

Polar Portalens Sæsonrapport 2015

Indlandsisen kom i 2015 ud med en større overfladeafsmeltning end normalt, på trods af at forsommeren var kold og snerig, og at smeltesæson startede sent. Sommeren i Grønland var relativt kold men bød på kraftig juli-varme i nord og nordvest. Den arktiske havis nåede i 2015 sin fjerde-laveste udbredelse i perioden siden 1979.

De væsentligste overvågningsresultater i Arktis i 2015 er:

- Seneste start på Indlandsisens smeltesæsonen siden 1991
- Iskappen bidrog med ca. 0,5 mm hav-niveaustigning
- Indlandsisens overflademassebalance var lavere end gennemsnittet for 1991-2013
- Indlandsisens albedo i juni-august lå over gennemsnittet for 2000-2009
- Gletsjerne mistede mindre areal end gennemsnittet for 1999-2010
- Havisen er blevet tyndere og nåede sin fjerde-laveste udbredelse siden 1979

Seneste start på smeltesæsonen siden 1991

Afsmeltningen fra Indlandsisens overflade blev i 2015 større end normalen, selvom smeltesæsonen startede sent og havde en kort varighed. Smeltesæsonen begyndte således først d. 12. juni, og det er den sene start i opgørelsesperioden siden 1991. Smeltesæsonens begyndelse har varieret fra 29. april i 1996 til den sene start i år. Til gengæld havde den i 2015 nogle korte intense perioder i juli, som bragte afsmeltningen op over normalen. Der er altså ingen sikker sammenhæng mellem starttidspunktet og størrelsen på afsmeltningen fra overfladen.

Unormalt kolde betingelser og store snemængder over store dele af Grønland forklarer den sene start på smeltesæsonen. Omvendt har Sibirien og Alaska set nogle

rekordhøje temperaturer i løbet af foråret, og selv Nordpolen oplevede "hedebløge" i april.

Smeltesæsonen blev kort med en afslutning sidst i august, hvor der blev sat punktum for sæsonen med en kuldeperiode. Den 27. august blev der således sat kulderecord på DMI's målestation på Summit, hvor temperaturen var $-39,6^{\circ}\text{C}$. Det er den laveste temperatur målt på stedet i en august måned. Den tidligere august-rekord er fra 2004, og den var på $-39,2^{\circ}\text{C}$.

Som en del af PROMICE-projektet (Programme for Monitoring of the Greenland Ice Sheet) på GEUS måles temperatur og andre meteorologiske parametre på målestationer rundt langs Indlandsisens rand. I perioden fra januar til august viste mange stationer månedsgennemsnit, der lå væsentlig under de tilsvarende gennemsnit siden 2007 – og kun få, der var væsentlig varmere end gennemsnittet. Sommerperioden juni-august var relativt varm i nord og nordvest med juli-rekorder ved stationer nær Kronprins Christian Land (KPC i Figur 2a), Pituffik (THU) og Upernavik (UPE). Til gengæld var vinter, forår og sommer relativt kolde over den sydlige halvdel af iskappen. Dette mønster afspejler sig i både overflademassebalancen og albedoen beskrevet nedenfor.

