

Nr. 5-2008 Indlandsisen i fremtiden

Fag: Naturgeografi B, Fysik B/C, Kemi B/C

Udarbejdet af:

Lone Als Egebo, Hasseris Gymnasium & Peter Bondo Christensen, DMU, september 2009

Spørgsmål til artiklen

1. Hvor stort et areal og hvor stort et volumen udgør den grønlandske indlandsis?
2. Hvor stor en andel udgør Indlandsisen af verdens samlede ferskvandsreserve?
3. Forklar den dynamiske flydestruktur af Indlandsisen ved hjælp af figuren øverst s. 5.
4. Hvilke konsekvenser ville det have for det globale havniveau hvis al Indlandsisen smeltede som følge af klimaforandringer?
5. Det sidste årti har været det varmeste i Grønland, siden der var en varmeperiode i 1930-40'erne. Hvad er der sket med nedbørsmængden og den relative luftfugtighed som konsekvens af den højere temperatur?
6. Situationen minder om den, man havde i 1930-40'erne. Men er der andre forhold, som også spiller ind nu?
7. Man bruger bl.a. modelberegningssystemet SICOPOLIS, hvis man vil forudsige Indlandsisens udvikling i fremtiden. Hvilke data bygger systemet på, og hvad kan det?
8. Beskriv ved hjælp af figurerne nederst s. 5 og figurerne s. 6 den modellerede udvikling i Indlandsisens areal og volumen frem til år 2350. Hvor store procentvise reduktioner af Indlandsisen, svarer tallene til?
9. Hvorfor har man valgt at lave modellen præsenteret s. 5 ud fra CO₂-koncentrationer i atmosfæren på hhv. 450 ppm og 1000 ppm?
10. Hvilken rolle spiller Indlandsisen for vandets kredsløb i de arktiske egne?
11. Hvor store konsekvenser vurderer modellerne, at Indlandsisens smeltning vil have for det globale havniveau ved udgangen af dette århundrede?
12. Hvilke konsekvenser har det, at havvandets temperatur samtidig er stigende på grund af den globale opvarmning?
13. Hvilke konsekvenser kan det mon have at der tilføres store mængder ferskvand fra Indlandsisen til det salte hav?

Uddybende opgaver og spørgsmål

14. Forklar ved hjælp af nedenstående link mere om dynamikken i en iskappe.
<http://www.fys.dk/nfa/06/heftet/04.pdf>
15. Forklar hvorfor der kommer mere nedbør med stigende temperatur.
- Densitet (massefylde) kan matematisk beskrives som masse divideret med volumen $\rho = \frac{m}{V}$, og har betegnelsen ρ (rho). Hvad sker der med densiteten af vand, når temperaturen stiger?
 - Densitetsformlen kan omskrives således: $m = V \cdot \rho$. Vi antager nu, at vi har et kilo vand ved to forskellige temperaturer. Forklar ved hvilken af de to temperaturer vandet fylder mest.
 - Hvis temperaturen i havvand stiger fra 5 til 15 °C ved en salinitet på 30, hvor mange L ville 1 m³ (1000 L) vand da fylde mere?
 - Brug disse informationer til at forklare hvad der sker med det globale havniveau, hvis temperaturen stiger.

