

Polar Portalens sæsonrapport 2014

År 2014 ligger over middel, når det gælder mængden af afsmeltning fra Indlandsisen siden 2002. Til gengæld kommer havisen styrket ud af 2014.

De væsentlige overvågningsresultater i Arktis i 2014 er:

- Indlandsisen bidrog med ca. 1,2 mm havniveaustigning
- Lav refleksion af sollys afspejler øget afsmeltning fra Indlandsisen i 2014
- Overflademassebalancen var lavere end normalt – men ikke rekordlav
- Havisen kommer styrket ud af 2014
- Ny varmere rekord i juni i Vestgrønland
- Kun få større ændringer i gletsjerfronternes bevægelse

Iskappen bidrog med ca. 1,2 mm havniveaustigning

Satellitobservationer siden 2002 viser, at Grønlands iskappe ikke er i balance, og at massetabet fra kælving og overfladesmeltning overstiger tilvæksten fra snefald. Derfor har Grønlands indlandsis mistet masse med omtrent 250 Gt/år over det seneste årti. 1 Gt er 1 milliard ton og svarer til 1 kubikkilometer vand. Et massetab på 100 Gt svarer til en havstigning på 0,28 mm.

Satellitmålinger i perioden 2003-2012 viser således et gennemsnitligt massetab fra Indlandsisen, der svarer til en havstigning på ca. 0,7 mm årligt. I 2014 viser foreløbige beregninger (se Boks 2 på side 3) en afsmeltning, der svarer til en havstigning på hele 1,2 mm. År 2012 er dog stadig rekordår med et massetab svarende til en havstigning på 1,3 mm.

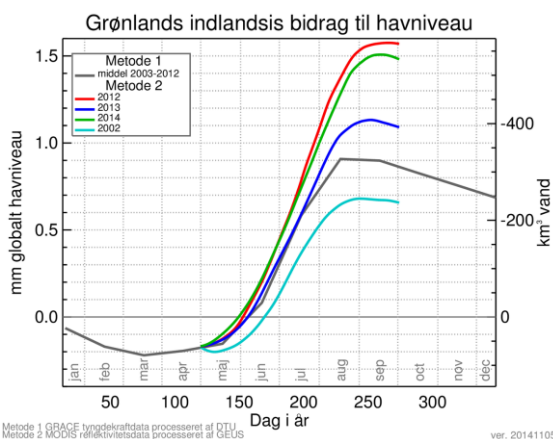
Den årlige smeltesæson er normalt på sit højeste i juli eller begyndelsen af august, og

2014 blev et år med større afsmeltning end normalt - dog mindre end det hidtil højeste niveau fra 2012. Ifølge vores refleksionsbaserede estimat mistede iskappen masse svarende til ca. 1,7 mm havniveau i den mest solfyldte periode fra maj til september 2014. Dette er omtrent 50% mere end gennemsnittet for årene 2002-2013 og kun godt 5% mindre end massetabet i rekordåret 2012. Disse massetab placerer år 2014 på en tredjeplads, når det gælder afsmeltningen siden 2002. Andenpladsen har 2010.

Når man modregner det gennemsnitlige massebidrag fra vinterperioden oktober-marts på 0,4 mm, estimeres det, at Grønlands indlandsis i 2014 bidrog med ca. 1,2 mm havniveaustigning over hele sæsonen.

Boks 1: Nye og mere præcise estimater

Tallene for Indlandsisens totalmassebalance i denne sæsonrapport kan ikke direkte sammenlignes med tallene fra sidste års rapport. I 2014 er estimatet af havniveau-stigningerne større som følge af en tidligere fejl i totalberegningen. Der er desuden foretaget en modifikation af tallene, fordi disse nu baseres på perioden maj-september og ikke april-september.



Figur 1: Samlet opgørelse af den akkumulerede ændring af ismængden henover året. Ændringen er opgjort som km³ vand, og det er beregnet, hvor meget dette vand bidrager til det globale havniveau (målt i mm). Den lyse blå linje viser den hidtil lavest estimerede smeltesæson siden 2002. Metode 1 er baseret på satellitmåling af ændringen af tyngdekraften fra Indlandsisen. Metode 2 er baseret på en statistisk sammenhæng mellem refleksion af sollyset fra Indlandsisen og bidraget til stigning i havniveauet.

