

FonnSat - Fonner, arkeologi og satellittdata

*Liss M. Andreassen (red), Martin Callanan, Tuomo Saloranta,
Bjarne Kjøllmoen og Teodor Nagy*



NVE Rapport nr. 41/2020

FonnSat - Fonner, arkeologi og satellittdata

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Liss M. Andreassen

Forfatter: Liss M. Andreassen, Martin Callanan, Tuomo Saloranta, Bjarne Kjøllmoen og Teodor Nagy

Forsidefoto: Funn av komplett pil fra folkevandringstid, som smelter ut ved fonn opp mot Trollsteinhøe, Jotunheimen, den 23. august 2019. Fotograf: Dag Inge Bakke

ISBN: 978-82-410-2078-0

ISSN: 1501-2832

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Sammendrag: Arkeologiske funn er gjort ved en rekke norske fonner. I denne rapporten ser vi på 10 utvalgte fonner i Norge. Vi har brukt bilder fra Sentinel-2 satellitten med 10 m oppløsning for å kartlegge fonnenes tilstand og endring. Nedbør- og temperaturdata fra seNorge er brukt for å estimere snø- og ismelting for fonnene. Ved hjelp av langtidsprognoser kan vi estimere 6 uker fram i tid.

Emneord: Bre, fonn, arkeologi, atlas, snøsmelting, Sentinel, Copernicus, seNorge

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

desember, 2020

FonnSat - Fonner, arkeologi og satellittdata

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1 Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Om fonner og breer.....	10
1.3 Brukergruppe	11
1.4 Om denne rapporten.....	11
2 Utvalg fonner	12
2.1 Utvalg av fonner.....	12
2.1.1 Fonner på Mealhkoevaartoe	13
2.1.2 Fonner nedom Oksfjellbreen	14
2.1.3 Grovåskardet	15
2.1.4 Ringshornet	15
2.1.5 Krynkelen.....	16
2.1.6 Rambertinden/Rambera.....	17
2.1.7 Storbreen	18
2.1.8 Kringsollfonna	19
2.1.9 Juvfonne	20
2.1.10 Lendbreen	21
3 Data og metode.....	22
3.1 Satellittbilder og ortofoto	22
3.2 Kartlegging av fonner fra satellitt.....	23
3.3 Estimering av snø- og issmelting ved fonnene	24
3.3.1 Data fra seNorge.....	24
3.3.2 Analyse av snø- og issmelting.....	24
3.4 Produktive fonner.....	25
3.5 År med mange funn	26
4 Resultater	28
4.1 Tilgjengelighet av bilder	28
4.2 Tilstand fonner	29
4.3 Endring av fonner	32
4.3.1 Fonner på Mealhkoevaartoe	32
4.3.2 Fonner nedom Oksfjellbreen	32
4.3.3 Grovåskardet	33
4.3.4 Ringshornet	35
4.3.5 Krynkelen.....	36
4.3.6 Rambertinden/Rambera.....	37
4.3.7 Storbreen	37
4.3.8 Kringsollfonna	38
4.3.9 Juvfonne	39

4.3.10	Lendbreen	40
4.3.11	Oppsummering av endringer og dagens tilstand.....	43
4.4	Produktive fonner og breer.....	44
4.5	Estimert is- og snøsmelting.....	45
4.6	Bruk av langtidsværvarsler til å estimere snø- og issmelting opptil halvannen måned frem i tid.....	54
4.7	Produkter i NVEs breatlas og xgeo	55
4.7.1	NVEs breatlas	55
4.7.2	Xgeo	55
5	Konklusjon	57
6	Videre arbeid	58
	Referanser.....	59
	Vedlegg	61

Forord

Pilotprosjektet 'FonnSat - Fonner, arkeologi og satellittdata' er et ettårig prosjekt med oppstart i januar 2020. FonnSat er støttet av Riksantikvarens program 'Miljøovervåking'. Denne rapporten oppsummerer dette arbeidet.

Liss M. Andreassen (NVE) har vært prosjektleder for FonnSat og har analysert fonnene ved bruk av satellittbilder og ortofoto. Tuomo Saloranta (NVE) har analysert data fra SeNorge og modellert snø- og issmelting. Bjarne Kjølmoen (NVE) har digitalisert omkrets av noen utvalgte fonner. Teodor Nagy (NVE) har bidratt med tilrettelegging og gjennomgang av satellittdata. Martin Callanan (NTNU) har koordinert brukergruppen bestående av Erik Nordberg (Saemien Sijte), Tord Bretten (SNO), Lars Pilø (IFK), Leif Inge Åstveit (Universitetet i Bergen) og Kristoffer Dahle (MRFK). Ivar Peerebom (NVE) har bidratt med ny bremodell for GIS-data, og Nils Kristian Orthe (NVE) med visning av satellittdata og breprodukter i xgeo.no. Masterstudentene fra arkeologiprogrammet på NTNU Ola Røste, Brage Sletsvold og Daniel Gjævrå har bidratt til prosjektet ved å samle og kvalitetssikre lokalitetsdata fra ulike kilder.

Prosjektet har dratt nytte av arbeid utført i prosjektet 'Copernicus Bretjeneste' som bruker data fra Sentinel-2 satellitten i Copernicus-programmet. Dette prosjektet er delfinansiert av Norsk Romsenter gjennom Copernicus.

Oslo, 1. desember 2020

Hege Hisdal

Direktør, Hydrologisk avdeling

Rune V. Engeset

Seksjonssjef, Seksjon for bre, is og snø

Sammendrag

Det er gjort en rekke spennende arkeologiske funn ved norske fonner på høyfjellet, spesielt siden 2006. Disse kulturmiljøene er sårbare på grunn av stadig varmere værforhold.

I denne rapporten ser vi på 10 utvalgte fonner i Norge. Vi bruker ortofoto (georefererte flybilder) fra norgebilder.no og satellittbilder (Sentinel og Landsat) til å bestemme endringer av fonnene de siste 10-20 årene. Videre bruker vi nedbør og temperaturdata fra seNorge til å estimere snø- og issmelting for perioden 2006-2020.

Resultatene viser at Sentinel-2 satellitten med 10m oppløsning er godt egnet til å kartlegge mindre fonner ned til 0,01 km², dvs 1 hektar. Automatisk kartlegging fungerer godt bortsett fra i områder med terrengskygge, eller der det er mye skitten is. Ortofoto med 0,25 m oppløsning er svært nyttig for validering av automatisk kartlegging fra satellittbilder og for å få oversikt over fonnene. Tilgjengelige ortofoto varierer for de utvalgte fonnene. Per nå er det få tilgjengelige bilder med tilfredsstillende snøforhold for hver fonn. Derfor er satellittbilder generelt nyttig til å følge norske fonnens utvikling videre, både for å vise utviklingen av smeltingen gjennom sesongen og for kartlegginger av arealutbredelse. Sentinel-2 satellittbilder er gjort tilgjengelige for visning i NVEs verktøy xgeo.no.

Simulert is- og snøsmelting kan ikke gi den samme nøyaktighet for smeltestatus for snø og is som en god skyfri observasjon fra satellitt. Styrken av modellen er likevel at den kan lett, raskt og automatisk gi daglige estimer av både gjenværende snømengder og pågått issmelting på fonner i hele Norge. Vha. modeller og værdata og -prognoser kan man også estimere smelteforløpet på fonner helt tilbake til 1957 samt opptil 6 uker frem i tid. Satellittbilder supplerer opplysningene og feltdokumentasjonen som samles inn av forvaltningen og lokale på lokalitetsnivå hvert år. Bildene er godt egnet til å dokumentere utbredelse, smelting og endringer over tid på viktige lokaliteter og kulturmiljøer.

Forklaring av forkortelser og uttrykk

Askeladden	Riksantikvarens offisielle database over kulturminner
BreAtlas2012	Breatlas laget fra Landsat-bilder 1999-2006
BreID	Nummerering (BreID) av norske breenheter. BreID 1-3143 ble brukt i BreAtlas2012
ESA	European Space Agency
GNSS	Global Navigation Satellite System - Satellitnavigasjonssystemer
IFK	Innlandet fylkeskommune
Landsat	Serie av satellitter
LIDAR	Optisk fjernmålingsteknikk
mfl.	med flere (brukt i referanser med flere forfattere)
MRFK	Møre og Romsdal fylkeskommune
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Ortofoto	Georeferert flybilde med samme geometriske egenskaper som et kart
Produktiv fonn	Fonn hvor det er gjort arkeologiske funn
Saemien Sijte	Sørsamisk museum og kultursenter
Sentinel	Serie av satellitter
SNO	Statens naturoppsyn
SPARC	Forskningsprosjekt (2011-2017) om fonner og arkeologi
UiB	Universitetet i Bergen

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er gjort en rekke spennende arkeologiske funn ved norske fonner på høyfjellet (figur 1-1), spesielt siden 2006 (Nesje mfl. 2012, Callanan 2014, Dahle 2015, Åstveit 2015, Ramstad 2017, Pilø mfl. 2018, 2020). Disse kulturmiljøene er sårbare på grunn av stadig varmere værforhold (Hanssen-Bauer mfl. 2015, Callanan 2016). Fonnene minker i størrelse og flere fonner er i ferd med å forsvinne. Det er særlig viktig å sikre funn i år med stor smelting, siden funn degraderes raskt når de frigis fra isen (figur 1-2). Både snøforhold og snøsmelting varierer fra år til år, og for de ulike områdene med fonner (figur 1-3). Mange av våre viktigste arkeologiske fonner ligger langt til fjells over store områder og er for små til at de har vært dekket i tidligere brekartlegginger og topografiske kart. Det har hittil ikke vært gjort noen systematisk kartlegging av fonnene på nasjonalt nivå.

Siden 2000 har smeltingen av norske breer akselerert, og en rekke år har hatt ekstra stor avsmelting (Andreassen mfl. 2020). Siden 2010 har det vært gjort målinger også på Juvfonne. Målingene viser mange år med stor avsmelting, men også år med overskudd (Ødegård mfl. 2017; Kjølmoen mfl. 2020). Variasjonene fra år til år må arkeologene ta hensyn til når de planlegger arkeologisk sikringsarbeid ved norske fonner (MRFK 2017).



Figur 1-1.
Øverst til venstre: Ski datert til ca. 750 e.Kr. funnet nord for Digervarden i Reinheimen i 2014. Øverst til høyre: Spade fra ca. 250 e.Kr. funnet i august 2014 ved Grovåskardet i Møre og Romsdal. Nederst: Hel jaktpil fra ca. 500 e.Kr. funnet i september 2011 på overflaten av Løpesfonna i Oppdal. Foto: Aud Hole/ Dag Ringstad/Tord Bretten.



Figur 1-2.
Søking etter arkeologiske funn kan være arbeidskrevende med mange personer involvert. Bildet viser systematisk leting rundt Lendbreen i 2011. Foto: Johan Wildhagen, Palookaville.
(Secrets of the ice/Lars Pilø mfl. 2020)



Figur 1-3.
Snøforholdene kan variere mye fra et år til et annet på både fonner og breer. I 2019 var Juvfonne i Jotunheimen svært avsmeltet den 27. august (øverst), mens året etter var bare litt is synlig den 19. september. Fonnkanten i 2019 var fullstendig dekket av snø året etter, i 2020. Foto: Liss M. Andreassen.

Bruk av satellittbilder blir stadig mer vanlig i arkeologisk registrering og i overvåking av arkeologiske lokaliteter og miljøer (f.eks. Comer 2014). Satellitter tilhører den delen av 'fjernmålingsverktøyskassa' som opererer på størst skala. Flere studier har vist at

satellittdata kan være effektivt sammen med andre typer data som flyfoto, dronebilder og Lidar (f.eks. Parcak 2017). Slike data kan derfor være nyttig for å identifisere og registrere nye kulturelle lokaliteter og strukturer, og for å overvåke og dokumentere utvikling i naturmiljøene rundt kjente kulturminner. For eksempel har man gjennom et tidligere norsk prøveprosjekt sett på mulighetene for å kartlegge vegetasjonsendringer og gjengroing av kulturminner ved å bruke data fra satellitter (Barlindhaug mfl. 2007). I senere år har en rekke georefererte flybilder, såkalte ortofoto, blitt tilgjengelig for visning og nedlasting gjennom norgebilder.no. Slike ortofoto er svært nyttige fordi de kan brukes sammen med andre kartdata i figurer og oversikter over breer og fonner i Norge (f.eks. Leigh mfl. 2019). For lokale ekspertbrukere er ortofoto nyttig i analyser og presentasjoner (f.eks. Ramstad mfl. 2016, MRFK 2017). Ortofoto fra droner kan også være effektive til å få oversikt over fonnens tilstand, og til å digitalisere omkrets av fonner (Andreassen og DeMarco 2018).

For å overvåke fonner og breer er det nyttig med flybilder og satellittbilder som kan gi oversikt over alle breer. NVE kartla breer på fastlandet i Norge for perioden 1999-2006 med Landsat satellittbilder (Andreassen mfl. 2012, heretter kalt BreAtlas2012). Landsat satellittbildene som ble brukt i dette arbeidet hadde en oppløsning på 30*30 m, og mange av de minste fonnene ble ikke tatt med i denne kartleggingen. I prosjektet 'Copernicus bretjeneste' bruker NVE data fra Sentinel-2 satellitten i Copernicus-programmet. Sentinel-2 tar bilder oftere og har en bedre romlig oppløsning (10m) enn Landsat, og er godt egnet til å overvåke og kartlegge mindre ismasser (Paul mfl. 2016).

1.2 Om fonner og breer

Det finnes ulike definisjoner av breer og fonner. Man kan snakke om flerårig snø, snøfonner, isfonner, breer og snøflekker, og overgangene mellom dem kan være glidende. Forutsetningen for å danne en bre eller en fonn er at det over flere år kommer mer snø om vinteren enn det smelter i løpet av sommeren. Når snøen blir tykk nok, blir den omdannet til is. Både fonner og breer dannes der det er overskudd på snø, men fonnene er ikke så tykke som breer og har ingen eller minimal bevegelse. Isinnholdet i fonner kan variere og man kan skille mellom snøfonn og isfonn ut fra isinnholdet (Nesje 2013). Når snø- og ismassen blir tykk nok vil den begynne å sige utover og nedover til lavereliggende områder som en bre (Liestøl 1995). Aktive breer har sprekker og beveger seg både langs bunnen og ved indre deformasjon. Breene eroderer på underlaget, avsetter morener og har slamfarget smelte vann. Fonner kan også ha noe bevegelse i form av intern deformasjon, mens smelte vannet som kommer fra fonner er klart.

I dag smelter mange breer ned og mister helt overskuddsområdet sitt. Breer kan dermed bli redusert til en isfonn eller isrest. Noen snø- og isfonner finnes på steder der forholdet mellom vinternedbør og sommertemperatur ikke skulle tilsi at de kunne eksistere, men har blitt dannet i le for fremherskende vindretninger og overlever pga. vindtransportert snø (Nesje 2013). Isfonna Juvfonne i Jotunheimen har svært gammel is, ca. 7600 år gammel. Det er den eldste isen som er datert i Norge (Ødegård mfl. 2017). I denne rapporten ser vi på et utvalg fonner og mindre breer, og vi bruker videre betegnelsen fonner om både isfonner og snøfonner.

1.3 Brukergruppe

En brukergruppe for FonnSat ble opprettet i begynnelsen av dette prosjektet og består av:

- Kristoffer Dahle, Møre og Romsdal Fylkeskommune.
- Lars Pilø, Innlandet Fylkeskommune.
- Erik Norberg, Saemien Sijte, Snåsa.
- Tord Bretten, Statens Naturoppsyn, Oppdal.
- Leif Inge Åstveit, Universitet i Bergen.

1.4 Om denne rapporten

Målet i denne rapporten er å bruke Sentinel-2 data kombinert med værddata og andre kilder fra et utvalg på 10 fonner i Norge. Vi vil undersøke om bilder fra satellittene kan brukes til å dokumentere snøfonnlokaliteter, og til å kartlegge endringsprosessene.

For utvalget på 10 fonner er målet å:

- kartlegge den nåværende tilstanden og endringer de seneste årene vha. satellittdata og ortofoto
- estimere snøakkumulasjon og smelteintensiteter i perioden 2006-2020 med data fra seNorge
- undersøke potensialet for å kunne forutsi fremtidige smelteforhold for fonner opp til 6 uker frem i tid vha. langtids sesongværrvarsler

I tillegg vil vi:

- lage en liste over produktive fonner (definert som fonner med arkeologiske funn, se også kap 3.4) ut fra de opplysningene vi har tilgjengelig
- vurdere egnethet av å bruke satellittdata til å overvåke fonner

2 Utvalg fonner

2.1 Utvalg av fonner

Det ble gjort et utvalg av 10 lokaliteter av fonner og mindre breer som skulle analyseres nærmere. Utvalget ble gjort i samarbeid med brukergruppen. Mulige lokaliteter fra hvert distrikt ble diskutert med partnere, og til slutt valgt ut basert på ulike kriterier. De utvalgte fonnene har enten gitt mye funn, er hyppig besøkt og overvåket, eller er særlig godt dokumentert. To av lokalitetene (Mealhkoevaartoe og Oksfjellbreen) har ikke gitt så mange funn ennå, men er viktige lokalt og har betydelige immaterielle kulturverdier knyttet til seg (se f.eks. Myrvoll 2008). Tapet av disse lokaliteter kan være like akutt som andre lokaliteter som produserer mange fysiske funn. Det er viktig at disse også blir overvåket og dokumentert.

Det kom inn forslag på 12 fonner, hvorav tre i Nord-Norge. I noen tilfeller ble det foreslått en individuell fonn som Juvfonne. I andre tilfeller er det foreslått punkter i landskapet omringet av isbreer og fonner hvor det kommer mange funn, som f.eks. Ringshornet. Ut fra dette ble 10 lokaliteter med fonner og mindre breer valgt ut (tabell 2-1, figur 2-1). De to fonnene som ikke kom med i pilotprosjektet var en fonn ved Voensjelåelkie (Nordland, BreID1556) og en fonn ved Vossaskavlen (Vestland).

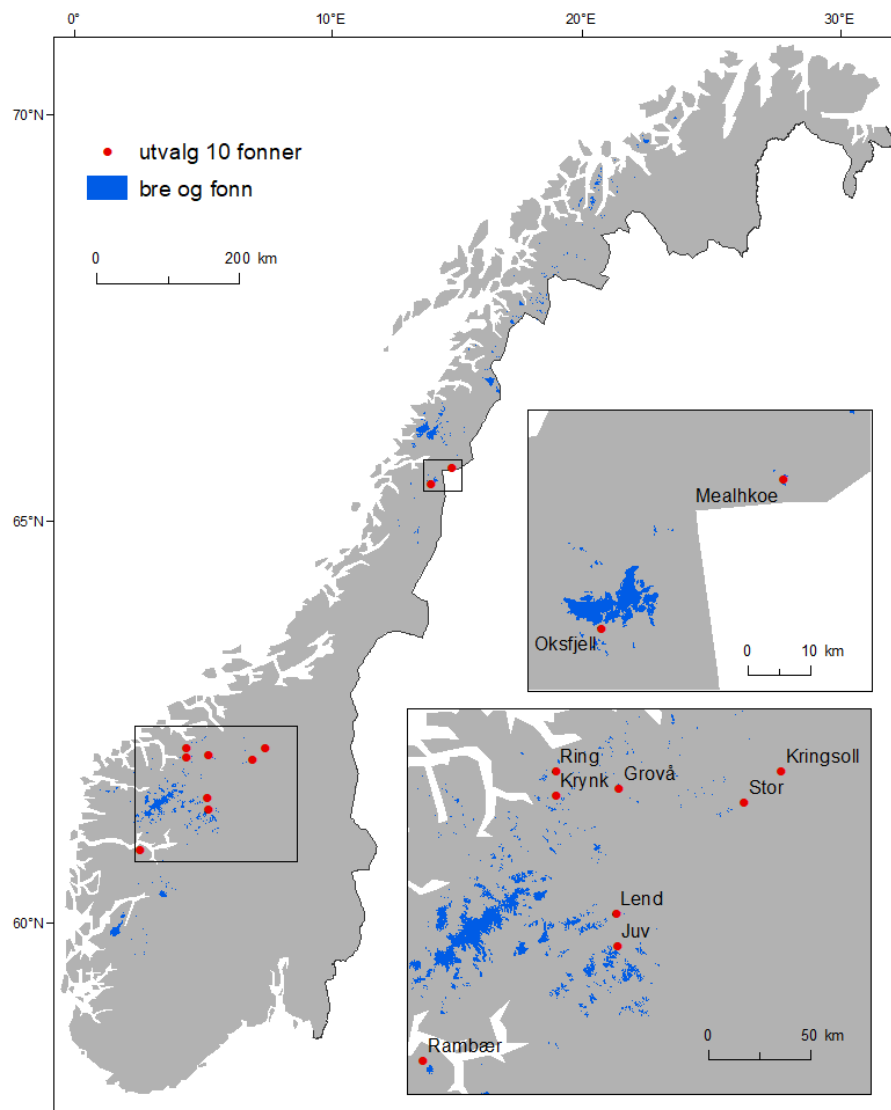
Av de 10 utvalgte lokalitetene var fem av dem dokumentert i forrige breatlas med BreID, mens de andre fem ikke var tatt med (Tabell 2.1). Lokaliteten 'Fonner på Mealhkoevaartoe' ble definert som to enheter i BreAtlas2012, selv om de fysisk henger sammen.

