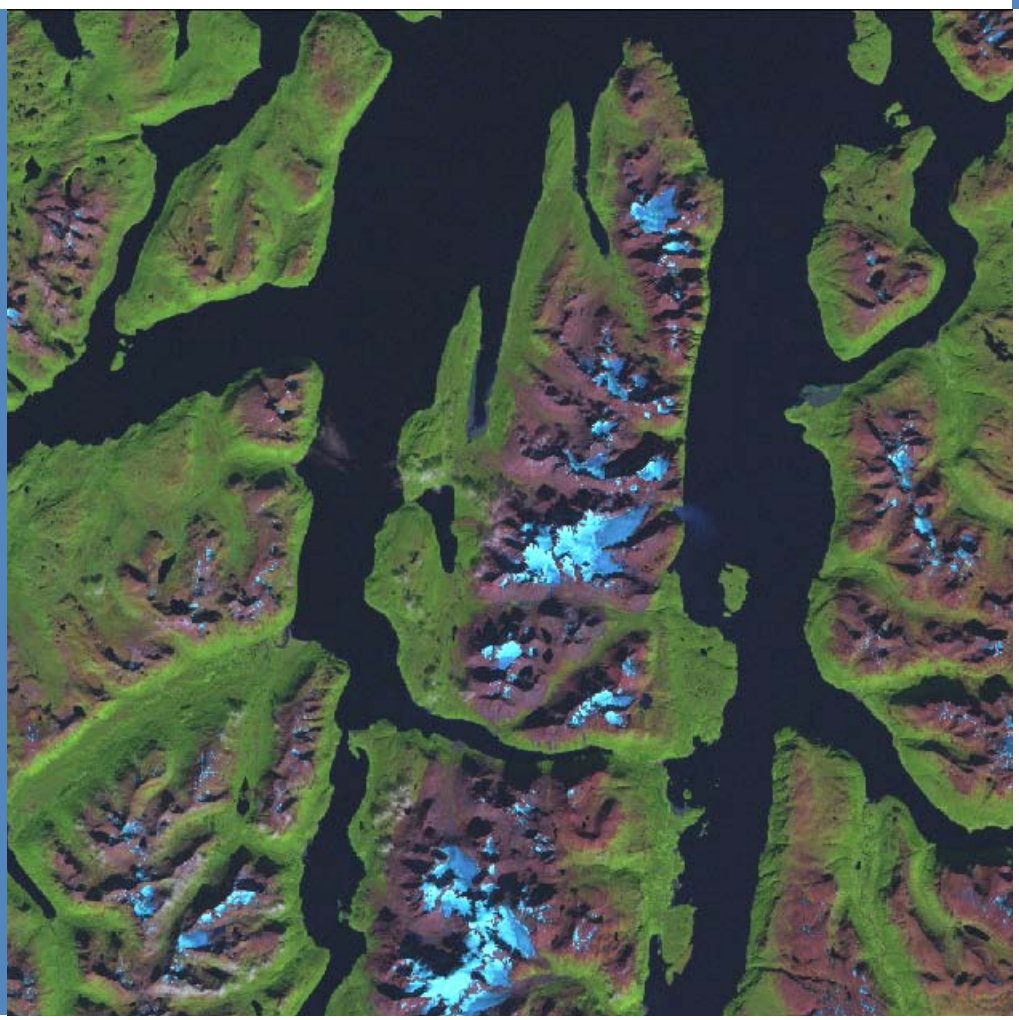
NVE

Satellittbasert brekartlegging i Lyngen

Jon Endre Hausberg
Liss M. Andreassen

7
2009



RAPPORT

Satellittbasert brekartlegging i Lyngen

Norges vassdrags- og energidirektorat
2009

Rapport nr. 7 2009

Satellittbasert brekartlegging i Lyngen

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Jon Endre Hausberg og Liss M. Andreassen

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto:

ISBN: 978-82-410-0689-0

Sammendrag: Breer i Lyngenområdet er kartlagt fra en Landsat satellittscene fra 2001. Hovedparten av rapporten er viet metoden for brekartlegging. Areal og aspekt til alle kartlagte breer er også beregnet. I tillegg er areal- og lengdeendringer til to utvalgte breer (Strupbreen og Koppangsbreen) beregnet.

Emneord: Satellitt, Fjernmåling, Glasiologi, Landsat, Bre, Breatlas, Brefrontendring, Lyngen, Areal, Aspekt, Strømningslinjer, Lengdeendring

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Juni 2009

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **6**

1.1 Studieområdet 6

2 Metode **7**

2.1 Kvalitetskontroll av satellittscenen 7
2.2 Brekartlegging 8
2.3 Identifisering, editering og digitalisering av brebasseng 9
2.3.1 Breidentifisering og kobling av ID 9
2.3.2 Editering av breomkrets 10
2.3.3 Brebasseng 11
2.4 Kontroll av brekartleggingen 11

3 Resultat **12**

3.1 Alle breer i scenen 12
3.1.1 Antall breer, areal og aspekt 12
3.2 Endring av Koppangsbreen og Strupbreen 14
3.2.1 Data 14
3.2.2 Endring i lengde 14
3.2.3 Endring i areal 16
3.3 N50-kartbladinndeling og kartleggingsdatoer 17

4 Diskusjon og konklusjon **17**

4.1 Brekartlegging 17
4.2 Endring av Koppangsbreen og Strupbreen 18

5 Videre arbeid **18**

6 Referanseliste **19**

Forord

I denne rapporten beskrives satellittbasert kartlegging av breer i Lyngen-området, Troms. Arbeidet er utført ved seksjon bre, snø og is av forfatterne. Finansieringsbidrag til arbeidet kommer fra flere interne og eksterne prosjekter:

- 'Breovervåking fra satellitt', et internt forskningsprosjekt i NVE
- 'Glaciodyn', et internasjonalt samarbeidsprosjekt i forbindelse med 'Det internasjonale polaråret 2007-2008' hvor NVE har fått midler av Norges forskningsråd
- 'Cryorisk' et prosjekt støttet av Norsk Romsenter
- 'EuroCryoClim' et prosjekt støttet av ESA gjennom Norsk Romsenter.

Oslo, juni 2009

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Ånund S. Kvambekk
fung. seksjonssjef

Sammendrag

Breene i Lyngen-området ble kartlagt ved bruk av en Landsat ETM+ satellittscene fra 2001. Klassifikasjonen av breene ble gjort ved å segmentere et forholdsbilde opprettet ved å dele kanal 3 med kanal 5 i tillegg til en terskel i kanal 1 for å forbedre kartlegging av bre i skygge. Resultatet fra den automatiske klassifiseringen ble kontrollert og redigert i områder hvor metoden ikke fungerte. Hver bre ble identifisert og tildelt en ny ID som ble koblet sammen med eksisterende ID fra det tidligere breatlaset.

Metoden som ble benyttet kartlegger breene tilfredsstillende i de fleste områder, men i områder hvor bre enten var i kontakt med vann eller lå i skygge oppsto det i noen tilfeller problemer som krevde manuell editering.

Ut fra denne kartleggingen er det registrert 487 breer, hvorav 23 breer helt eller delvis dekket av skyer ble utelatt fra den videre analyse. Areal og aspekt ble beregnet for alle 464 kartlagte breer i scenen. De fleste breene er mindre enn 0,5 km², men disse utgjør bare 31 % av det totale brearealet. Noen av de mindre breene kan være snøfonner. Området er dominert av breer med areal mellom 1 og 5 km², og disse utgjør 44 % av det totale brearealet. For breer større enn 1 km² er nordøst den dominerende orienteringen.

For Koppangsbreen og Strupbreen ble lengde- og arealendringer beregnet ut fra eldre kart. Brefronten til Strupbreen har mellom 1952 og 2006 smeltet tilbake ca. 550 m, og fronten til Koppangsbreen har fra 1978 fram til 2006 smeltet tilbake ca. 300 m. I perioden 1973 til 2001 har arealet til Koppangsbreen økt med 13 %, mens arealet til Strupbreen har for den samme perioden blitt redusert med 25 %.

