

# Hvordan overlever planter og dyr en kald vinter ?

Halvor Aarnes 2003 revidert 2014

## Innhold

Om vann og is.....	1
Planter om vinteren.....	3
Dyr om vinteren .....	6
Temperatur og temperaturmåling.....	8
Aktiviteter for elevene .....	9

*Tung tok stormen i gamle trær,  
vinteren red over sletten;  
ute stod bondens korn, og kulden  
brøt det skjelvende ned.  
Granen føk full. Men bjerken  
ristede redd hver sneflokk av.  
Alle de lave busker  
bøyes ned og frøs.  
Fra Bjørnstjerne Bjørnson Arnljot Gelline*

## Om vann og is

For å kunne overleve en kald vinter må planter og dyr ha en spesiell fysiologi, form (morfologi) og/eller atferd. **Frostskader** oppstår ved temperatur lavere enn 0°C som følge av is i vannholdige løsninger inne i celler. Alt liv er bygget opp av celler, og for organismer som skal overleve frost er det helt vitalt og livsnødvendig at vann ikke fryser inne i cellene, men utenfor. Vann utvider seg når det fryser og lager iskrystaller. Når det dannes is går vannmolekylene fra en tilfeldig plassering til en mer ordnet struktur. I is er hvert vannmolekyl bundet til tre andre vannmolekyler med **hydrogenbindinger**. Vannmolekylene er plassert slik at de danner sekskanter (heksagonale). Vann behøver imidlertid ikke å fryse ved fryse- og smeltepunktet, og blir da **underkjølt**. Rene små vanddråper kan underkjøles ned til -38°C. Vann med oppløste stoffer fryser ved en lavere temperatur enn 0°C, og får et lavere **frysepunkt**/smeltepunkt (frysepunktdepresjon) Vannet i planteceller som inneholder oppløste stoffer kan underkjøles til ca. -47°C. Tilføres det iskjerner som kan tjene som utgangspunkt for iskrystalldannelse fryser den underkjølte løsningen meget raskt. **Iskjerner** katalyserer overgangen fra vann til is. Hvis en vannholdig væske kontinuerlig mister varme vil temperaturen gå under frysepunktet til underkjølingspunktet.

Vannet har størst **spesifikk vekt** ved 4 °C og synker til bunnen, men fryser på vannoverflaten. Straks isen fryser ved iskjernetemperaturen vil varmen fra

krystalliseringen frigis, og temperaturen stiger mens vannet fryser. I gamle dager kunne man hindre nattefrost i en dårlig isolert potetkjeller ved å sette ut bøtter med vann i kjelleren. Vannet som frøs i bøttene kunne frigi så mye varme at det hindret potetene i å fryse (**Le Chateliers prinsipp**).

Hvis vann fryser til is inne i levende celler vil **iskrystallene** ødelegge mikroarkitekturen og membranene, og cellene dør. Iskrystallene vil punktere blodkar hos dyr. Når vannet fryser vil det også gi tørke (**vintertørke**, dehydrering). Organismer som er tilpasset frosttemperatur sørger for at vann fryser til is i hulrom mellom cellene utenfor celledmembranen.

Snø virker varmeisolerende. Hønsefugl kan gå "i dokk" under snøen. Smågangere lever i ganger under snøen. Underjordiske plantedeler kan være dekket av et isolerende lag med strøfall og snø. En lang periode med barfrost kan få uheldige virkninger på organismer som er tilpasset å leve under et isolerende snølag.

Alle livsprosessene (metabolismen) går saktere ved lav temperatur fordi molekylbevegelsene påvirker hastigheten til reaksjoner. Enzymer har forskjellig temperaturoptimum.

Temperatur er noe vi måler med et termometer hvor vi baserer oss på at at en blanding med rent vann og is alltid vil gi samme temperatur (0°C). Fysiologisk temperatur er for oss koblet til hva vil føler er varmt eller kaldt. Varme skyldes bevegelsesenergien til atomer og molekyler. For to objekter som er i kontakt med hverandre og har forskjellig temperatur vil varme gå fra det varmeste stedet til det kaldeste slik at det til slutt blir termisk likevekt. dvs. begge har samme temperatur.

Varme kan overføres via:

1) **Infrarød varmestråling**. Alle objekter på jorda som har høyere temperatur enn det absolutte nullpunkt (-273.15°C), den laveste temperatur som kan oppnås i universet, vil sende ut varmestråling. Varmestrålingen øker sterkt med temperaturen, i fjerde potens av temperaturen (Stefans lov).