Tabell 2-1.

De 10 utvalgte fonnene/områdene med fonner. BreID viser til BreAtlas2012.

Koordinater er oppgitt i UTM 33N. Se figur 2-1 for kart som viser lokalitetenes plassering i landet.

Nr	Fonn	Fylke	BreID	Nord	Øst
1	Fonner på Mealhkoevaartoe	Nordland	1391+1392	7339105	492554
2	Fonner nedom Oksfjellbreen	Nordland	1455	7315437	463618
3	Grovåskardet	M & R	im	6933426	149355
4	Ringshornet	M & R	im	6942439	118381
5	Krynkelen	M & R	-	6930425	118416
6	Rambertinden/Rambera	Vestland	im	6799363	52806
7	Storbreen	Trøndelag	1723	6926914	211028
8	Kringsollfonna	Trøndelag	im	6942442	229475
9	Juvfonne	Innlandet	2597	6856196	148426
10	Lendbreen	Innlandet	2541	6872196	148104



Figur 2-1.
De 10 utvalgte fonnene/områdene som er studert nærmere i denne rapporten. Utbredelse av breer og fonner iht. BreAtlas2012.

2.1.1 Fonner på Mealhkoevaartoe

Fonnene på Mealhkoevaartoe (Melkfjellet) er to små breer/fonner i Rana kommune i Nordland som ble kartlagt i BreAtlas2012 og gitt BreID 1391 og 1392. Mealhkoevaartoe består av flere større og mindre formasjoner som ikke er undersøkt systematisk. Tidligere



innkomne funn fra området er blitt tolket som offerfunn (Manker 1957:252) og landskapet her i dag som et helligsted.

Fjellet her er et viktig driftslandskap og populært turmål. Vi har dessverre ingen bilder tilgjengelig av fonnene på denne lokaliteten (figur 2-2).

Figur 2-2.
Lokaliteten Mealhkoevaartoe sett via google earth i 3D.

2.1.2 Fonner nedom Oksfjellbreen

Fonnene nedom Oksfjellbreen er en fonn nedenfor Okstindbreen (BreID 1455) i Hemnes kommune i Nordland (figur 2-3). Det er ikke gjort materielle funn på breen eller på fonnene rundt Oksfjellbreen ennå. Feltundersøkelser og immaterielle kulturer fra området rett sør for breen viser at dette er et viktig rituelt landskap. Breen og fonnene inngår som en naturlig del av et holistisk kulturlandskap fra dalbunn til fjelltopp.



Figur 2-3.
Fonner og breer i den sørligste delen av Oksfjellbreen sett fra Bissiedurrie (den hellige dalen) den 5. september 2018. Foto: Erik Norberg.

2.1.3 Grovåskardet

Grovåskardet er en produktiv fonn som ligger i Molde kommune i Møre og Romsdal. Snøfonnen ligger i direkte tilknytning til et smalt skar som knytter sammen to distinkte fjellområder (figur 2-4). Et velbevart og sammensatt fangstanlegg bestående av steinsatte dyregraver og en ledemur ligger over skaret og i direkte tilknytning til snøfonna. Funnene fra Grovåskardet er knyttet til jakt- og fangstaktiviteter på dette anlegget som fonna har vært en del av. Funnene består for det meste av skremmepinner og vimpler, og dateres til jernalderen og middelalderen (Dahle 2015). Lokaliteten er nå under overvåking som en del av Møre og Romsdals overvåkingsprosjektet.



Figur 2-4.
Grovåskardet i Molde kommune den 17. september 2014. Foto: Martin Callanan.

2.1.4 Ringshornet

Fonnen ved fjelltoppen Ringshornet (1532 moh.) er en høytliggende (ca. 1350 moh.) lokalitet i Fjord kommune, Møre og Romsdal (figur 2-5). Funn ved fonna ble oppdaget første gang i 2014, og området ble undersøkt og dokumentert i 2016 av Universitetet i Bergen (se Ramstad, Smiarowski og Hole, 2016). I nærheten er det også indentifisert stående strukturer i form av buestillinger og ledegjerder. De organiske funnene fra Ringshornet er datert til perioden mellom Bronsealderen (1500 f.Kr. - 500 f.Kr.) og Vikingtid (AD1000). Der er imidlertid uklart hvordan funnene fra fonna henger sammen med fangststrukturene, som kan virke å være noe yngre. Lokaliteten er bare delvis undersøkt og det forventes mer funn fra dette området i fremtiden.



Figur 2-5.
Ringshornet sett mot sørvest. Foto: Morten Ramstad.

2.1.5 Krynkelen

Fonna nedenfor fjelltoppen Krynkelen (1494 moh.) ligger i Fjord kommune i Møre og Romsdal (figur 2-6). Etter funn i 2015 ble det utført en større innsats med undersøkelser og dokumentasjon av UiB i august 2016. Krynkelen er en lokalitet hvor det har vært jakt og fangst på flere fonner. Utenom selve fonna ble buestillinger og et ledegjerde også dokumentert på stedet. Det ble funnet både piler og rester etter skremmepinner på denne lokaliteten. Funnene viser at jakt og fangst har pågått her gjennom hele steinbrukende tid (Ramstad og Hole 2017).



Figur 2-6.
Krynkelen i Fjord kommune sett mot vest. Foto: Morten Ramstad (Ramstad og Hole 2017, fig. 1).

2.1.6 Rambertinden/Rambera

Lokaliteten Rambertinden/Rambera (ca. 1500 moh.) ligger i Vik kommune i Vestland fylke (figur 2-7). Funnene fra Rambera består av en større ansamling av kløyvde stokker av ulik størrelse (figur 2-8). Funnet er tolket som et deponi eller lager av materialer til andre strukturer. Det er foreslått ulike mulige funksjoner til disse strukturer, men mest sannsynlig dreier det seg om en form for ledegjerde eller fangstanlegg for reinsdyr. Funnstedet ligger på en hylle i tilknytning til en større isbre. Funn er blitt observert på funnstedet ved ulike anledninger siden 1930-tallet. Lokaliteten er ikke avgrenset og det kan forventes mer funn her i fremtiden. Lokaliteten er sporadisk besøkt og er godt dokumentert (Åstveit 2015).



Figur 2-7.

Rambera den 5. september. 2010. Funnstedet for de kløyvde stokkene ligger ved et av de mindre snøpartiene øverst til venstre. Foto: Leif Inge Åstveit.



Figur 2-8.

Funn fra Rambertinden. Halvkløyvd stokk dokumentert i 2010. Fremdeles kan en se klare huggmerker i trevirket.

Foto: Leif Inge Åstveit.

2.1.7 Storbreen

Storbreen (skrives offisielt som Storbreen på dagens kart) er en isfonn i Oppdal kommune, Trøndelag (figur 2-9). Storbreen er den høyestliggende fonna i denne regionen. I BreAtlas2012 ble Storbreen angitt som BreID 1723 og fonna nord for denne som 1718. Disse delene henger sammen på somre med lite smelting (figur 2-10). De første funnene fra snøfonner i Norge ble gjort her i 1914 med oppdagelsen av en jaktpil fra vikingtid (Farbregd 1972). Det har ved denne lokaliteten vært funn av mange piler fra ulike perioder fra steinalderen frem til i dag. Dette var først rapportert på 1930-tallet. Fonna er godt dokumentert og hyppig besøkt, blant annet med mikrofly i 2014 som en del av et prøveprosjekt av Oddmund Farbregd. Vi har også historiske bilder av fonna (figur 2-11). Storbreen har dessuten vært en del av SPARC-prosjektet.



Figur 2-9.
Storbreen (breID 1723) midt i bildet med synlig is den 13. september 2013. Foto: Linda Kristiansen Jarrett.



Figur 2-10.
Sommeren 2015 var det lite smelting på breene i Sør-Norge pga. en kald forsommer. Storbreen, 1723 (til venstre) og fonn 1718 (til høyre) var snødekt og henger fortsatt sammen på fotodatoen den 30. august 2015. Foto: Martin Callanan.



Figur 2-11.

Det ble oppdaget funn ved Storbreen allerede på 1930-tallet. Dette bildet viser lokaliteten tidlig på 1900-tallet, dato er ikke kjent. Takk til Ingolf Røtvei, Oppdal for bildet. Foto: ukjent.

2.1.8 Kringsollfonna

Kringsollfonna er en isfonn i Oppdal kommune, Trøndelag (figur 2-12). Den var ikke kartlagt i BreAtlas2012. Kringsollfonna er en av de lavestliggende produktive fonner i Midt-Norge. Fonna er en av de eldre lokalitetene med funn fra midten av 1930-tallet og fremover. Gjennom årene har denne fonna produsert mange velbevarte funn fra Neolittisk tid frem til i dag. Fonna er hyppig besøkt og godt dokumentert, og var ett av hovedobjektene for blant annet SPARC-prosjektets tverrfaglige undersøkelser (Jarrett 2019). Kringsollfonna er ellers kjennetegnet av et kraftig, svart møkklag som kommer frem fra tid til annen ved sterk smelting (figur 2-13). Det er fremdeles ukjent nøyaktig hva dette laget består av, men det inneholder gjørme, sand og plantematerialer samt avføring fra reinsdyr. Laget dekker den nedre delen av fonna på sensommeren og utover.



Figur 2-12.
Kringsollfonna den 15. august 2018. Dronefoto: Martin Callanan.



Figur 2-13.
Mørke lag er kommet frem på en sterk nedsmeltet Kringsollfonna i Oppdal den 15. september 2014.
Foto: Martin Callanan.

2.1.9 Juvfonne

Juvfonne (BreID 2597) er en fonn i sentrale Jotunheimen i Lom kommune, Innlandet, og den høyestliggende av fonnene (figur 2-14). Den er også den lettest tilgjengelige av fonnene, bare 10 minutters gange på tilrettelagt gitterrister fra

Galdhøpiggevegen/Juvasshytta (figur 2-15). En rekke arkeologiske funn er gjort ved fonna (Nesje mfl. 2012). Det er også hugget to istunneller i Juvfonne og dateringer av isen viser at den er ca. 7600 år gammel (Ødegård mfl. 2017). Dette er den hittil eldste isen som er datert i Norge. Det gjøres en rekke studier i og rundt Juvfonne som en del av [Klimapark 2469](#). Siden 2010 har NVE gjort årlige målinger av frontposisjon, utbredelse og massebalanse på fonna. Undersøkelsene rapporteres i en årlig rapport 'Glaciological investigations in Norway' (Kjøllmoen mfl. 2020). Juvfonne er laserskannet to ganger, i 2011 og 2019. Fonna er også fotografert flere ganger med drone (Andreassen og De Marco 2018).



Figur 2-14.
Juvfonne den 2. august 2011. Dette året var det svært stor avsmelting på fonna.
Foto: Liss M. Andreassen.



Figur 2-15.
Juvfonne er nok Norges mest tilgjengelige fonn med tilrettelagt sti av gitterrister fra Juvasshytta til tunnelåpningen og fonnkanten.

Foto: Kjetil Melvold.

2.1.10 Lendbreen

Lendbreen (breID 2541) er en fonn som ligger både i Skjåk og Lom kommune, Innlandet (figur 2-16). Denne ismassen hadde en størrelse på 0,4 km² i 2003 og er nordøstlig eksponert (BreAtlas2012). På og rundt Lendbreen er det gjort en rekke funn det siste tiåret, bl.a. av Norges eldste klesplagg, en 1700 år gammel kjortel. Det er også påvist en rekke spor fra ferdsel som viser en ferdselsvei over fjellpasset hvor Lendbreen ligger (Pilø mfl. 2020).



Figur 2-16.
Lendbreen fotografert fra helikopter 16. september 2014. Foto: Lars Pilø.

3 Data og metode

3.1 Satellittbilder og ortofoto

Sentinel-satellittene er en gruppe av ulike satellitter som er en del av EUs Copernicus-program. I denne rapporten bruker vi bilder fra Sentinel-2A og -2B som er optiske satellitter som tar bilder i det synlige og infrarøde spekteret (figur 4-19). Sentinel-2A ble skutt opp i juni 2015 og Sentinel-2B ble skutt opp i mars 2017. Bildene har 10 og 20 m pikselstørrelse på de båndene som vi bruker i denne rapporten (Tabell 3-1).

Tabell 3-1.

Oversikt over Sentinel-2 bånd brukt til snø- og brekartlegging referert til i denne rapporten. Oppløsning er det samme som størrelsen på pikslene. Kilde: ESA.

Nr	Bånd	Bølgelengde (μm)	Oppl. (m)
2	Blue	0.46–0.52	10
3	Green	0.54–0.58	10
4	Red	0.65–0.68	10
8	NIR	0.78–0.90	10
11	SWIR	1.57–1.66	20



Figur 3-1.

Sentinel-2 satellitten. Illustrasjon fra ESA. <https://eos.com/sentinel-2>

Hver satellitt har en temporal oppløsning (tiden det tar før satellitten er over samme lokalitet igjen) på 10 dager ved ekvator og mindre jo lenger nord en kommer pga. overlapp. Bildehyppigheten økte når både 2a og 2B var operative fra 2017. På lokalitetene i Sør-Norge kan det forventes bilder ca. hver 3.-5. dag og i Nordland bilder ca. hver 2.-3. dag. Landsat er en serie av amerikanske jordobservasjonssatellitter, den foreløpig siste er Landsat 8 som ble skutt opp i 2013. Til BreAtlas2012 ble det brukt bilder fra Landsat 5 og 7 (ETM+). Bildeoppløsningen var da 30 m og temporal oppløsning var 16 dager.

For de 10 lokalitetene ble det gjort en gjennomgang av tilgjengelige satellittbilder for årene 2006-2019. Det ble sett på perioden fra 1. mai til 31. oktober. For Sentinel-2 ble årene fra 2015 til 2019 brukt. For Landsat ble årene 2006-2014 brukt, samt 2019 for å ha et år med overlapp av Landsat og Sentinel-2 satellittbilder. I tillegg ble det undersøkt hva som var tilgjengelig av ortofoto fra norgeibilder.no for de 10 lokalitetene. Her hadde vi ingen datobegrensning.

Bildene ble nedlastet og skjermbilder ble tatt av alle skyfrie eller delvis skydekkede bilder for å få en enkel oversikt over det tilgjengelige bildematerialet. For alle bildene ble synlighet av is på fonna visuelt vurdert.

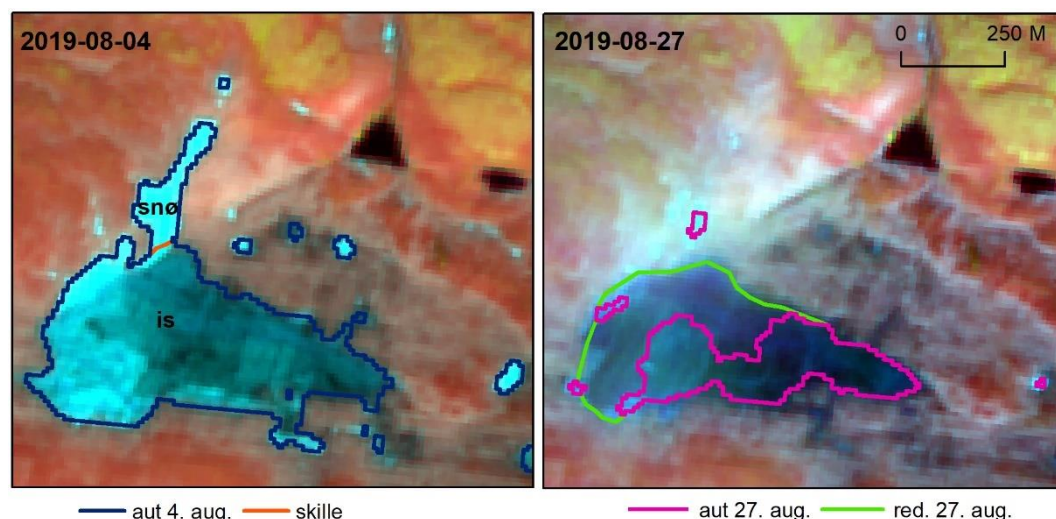
For Juvfonne var mer data tilgjengelig, slik som ortofoto fra 2011 og 2019, samt dronefoto fra 2015, 2016, 2017 og 2019 (Andreassen og De Marco 2018, Kjølmoen mfl. 2016, 2020).

3.2 Kartlegging av fonner fra satellitt

Kartleggingen som ble gjort med bilder fra Landsat for perioden 1999-2006 (BreAtlas2012) er beskrevet i (Andreassen mfl. 2012). Winsvold mfl. (2014) analyserte utbredelse fra tidligere Landsat-bilder og førsteutgaver av N50-kart. Her ble kun breer og fonner kartlagt i BreAtlas2012 undersøkt.

De utvalgte fonnene i Nord-Norge har blitt kartlagt fra Sentinel-bilder fra 2018 og fonnene i Sør-Norge fra Sentinel-bilder fra 2019 vha. en semi-automatisk kartleggingsmetode. Denne metoden er i prinsipp den samme som ble brukt i BreAtlas2012. Her brukte vi Sentinels røde bånd (bånd 4) og delte det på det nærinfrarøde båndet (bånd 11) og benyttet en terskel i det blå båndet (bånd 2) for å forbedre kartlegging i skygge (tabell 3-1). Terskelen ble valgt ut så den passet best for hver enkelt satellittscene med mål å kartlegge alle breer i Norge. Den ble ikke optimalisert for å passe fonnene som er studert i denne rapporten. Etter den automatiske kartleggingen ble resultatet kvalitetssjekket, og manuell redigering ble foretatt der det var nødvendig.

For tre av de 10 utvalgte fonnene måtte det foretas redigering av breomkretsen. Mealhkoevaartoe (BreID 1391) har en proglasial sjø i deler av kanten så her måtte sjøkanten trekkes manuelt. Lendbreen ble også delvis manuelt redigert fordi bildet fra 27. august 2019 hadde tynne skyer over slik at ikke all isen ble automatisk kartlagt (figur 3-2). Her ble bildet fra både 4. august og 27. august brukt til arealestimatet. For Krynkelen var det så lite is og snø igjen at ingen ismasse ble automatisk kartlagt. Her ble det gjort en manuell digitalisering for å kunne beregne areal av det vesle som var igjen av snø og is. De øvrige fonnene ble automatisk kartlagt.



Figur 3-2.

For Lendbreen viste en gjennomgang av satellittbildet fra 27. august at for lite is var tatt med i den automatiske kartleggingen pga. tynne skyer. Bakgrunnsbildet til venstre viser Sentinel fra 4. august og til høyre fra 27. august. Tilhørende linjer viser automatisk kartlagt hhv. 4. august (blå linje) og 27. august (rosa linje). Grønn linje viser redigert omkrets for scenen fra 27. august. I breatlaet for 2019 ble bildet fra 4. august brukt, men da ble det laget et skille for å dele polygonene inn i bre og snø. Ved bruk av bilde fra 4. august blir mer snø tatt med. Bildet fra 27. august er litt vanskelig å redigere pga. tynne skyer. Det kan være vanskelig å vite hvor grensen skal gå ved manuell digitalisering og her kunne mer is vært tatt med.

3.3 Estimering av snø- og issmelting ved fonnene

3.3.1 Data fra seNorge

For å estimere akkumulert is- og snøsmelting ved de 10 utvalgte fonnene er det brukt data for lufttemperatur, nedbør og simulerte snøforhold fra daglige «seNorge» kart (www.senorge.no). Romlig oppløsning i seNorge griddata er $1 \times 1 \text{ km}^2$, og tidsseriene av daglige nedbør-, temperatur- og snøkart går fra 1957 til nå, og enda noen dager fremover til slutten av kommende værprognoseperiode (9 dager frem i tid). Mer spesifikt er det den nyeste tilgjengelige versjonen «seNorge_2018» (Lussana mfl. 2019) som er blitt benyttet her. I denne versjonen er nedbørkart interpolert ved å kombinere alle tilgjengelige nedbørsobservasjoner i Meteorologisk Institutt sin database med simulert nedbørklimatologi fra en værmodell. Denne kombinasjonsmetoden i 2018-versjonen gir en mer detaljert og realistisk romlig nedbørfordeling enn nåværende versjon v2.0 av seNorge nedbørkart, som fortsatt brukes blant annet på web-portalen www.senorge.no.

Snøforhold i seNorge griddata er simulert av en snømodell (Saloranta 2016) som beregner akkumulasjon og smelting av snøen. Snømagasinet i modellen justeres i hver gridcelle én gang i året, den 1. september; da flyttes inntil 2 år gammel «oversomret» snø fra modellens snømagasin til breis-magasinet. I dette studiet brukes versjonen av snømodellen som er kjørt med «seNorge_2018» døgnmiddeltemperatur- og døgnnedbørkart som inngangsdata.