1 Innledning

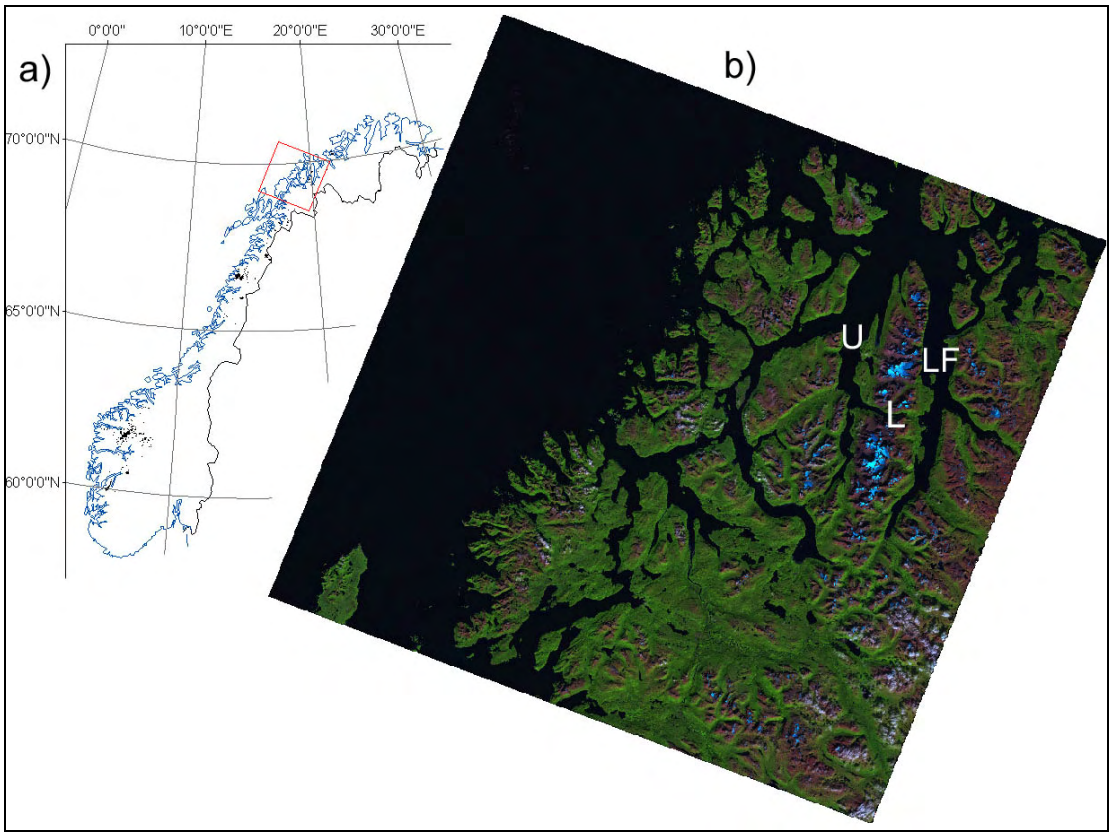
Et detaljert studie av det totale bredekte arealet i Norge har ikke blitt utført siden breatlasene ble laget på midten av 1980 tallet for Sør-Norge (Østrem m.fl. 1988) og starten av 1970 tallet for Nord-Skandinavia (Østrem m.fl. 1973). Selv om norske bremålinger er omfattende med lange tidsserier av massebalanse og lengdeendringer av en rekke breer, er de fleste breene umålte. Det er derfor viktig å få en oppdatert kartlegging av breenes tilstand og endringer siden de forrige breatlasene. For å oppnå dette har NVE startet arbeid med et nytt breatlas for hele Norge ved bruk av Landsat satellittbilder. Kartlegging av norske breer i Lyngen vil også inngå i prosjektene CryoClim og Glaciodyn som NVE deltar i. I tillegg vil dataene fra Lyngen-området bli levert til det internasjonale initiativet Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) som NVE deltar i.

I dette arbeidet bruker vi en Landsat ETM+ scene fra sommeren 2001 med utmerkede snøforhold for brekartlegging. Scenen dekker Lyngenområdet i Nord-Norge. Målet med arbeidet er å kartlegge alle breene dekket av scenen og kontrollere og identifisere disse slik at resultatene kan brukes til å oppdatere breatlaset for dette området. For å danne et overblikk over breene i området ble også areal og aspektet til alle kartlagte breer beregnet. To breer (Koppangsbreen og Strupbreen) som det finnes digitale kartdata for ble valgt ut for å beregne lengde- og arealendringer.

1.1 Studieområdet

Området som er kartlagt er definert av dekningen til Landsat-scenen som er benyttet. Dette omfatter de fleste breer lokalisert på Norges fastland fra ca. 68°33'N til 70°20'N og 19°39'Ø til 16°58'Ø (se fig. 1.a). De fleste breene i dette området ligger på Lyngshalvøya mellom Ullsfjord og Lyngenfjord (se fig. 1.b). Området bærer sterkt preg av glasiasjon, og de fleste breene som er lokalisert her er dalbreer. I tillegg finnes det iskapper på noen av de høyeste toppene som er ca. 1800 moh. De største breene på Lyngshalvøya er Sydbreen, Strupbreen og Fornesbreen. Breene som ligger omkring Lyngshalvøya er ofte små botnbreer med en middelhøyde på ca. 700 moh. (Østrem m fl. 1973, Whalley og Kjøllmoen 2000).

Breene i området er tidligere blitt kartlagt i breatlaset over Nord-Skandinavia utgitt av NVE (Østrem m fl. 1973). For Lyngen-området er breatlaset basert på flybilder eller kart fra 1952-1971. I tillegg er Strupbreen og Koppangsbreen kartlagt i 1952, 1978 og 1985 (NVE 1985) og i 1998 (Whalley og Kjøllmoen 2000). NVE har utført lengdemålinger på Koppangsbreen og Steindalsbreen siden 1998. På Sydbreen siden 2007.



Figur 1. a) Kart over Norge med utbredelse av Landsat ETM+ scenen fra 20.08.2001 markert med rød firkant. b) Landsat- scenen brukt til kartlegging og analyse, med bokstaver som viser Ullsfjord (U), Lyngshalvøya (L) og Lyngenfjord (LF).

2 Metode

2.1 Kvalitetskontroll av satellittscenen

Når satellittscenen eller data avledet fra scenen skal brukes sammen med andre geografiske data er det viktig at dataene passer sammen. For å få til dette må satellittbildene georefereres slik at rad/kolonne-koordinater blir transformert om til en jordbasert kartprojeksjon. I høyfjellsområder hvor det er mye relieff må også terrenghøyder tas med i betraktningen for å korrigere panoramisk fordreining. En fordreining kan føre til store posisjonsforskyvninger. Ortorektifisering er en operasjon som både georefererer og korrigerer for panoramisk forskyvning ved bruk av en digital terrengmodell (digital terrain modell, DTM). Ortorektifisering av scenen er derfor svært viktig da kvaliteten til denne vil påvirke nøyaktigheten av avledet produkt. Scenen over Lyngen fra 2001 ble levert ferdig ortorektifisert av satellittdataarkivet i Arendal. For å kontrollere kvaliteten av ortorektifiseringen innsamlet vi fem kontrollpunkter som ble identifisert både i satellittscenen og i N50-kartdata. Bildekoordinatene ble omregnet til kartkoordinater og sammenlignet med N50-koordinatene. Resultatet fra denne kontrollen viste en meget tilfredsstillende nøyaktighet på 0,5 piksel, dvs. ±15 m (se tabell 1).

I tillegg til Landsat-scenen fra 2001 ble også to andre Landsat-scener fra 1988 og 2006 benyttet til å beregne lengdeendring for Koppangsbreen og Strupbreen. Disse to scenene ble bestilt fra USGS (U.S. Geological Survey) og ble deretter ortorektifisert ved bruk av programvaren PCI Geomatica og Statens kartverks DTM med 25 m oppløsning. Etter ortorektifisering ble scenene kontrollert på samme måte som 2001-scenen (se tabell 1).

