

IS OG VAND



Skoletjenesten Öresund

Statens Naturhistoriske Museum

Danmarks Akvarium

Zoologisk Have

Danmarks Tekniske Museum

Danmarks Tekniske Videncenter/DTU

LIFE-Det Biovidenskabelige Fakultet/KU

 Skoletjenesten

Indhold

Et fruset øgonblick af Marianne Bomgren	4
Gletschere og klimaændringer af Kurt Kjær	7
Fisk med frostvæske af Anne-Mette Høeg Andersen	11
Når vand er en mangelvare af Pernille Haugård Jensen	14
Træk af køleteknikkens historie af Jan Rindom	17
Fra køleskab og kummefrys af Torben Ingerslev Roug	20

Is og vand

© Skoletjenesten 2007
Redaktion: Bente Garbers (ansv.)
og Jan Rindom

Forsidefoto: Isbjerge om sommeren ved Ilulissat Isfjord i Vestgrønland. Fotograf Anne-Mette Høeg Andersen.

Isblokke før kunstnerne begynder skabelsen af de kolde værker.

Foto: Stefan Kauppi.

Bagsidefoto: Nordranden af Brúarjökull på det østlige Island. Fotograf: Kurt H. Kjær.

Lay-out: Kristin Wiborg/
Skoletjenesten

Tryk: Schultz Grafisk

www.skoletjenesten.dk

Kære Naturfagsunderviser



Vand og is er i bogstavelig forstand et af tidens hotteste temaer. Jorden har det varmt, og manglen på rent drikkevand er et enormt problem. Både miljø- og klimadebatten har for længst nået kogepunktet og dermed i nogen grad demonteret et godt emne i undervisningen. For hvordan kan man arbejde med is, når Jordens poler er i gang med at smelte? Giver det overhovedet mening at tale om lokalt vandmiljø i en tid, hvor mennesker dør i hobetal af mangel på rent drikkevand.

Alligevel vover Dansk Naturvidenskabsformidling at gøre vand og is til tema for årets festival. Det er meget modigt at sætte vand og is på dagsordenen uden at fokusere på alle problemerne. Som modvægt til eksperternes dystre profetier er der måske behov for at arbejde lidt mere med de livgivende sider af emnet.

Skoletjenestens naturfagsgruppe har valgt at tage tråden op fra dette års festival og udgive dette inspirationshæfte. Hæftet indeholder småartikler med forskellige vinkler på emnet, fra køleteknik over iskunst i det nordlige Sverige til frostvæsker i fisk. Foruden disse artikler indeholder hæftet også eksempler på undervisningstilbud, som kan benyttes i arbejdet med is og vand.

På www.skoletjenesten.dk får man et generelt overblik over de mange spændende undervisningstilbud, skriftlige materialer, øvelser og lærerkurser, som tilbydes af Skoletjenestens afdelinger på Det Biovidenskabelige Fakultet, Statens Naturhistoriske Museum, Danmarks Akvarium, Zoologisk Have og Danmarks Tekniske Museum/DTU.

God fornøjelse



*En kunstner bearbejder isen.
Foto: Stefan Kauppi.*

Ett fruset ögonblick

– när is blir konst

Af Marianne Bomgren, undervisnings- og udviklingsansvarlig, Skoletjenesten Öresund

Jag var i Östersund i februari månad för att delta i en konferens. Innan programmet startade gick jag en promenad genom stadens centrum. En termometer visade på 19 minusgrader och jag hade minst sagt svårt att hålla värmen, så jag gick raskt. Men plöstligt måste jag bara stanna, för där – på en öppen plats intill gågatan – stod en grupp skulpturer av is. Trots kylan var jag tvungen att bli stående en stund och betrakta dem. De var fascinerande. Det fanns något skört men ändå orubbligt* starkt över dem, en urkraft i frusen form.

Under konferensens två dagar försökte jag sedan hitta en möjlighet att gå tillbaka och fotografera dem, men lyckades inte till min stora besvikelse. För just dessa skulpturer skulle jag aldrig få se igen – deras tid på jorden var sannerligen begränsad.

Och just förgängligheten är det häftiga, säger Stefan Kauppi när jag talar med honom ett par månader senare. Det ger en spänning att arbeta med materialet när man vet att det blir ett ögonblicks konstverk. Stefan arbe-

tar som projektledare inom projektet *Vinterstaden i Östersund* och har på hobbybasis börjat arbeta med isskulptering. Materialet i sig är lättarbetat om man har rätt verktyg. Man använder sig av isjärn (ett hyvelblad på skaft), motorsåg och kniv. Det är som att hyvla ost när man täljer* med isjärnen, berättar Stefan, och det kräver ingen större muskelstyrka. Materialet är på samma gång hårt och skört, men det går att göra detaljer – till det använder man kniv. Man har också haft works-shops i samband med Vinterstaden, där barn och vuxna provat på detta.

Isskulptering har funnits länge i Kina och Japan och därifrån har det spritt sig till andra områden med de rätta förutsättningarna, t ex Ryssland, Alaska och norra Skandinavien. I Östersund kan man hämta is från Storsjön,

men till skulpturerna i Östersunds centrum har man köpt is från Ice Hotel i Jukkasjärvi vid Torne älv. Det är här, i en liten by 200 km norr om polcirkeln, som isskulpteringen utvecklats mest i norra Europa. Här odlar man också egen is.

Liselott From är en av de medverkande konstnärerna i Vinterstadens utställning och har arbetat med isskulptering i många år.

„Det är en stor förmån* att få arbeta med isen från Jukkasjärvi. Den är speciell – helt transparent“.