Evalueringen av seNorge_2018 nedbørkart mot observert vannføring har gitt generelt godt samsvar, mens evalueringen av simulerte snømengder mot satellittbilder av snødekningsgrad har vist en tendens til noe overestimering av snømengder, spesielt i Sør-Norge, når versjonen seNorge_2018 er brukt som inngangsdata.

3.3.2 Analyse av snø- og issmelting

Siden alle de 10 utvalgte snøfonnene er mindre enn 1 km^2 i størrelse, kan det være at seNorge griddata med oppløsning på $1 \times 1 \text{ km}^2$ ikke alltid er representativt for lokale forhold ved fonnene. For eksempel, høyden over havet angitt for $1 \times 1 \text{ km}^2$ seNorge-gridcellen kan være ulik høyden på snøfonnen innenfor denne gridcellen, som igjen kan bety at lufttemperaturen fra gridcellen ikke er helt representativt for snøfonnen. Også lokale prosesser, som kan bidra til massebalanse av snøfonner, er ikke nødvendigvis representert i griddataen. Eksempler av slike prosesser er lokalt nedbørmikroklima («preferential deposition»), vindtransport av snøen og skyggeeffekter av fjellsider. Til tross for manglende representasjon av flere lokale detaljer vil seNorge-data fortsatt være nyttig til å kunne estimere daglige temperatur-, nedbør og snøforhold i området der fonnene ligger, spesielt når det som oftest vil være lang avstand til nærmeste meteorologiske målestasjon.

For å løse ovennevnte utfordring med høydeforskjeller, og for å gi et representativt datagrunnlag for en snøfonn med en gitt høyde over havet, er det valgt å bruke data fra mange gridceller rundt fonnen. Først plukkes griddata fra alle gridceller innenfor en radius på 10 km rundt fonnen. Deretter beregnes det for hver dag gjennomsnitt av lufttemperatur og snøens vannekvivalent for hver 100 meters høydeintervall innenfor

disse sirkler, og verdier fra det høydeintervallet som tilsvarer gjennomsnittshøyden på fonnen brukes videre i analysen. Disse gjennomsnittsverdiene for lufttemperatur og snøens vannekvivalent vil da være basert på 6–43 gridceller, avhengig av terrenget rundt fonnen.

Det er brukt en enkel graddagsmodell for å estimere akkumulert is- og snøsmelting ved de 10 utvalgte fonnene. Is- og snøsmelting beregnes vha. døgngjennomsnittet av lufttemperaturen og en antatt graddagsfaktor på 4 mm smelting (vannekvivalent) per plussgrad per døgn. I en slik forenklet smeltemodell tas det ikke hensyn til parametre som vindstyrke, luftfuktighet og skydekke, som også kan påvirke smelteratene. Ofte er det likevel en god korrelasjon mellom snø- og issmelting og lufttemperaturen, og den enkle graddagsmodellen er derfor hyppig brukt i hydrologiske modeller.

Is- og snøsmelting beregnes for to alternative perioder:

- (i) kun issmelting i den snøfrie perioden (som simulert av seNorge snømodellen);
- (ii) både snø- og issmelting i en fast definert fire-måneders periode fra begynnelsen av mai til slutten av august.

3.4 Produktive fonner

Begrepet ‘produktive fonner’ refererer til snøfonner eller områder med snø og is hvor arkeologiske artefakter eller økofakter er blitt funnet (figur 3-3). Listen dekker hele spekteret av høyfjellslokaliteter fra store og robuste strukturer som produserer funn regelmessig over mange år, til små flekker av snø og is som tilfeldigvis har bevart et eller annet forhistorisk funn. Listen over produktive fonner er samlet sammen fra ulike kilder som Universitetsmuséenes database *MUSIT*, faglitteraturen, rapporter og Riksantikvarens offisielle database *Askeladden*.

Fra listen ble det laget et GIS-lag og posisjonen ble sjekket mot det digitale breatlaset, både forrige kartlegging (Andreassen mfl. 2012) og nyeste kartlegging (NVE upublisert/under arbeid). BreID fra BreAtlas2012 ble lagt til der posisjonen var innenfor eller nær breen. I noen tilfeller med mange breenheter var det vanskelig å vite hvilken bre, fonn eller snøfleck som funnet tilhørte. Utbredelsen av fonner og breer har jo også variert gjennom tid. Posisjonen til en del av fonnene er usikker, eller fonnen kan være smeltet bort eller delt seg i flere deler. I usikre tilfeller lot vi bare posisjonen være som den var, men listen bør gjennomgås mer sammen med arkeologene/brukergruppen. Det er sikkert også flere lokaliteter som kan tas med på listen.



Figur 3-3.
Produktive fonner er fonner, breer eller områder med snø og is hvor arkeologiske artefakter eller økofakter er blitt funnet. Bildet viser funn av håndteine/rokkehode ved Lendbreen.
Foto: Espen Finstad, Secrets of the ice.

3.5 År med mange funn

Arkeologiske funn fra snøfonner kommer frem når isen og snøen smelter tilbake. Funn blir oppdaget både ved tilfeldighet av turgåere og jegere i fjellet, men også gjennom systematiske og målrettede registreringer og søk. Ved kraftig nedsmelting øker antall funn som kommer frem og som blir oppdaget.

Analyser har vist at på 1900-tallet, var fenomenet med 'smelte-år' nokså sporadisk med flere registrerte smelteepisoder på 30-tallet og på 80-tallet. Siden starten av 2000-tallet, har det vært en rekke år med kraftig smelting på fonner og breer, det vises bl.a. av massebalansedataene for norske breer (Andreassen mfl. 2020). I Sør-Norge har man registrert kraftig smelting med flere innkomne funn i årene 2003, 2004, 2006, 2010, 2011, 2014, 2016, 2018 og 2019 (Nesje mfl. 2012, Pilø mfl. 2020). Det vil variere mellom de ulike fonnene hvilke år som har flest funn. Det vil også ha en viss sammenheng med ressurser som brukes i felt på de ulike lokalitetene.



Figur 3-4.
Oppdagelse av en 1800 år gammel jaktpil på Storbreen i Oppdal den 1. september 2013.
Foto: Martin Callanan.

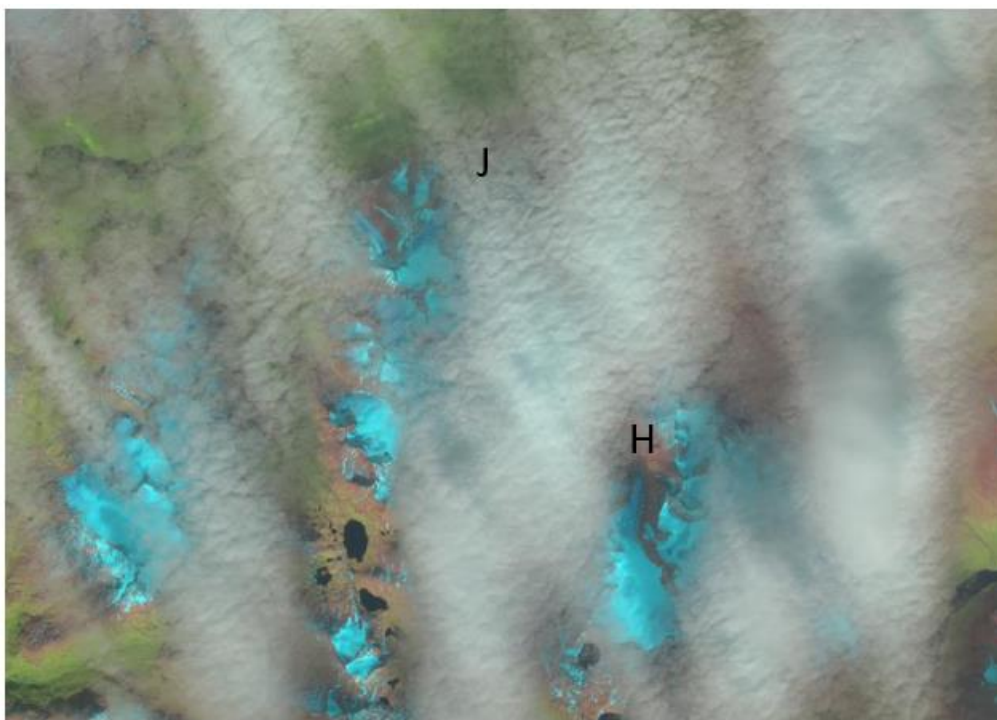


Figur 3-5.
En 3200 år gammel dekorert spiss av gevir funnet sammen med et helskaft den 19. september 2014 ved Raudbekkjekollen i Sunndal, Møre og Romsdal. Foto: Tord Bretten.

4 Resultater

4.1 Tilgjengelighet av bilder

En begrensning med optiske sensorer som Landsat og Sentinel er at de ikke «ser» gjennom skyer. Noen bilder blir helt ubrukelig pga. tett skydekke, mens andre bilder kan brukes til informasjon om snø- og isforhold i området selv om ønsket objekt er dekket av skyer (figur 4-1).



Figur 4-1.

Skyer er en utfordring i et land med fuktig klima, som i Norge. På dette Sentinel-2 bildet fra 17. september 2020 er det delvis skydekning. Juvfonne (J) er dekket i skyene, mens andre deler kan skimtes som Hellstugubreen (nedenfor H). Bildet var derfor nyttig for å si noe om snø- og isforholdene på fonner og breer. Bilde er hentet fra xgeo.no. /Copernicus 2020/

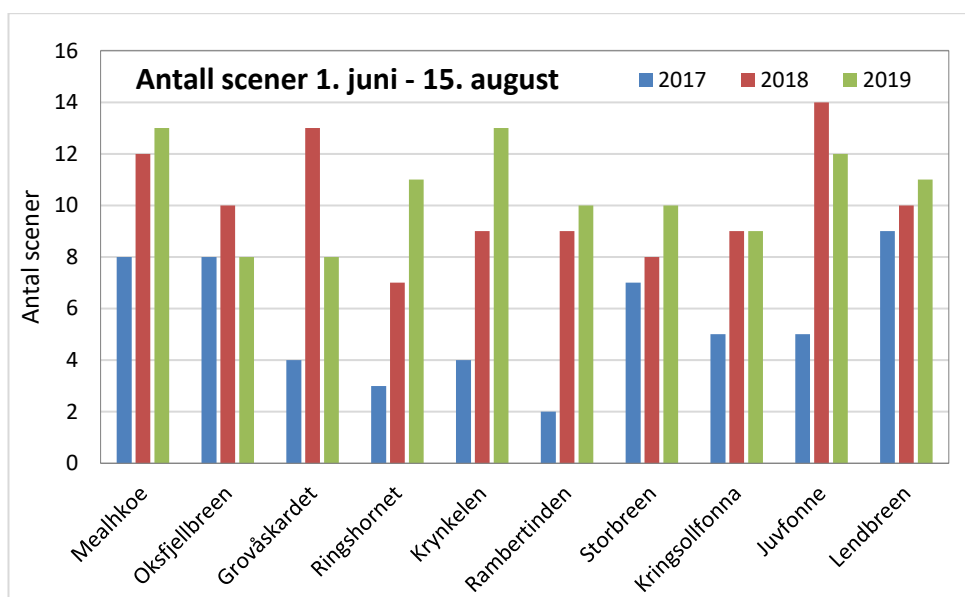
En oversikt over hvor mange Sentinel-2 bilder med brukbare skyforhold en kan forvente per lokalitet i perioden 1. mai til 30. oktober viser at bilder er tilgjengelig minst 1 gang hver sesong for alle fonnene (Tabell 4-1). Naturlig nok er det færre bilder i sesongene 2015 og 2016 med kun én satellitt i drift (Sentinel-2A). Sesongene 2017-2019 viser hva en kan forvente for hver fonn, men det vil være naturlige variasjoner fra fonn til fonn avhengig av skyforhold på de aktuelle opptaksdagene. Sentinel-2 tilbyr ca. 3 ganger flere bilder på de fleste fonnene enn Landsat 8 for sammenligningsåret 2019.

Ser vi på en litt kortere sesong, fra 1. juni til 15. august, for årene 2017-2019 med både Sentinel-2a og -2B ser vi at bildematerialet varierer fra fonn til fonn og fra år til år (figur 4-2). Det er generelt flere bilder i 2018 og 2019 enn i 2017.

Tabell 4-1.

Oversikt over antall tilgjengelige Sentinel-2 (S2) bilder med brukbare skyforhold for de 10 lokalitetene for sesongene 2015-2019 i perioden 1. mai – 30. oktober. Antall bilder fra Landsat-8 (L8) i 2019 er vist som sammenligning.

Nr	Navn	S2 Tile	S2 2015	S2 2016	S2 2017	S2 2018	S2 2019	L8 2019
1	Mealhkoe	WVP	5	16	24	23	25	7
2	Oksfjellbreen	WVP	3	13	24	20	22	4
3	Grovåskardet	VMQ	6	15	18	24	21	7
4	Ringshornet	VMQ	3	8	15	17	21	7
5	Krynkelen	VMQ	3	9	16	20	26	7
6	Rambertinden	VLN	3	8	9	20	17	6
7	Storbreen	VNQ	2	10	15	17	18	6
8	Kringsollfonna	VNQ	1	8	13	18	17	9
9	Juvfonne	VMP	2	13	13	25	20	6
10	Lendbreen	VMP	4	9	19	21	21	4

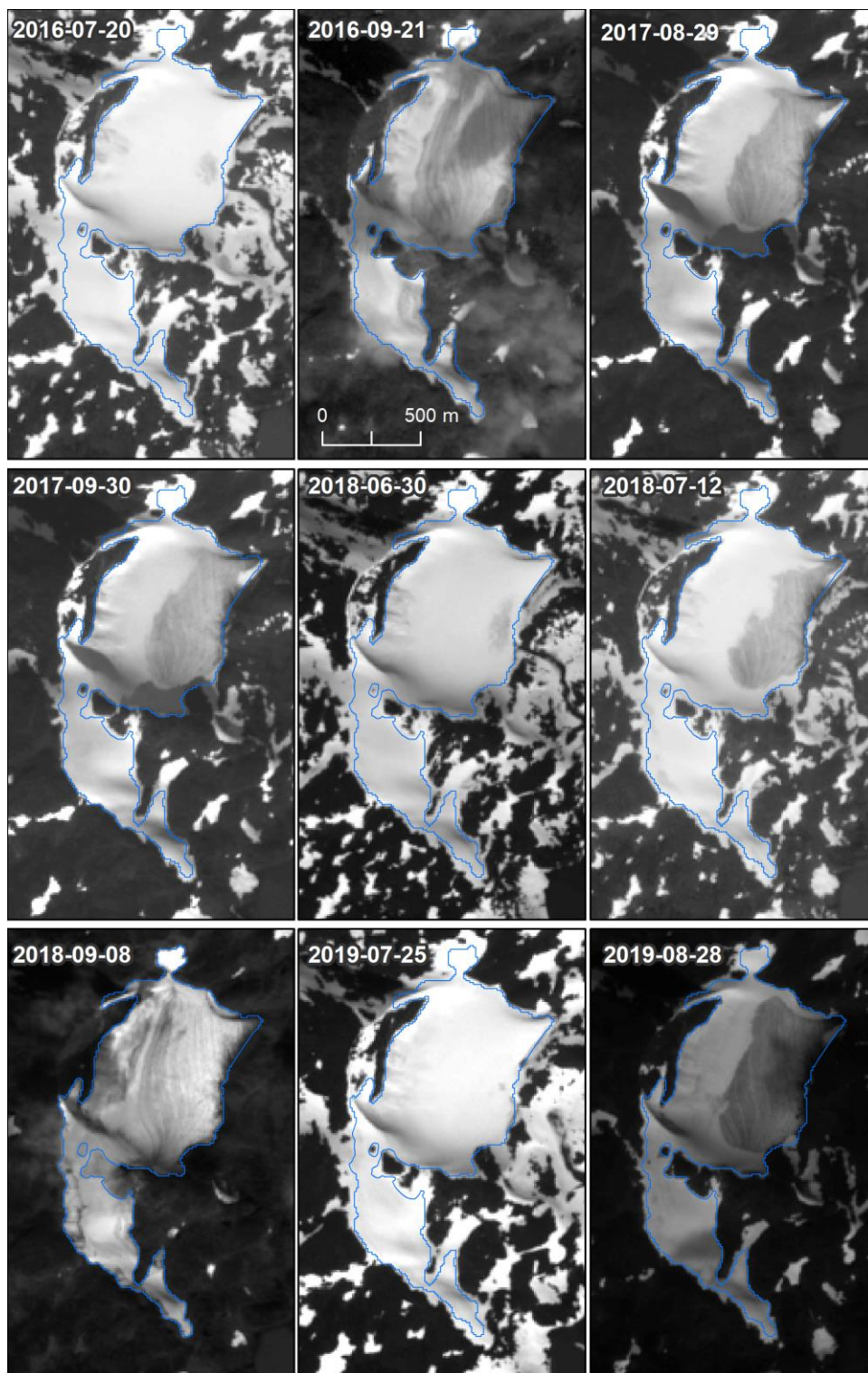


Figur 4-2.

Oversikt over antall tilgjengelige Sentinel-2 (S2) bilder med brukbare skyforhold for de 10 lokalitetene for sesongene 2017-2019 i perioden 1. juni – 15. august.

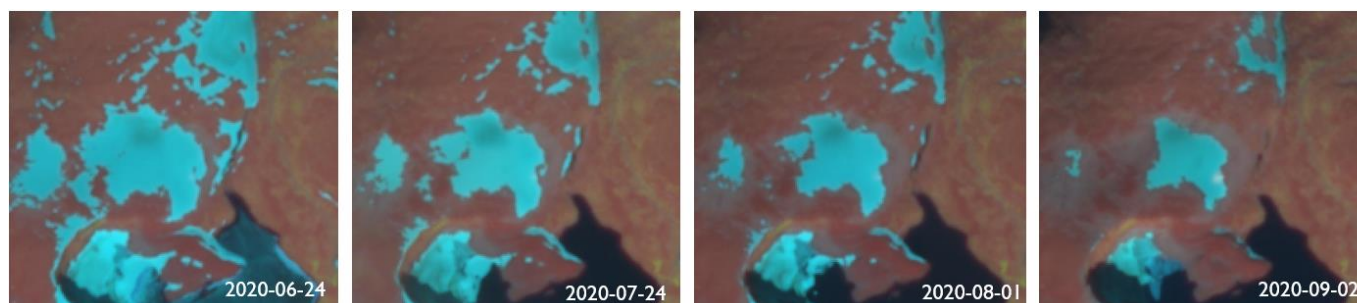
4.2 Tilstand fonner

Gjennomgang av satellittbildene for de 10 lokalitetene viser at det er mer krevende å identifisere is i Landsat-bilder enn Sentinel-2 pga. den grovere romlige oppløsningen (30m vs 10m). Gjennomgang av Sentinel-2 satellittbildene fra 2015-2019 viser at man kan skille is og snø på de større fonnene, men dette er mer krevende på de minste i utvalget. Sentinel-2 bildene kan brukes for å effektivt skille mellom snø og is som på Mealhkoevaartoe (figur 4-3), men det kan likevel være utfordrende på de minste fonnene og i områder med skygge. I noen år kommer det ikke fram is på fonnene før sent i sesongen.



Figur 4-3. Sentinel-2 bilder over Mealhkoevaartoe som viser første synlige is eksponert og maksimal isutbredelse i sesongene 2016-2019. Her vises Sentinel bånd 2 (blått) i gråtoner. Snø er hvitt, is grått og terrenget utenfor i mørke gråtoner.

Ingen av lokalitetene hadde synlig is i 2015, men her var det færre bilder og også mye gjenværende snø i Sør-Norge. For Krynkelen og Ringshornet kunne ikke is observeres på noen av bildene. For de to lokalitetene i Nordland og på Juvfonne kunne is observeres hvert år i 2016-2019. Sommeren 2020 var derimot Juvfonne helt snødekt fram til midten av september, og den lille isen som kom fram kan ikke ses på Sentinel-2 bildene pga. mye skyer og deretter nysnø (figurene 4-4 og 1-3).



Figur 4-4. Utvikling av snøsmeltingen rundt Juvfonne i sesongen 2020. Vi ser at snøen utenfor Juvfonne minker gjennom sesongen, men ingen is er synlig på disse bildene. Den 19. september 2020 var det noe synlig is på fonna, men vi mangler Sentinel-2 bilder som viser det. Alle bildene fra 2. september er skydekket inntil bildet fra 25. september (ikke vist her) som viser fonna dekket av nysnø. Bildene er hentet fra xgeo.no.