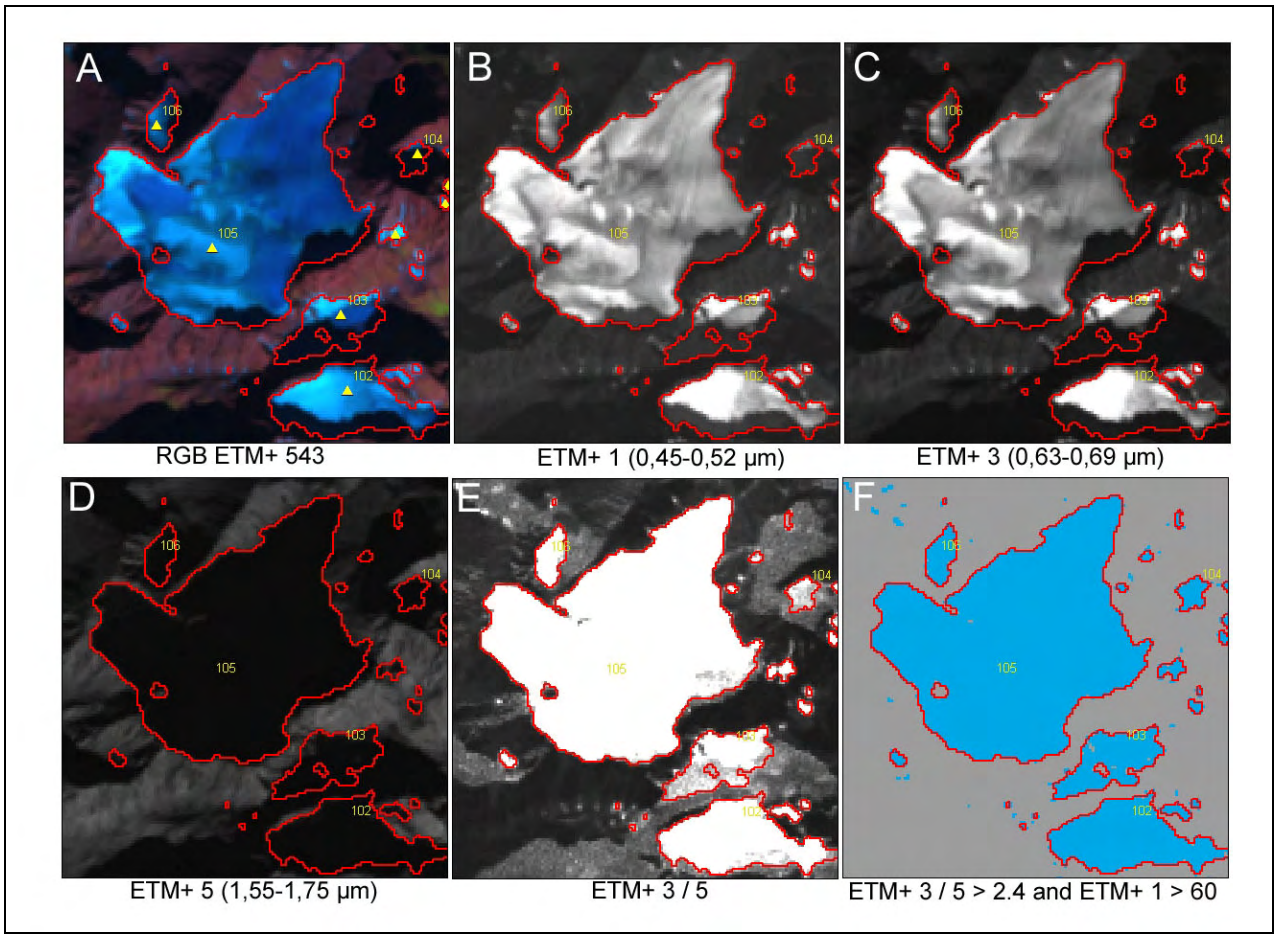
Tabell 1. Resultatet fra nøyaktighetskontroll av satellittscenene. Tabellen viser roten av gjennomsnittlig kvadratfeil (RMS) og middelfeil til X- og Y-koordinatene til de fem punktene benyttet for kontroll. Både RMS-verdiene og middelfeilen er innenfor ett piksel (30 m.).

Scene årstall	Ant. Punkt	X-RMS (piksler)	Y-RMS(piksler)	Sum X-diff. (m)	Sum Y-diff. (m)	Middelfeil X (m)	Middelfeil Y (m)
2001	5	0.33	0.33	-67.82	53.7	-13.56	10.74
2006	5	0.71	0.62	91.5	87	18.3	17.4
1988	5	0.68	0.18	-87.5	99.5	17.5	19.5

2.2 Brekartlegging

Bruk av Landsat satellittbilder for kartlegging av breer har vist seg å være en effektiv, nøyaktig og robust metode også for små alpine breer (Paul m.fl. 2002; Kääb m.fl. 2002). Breomkretsen kan avledes fra satellittbildet ved å segmentere et forholdsbilde opprettet fra kanal 4 eller 3 delt på kanal 5 (Bayr m.fl. 1994, Sidjak og Wheate 1999, Paul and Kääb, 2005). Et pilotstudie av breer i Jotunheimen og Breheimen i Sør-Norge, hvor en rekke valideringsdata var tilgjengelig, viste at metoden var robust og nøyaktig for morenefrie breer (Andreassen m fl., 2008). Metoden har fungert også godt for breer i Svartisen- og Blåmannsisen-området i Nord-Norge (Paul og Andreassen, 2009). Metoden utnytter de spektrale forskjellene breer har i det synlige til det nærinfrarøde spekteret (0,45-0,90 µm) i forhold til den kortbølgede infrarøde delen av spekteret (1,55-1,75 µm) (se fig. 2). Breer har veldig høy refleksjon i starten av det synlige spekteret (0,45-0,52 µm) (se fig. 2b), noe som kan føre til detektormetning. En tilleggsterskel i denne delen av spekteret kan derfor brukes til forbedring av brekartlegging i skygge (Paul og Kääb, 2005). Medianfiltrering av det binære terskelbildet reduserer støy i skygge og fjerner isolerte piksler.

Studieområdet i Lyngen er bratt og scenene som dekker Lyngen inneholder derfor mye skygge som vanskeliggjør brekartleggingen. Et forholdsbilde opprettet fra ETM+ 3 / ETM+ 5 ble derfor benyttet da denne kombinasjonen har vist seg bedre egnet for kartlegging av breer i skygge enn ETM+ 4 / ETM+ 5 (for eksempel Andreassen m fl., 2008). En terskel på 2,4 ble brukt på dette forholdsbildet i tillegg til en terskel på 60 i ETM+ kanal 1. Det binære terskelbildet ble filtrert med et 3×3 medianfilter før breomkretsen ble avledet.



Figur 2. Breers spektrale egenskaper i ETM+ sensorens kanaler, og hvordan disse kan kombineres for brekartlegging. A) et utsnitt av Landsat ETM+ scenen med RGB-fargesammensetning 543 som viser breer med avledet breomkrets. B, C og D viser det samme området som A, men kun med enkle ETM+-kanaler. E) Forholdsbilde avledet fra ETM+-kanalene 3 og 5. F) det binære resultat bildet fra terskling av forholdsbildet og ETM+-kanal 1.

2.3 Identifisering, editering og digitalisering av brebasseng

2.3.1 Breidentifisering og kobling av ID

Etter at breene i scenen var kartlagt med den automatiske algoritmen og resultatet kontrollert (se kapittel 2.4), ble hver bre identifisert og tildelt et punkt (ID-punkt) med unik ID. I 1973-atlaset var breene i området kartlagt og nummerert med breatlasnummer fra 1-106 innenfor hvert delvassdrag (Østrem m fl., 1973). I dette breatlaset finnes skissekart i målestokk 1: 250 000 som viser breene med nr. For å kunne sammenligne det nye og det gamle breatlaset måtte de nye ID-punktene kobles til de gamle atlasnumrene. I det tidligere breatlaset var koordinatene til hver breenhet oppgitt i grader og i UTM sone 34. Et punktdatasett av disse ble derfor opprettet, men dessverre var nøyaktigheten til koordinatene for grov for automatisk identifisering. For å koble ny og gammel ID ble

derfor breoversiktskartene fra 1973-breatlaset benyttet, men de minste breene var noen ganger vanskelig å identifisere ut fra disse kartene pga. den grove målestokken.