Det blir den för att man tar den från en del av Torne älv, där vattnet inte strömmar för fort eller för långsamt, det strömmar „lagom sakta“, enligt Liselott. Dessutom är det rent och fint vatten. Tar man is från närliggande Storsjön eller andra vatten så blir den inte helt genomskinlig, eftersom den ofta innehåller små luftbubblor.



Råmaterialet. Isblocke før kunstnerne begynder skabelsen af de kolde værker.
Foto: Stefan Kauppi.



Isskulptur. Foto: Stefan Kauppi.

Isen från Jukkasjärvi är också extra tjock. För att få den så tjock så plogar man denna del av älven regelbundet så man tar bort snöns isolerande skydd. Sen hugger man ut block på 2 kubikmeter. Ett sådant block väger 2000 kg och kostar ca 8-10000 SEK att köpa.

Isen absorberar också ljus på ett speciellt sätt, vilket Liselott utnyttjar eftersom hon också arbetar med ljusinstallationer.

„Utmaningen med is är annars densamma som när jag arbetar med skulpturer av trä – det gäller att fatta rätt beslut innan man tar bort något. Man kan inte göra om det. Drivkraften är att se vad det blir ... Men det är också ett hårdare arbete på så sätt att man arbetar på plats, ute i kylan och blir blöt och kall om händerna. Sen vet man ju aldrig exakt hur länge konstverket får vara kvar“.

Liselott säger att det är förfärligt när skulpturen smälter, men tillägger att hon ändå måste gå dit och se det ske. Ibland uppstår faktiskt ett nytt konstverk under denna process – innan allt försvinner.

*orubbligt = urokkeligt

*täljer = snitter

*förmån = privilegium

Vejledning i forbindelse med skolebesøg på kulturinstitutionerne i Skåne kan ses på www.skoletjenesten-oresund.dk.

Desuden kan Skoletjenesten Öresund tilbyde vejledning ved undervisning på tværs af sundet, ved etablering af venskabsklasser eller i forbindelse med lejrskoleophold i Skåne.

Gletschere og klimaændringer

Af Kurt H. Kjær, docent og forskningslektor ved Statens Naturhistoriske Museum.

Kæmpestore is-øer, der river sig løs og sejler af sted. Gletschere, der smelter og åbner for hidtil usete fjorde eller svinder ind år efter år på toppen af verdens bjerge. Alt dette er ifølge medierne den verden, vore børn kommer til at opleve i en tid med globale klimaændringer. Forudsigelserne skyldes for en stor dels vedkommende fremskrivninger af den udvikling, som har fundet sted indenfor de sidste årtier, hvor ny avanceret satellit-overvågning har vist udviklingen fra år til år i nedsede områder.

Ved at se på historiske malerier og fotografier kan vi forsikre os om, at gletschere også ændrede volumen før i tiden. Under den Lille Istid mellem ca. år 1500 og 1900, hvor klimaet var koldere, voksede størstedelen af verdens gletschere (se fig. 1). Længere tilbage i tid, for ca. 9000-6000 år siden, hvor klimaet var lidt varmere end det nutidige, forsvandt mange gletschere helt på den nordlige halvkugle. Randen af den grønlandske indlandsis stod flere steder 20 kilometer inden for sin nuværende rand.

Gletschere er altså følsomme og troværdige indikatorer på klimaændringer, og de forsøger at tilpasse sig og opnå en ligevægt, hvor deres størrelse er afstemt med det omgivende klima.

Gletscher – til og fra.

Størrelsen af gletschere er resultatet af balancen mellem den årlige nedbørsmængde, altså sne, der tilføres gletscheroverfladen, og det årlige tab af masse, som kan tilskrives kalvning af is (isbjerge), overflade- og bundsmeltning og sublimation.

Ved varmere klima og/eller mindre snemængder bliver denne massebalance negativ, og gletscherfronten trækker sig tilbage. Hvis klimaet derimod bliver koldere, og/eller der falder mere sne, bliver massebalancen positiv, og gletscheren vil bevæge sig fremad. Oftest falder der mest sne om vinteren, og der smelter mest is og sne om sommeren. Grænsen, hvor vintrens sne ikke når at smelte om sommeren, og hvor sneen smelter helt væk, kaldes for ligevægtslinjen. Over ligevægtslinjen kan sne presses sammen til is, der langsomt bevæger sig mod bunden og flyder ud mod randen styret af tyngdekraften.

En sund gletscher har lidt mere end halvdelen af sit areal over ligevægtslinjen. Hvis det ikke er tilfældet, vil gletscheren forsøge at tilpasse sig til den nye situation. Men hvis ligevægtslinjen ligger meget højt oppe eller helt over gletscheren, betyder det, at der ikke akkumuleres sne på overfla-

den, og at smeltning er dominerende. Ikonet på den globale opvarmning – gletscheren på toppen af Kilimanjaro i Afrika – er netop et sådant eksempel, og indenfor en overskuelig årrække er den karakteristiske og velbeskrevne hvide bjergtinde ikke længere isdækket.

Den globale interesse.

Interessen for tilstanden af verdens gletschere og de store isskjolde på Grønland og Antarktis samler sig om deres indflydelse på havniveauet i verdenshavet og ændring af havstrømmene i Nordatlanten.

De forholdsvis små gletschere, som man typisk finder i de norske fjelde, Alperne eller Himalaya, er uden den store globale betydning. Deres afsmeltning kan dog have meget stor indflydelse på lokale vandressourcer og klimaforhold. I Himalaya kan opmagasineret smeltevand i store issøer pludselig tømmes med katastrofale konsekvenser for lokalbefolkningen.