2) **Varmestrømning** (konveksjon). Varmestrømning er et resultat av turbulente bevegelser i luft eller vann omkring et objekt. Det kan være fri varmestrømning som skyldes at varm luft fra overflaten av objektet stiger og luft kommer inn fra siden og gir avkjøling. Påtvunget varmeledning skyldes vind, og dette er den mest effektive måten varme kan fjernes fra et objekt. Hår og fjær lager et isolerende luftlag slik at varmen ikke tapes så lett ved varmestrømning. Stillestående luft fungerer som en varmeisulator. På grunn av varmestrømningen kan kombinasjonen kald luft og vind gi en dødelig virkning.

3) **Varmeledning** (konduksjon). Varmeledning skyldes termiske kollisjoner mellom molekyler. Noen stoffer er gode varmeledere f.eks. sølv, og noen er isolerende f.eks. treverk. Sammenlign en sølvskje og treskje i en kopp varmt vann. Gode varmeledere frakter også lett elektroner. Varmeledning har mindre betydning for strålingsbalansen hos plantene. Et tykt lag med fett beskytter og isolerer sjøpattedyrene mot det kalde vannet.

4) **Fordampning av vann** krever varme og gir et varmetap fra objektet som mister vann ved transpirasjon, og blir derved nedkjølt. Vann har høy latent **fordampningsvarme**, det vil si at det trengs mye energi for å omdanne vann til

vanndamp. Fordampningsvarmen går vesentlig med til å bryte hydrogenbindinger i vannet. Vann har også høy spesifikk **varmekapasitet**, det vil si den varmen som trengs for å heve temperaturen 1°C for en gitt masse.

Ifølge en av varmelovene kan energi verken skapes eller ødelegges, den kan bare skifte form og blir mindre og mindre tilgjengelig. Jorda mottar kortbølget solstråling som absorberes av objektene på jorda. Den absorberte energien blir sendt ut igjen, og en del av varmeenergien blir absorbert av drivhusgassene vanndamp, karbondioksid og metan m.fl. i atmosfæren. En klar vinternatt har lite vanndamp og skyer i atmosfæren og derav blir avkjølingen av jorda sterk og temperaturen synker kraftig, sammenlignet med en overskyet natt hvor vanndamp absorberer varmestrålingen fra jorda ut i verdensrommet.

Organismene kan velge forskjellig strategi for å kunne overleve en kald vinter:

- 1) Dø, men etterlate seg overlevelsorganer.
- 2) Flytte seg til varmere områder.
- 3) Forbli aktive.
- 4) Gå inn i hvile.

Organismene som forblir aktive ved lav temperatur må være frosttolerante ved at

- 1) de tåler at kroppsvæsken fryser
- 2) de hindrer kroppsvæsken i å fryse ved å produsere en "frostvæske" som senker frysepunktet.

## Planter om vinteren

*"Finnskjeggen er det fattigste strå på jord - uten blad og blomst, grå som en vargpels, stri og strittende - i sannhet, den vokser på stengrunn! Den nærer seg av den skrinne livløse jord som såvidt dekker undergrunnens kuplong og kampesten; det ville være ubillig å kreve at den skulle té seg lik roser og liljer i Sarons dal. På den åpne værharde slette må den stå - der sønnenvind og nordenvind kappes om å feie med kjempestore soplimer sneen inn i vierkrattet og enerkjerrere rundt omkring - så barfrosten får fritt spillerom der fra den tidlige høst til den sene vår. Når slåttekarene kommer med sin blankslippte ljà på akselen og brynstokken i belteremmen, går han likegyldig over finnskjeggåsen uten å ofre den en tanke; finnskjegg er bukfull og beitende mule rører den sjelden eller aldri. Og likevel! Om finnskjeggen ikke sto der på sletten ville fjellet ha vært enda fattigere enn det er - for det er ikke bare nordenvinden som tumler seg på kåsen, huier og huserer høst og vintertid, men også den milde sønnenvind - den med sol i - gjester den --- og da synger finnskjeggen sin stille fattigmannssang".* Fra Johan Falkberget: *Christianus sextus*. I hammerens tegn.

Lav temperatur og frost bestemmer utbredelsen og produktiviteten hos plantene. Hos arter med tropisk utbredelse kan det oppstå **kjøleskader** i temperaturområdet 0-8°C, f. eks. banan som blir brunfarget etter å ha ligget litt i kjøleskapet. Andre eksempler på planter som er utsatt for kjøleskader er ris, bomull, soyabønner og palmer. Planter med høyt innhold av umettede fettsyrer i membranene er mindre utsatt for kjøleskader. Poteter og georginer fryser allerede ved 0°C og blir vannfylte og får matt

av farge. Planter som er **frostherdet** kan tåle varierende grad av kuldegrader. Generelt er plantene mest frostutsatt om høsten og våren. Umettet fett holder seg mer flytende ved lav temperatur, og membranene hos kuldetolerante planter har høyt innhold av fett med umettede fettsyrer. Plantene kan beskytte seg mot frost ved å ha en spesiell vokseform og utvikling som hindrer eksponeringen for den lave temperaturen. Mulighetene for frost varierer med breddegrad og høyde over havet, og plantene er tilpasset voksestedet i form av **klimarasen** (økotyper/ proveniens). Akklimatisering til frost begynner på sensommeren hvor plantene går inn i **vekstavslutning**, induert av kortere **daglengde**, og lavere temperatur. Når på året et tre eller busk skal gå inn i vekstavslutning bestemmes av ved hvilken breddegrad det vokser.