I denne scenen ble 325 breer som allerede eksisterte i forrige breatlas identifisert, mens det i tillegg ble tildelt punkter til 162 nye ”breer”. Pga. oppløsningen til Landsat-sensoren (30 m) kan det være vanskelig å avgjøre hva som er bre og hva som er snøfonn når uregistrerte breer identifiseres. Denne avgjørelsen ble tatt på skjønn ved hjelp av noen enkle regler for hva som var bre:

- Areal > 0,5 km²
- Breform (rundere, ikke lang og tynn)
- Synlig is (blåere piksler i RGB-543)

2.3.2 Editering av breomkrets

Den avledede breomkretsen måtte kontrolleres, og manuelt editeres (se kapittel 2.2) for å sikre et komplett og nøyaktig produkt. Denne valideringen ble i hovedsak utført ved visuell inspeksjon av satellittscenen, men i tillegg ble også N50-kartdata og ortofoto benyttet for å bekrefte kvaliteten til kartleggingen og som støtte til editeringer. Det var i hovedsak områder hvor bre var i kontakt med vann eller var dekket av skygge og/eller morene hvor det var behov for manuell editering.

For å lett kunne identifisere hvilke breer, hvor på breene og hva som var årsaken for editering ble editerte linjer tildelt en editeringskode (Edit_code) (se tabell 2).

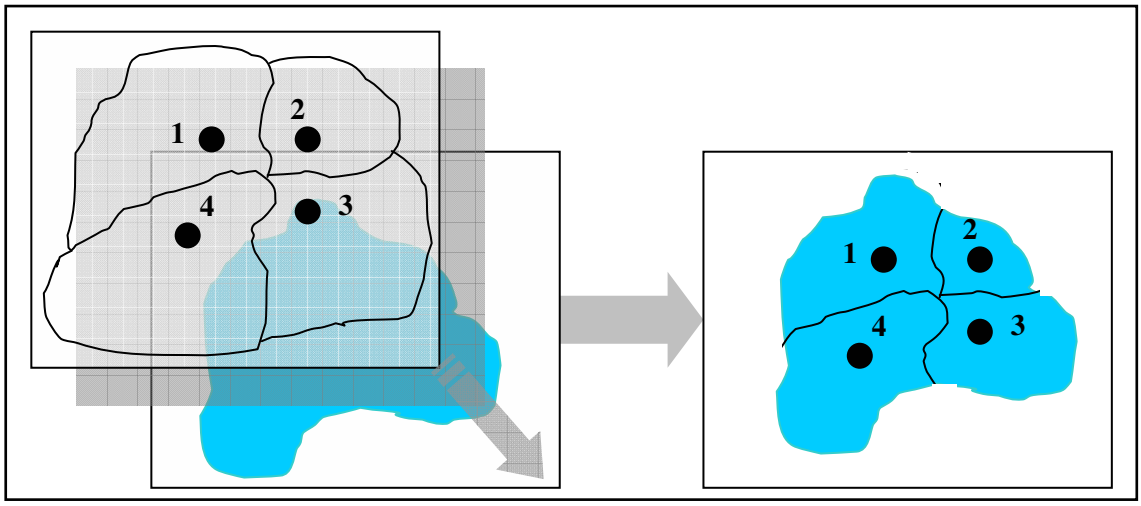
Tabell 2. Alle breomkretslinjer som ble editert ble tildelt en kode som viser grunnen for editering. Disse kodene ligger i attributt-tabellen til ”BreOmkretsL” under kolonnen ”Edit_Codes”.

Edit Codes	
1	morain
2	lake
3	snow patch
4	other
5	bind together glacier
6	removed on the basis of border
7	devided in internal rock
8	shadow
9	cloud

Hensikten med editeringskodene er å kunne identifisere hvilke breer som måtte editeres slik at disse eventuelt kan utelates fra analyser osv. Breer med editeringskode 9 må f.eks. ikke tas med i en arealanalyse og bre med kode 8 bør vurderes, da den eksakte omkretsen til disse ved noen tilfeller kan være vanskelig å bestemme. Av alle identifiserte breer (487) er det editert på ca. 23 % (113). Av de editerte breene var ca. 5 % dekket eller i kontakt med skyer, og 14 % (69) ble editert på grunn av skygge.

2.3.3 Brebasseng

Ved å digitalisere grenser rundt hver enkelt bre, kan disse sammen med ID-punktet til hver bre brukes til automatisk identifisering og inndeling av breer (se fig. 3). Brebassengene brukes også som isskiller. Isskillene ble opprettet ved manuell digitalisering ved å se på isskillene fra breatlaset fra 1973 i tillegg til bruk av høydekurver, flow accumulation og flow direction-rastere opprettet fra digital terrengmodell (DTM).

