

GLORIA Norge 2024

Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og isbre

Forfattere | Stein Rune Karlsen, Sverre Lundemo og Atle Nesje

Rapport | Nr. 6-2025 – NORCE Klima og miljø



Prosjekttittel: GLORIA Norge 2024: Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og isbre
Prosjektnummer: 108595
Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre AS
Divisjon: NORCE Klima og miljø
Oppdragsgiver: Miljødirektoratet
M-2974|2025
Gradering: Åpen
Rapportnr.: 6-2025
ISBN: 978-82-8408-398-8
Antall sider: 33
Publiseringsmnd. Mai
Lisens CC BY 4.0

Tromsø, 5. mai 2025

Stein Rune Karlsen
Prosjektleder

Forord

GLORIA-Norge sitt hovedmål er å overvåke endringer i vegetasjon, fenologi og fysiske faktorer i relasjon til vær- og klimaendringer langs høyde-, snøvarighet- og kyst-/innland-gradienter i fjellområder i Sør- og Nord-Norge.

GLORIA-Norge ble opprettet i 2007, og hadde sitt utspring i det EU-finansierte prosjektet [GLORIA \(Global Research Initiative in Alpine Environments\)](#) Europe (2001–2003).

GLORIA har utviklet seg til å bli et verdensomspennende nettverk som overvåker endringer i vegetasjon på fjelltopper. I GLORIA-Norge overvåkes seks fjellområder langs gradienter fra skoggrense til topp, fra lang til kort snøvarighet, og i flere himmelretninger. I tillegg overvåkes vekstsesongen (fenologi) og isbreer, det måles jordtemperatur, og enkelte steder jordfuktighet.

Siden oppstarten har Miljødirektoratet finansiert mesteparten av aktiviteten i GLORIA-Norge. I tillegg har kommunene/fylkeskommunene der fjellområdene ligger bidratt med driftsstøtte, og de deltagende forskningsinstitusjonene har bidratt med betydelig egeninnsats. Overvåkingen gjennomføres som et tverrvitenskapelig samarbeid mellom prosjektpartnere fra Institutt for geovitenskap ved Universitetet i Bergen, klimaavdelinga ved NORCE Norwegian Research Centre, Seksjon for naturressurser Multiconsult region Midt, Meteorologisk institutt, NTNU (Norges teknisk–naturvitenskapelige universitet) og Terrestrisk Miljøforskning.

Denne årsrapporten beskriver følgende delprosjekter gjennomført i 2024/2025: Reinventering av fastruter på fjellet Kaldfonna, overvåking av vekstsesongen i sørlige og nordlig transekt, og bremålinger. I tillegg ble temperaturloggere på GLORIA-fjellet Tron byttet, men det blir ikke nærmere beskrevet i denne rapporten.

Tromsø, 5. mai 2025

Stein Rune Karlsen

Innhold

1.	Innledning	4
2.	Reinventering av fastruter på Kaldfonna	7
3.	Overvåkning av vekstsesongen	15
4.	Endringer i utbredelse av isbreer og snømålinger	19
5.	Oppsummering	31
6.	Referanser	32

1. Innledning

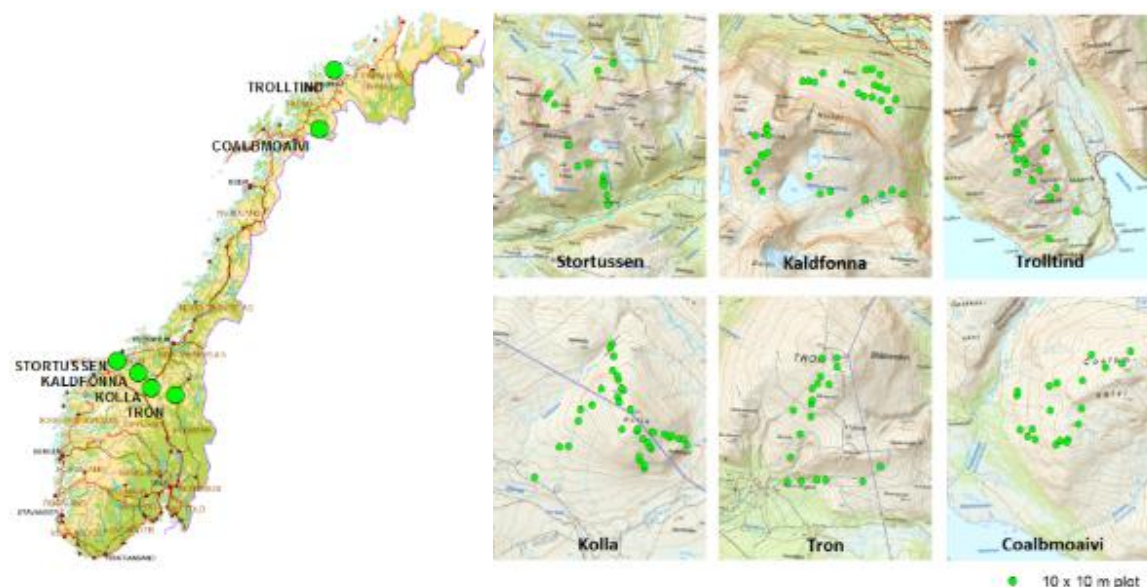
1.1. Bakgrunn

Topografi og andre fysiske faktorer er drivkrefter som definerer arters utbredelse. Vegetasjonsmønster i fjelløkosystemer er i stor grad bestemt av klimatisk bestemte variabler (Pickering et al. 2008), og artene i disse økosystemene er ofte tilpasset et temperaturregime med lav årstemperatur og ellers ekstreme forhold. Temperaturendringer kan derfor over tid ha store konsekvenser for mange planter og dyr i fjellet. Fjellplantesamfunn er også enkle, det vil si artsfattige og oftest en-sjiktet. Det forventes at global oppvarming vil forflytte planteartenes øvre grenser høyere over havet. Fjellvegetasjon vil derfor i stor grad være sårbare overfor klimaendringer (Cannone et al. 2007; Lenoir et al. 2008; Erschbamer et al. 2009). Klima varierer både romlig og temporært, noe som gir seg uttrykk i en utskifting av arter langs klimatiske gradienter (Wehn et al. 2014). Effektene av klimaendringene vil variere mellom forskjellige regioner; noe som igjen har gitt ulik respons i plantesamfunn (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). For å predikere effekter av de forventede framtidige klimaendringene, er det behov for mer kunnskap om viktige drivere for endringer i plantesamfunn og plantesamfunns utbredelse langs miljøgradienter. Videre må både klima og vegetasjon overvåkes for å gi data på reelle konsekvenser av klimaendringer.

GLORIA ([Global Observation Research Initiative in Alpine Environments](#)) er et verdensomspennende nettverk som sammen overvåker klimaendringers effekt på fjelltopp-vegetasjon. Målområder har siden 2001 blitt etablert på alle kontinenter utenom Antarktis. I en stor andel av målområdene er det gjort registreringer flere ganger, og endringer i vegetasjon har blitt dokumentert (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012). Gottfried et. al (2012) og Pauli et. al (2012) viste at det i tidsperioden 2001 til 2008 hadde blitt færre kuldetolererende og flere varmekrevende plantearter, og at arter hadde flyttet seg oppover i høyden. Samtidig viste analysene også store regionale forskjeller, med større effekter på fjell i Sør-Europa sammenlignet med lenger nord.

1.2. GLORIA-Norge

GLORIA-Norge er et unikt overvåkingssystem i norsk sammenheng, med mål om å overvåke endringer i vegetasjon, fenologi og fysiske faktorer i relasjon til vær- og klimaendringer langs høyde-, snøvarighet- og kyst-/innland-gradienter i fjellområder i Sør- og Nord-Norge. GLORIA-Norge ønsker å videreføre metodikken i GLORIA til også å omfatte overvåkning langs både regionale og lokale økokliner i Norge. Som overvåkningsprosjekt vil GLORIA-Norge derfor bidra til økt kunnskap om effekter av klimaendringer på norsk natur.



Figur 1. Lokalisering av fjellene som inngår i GLORIA-Norge, hvor fastruter (10 m x 10 m (makroruter) og 1 m x 1 m (mikroruter) er etablert for å overvåke vegetasjon.

Vegetasjon i seks norske fjell har blitt kartlagt (figur 1). I Midt-Norge omfatter dette fire fjell som ligger i en gradient fra kyst til innland, valgt ut for å representere en bioklimatisk seksjonsgradient (klart oseaenisk – svakt kontinental); Stortussen/Snøtinden (Gjemnes og Hustadvika kommune, Møre og Romsdal fylke), Kaldfonna (Sunndal kommune, Møre og Romsdal fylke), Kolla (Dovre kommune, Innlandet fylke og Oppdal kommune, Trøndelag fylke) og Tron (Alvdal kommune, Innlandet fylke). I Nord-Norge er to fjellområder valgt ut, ett i innlandet og ett ved kysten, begge i Troms fylke; Trolltind (på Arnøya, Skjervøy kommune) og Čoalbmoaivi (Bardu kommune).

I tidligere rapporter og publikasjoner er det gitt en god beskrivelse av fjellvegetasjonen, av klimatiske og edafiske forhold i fjellområdene, og begrunnelse for hvorfor de er valgt. Om Stortussen/Snøtinden (Wehn & Holten 2011, Wehn et al. 2017, Karlsen et al. 2024), Kaldfonna (When & Holten 2010, Wehn & Karlsen 2018), Kolla (Michelsen et al. 2011, Wehn et al. 2019; Karlsen et al. 2020), Trolltinden i Nord-Troms (Lundemo et al. 2016, Karlsen et al. 2021), og Čoalbmoaivi (Wehn et al. 2016, Karlsen & Lundemo 2022). I tillegg oppsummerer Karlsen et al. (2023) klimaendringer og endringer i vekstsesongen i fjellområdene siden år 2000, og Wehn et al. (2024) oppsummerer endringer i noen vanlige arter i de fire fjellområdene i syd. I alle disse seks studieområdene er det nå gjennomført registreringer av endringer (reinventering) 7 år etter etablering, og for Stortussen er andregangs reinventering ferdig.

I alle fjellområder er artene kartlagt i fastruter på 10 m x 10 m (heretter kalt makroruter) langs høyde-, snølengde- og himmelretningsgradienter. Innenfor en del av disse makrorutene, er det i tillegg lagt ut fastruter på 1 m x 1 m (heretter kalt mikroruter). For hver rute registreres karplanter til art, mens moser og lav, etter hva som er gjennomførbart i felt, registreres til art eller en høyere taksonomisk enhet. For alle taksa som registreres estimeres også dekningsgrad. For makrorutene registreres deknning og forekomst i en

skala fra 1 til 5, og for mikrorutene prosentvis dekning av hver art. Reinventeringer skjer med et omdrev på syv eller flere år (tabell 1). Tidligere analyser viser at dette datasettet fanger opp variasjon skapt av både regionale miljøgradienter (fra kyst til innland og fra sør til nord) og lokale miljøgradienter som høyde over havet, himmelretning, helling, nedbør, temperatur, snølengde og vekstsesong.

Tabell 1. Tidsplan for overvåkning av vegetasjon i fjellene i GLORIA-Norge

Fjell	1. registrering	1. reinventering	2. reinventering
Stortussen/Snøtinden	2009	2016	2023
Kaldfonna	2010	2017	2024/2025
Kolla	2011	2018	
Tron	2012	2019	
Trolltinden	2013	2020	
Čoalbmoaivi	2014	2021	

I tillegg til å overvåke vegetasjon i de seks fjellområdene, overvåkes også viktige 'drivere' for endringer i vegetasjonsdekket. Det overvåkes jordtemperatur i alle de fire sørlige fjellene og i tillegg jordfuktighet på ett av fjellene. Videre overvåkes endringer i vekstsesongen i felt med fenologikamera – hvor overvåkningen er designet for oppskalering med satellittdata. I tillegg overvåkes isbreer (massebalanse og frontendringer). Til sammen gir overvåkningen et godt bilde av de biofysiske endringene i norske fjellområder.