I overjordiske plantedeler som utsettes for frost fryser vannet først i cellevegger og intercellularrom. Vannet i vedvevet fryser også. Denne første isdannelsen kan være induert av iskjernedannende stoffer på utsiden av cellemembranen. Har det først blitt is på utsiden av cellene vil vann bevege seg fra vannfasen inne i cellene ut til det stedet hvor det er is, ifølge fysikkens lover. På denne måten skjer det en **fryseindusert dehydrering** og konsentrasjonen av oppløste stoffer øker i cytoplasma og gir derved lavere underkjølingspunkt. Etter hvert som vanninnholdet blir lavere kommer andre molekyler mer i nærkontakt med hverandre. Innholdet av oppløst sukker og av umettede fettsyrer øker under frostherdigheten.

Under frysingen kan det bli dannet luft (kavitering) i vedvevet som frakter vann og oppløste næringssalter. Luftbobler i vedvevcellene gjør at de ikke kan frakte vann. En del av disse skadene blir reparert under saftstigningen om våren hvor stivelse i levende celler (parenkymceller) i veden blir omdannet til sukker. Denne sukkerblandingen stiger opp i vedvevet og fyller dette med vann via **rottrykk**. Jfr. sevje som renner ut av avkuttete kvister av bjerk om våren. Bartrær har en type celler i veden med liten diameter som er bedre tilpasset vintertørke enn løvtrær.

Ved tidlig nattefrost dannes det rim ved bladspisser og på kanten på bladene der hvor varmeledningen er størst. Tidlig frost kan gi korkstriper på epler. I gamle dager forsøkte man å redde havreåkeren fra frost ved å tenne bål som la et beskyttende lag av røyk over avlingen. I fjellet er det noen planter som baserer seg på å overleve i **snøleier**, ulempen er sein start på vekstsesongen.

Plantene kan deles inn i grupper etter hvordan de er tilpasset vinteren:

1) **Ettårige planter** som overvintrer i form av frø. **Vinterrettårige** er planter som spirer om høsten og overvintrer som frøplanter.

2) **Toårige planter** overvintrer i form av en bladrosett. Disse plantene trenger lav temperatur i en lengre periode (**vernalisering**) for å kunne blomstre neste sommer. Flere rotgrønnsaker som gulrot, kålrot og rødbete er eksempler på slike planter. Andre eksempler er høstrug og høsthvete som sås om høsten, og må igjennom en kuldeperiode for å kunne sette blomster (aks) neste sommer.

3) **Flerårige planter**. Noen kan overvintre under jorda i form av rot, knoller eller rotstokk. Snø vil i tillegg virke isolerende. Eviggrønne frosttolerante planter har blader eller nåler som er tilpasset vintertørke med glinsende tykke læraktige blad eller nåler. Det er gunstig med et stort volum i forhold til overflaten. Utvidelsen av vann som fryser

kan gi **frostsprekker** på stamme og greiner hos trær, spesielt hos løvtrær som spisslønn og rogn, og kuldefølsomme frukttrær. På kanten av sprekken lages det nytt delingsvev som lager sårvev. Andre mekaniske frostskaider kan være frostheving hvor røttene mister kontakt med den underliggende jorda.

## Knoppvile og frøvile

Om vinteren går knopper og frø inn i en indre hvile, henholdsvis **knoppvile** og **frøvile**. Knoppene dekket av knoppskjell inneholder blad- eller blomsteranlegg, ofte omgitt av et isolerende materiale. Knoppen er dekket av et vokslag slik at den ikke skal tørke ut, og har ofte mørk farge for å kunne absorbere mest mulig stråling fra omgivelsene. Den første hvilen er en endogen **indre hvile**, f.eks. det går dårlig med å drive fram bjerkeløv innendørs i desember og januar. Etter hvert brytes hvilen ved at knoppene har vært utsatt for lav temperatur i en lengre periode etterfulgt av lengre dager. I denne perioden vil knoppene bryte straks ytre temperatur- og vannforhold har blitt gunstige.