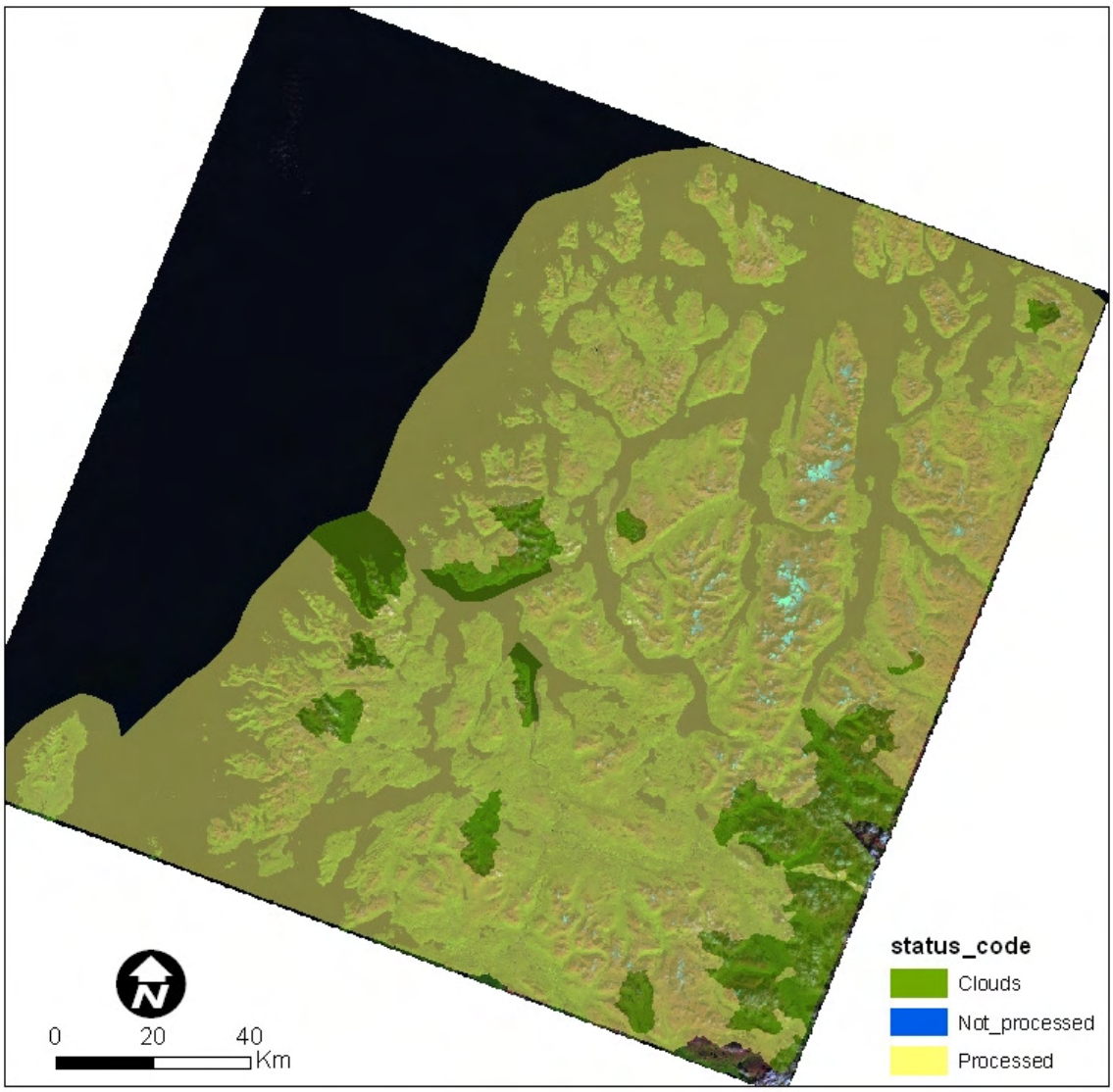


Figur 3. Illustrasjon som viser hvordan brebassengene sammen med ID-punktene kan brukes for identifisering og inndeling av breomkretser. Til venstre blir brebassengene og ID-punktene brukt som en "cookie cutter" for oppdeling av breen etter isskillene og tildeling av breid. Resultatet av identifiseringen og inndelingen vises til høyre i figuren.

2.4 Kontroll av brekartleggingen

En viktig del av brekartleggingen er systematisk gjennomgang av hele scenen for å kontrollere at alle breer er blitt identifisert, kontrollert, tildelt brebasseng og at alle feilklassifiseringer er fjernet. Til dette formålet benyttet vi NVE's digitale register over nedbørfelt (REGINE) som definerer den hydrografiske inndelingen av Norge i nedbørfelt (http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Databaser-og-karttjenester/Register-over-nedborfelt-REGINE-/.). Hvert REGINE-polygon innenfor scenen ble gjennomgått og tidelt en "status_code" med verdi "Not_processed", "Processed" eller "Clouds". Hvis deler eller hele nedbørfelt inneholdt skyer over breer ble koden "Clouds" tildelt. Dette datasettet kan dermed effektivt brukes for å gi en oversikt over hvilke områder som ble ferdig kontrollert og hvilke områder som ikke kunne kartlegges med denne scenen på grunn av skyer (se fig. 4.).

Etter systematisk gjennomgang og kontroll av hele scenen ble topologien kontrollert. Denne topologikontrollen er definert i geodatabasen og sikrer at alle idpunktene ligger innenfor en breflate og at alle breflater har et brebasseng osv.



Figur 4. Inndeling av nedbørfelt i scenen som er ferdig prosessert og kontrollert ("Processed"), nedbørfelt som er ufullstendig kartlagt pga. skyer ("Clouds") og områder som ikke er prosessert ("Not_processed").

3 Resultat

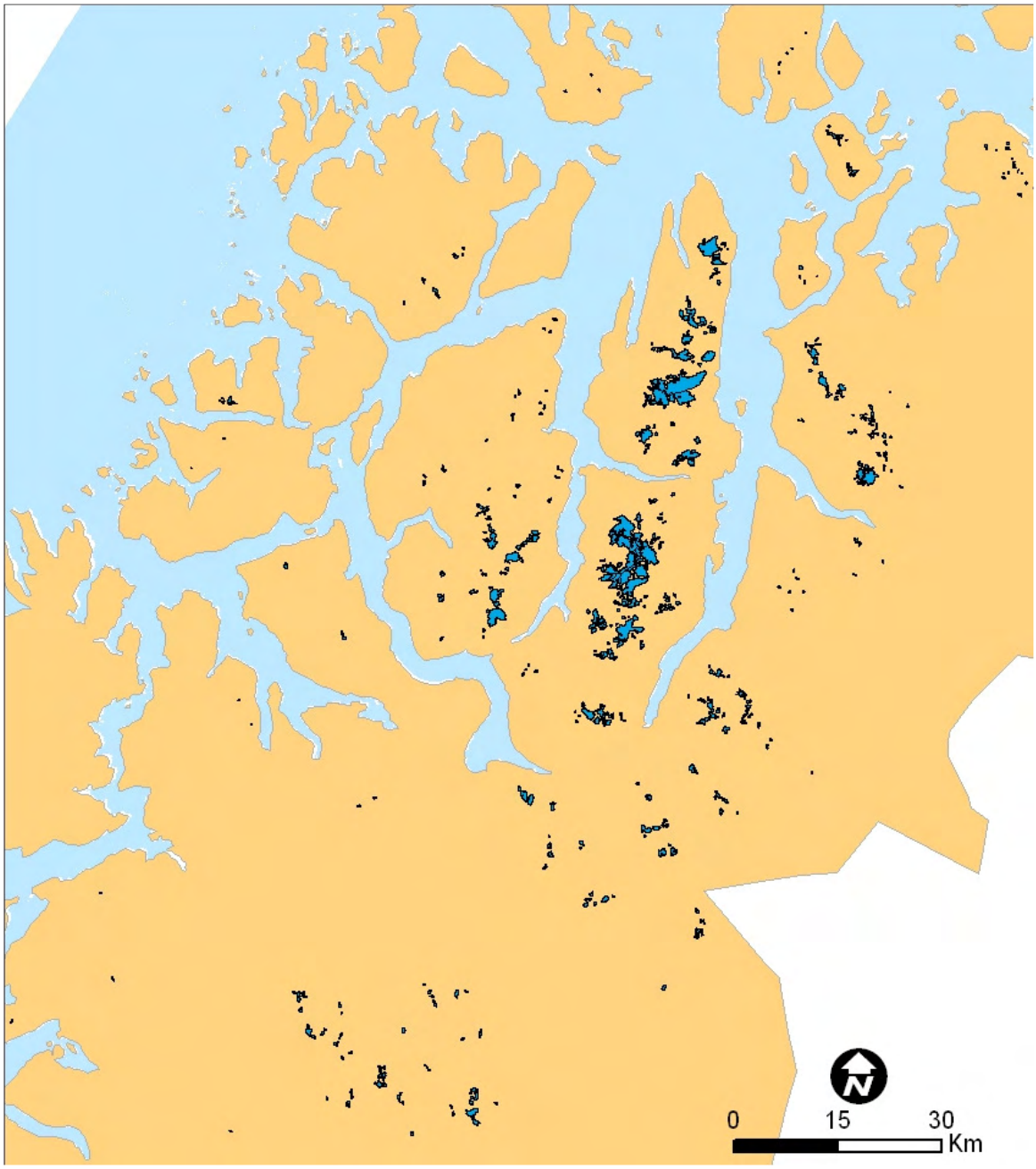
Det er beregnet areal og aspekt (orientering) for alle de kartlagte breene i scenen (kapittel 3.1). I tillegg er det blitt utført mer detaljerte analyser på den største sammenhengende ismassen i scenen som består av Strupbreen og Koppangsbreen (kapittel 3.2).