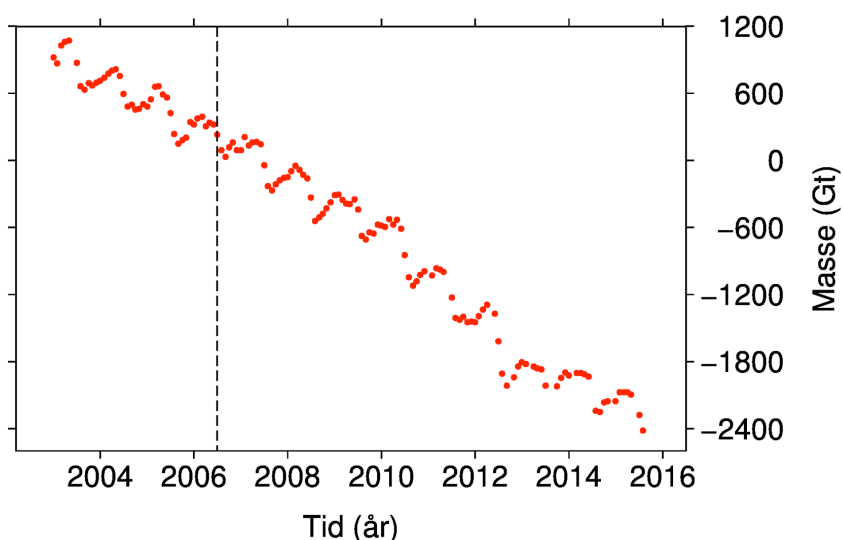
Iskappen bidrog med ca. 0,5 mm havniveaustigning

Det samlede massetab (totalmassebalancen) i perioden fra august 2014 til august 2015 var på 176 Gt og svarer til 0,5 mm global havniveaustigning (se boks). Det gør samlet set år 2015 til et år med 30 % mindre massetab end gennemsnittet på knap 250 Gt (0,7 mm havniveau) årligt siden 2003. Som det ses af Figur 1, følger massetabet fra Grønlands indlandsis igen omtrent forløbet fra før rekordåret 2012, hvor der var rekordstor overfladeafsmeltning og et usædvanlig stort samlet massetab svarede til en havstigning på 1,4 mm.

I Figur 1 ses desuden, at det årlige minimum typisk ligger i september – og nogle gange i august. Det betyder, at september bør regnes med i indeværende smeltesæson. Data

for september er dog endnu ikke klar, og tallene her er opgivet for august-august. Det beregnede massetab for i år, som er baseret på tyngdedata fra GRACE, medtager altså september fra smeltesæsonen 2013/14, og mangler til gengæld data fra september i sæsonen 2014/15. Det repræsenterer dog stadig et helt års tab og giver en god indikation af det samlede bidrag for smeltesæsonen 2014/15.

I tidligere sæsonrapporter indgik to vurderinger af totalmassebalancen. Den ene var som her baseret på tyngdemålinger fra GRACE-satellitterne. Den anden var baseret på en statistisk sammenhæng mellem GRACE-data og satellit-observeret albedo fra MODIS. Denne sammenhæng er der dog siden opstået tvivl om, og den indgår derfor ikke i dette års sæsonrapport.



Figur 1. GRACE-satellitternes målte massetab for Indlandsisen beregnet af DTU-Space. Totalmassetabet følger igen omtrent forløbet fra før rekordåret 2012, hvor der var en usædvanlig stor afsmeltning. Indlandsisen mister stadig masse, men ikke så dramatisk som i sæsonen 2012.

Massetab og havniveau

Satellitobservationer med GRACE siden 2002 viser, at Grønlands indlandsis har mistet masse med omtrent 250 Gt pr år i mere end et 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. Et massetab på 250 Gt pr år svarer altså til en havstigning på ca. 0,7 mm årligt, og det samlede massetab over GRACE-perioden (siden 2002) svarer til ca. 1 cm bidrag til havniveaustigning fra Grønland.

Indlandsisens overflademassebalance var lavere end gennemsnittet for 1991-2013

Overflademassebalancen er et udtryk for den isolerede tilvækst og afsmeltning af Indlandsisens overflade. Nedbør er med til at øge Indlandsisens masse, mens afsmeltning får Indlandsisen til at svinde. I forhold til den totale massebalance rapporteret ovenfor fortæller overflademassebalancen om bidraget ved Indlandsisens overflade – det vil sige eksklusiv dét, der tabes, når gletsjere kælver isbjerge og smelter i mødet med varmt havvand. Siden 1990-erne har overflademasse-balancen været faldende.