Frø vil vanligvis ikke spire rett etter at det er modent på planten. Frø må ofte igjennom en periode med ettermodning eller frøvile før det kan spire. Grunnen til at frø ikke vil spire med en gang de er utviklet på planten kan skyldes hardt frøskall, at embryo ikke er ferdig utviklet eller indre spiringshemmende stoffer i frøet som må brytes ned.

Tørt frø og sporer tåler frost. Tørt frø med vanninnhold lavere enn 5% tåler godt nedfrysing og det er kjent at frø i permafrost har holdt seg spiredyktig i 10.000 år. I genbanker ligger tørket frø nedfrosset i frysebokser eller i permafrost. Fuktig frø er mer utsatt for frost, sammenlignet med tørt frø.

Flytende vannplanter kan overvintre i form av vinterknopper (turioner) som synker ned til bunnen av vannet om vinteren og stiger opp igjen om våren.

*"Kvar vart det taa alle dei blomar, som stod og nikka i ljøs og i ange ?" Per Sivle  
"Haust"*

## Iskjernedannere

Noen bakterier bl.a. *Pseudomonas syringae* som lever på overflaten av blader har evnen til å produsere proteiner som virker som iskjernedannere, og får vannet i bladene til å fryse ved en høyere temperatur enn det ellers ville ha gjort. Når plantevevet fryser blir cellevevet ødelagt og bakteriene får adgang til cellene. Planter og dyr inneholder også slike iskjernedannende proteiner som brukes til å lage is på spesielle steder i organismen. I blodplasma hos fisk som lever i kaldt vann kjenner man til **antifrysproteiner**.

Iskjernedannende bakterier har blitt brukt i snøkanoner for å kunne lage snø ved så høy temperatur som mulig. Innen næringsmiddelindustri ønsker man det motsatte, at det ikke skal dannes iskrystaller i frysevarer. Her er man interessert i stoffer som hindrer at det lages iskrystaller. Når det gjelder fortykningsmidler f.eks. stivelse, ønsker man at det ikke skal flyte ut vann når matvarene settes kaldt. Dette siste problemet blir mindre hvis man bruker stivelse som bare inneholder amylopektin og mangler amylose.

Det har i utlandet blitt gjort forsøk med genmodifiserte iskjernedannende bakterier hvor man har fjernet genet *INC* ("ice nucleating gene") slik at bakteriene ikke kunne lage iskjerneprotein. Disse bakteriene ble sprøytet utover jordbæråkre i håp om at dette skulle gi økt frosttoleranse.

## Dyr om vinteren

*Fram på vinteren stundom han tenkte. Gjev eg var i eit varmare land* Fra Ivar Aasen: *Nordmannen* (Mellom bakkar og berg)

For dyrene er det ikke bare den lave temperaturen som er problemet, men også tilgangen på mat. Mange dyr og fugler foretar derfor **vintertrekk** til andre beiteområder. Andre samler et **vintermatreservoir** som de finner igjen med stor nøyaktighet. "*Alle fugler små de er, kommet nu tilbake*". Større pattedyr kan forflytte seg til områder med mindre snø og større mattilgang. Bevege seg i snø er energikrevende hvis man synker ned i snøen. Hare er lett nok og har stor nok bæreflate til å kunne gå på snøen (flytegåer).

**Varmblodige** pattedyr og fugl med konstant kroppstemperatur må ha kuldetoleranse. Dyrene kan kategoriseres etter kroppstemperaturen: Den kan være stabil (homeoterm), variabel (poikiloterm), og energikilden til kroppsvarmen kan være intern (endoterm) eller ekstern via solvarme (ektoterm).

- 1) Varmetapet reduseres om vinteren med henholdsvis en isolerende og vannavstøtende vinterpels med ullhår og vinterfjærdrakt med mye dun. Pingviner, sel, isbjørn og hval har et tykt spekklag som isolerer mot det kalde havvannet.
- 2) Kroppsformen er mest mulig rund for å få minst mulig overflate i forhold til volumet, og utstikkende lite isolerte områder er så små som mulige. Jfr. fjellrev.
- 3) Flere individer kan klumpe seg sammen og på denne måten beskytte seg mot kulda. Jfr. moskus i ring.
- 4) Har evne til å øke varmeproduksjonen.

Ytre kroppseksstremiteter blir nedkjølt, men varmen i blodet går ikke tapt fordi det er en **motstrøms varmeveksling** mellom det varme blodet i arteriene og det kalde blodet i venene som kommer tilbake til hjertet. Siden blodet går i motsatt retning mellom vener og arterier som ligger ved siden av hverandre blir det en effektiv overføring av varme slik at varmetapet fra dårlig isolerte områder på kroppen blir minimalt, f.eks. ved føtter, snute/nese. Temperaturen på beina hos pattedyr og fugl som går på snø kan synke til 0°C. Fettet i beina har et lavere smeltepunkt slik at fettene holder seg mykt ved lav temperatur.