3.1 Alle breer i scenen

3.1.1 Antall breer, areal og aspekt

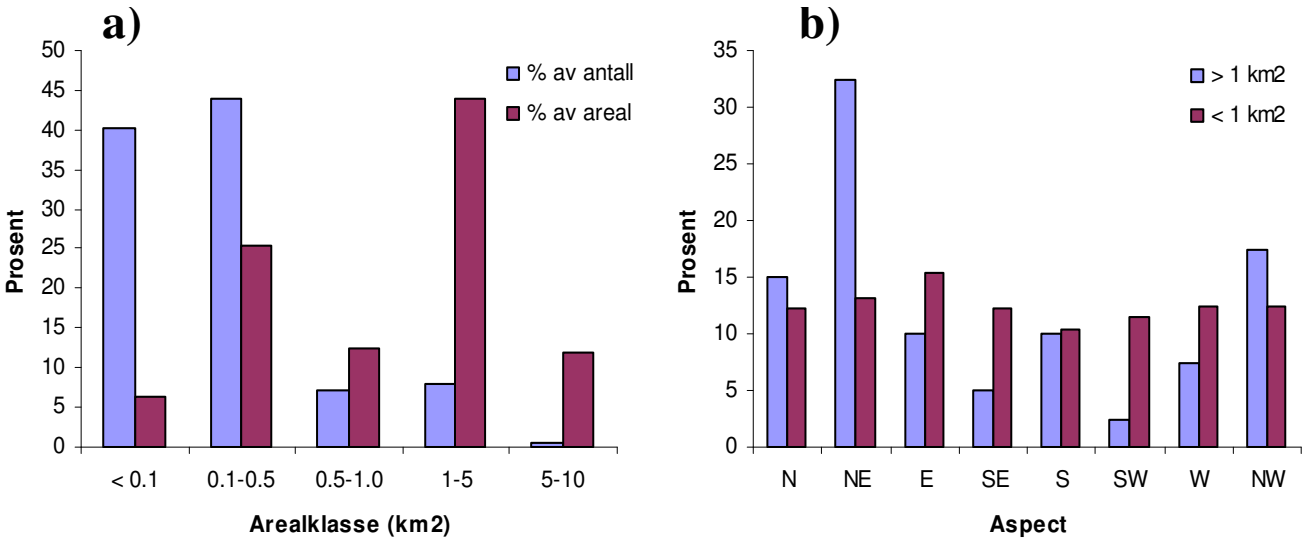
Ut fra brekartleggingen er det registrert 487 breenheter i Lyngen-området, men noen av disse er ikke kartlagt fullstendig pga skyer. Breer som var delvis dekket av skyer er ikke

tatt med i den videre analysen. Totalt 464 breer i scenen har fått tildelt brebasseng og bre-ID (se fig. 5). Disse breene utgjør et totalt areal på 178,7 km² (gjennomsnittelig areal: 0,38 km²). Området er dominert av breer med areal mellom 1og 5 km². Breene i denne klassen utgjør 44 % av det totale arealet, men bare 8 % av det totale antallet (se fig. 6a). Det er flest breer i arealklassen 0,1-0,5 km² hvor 44 % av det totale antallet befinner seg. Denne klassen utgjør også 25 % av det totale arealet. Den største arealklassen (5-10 km²) består av Strupbreen (9,98 km²), Fornesbreen (6,35 km²) og Steindalsbreen (5,14 km²). Disse utgjør til sammen 12 % av det totale arealet.



Figur 5. Resultatet fra brekartleggingen med Lyngen-scenen. Her vises breomkretsene for alle de 464 kartlagte breene i scenen som ikke er dekket av skyer.

Gjennomsnittelig aspekt til hver bre er beregnet etter samme metode som Paul (2007). Breene i området er orientert i alle retninger, men for breer større enn 1 km² er det nordøst-orienteringen som dominerer (se fig. 6b).



Figur 6. Stolpediagram som (a) viser prosent av breareal og antall breer i hver arealklasse og (b) aspektorienteringen til breene i scenen (464 breer).

3.2 Endring av Koppangsbreen og Strupbreen

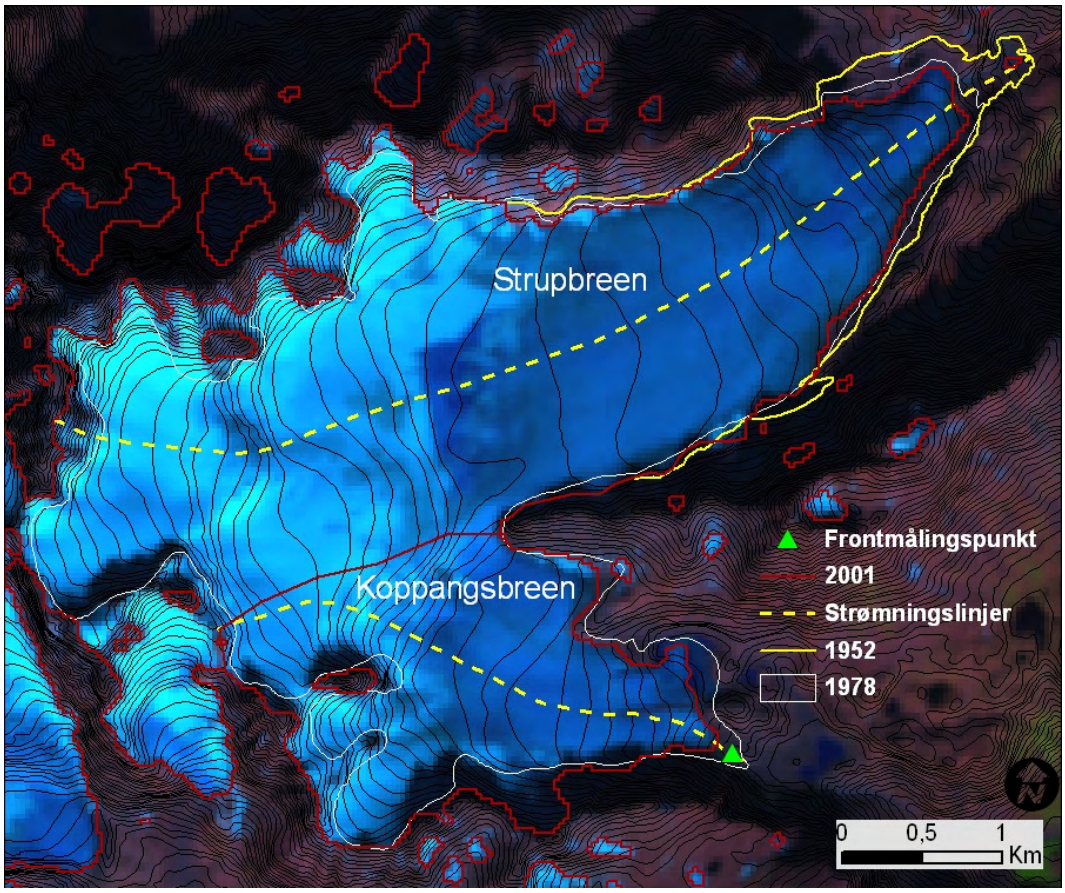
3.2.1 Data

I tillegg til Landsat-scenen fra 2001, som er benyttet for kartlegging av alle breene i scenen, ble også to andre Landsat TM-scener fra hhv. 03.09.1988 og 28.08.2006 benyttet til lengdemåling av Koppangsbreen og Strupbreen. For lengdemåling og arealberegning ble også N50-kartdata og detaljerte brekart benyttet. De to breene er dekket av kartblad nummer 1634-3 Lyngen som i kartversjonen fra 2005 er konstruert på grunnlag av flyfoto fra 1993 (Statens Kartverk). Omkretsen til Strupbreen og Koppangsbreen er i brekartet fra NVE (1985) konstruert ut fra flyfoto fra 1985, 1978 og bare Strupbreen i 1952. I breatlaset laget av Østrem et al. (1973) ble breregistreringen foretatt på grunnlag av eksisterende topografiske kart samt flyfotografier vesentlig fra perioden 1952-1972. Kartenes opplysninger om breenes konturer, ble der det var nødvendig, korrigert ved hjelp av flybilder. Dataene fra dette breatlaset finnes som tabelldata.

3.2.2 Endring i lengde

Strømningslinjer ble digitalisert manuelt ved bruk av satellittbilde, breomkrets og høydekurver som datagrunnlag. Strømningslinjene går fra breens høyeste punkt og nedover breen mest mulig vinkelrett på høydekurvene og i breens senter fram til den ytterste registrerte brefront (se fig. 7). Breens lengde måles ved å måle lengden til strømningslinjen fra breens høyeste punkt og ned til punktet på linjen hvor brefronten

krysser. På Koppangsbreen utføres det også årlige frontmålinger i felt. Punktet benyttet som referansepunkt for målingen ligger omtrent på linje med den digitaliserte strømningslinjen (se fig. 7). Feltmålingene kan dermed benyttes som kontroll eller i tillegg til målingene utført i forhold til kartlagt breomkrets (se fig. 8).



