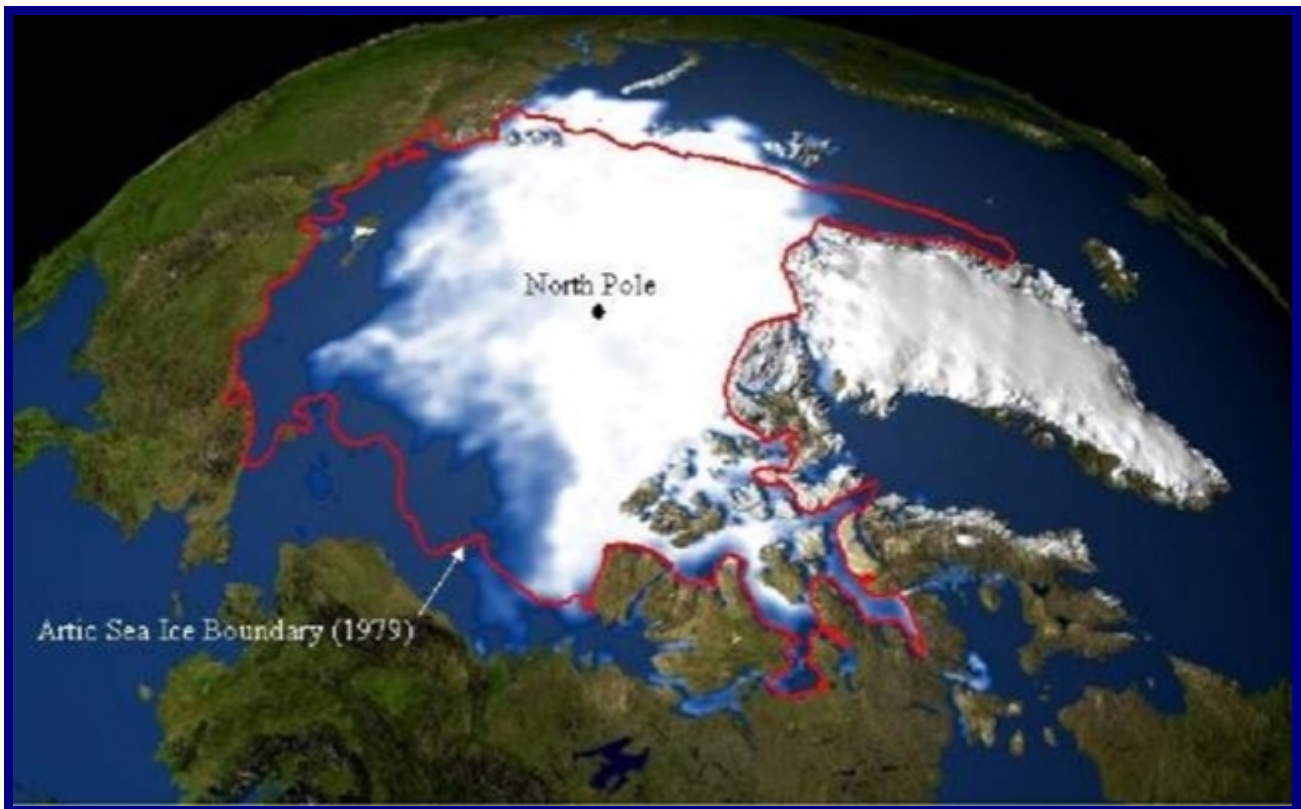


Klimaændringer i Arktis



Udbredelsen af den arktiske polaris

Med udgangspunkt i en analyse af udviklingen i polarisens udbredelse, ønskes en vurdering af klimaændringernes betydning for de arktiske egne.