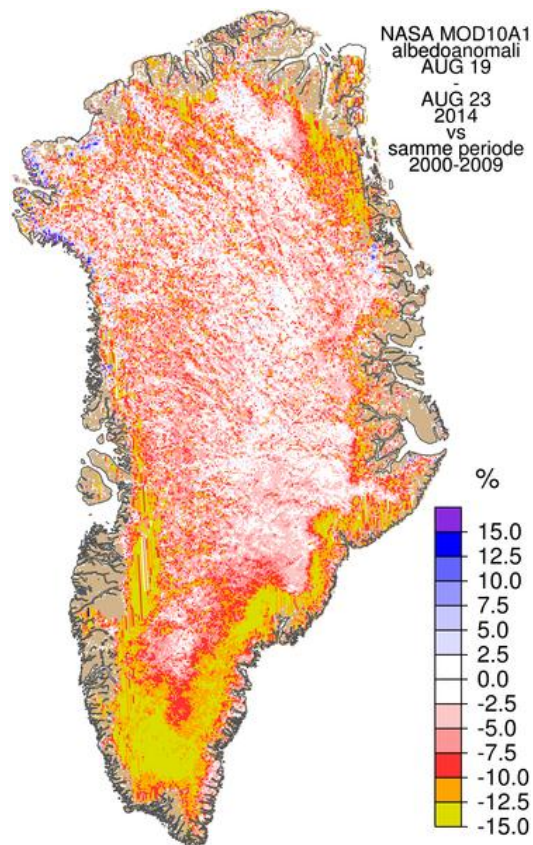
Lav refleksion af sollys afspejler øget afsmeltning fra Indlandsisen i 2014

Den øgede afsmeltning kan skyldes, at sneen på Grønland bliver mindre og mindre hvid. Det har konsekvenser for, hvor meget sneen smelter, fordi mørkere sne opsuger mere energi fra solen. Det kalder man også albedo-effekten.

I det seneste årti har forskerne på De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønlands (GEUS) registreret et generelt fald i Indlandsisens albedo, hvor 2014 indtil videre er det "næst-mørkeste år" kun overgået af 2012. Afsmeltningen af Indlandsisen er øget tilsvarende. Allerede i maj blev der målt en lav albedo, og det passer med, at man har set en tidligere afsmeltning af snedækket, således at den mørke jord i store områder er blevet blottet. Det menes, at jord og støv er blæst op på iskappen og har gjort den endnu mørkere, hvilket igen har bidraget til en lavere albedo. I slutningen af august

2014 var der desuden en uge med meget kraftig afsmeltning, og det kan have forstærket den samlede lave albedo i denne periode. Desuden var 2014 et år med relativt lidt nedbør på Indlandsisen, og gammel sne er mørkere end ny sne.

Albedoen i 2014 er således den næstlaveste siden år 2000. De lave albedoværdier var mest udtalt i august måned, og især højt oppe på iskappen, hvor værdierne var lavere, end noget man tidligere har registreret. Den usædvanligt lave albedo højt oppe på isen resulterer i øget smeltning, men bidrager ikke nødvendigvis til havniveaustigning idet smeltvandet kan genfryse nede i sneen i stedet for at løbe af. Det betyder det beregnede bidrag til havniveaustigning baseret på refleksion af sollys kan være let overvurderet i 2014.



Figur 2: Kortet viser albedoanomalien målt i perioden 19.-23. august, hvor der var høje temperaturer og høj solindstråling. Man kan altså se, hvor isen har reflekteret mere eller mindre sollys end normalt.

Boks 2: Indlandsisens totalmassebalance måles via satellitoptagelser af både albedo og tyngdekraft