Figur 7. Strømningslinjer for Strupbreen og Koppangsbreen opprettet ved hjelp av breomkrets, høydekurver og satellittscenen.

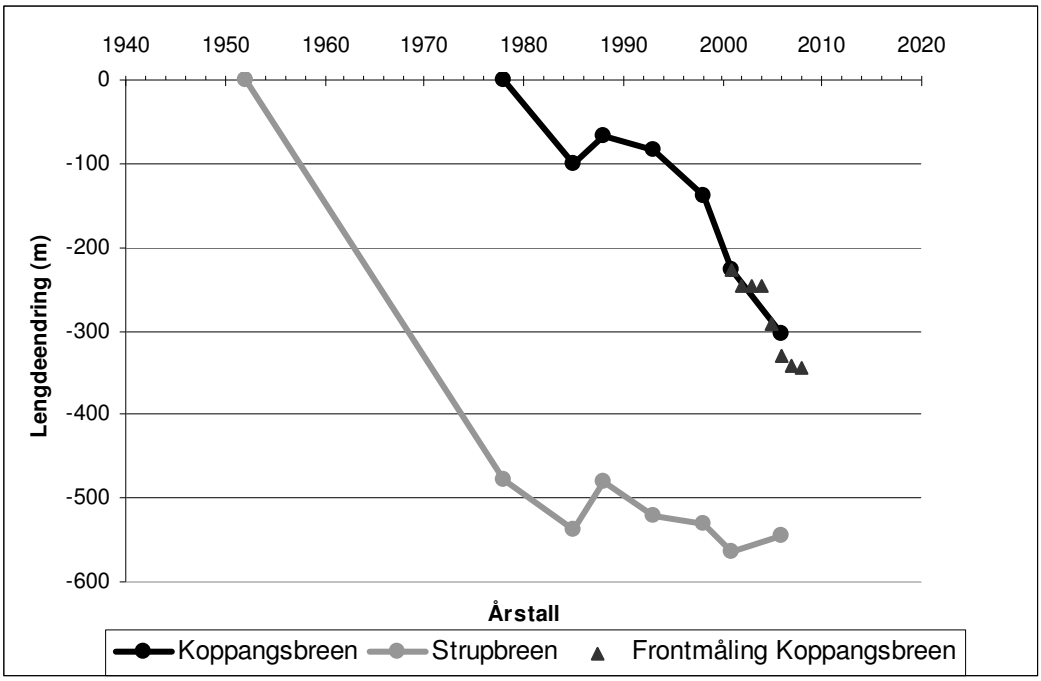
Lengden av strømningslinjer for Strupbreen og Koppangsbreen ble beregnet ved å måle den totale lengden til strømningslinjene fram til 2001-brefronten. Avstanden til eldre brefronter er målt fra 2001-brefronten langs strømningslinjen og oppgitt som ΔL (se tabell 3)

Tabell 3. Lengden av Koppangsbreen og Strupbreen langs strømningslinjene.

Lengdemåling Koppangsbreen		
År	L (m)	ΔL
1978	3574	0
1985		-101
1988		-67
1993(N50)		-84
1998		-138
2001		-223
2006		-303

Lengdemåling Strupbreen		
År	L (m)	ΔL
1950	6774	0
1978		-478
1985		-537
1988		-481
1993(N50)		-521
1998		-530
2001		-563
2006		-545

For å illustrere endringene til brefrontene fra den eldste målingen fram til den nyeste, ble også brefronten målt ut fra et Landsat-bilde fra 2006 (se fig. 8). Brefronten til Strupbreen har mellom 1952 og 2006 smeltet tilbake ca. 550 m, noe som tilsvarer 10 m per år. Den største endringen skjedde mellom 1952 og 1978 da brefronten smeltet tilbake 478 m, dvs. i gjennomsnitt 18 m per år. Fra 1978 og fram til 2006 har fronten av Strupbreen smeltet tilbake 100 m, tilsvarende ca 4 m per år. Brefronten til Koppangsbreen har fra 1978 fram til 2006 smeltet tilbake ca. 300 m, som tilsvarer 11 m per år (se fig. 8).



Figur 8. Frontposisjonsendringer til Koppangsbreen og Strupbreen og frontmålinger for Koppangsbreen. Frontposisjonen i 1988, 2001 og 2006 er målt fra Landsat bilder. Frontmålingene til Koppangsbreen er relative til breens frontposisjon i 2001.

3.2.3 Endring i areal

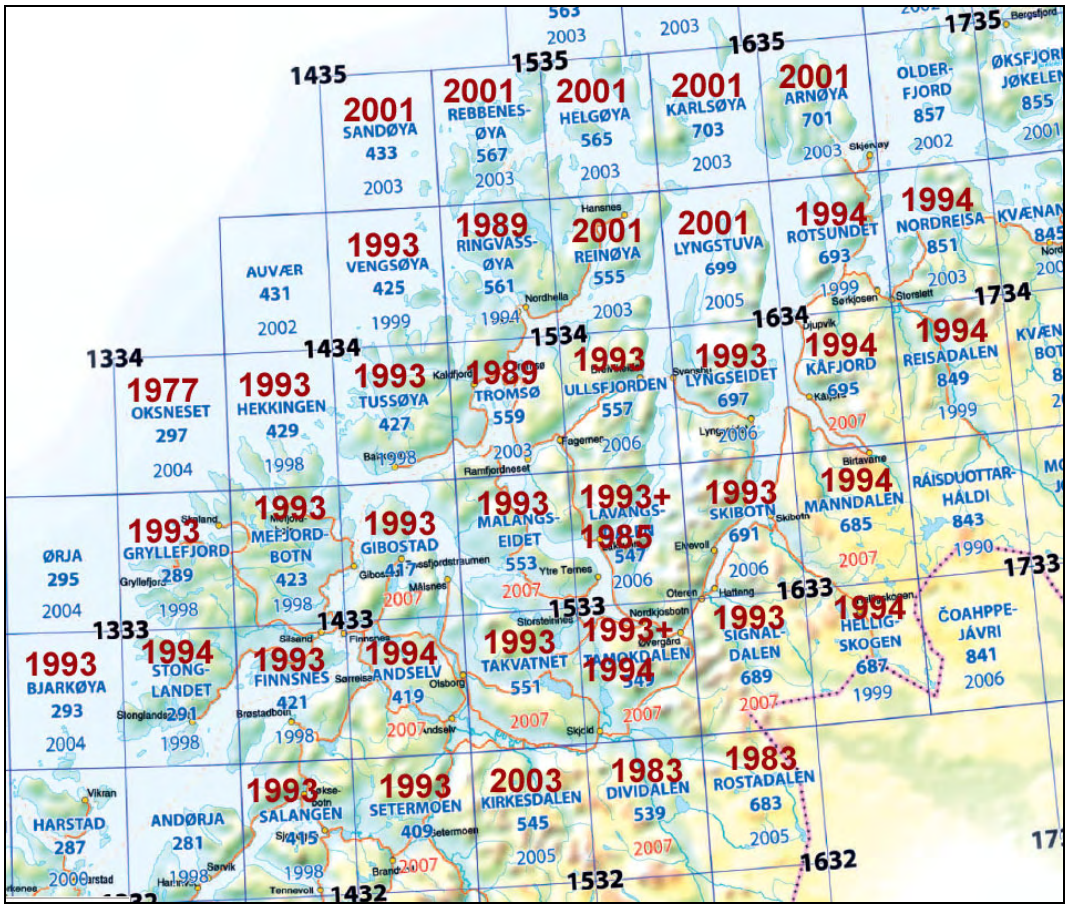
For Koppangsbreen og Strupbreen finnes det flere breomkretser fra ulike årstall. Tabell 4 viser arealet til disse breene fra disse årene. Arealet til Koppangsbreen har fra 1973 til 2001 økt med 1,31 km² noe som tilsvarer en økning på 13 %, mens arealet til Strupbreen har for den samme perioden blitt redusert med 1,21 km², noe som utgjør en reduksjon på 25 %.

Tabell 4. Arealet til Koppangsbreen og Strupbreen i ulike år.