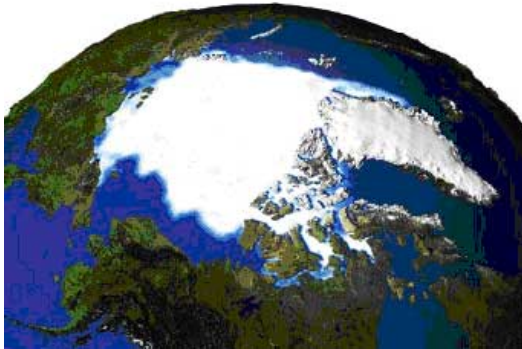
Der vil ved bedømmelsen blive lagt vægt på den anvendte tolkning af satellitbilleder, men ikke blive krævet digital billedbehandling

Efterhånden er klimaændringer et faktum der erkendes af de fleste, fordi det bliver synligt for flere i mange henseender. Men det der er hurtigst til at reagere på klimaændringer, og hurtigst til at indikere, at noget ikke er som det plejer, er isen. Isen er meget følsom overfor ændringer i hav- og lufttemperatur, og derfor er isen, sammen med tilbagekoblingseffekten på klimaet, en central del af klimaforskningen.

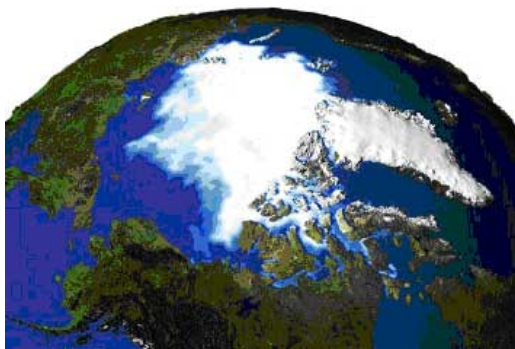
Der er flere forskellige måder man kan se ændringerne i den arktiske is' udbredelse på. Man kan via satellit tage meget nøjagtige billeder af både isens udbredelse og isens tykkelse. Satellitter der udsender radarsignaler kan let kende forskel på hav og is, og kan måle isens tilstand gennem skyer. Derfor er en satellit med radarbølger måske at foretrække frem for dem, der måler med laser. Laser kan ikke så let som radar kende forskel på is og vand, men lasere er på den anden side mere nøjagtige – også selvom radaren kan måle ændringer i isens tykkelse og udbredelse med en nøjagtighed på 1 cm. Siden midten af 1970'erne, da man systematisk startede med at registrere klimaændringer, har reduktionen af is i det arktiske område taget fart. Dette skyldes en positiv tilbagekoblingsproces i Arktis som skyldes en højere lufttemperatur. En stigende temperatur medfører, at der sker en reduktion af snedækket på kontinenterne samt en reduktion af havisen over oceanerne. Da is og sne har en høj albedoeffekt (reflektering af solenergi til verdensrummet) betyder det, at når mængden af is mindskes, vil albedoen mindskes tilsvarende. Når først isen er begyndt at smelte sker der altså en positiv tilbagekoblingsproces, der får temperaturen til at accelerere, da havet har en lav albedoeffekt i forhold til isen. Det er også sne-is-albedo-tilbagekoblingen, der i sig selv medfører, at det netop er i de arktiske og antarktiske egne, at opvarmningen bliver størst. Om vinteren virker tilbagekoblingen ikke, men når havet om sommeren bliver varmet op og mere havis forsvinder medvirker denne tilbagekobling til de højere vintertemperaturer.

Tilbagekoblingsprocessen samt de stadigt stigende temperaturer har medført, at isens udstrækning over de sidste 30 år er faldet med 8 %, både havis og landis, hvilket svarer til hele Skandinaviens areal – 1 mio. km².

De to billeder, figur 1 og 2, er hhv. fra september 1979 og september 2003, da september er den måned på året, hvor den arktiske is har den mindste udbredelse. Figur 1 er lavet på baggrund af satellitdata dvs. på baggrund af nogle af de første data, der er indsamlet fra satellit.



Figur 1: Isens udbredelse 1979



Figur 2: Isens udbredelse 2003

Som det tydeligt ses på figur 1 og 2, har isens udbredelse ændret sig betydeligt. Fra i 1979 at dække havet mellem Svalbard til Rusland, ned langs Grønland og næsten over til Canada til i 2003 ikke engang at nå Rusland.