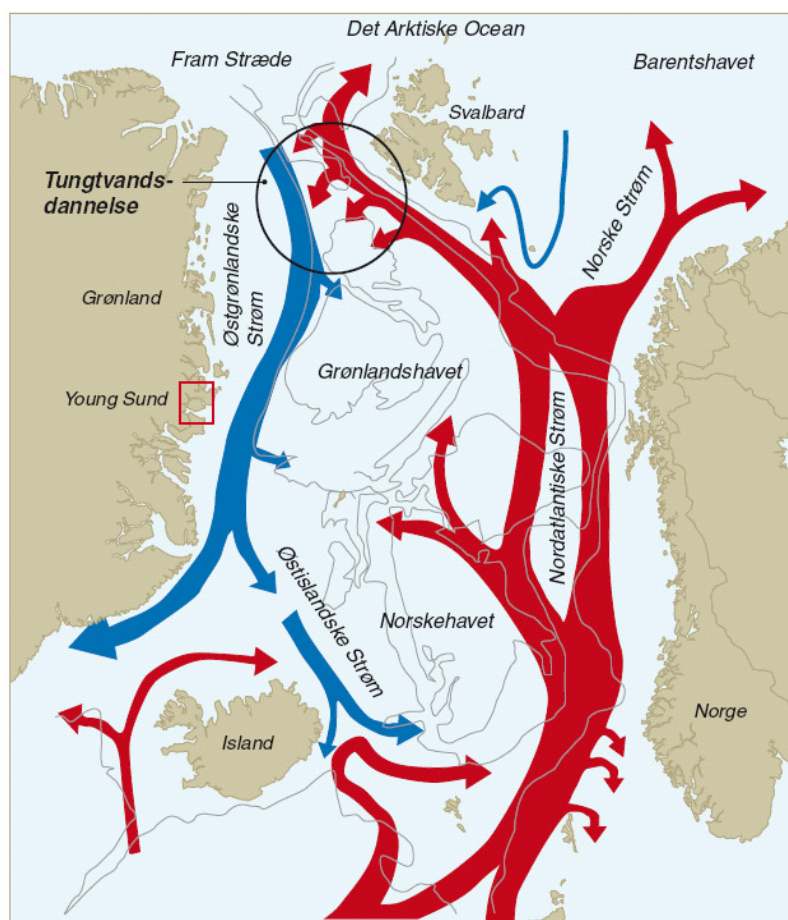
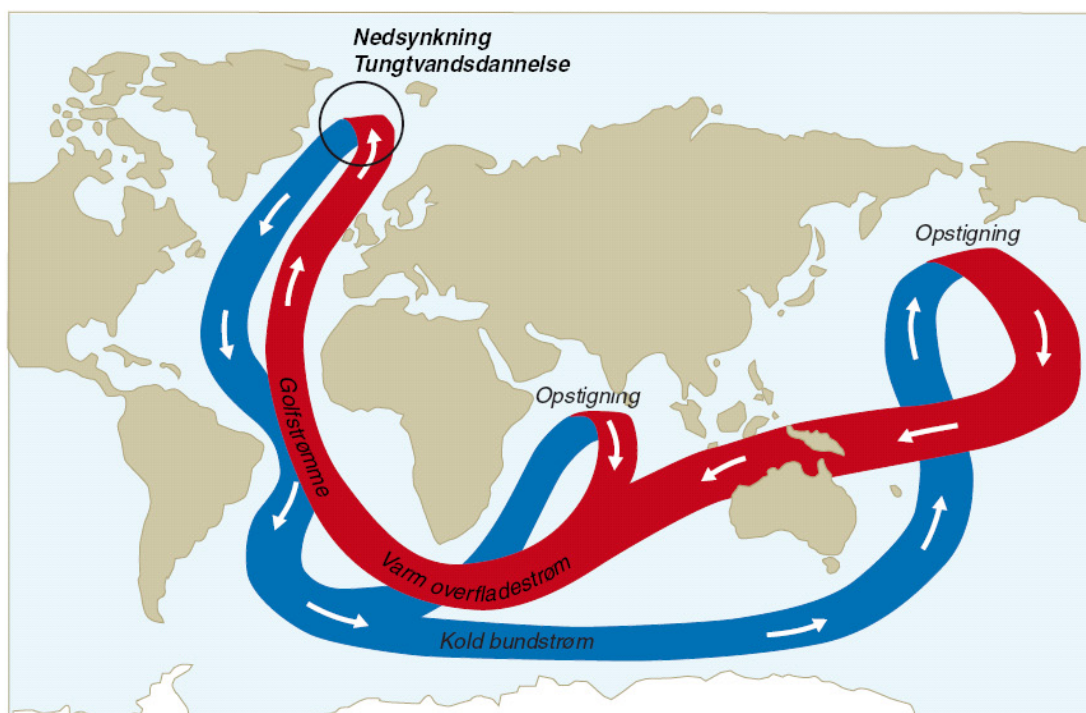
Havvands densitet (kg/L) ved forskellige temperaturer og saliniteter

Kolonne1	Kolonne2	Kolonne3	Kolonne4	Kolonne5	Kolonne6
Salinitet (g/kg) → Temperatur (°C) ↓	20	25	30	35	40
0	1,01604	1,02006	1,02408	1,0281	1,03214
5	1,01584	1,01978	1,02373	1,02768	1,03164
10	1,01531	1,01918	1,02307	1,02696	1,03086
15	1,01448	1,0183	1,02213	1,02597	1,02982
20	1,01339	1,01717	1,02096	1,02475	1,02856
25	1,01207	1,01582	1,01957	1,02334	1,02712

16. Forklar ved hjælp af informationerne i boks 1 (den termohaline cirkulation), hvad der driver de havstrømme, der hersker i Atlanterhavet.