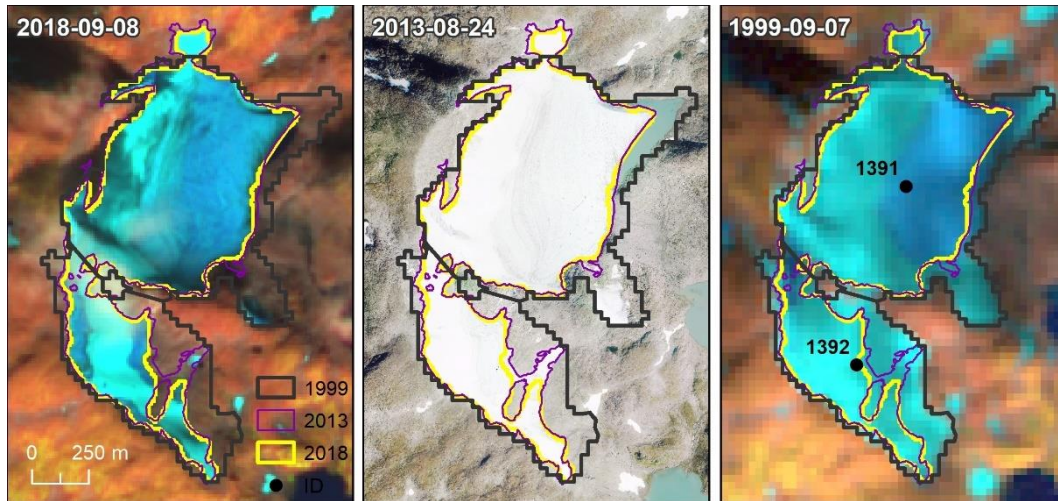
Tabell 4-2. Oversikt over Sentinel-2 sesongene 2015-2019 for de 10 utvalgte lokalitetene. For hvert år er det to kolonner. Første kolonne viser dato for sesongens første bilde der fonna er synlig, mens den andre kolonnen viser dato for bilde med maksimalt synlig is. x – synlig is ikke identifisert. Merk at det er færre bilder tilgjengelig i 2015-2016 (kun Sentinel-2A), sammenlignet med 2017-2019 (Sentinel-2A + Sentinel-2B).

Nr	Navn	2015 synlig	2015 maks	2016 synlig	2016 maks	2017 synlig	2017 maks	2018 synlig	2018 maks	2019 synlig	2019 maks
1	Mealhcoe	x	x	20. jul.	21. sep.	29. aug.	30. sep.	30. jun.	8. sep.	25. jul.	29. aug.
2	Oksfjellbreen	x	x	16. aug.	21. sep.	26. sep.	10. okt.	12. jul.	8. sep.	8. sep.	8. sep.
3	Grovåskardet	x	x	x	x	x	x	x	x	26. jul.	1. sep.
4	Ringshornet	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Krynkelen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	Rambertinden	x	x	x	x	x	x	x	x	26. jul.	27. aug.
7	Storbreen	x	x	19. aug.	18. sep.	x	x	3. jul.	7. aug.	2. aug.	1. sep.
8	Kringsollfonna	x	x	x	x	14. aug.	23. sep.	19. aug.	8. sep.	14. aug.	1. sep.
9	Juvfonne	x	x	23. jul.	18. sep.	7. aug.	27. aug.	30. jun.	4. aug.	5. jul.	27. aug.
10	Lendbreen	x	x	x	x	14. aug.	27. aug.	15. jul.	3. sep.	5. jul.	27. aug.

4.3 Endring av fonner

4.3.1 Fonner på Mealhkoevaartoe

De to små breene/fonnene på Mealhkoevaartoe ble kartlagt med Landsat 7. september 1999 som BreID 1391 og 1392 (figur 4-5) og med Sentinel den 8. september 2018. Samlet har de to fonnene minnet i areal fra 1,254 km² i 1999 til 0,858 km² i 2018.



Figur 4-5. Breomkrets av Mealhkoevaartoe i 1999 og 2018. Bakgrunnsbilder Sentinel-2 (2018-09-08), ortofoto (2013-08-24) og Landsat (1999-09-07). Legg merke til den proglasierte sjøen øverst til høyre, som er større på bildet i 2013 og mindre, men synlig som mørk blå (i 2018 (kartlagt av Nagy og Andreassen, 2019)).

Tabell 4-3.

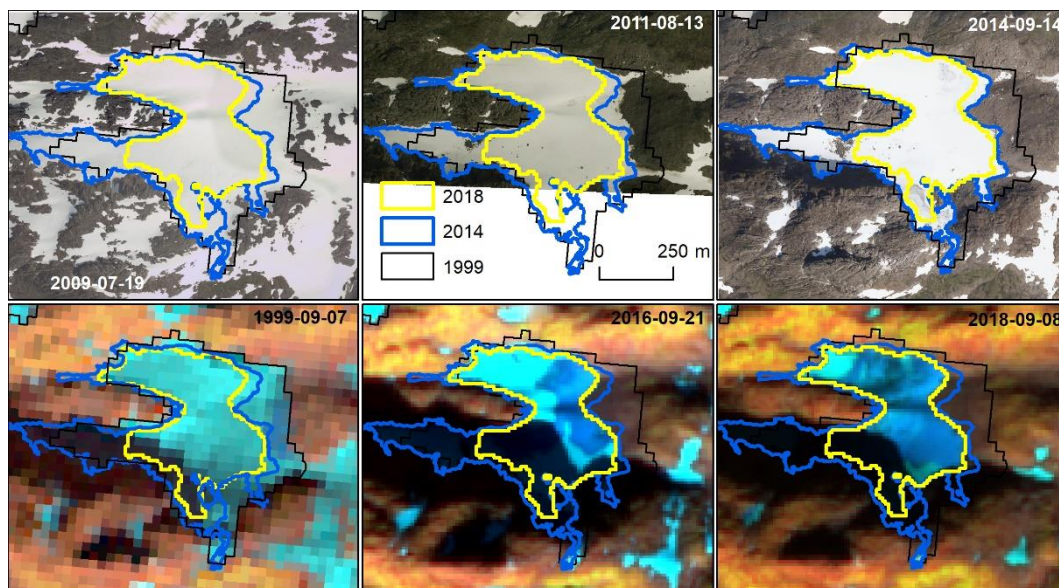
Samlet areal av de to fonnene 1391 og 1392 på Mealhkoevaartoe i 1999, 2013 og 2018. Se figur 4-5.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
1999	07.09.1999	1.254	Landsat
2013	24.08.2013	0.921	norgebilder
2018	08.09.2018	0.858	Sentinel-2

4.3.2 Fonner nedom Oksfjellbreen

Her finnes det tre ortofoto i Norgebilder.no. Bildet fra Nordland Sør den 14. september 2014 viser noe is. Bildet fra 13. august 2011 viser noe eksponert is, men de sydligste delene er ikke dekket i dette opptaket. Bildet fra 19. juli 2009 viser at hele fonna er dekket av snø. Ingen av bildene er veldig godt egnet til å finne isomkretsen eller breendringer, men bildet fra 2014 har minst snø og viser mest is. Breomkretsen ble digitalisert fra dette ortofotoet. Det var litt vanskelig å se forskjellen på nunatakker (brefrie områder) og steiner på overflaten, og det gir en viss usikkerhet i arealet. Nunatakker skal ikke være med i arealet, mens områder med morene på fonna eller breen skal være med. Fonna har etter bildene å dømme delt seg og minnet i areal fra 0.310 km² i 1999 til 0.154 km² i 2018. Den reelle minkingen av is og snø er litt mindre, da noe is ligger i skyggen vest for dagens fonn. Dette ble tatt med i kartleggingen i 1999, men ikke i 2018. Av bildene kan en også se at terrengskygge kan være en utfordring for denne

fonna. Legg merke til at det er noe mer skygge på Sentinel-bildet fra 21. september 2016 enn i bildet fra 8. september 2018.



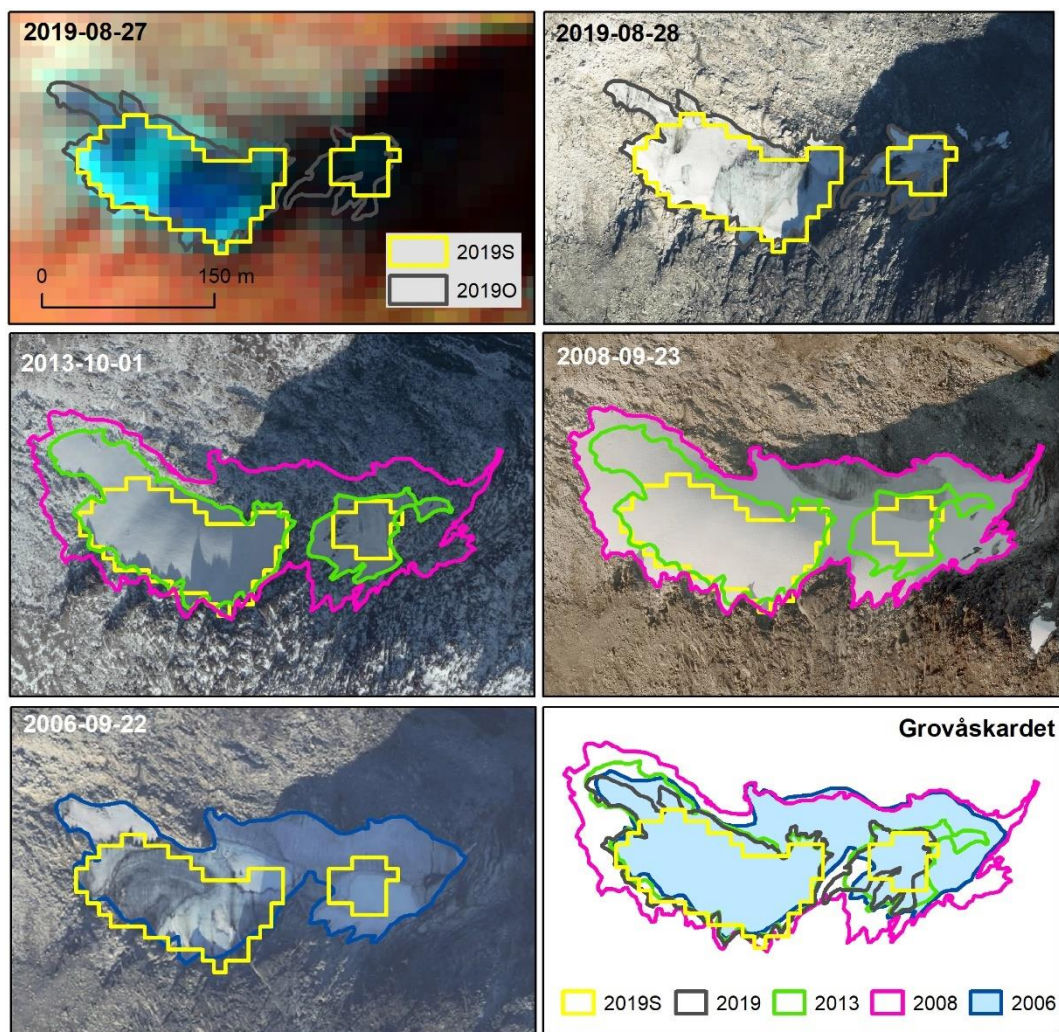
Figur 4-6. Endringer av fonn ved Oksfjellbreen (1455). Bakgrunnsbilder: Nederste rekke fra venstre, Landsat (1999-09-07), Sentinel 2 (2016-09-21 og 2018-09-08). Øverste rekke fra venstre, ortofoto fra norgebilder (2009-07-19, 2011-08-13 og 2014-09-14).

Tabell 4-4. Areal av fonn sør for Oksfjellbreen i 1999, 2014 og 2018. Se figur 4-6.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
1999	07.09.1999	0.310	Landsat
2014	14.09.2014	0.244	norgebilder
2018	08.09.2018	0.154	Sentinel-2

4.3.3 Grovåskardet

For Grovåskardet finnes det flere ortofoto som gir mulighet for å følge utviklingen siden 2006 (figur 4-7). Fonna var ikke med i BreAtlas2012, men Landsat-bildet fra 9. august 2003 viser noe ismasse (ikke vist i figur). I 2006 og 2008 er fonna én del, mens den er delt i to deler i 2013 og 2019. Arealet var 0,029 km² i 2006, økte til 0,040 i 2008 og minket igjen til 0,020 km² i 2013 (samlet areal av fonnas to deler). I 2019 var arealet av de to delene mellom 0,014 (Sentinel) og 0,018 km² (ortofoto) (Tabell 4-5). Sentinel-bildet som ble brukt i brekartleggingen viser at selv en så liten fonn blir automatisk kartlagt, og det er også synlig is i bildet (mørk blå farge i figur 4-7). For denne fonna ble det tatt et ortofoto dagen etter og det gir veldig god mulighet til å sammenligne et Sentinel-bilde med 10 m oppløsning og et ortofoto med 0,25 m oppløsning. Resultatet viser at man naturlig nok får mer detaljer med finere oppløsning, men også at den automatiske kartleggingen fungerer noenlunde godt, selv om den ikke er optimalisert for så små objekter. Nesten samtidige bilder som dette kan også være fint for å bli vant med å se på Sentinel-bilder og se hva man kan og ikke kan se fra disse bildene. Arealet i 2019 beregnet fra Sentinel av de to fonnene er 0,014 km² (0,002+0,012 km²), som er litt mindre enn arealet vi beregnet fra digitalisering av ortofoto på 0,018 km² (0,003+0,015 km²).



Figur 4-7.
Endringer av fonn ved Grovåskardet. Bakgrunnsbilder: Sentinel 2 (2019-08-27), ortofoto fra norgeibilder (2019-08-28, 2013-10-01, 2008-09-23 og 2006-09-22). Nederst til høyre en oversikt over de ulike omkretsene.

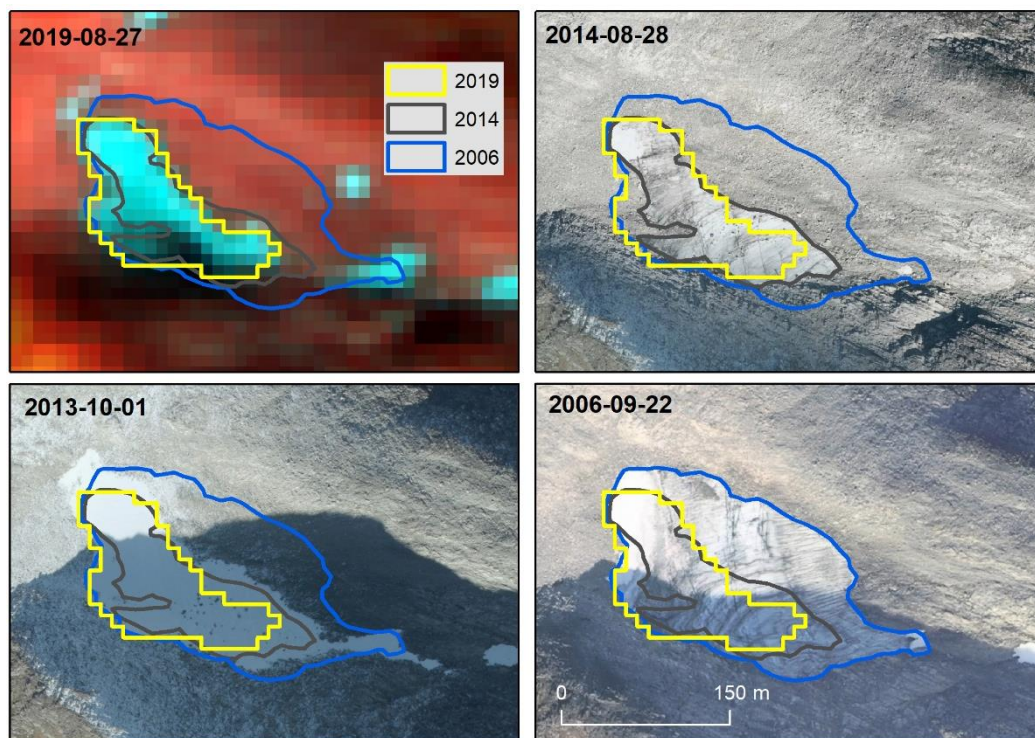
Tabell 4-5.

Areal av fonn ved Grovåskardet fra 2006 til 2019. *For arealene i 2013 og 2019 er arealet av de to delene lagt sammen. Se figur 4-7.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
2006	22.09.2006	0.029	norgeibilder
2008	23.09.2008	0.040	norgeibilder
2013	01.10.2013	0.020*	norgeibilder
2019	27.08.2019	0.014*	Sentinel-2
2019	28.08.2019	0.018*	norgeibilder

4.3.4 Ringshornet

Fonna ved Ringshornet var ikke med i forrige breatlas med BreID, men den ble kartlagt som «possible snow field» med et areal på 0,022 km² fra Landsat-bilde 16. september 2006. Ortofoto fra 22. september 2006 og 28. august 2014 har lite gjenværende snø og ble brukt til å digitalisere omkretsen (figur 4-8). Ortofoto fra 1. oktober 2013 har mer snø og ble kun brukt som illustrasjon (figur 4-8). Bildene viser at fonna har krympet fra et areal på 0,031 km² i 2006 (ortofoto) til 0.013 km² i 2019 (Sentinel). Arealet er omtrent det samme i 2014 og 2019, så størstedelen av minkingen har skjedd før 2013 (se figur 4-8). Resultatene viser også at selv en så liten fonn som denne ved Ringshornet er egnet for kartlegging med Sentinel-2.



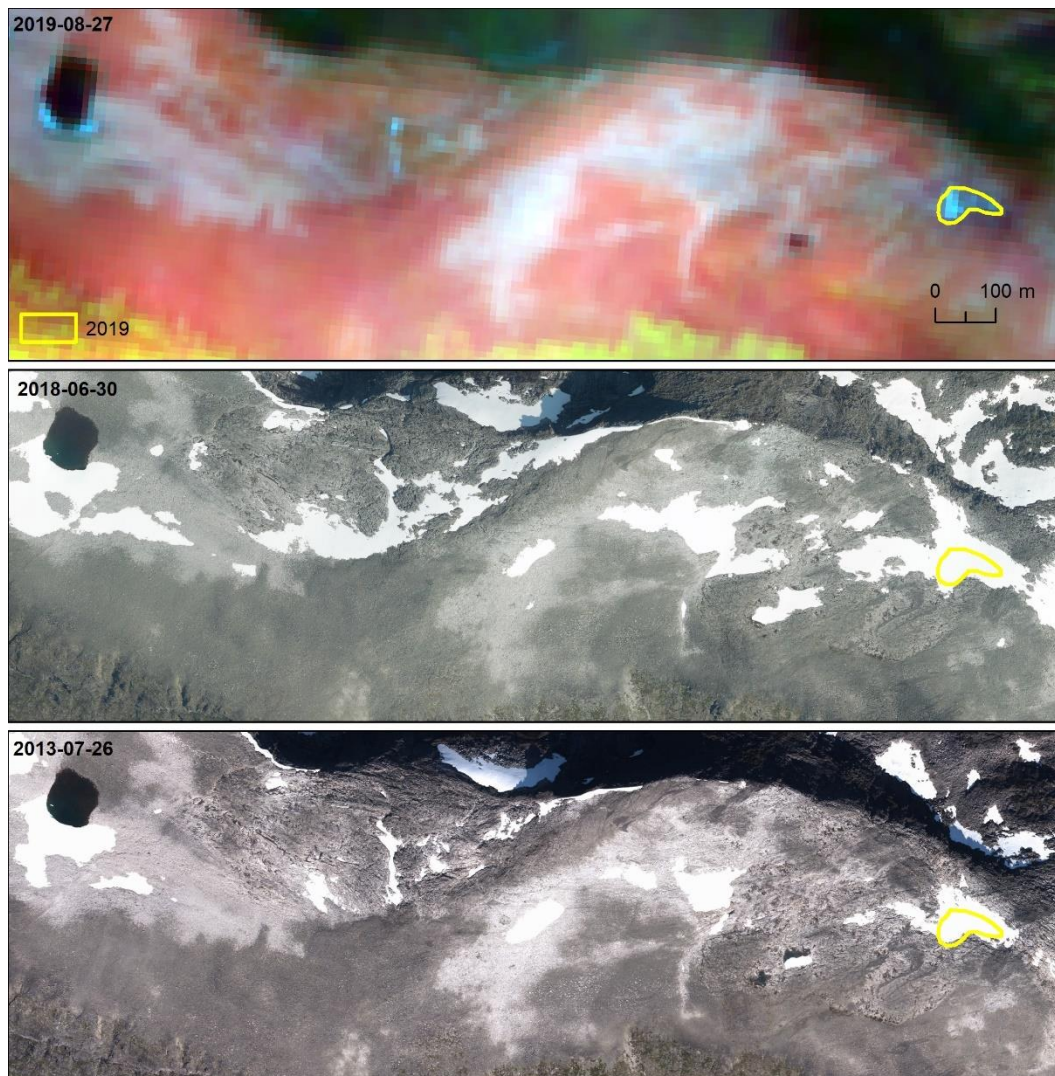
Figur 4-8.
Endringer av fonn ved Ringshornet. Bakgrunnsbilder: Sentinel 2 (2019-08-27), ortofoto fra norgeibilder (2014-08-28, 2013-10-01 og 2006-09-22).