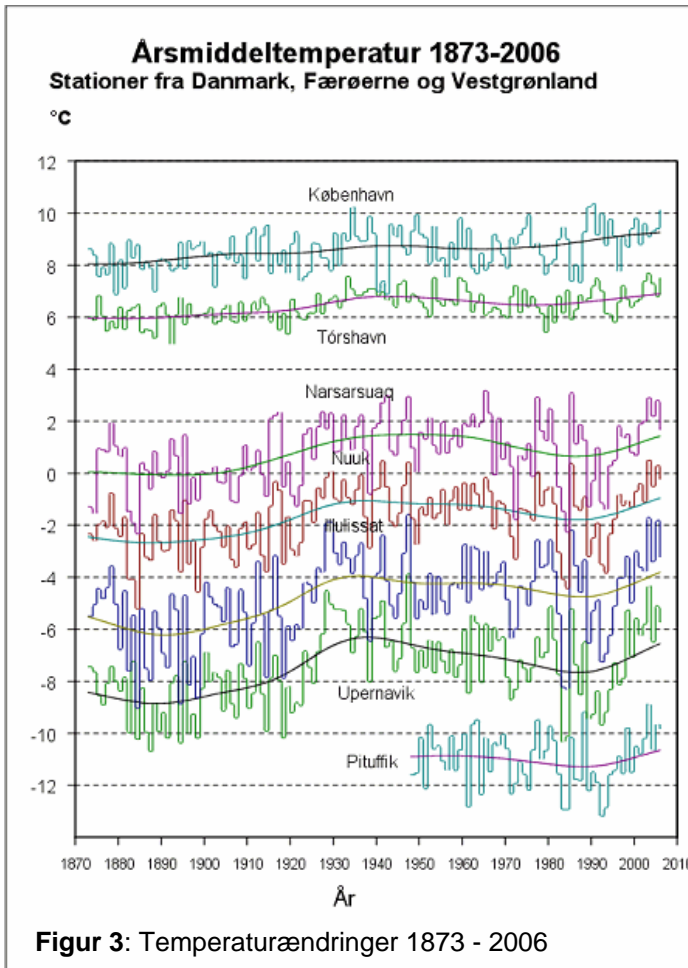
Desuden viser billedet fra 2003, at isens tykkelse er reduceret betydeligt. Figur 1 viser et helt hvidt isdække og på figur 2 skinner havet igennem isen og giver en blålig farve. Det er især sommerisens tykkelse, der er reduceret over de sidste 30 år, da den polare klimazone er kendetegnet ved, at den varmeste måned ikke kommer over 10°C, men med klimaændringerne vil denne grænse forskybnes, og

da isen er følsom overfor temperatursvingninger, vil det have stor indvirkning. Gennemsnitligt er isens tykkelse reduceret med 10 – 15 % og nogle steder helt op til 40%.¹

Fra 1910 til 1940 var der en lignende temperaturændring og denne periode, var den første periode med stor temperaturstigning siden "Den lille istid" fra omkring 1600 til 1800-tallet. Man regner med, at temperaturstigningerne i starten af 1900-tallet skyldes betydelige temperatursvinger i de arktiske egne, der kunne måles over hele verden. Grunden til temperaturstigningen skyldes sandsynligvis aftagende vulkansk aktivitet, tiltagende menneskeskabt drivhuseffekt, tiltagende indstråling fra Solen samt ændringer i varmetransporten i Atlanterhavet. Det menes dog ikke at være de samme ændringer i

¹ <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/Havisen.htm> (figur 1 & 2 er også fra denne side)

klimaet, der er årsag den nuværende klimaændring, der startede i 1970'erne. Dette eksempel viser blot, at klimaændringer kan ske over forholdsvis kort tid og stoppe igen. Det skal dog pointeres, at den nuværende temperaturstigning ikke ser ud til at stoppe, og derfor ikke kan sammenlignes med den i 1910.



Figur 3 viser, hvordan temperaturudviklingen er forløbet de sidste 134 år. Temperaturen har for hele perioden været stigende, og specielt temperaturstigningen i starten af det 20. årh. ses tydeligt, da temperaturkurven er langsomt opadgående indtil ca. 1940, hvor temperaturen igen begynder at falde.