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab* •
- Se mere på www.aktuelnaturvidenskab.dk •

Boks 1. Den thermohaline cirkulation



Modificeret efter Peter Bondo, Ronnie N. Glud og Søren Rysgaard, *Naturens Verden* 2008-5.

Boks 1. Den thermohaline cirkulation

Ud for Nordøstgrønlands kyst eksisterer et fænomen, der populært går under betegnelsen "Oceanernes kolde hjerte". Det er en slags pumpe, der styrer og driver nogle af de største havstrømme i verdenshavene.

Når overfladevandet i Arktis nedkøles, bliver det "*tungt*" (densiteten stiger) og synker til havbunden tusinde meter nede. Herfra løber det sydpå som en gigantisk undersøisk strøm, der fortsætter gennem verdenshavene. Det kolde vand fra nord presses ind under det varmere vand i de tropiske områder af det Indiske Ocean og Stillehavet. Det skaber en nordgående overfladestrøm, der på et tidspunkt bliver til Golfstrømmen. En gren af Golfstrømmen bøjer af og bliver til den Nordatlantiske Strøm. Med denne strøm løber vandet hele vejen tilbage til Nordatlanten og Grønlandshavet, hvor det atter afkøles og en ny cyklus starter.

Den globale strøm af vand kaldes den termohaline cirkulation eller mere populært havets globale transportbånd (På engelsk "The Great Ocean Conveyor Belt"). Man regner med, at turen rundt for et enkelt vandmolekyle tager op til 1600 år.

Termohalin betyder, at både temperaturen (thermos=varme) og saltholdigheden (halin=salt) af vandet spiller ind på processerne bag pumpen og havstrømmen. Koldt og saltholdigt vand har en højere densitet (er "*tungere*") end varmere og mere ferskt vand.

I troperne fordamper ferskvand fra havet og det gør havvandet meget salt. Over Atlanterhavet transporteres vanddampene til polerne, hvor det kommer ned som nedbør, mens det salte havvand transporteres nordpå med havstrømmene.

Når det salte vand køles af i Grønlandshavet, sker der flere ting. Vandet bliver koldere og dermed tungere, og det synker derfor ned mod havbunden. Der dannes havis, hvorved saltet fryser ud af havvandet. Saltet samles i den såkaldte "brine", som er små kanaler i isen, og her løber det mod undersiden af isen og videre ud i vandet under isen. Dette vand bliver nu meget saltholdigt og tungt, og det øger transporten af koldt vand til havbunden. Man kalder denne proces for tungtvandsdannelsen eller dybvandsdannelsen. Oceanerne kolde hjerte er ansvarlig for tungtvandsdannelsen, der sker på et relativt lille område, mens opblandingen af det kolde vand med overfladevandet i de varmere egne er en proces, der strækker sig over store områder.

Med klimaforandringerne kommer der mere nedbør og dermed mere ferskvand til de arktiske områder. Det giver et ferskere overfladevand, der lægger sig oven på det salte Nordatlantiske vand. Forskerne er bange for, at det vil svække dybvandsdannelsen og at det får indflydelse på den termohaline cirkulation, idet det svækker Golfstrømmen. Sker det, bliver det koldt i Europa, da det bl.a. er Golfstrømmen, der varmer os op. Der er efterhånden mange beviser for, at den seneste istid opstod efter den globale termohaline cirkulation blev svækket.

Perspektiverende opgaver og spørgsmål

17. Redegør for indholdet i artiklen fra Jyllands-Posten d.8/8-2009, og forklar herunder hvad der menes med det såkaldte 'tipping point'. Hvordan stemmer indholdet overens med de forudsigelser som artiklen fra Aktuel Naturvidenskab har om Indlandsisens afsmeltning?

 Jyllands-Posten | 08.08.2009 | 1. sektion | Side 9 | 408 ord | artikel-id: e19f8981

Snart ingen vej tilbage for isen

Nye beregninger fra is-og klimaforskere viser, at indlandsisen i Grønland om få år når et punkt, så der ikke er nogen vej tilbage for en afsmeltning. Det såkaldte "tipping point".