Globalt set er det den grønlandske indlandsis og isskjoldet på Antarktis, der kan påvirke det globale klima. En total afsmeltning af den grønlandske indlandsis ville betyde en global havniveaustigning på 7 m, og hvis det Antarktiske isskjold forsvandt, ville det medføre en yderligere stigning på 50-60 m. Men allerede ved en moderat havniveaustigning på mindre end 1 m vil det have store konsekvenser for lavtliggende kyster forbundet med økonomiske interesser. Fersk, koldt smeltevand ville ødelægge strømningmønstret og givetvis ændre klimaet i landene omkring Nordatlanten.

Det kan gå hurtigt.

Normalt vil klimaændringer først efter et vist tidsrum påvirke de store isskjolde direkte. En ændring i klimaet slår ikke igennem før efter en vis reaktionstid. Den grønlandske indlandsis forventes at reagere med flere tusinde



Fig. 1. Grønland, sommer 1965. Det markante farveskifte på fjeldsiden viser, hvor gletscheroverfladen stod under den Lille Istid i tiden mellem år 1500 og 1900. Gletscheren har altså haft en negativ massebalance siden afslutningen på den Lille Istid og 1965. Udviklingen er fortsat frem til i dag. Fotograf: Svend Funder



års forsinkelse. Men en af de helt store overraskelser, som den seneste forskning har bragt frem, er hvor hurtigt udløbsgletschere fra den indre del af indlandsisen ændrer deres hastighed. To af de store udløbsgletschere i Sydøstgrønland – Helheim og Kangerdlugssuaq – fordoblede deres hastighed indenfor ét år omkring 2004 for efterfølgende at genvinde udgangsniveauet to år senere. Den øgede hastighed var så kraftig, at det kunne aflæses i antallet af mindre jordskælv, der blev udløst ved bunden af isen, når den gled hurtigt henover sit underlag.

På Antarktis synes isen også at reagere mere dynamisk end forventet. I større områder omkranses isskjoldet af flydende gletscheris, såkaldte is-

Fig. 2. Nordranden af Brúarjökull på det østlige Island, sommeren 2003, set fra isen. Den galopperende gletscher smelter hastigt tilbage fra et 8 km langt fremstød i 1964. Under det nuværende klima rykker gletscherfronter op til 200 m tilbage om året – en helt naturlig situation da gletscheren har bragt is ned i et område, som ikke er i ligevægt med klimaet.

Fotograf: Kurt H. Kjær.

shelfer. Enorme is-shelfer har flere gange under de sidste 10 år brudt op, og is-øer på størrelse med Fyn er sejlet af sted. Problemet er ikke den flydende is i sig selv, men at udløbsgletscherne i

de bagved liggende dale ikke længere holdes tilbage af is-shelferne. De tømmes derfor uhørt hurtigt og trækker mere is med ud i havet fra den indre del af iskjoldet.

Snebolden ruller.

Selvom indlandsisens største ismasse findes i det indre af Grønland, så er det lokale klimaforhold og dræningsmuligheder i randzonen, der betinger, hvor hurtigt isen kan reagere på klimaændringer. Det har også vist sig, at smeltevand fra isoverfladen hurtigere end forventet kan finde vej til bunden af isen. Derved smøres underlaget af en vandfilm, og hastigheden stiger markant. Nu starter der en selv-kørende proces: ved stigende hastighed udtynnes isens reservoir, og overfladen sænkes til en lavere højde og eksponeres derved for højere temperaturer, der igen leder til stigende afsmeltning og endnu højere hastighed. Denne proces forkorter reaktionstiden på klimaændringer betydeligt på den grønlandske indlandsis.

Klimaændring eller ...

Det står klart, at næsten alle verdens gletschere og store iskjolde er ude af balance med dagens klima. De fleste smelter tilbage, mens andre modtager mere snedebør i sammenhæng med varmere og fugtigere vejr. De holder midlertidigt deres position. Nu er erfaringshorisonten for disse hurtige ændringer ikke lang, og kun fremtidig overvågning samt rekonstruktion af

den tidligere udvikling flere tusinde år tilbage i tid kan sætte dem i det rette perspektiv.

I klimadebatten vises ofte før/nu billeder af gletschere, som har ændret deres størrelse betydeligt gennem de seneste 100 år. Men i flere tilfælde har man valgt en type gletscher, som ikke er velegnet til den slags simplificerede fremstillinger. Her tænkes på de såkaldte galopperende gletschere, som pludselig flyder flere kilometer frem i løbet få uger eller måneder for derefter at smelte hurtigt tilbage (Figur 2). Ved at fremhæve tilbagesmeltning viser man kun den ene side af historien, nemlig den, at gletscheris er bragt ud af balance og naturligvis smelter af for at tilpasse sig det omgivende klima.

På Statens Naturhistoriske Museum tilbyder Skoletjenesten undervisningstilbud med tilknytning til emnet is og vand på alle de 3 afdelinger: Botanisk Have og Museum, Geologisk Museum og Zoologisk Museum.

Læs om de forskellige tilbud på www.skoletjenesten.dk

Fisk med frostvæske

– det kræver ekstreme tilpasninger at bo i en fryser

Af Anne-Mette Høeg Andersen, formidler i Skoletjenesten Danmarks Akvarium

De fleste organismer i vandet har tilpasset sig et liv, hvor temperaturen svinger mellem 5 og 40 °C. Men lokalt findes der ekstreme eksempler – fra bakterier i brandvarme kilder i Nordamerika til livet under polernes is. For fisk gælder det, at udfordringerne er lige store, uanset om man lever i tropisk hede eller ved frysende isflager. Alligevel forekommer det kolde miljø mere barskt og fremmed for os, da det synes næsten utænkeligt, at noget liv skulle kunne trives i evigt iskoldt vand. Det er derfor ikke underligt, at dyr fra kolde egne ofte har vakt stor nysgerighed og forundring.