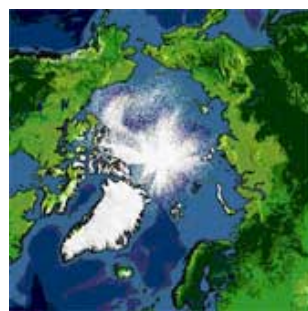
Da den forrige temperaturstigning begyndte i 1910, kan kurven siges at være en smule "forsinket", da den først topper i 1940, hvor temperaturen falder igen. Dette skyldes tilbagekoblingen, der gør, at temperaturen ikke ændres fra den ene dag til den anden. Når klimaet begynder at blive varmere, sættes den positive

tilbagekoblingsproces i gang. Over tid øger den temperaturen, ved at mindre solenergi reflekteres etc. Når temperaturen så falder igen, omkring 1940, igangsættes den negative tilbagekoblingsproces, der gør klimaet koldere. Ismængden øges, mere solenergi reflekteres og klimaet afkøles. Derfor følger kurven ikke temperaturændringerne.

Det er ligeledes tilbagekoblingsprocessen der gør, at kurven har større udslag på Grønland end for København og Thorshavn (de to øverste kurver).



Figur 4: 2010 - 2030



Figur 5: 2040 - 2060



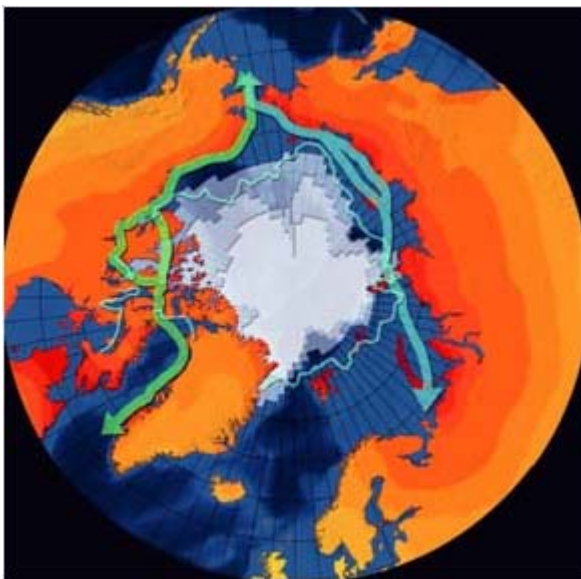
Figur 6: 2070 - 2090

Figur 3 forudsiger også, hvordan udviklingen vil gå indtil 2010. Den

forudsiger, at temperaturen vil øges, så den ligger på niveauet for 1940 i 2010 og den vil stadig stige. Ud fra øjemål ser det ud til, at temperaturen vil ændre sig gennemsnitligt ca. 2 grader fra 1873 – 2010 i de byer, hvor der er opstillet målestationer. Figur 4 overtager altså der, hvor figur 3 stopper. De tre efterfølgende figurer giver et bud på, hvordan udviklingen i Arktis vil fortsætte.

Der er mange forskellige bud på, hvordan og hvor meget isens udbredelse vil ændre sig. Som det ses på figur 3 til 5, der er en forudsigelse af Nordpolens udvikling over de næste 80 år fra ACIA's hjemmeside², så vil mængden af is i Arktis reduceres med mellem 10 – 50 % frem mod år 2100, og som det ser ud på figur 6, vil havisen næsten forsvinde fuldstændigt i september 2090, hvor havisens udbredelse er mindst. Både fig. 4 ,5 og 6 viser isens gennemsnitlige udbredelse i september måned de angivne år.

Umiddelbart ser det ud til, at ismængden vil øges i perioden 2040 – 2060. Det kan være et forslag til, at temperaturen i kortere perioder, som før set, kan ændres og derefter gå tilbage til "normalen" eller i hvert fald til det niveau det var på før ændringen – altså at der godt kan ske små ændringer uden at det betyder, at hele udviklingen har vendt. Desuden kan eksterne faktorer gøre, at mængden af havis øges (vulkanudbrud, energitilførsel fra solen) ligesom eksterne faktorer for 100 år siden også var med til at ændre temperaturniveauet (ligesom menneskelig aktivitet var). Da vulkanudbrud er en ekstern faktor, der, dog med en vis usikkerhed, kan forudsiges, kan man også forudsige, om f.eks. vulkanudbrud inden for nærmere fremtid, vil komme til at påvirke klimaet. Billedet kan dog



også være misvisende ved, at isens tykkelse mindskes samtidigt med, at isens overflade øges, og dermed kan det se ud som om, at der er mere is. Figur 4, 5 og 6 viser ikke lige så tydeligt som figur 1 og 2 isens tykkelse, man kan f.eks. ikke se, om der bliver mindre indlandsis på Grønland.