Aktiviteter gjennomført i 2024/2025

I perioden mai 2024 til april 2025 har prosjektet GLORIA-Norge gjennomført fire delprosjekter:

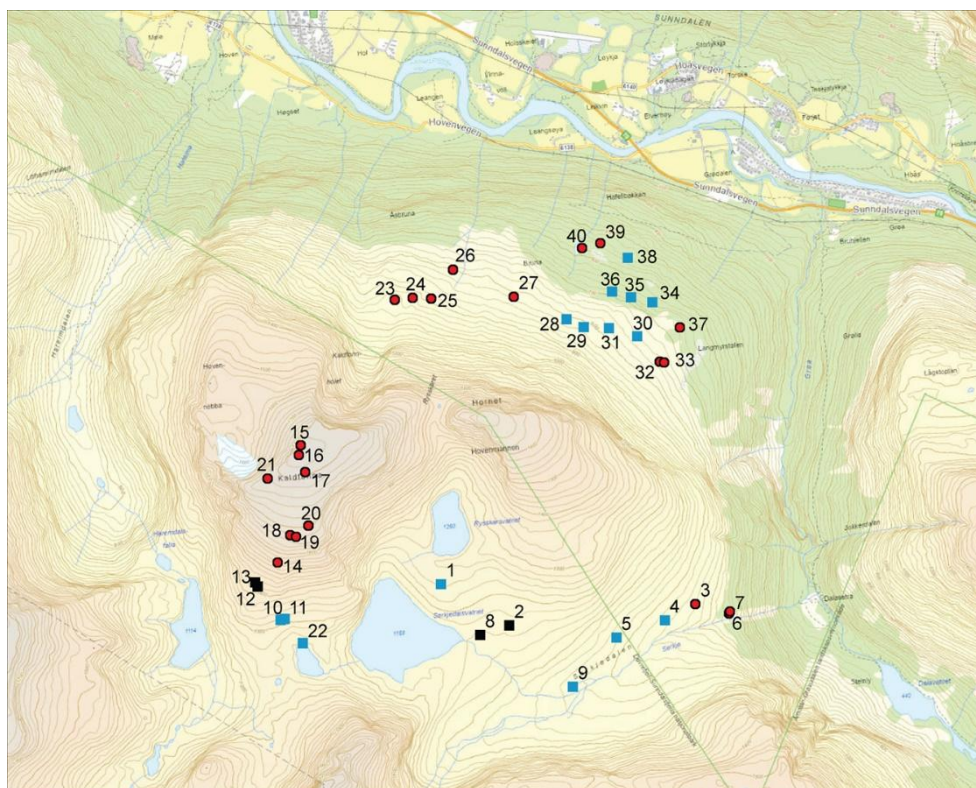
- 1: Reinventering av fastruter på Kaldfonna
- 2: Overvåkning av vekstsesongen i nord og sør med fenologikamera
- 3: Temperaturmålinger
- 4: Bremålinger

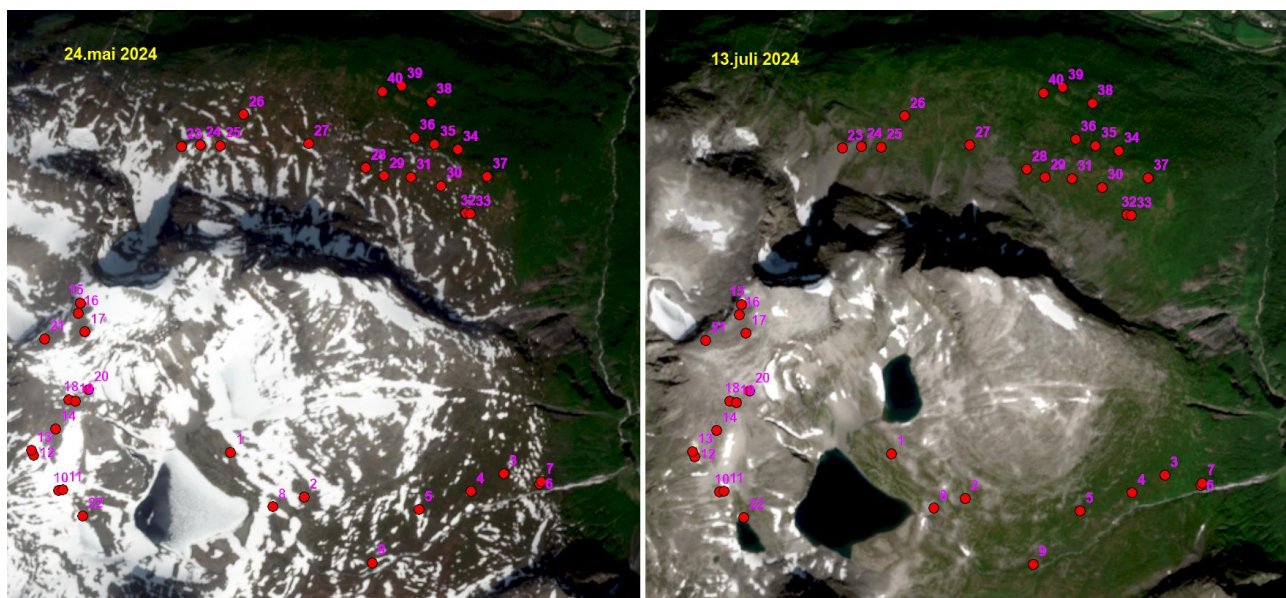
Temperaturmålingene blir bare her kort omtalt: Ketil Isaksen (MET) og Rune S. Ødegård (NTNU) var på feltarbeid på Tron 18.-19. september 2024. De fikk tatt inn de gamle loggerne på Tron og erstattet dem med nye. Enkelte loggerne var vanskelig å finne. Lokalitetene er nå bedre merket, den eksakte beliggenheten er bedre innmålt, og det er tatt bedre fotografier. Dataene er tappet og dataseriene er sammenstilt og kvalitetskontrollert. Enkelte serier har noen hull i seriene da de gamle loggerne hadde stoppet. De nye loggerne sikrer minst 4 år med nye målinger, og vi har nå et unikt sett med dataserier på jordtemperatur på Tron som går tilbake til juli 2012.

2. Reinventering av fastruter på Kaldfonna

I 2010 ble det etablert 40 stk makro (10x10m) ruter og 32 stk mikro (1x1m) ruter på fjellet Kaldfonna sørøst om Sunndalsøra (Wehn & Holten 2010). Flatene strekker seg fra 549moh til 1848moh (figur 2 og 3). I Wehn & Holten (2010) og Wehn et al. (2012) er det gitt en beskrivelse av vegetasjonen i området og hvordan rutene er lagt ut langs gradientene, med statistiske analyser - ordinasjon. Det er videre gitt en beskrivelse av de klimatiske og edafiske forholdene, hvordan vegetasjonen endres langs høydegradienten, og fjellets vegetasjon i forhold til de øvrige GLORIA-fjell. Vi viser til de to rapportene, og beskriver ikke vegetasjonen og de biofysiske forholdene på Kaldfonna noe nærmere her. I 2017 ble rutene reinventert (Wehn et al. 2018). Sommeren 2024 ble nær halvparten av rutene (19 makroruter og 10 mikroruter) analysert for endringer, og det rapporteres her. De resterende ruter er planlagt reinventert sommeren 2025. Kaldfonna har omkring dobbelt så mange ruter som øvrige GLORIA-fjell, derav to sesonger. Rutene er plassert langs rabbsnøleie gradienten, høydegradienten og eksposisjon, men utvalget av ruter som ble analysert i 2024 tok kun hensyn til logistikk, slik at en full reanalyse etter sommeren 2025 vil gi en mye bedre oversikt over endringer langs gradientene.

Figur 2.
Lokalisering av de 40 makrorutene (10x10m) og 32 mikrorutene (1x1m) på fjellet Kaldfonna sørøst om Sunndalsøra. Blå firkanter viser de 10x10m ruter som ble analysert i 2024, sorte firkanter viser reinventerte 1x1m ruter i tillegg til 10x10m ruter, og rødt er resterende flater som er planlagt analysert i 2025.

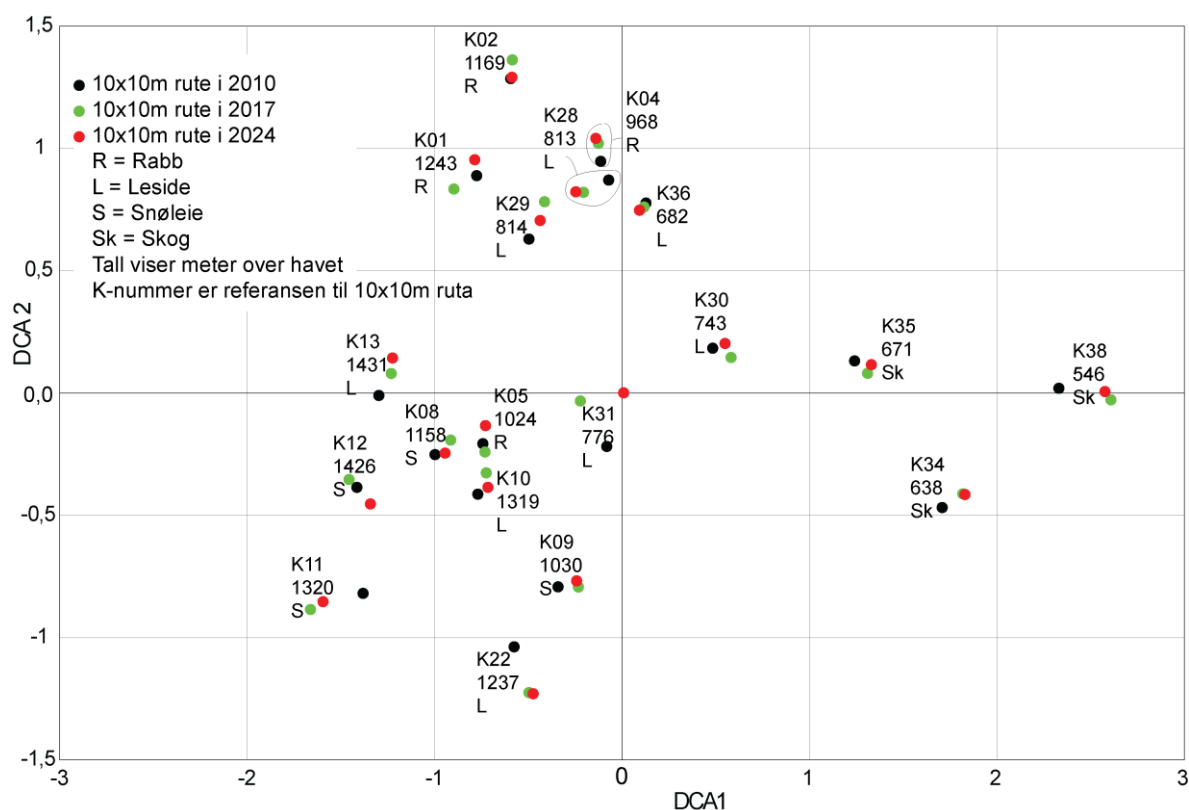




Figur 3. Sentinel-2 satellittdata fra 24. mai og 13. juli 2024. Dette viser plassering av fastrutene i forhold til snøsmeltingsmønsteret.



Figur 4. Eksempel på makrorute (10x10m). Makroruta nr 12 som ligger på sydsiden av Kaldfonna 1426 moh (se fig 2 og 3).



Figur 5. DCA analyse av makrorutene (10x10m) etablert i 2010 og reinventert i 2017 og 2024. For hver makrorute er det oppgitt referansenummer, høyden, og om det er rabb (R), leside (L) eller snøleie (S).

Til analysen av endringer i artssammensetning og dekning av artene fra 2010 til 2017 til 2024 brukte vi i hovedsak versjon 2.6.10 av vegan-pakken i R (Oksanen et al. 2025). For å visualisere endringer av arter i makrorutene fra 2010 til 2024, gjennomførte vi ordinasjonsanalysen «detrended correspondence analysis» (DCA).