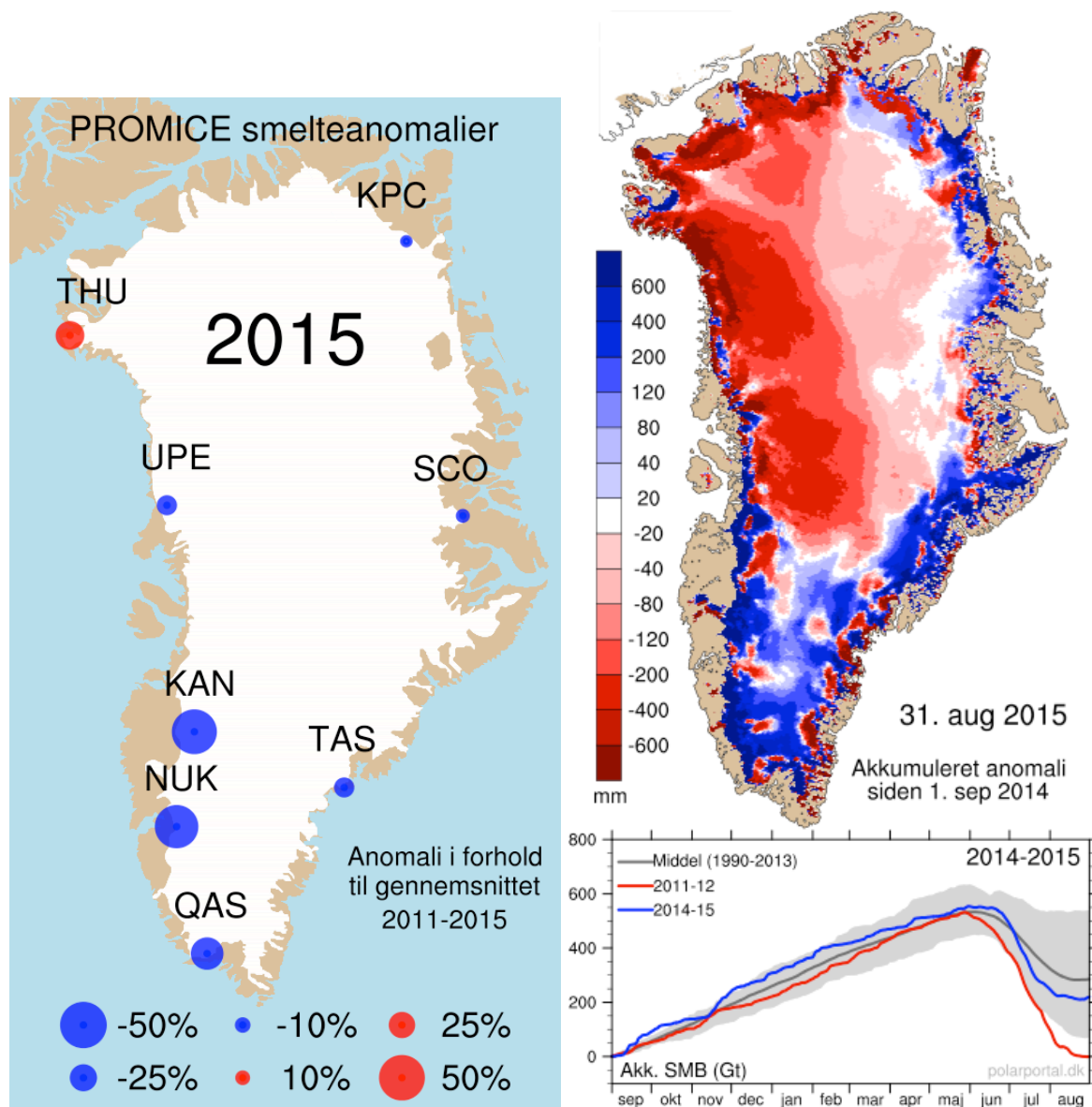
Overflademassebalancen overvåges både via egentlige målinger og computersimuleringer.