Figur 7 giver et lidt andet bud på, hvor meget is der vil smelte, og i dette forslag lader det ikke

Figur 7: Temperaturstigninger på den nordlige halvkugle
ACIA – Arctic Climate Impact Assessment
<http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/MindreHavis.htm>

til, at isen vil smelte så meget som på figur 4, 5 og 6.

De rød/orange farver på kontinenterne anviser, hvor meget temperaturen vil stige indtil 2070 – 90. I de arktiske egne, hvor der er mest rødt forventes det, at temperaturen vil stige mellem 6 – 12°C³.

Den tynde lyseblå linie uden om Nordpolen viser isens udstrækning i september 2002. Det mørkegrå område er isens estimerede udbredelse i 2010 – 2030 og det hvide område viser isens udbredelse 2070 – 2090. Feltet i midten viser ismængden et sted mellem de to perioder. Periodeinddelingen er altså den samme som på figur 4 – 6, og er derfor et eksempel på, at der er flere forskellige vurderinger af, hvor meget is der vil bortsmelte under den globale opvarmning.

Som nævnt i sammenhæng med tilbagekoblingsprocessen, er der store konsekvenser ved bortsmeltning af hav- og landis. Det er principielt nødvendigt for hele Jorden, at indlandsisen smelter. Størstedelen af den afsmeltede indlandsis løber ud til havet øst for Grønland, og sætter her, sammen med corioliseffekten og vindene, bevægelse i alle havstrømme. Det sker ved, at det kolde og tunge vand fra indlandsisen løber ud i havet og synker til bunds. Koldt vand fylder mindre end varmt vand, og derfor søger det relativt varme vand fra Atlanterhavet mod nord og skaber Golfstrømmen.

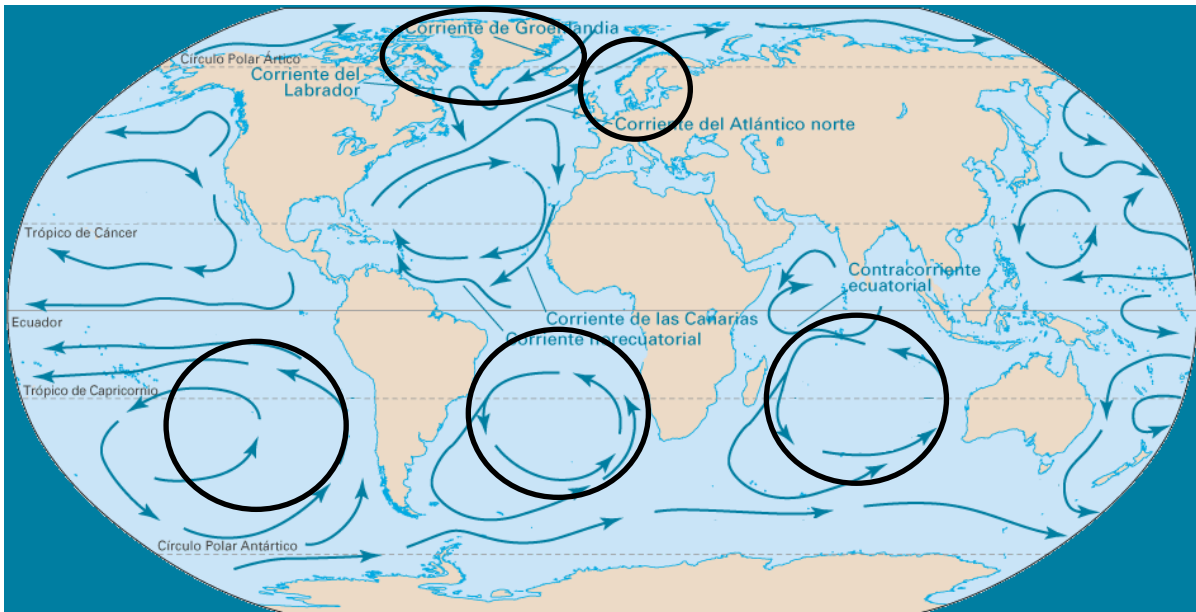
Hvis det antages, at indlandsisen smelter for hurtigt, vil der komme for meget ferskvand fra indlandsisen, og nedsynkningen vil stoppe, da ferskvands massefylde er mindre end saltvands og fordi balancen mellem nedsynkning og saltindholdet er meget fin. Hvis nedsynkningen stopper, vil det altså betyde, at det varme vand sydfra ikke vil bevæge sig mod nord, og Golfstrømmen vil stoppe. Det vil igen medføre, at klimaet i Skandinavien og England vil blive ligesom det Nordamerikanske med kolde og tørre vintre og varme somre. Det vil igen få betydning for f.eks. dyrelivet, de fugle der ikke er trækfugle, der ikke er indstillet på kolde vintre i Danmark, afgrøder osv.