Figur 5 viser endringer i makrorutene. De svarte prikkene er rutenes plassering i DCA-analysen i 2010, og så hvordan det har endret seg til 2017 (grønt) og til 2024 (rødt). Høydegradienten ses langs DCA1 akse og rabb-snøleie langs DCA2. Ingen av rutene viser noen større endringer, så hovedresultatet er at det kun har skjedd små endringer på de 14 årene. Generelt er det noe større endringer fra 2010 til 2017 enn fra 2017 til 2024. Snøleie- og lesideruter viser generelt litt større endringer enn for rabb- og skogsruiter. Ser vi på endringer langs y-aksen (DCA2) som gir rabb-snøleie, så indikerer resultatene en svak trend for at de fleste rutene på rabb og lesideruten får mer rabbepreg (K02, K04, K05, K10, K13, K29, K31). Det indikerer at rabbearter øker i dekning på bekostning av snøleiearter.

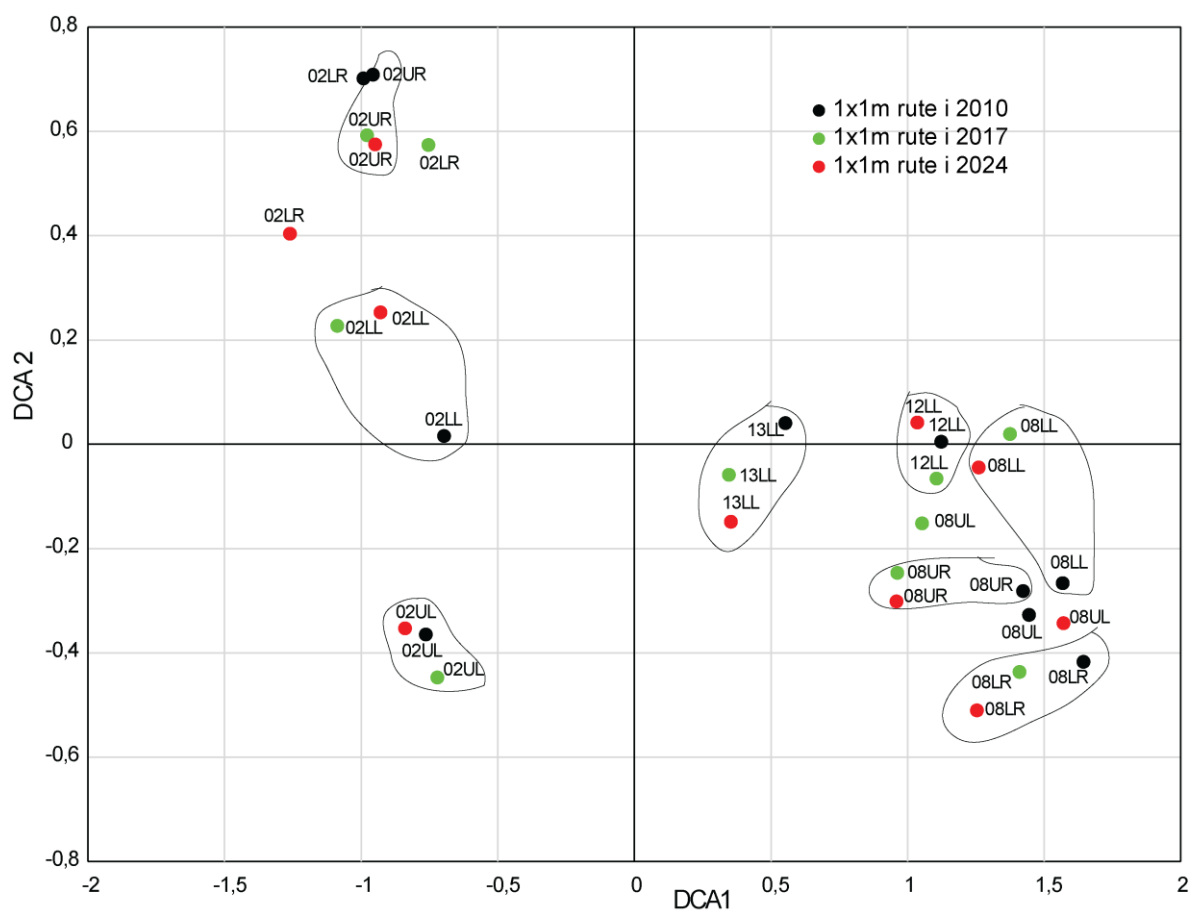
De tre skogsrutene (K34, K35, K38) går svakt mot høyre. De små endringene i skogsrutene skyldes mest at arter i gruppen sjeldne arter (1-5 individ innen 10x10m ruta)

har blitt noe færre. Noen arter har ikke blitt gjenfunnet, samtidig som noen nye har kommet inn, men uten at det kan ses noe mønster i hvilke arter for de tre rutene.

Den ruta med totalt størst endring (endring i DCA1 score på -0,214) er snøleieruta K11, som ligger 1321 moh. Det skyldes at arter som er sjeldne i ruta (1-5 individ funnet innen makroruta), som fjellveronika (*Veronica alpina*), hestespreng (*Cryptogramma crispa*), mykrapp (*Poa flexuosa*) og blåbær (*Vaccinium myrtillus*) er funnet som nye for ruta i 2017 eller i 2024, mens fjellkvein (*Agristis mertensii*) ikke er gjenfunnet etter etableringen i 2010.

For å analysere om enkeltarter har endring i dekning langs høydegradienten, så kjørte vi en 'weighted average value' analyse av høyde vs. dekning av hver art i 2010, 2017 og 2024. Datamaterialet er noe spinkelt, men antyder at utbredelsestygndepunktet for dvergbjørka (*Betula nana*) har krøpet 40 høydemeter oppover, fra 935 moh i år 2010, til 963 moh i 2017 og 975 moh i 2024. Fjellkvein har økt med 154 høydemeter, fra 1077 moh, til 1148 moh i 2017 og 1230 moh i 2024. Også på fjellet Trolltinden i Nord Troms ble det registret at fjellkvein kryper oppover fjellet (Karlsen et al. 2021). Av øvrige arter så har krekling (*Empetrum nigrum*) økt med 10 høydemeter og dverggråurt (*Omalotheca supina*) med 38 meter. Mer data fra neste sommers (2025) analyse vil vise om dette bildet opprettholdes.

Mikrorutene (1x1m) ble sommeren 2024 kun reinventert innen et mer begrenset høydebelte (fra 1158-1431 moh) og er ikke representativt for hele fjellet. Og det er derfor vanskelig å trekke ut mer generelle mønstre på denne data. Ordinasjonen viser rabb-snøleiegradienten langs DCA 1-aksen (figur 6). Den artsfattige rabberuta 02LL viser store endringer. Det skyldes dels at krekling og melbær (*Arctostaphylos uva-ursi*) har økt noe i dekning i 14-års perioden, men størst utslag er på grunn av endring i dekning av reinlav. Dekningen av reinlaven gulskinn (*Flavocetraria nivalis*) var betydelig lavere i 2017 enn i 2010 og 2024. Denne reinlaven viser rask gjenvekst etter reinbeite og er ikke relatert til endring i klimaet. Den artsfattige snøleieruta 08LR viser økning av smyle og greplyng (*Loiseleuria procumbens*) (figur 7). Da smyle er en god frøspreader og raskt kan etablere seg etter en forstyrrelse, er den ikke nødvendigvis en god klimaindikator. På bildene kan man også se hvordan greplyngen gradvis dekker mer av steinen. Denne typen endringer er vanlige i analyserutene.

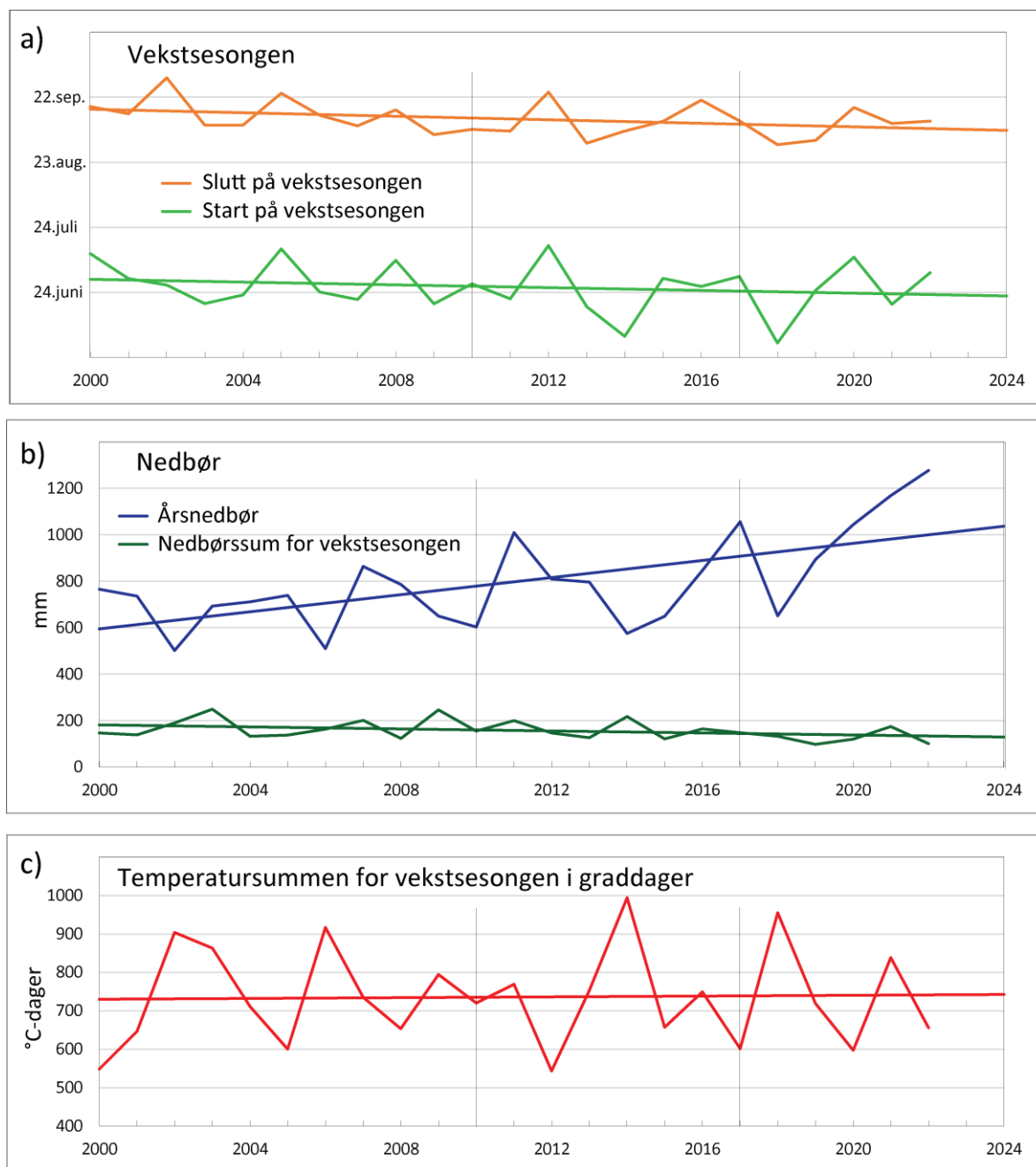


Figur 6. DCA analyse av mikrorutene (1x1m) etablert i 2010 og reinventert i 2017 og 2024. I makrorute 02 (rabb, 1169 moh) ble 4 mikroruter reinventert. I makrorute 08 (snøleie, 1158 moh) ble også 4 mikroruter reinventert. Og i makrorute 12 (snøleie, 1426 moh) og 13 (leside, 1431 moh) ble en mikrorute reinventert.



Figur 7. Øvre del av 1x1m ruta 08LR, 1158 moh, i 2010, 2017 og 2024. Nede til venstre ses smyle (*Avenella flexuosa*) som knapt var synlig i 2010. Oppe til høyre har greplyng (*Loiseleuria procumbens*) bredt seg utover steinen og dekker det meste av den i 2024.