Dødelige iskrystaller

Temperaturerne i ishavene er lave både sommer og vinter, havoverfladen er ofte dækket af is, og kun en lille smule sollys trænger ned i de mørke vandmasser. I den arktiske vinter, og gennem hele året i Antarktis, ligger vandtemperaturen på omkring -1,9 °C. Vandsøjlen vrimler med små, dødbringende iskrystaller, som svæver rundt i vandet og gør livet farligt for fiskene. Og kæmpeisbjerge kan fore-

komme helt ned til 100 meters dybde. Hvis en fisk kommer i direkte kontakt med et isbjerg, vil den øjeblikkeligt fryse til en isklump!

Ligesom hos pattedyr fryser fiske-nes blod ved en temperatur på ca. -0,5 °C. Fisk er vekselvarme (deres kropstemperatur veksler i takt med omgivelserne), og de er derfor ikke i stand til at opretholde en ensartet kropstemperatur. Alligevel lever der fisk i de iskolde have. Det er klart, at særlige tilpasninger til sådanne ekstreme kuldeforhold er helt nødvendige for at kunne overleve. Havpattedyr og fugle holder på varmen enten ved hjælp af et tykt spæklag, isolerende fjerdragt eller en varm pels. Fisk har derimod hverken pels eller fjer. Mærkeligt nok har undersøgelser af polare fisk vist, at de ofte har bittesmå iskrystaller inde i kroppen. Fiskene indtager de små iskrystaller, når de drikker af det isfyldte havvand. Som alle saltvandsfisk er de nødt til at drikke for at opretholde deres væskebalance. Det betyder, at deres kropsvæsker i teorien er i konstant fare for at fryse – med døden til følge. Men hvordan undgår fiskene denne tragiske skæbne?



En mærkværdig opdagelse

Første skridt til en løsning på gåden blev et fund, som fiskeforskeren Arthur L. DeVries gjorde i midten af 1960'erne i Antarktis. Han opdagede, at hvis han tog noget serum fra en fisk fra familien Nototheniidae og tilførte det en lille iskrystal, kunne han sænke temperaturen, uden at iskrystallen begyndte at vokse. Først når temperaturen nåede en vis nedre tærskel, voksede iskrystallen pludselig eksplosivt og dannede lange, spydformede udvækster. Det tolkede DeVries som, at der i fiskeblodet måtte være et eller andet stof, der hæmmede iskrystallernes vækst, selv om fiskens blod var under dets frysepunkt. Stofferne viste sig at være en på den tid ukendt gruppe af proteiner, der på en eller anden måde „genkender“ overfladen på iskrystallerne og „binder“ sig til dem. Ligesom frostvæsken i en bils køler sænker kø-

Trematomus bernacchi fra familien Nototheniidae. Foto: Hans Ramløv.

lervandets frysepunkt, sænker disse stoffer fiskeblodets frysepunkt. De nyopdagede proteiner blev kaldt *antifryseproteiner*. Siden har forskning vist, at der findes mindst fem forskellige typer af antifryseproteiner i fisk og faktisk også en del i kuldetolerante insekter. Hos fisk dannes proteinerne i leveren og transporteres til vævene via blodet.

Evolutionært er antifryseproteinerne meget spændende. Antifryseproteiner hos fisk fra familien Nototheniidae (Antarktis) er de samme, som man finder hos torskefisk flere tusinde kilometer væk på den nordlige halvkugle. Forskerne har fundet ud af, at antifry-

seproteinerne hos de to familier er udviklet parallelt ved *konvergent evolution*. Antifryseproteinernes virke er endnu ikke fuldt ud forstået og vækker derfor stadig nysgerrighed hos forskere.

I Danmarks Akvarium kan der af praktiske årsager ikke udstilles frysetolerante fisk. Men mange andre fisk med ligeså fascinerende og ekstreme tilpasninger kan opleves. Eksempler på disse er:

Den elektriske ål – angriber byttedyr med kraftige stød og orienterer sig ved udsendelse af elektriske impulser. Den er tilpasset livet i den grumse og mudrede Amazonflod.

Dyndspringeren – bevæger sig rundt på land ved hjælp af specielt omdannede finner. Den er tilpasset et liv i mangroven med skiftende vandstand.

Den sydamerikanske lungefisk – kan ligge nedgravet i mudder i 5-7 år uden at tage hverken vand eller føde til sig. En ekstrem tilpasning til livet i tropiske vandhuller med hyppig udtørring.



Hoved af antarktisk torsk (*Dissostichus mawsoni*). Foto: Hans Ramløv.

Hvornår fryser saltvand?
Saltvand har et lavere frysepunkt end ferskvand. Hvor ferskvand fryser ved 0 °C, fryser saltvand med et saltindhold på 35 ‰ ved -1,86 °C. Forskellen skyldes det højere indhold af saltioner i saltvand.

I Danmarks Akvarium tilbydes bl.a. undervisning i emnerne evolution, tilpasning og prøvetagning i vandhullet - alle emner, der relaterer sig til dyrenes tilpasninger til det van-

dige miljø. En tilbudsoversigt kan bestilles på tlf. 3946 3132.

Mere uddybende oplysninger kan findes på www.skoletjenesten.dk.

Når vand er en mangelvare

– eksempler fra den afrikanske savanne

Teksten er uddrag fra en kommende bogudgivelse med titlen "Den afrikanske savanne", skrevet af biolog Hanne Lindemann. Bogen udgives i samarbejde med Zoologisk Have i København efteråret 2007. Den skal indgå som en del af Zoologisk Haves undervisningsmateriale om Afrikas dyreliv og økologi.

Savannen i Afrika giver dyrene nogle barske udfordringer, når man sætter fokus på vand. Når man undersøger dyrenes tilpasninger til livet på savannen, bliver man ofte overrasket over, hvor specialiserede dyrene er til den barske natur. Deres tilpasninger gør dem i stand til at overleve og formere sig i et miljø, der ville få os mennesker til at bukke under på få dage.