Afsmeltning fra Indlandsisen måles direkte under PROMICE-projektet, og er i 2015 blevet bestemt ved 19 målestationer med to til tre i hver region (Figur 2a). De nordvestligste målestationer ved Pituffik (THU) registrerede lidt større afsmeltning end gennemsnittet for 2011-2015, mens alle andre målestationer har registreret afsmeltning under gennemsnittet (Figur 2a). Dette var især tydeligt i syd og sydvest på målestationerne ved Qassimiut, Nuuk og Kangerlussuaq. Den største afsmeltning var på 5,1 m is, og den blev registreret på målestationen QAS_L ved Qassimiut. Det er en del mindre end rekord-afsmeltningen på 9,3 m i 2010 og også mindre end gennemsnittet for 2001-2015, der var på 6,4 m ved denne målestation.

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 (Figur 2b og 2c). Afsmeltningen i perioden fra juni til august 2015 var på ca. 330 Gt, mens der samlet set over året fra september 2014 til august 2015 er tilført ca. 220 Gt til Indlandsisen gennem overfladen (snefald minus afsmeltning). Dette er noget lavere end normalen på ca. 290 Gt for perioden 1990-2013 men langt fra rekorden i 2012 på ca. 0 Gt.

Da smeltesæsonen endelig gik i gang, tog smeltningen hurtigt fart. Det skyldtes bl.a. det varme vejr i juli måned, som især var udtalt i Nordgrønland. Igen i år blev der således registreret varmere rekord. Det skete i Qaanaaq, hvor temperaturen d. 8. juli blev målt til 20,4°C. Seks dage i træk mistede Indlandsisens overflade dagligt over 10 Gt, og i ugen fra 5. til 11. juli mistede Indlandsisen dermed omtrent 30 % af, hvad der normalt smeltes af på en hel smeltesæson. En lignende periode med kraftig afsmeltning indtraf sidst i juli.

Det målte og simulerede mønster viste en kraftig afsmeltning i nord og lavere afsmeltning i syd. Dette blev forstærket af, at den forudgående vinter bød på mindre sne end normalt i nord og mere i syd (samlet set bidrog vintersnefaldet med omkring 20 Gt mere end gennemsnittet over 1991-2013). Resultatet ses i Figur 2 med en overflademassebalance, der er større end normalt i syd og mindre end normalt i nordvest.



Figur 2.

a) Kortet til venstre viser, hvor Indlandsisen i 2015 er smeltet mere eller mindre (procentvist) i forhold til gennemsnittet i perioden 2011-2015. Udgangspunktet er PROMICE smeltemålinger for hver af regionerne: Kronprins Christian Land (KPC), Ittoqqortoormiit (SCO), Tasiilaq (TAS), Qassimiut (QAS), Nuuk (NUK), Kangerlussuaq (KAN), Upernavik (UPE) og Pituffik (THU).

b) Kortet til højre viser, hvor der fra 1. september 2014 til 31. august 2015 er akkumuleret mere eller mindre masse end normalt sammenlignet med perioden 1990-2013. Data er her fra den simulerede overflademassebalance. De blå områder viser, hvor der er akkumuleret mere masse end normalt, og de røde viser, hvor der er akkumuleret mindre end normalt.

c) Kurven nederst til højre viser den samlede akkumulerede overflademasse. Den blå kurve viser sæsonen 2014-15, og det ses, at sæsonen ved afslutningen placerer sig under den grå normalkurve, men ikke udenfor normalområdet som år 2012 (rød kurve).

