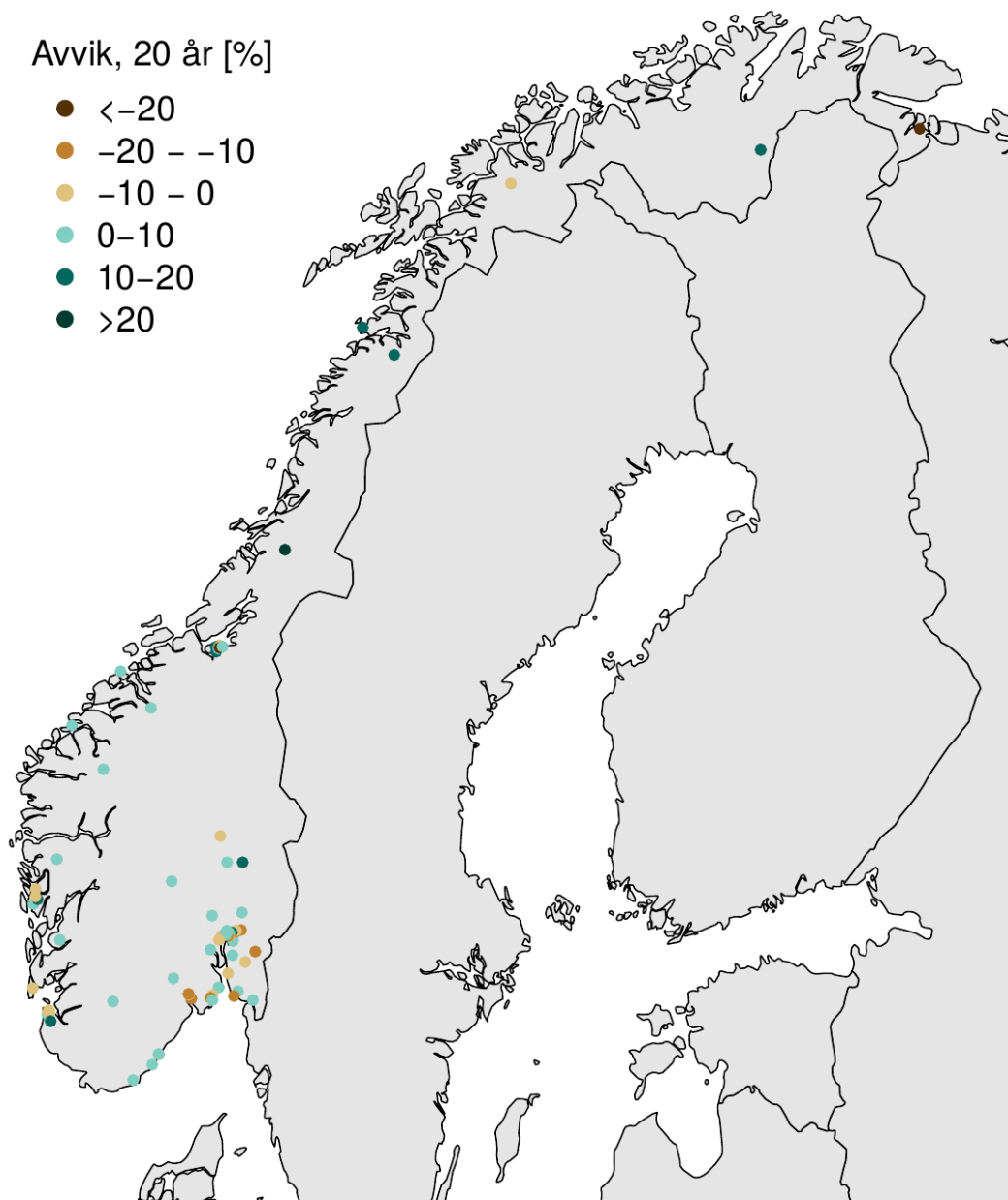
Avvik for varighet 10 minutt og gjentaksintervall 200 år.



Avvik for varighet 180 minutt og gjentaksintervall 5 år.