Vand på savannen

I gennemsnit får savannen samme mængde nedbør som Danmark, 700-800 mm om året. Men hos os er nedbøren jævnt fordelt, og fordampningen er relativ lille. På savannen er der meget varmere, og fordampningen er derfor større. Samtidig er regnen omkring ækvator fordelt på to regntider, en lang og en kort. Men jo længere man fjerner sig fra ækvator, jo større er tendensen til, at der kun er én regntid.

Regnens ulige fordeling over året har naturligvis store konsekvenser for dyre- og plantelivet, der altså skal være i stand til at tåle mange måneders tørke. Desuden er variationen i nedbørsmængden på savannen stor fra år til år, især i de tørreste områder.

Dyrenes største problem bliver så at økonomisere med den sparsomme vandforsyning. Mange af dyrene har da også på en helt unik måde tilpasset sig til at leve i disse ugæstfrie, vandfattige områder.

Drikker sjældent

Girafgazellen og dik-dik-antilopen drikker aldrig, og oryx'en drikker sjældent. Deres løsning på vandmanglen er at klare sig med den væske, de får gennem føden. De spiser til og med især om morgenen, hvor mange planter indeholder mest vand. Andre dyr som grevy-zebraen og netgiraffen kan gå måneder uden at drikke.

At vandre efter vand

Det er årstidernes vekslende nedbør, der styrer planternes vækst. Planteæderne foretager derfor kortere eller længere vandringer. Impalaen søger i tørtiden fra højdederagene ned til floderne, hvor der stadig er grøn vegetation. Det er en vandring på et par kilometer. Gnuer, zebraer og gazeller tilbagegger derimod mere end 3000 km

på et år i deres vandring efter vandet.

Hvert år i slutningen af regntiden i april-maj forlader en million gnuer, 300.000 zebraer og et lignende antal gazeller de flade sletter i det sydlige Serengeti i Tanzania. Undersøgelser tyder på, at det er drikkevandet, der regulerer vandringerne.

Når vandhuller og vandløb på sletterne svinder ind, stiger saltindholdet i vandet, og flokkene drager mod nord i evig søgen efter frisk vand og føde. Efter et år er de tilbage til deres udgangspunkt.

Koncentrerer urinen

Pattedyr mister vand igennem urin, ekskrementer, sved og åndedræt. Det er alle nødvendige funktioner. Det er bl.a. nødvendigt at udskille urin for at

komme af med kvælstofholdige affaldsprodukter.

Mange pattedyr sparer på vandet ved at koncentrere urinen. Nogle antiloper er oven i købet i stand til at nedbryde de kvælstofholdige affaldsprodukter og genbruge kvælstoffet. På den måde nedsætter de urinmængden yderligere.

Fugle og krybdyr har løst problemet med vandtab ved at udskille et fast stof, urinsyre, i stedet for urin. Det er altså ikke nogen tilfældighed, at netop fugle og krybdyr er forholdsvis talrige i områder, der er domineret af tørke.

Sådan kan det også gøres

Varmen er et problem, da den øger fordampningen og dermed vandtabet. Da hvidt tilbagekaster solens strå-



*Giraffer kan gå måneder uden at drikke - de får væske gennem den føde, de spiser.
Fotograf Michael Petersen.*



*Gnuer og næsehorn. Gnuer vandrer 3000 km på et år i deres søgen efter vand.
Fotograf Michael Petersen.*

ler, er det en fordel for dyrene at være så lyse som muligt. De er dog afhængige af også at være camouflerede, så det er hele tiden et kompromis mellem at være så lys som mulig og ikke at være for iøjnefaldende. Alle antiloper har en hvid bug, der tilbagekaster strålerne fra jorden.

Mange antiloper har kun få svedkirtler, og de regulerer derfor ikke kropstemperaturen ved at svede. Her ved spares vand, men til gengæld stiger temperaturen i kroppen. Oryx-antilopen kan tåle en stigning i kropstemperaturen på 8°C; i de kølige nætter falder dyrenes kropstemperatur, så kroppen næste morgen kan starte forfra med at blive opvarmet.

For at komme af med den overskydende varme har dyrene en hurtig respiration; fordampningen i lungerne nedsætter dermed blodets temperatur. Ulempen er et større væsketab,

men mange dyr kan tåle at miste væske på denne måde. Havde de ikke disse tilpasninger, var de tvunget til at stå i skyggen hele dagen, ude af stand til at finde tilstrækkelig føde.

I Skoletjenesten Zoologisk Have er en række undervisningsmaterialer og tilbud til havens nye savanneanlæg under udarbejdelse. Materialet udkommer efteråret 2007.

Et eksempel er temahæftet „Den afrikanske savanne“, der henvender sig til biologiundervisningen i 8.-10. klasse og i gymnasiet samt til lærere.

Se om disse og andre undervisningstilbud i Zoologisk Have på www.skoletjenesten.dk.

Træk af køleteknikkens historie

Af Jan Rindom, undervisnings- og udviklingsansvarlig, Skoletjenesten DTM-DTU

„Man skulle nu tro, at Nedkøling og Opbevaring paa Is havde ligget lige for i de kolde nordiske Lande ... Alligevel var Opbevaring paa Is eller i Ishuse saa godt som ukendt indtil de sidste Aarhundreder eller Aartier, ... Saadan kan menneskelig Intelligens og Opfindsomhed totalt svigte. Man saa allevegne i Naturen, hvordan Fødemidler holdt sig i Is, men ingen var saa genial at gøre det kunstigt efter. Der ligger ofte et Hav af Tid og Rum imellem Tanke og Handling. Opbevaring af fødemidler paa Is var altsaa ukendt i Norden i Sagatiden.“

Så kontant udlagde professor Gudjonsson teknologihistorien i en morsom bog om *Folkekost og Sundhedsforhold i gamle Dage* (1941). Synspunktet er interessant, men skrevet på baggrund af en enorm teknisk udvikling indenfor køleindustrien. En udvikling, som på forskellige måder indfanger essensen af industrialiseringen i Danmark.