2.1. Klimaendringer – miljøvariabler



Figur 8. a) Start- og slutt på en fenologisk definert vekstsesong for årene 2000 -2022. b) Årsnedbør og nedbørssummen for vekstsesongen. c) Temperatursummen for vekstsesongen. Dataene er fra midtre del av Kaldfonna. De vertikale linjene viser årstall for etablering av analyseruter i 2010 og reinventering i 2017. Datagrunnlaget er gitt i Karlsen et al. (2023).

Klimavariabler som kan forklare endringer i vegetasjon overvåkes på lokal skala innen vegetasjonsrutene, i form av måling av jordtemperatur med loggere i alle makrorutene. Jordtemperaturdata er ikke ferdigprosessert, og vil presenteres i senere rapporter. I tillegg overvåkes vekstsesongen med satellittdata og feltkamera (se neste kapittel), og det tas i bruk romlige klimakart. I årsrapporten for 2023 (Karlsen et al. 2023) oppsummerte vi endringer i viktige klima- og miljøvariabler ('drivere'), som vekstsesong, snøsmelting, temperatur og nedbør for de seks Gloria fjellområder for 23-års perioden 2000 – 2022, hvor noen av variablene er vist for Kaldfonna i figur 8.

For 23-års perioden er det for midtre del av Kaldfonna en lineær trend mot 7 dager tidligere vekstsesong, og 9 dager tidligere slutt på sesongen (start og slutt er korrelert, $r^2=0,48$, $p<0,001$, $n= 23$) (figur 8a). Vekstsesongen er målt med satellittdata tolket ut fra feltobservasjonene beskrevet i neste kapittel. En betydelig økning i årsnedbøren, fra omkring 600 mm ved årtusenskiftet til omkring 1000 mm i dag, har forekommet i løpet av 23-års perioden (figur 8b). Denne økningen har skjedd om vinteren, og det er ingen tydelig trend for at nedbørssummen i den fenologisk definerte vekstsesongen har endret seg. Heller ikke temperatursummen for vekstsesongen har endret seg på de 23 årene, men viser store variasjoner fra år til år (figur 8c). Årstemperaturen har økt med $1,65^{\circ}\text{C}$ i 23-års perioden, og kan forklare at økt vinternedbør ikke har ført til senere snøsmelting, samtidig som temperaturøkningen har gitt noe tidligere start på vekstsesongen (figur 8a, Karlsen et al. 2023). Ordinasjonen av makrorutene indiker at rabbearter øker noe i dekning (figur 5) på bekostning av snøleiearter. Dette kan skyldes trenden mot cirka en uke tidligere start på vekstsesongen, men trenden er heller svak. Tidligere start på sesongen kan også forklare at rabbearter som krekling og dvergbjørk har fått et utbredelsestyngdepunkt noe høyere på fjellet, noe som til dels også er sett i de øvrige tre Gloria-fjell i syd (Wehn et al. 2024). Vi forventer at et mer tydelig mønster trer fram etter at de øvrige mikro- og makrorutene reinventeres sommeren 2025.

3. Overvåkning av vekstsesongen

For vekstsesongen 2024 var målet å samle inn fenologidata i felt med viltkamera slik som i tidligere år. Disse dataene er designet for oppskalering med satellittdata. Sist det ble gjort en satellittbasert overvåkning av vekstsesongen var for perioden 2000–2022 (Karlsen et al. 2023). Endringer i vekstsesongen er en viktig 'driver' for vegetasjonsendringer observert på Kaldfonna, som beskrevet i foregående kapittel, og for de øvrige fem Gloria-fjell. I årets rapport presenterer vi fenologidata samlet i felt med time-lapse-kamera i et område i sydlig transekt, og for nordlig transekt tar vi også med noe satellittdata for år 2024.

3.1. Sørlig transekt

For beskrivelse av områdene der det observeres fenologi i sørlig transekt, se tidligere GLORIA årsrapporter (mest Wehn & Karlsen 2018). Det ble utplassert syv time-lapse-kamera på Dovrefjell i midten av mai 2024, og kameraene ble hentet inn i slutten av september 2024. I tillegg er det hentet inn bilder fra fem webkamera fra Statens Vegvesen fra Dovrefjell-området. Bruk av kamera fra Statens Vegvesen er omtalt i tidligere årsrapport (Karlsen et al. 2021) og beskrives ikke nærmere her.

I årets rapport presenterer vi fenologidata fra et større gråvierkratt-område på Hjerkinshøe, 1110 moh, nært GLORIA-fjellet Kolla, på Dovrefjell. Dette er område 1 i Wehn & Karlsen (2018), hvor området er utfyllende beskrevet.

Definisjoner på fenofaser: Vi viser her tre vårfenofaser og tre høstfenofaser for dvergbjørk og gråvier (tabell 2 og 3). I tabellene brukes følgende definisjoner på fenofaser på våren: 'Knoppsprett' (Beginning of bud burst: first green leaf tips just visible, BBCH kode 07, i Meier (2018)). 'Løvsprett' (First leaves unfolded (others still unfolding), BBCH kode 11). Utvokst blad (First leaves fully expanded, BBCH kode 19). Om høsten brukes definisjonene: Fenofasen '10% gult', betyr begynnende gulning, med omtrent 10% av bladene gule. Følger vi definisjonen til Meier (2018), er dette BBCH kode 91 (about 10 % of leaves discoloured or fallen). Fenofasen '50 % gult' er BBCH kode 95 (about 50 % of leaves discoloured or fallen), og '90 % gult' er BBCH kode 96/97 (most leaves discoloured or fallen).

Tabell 2. Fenofaser på dvergbjørk (*Betula nana*). Fra et gråvierkratt på Hjerkinshøe på Dovrefjell, nært fjellet Kolla.

År	Knoppsprett	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult
2014				31. aug.	5. sep.	9. sep.
2015	19. jun.	25. jun.	4. jul.	25. aug.	8. sep.	13. sep.
2016	2. jun.	6. jun.	19. jun.	28. aug.	6. sep.	11. sep.
2017	7. jun.	11. jun.	17. jun.	31. aug.	9. sep.	15. sep.
2018	22. mai	26. mai	4. jun.	4. sep.	12. sep.	20. sep.
2019	6. jun.	11. jun.	17. jun.	9. sep.	16. sep.	24. sep.
2020*				22. aug.	6. sep.	17. sep.
2021	31. mai	3. jun.	11. jun.	24. aug.	3. sep.	12. sep.
2022	1.juni	3.juni	17.juni	17.aug.	14.sep.	21.sep.
2023	30.mai	6.juni	15.juni	8.sep.	12.sep.	25.sep.
2024	16.mai	20.mai	2.juni	29.sep.	4.sep.	6.sep.
Gj.snitt	1. jun.	4. jun.	15. jun.	29. aug.	8. sep.	15. sep.

* Det mangler data på vårfenofaser pga. reiserestriksjoner under Covid19 utbrudd, og vi har kun data fra Statens Vegvesen sine kamera for våren 2020.

Tabell 3. Fenofaser på gråvier (sølv- og lappvier). Fra et gråvierkratt på Hjerkinshøe på Dovrefjell, nært fjellet Kolla.

År	Knoppsprett	Løvsprett	Utvokst blad	10 % gult	50 % gult	90 % gult
2014				9. sep.	16. sep.	
2015	17. jun.	27. jun.	7. jul.	16. sep.		
2016	1. jun.	15. jun.	27. jun.	24. aug.	12. sep.	19. sep.
2017	4. jun.	18. jun.	28. jun.	2. sep.	14. sep.	20. sep.
2018	20. mai	29. mai	10. jun.	3. sep.	7. sep.	16. sep.
2019	1. jun.	9. jun.	19. jun.	19. aug.	11. sep.	19. sep.
2020				5. sep.	17. sep.	20. sep.
2021	2. jun.	7. jun.	21. jun.	7. sep.	11. sep.	22. sep.
2022	29.mai	4.juni	5.juli	11.sep.	22.sep.	27.sep
2023	4.juni	7.juni	1.juli	2.sep.	10.sep.	29.sep.
2024	12.mai	19.mai	19.juni	9.sep.	20.sep.	29.sep.
Gj.snitt	30.mai	8. jun.	25. jun.	4. sep.	14. sep.	22. sep.

Starten på vekstsesongen 2024 var den klart tidligste som er målt i felt for årene 2015 til 2024 for både dvergbjørk og gråvier (tabell 2 og 3), det gjelder begge fenofasene 'knoppsprett' og 'løvsprett'. Starten på vekstsesongen i 2024 var 4-5 uker tidligere enn i 2015, som var det året med senest start i perioden. For tiårsperioden er det en trend mot omkring 20 dager tidligere start på vekstsesongen ($p=0.04$), men det skyldes at det første året (2015) var det året med seneste start og det siste året (2024) tidligste start på vekstsesongen, så vi kan vel forvente at trenden flater ut.

Mens vårfenofasene på dvergbjørk og vier er godt korrelert, så er det ikke tilfellet for høstfenofasene. For dvergbjørk var høstfasen '50 % gule blader' seks dager tidligere enn gjennomsnittet, mens for gråvier var samme fenofase fem dager senere enn gjennomsnittet.

3.2. Nordlig transekt

Fenologiobservasjoner i et nordlig oseaanisk område, tilknyttet GLORIA-fjellet Trolltinden, ble først etablert sommeren 2020, og sesongen 2021 var derfor første hele sesong. Området er noe beskrevet i Karlsen et al. (2021). Fem fenologikamera ble brukt på ved Vannareidet på Vannøya, og tre ved veien mellom Vannøya og Tromsø (Futrikelv). De tre ved veien skiller seg noe ut da de er de eneste under skoggrensa. Vi viser her fenofaser fra en lerabb på Vannøya, (tabell 4), og fra en lågurtskog nært skoggrensa ved veien mellom Tromsø og Vannøya (tabell 5).

I forhold til sydlig transekt er to ekstra fenofaser inkludert ('musøre' - BBCH code 10 og '>90% bladfall' – BBCH code 98).

Dvergbjørka på Vannareid hadde noe tidligere knoppsprett enn de tre foregående år (tabell 4). Høstfenofasene kom relativt sent, men ikke så sent som rekordåret i fjor.

Tabell 4. Lerabb, Vannareid. Fenofaser på dvergbjørk.

År	Knopp-sprett	Musøre	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult	>90% bladfall
2021	1.juni		4.juni	16.juni	26.aug	1.sep	9.sep	25.sep
2022	30.mai	31.mai	1.juni	10.juni	21.aug	9.sep	15.sep	25.sep
2023	3.juni	10.juni	13.juni	26.juni	8.sep	20.sep	23.sep	1.okt
2024	28.mai	30.mai	3.juni	8.juni	2.sep	14.sep	20.sep	30.sep

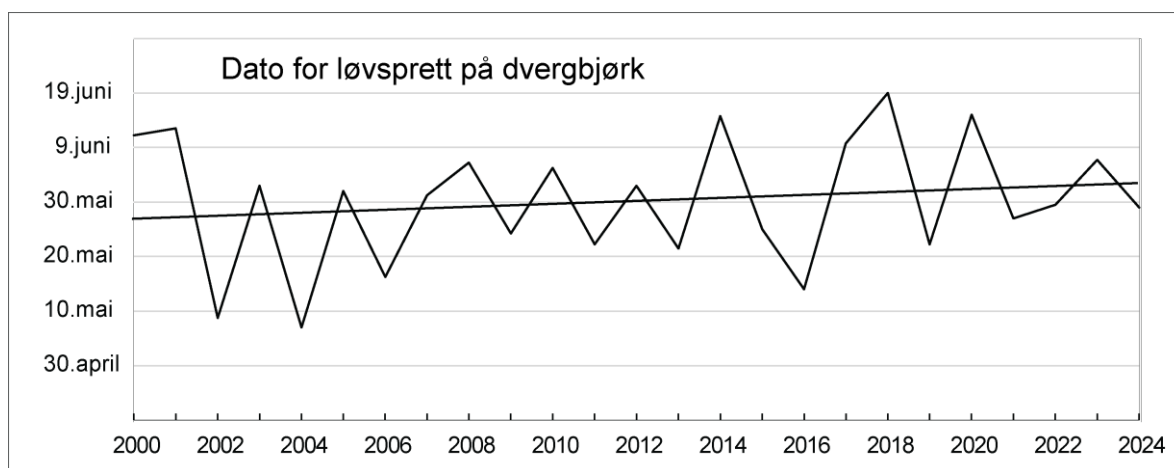
Tabell 5. Lågurtskog*, Futrikelv mellom Tromsø og Vannøya. Fenofaser på bjørk.