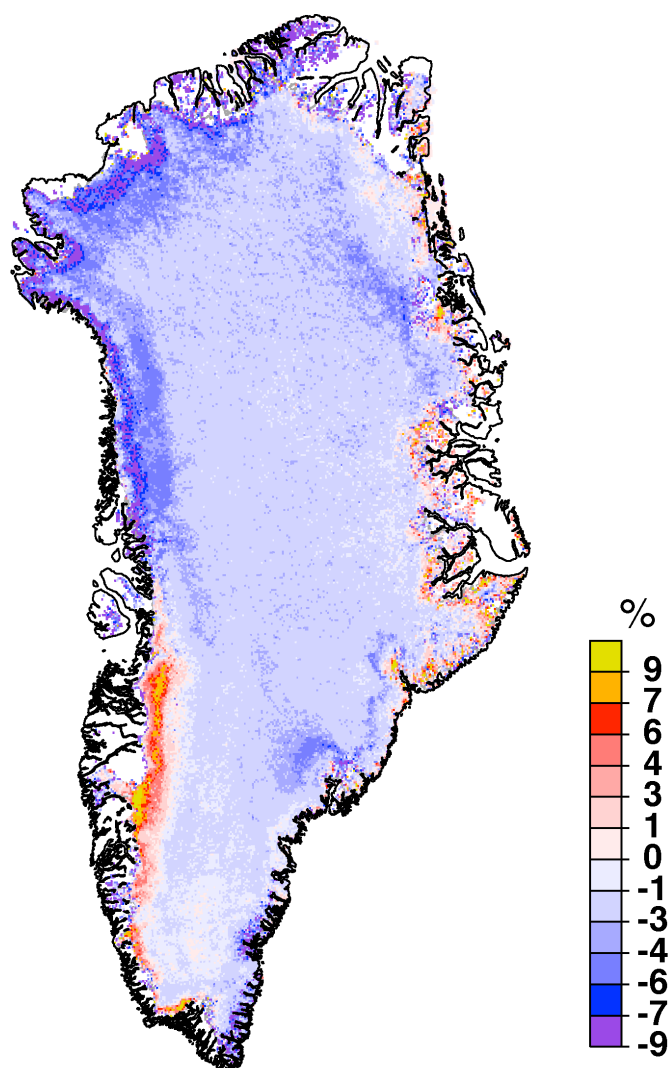
Indlandsisens albedo i juni-august lå over gennemsnittet for 2000- 2009

I det seneste årti har forskere på GEUS, med MODIS-data, registreret et generelt fald i Indlandsisens albedo (isens refleksion af sollys), hvor 2012 indtil videre havde den "mørkeste sommer" samlet set over juni-august.

I 2015 lå den gennemsnitlige sommeralbedo under gennemsnittet for 2000-2009 i den nordvestlige del af iskappen, men over gennemsnittet for den sydvestlige del af iskappen. I juli, hvor der blev registreret høje temperaturer og stor afsmeltning især i nordvest, var den samlede albedo for hele iskappen 68,1 %, hvilket er en af de lavest

målte gennem-snits-albedoer. Men set over hele sommerperioden var albedoen væsentlig højere. Dette kan skyldes både de store snemængder i den foregående vinter, og at sneen faldt tidligt i august.

Den lave albedo i juli hænger sammen med den kraftige afsmeltning gennem en selvforstærkende effekt: Når albedoen er lav, optages mere energi fra solen, og afsmeltningen går hurtigere. Samtidig bidrager afsmeltningen til at sænke albedoen yderligere. Dette samspil kan også ses ved sammenligning af kortene i Figur 2 og 3. Disse viser lav overflademassebalance og albedo i nordvest og høj overflademassebalance og albedo i sydvest.



Figur 3. Kortet viser den procentuelle afvigelse af albedoen målt med MODIS for juni-august 2015 ift. perioden 2000-2009. Albedoen lå under gennemsnittet i Nordvestgrønland men over gennemsnittet i Sydvestgrønland.

Gletsjerne mistede mindre areal end gennemsnittet for 1999-2010

GEUS-forskere har undersøgt satellitoptagelser af de 45 bredeste af de 200 grønlandske gletsjere, der munder ud i havet. Sammenlignet med gennemsnittet i perioden 1999-2010, mistede disse gletsjere langt mindre areal i året fra midt-2014 til midt-2015. De 45 gletsjere mistede således 16,2 km², mens det gennemsnitlige tab i 1999-2010 var på 119,6 km². Mere end halvdelen af de 45 gletsjere mistede areal, men det blev opvejet af, at 11 af gletsjerne øgede deres areal.