Tidlige forsøg

Vinteren 1873-74 var usædvanlig varm og gjorde det nødvendigt at importere store mængder is fra Norge. Det var dyrt i transport, og man begyndte derfor at overveje ishuse med kapacitet til

to år. Dette blev dog afvist af N.J. Fjord, som påviste, at sammenstampet tøsne var en acceptabel erstatning for is.

Som docent ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole var Fjord en af pionererne på feltet. Hans forsøg omfattede også en ny og forbedret indretning af ishuse. Selvom forsøgene på mange måder var banebrydende, blev de hurtigt indhentet af den tekniske udvikling. Allerede i 1879 indførte Carlsberg det første anlæg i Danmark til mekanisk køling. Anlægget skulle luftkøle gærkælderer under brygning, og det viste sig ideelt til styring af bryggeprocessen. I årene efter foretog Carlsberg en række køletekniske forbedringer, og andre bryggerier fulgte trop.

De mekaniske køleanlæg var dyre i indkøb, vedligeholdelse og drift. Derfor foretog Det Kgl. Landhusholdnings-selskabs mejeriudvalg i 1898 forsøgs-målinger af anlæg, der anvendte henholdsvis ammoniak, kulsyre og svovlsyre som kølemiddel. Selvom det var svært at sammenligne de forskellige anlæg, endte mejeriudvalget med at anbefale kulsyreanlæg. Resultaterne fik hurtigt afsmittende effekt på andre dele af levnedsmiddelindustrien. Især margarine- og smørproducenter-



Model af et af docent N.J. Fjords ishuse.

ne øjnede en mulighed for at forbedre produkterne. De havde længe arbejdet på at forædle råvarerne, og med indførelsen af køleteknik kunne produktionen bedre styres med ensartede kvalitetsprodukter som følge.

Køleteknik i brug

Landbrugets standardiserede kvalitetsprodukter åbnede for nye eksportmarkeder. Men eksport af let fordærvelige fødevarer stillede vanskelige krav til opbevaring under transport. I midten af 1890'erne forsynede DFDS derfor en serie dampskibe med køle-

anlæg, og i 1901 foretog DSB forsøg med kølevogne.

Det blev således muligt at få bragt friske, ferske varer ud til detail-ledet så langt væk som i England. Problemet var bare, at små anlæg til kommercielt brug lod vente på sig. Først i 1920'erne fik butikkerne automatiske elektriske køleanlæg til opbevaring og udstilling af varer. Herved kunne forbrugerne ved selvsyn konstatere kuldens direkte betydning for varernes friskhed. Omtrent samtidig kom de første husholdningskøleskabe frem og bragte moderniteten ind i køkkenet hos de mest velstillede. Men der skulle gå

yderligere et par årtier, inden det elektriske køleskab for alvor vandt frem. I dag er fadebur, kartoffelkælder og is-skab erstattet af et køleskab, og vi har en klar forestilling om, at udviklingen har gavnet fødevarerikkerhed, hygiejne, holdbarhed og smag.

Køleteknikkens udvikling i Danmark er også forbundet med nogle meget markante virksomheder. Det var Tuxen og Hammerich, der byggede det første danske køleanlæg til Korsør Margarinefabrik i 1892. Siden fulgte virksomheder som Sabroe, Atlas og Gram. Men rækken af store virksomheder tæller også Danfoss som leverandør af termostater. Selvom Danmark ikke blev toneangivende indenfor køleteknikken, så fulgte vi godt med internationalt. Det skyldes først og fremmest, at køleteknikken understøttede den langt vigtigere levnedsmiddelproduktion. Danmark var indtil 1950'erne et landbrugsland, og en stor del af den industrielle udvikling havde afsæt i landbrugsproduktionen. Dette gælder i særdeleshed for køleindustrien, hvis historie kan ses som et spejl på industrialiseringen.

Kompressorkøling fungerer i al sin enkelhed på samme måde, som når man åbner en sodavand. Den lille mængde CO₂ der findes i flaskehalsen, er under et tryk på ca. 3 atmosfære – altså er luftmolekylerne pakket 3 gange tættere end i omgivelserne uden for flasken. Når kapslen fjernes, vil trykforskellen udlignes, og CO₂-gassen, der før var lukket inde, vil udvide sig. Dette trykfald fra 3 til 1 atmosfære suger energi fra omgivelserne og køler i et øjeblik luften over flasken ned til ca. – 55 °C.

I et køleskab pakkes luften et sted, hvor varmen godt må afgives, og trykfaldet af gassen (man har tidligere benyttet drivhusgassen freon) sker så der, hvor kulden skal anvendes til at bibeholde en lavere temperatur end i omgivelserne.

Se også <http://www.wyp2005.dk/test-o-teket/print.php?id=7>

Eva Danielsen, Nærum Gymnasium

Udviklingen af køleteknik er en del af historien om „Teknologi, der ændrede Danmark“, som er titlen på ét af undervisningstilbuddene på Danmarks Tekniske Museum. I dag er køleteknik anvendt fysik og kemi på hverdagsplan. DTU Science Show præsenterer netop

fagene fysik og kemi på en måde, så de får sammenhæng med elevernes hverdag.

Yderligere information om undervisningstilbuddene på Danmarks Tekniske Museum og Danmarks Tekniske Universitet kan hentes på www.skoletjenesten.dk.