	Areal (km2)					
Navn	**1973**	**1978**	**1985**	**1993(N50)**	**1998**	**2001**
Strupbreen	8.7	9.2	9.3	9.6	9.5	10
Koppangsbreen	4.9	3.3	3.7	3.6	3.6	3.7

3.3 N50-kartbladinndeling og kartleggingsdatoer

Bruk av N50-bredata til å anlysere endringer i areal og lengde er utfordrende i Lyngen-området pga. ulike konstruksjonsdatoer på de ulike N50-kartbladene. Det trengs 39 N50-kartblad for å dekke Lyngen-området kartlagt med Landsat-scenen (se fig. 9). Blant disse er det åtte forskjellige årstall hvor det eldste kartbladet er konstruert fra flyfoto fra 1977 mens det yngste er basert på flyfoto fra 2003 (se fig. 9). Analyse av areal- og lengdeendring mellom Landsat-scenen fra 2001 og N50-kartdataene vil derfor være ulike og ikke direkte sammenlignbare pga. de ulike årstallene.



Figur 9. Kart med rutenett som viser N50-kartbladinndelingen for Lyngen området. Røde årstall er året flyfotoene benyttet til kartkonstruksjon er tatt i N50-kartversjon 2005.

4 Diskusjon og konklusjon

4.1 Brekartlegging

Kvaliteten til brekartleggingen er i stor grad relatert til de benyttede satellittbildene. Det er derfor viktig å bruke scener som er ortorektifisert ved bruk av en nøyaktig DTM, og

etter ortorektifiseringen foreta en kontroll for å sikre tilstrekkelig geometrisk nøyaktighet. Kvaliteten til brekartleggingen vil også avhenge av snøforhold, atmosfæreforhold og skyggeforholdene i satellittscenen. Disse faktorene førte til at manuell editering var nødvendig i områder hvor den automatiske klassifiseringen ikke fungerte. Landsat-scenen fra 2001 som ble brukt til brekartleggingen hadde gode snøforhold for brekartlegging (dvs. lite gjenværende snø), men på grunn av bratt topografi var flere breer dekket av skygge. Det ble derfor benyttet en tilleggsterskel i kanal 1 i tillegg til forholdsbildene (kanal 3 delt på kanal 4) for å forbedre kartlegging av bre i skygge. Segmentering av forholdsbilde med en tilleggsterskel i kanal 1 fungerte godt i et bratt område som Lyngen.

Den mest tidkrevende og utfordrende delen av arbeidet kom etter segmentering av forholdsbildene. Breer måtte da manuelt identifiseres og skilles fra snøfonner, noe som er svært vanskelig i et satellittbilde da store snøfonner og små breer ofte ser like ut. De identifiserte breene ble også kontrollert, og ved flere tilfeller hvor breene lå i skygge eller var i kontakt med vann måtte breomkretsen manuelt editeres. I noen av tilfellene var skyggen så mørk at editeringen var svært vanskelig. Ved framtidige analyser vil det derfor være viktig å selektere alle breomkretser editert pga. skygge og vurdere om disse skal inngå i analysen.

4.2 Endring av Koppangsbreen og Strupbreen

Lengdeendringene som ble målt for Koppangsbreen og Strupbreen ble utført ved å beregne krysningspunktene mellom breomkretsene og breens strømningslinje. Nøyaktigheten til lengdemålingene er derfor relatert til nøyaktigheten til breomkretsene samt posisjonering av strømningslinjen. En bre vil ofte ha flere strømningslinjer, med ulik lengde, og disse er påvirket av flere faktorer som istykkelse, overflatehelning, bunntopografi, osv. Siden breer sjelden smelter jevnt tilbake langs brefronten, vil resultatene av lengdemålingene være påvirket av hvor den manuelt digitaliserte strømningslinjen trekkes og hvor den krysser brefronten.

Arealendringene til Koppangsbreen og Strupbreen ble beregnet ut fra breomkretser opprettet fra ulike datatyper og metoder. Dette medfører at ulike snøforhold og/eller ulike tolkninger av breutbredelse kan føre til over- eller underestimering av brearealet. Når arealendringene til bare én bre måles, vil små forskjeller som oppstår pga. ulike snøfohold og ulike tolkninger av operatør kunne gi falske arealendringer. Derfor bør denne typen sammenligninger gjøres med varsomhet og helst for et større utvalg av breer. I tilfellet Koppangsbreen hadde breen en arealøkning på 13 % selv om lengdeendringen var negativ i perioden 1978-2001. Arealøkningen skyldes hovedsakelig at akkumulasjonsområdet hadde økt, ikke at fronten hadde vokst. Forsiktighet bør derfor utvises når ulike datatyper benyttes til å beregne endringer i areal.

5 Videre arbeid

For å oppnå et best og mest mulig komplett breatlas for Lyngen-området bør nye satellittscener benyttes for å kartlegge breene som i 2001-scenen var dekket av skyer. Breomkretser som pga. skygge ble editert bør også kartlegges på nytt med flybilder eller andre satellittscener uten eller med mindre skygge.

Ved skanning og digitalisering av eldre N50-kart kan breomkretsen til alle breene i scenen benyttes til arealendringsberegninger. Kartdataene kan også brukes til beregning av lengdeendringer for alle breene i området dersom strømningslinjer blir digitalisert.

6 Referanseliste

Andreassen, L. M., Paul, F., Kääb, A., og Hausberg, J. E., 2008: Landsat-derived glacier inventory for Jotunheimen, Norway, and deduced glacier changes since the 1930s. The Cryosphere, 2, 131-145.

Kääb, A., Paul, F., Maisch, M., Hoelzle, M., and Haeberli, W., 2002: The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: II. First results. Ann. Glaciol., 34, 362–366, 2002.

NVE og Stockholms Universitet, 1985: Strupbreen 1985, North Norway. Brekart.

Paul, F., Kääb, A., 2005: Perspectives on the production of a glacier inventory from multispectral satellite data in the Canadian Arctic: Cumberland Peninsula, Baffin Island. Ann. Glaciol., 42, 59-66.

Paul, F., 2007: The new Swiss glacier inventory 2000: application of remote sensing and GIS. Schriftenreihe Physische Geographie, Universität Zürich, Switzerland, 52, 210 s.

Paul, F. og Andreassen, L., 2009: A new glacier inventory for the Svartisen region, Norway, from Landsat ETM+ data: challenges and change assessment. J. Glaciol.,55 (1922), 607-618.

Sidjak, R. W. og Wheate, R. D., 1999: Glacier mapping of the Illecillewaet icefield, British Columbia, Canada, using, Landsat TM and digital elevation data, Int. J. Remote Sens., 20, 273–284.

Whalley, B. og Kjøllmoen, B., 2000: Lyngen. I: Andreassen, L. M., Kjøllmoen, B., Knudsen, N., Whalley, B. og Fjellanger, J., 2000: Regional change of glaciers in northern Norway. NVE, 1, 122 s.

Østrem, G., Haakensen, N. og Melander. O., 1973: Atlas over breer i Nord-Skandinavia. Meddelelse fra hydrologisk avdeling, NVE, 22, 315 s.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2009

Nr. 1 Ellen Skaansar (red.): Kvartalsrapport for kraftmarkedet, 4. kvartal 2008

Nr. 2 Tiltak for å redusere sannsynligheten for at et område er strømløst over lang tid Regelverksprosjektet mellom NVE, DSB og Statnett (64 s.)

Nr. 3 Lars-Evan Pettersson: Flomforhold i Sør- og Midt-Norge (67 s.)

Nr. 4 Jørn Opdahl, Hervé Colleuille: Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann (fysiske parametere) Drift og formidling 2008 (37 s.)

Nr. 5 Kirsten Westgaard, Helge Ulsberg og Svein Olav Arnesen (red.): Tilsynsrapport 2008 (20 s.)

Nr. 6 Ellen Skaansar (red.): Kvartalsrapport for kraftmarkedet, 1. kvartal 2009

Nr. 7 Jon Endre Hausberg og Liss M. Andreassen: Satellittbasert brekartlegging i Lyngen (20 s.)