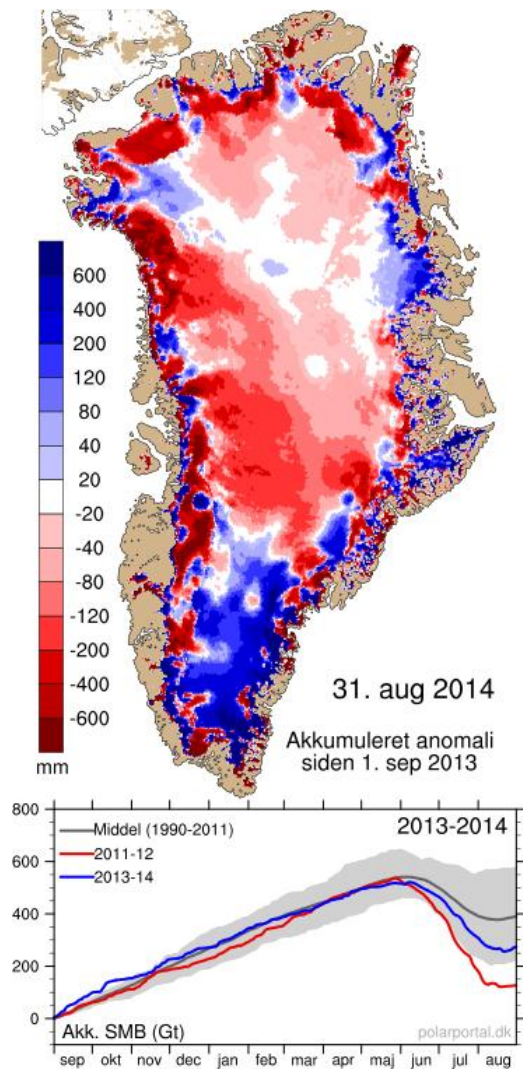
Ændringerne i Indlandsisens samlede masse bliver opgjort ved to forskellige metoder. Den ene metode bygger på en måling med GRACE-satellitten af ændringen af tyngdekraften fra Indlandsisen, som bliver mindre, når der forsvinder is. Men det tager op til 2-3 måneder at bearbejde disse data, og GRACE-data var utilgængelige i perioder af 2014 pga. strømproblemer i satellitten. Derfor har forskere fra GEUS udviklet en supplerende metode, som er hurtig men ikke helt lige så præcis som tyngdekraftmålingen. Denne metode går ud på at måle albedoeffekten, altså refleksionen af sollys fra iskappen. Der er nemlig fundet en statistisk sammenhæng mellem albedoeffekten og tyngden af iskappen. På den måde kan der gives en hurtig, men foreløbig, vurdering af iskappens massetab, mens de mere præcise data bliver bearbejdet.

Overflademassebalancen var lavere end normalt – men ikke rekordlav

Overflademassebalancen handler om den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade. Her medregner man ikke dét, der tabes, når gletsjere kælver isbjerge og smelter i mødet med varmt havvand. Siden midten af 1990-erne har overflademassebalancen været faldende.

Der foretages både egentlige målinger og simuleringer for at overvåge overflademassebalancen. Under PROMICE-projektet på GEUS og DTU (Programme for Monitoring of the Greenland Ice Sheet) måles afsmeltningen direkte.

Målingerne viser, at 2014 ikke har været et år med rekordafsmeltning. Men temperaturerne og afsmeltning har dog været væsentlig højere end sidste år – men lavere end i rekordårene 2010 og 2012. Afsmeltningen i 2014 for Syd- og Sydvest-grønland ligger mellem 3,5 og 6 m, mens isafsmeltningen ved de nordligere statio-



Figur 3: Kortet viser den akkumulerede overflademassebalanceanomali fra 1. september 2013 til 31. august 2014. De blå områder viser således, hvor der er akkumuleret mere masse end normalt sammenlignet med perioden 1990-2011, og de røde viser, hvor der er akkumuleret mindre end normalt. Kurven viser den samlede akkumulerede overflademasse. Den blå kurve viser sæsonen 2013-14, og det ses, at sæsonen placerer sig langt nede i det grå normalområde, men ikke udenfor som år 2012.

ner lavere end 500 m ligger mellem 1,7 og 3,1 m. Afsmeltningen for højere liggende stationer ligger fra 0,0 til 3,2 m mod syd og fra 0,0 til 1,9 m for de nordligere stationer. Tallene stammer fra PROMICE vejrstationerne.