Tabell 4-6.
Areal av fonn ved Grovåskardet fra 2006 til 2019. Se figur 4-8.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
2006	16.09.2006	0.022	Landsat
2006	22.09.2006	0.031	norgeibilder
2013	01.10.2013	0.012	norgeibilder
2019	27.08.2019	0.013	Sentinel-2

4.3.5 Krynkelen

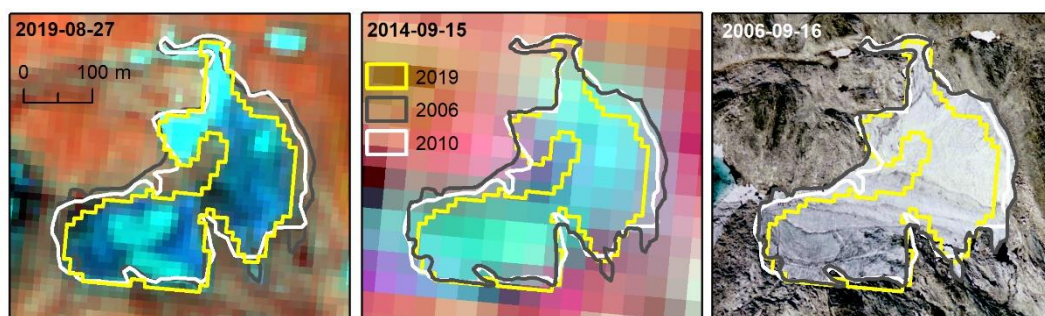
Ingen snø- eller isflate kartlagt i forrige atlas fra Landsat-bildet i 2006, heller ikke som snøfonn. På bildet kan det se ut som all snø og is er borte den 16. september 2006. Fra Sentinel-bildet 27. august 2019 er det ingen snø eller is som er blitt kartlagt, men en kan se litt snø nord for punktet og en kan se tegn på tidligere flerårig snøfonner (hvitere områder) (figur 4-9). Vi digitaliserte derfor manuelt den lille snøfonna som var synlig på bildet. Denne fonna hadde et areal på mindre enn 0,004 km², noe som er den minste av lokalitetene. Ortofoto i norgebilder.no er tilgjengelige fra 1976, 2007, 2013 og 2018. Det er nokså mye snø på bildet fra 17. august 1976 og helt snødekket den 27. september 2007 (ikke vist). På bildene fra 2. oktober 2013 og 20. juni 2018 er det snøfonner i området (figur 4-9). Bildet fra 2013 viser mer snø enn i 2018, men 2018-bildet er tatt nokså tidlig på sommeren. Ingen fonnomkrets er avmerket på topografiske kart. Landsat-bilder fra 16. september 2006, 4. september 2010 og 15. september 2014 tyder på at området var snøfritt på disse tidspunktene. Digitalisering av fonnomkrets er kun gjort fra Sentinel-bildet i 2019 og arealendringer er derfor ikke beregnet for denne lokaliteten.



Figur 4-9.
Sentinel-bilde fra 27-08-2019 og ortofoto fra 30-06-2018 og 02-10-2013 med fonnkant fra 2019.

4.3.6 Rambertinden/Rambera

Fonnene ved Rambertinden/Rambera består av flere deler, og vi har fokusert på den østlige delen hvor funnene av stokkene er gjort. Fonna ble ikke kartlagt i BreAtlas2012. Landsat-bildet som ble brukt i dette området er fra 2006 og viser is, men så små fonner som Rambera ble ikke tatt med i kartleggingen den gang. En sammenligning av Sentinel-bildet fra 2019 brukt i nytt atlas og et Landsat-bilde fra 2014 viser at 10 m oppløsning er mye bedre egnet enn 30 m til å kartlegge slike små fonner (figur 4-10). Ortofotoene som er tilgjengelige i norgebilder.no er fra 1971, 2006, 2010 og 2017. Med unntak av bildet fra 2006 er dessverre de andre bildene dekket av mye snø og ikke særlig brukbare for å dokumentere tilstand og isforhold ved fonna. Bildet fra 2006 viser flere detaljer og lagdelinger (figur 4-10). Bildene fra 2006 og 2010 ble brukt til å digitalisere omkrets. Arealet av fonna har minket fra 0,069 km² i 2006 til 0,052 km² i 2019 (tabell 4-7). Arealet er nesten det samme i 2006 og 2010, men 2010 var dekket av nysnø og det reelle isarealet kan være noe mindre i dette året.



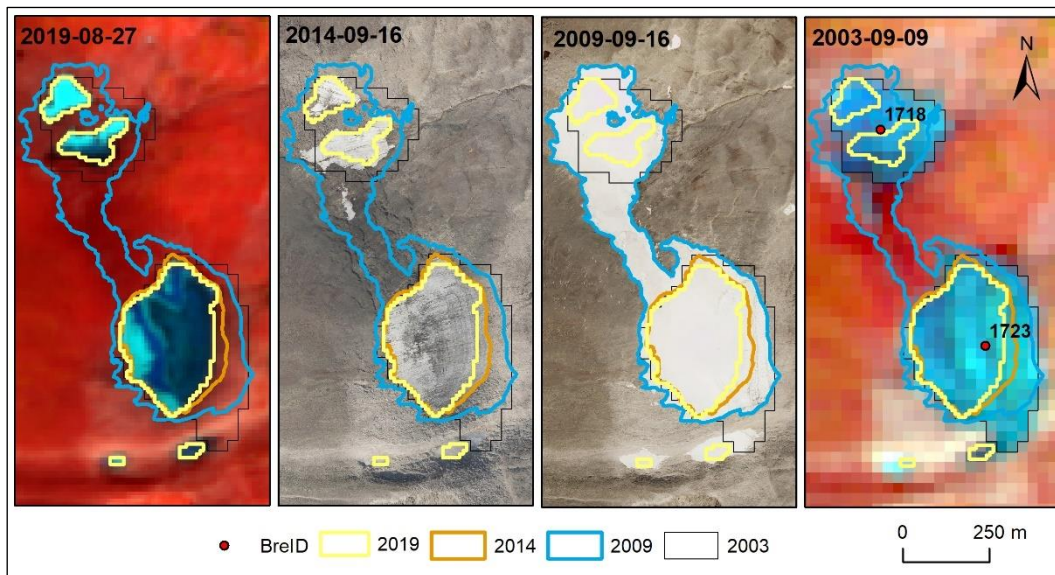
Figur 4-10. Østlig fonn ved Rambertinden med omkrets fra 2006, 2010 og 2019. Bakgrunnsbilder: Sentinel 2 (2019-08-27), Landsat (2014-09-15) og ortofoto fra norgebilder (2006-09-16).

Tabell 4-7. Areal av fonn Rambertinden i 2006, 2010 og 2019. Se figur 4-10.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
2006	16.09.2006	0.069	norgebilder
2010	29.09.2010	0.066	norgebilder
2019	27.08.2019	0.052	Sentinel-2

4.3.7 Storbreen

I norgebilder.no er det (per 6. okt. 2020) to ortofoto av Storbreen, fra 16. september 2014 (BNO14012-01-04) og 16. september 2009 (BNO090002). Breomkrets ble digitalisert fra begge ortofotoene, og den ble også avledet fra Sentinel-2 satellittbilde fra 27. august 2019 (figur 4-11) samt tidligere breomkretser fra Atlas2012. Ortofotoene viser at de to breene/fonnene 1723 (Storbreen) og 1718 hang sammen i 2009, noe som skyldtes snøforholdene dette året og ikke reell brevekst. Bildene viser også at fonn 1718 var delt i to deler i 2014 og i 2019.



Figur 4-11. Endringer av Storbreen (1723) og fonn nord for Storbreen (1718). Bakgrunnsbilder: Sentinel 2 (2019-08-27), ortofoto fra norgebilder (2014-09-16 og 2009-09-16) og Landsat (2003-08-09).

Tabell 4-8.

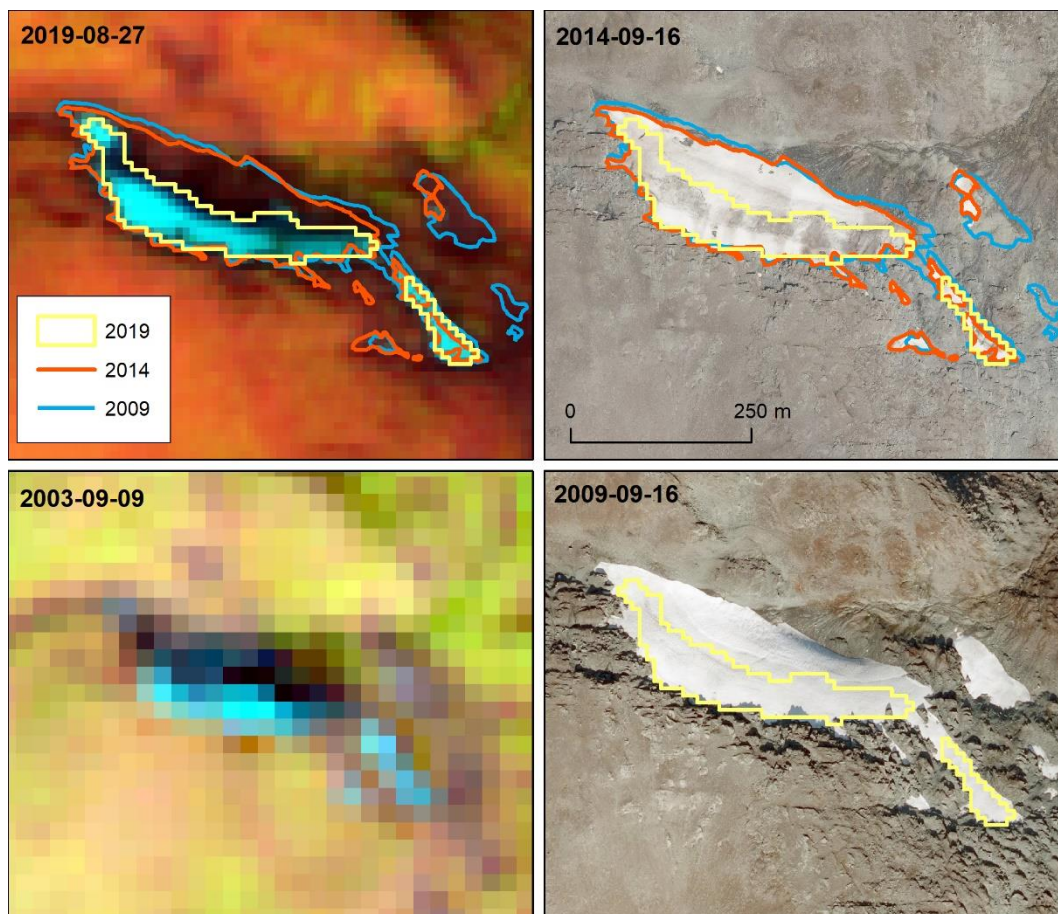
Areal av Storbreen 2003-2019. Se figur 4-11

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
2003	09.09.2003	0.154	norgebilder
2014	09.08.2014	0.097	norgebilder
2019	27.08.2019	0.085	Sentinel-2

4.3.8 Kringsollfonna

Kringsollfonna var ikke kartlagt i Breatlas 2012 og er heller ikke merket av på topografisk kart (toporaster) eller i N50-kartserien til Kartverket.

I norgebilder.no er det (per 6. okt 2020) to ortofoto av Kringsollfonna, fra 16. september 2014 (BNO14012-01-04) og 16. september 2009 (BNO090002). Breomkrets ble digitalisert fra begge ortofotoene, og den ble også avledet fra Sentinel-2 satellittbilde fra 27. august 2019 (figur 4-12). Kartleggingen viser at Kringsollfonna har minnet fra 0.057 km² i 2009 til 0.023 km² i 2019. Her har vi kun sett på endringer i den største enheten. Det kan være at de skitne delene (figur 2-13) ikke er kartlagt automatisk, litt vanskelig å se på bildene. Dette er en begrensning ved automatisk kartlegging, i så fall vil arealet være noe underestimert for 2019.



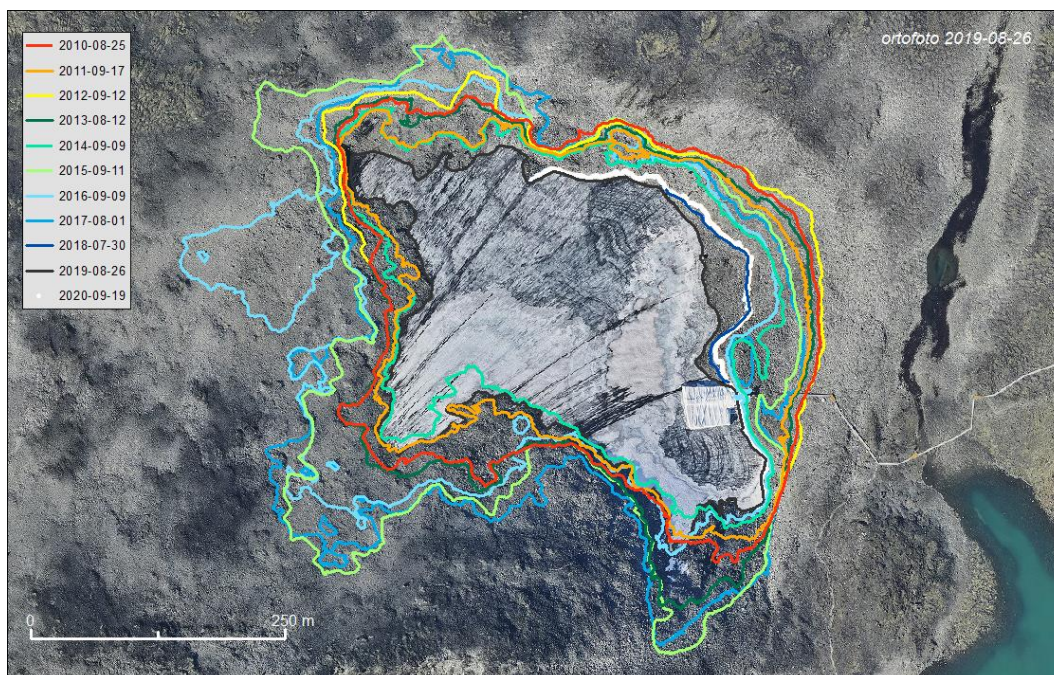
Figur 4-12.
Endringer av Kringsollfonna. Bakgrunnsbilder: Sentinel 2 (2019-08-27), ortofoto fra norgeibilder (2014-09-16 og 2009-09-16) og Landsat (2003-08-09).

Tabell 4-9.
Areal av Kringsollfonna 2009-2019. Se figur 4-12.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde	Referanse
2009	16.09.2009	0.023	norgeibilder	Denne rapport
2014	09.08.2014	0.046	norgeibilder	Denne rapport
2019	27.08.2019	0.057	Sentinel-2	Denne rapport

4.3.9 Juvfonne

Juvfonne er kartlagt årlig i perioden 2010-2020 (figur 4-13). Siden fonna er så liten, har det vært mulig å gå rundt fonna og måle omkretsen med en GNSS-mottager. Juvfonne ble også kartlagt i 2003 (BreAtlas2012) og med Landsat i 1997 (Winsvold mfl. 2014). Siden Juvfonne er kartlagt så hyppig kan man dokumentere at fonna fluktuerer mye i areal. Juvfonnes areal er redusert fra 0,208 km² i 1997 til 0,086 km² i 2019. I september 2020 hadde arealet til fonna økt litt igjen pga. mye gjenværende snø fra vinteren 2020.



Figur 4-13.

Endringer av Juvfonne fra 2010 til 2020. Bakgrunnsbilde er ortofoto fra 2019-08-26. Omkretsen er kartlagt fra innmåling til fots (2010, 2012, 2013, 2014, 2018 og 2020) samt fra ortofoto (2011, 2016, 2017, 2019). Se også tabell 4-10.

Tabell 4-10.

Areal av Juvfonne i perioden 1997-2019. Se figur 4-13. Oppdaterte tall fra NVE og tall tidligere publisert i Ødegård mfl. (2017). Areal for omkrets 2018 og 2019 er ikke tatt med siden det ikke ble gjort en fullstendig kartlegging da pga. snøforholdene. Arealet fra 2012 er delvis basert på omkretsen fra 2011. Data: NVE

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
1997	15.08.1997	0.208	Landsat
2003	09.08.2003	0.150	Landsat
2004	12.08.2004	0.187	Map
2010	25.08.2010	0.149	GNSS
2011	02.08.2011	0.150	GNSS
2011	17.09.2011	0.127	Ortofoto
2012	12.09.2012	0.160	GNSS*
2013	12.08.2013	0.151	GNSS
2014	09.09.2014	0.101	GNSS
2015	11.09.2015	0.186	GNSS
2016	13.09.2016	0.162	GNSS
2017	01.08.2017	0.183	GNSS*
2019	26.08.2019	0.086	Ortofoto

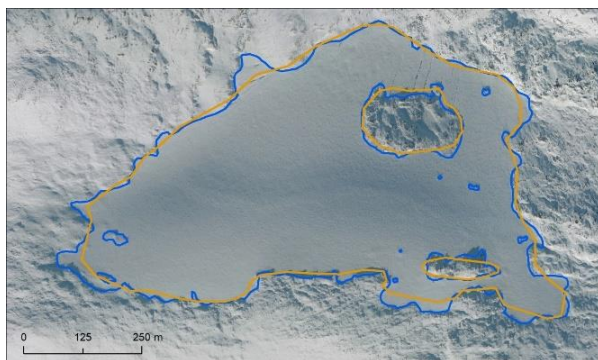
4.3.10 Lendbreen

I norgebilder.no er det (per 6. okt. 2020) fire ortofoto av Lendbreen. Bildene fra 21. september 2015 har veldig mye gjenværende snø (ingen is synlig), bildene fra 29. september 2010 er dekket av nysnø (figur 4-14), og bildene fra 10. september 2005 viser

noe is med mye snø rundt kantene. Bildene fra 29. august 1981 dekker bare en liten vestlig del av breen (ikke vist).

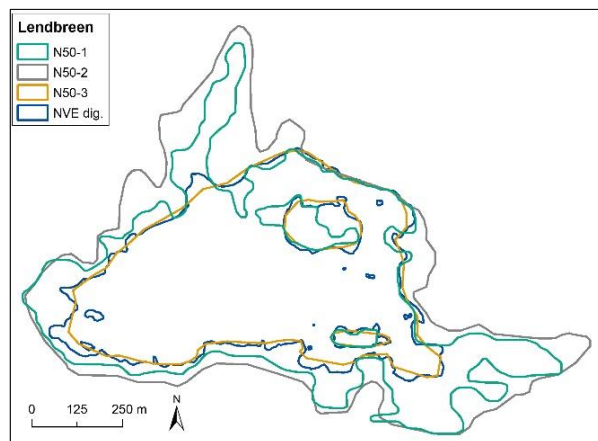
Kartverket gir også ut bre- og snøflater i sin N50-serie (1:50 000 topografiske kart), og vi har flere versjoner nedlastet i NVEs GIS-database (figur 4-15). Opphavsdato er ikke angitt for breflatene, og de ulike omkretsene varierer mye og er ikke identiske med snøforholdene i ortofotoene fra 2005 og 2015. Det er ganske vanlig at operatør vil forsøke å unngå å tegne inn form på snøfonnene slavisk. Vi antok at den nyeste i N50-databasen er tegnet fra ortofoto 2010 (figur 4-16). Vi testet dette ved å digitalisere inn omkretsen fra ortofoto fra 28. september 2010 (figur 2010). Arealet fra N50 var 0,372 km², mens arealet fra vår digitalisering var 0,383 km². Dette er en liten forskjell som utgjør kun 0,011 km², men viser ulik generalisering. Sammenligner man de andre N50-omkretsene ser man større variasjoner (figur 4-15). De ulike N50-omkretsene og ortofotoene for Lendbreen viser derfor hvor viktig det er å ha gode bilder med lite snø for å lage en nøyaktig omkrets, men det viser også hvor krevende det er å få gode bilder av fonner og breer. Sesongen 2010 var det stor avsmelting på breer i Sør-Norge. Hadde flyfotoet vært tatt tidligere på høsten kunne man også hatt en god oversikt over fonnas isoverflate, men selve fonnas form vises ganske godt på tross av nysnøen. Breomkretsen ble ikke digitalisert fra ortofotoene fra 2005 og 2015 pga. mye gjenværende snø (figur 4-16).