Alle varmblodige dyr forsøker å holde en konstant indre kroppstemperatur 37-42°C, styrt av en "termostat" i hypothalamus. Det kreves mye energi og stadig tilførsel av mat for å kunne opprettholde den konstante temperaturen, i motsetning til **vekselvarme** (kaldblodige) dyr som kan tilpasse kroppstemperaturen til omgivelsene. Temperaturen kan økes ved økte muskelbevegelser, **muskelskjelving**. Den samme effekten kan vi oppnå ved "å slå floke". Opplagsnæring i **brunt fettvev** kan omsettes til varme. Kroppen har to typer lager med fett. Hvitt fettvev er et lager fra overskudd av fett og karbohydrater. Brunt fettvev er spesialisert til å produsere varme. Fargen skyldes at vevet er fylt med mitokondrier som inneholder brunfarget jern i cytokrom. Det brune fettvevet aktiveres via nervesignal fra hypothalamus. Noen mennesker er genetisk predisponert til å forbrenne overskudd av matinntaket i form av brunt fettvev.

Små pattedyr kan ikke ha for tykk vinterpels, som ville ha hindret bevegelsen. Derfor forsøker noen smågnagere å trekke innendørs, mens andre lever i ganger under isolerende snø.

Livssyklus er synkronisert med ugunstige leveforhold, vinteren på våre breddegrader. Daglengen kan indusere en **diapause** (gresk *dia* - dele i to; *pausis* - stoppe) hos insekter og andre leddyr. En periode med lav temperatur gjør at de kommer ut av diapausen igjen. Insekter kan overleve som egg, larve eller puppe, ofte et stadium uten tarmkanal. Insekter akkumulerer sukkeralkoholer og glycerol som virker som frostvæske. Jfr. giftig etylenglykol (glykol) i radiatoren på biler hindrer at vannet fryser. Isopropanol i vinduspylervæske. Insektene gjemmer seg i strøfall og sprekker i bark og treverk. Larver i galler på planter kan holde seg levende igjennom vinteren ved at vannet i cellene underkjøles. Store mengder spretthaler (collemboler) (*Hypogastrura socialis*) kan observeres i store mengder på snøen om ettervinteren, hvor de oppsøker skyggefulle steder bl.a. i skispor. Edderkopper og insekter kan også ses på snøen. Generelt gir sakte nedkjøling og tining størst mulighet for overlevelse.

Noen pattedyr som pinnsvin og bjerkemus går i **dvale** om vinteren, og har **ekte vintersøvn** (hibernerings ; latin *hibernus* - vinter). Under dvale, som kan vare fra november til april, vil hjerterpuls, pust og kroppstemperatur synke. Hjertet kan slå bare noen få ganger i minuttet. Synapsene i hjernen blir koblet fra hverandre. Når dyret våkner kobles synapsene i hjernen sammen igjen. Pinnsvin kan aktivere piggene som forsvar under vintersøvnen, men kan også våkne og forflytte seg hvis det er fare for at de kan fryse ihjel.

Bjørn og grevling går i hi og har en **uke vintersøvn**, og senker ikke kroppstemperaturen, i motsetning til dyr som går i dvale, men pulsen senkes. Disse spiser masse om høsten og får et tykt fettlag som de tærer på gjennom vinteren. Beveren samler seg et eget matforråd. Flaggermus har høy kroppstemperatur når de er aktive, men senker den når de er i hvile eller sover. Mange små endoterme pattedyr benytter seg av denne strategien for å spare energi.

Frosk og salamandere som er amfibier har samlet opplagsnæring, kan underkjøles og overlever på fuktige mest mulig frostfrie steder. Frosk kan også overleve nedfrosset.

Glukose fra leveren kan fraktes til cellene som derved tåler lavere temperatur. Hos frosk kan det skje en 100x økning i glukosekonsentrasjonen i blodet uten at dette gir noen form for diabetes. Noen typer frosk kan tåle total nedfrysing. Vannet fryser

mellom hud og muskler og i kroppshulrom mellom de indre organene. Blodstrøm, ånding stopper fullstendig opp. Når isen tiner reabsorberes vannet i kroppen og dyret våkner til liv. Frysing gjør at de indre organene trenger mindre oksygen. Hoggorm kan samles i frostfrie bol. Weddelsel i Antarktis kan gnage hull i isen og føde unger på isen uten fare fra predatorer, i motsetning til Arktis hvor isbjørn er en aktiv predator.