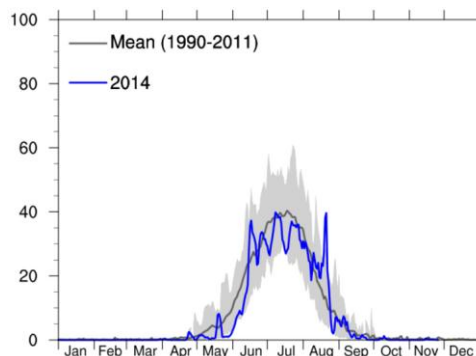
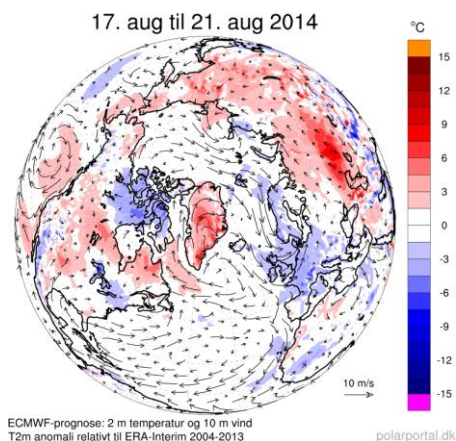
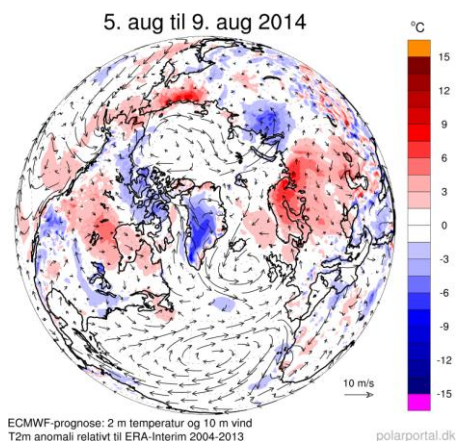
DMI foretager desuden daglige simuleringer af, hvor meget is eller vand Indlandsisen afgiver eller ophober. Ud fra disse simuleringer kan man få et samlet mål for, hvordan overflademassebalancen udvikler sig.

Ifølge DMI's opgørelser begyndte smelte-sæsonen på Grønlands indlandsis år 2014 d. 19. maj. Det er hverken tidligt eller sent.

Afsmeltningen i perioden maj til august 2014 var på 265 Gt, og det er ikke så højt som niveauet i 2012 på 415 Gt. Men det repræsenterer alligevel et tab af is, som giver et mærkbart bidrag til havniveaustigninger fra iskapen.

Samlet set, over året fra september 2013 til august 2014, er der tilført 275 Gt til Indlandsisen gennem overfladen (snefald minus afsmeltning). Dette er noget lavere end normalen på ca. 400 Gt for perioden 1990-2011, men ikke så lavt som i 2012-sæsonen, hvor isens overflade kun modtog 127 Gt netto. En høj akkumulation af masse især i Sydøstgrønland opvejer i nogen grad et stort massetab. Denne tilførsel af masse er ikke stor nok til at modsvare tabet fra kælvning, og Indlandsisen mister altså totalt set masse som rapporteret ovenfor.

Vindene og luftens temperatur har betydning for, hvor meget det smelter fra isens overflade, og den store afsmeltning hænger sammen med udsvingene i Grønlands særlige sæsonmæssige vejr-mønstre. De påvirkes af den Nordatlantiske Oscillation (NAO), som er et regionalt mønster af høj- og lavtryks-systemer. Det medfører, at Grønland skiftevis er domineret af kold luft fra nord (den positive fase) eller varm luft fra syd (den negative fase). 2012 var dette NAO-indeks i sin negative fase i store dele af året, og det gav varmere luft og klar himmel. I 2014 har der derimod kun været en svag tendens til, at NAO-indekset har været i den negative fase. Det kommer til udtryk i afsmeltningen 2014, der ligger over det gennemsnitlige niveau – men ikke så højt som i 2012.



Figur 4: De to vejrkort illustrerer den "vippe-effekt", der eksisterer mellem Grønland og Skandinavien. Når Skandinavien har varmt vejr, er det typisk koldt i Grønland og omvendt. Temperaturanomali- og vindkortet fra perioden 5.-9. august viser, at temperaturerne var højere end normalt i Skandinavien og lavere end normalt i Grønland sammenlignet med perioden 2004-2013. Og kortet fra 17.-21. august viser, at Skandinavien fik køligere og Grønland varmere vejr sammenlignet med perioden 2004-2013 efter det markante omslag, der var i august, på grund af vinde fra syd, der bragte varm luft nordpå.