En bortsmeltning af indlandsisen, vil (udover, at det medfører, at den positive tilbagekoblingseffekt går i stå, og dermed fører til endnu højere temperaturer) medvirke til et globalt højere havniveau. En fuldstændig forsvinden af indlandsisen vil i sig selv give et havniveau, der er 10 cm højere end i dag – globalt.

Ændringer i havstrømmene vil også kunne mærkes meget længere væk end Skandinavien. De steder, hvor havstrømmene fører det næringsrige bundvand op til

³ <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/start.htm>

overfladen, bliver der tiltrukket fisk og dermed opstår der også fiskeindustri i området. Den vil gå i stå, hvis strømmene ændres.



Figur 8: Globale overfladehavstrømme

Det er specielt sydpå ved Sydamerikas kyst, sydlige del af Atlanterhavet og det Indiske Ocean.

I forbindelse med en klimaændring, hvor klimaet bliver varmere, vil de nuværende klimazoner ændre sig. Det varmere klima vil flytte grænserne for klimazonerne længere mod hhv. nord og syd. Den tropiske klimazone omkring Ækvator vil udvides både mod syd og nord, og vil derfor blive meget større. Dette har naturligvis indflydelse på hele klodens dyre- og planteliv, men for Arktis betyder det, at den polare klimazone bliver mindre. Reduktivt kan man sige, at dyre og plantelivet andre steder på Jorden, kan følge med den klimazone de bor i (det kræver tid til tilpasning osv.), men dyrene i de arktiske egne kan ikke gøre det samme. Når isen smelter har dyrene ikke andre steder at tage hen, og specielt dyr som isbjørnen, der bruger isen til at jage fra, får problemer med at skaffe føde, hvis isen forsvinder.

I de arktiske egne vil der også opstå kulturforandringer i forbindelse med den globale opvarmning. Som det tydeligt ses på figur 2, er isen blevet tyndere og det medfører, at jagt på isen, som er en stor del af grønlænderes kultur, ikke kan gøres så sikkert som tidligere. Grønlændernes jagtområder er dermed blevet mindre, hvilket er et problem, da mange grønlændere er mere eller mindre selvforsynende mht. sælfangst etc.

Mange boliger, veje og broer i det arktiske område er bygget på permafrost. Når der ikke længere er permafrost i et område, vil fundamentene synke, og huse, veje og broer vil knække og ødelægges. Boliger der er bygget tæt ved havet, som det er tilfældet i Grønland, er beskyttet af den permafrosne jord, der forhindrer kysten i at erodere. Når jorden ikke længere er frossen, bliver jorden blød, og havet eroderer jord væk, så husene til sidst ender i havet.

Set i et lidt større perspektiv vil forsvinden af permafrosten kunne mærkes på den globale opvarmning. Stiger temperaturen i Arktis så permafrosten forsvinder, vil de store områder i Sibirien og Nordamerika med tørvemoser begynde at smelte. Moserne indeholder bl.a. drivhusgasserne metan og kuldioxid, der bliver frigivet, når frosten ikke længere binder dem i jorden. De enorme mængder af drivhusgasser slippes derfor ud i atmosfæren, og da det er fastslået, at drivhusgasser en af de aller vigtigste faktorer til global opvarmning, vil dette udslip af drivhusgasser føre til endnu mere opvarmning, som så fører til mere frigivelse af drivhusgasser, og sådan kan det blive ved, indtil al gassen er udslippet. Hvert år, når det øverste jordlag smelter, frigives en mindre mængde drivhusgas, men ikke nok til, at det kan måles på klimaet. Derfor er det vigtigt, at permafrosten ikke begynder at forsvinder.