Det lave arealtab kommer i en serie med lave værdier over de foregående to år med tab på 27,6 km² i 2012/2013 og 25,9 km² i 2013/2014.

En del af forklaringen er, at Petermann-gletsjeren øgede sit areal med 11,8 km² i 2014/2015, og at Kangerdlugssuaq-gletsjeren rykkede 1,7 km frem og øgede sit areal med 10,1 km². Andre gletsjere som Ryder, Zachariae og Hayes, øgede også deres areal med henholdsvis 4,7 km², 3,1 km² og 1,9 km². De største tilbagetrækninger skete i gletsjerne Storstrømmen, Humboldt, Upernavik B og Helheim med tab på henholdsvis 14,3 km², 5,3 km², 4,2 km² og 3,0 km². En stor enkeltstående kælving – eller en serie af kælvinger – fandt sted mellem d. 14. og 16. august og gik ud over et areal på mindst 6 km² ved udmundingen af Jakobshavn Isbræ.

Registrering af havistykkelse rummer stadig en del usikkerhed

Havisens tykkelse kan ikke måles direkte, som det er tilfældet med isudbredelsen. Da vurderinger af havistykkelsen derfor typisk er beregnet ud fra modeller, er de stadig forbundet med en vis usikkerhed. Forskellige opgørelser giver således forskellige resultater. Mens DMI's model fandt 2015 til at have det fjerde-laveste volumen siden 2004, viste en opgørelse fra en anden model, Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System (PIOMAS), at minimums-isvolumen i år var det femte-laveste i deres opgørelsesperiode siden 1979. De fire laveste var årene 2010-2013.

Havisen er blevet tyndere og nåede sin fjerde-laveste udbredelse siden 1979

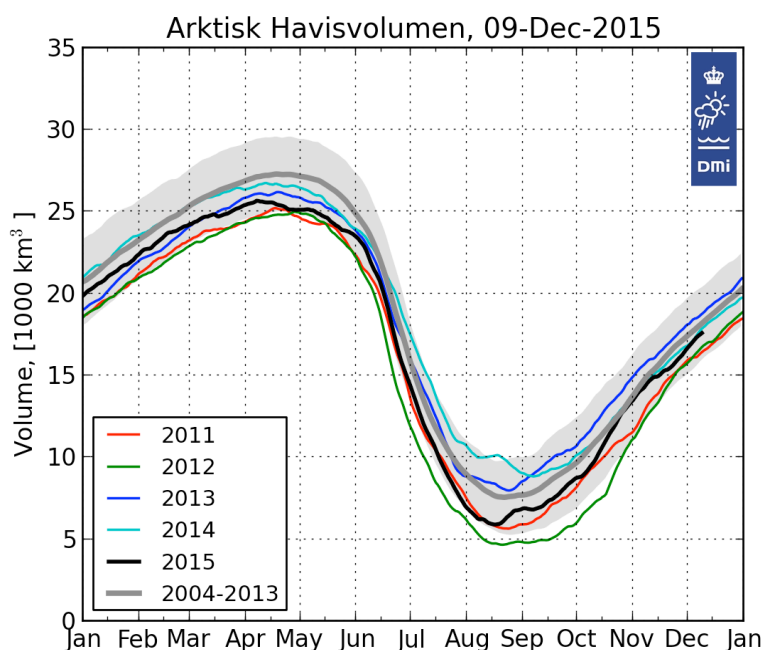
Når man overvåger havisen, er man interesseret i både tykkelsen og udbredelsen. Fra i år vises på Polar Portal derfor også en model-simulering af daglige istykkelser i Arktis.

Istykkelsen er vigtig, da den fortæller om, hvor robust havisen er, og om den er tilstrækkelig tyk til at kunne overleve sommerens afsmeltning. Jo tykkere isen er, jo mere robust er den over for enkeltstående varme somre og ekstreme vindpåvirkninger. Er isen først forsvundet, har den sværere ved at vende tilbage og genvinde sin oprindelige tykkelse.