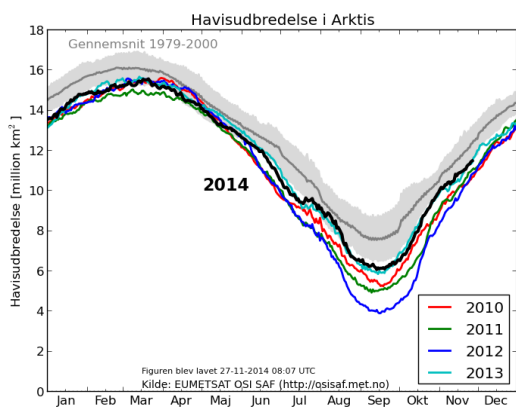
Boks 3: Ny motor i beregningsmodellen af overflade-massebalancen

I beregningsmodellen af overflademassebalancen er der foretaget en videreudvikling af den underliggende "motor" i programmet. De tal, der optræder i sæsonrapporten for 2013, er baseret på den tidligere udgave. Derfor er der nogle uoverensstemmelser mellem tallene i sæsonrapporten fra 2013, og de tal der nu optræder på det aktuelle site. Året 2013 fremtræder således som et relativt ekstremt år i sæsonrapporten for 2013. Men den nye og mere præcise model viser, at år 2013 var mere gennemsnitligt. Alle tal og kurver vist på polarportalen er nu udregnet med den nye model.

Havisen kommer styrket ud af 2014

Når man skal vurdere havisens tilstand, må man både se på tykkelse og udbredelse. Havisen i Arktis kommer styrket ud af 2014, selv om en varm vinter i 2013-14 bremsede dannelsen af ny havis med en temperatur, der hele vinteren lå 5°C over normalen. Det samlede resultat var en havis, der både har en større udbredelse og tykkelse end i 2013.

Årets isudbredelse i Arktis toppede d. 21. marts på 14,9 millioner km². Det var på samme niveau som i 2010, 2012 og 2013, men omtrent 0,5 millioner km² større end udbredelsen i 2011. Årets top ligger dog stadig ca. 1 million km² lavere end normalen for havisens udbredelse baseret på satellitdata fra 1979 til 2000.



Figur 5: Daglige værdier for det totale havisareal på den nordlige halvkugle. Den sorte kurve er 2014.

Opfrysningen af havisen i efteråret 2013 begyndte ellers tidligere end normalt i efteråret. Men de høje vintertemperaturer betød en langsommere udvikling og en afdæmpet opfrysningssrate især i slutningen af vinteren.

Middeludbredelsen af havisen for september måned 2014, ved udgangen af smeltesæsonen, var på 6,3 mio. km², det vil sige kun 0,1 mio. km² større end på samme tidspunkt i 2013 og hele 2,2 mio. km² større end i 2012, hvor havisens udbredelse var helt nede på 4,1 mio. km². Til sammenligning er hele Danmarks areal omkring 0,043 mio. km².

På trods af en lavere opfrysning af havisen i vinteren 2013-14 var havisen i Arktis 30-40% tykkere ultimo september end på samme tidspunkt de seneste fire år. Det har gjort isen mere robust. Havisen i Arktis er nu på niveau med den gennemsnitlige tykkelse for 10 år siden. Men der er stadig langt op til den tykkelse, isen havde for 20 eller 30 år siden. Ikke desto mindre er isens øgede tykkelse meget afgørende. Isens tykkelse er nemlig et udtryk for, hvor godt Arktis' hvide dække er rustet til at stå imod storme og de meget varme somre, som kommer med års mellemrum.

Havisens smeltesæson i det centrale Arktis startede i 2014 d. 17. juni, hvilket var en uge senere end normalen og hele to uger senere end i år 2012, hvor havisen svandt til det mindste areal, der er målt. Når man vurderer de seneste 35 års satellitmålinger af havisen, kan man se en klar sammenhæng mellem startdatoen for smeltesæsonen i juni og arealet af årets mindste isudbredelse i september. For når smeltningen først er startet, så accelerer den sig selv. Det hænger sammen med, at frossen sne reflekterer mere sollys og dermed mere energi, end sne der smelter.

Ny grønlandsk varmerecord i juni

Vestgrønland oplevede en varm sommer i 2014, og juni-august var den varmeste nogensinde målt i Kangerlussuaq. Den 15. juni

blev der målt en temperatur på 23,3°C i Kangerlussuaq. Dette er ny rekord for daglig maksimumtemperatur i juni, 0,2°C højere end tidligere målt.