Hvis der skal siges noget "positivt" ved afsmeltning af isen i Arktis, kan det nævnes, mindre is i Arktis vil give skibstrafikken nye muligheder. I dag kan man kun sejle nord om Sibirien og Canada ca. 30 dage om året. Hvis udviklingen i den globale opvarmning fortsætter, vil man i 2080 kunne sejle nord om Sibirien og Canada ca. 100 dage om året. (se fig. 7, ruten er tegnet ind med hhv. grøn og blå streg). Ved at sejle ad den blå eller den grønne rute, bliver turen fra Atlanterhavet til Stillehavet reduceret med 60% i forhold til i dag (udover de 30 dage). Set i forhold til de andre konsekvenser ved global opvarmning må det siges, at denne fordel ikke ser ud af meget sammenlignet med de negative følger. En anden positiv konsekvens ved opvarmningen er, at der vil kunne udvindes metaller og olie i Arktis. I dag findes der endnu ikke en metode til at udvinde olie i Arktis (på grund af is og frost) men forsvinder isen, kan man udvinde det olie og de metaller der med stor sandsynlighed findes i Arktis.

En klimaændring i de arktiske egne har altså store konsekvenser både på personligt og på overordnet plan. De ovennævnte konsekvenser er blot et udsnit af det, der kan ske, når den globale opvarmning får isen til at smelte tilstrækkeligt. Desuden er der også (næsten)

kun nævnt konsekvenser for de arktiske egne, trods klimaændringerne påvirker hele Jorden med f.eks. ørkenspredning, flere orkaner i Vestindien etc. Årsagerne til klimaændringerne er heller ikke beskrevet i denne rapport.

At Arktis og Antarktis eksisterer som de gør i dag, er fundamentalt for, at klimaet og Jorden fortsætter med at se ud, som det gør nu. Selv små ændringer fører altså store ændringer med sig i kraft af tilbagekoblingsprocessen. Klimaændringerne er noget der er sket over en årrække, hvor man, til dels ikke har været klar over problemet (før 1970) og siden 1970'erne har man i lang tid ikke fokuseret nok på problemet ved ikke at tænke på miljøet. Hvis klimaet skal ændres tilbage til det, det var før 1970'erne og de store ændringer, vil det komme til at tage endnu længere tid, end det har taget at ændre klimaet til det, det er i dag.

Litteraturliste:

Figur 1: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/Havisen.htm>

Figur 2: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/Havisen.htm>

Figur3:

http://www.dmi.dk/dmi/index/viden/klimaet_indtil_nu/temperaturen_i_groenland.htm

Figur 4: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/MindreHavis.htm>

Figur 5: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/MindreHavis.htm>

Figur 6: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/MindreHavis.htm>

Figur 7: <http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/start.htm>

Figur8:

<http://images.google.dk/imgres?imgurl=http://cache.eb.com/eb/image%3Fid%3D70057%26rendTypeld%3D33&imgrefurl=http://www.britannica.com/eb/art/print%3Fid%3D60311%26articleTypeld%3D0&h=495&w=973&sz=71&hl=da&start=1&um=1&tbnid=d1SdplIXiOs6TM:&tbnh=76&tbnw=149&prev=/images%3Fq%3Docean%2Bcurrent%2Bcirculation%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dda%26client%3Dfirefox-a%26channel%3Ds%26rls%3Dorg.mozilla:da:official%26sa%3DN>

http://www.dmi.dk/dmi/index/viden/klimaet_indtil_nu/udviklingen_til_nu_globalt.htm

<http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/start.htm>

<http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/MindreHavis.htm>

http://www.dmi.dk/dmi/index/viden/klimaet_indtil_nu/temperaturen_i_groenland.htm

<http://www.dpc.dk/graphics/Design/flash/ACIA/TemaHavis/Havisen.htm>

<http://www.bioedonline.org/news/news.cfm?art=2064>

http://news.nationalgeographic.com/news/2002/10/1024_021024_TVGreenland.html