Som beskrevet i den foregående artikel er nedkøling som konserveringsmiddel et forholdsvist nyt fænomen. Alligevel er den teknik nu ved at blive om ikke afløst så suppleret med helt nye teknikker. Den følgende artikel beskriver nogle af de udviklinger, der foregår på dette felt lige nu og her.

Fra køleskab og kummefrys – til laserstråler og biokonservering

Af Torben Ingerslev Roug, undervisnings- og udviklingsansvarlig, Skoletjenesten
LIFE-Det Biovidenskabelige Fakultet

Udvikling af køleteknikker er forudsætningen for nutidens langtidsopbevaring og transport af friske rå- og fødevarer over hele kloden. Lang holdbarhed og sikker konservering af vores mad, uden effekt på den gode smag og kvalitet, er målet med nogle af de mange projekter indenfor fødevarerik-kerhed, der foregår på det Bio-videnskabelige Fakultet for Fødevarer, Veterinærmedicin og Naturressurser. I sidste ende handler det om en sikker vej for råvarerne fra jord til bord – til forbrugernes sundhed og velvære.

Køl og frost giver os den fordel, at vi kan reducere væksten og fremkomsten af uønskede sygdomsfremkaldende mikroorganismer i maden. Deres evne til at formere sig og dermed gøre skade er nemlig i høj grad betinget af gunstige temperaturforhold.

I vores moderne samfund kan vi, udover at køle, også vælge at konservere fødevarer med radioaktiv stråling. Dette slår levende bakterier ihjel og bibeholder i det store og hele fødevaren i sin oprindelige tilstand. Pakning af ferske fødevarer i modificerede atmosfærer er et andet middel i kampen for en god hygiejne fra jord til bord. Den atmosfære, der findes i blandt andet kødpakkerne fra Netto, indeholder mindre ilt og mere kvælstof og kuldioxid end i vores almindelige atmosfære. Det reducerer de fleste skadelige bakteriers vækst væsentligt.

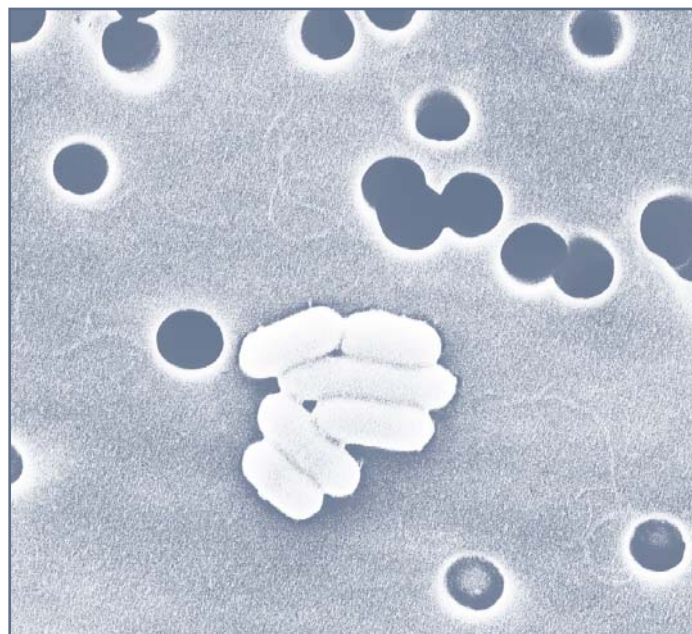
Med al den viden og med de tilgængelige moderne teknikker, burde vi så ikke have fået udryddet fødevarerborne sygdomme? Måske, men bakterier er genstridige livsformer, der ofte er tilpasset et liv i ekstreme miljøer. Derfor er det også svært at få krammet på alle salmonellainfektioner og dårlige maver.

Udviklingen hen imod at sikre fødevarernes vej fra jord til bord og videre til vores maver fortsætter i de moderne forskningslaboratorier. De nyeste forskningsprojekter på Københavns Universitet arbejder på tværs af de klassiske fagskel mellem biologer, fysikere og matematikere, og de kombinerer mikrobiologien med laserteknikker og matematisk modellering af bakteriernes adfærd.

Bakterier vs. bakterier

Den hårdføre *Listeria*-bakterie er et af målene for den moderne bakteriebekæmpelse i fødevarereproduktionen. Den er kuldetolerant og vokser også ved køleskabstemperatur (vokser i intervallet 1°C - 45°C). Den kan vokse både i modificeret atmosfære (som hakkekød pakket i Netto) og under iltfri forhold, samt ved saltkoncentrationer over 10%. Den klarer sig fint i pH-intervallet 4,4 - 9,6. Det vil med andre ord sige, at den kan tilpasse sig meget forskellige levevilkår, og derfor er den også svær at bekæmpe.

Sygdomstilfælde, *listeriose*, forårsaget af *Listeria*-bakterien er sjældent forekommende. Til gengæld er forløbet ofte langt alvorligere end mange



„The role of the infinitely small in nature is infinitely large“ – Louis Pasteur

Transmissionselektronmikroskop-billede af en klynge bakterier af typen Listeria monocytogenes. Forstørrelse: 40.000 X.

De sorte prikker er huller i det gitter, bakterierne ligger på i mikroskopet.

Fotograf: Bettina Knudsen, Institut for Fødevidenskab, Det Biovidenskabelige Fakultet, KU.

andre fødevarerborne sygdomme. Symptomerne spænder fra diarré til blodforgiftning og meningitis. Et eksempel på nye strategier i arbejdet med bedre fødevarerhygiejne er at anvende mælkesyrebakteriers egne kampstoffer mod den sygdomsfremkaldende bakterie *Listeria monocytogenes* direkte i fødevarer som fx kødpålæg. God fødevarerhygiejne opnås i dette tilfælde ikke blot ved et godt køle-

skab, der regulerer temperaturen og dermed væksthastigheden for de sygdomsfremkaldende mikroorganismer.