Kun få større ændringer i gletsjerfronternes bevægelse

Variationerne i de fleste af de 20 største udløbsgletsjere har i det store og hele fulgt den sædvanlige sæsoncyklus med vækst i løbet af vinteren og tilbagetrækning i løbet af sommeren. Og der har ikke været dramatiske kælvinger i løbet af afsmeltningssæsonen 2014, som det fx var tilfældet ved Petermann-gletsjeren i 2010 og 2012. Men for nogle af gletsjerne har der været større naturlige udsving.

Zachariae-gletsjeren er den af de 20 største gletsjere, der har ændret sig mest i smeltesæsonen 2014. Allerede i april var flere km² knækket af fronten, som dog delvist blev bygget op igen af gletsjerflow inde fra Indlandsisen. Men mellem juli og august blev yderligere omkring 20 km² af gletsjerens front omdannet til flydende isbjerge. Det gik især ud over den centrale og nordlige del af gletsjeren, som mistede 4 km mellem juni og september.

Selv om der ikke skete større ændringer i fronten på 79N gletsjeren, var der både flere og større smeltevandssøer på gletsjeroverfladen i midten af august sammenlignet med samme periode i 2013.

Ved Nunatakassaap Sermia i Sydvestgrønland ændrede gletsjerfronten sig i den sydlige del markant i 2014 og sig adskillige hundrede meter tilbage sammenlignet med 2013.

Nogle gletsjere er også vokset. Efter de store kælvinger fra Petermann-gletsjeren i 2010 og 2012 har der ikke været yderligere voldsomme begivenheder i 2013 og 2014. Det betyder, at gletsjeren har været i stand til at vokse med omkring 2 km i løbet af 2013 og 2014.

Et område af Ryder-gletsjeren fortsatte også

med at øge sin fremrykning i 2014 og nåede en mere fremskudt position end i år 2000. Den resterende del af Ryder-gletsjeren tabte dog et 1,2 x 3 km stort isbjerg. Det betyder, at den nu er 3 km bag fronten i år 2000, og der er udsigt til, at den mister endnu et stort isbjerg.

I Østgrønland var sommertilbagetrækningen ved Kangerlussuaq-gletsjeren og Helheim-gletsjeren henholdsvis 2,5 km og 4,0 km, hvilket er henholdsvis 2,1 km og 1,5 km mere end i 2013.

Addendum januar 2015: En overraskelse i Indlandsisens opførsel sommeren 2013

I 2013 viste ændringen i massen af Grønlands indlandsis, som målt af Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellitterne, en meget anderledes opførsel i forhold til, hvad vi har set siden satellitternes opsendelse i 2002. Til at begynde med troede man, at det skyldtes fejl i data fra de efterhånden gamle satellitter. Det stod ikke klart før sidst i 2014, at den unormale opførsel sandsynligvis er reel. Data viser, at mellem juni 2013 og juni 2014 mistede Grønland meget lidt is. Sammenlignet med et gennemsnitligt årligt massetab på mere end 250 gigaton over de foregående 10 år, er dette ganske opsigtsvækkende. Det er muligvis en konsekvens af den ekstreme afsmeltning i 2012, der er en den største i rækken.

GRACE-satellitterne leverer månedlige målinger af masseændringen af Grønlands indlandsis og de omkringliggende gletsjere, og

dermed også af Grønlands bidrag til havniveau. Udfald i data fra satellitterne er dog begyndt at forekomme hyppigere de senere år, og desuden tager det typisk nogle måneder at efterbehandle data. Derfor har Polar Portal benyttet en tilsyneladende stærk statistisk sammenhæng mellem isoverfladens refleksivitet (tilgængelig næsten real-time fra MODIS-sensoren på NASA TERRA-satellitten) og ændringer i ismassen fra GRACE til a) at udfylde huller i GRACE data og b) at estimere Grønlands istab i næsten real-time.

Sammenhængen, der blev brugt til at lave disse real-time-estimerer baseret på refleksivitet, brød sammen i 2013 og gav et for stort massetab anført i Polar Portalens sæsonrapport. Polar Portal-forskerne er nu optaget af at undersøge de fysiske processer, der ligger til grund for Grønlands overraskende neutrale massebalance i sommeren 2013. I mellemtiden opdateres der ikke med yderligere refleksivitetsbaserede estimerer af masseændringen.

For mere information se polarportal.dk eller kontakt info@polarportal.dk