År	Knopp-sprett	Musøre	Løvsprett	Utvokst blad	10% gult	50% gult	90% gult	>90% bladfall
2019	12.mai					12.sep		
2020	26.mai	31.mai	2.juni		15.sep.	24.sep.	30.sep	6.okt
2021	25.mai	30.mai	2.juni	10.juni	6.sep.	20.sep.	23.sep	27.sep.
2022	19.mai	22.mai	24.mai		6.sep	13.sep	19.sep	26.sep
2023	15.mai	21.mai	23.mai	15.juni	9.sep	21.sep	25.sep	1.okt
2024	12.mai	23.mai	30.mai	9.juni	14.sep	26.sep	29.sep.	

*Gloria fokuserer på fjell (over skoggrensa) og rabb-snøleiegradienten, så vi legger ikke så mye vekt på observasjoner under skoggrensa, men tar den med da det er observert i relaterte prosjekt.

På bjørk har det blitt observert i seks år (tabell 5) og viser tidlig knoppsprett i 2024, like tidlig som i 2019. En relativ kald periode etter knoppsprett gjorde at fenofasen 'løvsprett' kom først 11 dager senere, og er mer gjennomsnittlig. Høstfenofasene på bjørka kom sent, blant de seneste for alle år observert.

En skyfri tidsserie av MODIS satellittdata, interpolert til daglig data, er prosessert også for år 2024 i øvrige prosjekt. Prosesseringen av MODIS-data er utfyllende beskrevet i tidligere rapporter. Figur 9 viser start på vekstsesongen (definert som løvsprett på dvergbjørk) for ett område på Vannareid der det observeres på dvergbjørk. Satellittdataen viser at i 2024 var løvsprett en dag tidligere enn gjennomsnittet for 2000-2024 perioden.



Figur 9. Start på vekstsesongen, definert som løvsprett på dvergbjørk. Målt med tidsserie av MODIS satellittdata, og gjelder et område på Vannareid på Vannøya, noe vest om Gloria-fjellet Trolltinden.

Vi har tidligere overvåket vekstsesongen i felt på Sunndalsfjella i et område noe vest for Gloria-fjellet Kaldfonna. Veien over Sunndalsfjella (Aursjøveien) åpner først 1. juni, og trenden mot tidligere start på vekstsesongen i området har gjort at det nå ofte er for sent å utplassere fenologikamera den 1. juni. Vi har derfor valgt å flytte denne overvåkingen til Indre Troms, til ett område representativt for Gloria-fjellet Čoalbmoaivi. Sommeren 2024 ble et område befart, det ble satt ut åtte kamera i august, og de ble hentet inn 28.september 2024. Sommeren 2025 er det planlagt en nærmere beskrivelse av området med tanke på oppskalering med satellittdata, og vi vil da presentere første sesong med data.

4. Endringer i utbredelse av isbreer og snømålinger

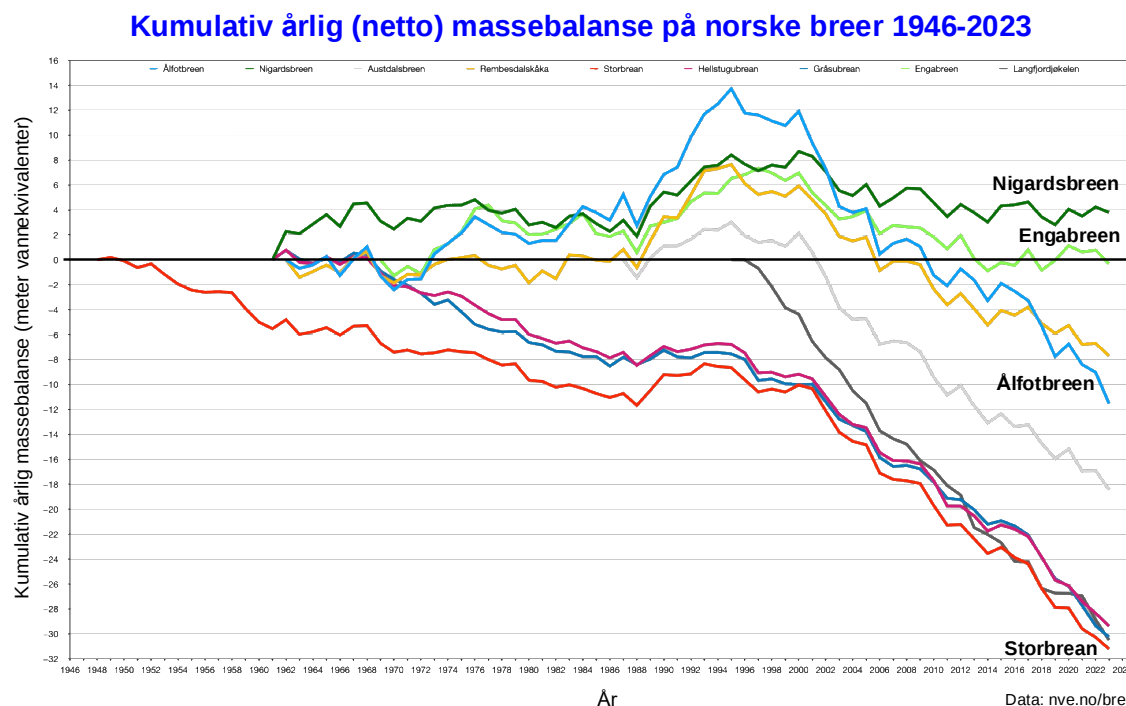
4.1. Massebalanse

I 2024 gjennomførte Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) massebalansemålinger på 9 breer i Norge (figur 10). I tillegg ble det utført massebalansemålinger på Juvfonne, som er en isfonn i Jotunheimen. Resultatene fra disse målingene vil imidlertid ikke foreligge fra NVE før i 2025, i rapportserien «Glaciological investigations in Norway».



Figur 10. Lokalitetskart over breer med lange massebalanseserier (koordinater og observasjonsperiode i parentes): 1-Ålfotbreen, 61°45'N, 5°38'E (1963–), 2-Nigardsbreen, 61°42'N, 7°08'E (1962–), 3-Austdalsbreen, 61°45'N, 7°20'E (1988–), 4-Rembesdalskåka, 60°32'N, 7°22'E (1963–), 5-Storbreen, 61°34'N, 8°08'E (1949–), 6-Hellstugubreen, 61°34'N, 8°26'E (1962–), 7-Gråsuebreen, 61°39'N, 8°37'E (1962–), 8-Engabreen, 61°45'N, 5°38'E, (1970–), 9-Langfjordjøkelen, 70°10'N, 21°45'E (1996–)

Data om årlige massebalansevariasjoner (vinterbalanse, sommerbalanse og årlig balanse) har blitt oppdatert med resultatene fra målingene i 2023 for sju breer i Sør-Norge og to breer (Engabreen og Langfjordjøkelen) i Nord-Norge.

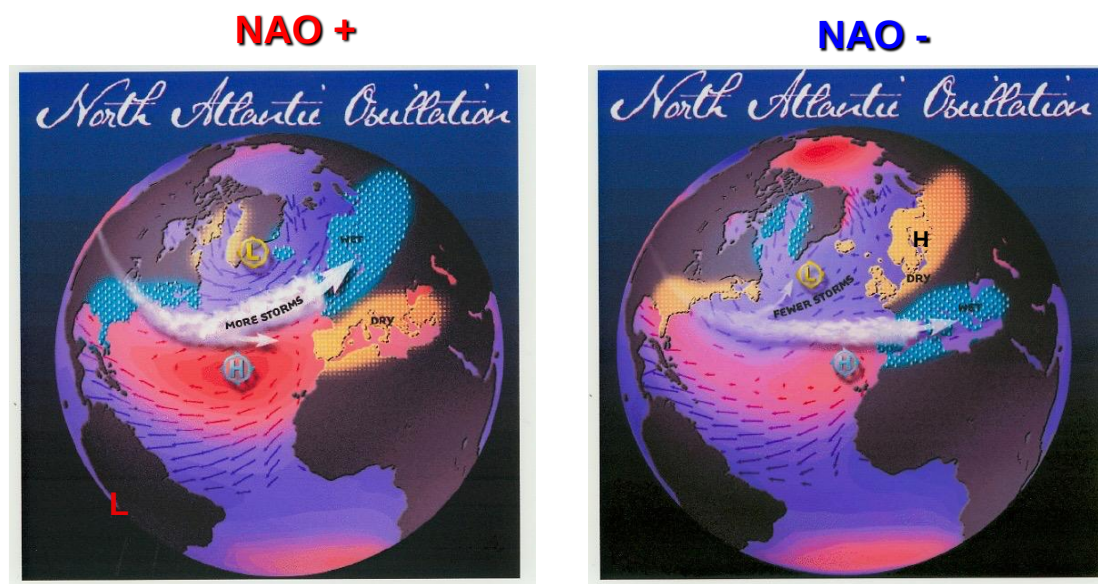


Figur 11. Kumulativ årlig (netto) massebalanse på noen norske breer 1946–2023 (Data: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>)

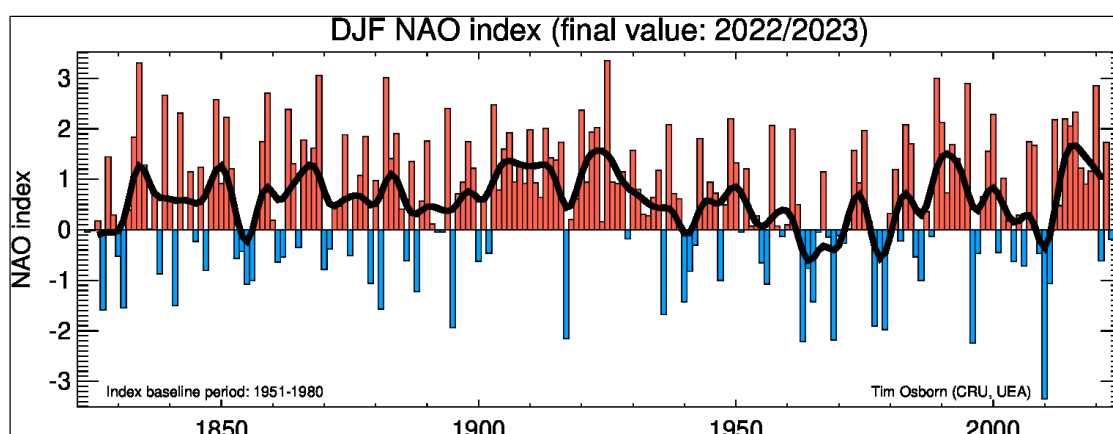
Disse dataene blir analysert, sammenstilt med tidligere målinger, og sammenlignet med ulike værparametre, som for eksempel vinternedbør og sommertemperatur. Vinternedbør og sommertemperatur er de to værparametrene som hovedsakelig er avgjørende for den årlige massebalansen. Den årlige massebalansen var relativt stabil for alle de målte breene fra målingene begynte tidlig på 1960-tallet og til slutten av 1980-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet økte massen (volumet) på de kystnære (maritime) breene på grunn av mye vinternedbør og store snømengder. For de tre breene i Jotunheimen (Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen) viser dataene at disse breene i all hovedsak hadde negativ massebalanse i hele perioden, bortsett fra et noe redusert massetap på 1990-tallet. Etter år 2000 har alle breene i Sør-Norge, og spesielt breene i Jotunheimen, fått redusert masse/ volum, i all hovedsak på grunn av økt smelting om sommeren som et resultat av høyere sommertemperaturer.