## Fargeskifte

Om daglengde og nattlengde ved forskjellige breddegrader og årstider. Jordens gang rundt Sola og en akse som står skjevt  $23.5^\circ$  i forhold til baneplanet. Noen pattedyr får vinterpels med **fargeskifte** fra brun til hvit f.eks. hare, røyskatt, fjellrev og snømus. Fjellrype og lirype har hvit vinterfjærdrakt. Den hvite fargen gir sannsynligvis økt beskyttelse mot rovdyr og rovfugl, men gjør også at rovdyr med hvit vinterpels lettere kan snike seg innpå bytte uten å bli oppdaget. Siden ikke alle rovdyr f.eks. rødrev har hvit vinterpels kan fargen ikke være av avgjørende betydning.

## Nedfrysing av celler og vev

Noen typer vev som blod, kjønnsceller og embryoer kan tåle nedfrysing i flytende nitrogen ( $-196^\circ\text{C}$ ) og i slike tilfeller brukes glycerol som frostvæske (kryopreservering). Kulturer av sopp og bakterier kan også langtidsoppbevares i nedfrosset tilstand.

## Rød snø

I fjellet kan man enkelte ganger se rødfarget snø om våren og forsommeren. Dette skyldes masseforekomst av aplanosporer fra grønnalgen *Chlamydomonas nivalis*. Rødfargen skyldes ketokarotenoidet **astaxanthin** som er en oksidert form av  $\beta$ -karoten. Astaxanthin finnes også hos fugl, krepsdyr og gir rødfarge på kjøttet i laksefisk som spiser krepsdyr. Man antar at nitrogenmangel og høy lysintensitet gir akkumulering av pigmentet i *Chlamydomonas nivalis*.

## Temperatur og temperaturmåling

Oppfinnelsen av termometeret i 1592 er kreditert Galileo Galilei. Han laget en liten beholder med et trangt glassrør som ble satt ned i en åpen beholder med farget alkohol. Når luften i beholderen ble avkjølt trakk luften seg sammen og alkoholen steg i røret. Ved oppvarming ble luften utvidet og alkoholnivået sank. Tidlig på 1700-tallet laget den nederlandske instrumentmakeren Gabriel Fahrenheit et kvikksølvtermometer. Som det faste punktet på den laveste delen av skalaen brukte han en blanding av is og salt: ammoniumklorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) eller ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Den øverste enden av temperaturskalaen var blodtemperaturen hos mennesker som han kalte  $96^\circ$ . Tidligere skalaer var delt i 12 deler. Derav brukte Fahrenheit  $96$  som øverste faste punkt, som kunne gi en finere oppdeling av temperaturskalaen.

I 1742 foreslo Anders Celsius at smeltepunktet for is og kokepunktet for vann skulle være de to faste punktene på temperaturskalaen.. Celsius valgte  $0^\circ$  som kokepunktet for vann og  $100^\circ$  for smeltepunktet. Senere ble skalaen snudd og Celsiusskalen ble



offisielt akseptert i 1948. Tidlig på 1800-tallet laget Kelvin (William Thomson), en temperaturskala basert på termodynamiske prinsipper bak koeffisientene for ekspansjon av ideelle gasser. Sammenhengen mellom trykk og temperatur i en gassmengde med konstant volum viser at ved økende avkjøling blir trykket stadig lavere, og ved en temperatur må trykket være lik 0. Kelvin skapte begrepet det **absolutte nullpunkt** (-273.15 °C). Man kan regne om fra °C til Kelvin (K) ved følgende formel  $K = (°C + 273.15)$ . Ved det absolutte nullpunkt er ikke molekylene lenger er i bevegelse. Ved økende temperatur øker bevegelsesenergien til stoffets molekyler. Alt stoff over det absolutte nullpunkt sender ut varmestråling (temperaturstråling). Ved høy nok temperatur blir denne strålingen så kortbølget at vi kan se den med vårt øye (rødglødende).

## Aktiviteter for elevene

### Biologi:

#### Kjøle- og frostskafer

- Banan i kjøleskap sammenlignet med banan ved romtemperatur. Kjøleskafer versus frostskafer. Kjøleskafer opptrer ved temperaturer over 0°C og gjelder spesielt planter og plantedeler som vokser i tropiske strøk. Frostskafer opptrer fra og under 0°C.

- Poteter som legges slik at de utsettes for noen kuldegrader og deretter kokes. Potetene som utsettes for frost har blitt søte ved at stivelse har blitt omdannet til sukker. Poteter og georginer er eksempler på planter hvor de overjordiske delene fryster ved 0°C.

#### Løvtrær og bladfelling

- Kvist av ask som viser bladarr, knopper, arr etter knoppkjell og **korkporer**. Knoppvile. Vintertørke. Askefrø henger på trærne gjennom vinteren. Ettermodning av frø (frøvile).