Avvik, 20 år [%]

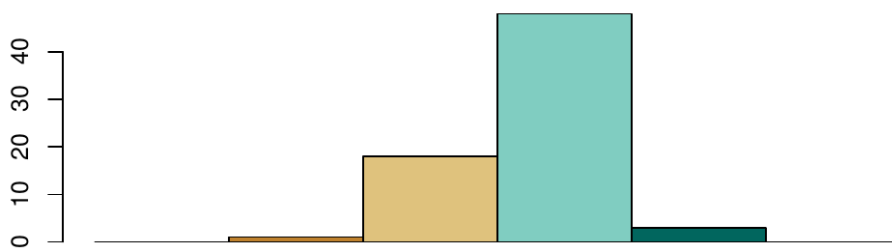
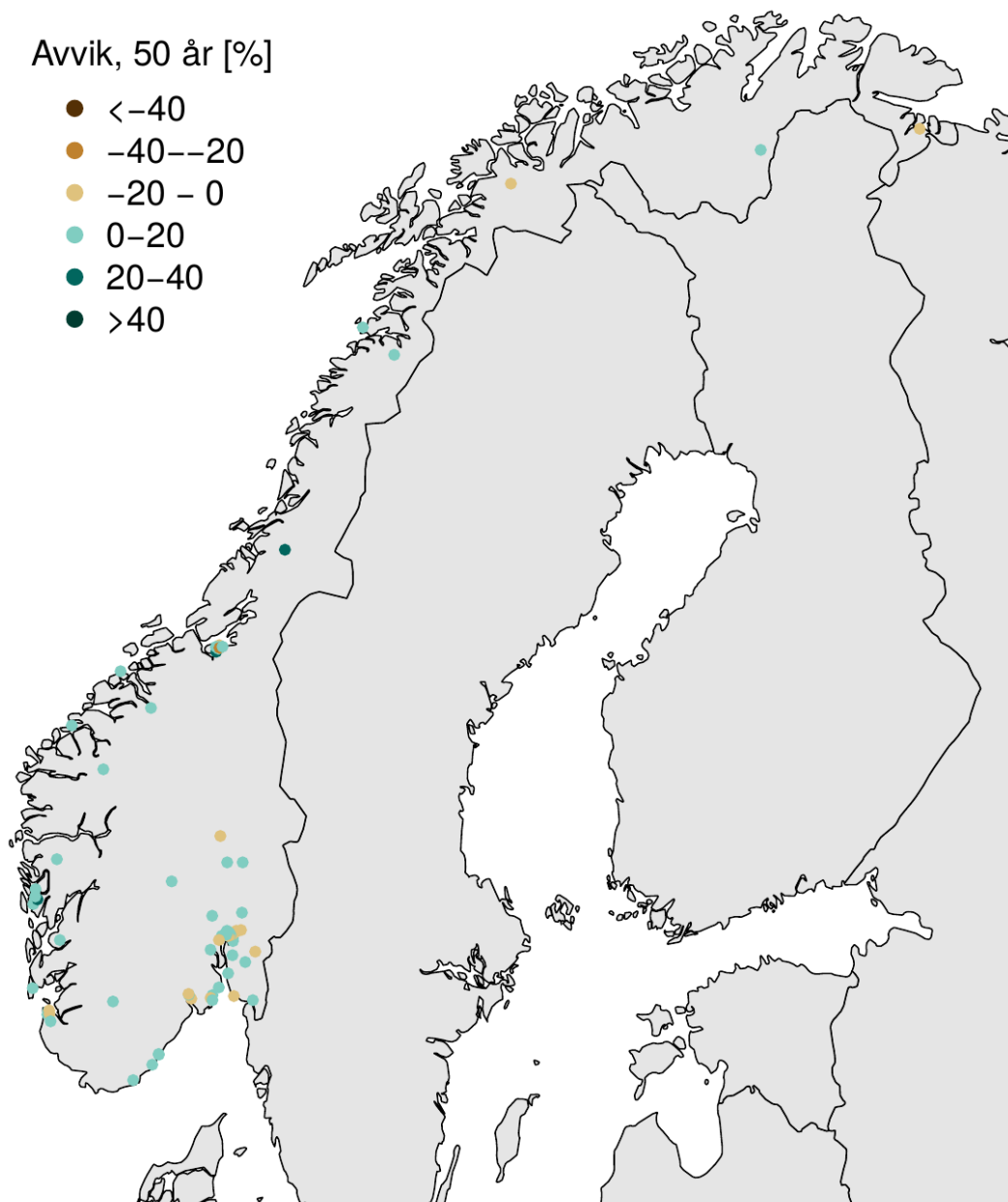
- <-20
- -20 - -10
- -10 - 0
- 0-10
- 10-20
- >20



Avvik for varighet 180 minutt og gjentaksintervall 20 år.