4.2. Massebalansen på norske isbreer og Den nord-atlantiske oscillasjonen

Variasjoner i bremassebalansen i Vest-Skandinavia i løpet av slutten av det tjuende og begynnelsen av det tjuetørste århundre har vært assosiert med variasjoner mellom år og tiår til Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) i løpet av vintersesongen (figur 12 og 13).

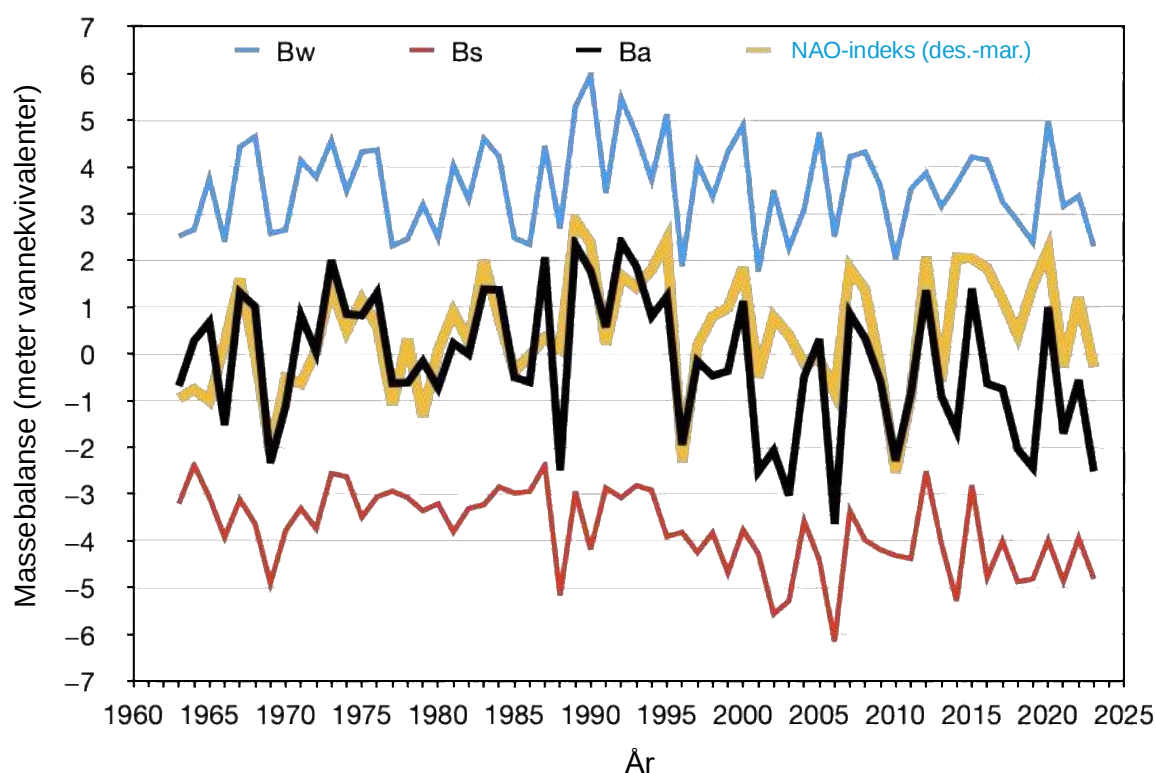


Figur 12. Kart som illustrerer to NAO-værsituasjoner (NAO = Den nord-atlantiske oscillasjonen, engelsk: 'North Atlantic Oscillation'): til venstre en positiv NAO-situasjon og til høyre en negativ NAO-situasjon. Illustrasjon: Martin Visbeck

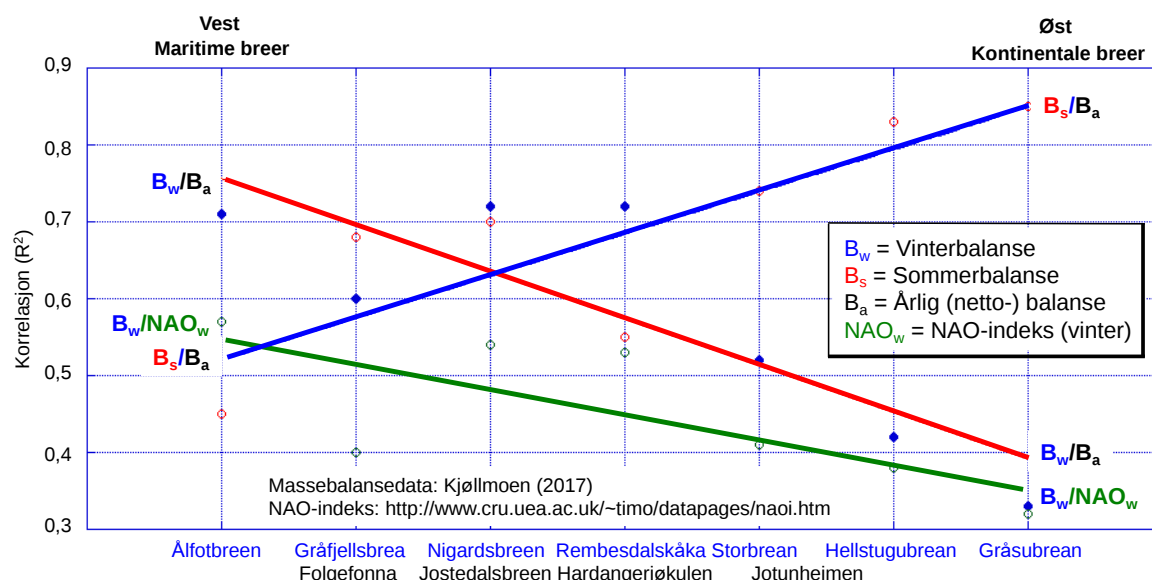


Figur 13. NAO-indeksen (gjennomsnitt for vintermånedene desember, januar og februar) for perioden 1823–2023. Kilde: Tim Osborn (CRU, UEA)

Vintre med positiv NAO-indeks gir over normale snømengder (vinterakkumulasjon/vinterbalanse) på kystnære isbreer i Skandinavia, som f.eks. Ålfotbreen (figur 14). Hvis den følgende middeltemperaturen om sommeren er under normalen, gir dette vanligvis positiv årlig massebalanse på de maritime isbreene i Skandinavia. Negative NAO-indeksvintre etterfulgt av varme somre har derimot motsatt effekt på overflatens årlige massebalanse. En regresjonsanalyse mellom den spesifikke årlige balansen (Ba) og den spesifikke vinterbalansen (Bw)/sommerbalansen (Bs) på ti norske isbreer viser at Ba på de maritime isbreene stort sett er assosiert med Bw (vinterbalansen/akkumulasjon forbundet med NAO vinterindeks), mens den overflatespesifikke årlige massebalansen på de kontinentale isbreene for det meste kontrolleres av Bs (sommerbalanse/ablasjon) (figur 15).



Figur 14. Massebalansen på Ålfotbreen i ytre Nordfjord sammenlignet med NAO-indeksen. Data: Tim Osborn (CRU, UEA)



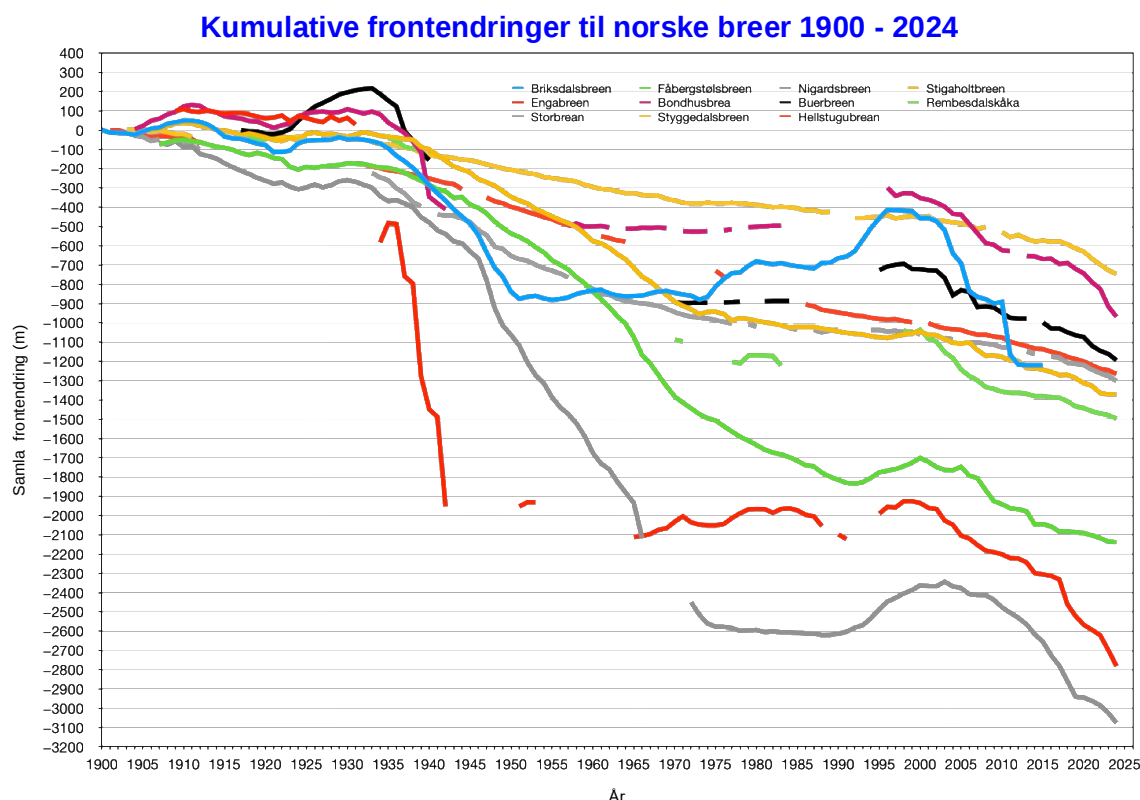
Figur 15. Korrelasjoner mellom vinterbalanse og årlig balanse, mellom vinterbalanse og NAO-indeksen, og mellom sommerbalanse og årlig balanse på noen utvalgte breer langs et vest - øst-transekt i Sør-Norge. Massebalansedata: Kjøllmoen (2023) NAO-indeks: <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/datapages/naoi.htm>.

4.3. Brefrontendringer

Figur 16 viser et kart over 11 breer med lange frontmåleserier. Brefrontmålingene for 2024 ble gjennomført på høsten. Årlige brefrontmålinger blir vanligvis gjennomført med laser avstandsmåler fra fastmerker til brefronten i månedsskiftet september/oktober av flere observatører, og målingene blir innrapportert til NVE og gjort tilgjengelige på NVEs hjemmeside (<https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>).