- Sammenlign med andre løvtrær hvordan knopper og korkporer (lenticeller) er utformet og plassert. Klebrige knoppkjell hos hestekastanje. Se etter frostsprekker på unge løvtrestammer av varmekjære løvtrær som spisslønn. Se etter anlegg til hannrakler hos or, hassel og bjerk. Raklene kan vokse ved lav temperatur februar-mars. Om pollen og pollenallergi.

- Kvister av or, hassel eller bjerk med med anlegg til **hannrakler**. Raklene med hannblomster starter veksten mye før bladknoppene utvikler seg. Både hassel og or starter vekst av raklene tidlig på våren ved lav temperatur i februar-mars.

#### Vintergrønne planter

- Vintergrønne planter: Gran, furu, eier, barlind, edelgran, Rhododendron, tyttebær, sisselrot, utvalgte mosearter. Lerk feller nålene om høsten

- Blader hos Rhododendron viser **termonasti**. De henger rett ned og sammenrullet hvis det er mange kuldegrader, og retter seg ut hvis temperaturen øker, men det fremdeles er kuldegrader. Viser vannbevegelser av underkjølt vann. Læraktige blad/nåler tilpasset vintertørke.

- Demonstrasjon av mettet og **umettet fett** ved lav temperatur. Plantefett inneholder mye umettede fettsyrer. Sammenlign hvordan ulike typer planteoljer blir seende ut i kjøleskap. Sammenlign med hvilke typer fettsyrer som finnes i fett (mettet og umettet fett med 1 - 3 karbon-karbon dobbeltbindinger).

## Fenologi

Naturkalender (fenologi). Undersøk når forskjellige dyr og planter viser seg for første gang på ditt hjemsted om våren. Første blomstring av or, hassel, hestehov, blåklokke, hvitveis, gullstjerne, løvetann, osv. Trekkfugler: svarttrost (noen overvintrer), bokfink, ringdue, rødstrupe, løvsanger osv.

## Vinterstandere og frøspredning

- **Vinterstandere**. Planter med stive stengler etter at de har visnet om høsten. Stengelen blir stående over snøen og frøene kan spres i løpet av vinteren. Demonstrer prinsipper for frøspredning. Eksempler er perikum, ryllik, fagerklokke, kanadagullris. Borre er også vinterstander og sprer frø med kroker (borrelåsprinsipp) som fester seg på passerende dyr eller mennesker. Borrefrø kan også spres med fugl som forsyner seg med frøene gjennom vinteren. Nyper som henger på buskene om vinteren kan få spredd frøene vha. smånagere eller fugl.

## Frø

- Om våren slipper or ut frø fra orekongler. Frøene er luftfylte og er dekket av fett slik at de flyter med smeltevann. Samle frø fra orekongler. Sett dem til spiring i henholdsvis lys og mørke. Se at frøene trenger lys for å spire. Lyskrevende frø er ofte små ugrasfrø eller frø fra planter som er tilpasset å vokse på områder der det er mye lys. Ser du røsslyng i snøen, legg merke til at røsslyng bare vokser der det er lysåpent.

- Frø fra gran og furu har vinger og spres når konglene åpner seg på ettervinteren. Saml opp granfrø og ta med tilbake til skolen. Sett granfrøene til spiring. Noen i lys og noen i mørke. Legg merke til at frøplantene av gran også blir grønne i mørke, de trenger ikke lys for å lage klorofyll i motsetning til blomsterplantene. Frøplantene av gran og furu har mange frøblad og ligner i utseende litt om en mose.

- Frø fra bjerk har vinger og spres fra hunnraklene om våren. Samle frø og sett til spiring i lys og mørke. Litt avhengig av forholdene kan bjerkefrø ha lyskrevende spiring.

- Sett eplefrø i to pletter med jord og vann begge pottene. Den ene potten lar vi bli stående varmt og den andre settes iskaldt i en kjeller eller ut. Etter 4-8 uker tas potten som har stått kaldt opp i varmen. Sammenlign spiringen med potten som har stått varmt hele tiden. Det du har observert er at mange frø trenger å oppbevares kaldt og fuktig før de kan spire. Et fenomen kalt **stratifisering**.

- Samle sporofyll fra bregnen strutseving som stikker fram fra snøen om våren. Samle bregnesporene og så dem ut på fuktig jord og som ikke må tørke ut. Se at det vokser fram grønne bregneforkimer. Om generasjonsvekstling hos bregner og moser.

- Frø av gran og furu inneholder mye fett og er attraktiv mat for korsnebb, ekorn, spetter og smånagere.

## Spør og sportegn

Evolusjon

- Våre armer og bein har sin opprinnelse fra stive finner hos kvastfinnefisk som de brukte for å kunne bevege seg opp på land. De utviklet også lunger til å drive gassutveksling.