Man er ved at udvikle satellitter og algoritmer til bestemmelse af istykkelsen, men navnlig for metertyk is er resultaterne stadig forbundet med store usikkerheder. Som et alternativ, der kan levere daglige opdateringer, benytter Polarportal DMI's operationelle hav- og havismodel (HYCOM/CICE) til at beregne tykkelse og samlet volumen.

Det samlede arktiske isvolumen er steget siden rekord-minimum i sommeren 2012. Det er isoleret set godt for havisens tilstand. Havisens volumen ligger dog fortsat under gennemsnittet for den første halvdel af 00'erne. Selvom isen tilsyneladende er ved at genvinde noget af sin stabilitet og styrke, er den i dag langt fra så godt rustet mod somre med usædvanlige temperatur- og vindforhold som tidligere.

Det HYCOM/CICE-modellerede minimale isvolumen nåede i sommeren 2015 næsten ned på samme niveau som i 2011. Dermed havde 2015 det fjerde-laveste modellerede volumen i perioden siden 2004. Den modellerede istykkelse blev markant tyndere langs den nordlige grønlandske kyst og tilsvarende langs det canadiske øhav, hvilket er den mest markante forskel i forhold til sidste år.

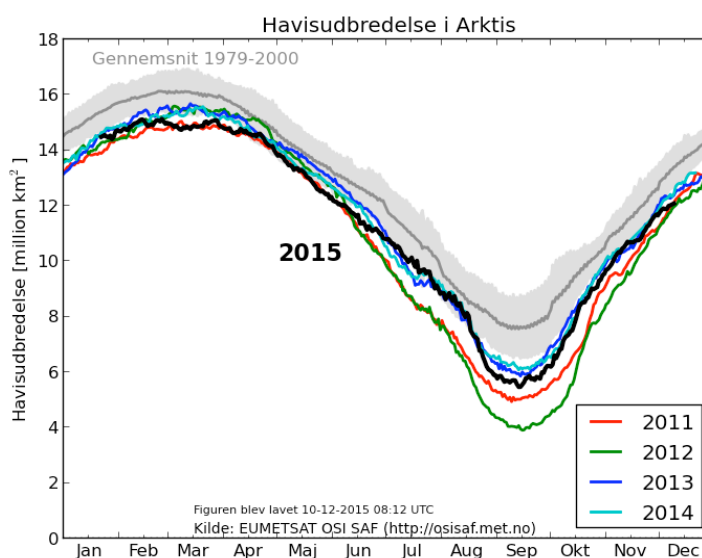


Figur 4. Daglige værdier for det totale havisvolumen på den nordlige halvkugle siden 2011 beregnet med DMI's operationelle hav- og havismodel (HYCOM/CICE).

Når det gælder udbredelse, svandt havisen i Arktis i 2015 til sin fjerde-laveste udbredelse, siden målingerne med satellit begyndte i 1978. De ni år med de laveste isudbredelser er nu de ni seneste år. Isudbredelsen i år er i tråd med en klar tendens over de seneste 37 år: Den Arktiske havis dannes senere, smelter tidligere, og udbredelsen i løbet af sommeren har et lavere minimum end før. Tendensen er klar i stort set alle egne af Arktis. Det betyder, at

antallet af dage med åbent vand er steget. I Barentshavet er åbentvandssæsonen nu f.eks. tre måneder længere end i starten af 1980'erne, og i Baffinbugten er den over en måned længere. Både Nordøstpassagen (vandvejen mellem Atlanten og Stillehavet nord om Europa/Asien) og Nordvestpassagen (vandvejen mellem Atlanten og Stillehavet nord om Nordamerika) er åbne i år, selv om den dybe passage igennem M'Clure-strædet stadig er delvist isdækket.

Figur 5. Daglige værdier for det totale havisareal på den nordlige halvkugle siden 2011.



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