Af LARSFROM

Om ca. 35 år vil indlandsisen på Grønland smelte så meget, at der ikke længere er håb om at stoppe afsmeltningen, vurderer klimaforskere.

»Senest omkring 2043 vil indlandsisen ikke længere være i stand til at bygge sig selv op igen. Så har den nået det punkt, hvor den vil blive ved med at tabe masse,« vurderer klimaforsker Sebastian Mernild, der arbejder på University of Alaska i USA.

Når overfladen af indlandsisen i en årrække smelter mere, end den vokser, betegner man det som, at isen har passeret "tipping point", lyder forklaringen.

Allerede i dag smelter der mere is fra indlandsisen i Grønland, end der kommer til i løbet af vinteren. Der kommer fortsat mere sne på overfladen, end der smelter, men fordi isen også sender masser af gigantiske isbjerge ud i havet, er regnestykket negativt. Helt præcist forsvinder der hvert år ca. 265 kubikkilometer is fra Grønland - hvilket indeholder mere ferskvand, end der bruges i Danmark på et helt år.

2,5 m stigning

Beregningerne er foretaget ud fra tal fra FN's Klimapanel, IPCC, og derfor kan det komme til at gå endnu hurtigere, mener Mernild.

»IPCC er nok en smule konservativt, da de fleste forskere mener, at den globale opvarmning går endnu hurtigere end forudset af IPCC.

Derfor tyder noget på, at vi rammer "tipping point" endnu tidligere.« Sebastian Mernild har sammen med andre grupper af forskere lavet de mest avancerede beregninger af fremtidens afsmeltning af indlandsisen i Grønland. Det ser dramatisk ud: »Vi vurderer - igen på baggrund af tal fra IPCC - at ca. 20 pct. af indlandsisen vil være væk i 2050. Hvis 20 pct. af isen smelter, vil det samtidig få vandstanden i verdenshavene til at stige med 1,25 m. Hertil kommer en yderligere stigning, fordi vandet udvider sig, når det bliver varmere. Det vil betyde, at havet i alt vil stige med ca. 2,5 m,« fortæller Sebastian Mernild, der netop er vendt hjem fra en tur til Østgrønland, hvor han har undersøgt lokale gletsjere.

»De mister alle masse. Nogle steder dobbelt så meget som tidligere.«

Også galt i Antarktis

Ifølge de nyeste forskningsresultater tyder meget på, at indlandsisen i Antarktis nu også er begyndt at smelte mere, end den vokser.

Hvis al isen i Grønland smelter, vil verdenshavene stige med ca. seks-syv meter, mens vandet vil stige omkring 60 meter, hvis Antarktis smelter.

Sebastian Mernild er netop blevet udnævnt til medforfatter på den næste klimarapport fra FN's Klimapanel, der skal udkomme i 2011.

lars.from@jp.dk

Til læreren

Vi har udarbejdet spørgsmål og opgaver til denne artikel samt til de fire artikler, som er nævnt under 'Relateret materiale'.

Vi har tænkt dem anvendt i et tema der kunne have overskriften: Klimaforandringer i Arktis.

Temaet ville egne sig enten til tværfagligt samarbejde mellem de naturvidenskabelige fag eller som en del af et forløb under Almen Studieforbereelse.

Artiklerne kan selvfølgelig også læses enkeltvis uafhængigt af hinanden, hvilket er årsagen til, at der er nogle af spørgsmålene til artiklerne, der går igen.

Relateret materiale

Livet på den arktiske havbund af Mikael K. Sejr m.fl., [Aktuel Naturvidenskab 1/2009, s. 13-17](#) (bi).

Indlandsisen sveder af Sebastian H. Mernild, [Aktuel Naturvidenskab 2/2008, s. 7-10](#) (ng/fy/ke).

Det frosne hav af Torben Schmith og Rasmus Tonboe, [Aktuel Naturvidenskab 4/2007, s.24-27](#) (ng/fy).

Klimaforandringer i Arktis af Peter Bondo Christensen og Søren Rysgaard, [Aktuel Naturvidenskab 1/1999, s. 4-7](#) (bi)

Man kan finde undervisningsmateriale til andre klimarelaterede artikler fra Aktuel Naturvidenskab på <http://www.aktuelnaturvidenskab.dk>