Breomkrets fra Landsat 2003 (BreAtlas2012) og breomkrets avledet fra Sentinel-2 satellittbilde fra 27. august 2019 (figur 4-16) viser at breen er betydelig redusert i størrelse fra 2003 til 2019. I 2015 var det mye gjenværende snø i fjellet etter en kald forsommer, mens 2014 var et år med mye avsmelting på breer og fonner i Sør-Norge. Landsat-bildet fra 2014 viser mye mindre snø enn ortofotoet fra 2015 (figur 4-16). For mange fonner kan det være isrester igjen, og det er det også for Lendbreen (Lars Pilø, personlig kommunikasjon). Slik gammel is er mørk og kan være vanskelig å skille fra barmark. I slike tilfeller blir arealet av is underestimert.



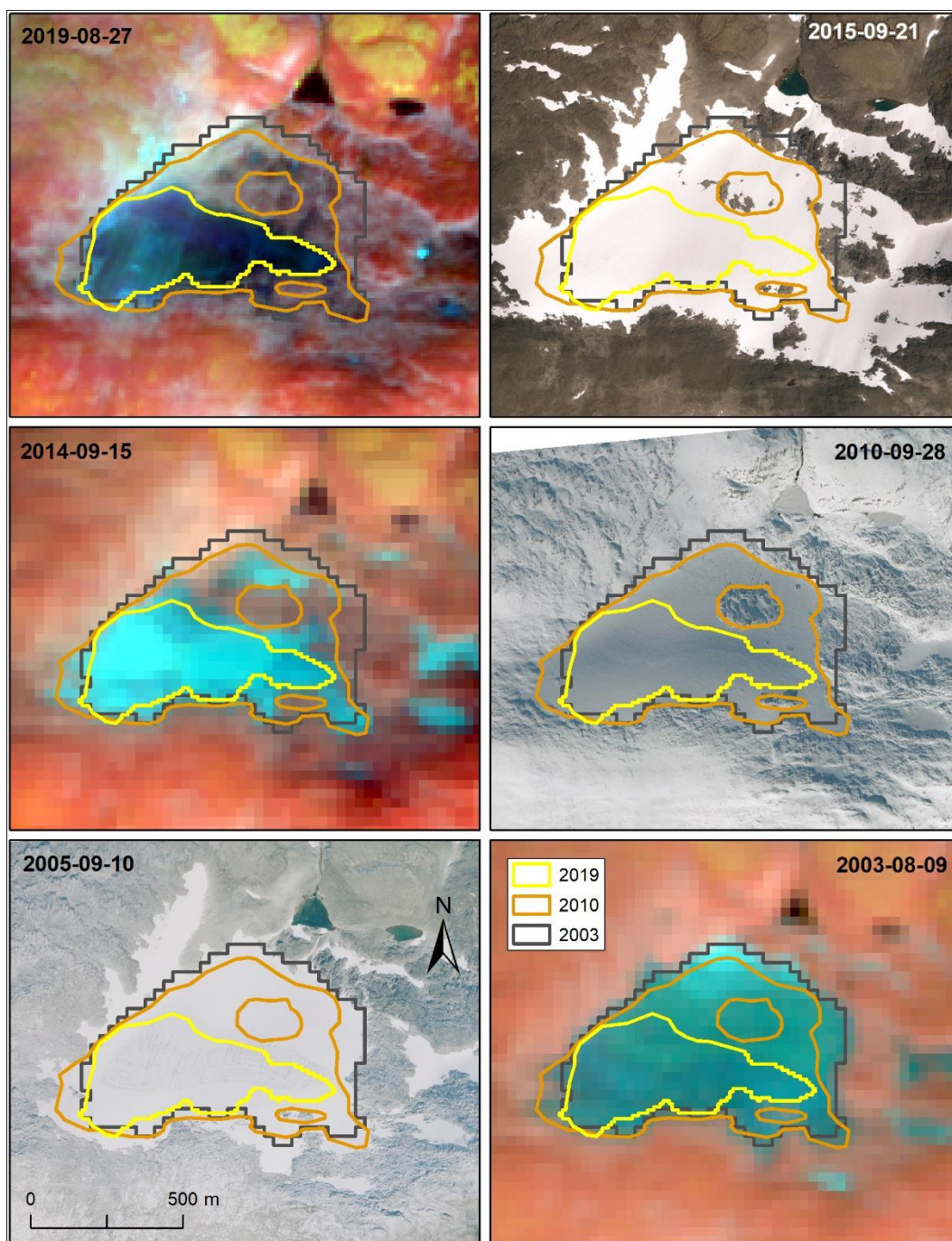
Figur 4-14.

Ortofoto av Lendbreen 28. september 2010 vist sammen med omkrets fra Kartverkets N50-kartserie (oransje) og omkrets digitalisert av NVE (blå). Nysnø dekker breen, men terrengformasjoner under snødekket er fortsatt mulig å se.



Figur 4-15.

Tre ulike omkretser fra Kartverkets N50-kartserie og omkrets digitalisert av NVE fra ortofotoet 28. september 2010.



Figur 4-16.
 Ulike ortofoto og satellittbilder av Lendbreen i perioden 2003-2019. Sentinel 2019-08-27, ortofoto 2015-09-21, 2010-09-28 og 2005-09-10, Landsat 2014-09-15 og 2003-08-09. Her er omkretsen fra 27.august 2019 brukt, merk at arealet fra 4. august 2019 er større (fig 3-2).

Tabell 4-11.

Areal av Lendbreen i 2003, 2010 og 2019 og for tre utgaver av N50 (ukjent datering). Se figurene 4-14, 4-15 og 4-16. Se også figur 3-2 som viser forskjellen på 4. august og 27. august 2019 for Lendbreen.

År	Dato	Areal (km ²)	Kilde
2003	09.09.2003	0.429	Landsat
2010	28.09.2010	0.373	ortofoto
2019	04.08.2019	0.236	Sentinel-2
2019	27.08.2019	0.175	Sentinel-2
N50-1	--	0.537	N50
N50-2	--	0.730	N50
N50-3	--	0.372	N50

4.3.11 Oppsummering av endringer og dagens tilstand

Kartleggingen av fonnene fra Sentinel-bilder i 2018 og 2019 er vist for hver lokalitet i delkapitlene foran. For å beregne geometriske egenskaper av lokalitetene er fonnenes breflate, kombinert med Kartverkets terrengmodell DTM20, brukt for å ta ut statistikk for fonnene. For Grovåskardet som er delt i to er tallene beregnet for den største enheten brukt til beregningen, mens for Mealhkoevaartoe er det beregnet samlet for de to sammenhengende enhetene (1391+1392). Totalt utgjør dagens areal av de 10 lokalitetene 1,46 km². Alle fonnene har minket i størrelse de siste 10-20 år. Samlet areal av fonnene ved første kartleggingsdato (1999-2009) som er vist i tabellene for hver enkelt fonn var 2,53 km², dvs. at over 40 % av arealet har blitt borte i denne perioden. Selv om det vil være noen usikkerheter i kartlegging av så små fonner, som utbredelse og tolking av snø og is versus barmark, er det ingen tvil om at fonnene har minket.

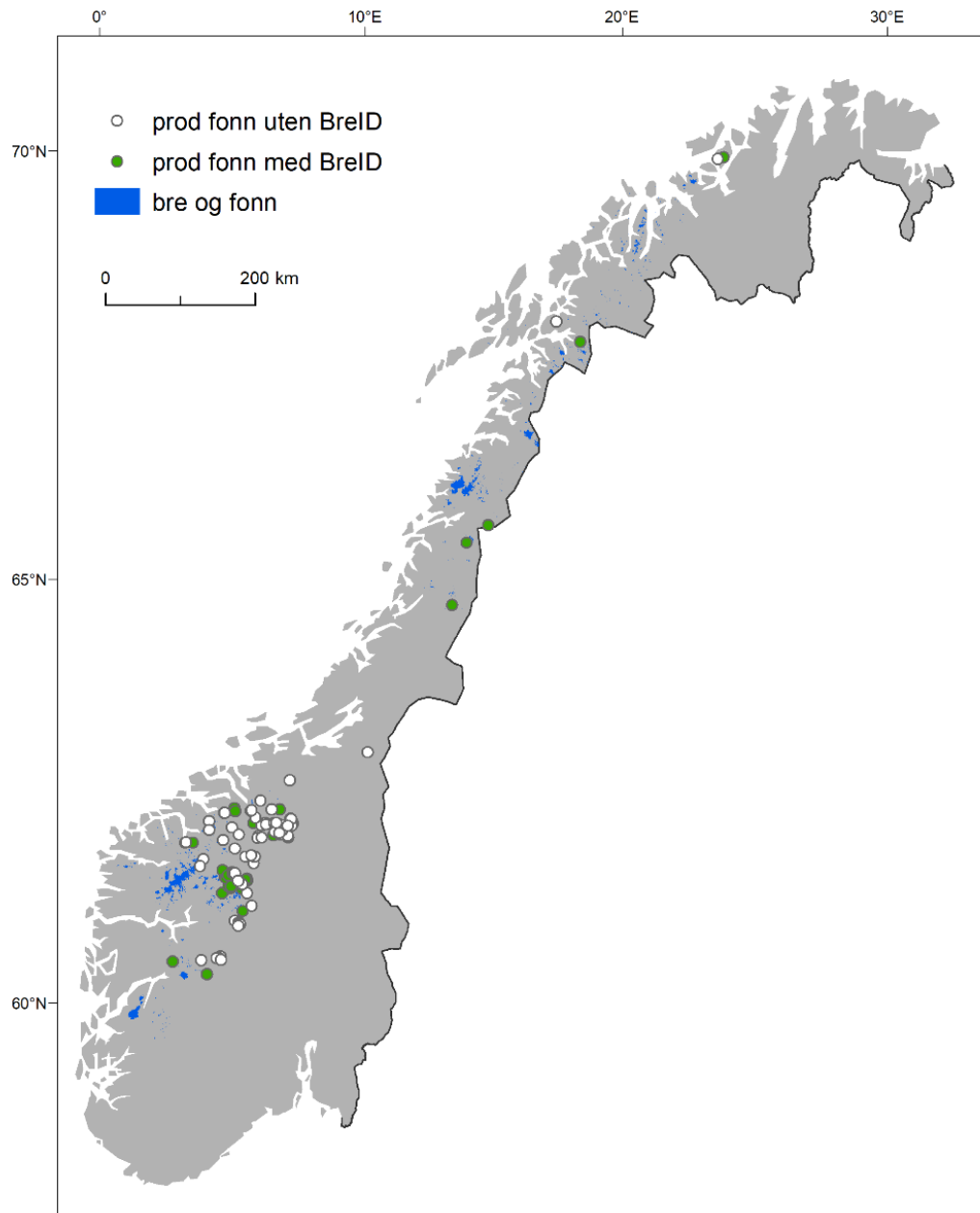
De fleste lokalitetene er nokså bratte med helning på 18-23 grader, med unntak av Rambertinden som har en helning på bare 6 grader, og de to fonnene i Nordland som har en helning på hhv. 13 og 12 grader (Tabell 4-12).

Tabell 4-12. Oppsummering av dagens tilstand av de 10 utvalgte lokalitetene.

Nr	BreID	Navn	Areal (km ²)	Min (moh.)	Maks (moh.)	Spenn (moh.)	Gj.snitt (moh.)	Median (moh.)	Helning (gr.)	Kartdato
1	1391+1392	Mealhkoevaartoe	0.858	1148	1349	201	1227	1216	13	08.09.2018
2	1455	Fonn Oksfjell	0.154	945	1088	143	986	981	12	08.09.2018
3	-	Grovåskardet	0.012	1389	1430	41	1406	1404	23	27.08.2019
4	-	Ringshornet	0.013	1348	1388	40	1371	1372	18	27.08.2019
5	-	Krynkelen	0.004	1393	1413	20	1402	1401	20	27.08.2019
6	-	Rambertinden	0.052	1468	1505	37	1479	1478	6	27.08.2019
7	1723	Storbreen	0.085	1740	1850	110	1801	1802	20	27.08.2019
8	-	Kringsollfonna	0.023	1497	1547	50	1526	1528	19	27.08.2019
9	2597	Juvfonne	0.087	1858	1979	121	1906	1903	19	27.08.2019
10	2541	Lendbreen	0.175	1774	1916	142	1834	1828	19	27.08.2019

4.4 Produktive fonner og breer

Totalt ble 112 enheter med i listen over produktive fonner og breer, syv i Nord-Norge og 107 i Sør-Norge (figur 4-17, vedlegg 1). Totalt ble 39 av lokalitetene identifisert med BreID, noe som tilsvarer om lag 1/3 av fonnene. Noen av de øvrige fonnene ligger nær andre breer eller fonner, som for eksempel en fonn på Nautgardstind, men her ble ikke BreID registrert siden det var usikkert om registrering gjaldt breen eller en mindre fonn uten ID ved toppen.



Figur 4-17.
Oversikt over produktive fonner som er vist i listen i vedlegg 1. Lokalitetene er inndelt etter om de er med eller uten BreID.

For Nord-Norge var fem av sju fonner registrert med BreID i forrige atlas. Av de to som ikke var identifisert i forrige atlas var en lokalitet (Grindalstind) uten snø og is i 2018. For Sør-Norge var 34 av 107 produktive fonner registrert med BreID i forrige breatlas. Flere av fonnene var snø- og isfrie i 2018/2019-bildene fra Sentinel, men en del av disse var også allerede registrert som usikre fonner i listen. Kjente produktive fonner som Kringsollfonna har ikke BreID i BreAtlas2012. Et par av fonnene var med i BreAtlas2012 som 'possible snow field', som f.eks. en fonn mellom Sekkebreen og Tverrbyttbreen.

4.5 Estimert is- og snøsmelting

Figur 4-18 viser estimert akkumulert snø- og issmelting t.o.m. 1. juli 2020, både i absolutte tallverdier (meter) og relative tall (i forhold til 25, 50 og 75 % kvantiler i perioden 2006-2020).

Resultater for issmelting i den snøfrie perioden i Figur 4-18 (røde punkter/linjer) viser at på 9 av 10 fonner har ikke fonnen blitt snøfri ennå til 1. juli i seNorge snømodell-simuleringer. På Kringsollfonna viser simuleringene derimot at snøen har smeltet bort og smeltingen av isen startet, men at det har vært uvanlig lite issmelting i forhold til normalen for årstiden (1. juli) i perioden 2006-2020. Dette er i godt samsvar med det at vinteren 2019/20 var generelt meget snørikt i fjellet, både i Sør- og Nord-Norge. Langtidsstatistikken viser også at på 8 av 10 fonner er det normalt at ikke fonnen har blitt snøfri ennå den 1. juli.

Når man ser på samlet snø- og issmelting i perioden fra 1. mai til 1. juli 2020 (figur 4-18, oransje punkter/linjer), så ser situasjonen annerledes ut. På de fleste fonnene har samlet snø- og issmelting vært uvanlig høy for årstiden (over 75 %-kvantilen på samtlige fonner). Dette er i godt samsvar med generelt høye temperaturer i junimåned, både i Sør- og i Nord-Norge.

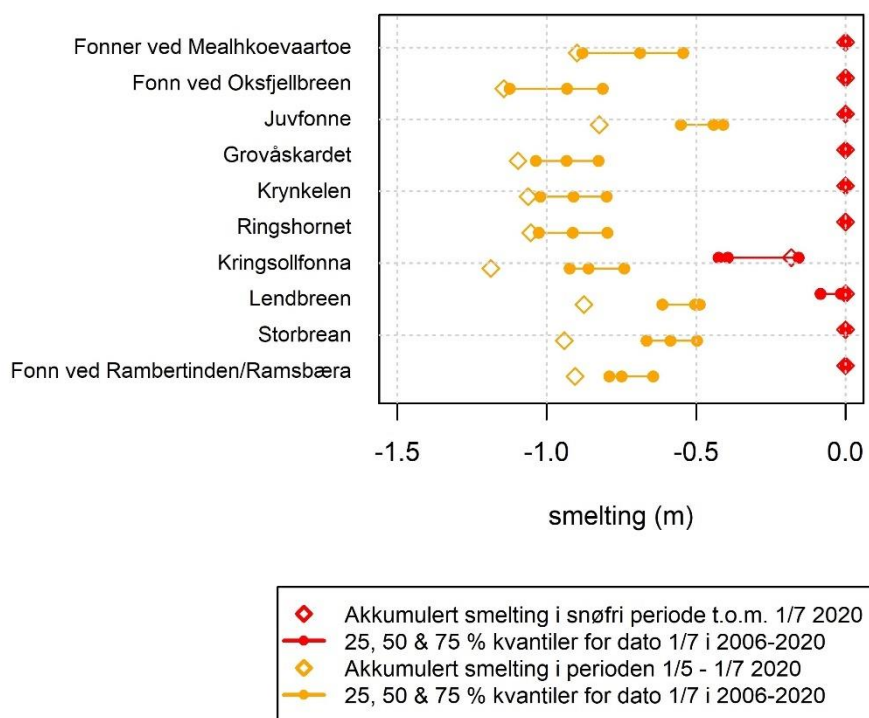
Figur 4-19 viser tidsserier av estimert snø- og issmelting ved hver av de 10 utvalgte fonnene i langtidsperioden fra januar 2006 til juli 2020, mens figur 4-20 viser det samme «zoomet inn» for de siste to månedene (med utgangspunkt i 1. juli 2020). Ut fra figur 4-19 kan man for eksempel se at den estimerte issmeltingen på Juvfonne i denne perioden var størst i 2006 og 2018, og minst i årene 2012 og 2015.

Hovedforskjellen mellom smelting beregnet for de to alternative periodene (i og ii) er at beregnet smelting i den snøfrie perioden estimerer kun issmelting på fonnen, mens beregnet smelting i den faste perioden mai-august estimerer både snø- og issmelting. Hvis det er dårlig samsvar mellom reell og simulert snøakkumulasjon på fonnen, og dermed starttidspunktet på den snøfrie perioden, vil den estimerte issmeltingen følgelig være usikker. Fordelen med den faste perioden er at siden lufttemperaturdataene er mer nøyaktige enn snømengdedataene, kan de dermed gi et mer robust estimat på det generelle smelteforløpet for snø og is. Den klare ulempen med den faste perioden er at det ikke tas hensyn til hvor mye snø det var forrige vinter, og når fonnen blir snøfri og issmeltingen kan begynne.

For eksempel, i simuleringer for Meallhkoevaartoe i Figur 4.19, viser den blå linjen at det var mye snø vinteren 2019/2020, sammenlignet med årene før (ca. 2 m vannekvivalent på det meste). Videre viser den røde linjen at issmeltingen (simulert) ennå ikke har startet

den 1. juli i år, men at dette er som normalt (sammenligne med rød vertikal linje av 25-75 % persentiler i høyre kant av figuren, som viser null ismelting i dette tidspunktet i 2006-2020). Det alternative snø- og ismeltingsestimatet (oransje linjen) antyder at snø- (og ev. is-) smeltingen siden mai har vært større enn normalt (ligger ca. ved 75 % persentilen, som vist av den oransje vertikale linjen i høyre kant av figur 4.19).

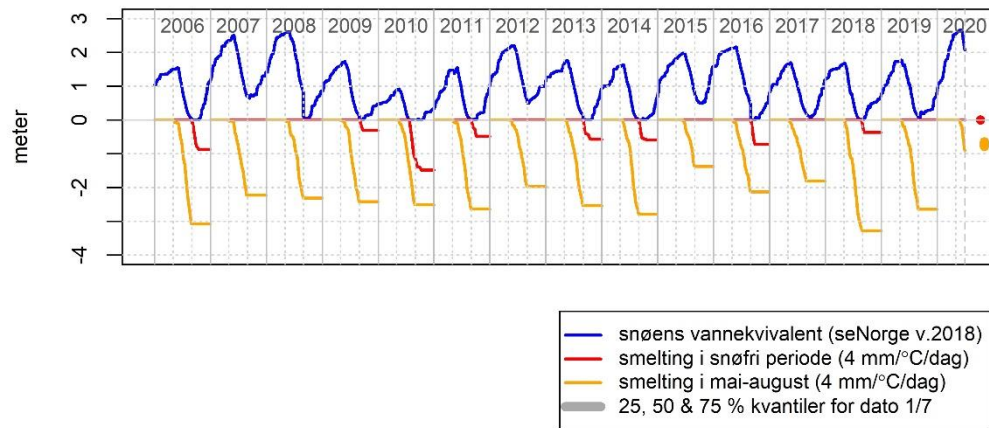
Figur 4-21 viser simulert (som i figur 4-19) mot observert vinterakkumulasjon av snø og total massebalanse på Juvfonne i 2010-2019. Simulert snøakkumulering ser ut til å bli generelt underestimert i seNorge snømodellen, noe som kan skyldes f.eks. vindtransport av snø, som ikke er tatt i betraktning i modellen. Simulert ismelting viser en generell sammenheng med observasjoner, med både positive og negative avvik fra år til år. De årene som er overestimert (for mye smelting) av modellen kan skyldes underestimerte snømengder. De to største observerte ismeltingsårene er derimot underestimert ganske mye i simuleringer. Mulige årsaker til dette kan være andre værfaktorer som har bidratt til mer smelting enn bare lufttemperaturen alene ville indikert (f.eks. mye sol, mye vind, og fuktig luft), som påpekt også av Ødegård mfl. (2017).