Figur 16. Lokaltetskart over elleve norske breer med lange frontmåleserier (observasjonsperiode i parentes): 1-Briksdalsbreen (1900–2015), 2-Nigardsbreen (1899–), 3-Fåbergstølsbreen (1899–), 4-Stigaholtbreen (1903–), 5-Rembesdalskåka (1917–), 6-Bondhusbrea (1902–), 7-Buarbreen (1900–), 8-Styggedalsbreen (1901–), 9-Storbreen (1902–), 10-Hellstugubreen (1901–), 11-Engabreen (1903–)

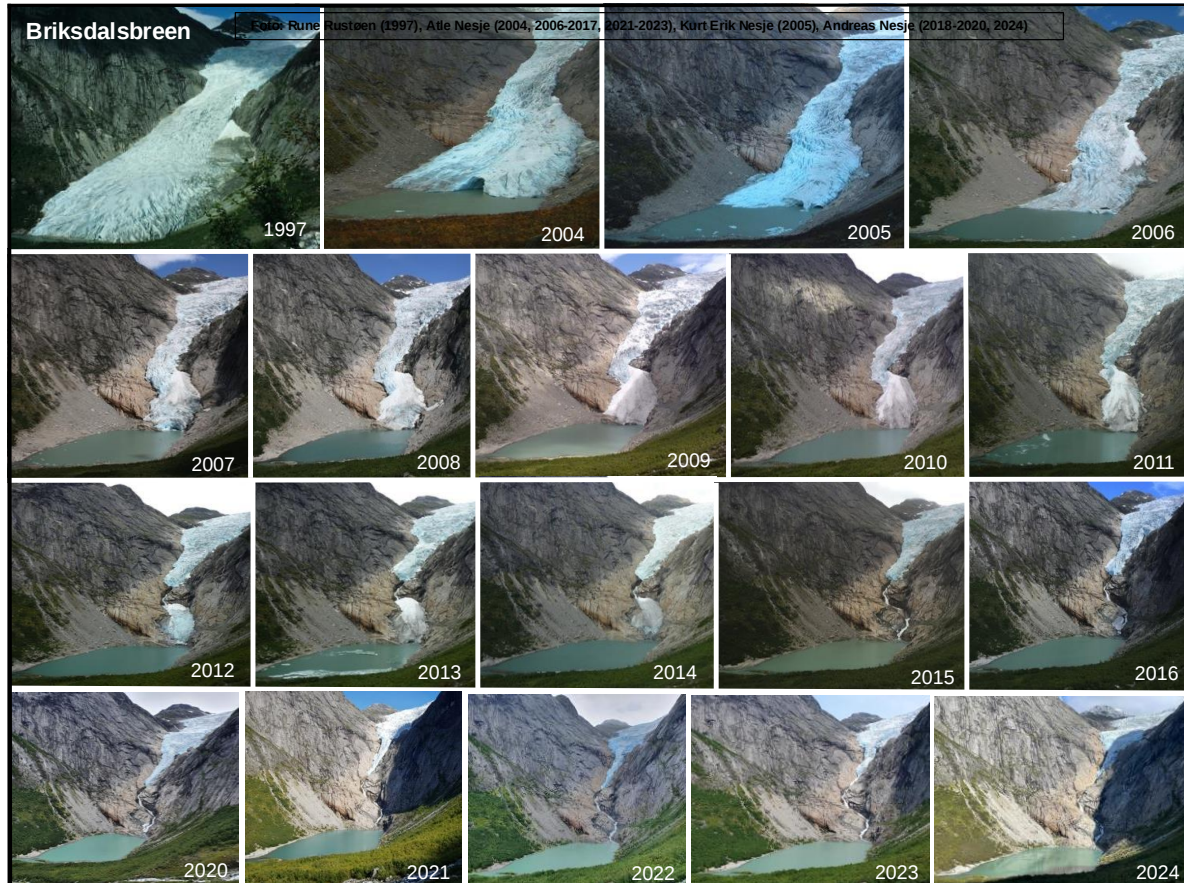


Figur 17. Kumulative frontendringer til noen norske breer 1900 – 2024. Data: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>.

Brefrontenes posisjon endret seg relativt lite fra begynnelsen av 1900-tallet til ut på 1930-tallet, da en markert tilbakesmelting av flere breearmer satte inn (figur 17). På grunn av ulike reaksjonstider (korte og bratte breer har kortere reaksjonstid enn lange og slake breer) viser brefrontvariasjonene fra midten av 1900-tallet en noe forskjellig utvikling. Årene med positiv årlig balanse på 1990-tallet gav seg utslag i at fronten til flere av de målte kystnære breene rykket noe fram. Etter år 2000 har omtrent alle breene smeltet mye tilbake på grunn av negativ massebalanse (se over).

Dataene inngår i NVEs årlige rapportserie «Glaciological investigations in Norway». NVE rapporterer dataene videre til 'Glacier Monitoring Service' som ligger i Zürich i Sveits. Disse dataene blir også benyttet i IPCCs 'Assessment Reports'.

Figur 18 viser en billedserie av Briksdalsbreen, en utløpsbre på vestsiden av Jostedalbreen, mellom 1997 og 2024.



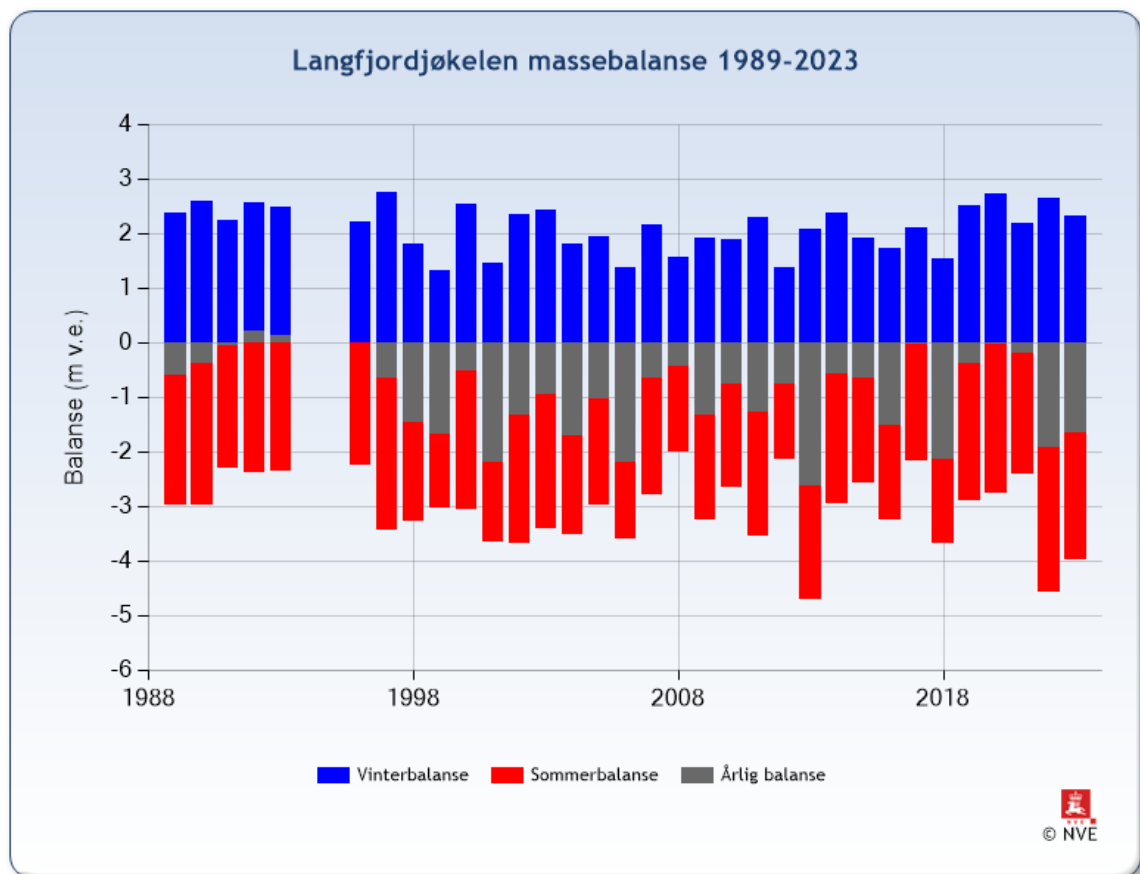
Figur 18. Billedserie av Briksdalsbreen, en utløpsbre på vestsiden av Jostedalbreen, mellom 1997 og 2024. Navna på fotografene står øverst på figuren

4.4. Langfjordjøkelen – massebalansevariasjoner og brefrontendringer

Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark er litt vest om vegetasjonsanalysene på Gloria-fjellet Trolltinden og vekstsesong-observasjonene på Vannøya (figur 19). Fra Trolltinden har en flott utsikt til Langfjordjøkelen og til Vannareid, og klimaet er sammenlignbart i de tre områdene. Massebalansemålingene av Langfjordjøkelen viser at breen mellom 1996 og 2023 mistet en masse tilsvarende et vannlag som er hele 30,51 m tykt, fordelt over hele breens overflate (figur 20).

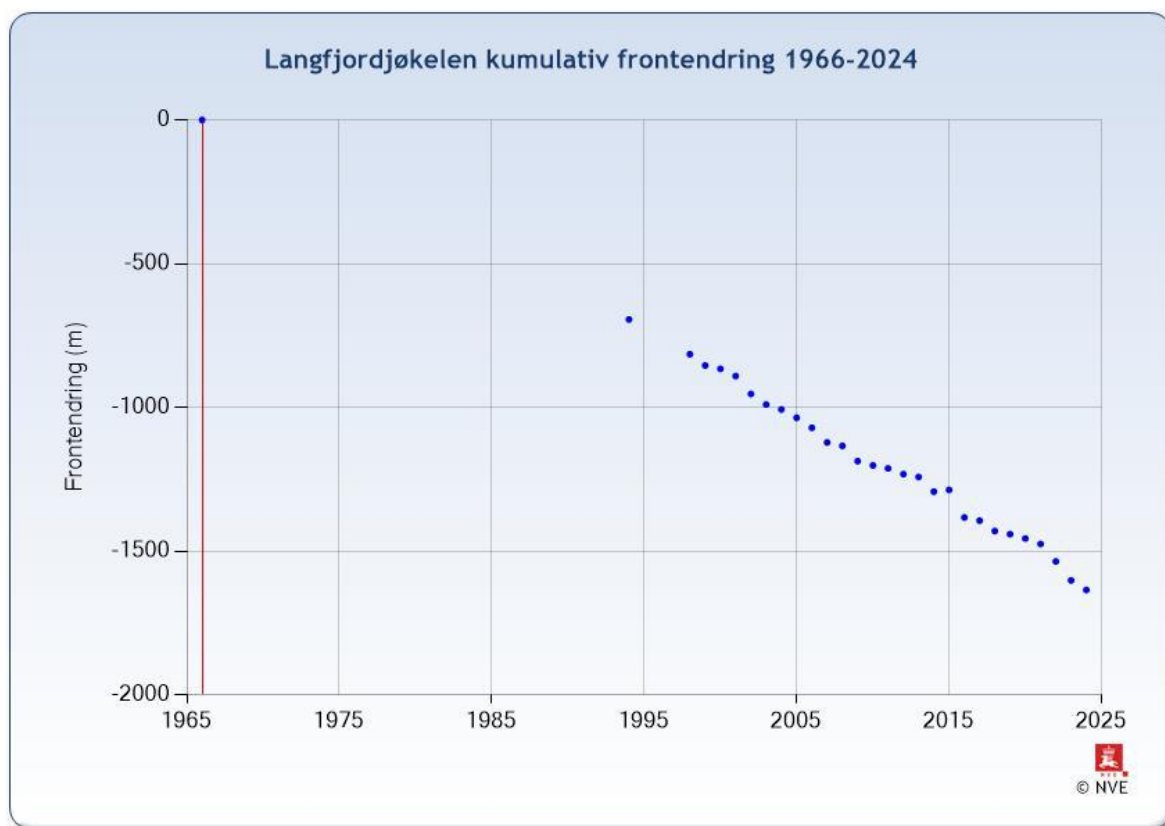


Figur 19. Nord-Troms. Lokaliseringen av Langfjordjøkelen i forhold til øvrige Gloria-observasjoner.



Figur 20. Vinterbalanse, sommerbalanse og årlig massebalanse på Langfjordjøkelen 1988-2023 (ingen målinger 1993-1995). Figuren hentet fra: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>.

Et fastmerke for brefrontmålinger til Langfjordjøkelen ble etablert i 1966. Siden den gang har brefronten smeltet tilbake hele 1635 m (figur 21).