Avvik, 50 år [%]

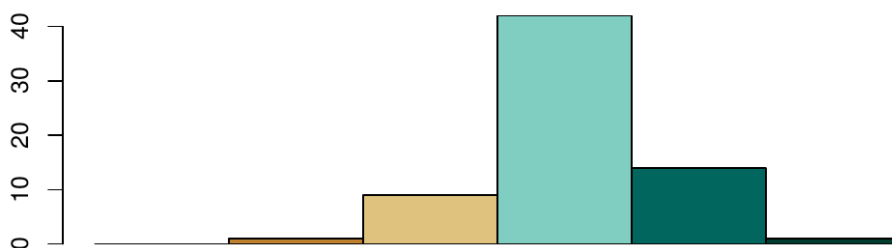
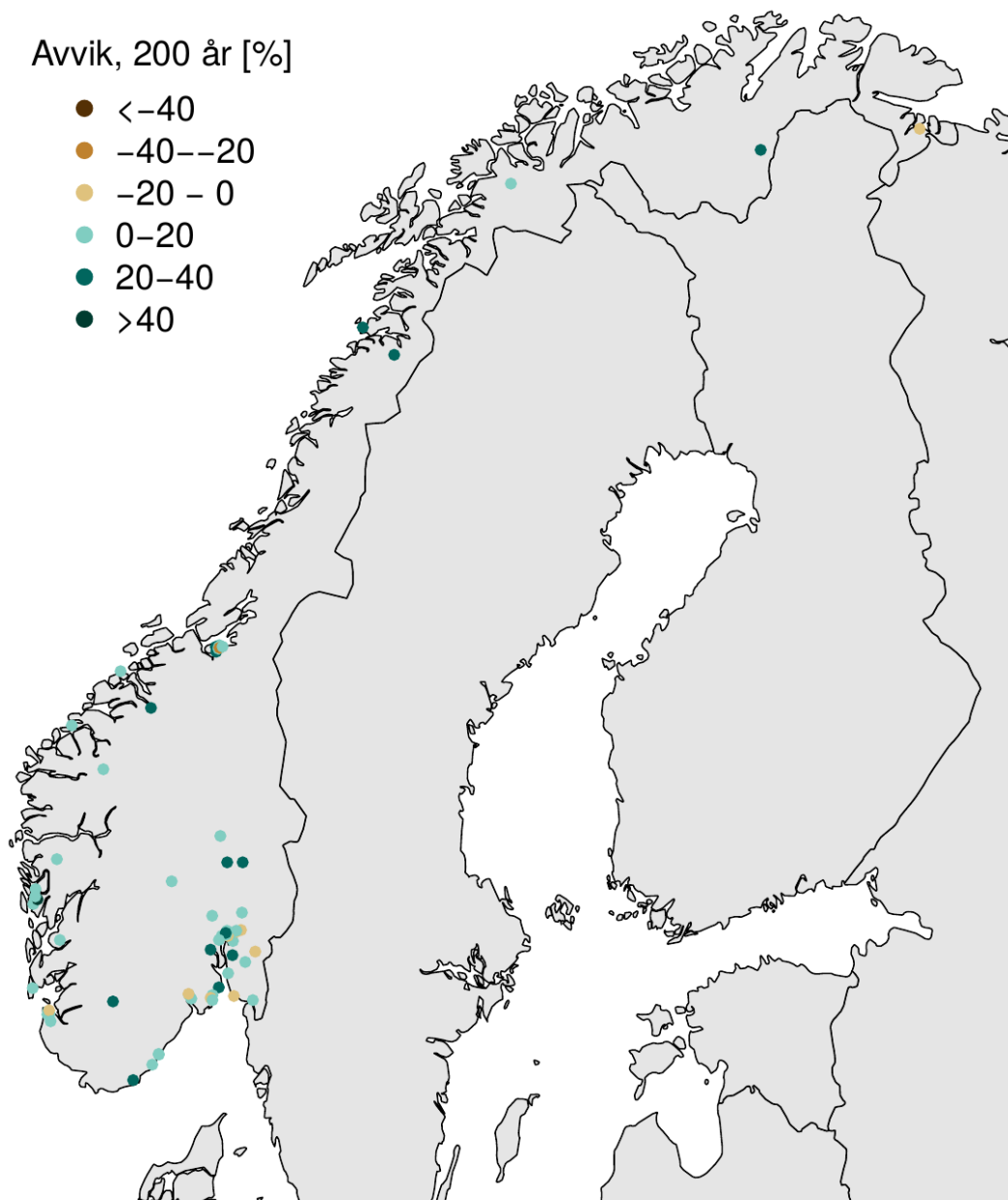
- <-40
- -40--20
- -20 - 0
- 0-20
- 20-40
- >40



Avvik for varighet 180 minutt og gjentaksintervall 50 år.

Avvik, 200 år [%]

- <-40
- -40--20
- -20 - 0
- 0-20
- 20-40
- >40



Avvik for varighet 180 minutt og gjentaksintervall 200 år.