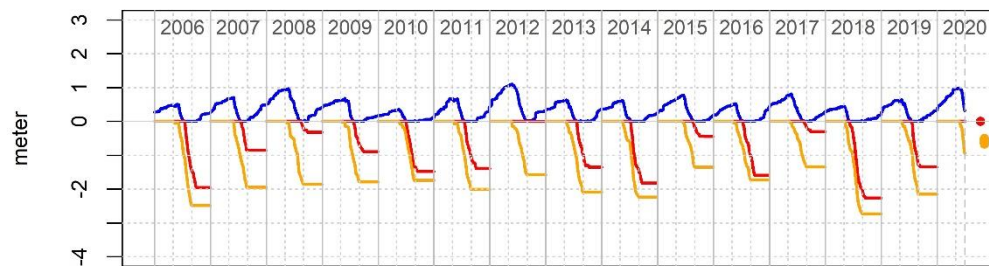
Figur 4-18.

Estimert akkumulert snø- og ismelting frem til 1. juli 2020 ved 10 utvalgte fonner (firkanter) i to alternative beregningsperioder. Ismelting i simulert snøfri periode er vist med røde punkter/linjer, mens snø- og ismelting siden 1. mai 2020 er vist med oransje punkter/linjer. 15 års langtidsstatistikk i form av 25, 50 og 75 % kvantiler av akkumulert smelting t.o.m. 1. juli i perioden 2006-2020 er også vist (linjer med punkter).

Fonn ved Rambertinden/Ramsbæra 1479 moh.

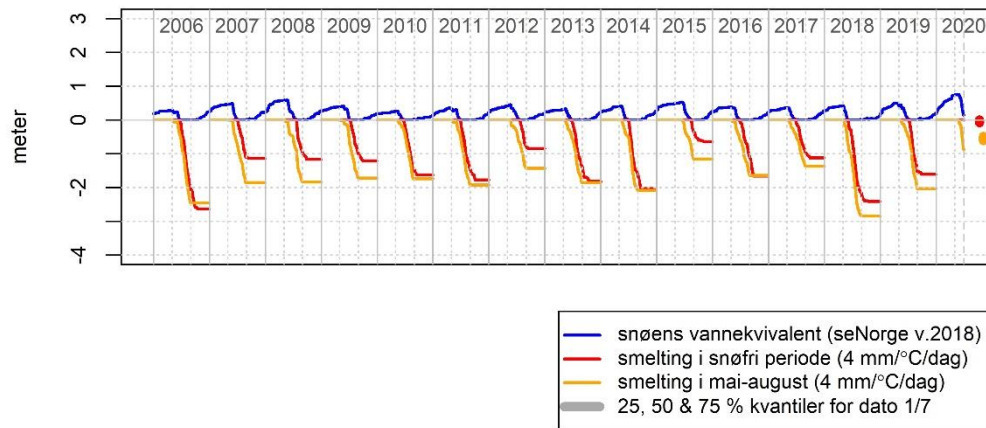


Storbreen 1801 moh.

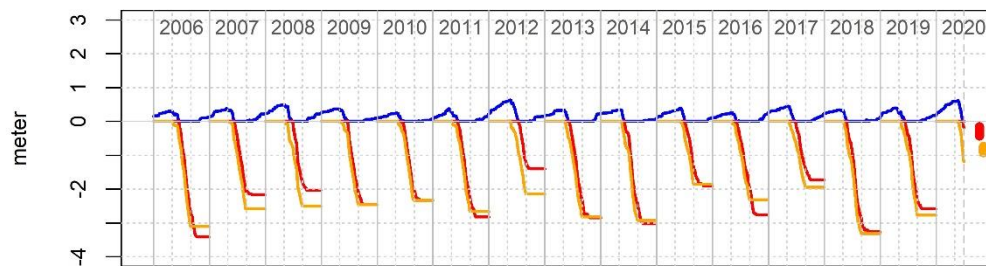


Figur 4-19: (fortsetter på neste side)

Lendbreen 1834 moh.

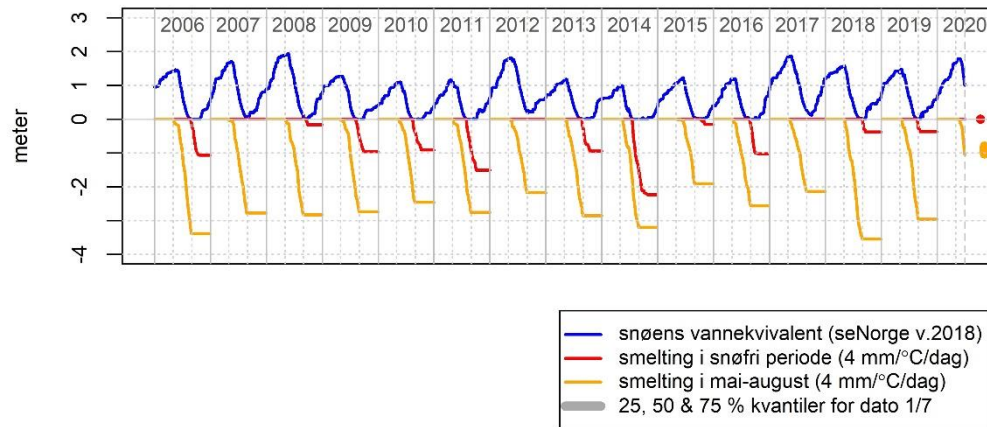


Kringsollfonna 1526 moh.

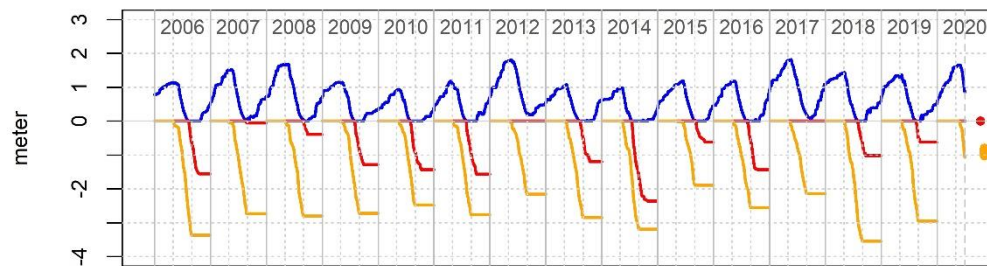


Figur 4-19: (fortsetter på neste side)

Ringshornet 1371 moh.

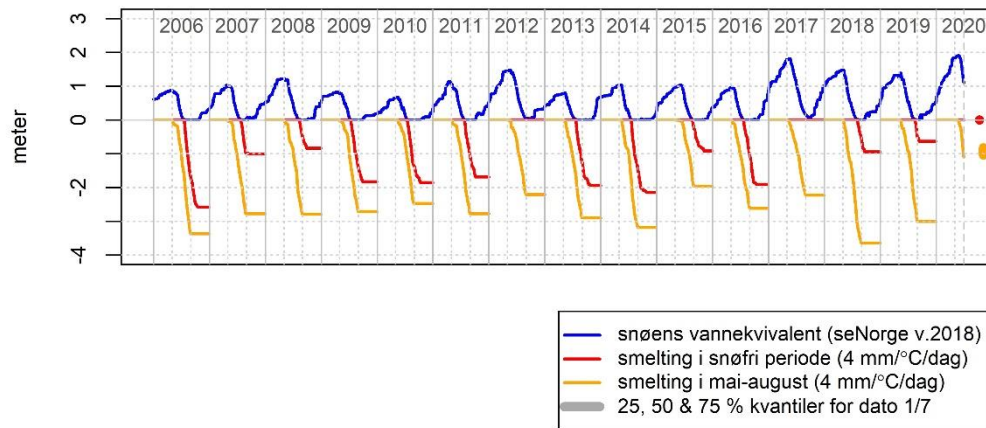


Krynkelen 1402 moh.



Figur 4-19: (fortsetter på neste side)

Grovåskardet 1406 moh.

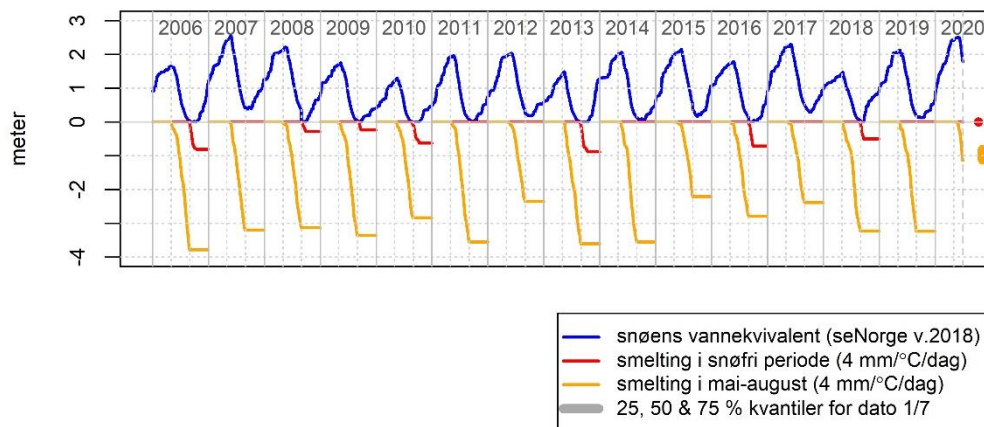


Juvfonne 1906 moh.

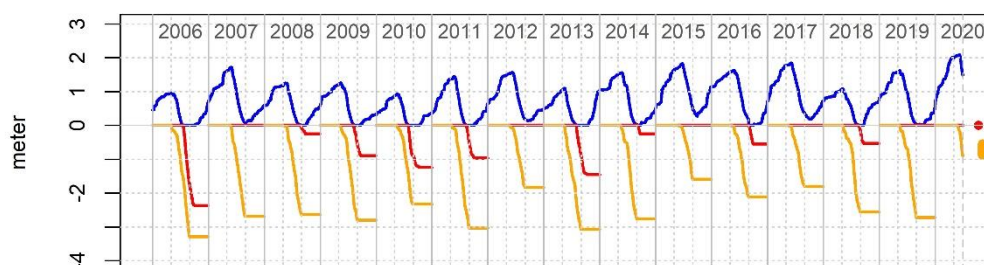


Figur 4-19: (fortsetter på neste side)

Fonn ved Oksfjellbreen 986 moh.

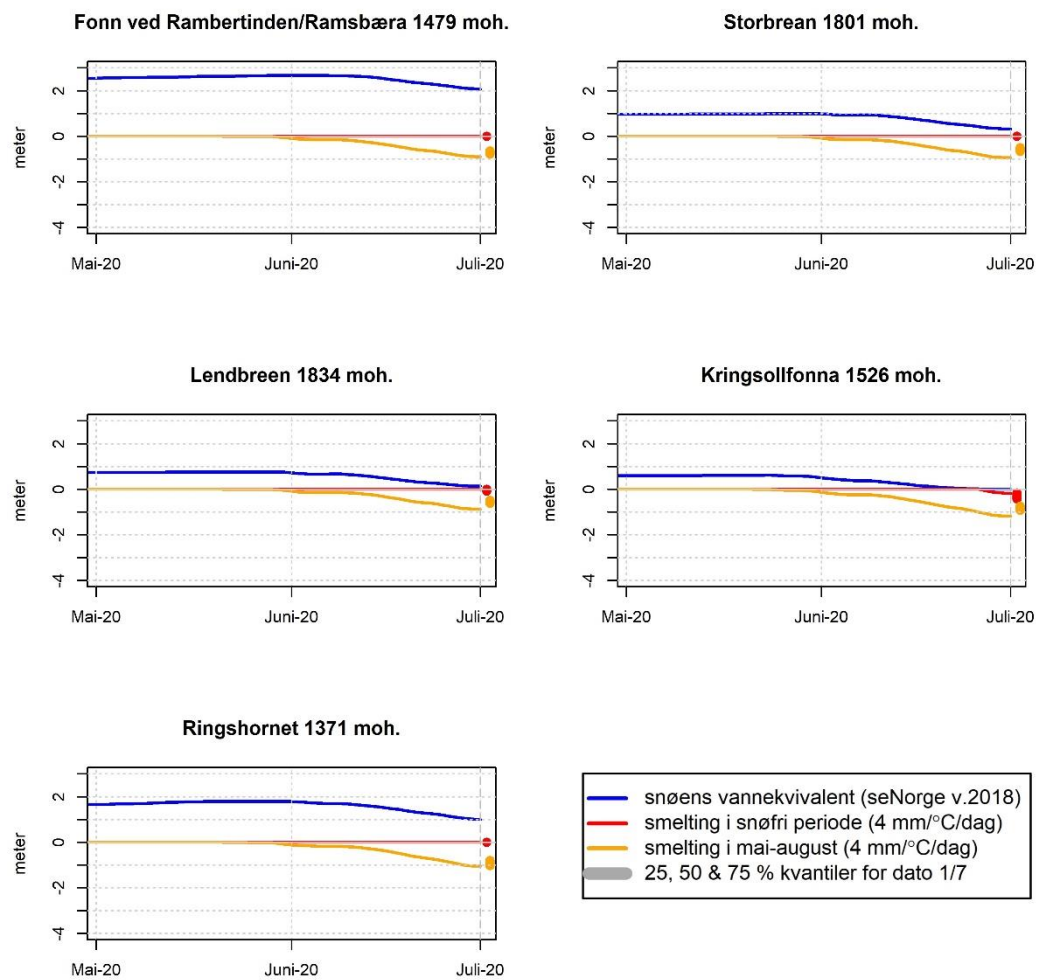


Fonner ved Mealhkoevaartoe 1227 moh.

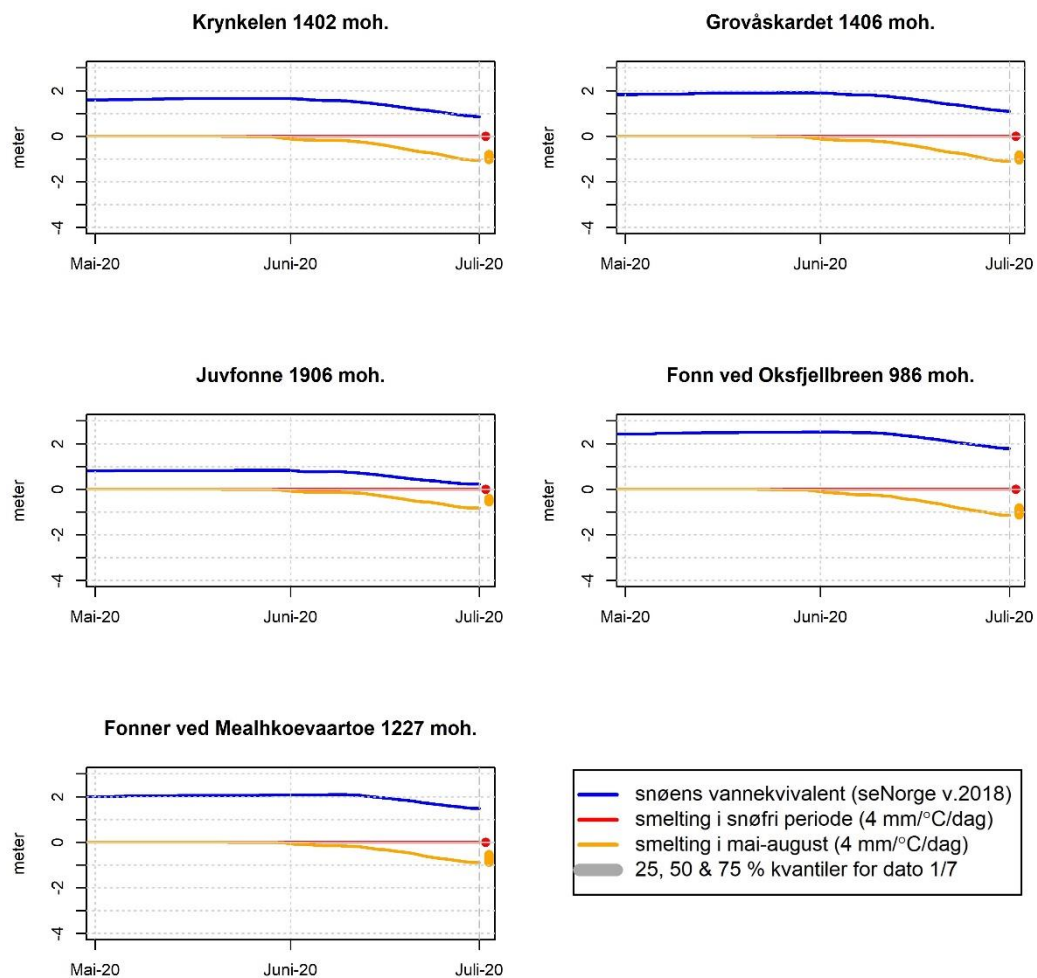


Figur 4-19.

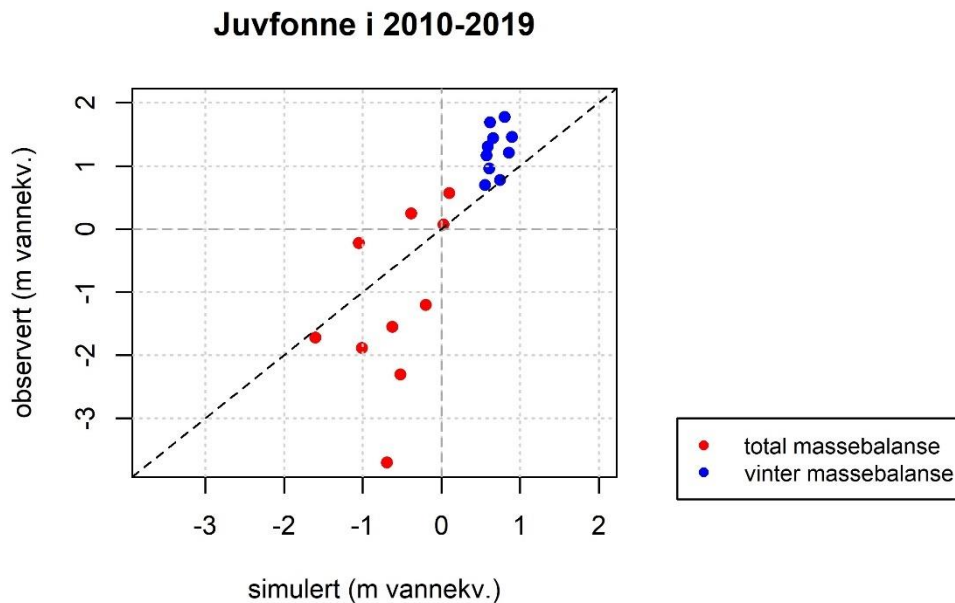
Tidsserier av estimert akkumulert snø- og issmelting og snøens vannekvivalent ved 10 utvalgte fonner i perioden fra januar 2006 til juli 2020. Blå linjer viser snømagasinet (snøens vannekvivalent) simulert av snøkartmodellen. Issmelting beregnet med graddagsmodell i snøfri periode er vist med rød linje, mens snø- og issmelting beregnet for en fast periode (mai-august) er vist med oransje linje. 15 års langtidsstatistikk i form av 25, 50 og 75 % kvantiler av akkumulert snøsmelting t.o.m. 1. juli i perioden 2006-2020 er vist med vertikale linjer i høyre kant av figurene.



Figur 4-20. (fortsetter på neste side)



Figur 4-20. Som Figur 4-19, men nå vist kun for de siste to månedene i forkant av 1. juli 2020.



Figur 4-21.
Simulert (se figur 4-19) vs. observert vinterakkumulasjon av snø (blå punkter) og total massebalanse (røde punkter) på Juvfonne i 2010-2019.

4.6 Bruk av langtidsværvarsler til å estimere snø- og issmelting opptil halvannen måned frem i tid

Det europeiske værvarslingssenteret ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecast) i Reading i Storbritannia (www.ecmwf.int) har en global værvarslingsmodell, som også det norske Meteorologiske Institutt (MET) bruker for sine langtidsværvarsler 3-9 dager frem i tid. To ganger i uken har ECMWF begynt å levere ekstra lange værvarsler (såkalte «Extended range» varsler) som strekker seg over 46 dager, som er litt mer enn 6 uker frem i tid. Det er innlysende at usikkerheten i værprognoser mange uker frem i tid er betydelig, men samtidig kan de antyde om det for eksempel er ventet varmere vær enn normalt fremover pga. tilstanden av stor-skala atmosfæriske sirkulasjonsmønstre. I tillegg kjøres det ikke bare én prognose, men en gruppe («ensemble») av flere titalls alternative prognoser med litt ulikt utgangspunkt, som gjenspeiler usikkerheten i atmosfærens tilstand «akkurat nå» og videre fremover. Dette gir et godt estimat på usikkerheten og variasjonsintervallet i slike langtidsprognoser.