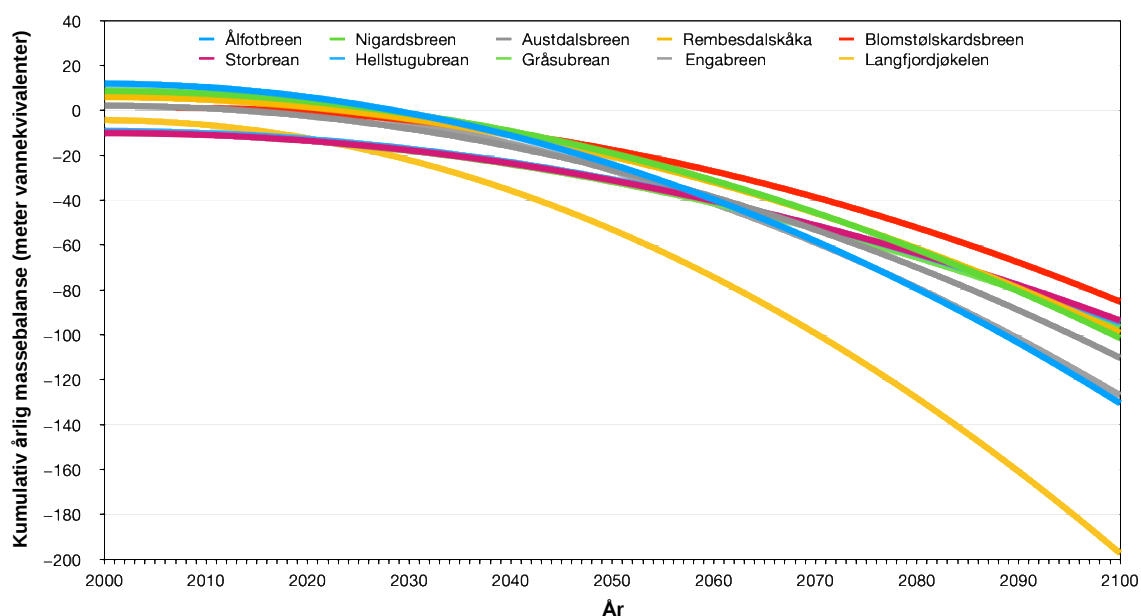


Figur 21. Kumulative frontendringer på Langfjordjøkelen i perioden 1998-2024 med utgangspunkt i fastmerke etablert i 1966 (vertikal rød strek). Bredata: <https://glacier.nve.no/Glacier/viewer/CI/no/>

4.5. Simulering av hva som kan skje med isbreer i Norge frem mot slutten av det 21. århundre

Isbreer og iskapper i Norge gjennomgår for tiden massetap, arealreduksjon og tilbakesmelting av brefronter, hovedsakelig som følge av økt sommerablasjon på grunn av stigende sommertemperaturer, spesielt etter år 2000. I en nylig publisert artikkel av Nesje (2023) er massebalanserresponsen til ti norske isbreer med kontinuerlige massebalanseobservasjoner (>10 år) på klimaprognoser fra 1971-2000 til 2071-2100 blitt estimert og evaluert. Estimerte endringer i gjennomsnittlig sommertemperatur og gjennomsnittlig vinternedbør fra 1971-2000 til 2071-2100, ved bruk av RCP8.5-utslippsscenarioet for fem ulike regioner i Norge; Vestlandet (Sogn og Fjordane og Hordaland fylker), Østlandet (Oppland fylke), og Nord-Norge (Nordland og Finnmark

fylker), varierer mellom henholdsvis +3,8 og +5,0°C, og mellom +9 og +24 %. Disse klimaprojeksjonene er konvertert (ved lineær regresjon med overlappende observasjonsdata) til overflatemassebalanse [vinterbalanse (Bw), sommerbalanse (Bs) og årlig balanse (Ba) for ti isbreer i Norge med massebalanseserier [Ålfotbreen, Nigardsbreen, Austdalsbreen, Rembesdalskåka, Blomstølskardsbreen, Storbreen, Hellstugubreen, Gråsubreen, Engabreen, Langfjordjøkelen (nve.no/bre)], som gir et totalt, kumulativt overflatemassetap fra år 2000 til 2100 til $-157,32 \pm 7,87$ m vannekvivalenter. De estimerte endringene i likevektslinjehøyde (ELA), brellengde, breareal og brevolum med de gitte klimascenariene for de ulike regionene i Norge, indikerer at fem av de ti isbreene som er inkludert i denne studien [Ålfotbreen, Austdalsbreen (del av Jostedalsbreen), Rembesdalskåka (del av Hardangerjøkulen), Gråsubreen og Langfjordjøkelen] kan være fullstendig smeltet bort innen 2100. Den anslåtte bresmeltingen vil mest sannsynlig få store konsekvenser for fremtidig brehydrologi, vannkraftproduksjon, dyreliv, økosystemer, brefarer ('Glacier hazards') og turisme (figur 22).



Figur 22. Fremtidig utvikling av den kumulative massebalansen på noen utvalgte norske breer med lange massebalanseserier basert på fremtidige scenarier for vinternedbør og sommertemperatur mot slutten av det 21. århundre (Data: Norsk klimaservicesenter). Modifisert etter: Nesje (2023).

5. Oppsummering

I det sydlige GLORIA-transektet ble fjellet Kaldfonna, sørøst om Sunndalsøra, reinventert for andre gang. Endringer fra etableringen i 2010, til første reinventering i 2017, og fram til nå i 2024 ble analysert. Kaldfonna har omkring dobbelt så mange ruter som øvrige GLORIA fjell, og cirka halvparten av dem ble reinventert i 2024. De resterende er planlagt reinventert i 2025. Analysene av første halvdel viser at ingen av rutene viser noen større endringer, så hovedresultatet er at det kun har skjedd små endringer på de 14 årene. Generelt er det noe større endringer fra 2010 til 2017 enn fra 2017 til 2024. Snøleie- og lesideruter viser generelt litt større endringer enn for rabb- og skogsruiter. Det er en svak trend mot at flere rabb og lesideruten får mer rabbepeg, og at rabbearter øker i dekning på bekostning av snøleiearter. Dette er forenlig med trend mot tidligere start på vekstsesongen som observeres i området. Men trenden er svak, og flere analyseruter i 2025 vil vise om dette stemmer.

Vekstsesongen ble overvåket med fenologikamera i sørlige og nordlige transekt. Observasjonene er primært designet for oppskalering med satellittdata. I sørlig transekt viser bilder fra fenologikameraene at starten på vekstsesongen i 2024 den klart tidligste som er målt i felt for årene 2015 til 2024, både for dvergbjørk og gråvier. Starten på vekstsesongen kom over en måned tidligere enn det sene året 2015. Angående slutten på vekstsesongen (høstfenofaser) var den noe tidligere for dvergbjørk og noe senere for gråvier, i sydlig transekt.

Fenologiobservasjonene i nordlig transekt viser noe tidligere start på vekstsesongen enn de foregående år, og slutten på vekstsesongen noe senere enn gjennomsnittet for de siste 4-5 år. Ett område på Vannøya ble oppskalert med satellittdata, og indikerte løvsprett på dvergbjørk en dag tidligere enn gjennomsnittet for perioden 2000 – 2024.

For isbreer er det presentert massebalansemålinger for 10 breer og brefrontendringer for 11 breer. Målingene inkluderer i år Langfjordjøkelen lengst vest i Finnmark, og som er nært GLORIA fjellet på Arnøya og fenologiobservasjonene på Vannøya. Endringene av massebalansen er analysert mot NAO-indeksen, og det er simulert hva som skjer med isbreer fram mot slutten av århundret. Bremålingene viser at trendene med minkende isbrevolum og tilbakesmeltende brefronter har fortsatt de seneste årene. Hvis scenariene for sommertemperatur og vinternedbør mot slutten av dette århundre slår til, vil mest sannsynlig mange av de mindre isbreene i Norge forsvinne helt.

6. Referanser

- Cannone, N., Sgorbati, S. & Guglielmin, M. (2007). Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 360–364.
- Erschbamer, B., Kiebachner, T., Mallaun, M. & Unterluggauer, P. (2009). Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. *Plant Ecology* 202: 79–89.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barančok, P., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Kazakis, G. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111–115.
- Karlsen, S.R., S. Wehn, P. Vesterbukt & A. Nesje. (2020). *GLORIA Norge 2019. Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og bremåling*. NORCE Klima, rapport 2-2021. Miljødirektoratet M-2047/2021. 29 s. <https://hdl.handle.net/11250/2658588>.
- Karlsen, S.R., S. Wehn, P., Nilsen, L. & J. I. Holten. (2021). *GLORIA Norge 2020. Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima, rapport 4-2020. Miljødirektoratet M-1708/2020. 30 s. <https://hdl.handle.net/11250/2832690>.
- Karlsen, S.R., S. Lundemo. (2022). *Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima og miljø, rapport 6-2022. Miljødirektoratet M-2265 | 2022. 23 sider. <https://hdl.handle.net/11250/2991147>.
- Karlsen, S.R., S. Wehn, K. Isaksen & A. Nesje (2023). *GLORIA Norge 2022. Overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NORCE Klima og miljø, rapport 5-2023. Miljødirektoratet M-2527/2023. <https://hdl.handle.net/11250/3063765>.
- Karlsen, S.R., S. Wehn & A. Nesje (2024). *GLORIA Norge 2023. Overvåkning av vegetasjon, vekstsesong og isbre*. NORCE Klima og miljø, rapport 2-2024. Miljødirektoratet M-2774/2024. <https://hdl.handle.net/11250/3128883>
- Kjøllmoen, B. (red.) 2024: Glaciological investigations in Norway 2023. NVE Rapport nr. 22/2024.
- Lenoir, J., Gégout, J.-C., Marquet, P., De Ruffray, P. & Brisse, H. (2008). A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320: 1768–1771.
- Lundemo, S., S.R.Karlsen & J.I. Holten. 2016. GLORIA Norge – årsrapport 2016. NIBIO Rapport/ VOL 2.: NR.: 86, 2016.
- Meier, U. (Ed.). (2018). BBCH-Monograph. *Growth Stages of mono- and dicotyledonous plants*. Julius Kühn-Institut, Quedlinburg. 204 pp.
- Michelsen, O., Syverhuset, A.O., Pedersen, B. & Holten, J.I. (2011). The impact of climate change on recent vegetation changes on Dovrefjell, Norway. *Diversity* 3: 91–111.
- Oksanen, et al. 2025. vegan: Community Ecology Package. [10.32614/CRAN.package.vegan](https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html)
- Nesje, A. (2023). Future state of Norwegian glaciers: Estimating glacier mass balance and equilibrium line responses to projected 21st century climate change. *The Holocene*, <https://doi.org/10.1177/095968362311830>.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Calzado, R.F. (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336: 353-355.

- Pickering, C., Hill, W. & Green, K. (2008). Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17: 1627–1644.
- Wehn, S. & Holten, J.I. (2010). *Overvåking av fjellvegetasjon på Stortussen/Snøtind*. DN-utredning nr 8
- Wehn, S. & Holten, J.I. (2011). *Stortussen/Snøtind og Kaldfonna*. Årsrapport til DN; 2010
- Wehn, S., J.I.Holten & S.R.Karlsen. (2012). Etablering av fastruter i fjell langs et kyst – innlandstransekt i Midt Norge. NORUT Rapport 3/2012. 24 s.
- Wehn, S., Lundemo, S. & Holten, J.I. (2014). Alpine vegetation along multiple environmental gradients and possible consequences of climate change. *Alpine Botany* 124: 155–164.
- Wehn, S., Holten, J.I. & Karlsen, S.R. (2016). *Norsk fjellnatur – Fra kyst til innland, fra sør til nord*. Årsrapport; 2014. NIBIO RAPPORT 2(11) 2016.
<http://hdl.handle.net/11250/2459684>.
- Wehn, S. Karlsen, S.R., Vesterbukt, P. & Holten, J.I. (2017). *GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO RAPPORT 3(84) 2017.
<http://hdl.handle.net/11250/2447041>.
- Wehn, S., & Karlsen, S.R. (2018). *GLORIA Norge 2017 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO rapport 4(107) 2018. <http://hdl.handle.net/11250/2563919>.
- Wehn, S., Karlsen, S.R. Carlsen, T.H., & Vesterbukt, P. (2019). *GLORIA Norge 2018– overvåkning av vegetasjon og vekstsesong*. NIBIO rapport 5(76) 2019.
<http://hdl.handle.net/11250/2600285>.
- Wehn, S., Isaksen, K. & L. Johansen. 2024. Widespread plant species temporal variation along environmental and microclimate gradients in Norwegian mountains in a climate change context. *Nordic Journal of Botany*. 2024: e04343.
<https://doi.org/10.1111/njb.04343>.



NORCE

Norwegian Research Centre AS
Postboks 22 Nygårdstangen
5838 Bergen, Norway

E-POST post@norceresearch.no

WEB norceresearch.no

TEL +47 56 10 70 00

ORG NO 919 408 049