Forskere ved Institutet for Fødevarerevidenskab på det Biovidenskabelige Fakultet har haft succes med at konservere kødpålæg med de oftest harmløse mælkesyrebakterier, uden at det går ud over kvaliteten af pålægget. Teknikken hedder *biokonservering*. Metoden kan ikke afløse køleskabet, men kan til gengæld erstatte mange af de almindelige konserveringsmidler, der findes i kødpålæg. Den nye teknik påvirker ikke smagsoplevelsen eller udseendet af produktet, som de traditionelle konserveringsmidler gør. Der er så stort potentiale i denne konserveringsmetode, at den, ifølge flere førende fødevarereksperter, kan blive en af Danmarks nye store eksporthistorier.

„Beam me up Scotty“

Forestil dig at blive transporteret gennem rummet fra et sted til et andet blot ved at blive trukket af en lysstråle? Det lyder som noget fra en science fiction historie, med mindre man er en encellet mikroorganisme, der er blevet indfanget af en såkaldt *optisk pincet*.

Med en sådan optisk pincet er det lykkedes et team af forskere fra Niels Bohr Institutet og Det Biovidenskabelige Fakultet at fiksere og flytte rundt på en enkelt bakteriecelle ad gangen. Men hvorfor gør man det? Det handler igen om fødevarerhygiejne. Bakterier som fx *Listeria monocytogenes* sætter sig ofte på overflader i de pro-

duktionsapparater, der forarbejder den mad, vi senere spiser. Denne bakterieoverflade kaldes også for *biofilm*, og den fungerer samtidig som en beskyttende hinde for bakteriesamfundet. Laserstrålen udsender lys med en energi, som lige præcis gør den i stand til at fastholde den levende organisme uden hverken at ødelægge den eller brænde cellen af.

Forskernes mission er at lære mere om, hvordan bakterie- og svampeceller opfører sig, når de sidder fast på overflader i biofilm. Målet er at finde en effektiv måde at fjerne bakterierne på uden at benytte massive mængder af rengøringsmidler, da det skader miljøet.

Biokonservering og optiske pincetter kommer ikke til at erstatte hverken køl, frost eller pasteurisering for den sags skyld. Men de nye metoder vil på længere sigt være med til at forbedre forbrugernes sundhed og sikkerhed via god fødevarerhygiejne i kæden fra jord til bord – videre til sundhed og velvære!

Skoletjenesten LIFE-Det Biovidenskabelige Fakultet udvikler undervisningstilbud, der tager udgangspunkt i elevernes hverdag og den nyeste forskning. I emnet „Vand“ arbejdes fx med jordens evne til at rense vandet, så vi kan drikke det.

Se mere om undervisningstilbudene på www.skoletjenesten.dk.

Nogle fakta om is og vand

Et isbjerg har 1/10 af sit volumen over vandoverfladen og 9/10 under. Afsmeltningen sker hovedsagligt i overgangen mellem vand og luft, hvorfor isbjerget undergraves. Når forholdet mellem over- og underdel bliver forskubbet, ruller isbjerget rundt og finder et nyt balancepunkt.

Vanddamp. Vand i luftform. En af vandets tre faser: flydende (vand), fast (is) og luftformig (vanddamp). www.dmi.dk.

Is. Frosset vand – altså vand i fast form, almindeligvis ved 0°C. Vand, der er flydende ved en temperatur under nul grader, betegnes som underafkølet. Underafkølet nedbør kaldes isslag. www.dmi.dk.

Koldt vand er tungere end varmt vand. Det bevirker f.eks., at der dannes det såkaldte springlag i vore dybe søer. I springlaget falder temperaturen hurtigere nedad i vandet end i den øvrige vandmasse. Over springlaget ligger et forholdsvis ensartet varmere vandlag. Under springlaget er vandet koldere.

Jo mere salt, der er i vandet, jo tungere er det. Koldt og salt vand er altså tungere end varmere og mere ferskt vand. Det er grunden til, at det ofte kniber med at få tilført friskt vand til Østersøen. Det kolde og salte – og mere næringsrige – vand skal nemlig passere en tærskel, der ligger på tværs i Øresund på vejen ind i Østersøen.

Salt nedsætter vands frysepunkt. Det er baggrunden for, at vi om vinteren salter for at holde vejene isfri. Det hjælper dog normalt ikke at salte, hvis temperaturen er under -6 °C. Frysepunktet for det salte vand er afhængig af, hvor meget salt der er i vandet. Fryse- og smeltepunktet kan gå helt ned til -20 °C.

Mosekonebryg. Fordampningståge, der breder sig over søer, moser og enge, når vandet i disse er betydeligt varmere end omgivelserne. Når dette er tilfældet, vil vanddamp fra overfladen fortættes til tåge. www.dmi.dk.



Bestilling af undervisning:

Danmarks Akvarium, tlf. 3946 3132 efter kl. 13.30, www.akvarium.dk

Danmarks Tekniske Museum, tlf. 4922 2611, www.tekniskmuseum.dk

Danmarks Tekniske Videncenter/DTU, tlf. 4525 7294, www.dtu.dk

LIFE-Det Biovidenskabelige Fakultet, tlf. 3528 3668,
www.life.ku.dk/skoletjenesten

Statens Naturhistoriske Museum

Botanisk Have og Museum, tlf. 3532 2201, www.botanik.snm.ku.dk

Geologisk Museum, tlf. 3532 2344, www.geologi.snm.ku.dk

Zoologisk Museum, tlf. 3532 1020, www.zoologi.snm.ku.dk

Zoologisk Have, tlf. 7220 0282, www.zoo.dk

www.skoletjenesten.dk