Normalt er «Extended range» langtidsværvarsler kommersielle data som ECMWF tar betalt for, men den nåværende avtalen mellom MET og ECMWF sier at disse langtidsprognosedataene kan brukes kostnadsfritt i forskningsprosjekter og av statlige aktører som for eksempel NVE og Riksantikvaren. Flomvarslingstjenesten hos NVE tester allerede flomprognoser 6 uker frem i tid ved bruk av disse dataene i forbindelse med vårflomanalyser.

I en fremtidig snøfonnapplikasjon kunne man tenke seg bruk av ekstra lange værvarsler som strekker seg 6 uker frem i tid sammen med snømodellen. Dette kunne gi kvalifiserte

prognoser f.eks. i slutten av juni på hvor mye snø- og issmelting det ventes på ulike snøfonner i Norge ved begynnelsen av august. Denne informasjonen kan igjen bidra til bedre planlegging av gunstige tidspunkter (innenfor de neste 6 ukene) for feltkampanjer for å lete etter fortidsminner ved snøfonner.

4.7 Produkter i NVEs breatlas og xgeo

NVE har oppdatert sin datamodell for kartdata bre slik at punktlaget for BreID (brepunkt) har fått egenskap for funn. På denne måten kan vi ta ut lag som viser hvor det er produktive fonner. Dette kan vises i NVEs temakart for bre og i NVEs xgeo sammen med breflater og andre temalag.

4.7.1 NVEs breatlas

I NVEs breatlas vises utbredelsen av norske breer i perioden 1999-2006 basert på det siste breatlas fra NVE:

<https://temakart.nve.no/tema/breatlas>

Et nytt lag med utbredelse av fonner og breer fra Sentinel 2018-2019 som vist for de 10 lokalitene i denne rapporten lages som en del av prosjektet Copernicus bretjeneste. Dette laget skal legges ut på NVEs temakart for bre og vil bli tilgjengelig for nedlasting fra www.nve.no/bre på nyåret i 2021.

I NVEs breatlas vises også ulike typer bremålinger og registrerte isras og jøkulhlaup, samt breer med fotoserier. I tillegg vises breflater og bresjøer (sjøer nær bre eller i kontakt med bre) kartlagt for ulike perioder med satellittbilder og topografiske kart. For mange breer vises også enkeltbilder.

4.7.2 Xgeo

NVEs Xgeo er et ekspertverktøy som brukes til beredskap, overvåking og varsling av flom-, jordskred- og snøskredfare. Her kan man også se Sentinel satellittbilder sammen med bredata:

<https://www.xgeo.no/>

Breprodukter (bresjøer, bredemte sjøer, GLOF-hendelser, breareal osv.) kan skrus på som lag sammen med Sentinel produktene. Det er også mulig å sammenligne to bilder. Per nå er det kun S2 fargebilde turkis som vises (figur 4-22).

5 Konklusjon

Sentinel-2 bilder er godt egnet til bruk i overvåking av fonner i Norge. Bildene er tilgjengelige for visning i NVEs verktøy xgeo.no og kan derfor brukes av alle interesserte. En begrensning med optiske bilder som Sentinel-2 satellitten er skyer. Skyer gjør at mange bilder ikke kan brukes, men det vil fortsatt være en del brukbare bilder per sesong.

Sentinel-2 kan brukes til å kartlegge både større og mindre fonner, og vil gi mulighet til å følge med på fonnenes utvikling framover. Automatisk kartlegging av fonnene fungerer i hovedsak bra, men fungerer ikke så godt i områder med terrengskygge eller hvor det er mye skitten is eller dekke av morenemateriale.

Man kan bruke Sentinel-2 bildene til å skille mellom snø og is, men det er utfordrende på mindre fonner og i områder med skygge. Det er mer krevende å identifisere is i Landsat (30m) enn Sentinel-2 (10m), særlig for de minste lokalitetene i utvalget. Sentinel-2 hadde tre ganger så mange bilder som Landsat 8 i 2019. Selv om Sentinel-2 er mer egnet til framtidig kartlegging, er Landsat viktig til historisk kartlegging av forhold ved fonnene.

Alle de ti utvalgte fonnene og breene har minket i areal. Samlet areal av fonnene er redusert fra 2,53 til 1,46 km², en reduksjon på over 40 %. Dette er en viktig kvantitativ bekreftelse av lokale rapporter og observasjoner gjort på fjellet over mange år. Landets arkeologiske snøfonner smelter og krymper.

For å gjøre en god kartlegging av fonner er det viktig at det ligger igjen lite snø når bildene tas, ellers kan arealutbredelsen overestimeres. Bildematerialet i norgeibilder.no varierer for hver fonn, noen fonner har flere gode bilder, mens det er mer begrenset for andre fonner. Det er vanskelig å rekonstruere størrelse på fonnene bakover i tid ut fra ortofoto siden det per nå er få tilgjengelige bilder med tilfredsstillende snøforhold. Det er mulig det finnes flere flybilder eller skråbilder i arkiver, og at disse kan georefereres.

Simulert is- og snøsmelting kan ikke gi samme nøyaktighet for smeltestatus for snø og is som en god skyfri observasjon fra satellitt. Styrken av modellen er likevel at den kan lett, raskt og automatisert gi daglige estimer av både gjenværende snømengder og pågått ismelting over fonner i hele Norge. Vha. modeller og værdata og -prognoser kan man også estimere smelteforløpet på fonner helt tilbake til 1957 samt opptil 6 uker frem i tid.

Kartlegging av fonner og modellering av smelting gir et bilde over utbredelsen og tilstand av 10 arkeologiske fonnlokaliteter i Norge per i dag. Satellittbilder supplerer opplysninger og feltdokumentasjon som samles inn av forvaltningen og lokale på lokalitetsnivå hvert år. Bildene er godt egnet til å dokumentere utbredelse, smelting og endringer over tid på viktige lokaliteter og kulturmiljøer. Det har tidligere ikke vært gjort systematisk kartlegging av de minste fonnene. Mange av dem er ikke kartlagt i tidligere i breatlas. Arbeidet i FonnSat og Copernicus bretjeneste med å kartlegge fonnene bidrar med basisdata til overvåkingen av landets glasialarkeologiske fonner.

Pilotprosjektet har også vist viktigheten av å opprette koblinger mellom flere offentlige databaser og fellestjenester som Askeladden, MUSIT, Xgeo og NVEs Breatlas. Til slutt er det lokale forvaltere og ekspertbrukere som vil bestemme nytteverdien ved å ta de i aktivt bruk og bidra til at de utvikles videre.

6 Videre arbeid

I dette pilotprosjektet har vi sett på 10 utvalgte fonner. Arbeidet kan utvides til modellering av flere fonner, for eksempel til alle produktive fonner.

Data fra langtids-værvarsel er tilrettelagt til bruk og kan lastes ned fra Meteorologisk institutts database og brukes til å anslå sannsynlig temperaturutvikling og snø- og ismelting 4-6 uker fram i tid.

Det er også mulig å foreta endringsanalyse av alle produktive fonner, vha. automatisk kartlegging fra Sentinel og Landsat, ev. supplert med noe digitalisering fra egnede ortofoto fra norgebilder.no slik som vist for utvalget på 10 fonner i denne rapporten.

For fonner som ikke krever redigering av breomkretsen kan det testes å automatisk bestemme minimum utbredelse og skille mellom is og snø på fonnene.

I dette arbeidet ble produktive fonner med BreID fra BreAtlas2012 identifisert slik at de kan vises i NVEs breatlas og som støttekart i Xgeo. Siden mange flere mindre fonner nå kan kartlegges med Sentinel kan de øvrige fonnene gjennomgås og kobles mot BreID. Det vil være nyttig å legge til felt BreID i Askeladden slik at alle fremtidige funn kan registreres på BreID og således kunne kobles mot NVEs bredatabase. Dette må forankres med brukergruppene.

Pilotprosjektet har gitt deltagerne viktig erfaring om hvilke typer feltdata som fungerer bra for langtids overvåking og dokumentasjon av fonner. Omkretsmåling i felt med GNSS og oversiktsbilder med kameraer og droner er relativt enkelt å samle inn og kan være viktige kontrolldata i en oppfølging til dette pilotprosjektet.

Brukergruppen har identifisert flere mulige anvendelser og bruksområder for denne type data/analyse:

1. Daterte skyfrie bilder kan brukes til å rekonstruere forhold rundt tidligere funn og feltobservasjoner.
2. Man kan også bruke bilder til å kontrollere og bedre stedfeste løse funn eller privatinnkomne funn som mangler innmålinger fra feltet.
3. Endringsanalysene gir også nyttig innsikt om tidspunktet for smelteepisoder over tid. Dette kan hjelpe lokale forvaltere til å bedre planlegging og prioritering av feltaktivitetene sine hver sesong.
4. Analysene produserer også konkrete tall og intuitive bilder over tapet av arkeologiske snøfonner. Dette materialet egner seg godt til bruk i formidling og kommunikasjon.

Referanser

Andreassen, L.M., J. De Marco. 2018. Brekartlegging med drone. NVE Rapport 44-2018, 37 s.

Andreassen, L.M., H. Elvehøy, B. Kjølmoen, J.M.C. Belart. 2020. Glacier change in Norway since the 1960s – an overview of mass balance, area, length and surface elevation changes. *Journal of Glaciology*, 1–16. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.10>

Andreassen, L.M., S.H. Winsvold (eds.), F. Paul, J.E. Hausberg. 2012. Inventory of Norwegian glaciers. NVE Report 38, 236 pp.

Barlindhaug, S., I. Holm-Olsen, H. Tømmervik. 2007. Monitoring archaeological sites in a changing landscape - Using multitemporal satellite remote sensing as an 'early warning' method for detecting regrowth processes. *Archaeological Prospection*, 14, 231-244.

Callanan, M. 2014. Out of the ice: glacial archaeology in central Norway. PhD-avhandling. NTNU, Trondheim.

Callanan, M. 2016. Managing Frozen Heritage: Some challenges and responses. *Quaternary International*, 402, 72-79. doi: 10.1016/j.quaint.2015.10.067

Comer D.C. 2014. Aerial and Satellite Remote Sensing in Archaeology. In: Smith C. (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_520

Dahle, K. 2015. Frosne funn i fonn og fjell. – Mot ny kunnskap om forhistoriske fangstfolk. Romsdalsmuseet årsbok 2015, 114-139.

Farbregd, O. 1972. Pilefunn frå Oppdalsfjella. *DKNVS Miscellanea*, 5, 1-138.

Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg, B. Ådlandsvik (red.). 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report 2/2015. Miljødirektoratet.

Jarrett, L. 2019. “Into the ice” – A study of glaciological and geomorphological characteristics of archeologically significant ice patches in central Norway. Doctoral theses at NTNU. Faculty of Social and Educational Sciences. NTNU (2019:56).

Kjølmoen, B. (Ed.), L.M. Andreassen, H. Elvehøy, M. Jackson. 2020. Glaciological investigations in Norway 2019. NVE Rapport 34-2020, 86 pp +app.

Leigh, J.R., C.R. Stokes, R.J. Carr, I.S. Evans, L.M. Andreassen, D.J.A. Evans. 2019. Identifying and mapping very small (<0.5 km²) mountain glaciers on coarse to high-resolution imagery. *Journal of Glaciology*, 1–17. (doi:10.1017/jog.2019.50)

Liestøl, O. Kompendium i glasiologi. 1995. Rapportserie i Naturgeografi, 3-1995, 110 s, Universitetet i Oslo.

Lussana, C., O.E. Tveito, A. Dobler, K. Tunheim. 2019. seNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway. *Earth Syst. Sci. Data* 11, 1531–1551, doi: 10.5194/essd-11-1531-2019.

Manker, E. 1957. Lapparnas heliga ställen. Kultplatser och offerkult i belysning av Nordiska Museets og Landsantikvariernas fältundersökningar. *Acta Lapponica* XIII. Nordiska Museet.

MRFK. 2017. Frosne funn i fonn og fjell. Beredskapsplan 2018-2021. Møre og Romsdal Fylkeskommune.

- Myrvoll, E. R. 2008. Samiske helligsteder. Tradisjon – registrering – forvaltning. – NIKU Rapport 24. Oslo. 50 s.
- Nagy, T., L.M. Andreassen. 2019. Glacier lake mapping with Sentinel-2 imagery in Norway. NVE Rapport 40-2019, 54 p.
- Nesje, A. 2013. Forskjellen på bre og fonn. Kunnskapsdråpen «VET DERE NOK ELLER HVA?», 6-2013, klimapark2469.no
- Nesje, A., L.H. Pilø, E. Finstad, B. Solli, V. Wangen, R.S. Ødegård, K. Isaksen, E.N. Støren, D.I. Bakke, L.M. Andreassen. 2011. The climatic significance of artefacts related to prehistoric reindeer hunting exposed at melting ice patches in southern Norway. *The Holocene*, 22(4), 485-496, DOI: 10.1177/0959683611425552.
- Parcak, S. 2017. Moving from Space-Based to Ground-Based Solutions in Remote Sensing for Archaeological Heritage: A Case Study from Egypt. *Remote Sens.* 2017(9) 1297. DOI: 10.3390/rs9121297
- Paul, F., S.H. Winsvold, A. Kääb, T. Nagler, G. Schwaizer. 2016. Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part II: Mapping Glacier Extents and Surface Facies, and Comparison to Landsat 8. *Remote Sensing*, 8(7), 575.
- Pilø, L., E. Finstad, C. Bronk Ramsey, J.R.P. Martinsen, A. Nesje, B. Solli, V. Wangen, M. Callanan, J.H. Barrett. 2018. The chronology of reindeer hunting on Norway's highest ice patches. *Royal Society Open Science*.
- Pilø, L., E. Finstad, J.H. Barrett. 2020. Crossing the ice: an Iron Age to medieval mountain pass at Lendbreen, Norway. *Antiquity* 2020, 94(374), 437-454, <https://doi.org/10.15184/aqy.2020.2>.
- Ramstad, M., K. Smiarowski, R. Hole. 2016. Ringshornet, Askeladden ID 158937 og 180675 Arkeologiske sikringsundersøkelser av fonn og fangstanlegg. Rapport. Fornminneseksjonen. Universitetsmuseet i Bergen.
- Ramstad, M., R. Hole. 2017. Krynkelen, Askeladden ID158918, 215057, 224653 og 224650 Arkeologiske sikringsundersøkelser av fonn og fangstanlegg. Rapport. Fornminneseksjonen. Universitetsmuseet i Bergen.
- Saloranta, T.M. 2016. Operational snow mapping with simplified data assimilation using the seNorge snow model. *J. Hydrol.* 538, 314-325.
- Winsvold, S.H., L.M. Andreassen, C. Kienholz. 2014. Glacier area and length changes in Norway from repeat inventories. *The Cryosphere*, 8, 1885-1903, doi:10.5194/tc-8-1885-2014.
- Ødegård, R. S., A. Nesje, K. Isaksen, L.M. Andreassen, T. Eiken, M. Schwikowski, C. Uglietti. 2017. Climate change threatens archaeologically significant ice patches: insights into their age, internal structure, mass balance and climate sensitivity. *The Cryosphere*, 11, 17-32, doi:10.5194/tc-11-17-2017
- Åstveit, L.I. 2015. Ramberafunnet - en historie om et unikt høyfjellsfunn, blodig reinsdyrfangst og storhetsdager i romertid. Årbok for universitetsmuseet i Bergen 2015, 78-88.

Vedlegg

Vedlegg 1: Liste over produktive fonner. BreID fra BreAtlas2012.

Nr	Isfonn	Fylke	Kilde/Merknad	BreID
1	Austre Trollsteinhøe/Åsli/ Kverbekken	INLD		-
2	Bekkfonnhøa	TRLG		-
3	Bekkfonnhøa	TRLG		-
4	Belgjinøse nord	INLD		-
5	Belgjinøse sør	INLD		-
6	Bjørnabotnhøgda	M&R		-
7	Bjørnabotnhøgda	M&R		1746
8	Blåbergi	Viken		-
9	Blåisen	NRL		591
10	Brattfonna/Brattfonnhøa	TRLG		-
11	Digervarden	INLD		-
12	Dordinbakken	M&R	buestilling	-
13	Fløtåtind	M&R		1619
14	Fonn mellom Sekkebreen & Tverrbyttbreen	INLD		-
15	Fonn nedom Lågtangen i Reppdalen	M&R		-
16	Fonn ved Voensjelælkie	NRLD		1556
17	Fonner nedom Oksfjellbreen	NRLD		1455
18	Fonner på Mealhkoevaartoe	NRLD		1391
19	Fonnfjellet, Meråker	TRLG		-
20	Fremmebrøstet	M&R		-
21	Geitfjellet	M&R		-
22	Geitfjellet 2	M&R		-
23	Gjerdingsshøe	INLD		-
24	Grashøi	INLD	Usikker fonn	-

25	Gravabotn	Viken	Bogastelle tilknyttet fonn	-
26	Gravbekkfonna	TRLG		-
27	Grindalstind	T&F	Askeladden, usikker fonn	-
28	Grovåskardet	M&R		-
29	Gråsubrean	INLD		2743
30	Handklefonna	INLD		2735
31	Hattremsådalen	INLD	Usikker fonn	-
32	Heimdalshøe	INLD		-
33	Hestfonni	INLD		2568
34	Hesthågåhøa	TRLG		-
35	Høgtunga 1	INLD		-
36	Høgtunga 2	INLD	Usikker fonn	-
37	Håråkollen	TRLG		-
38	Juvfonne	INLD		2597
39	Kaldvellkinn	TRLG		-
40	Kinnin	TRLG		-
41	Kluftutefonni	INLD		2540
42	Kringsollfonna	TRLG		-
43	Krynkelen	M&R	Askeladden	-
44	Kvittingsbreen, Grjothøi	INLD		2536
45	Langfonne	INLD		2737
46	Langfonnskarven	TRLG		-
47	Lauvhøe	INLD		-
48	Lauvhøe	INLD		-
49	Leirtjønnskollen/ Leirtjønnskollfonna	TRLG		-
50	Lendbreen	INLD		2541
51	Litlfjellet, Sunndal	M&R		-
52	Lordalen statsallmenning	INLD	Usikker fonn	-
53	Lortfonna/Nonsfjellkollen	M&R	lagret som både L og N	1695

54	Løftingfonnkollen	TRLG		1714
55	Løpesfonna	TRLG		-
56	M. Knutshø	TRLG		-
57	Mjellknapp	INLD		-
58	Moldufonn	INLD		2546
59	Møydulbreen	INLD		2551
60	Mårådalsbenken	INLD		-
61	N. Knutshø	TRLG		-
62	N. Svarthammaren	M&R		1681
63	Namnlauskollen	TRLG		-
64	Nautgardstind	INLD	Fonn rett nedenfor Naut	-
65	Nordre Dalfonn	INLD		-
66	Raslet fonn B	INLD		2822
67	Raudbekkjekollen	M&R		-
68	Reineskarvet 2	Viken	Askeladden, usikker fonn	-
69	Reineskarvet/Sandskardet	Viken	Askeladden. Usikker fonn, to funn i nærheten av Svortjørne	-
70	Reinskarvet 3	Viken	Askeladden, usikker fonn	-
71	Ringshornet	M&R		-
72	Runningsbrean	INLD		2574
73	Råstu, Sunndal	M&R		-
74	Sandgrovskardet	INLD		2556
75	Sandgrovskardet	INLD		2554
76	Sandurfjellet	M&R		1927
77	Sandåfjellet/Svorundkammen	TRLG	øst for 1633, nedenfor en annen fonn	-
78	Seilandsjøkelen	T&F		15
79	Sissihøa	TRLG		-
80	Skirådalskardet	TRLG		-
81	Skiråtangen (Sunndal)	M & R		-

82	Slanglifjellet	M&R	buestilling	-
83	Smiugjelsbrean	INLD		2739
84	snøhetta	INLD		1736
85	Storbreen	INLD		2636
86	Storbreen	TRLG		1723
87	Storfonne	INLD		2736
88	Storgrovbrean	INLD		2600
89	Storgrovfonna	TRLG		-
90	Storhornet	TRLG		1631
91	Storhøe	INLD	sydvest for 1732	-
92	Storivilen	INLD		2545
93	Stuora Kárrá	T&F	Askeladden	-
94	Styggebrean	INLD		2608
95	Svartdalskaret	TRLG		-
96	Søredalfonn	INLD		-
97	Såtåtind	M&R		1645
98	Tjønnglupegga	TRLG		-
99	Trollfonnegge	INLD		-
100	Trollsteinhøe	INLD		-
101	Trollsteinhøe aust	INLD		-
102	Tverrfjellet	TRLG		-
103	Tythøas østside	TRLG		-
104	Tørresdalfonna/Kinnin	TRLG		-
105	Vegskardet	TRLG		-
106	Vennisfjellet fonn 13	INLD		-
107	Vennisfjellet fonn 18	INLD		-
108	Veslekvelvi	Viken		2954
109	Veslivilen	INLD		-
110	Vesljuvbrean	INLD		2601

111	Vossaskavlen	Vest	Askeladden	2864
112	Åndfonne	INLD		2540



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 509 I MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no