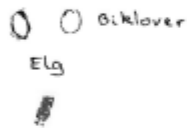
- Gå ned på fire og du er et dyr som beveger deg og setter spor i snøen. Se at du beveger deg som de andre firbeinte dyra og setter foten der hvor du har satt armen.

- Reis deg opp og gå på to bein igjen. Se hvordan du svinger armene når du går. Du bruker armene på samme måte som når du gikk på fire bein. Svinger du arm og bein samtidig fram på samme side blir du en passgjenger, og det ser litt komisk ut.

- Studér håndflaten din og sammenlign med poter hos hund, fot hos klovdyr og hest. Hesten (hovdyr) går på finger nummer 3. Framklovene hos klovdyr tilsvarer finger nummer 3 og 4, og bakklovene er finger nummer 2 og 5. Neglene hos oss og andre primater tilsvarer klør hos hunder, rev og kattedyr. Primatene mot motsatt tommel og gripehånd. Sammenlign med fuglefot, dinosaurfot og foten hos hakkespett. Fuglefoten lukker seg pga fuglens tyngde. En fugl kan sitte på en strømledning uten å bli sliten, og tyngden til en ørn gjør at klørne ikke slipper taket i et bytte.

## Finner hos fisk og bein og armer hos menneske har samme opprinnelse

- Menneske, hund, sel, og flaggermus har samme struktur på armer, bein, luffer og vinger: Fra øverst til nederst: 1 bein: 2 bein: hånd(ankel)ledd: finger(fot)bein. Samme konstruksjon finner du hos amfibiene og krypdyrene. Hos hval og slanger er armene og bein redusert og man finner bare små rester av dem i skjelettet. Genet sonic hegdehog (oppkalt etter en figur i et dataspill) styrer utviklingen av lemmene hos alle dyr og finner hos fisk, bestemmer hva som er venstre og høyre side av kroppen og deltar i utviklingen av hjernen.



HF+HB  
VF+VB



VF+VB HF+HB  
Mårdyr



HF+HB



Mus

Ekorn

Korsnebb

Spette

Feing



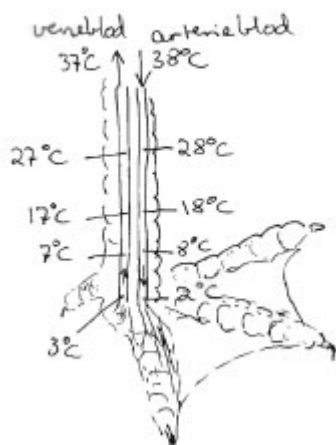
Mus

Ekorn

Hare

Elg

svartspett



Varmeveksling i fuglefoten gjør at fuglene kan stå på is og snø uten å bli kalde på føttene.

## Fysikk/kjemi:

### Kuldeblanding

- 4 plastbegerer med rent vann, hvorav 3 av dem tilsettes henholdsvis 1, 2 og 3 teskjeer med salt. Putt plastbegerene i en fryseboks og ta dem ut med jevne mellomrom. Kontroller temperaturen og se om de har frosset. Hvem av dem fryser først? Hvis du hadde smakt på isen ville du ha kjent at den ikke inneholder salt. Når havvann fryser blir vannet mer salt, f.eks. i Antarktis. Hva er effekten av salt på isete veier?

- Kuldeblanding. 3 deler is og 1 del salt kan gi en kuldeblanding med eutektisk punkt minus (-) 21°C. Når en saltblanding nedkjøles fryser rent vann først ut som is og saltkonsentrasjonen øker. Senkes temperaturen videre kommer man til det punkt hvor is og salt skilles ut (eutektisk punkt). Kalsiumklorid ( $\text{CaCl}_2$ ) og snø/is i vektforholdet 1:0.7 har eutektisk punkt -54.9°C.

- Snøkrystaller. Ingen av dem er like, men alle har 6 sidekanter. Studér i lupe. Forsøk å klippe ut snøkrystaller fra papir.

- Ring rundt sola eller månen. Skyldes lysbrytning i iskrystaller i slørskyer (cirrostratus) som ofte kommer i fronten av uvær. Lysspekter kan observeres, men ikke så tydelig som i en regnbue.

- Vann består av tre faser: is, vann og vanndamp (jfr. fasediagrammet). Vann kan gå fra den ene fasen til den andre. Vanndamp i lufta gir et **vanndamptrykk** som sammen med partialtrykkene til oksygen, nitrogen, karbondioksid etc. bidrar til det totale lufttrykket. Man kan tørke tøy en kald vinterdag ved at is i tøyet går over til vanndamp (**sublimasjon**).

- Heng en tynn metallsnor i et tungt lodd over en isblokk festet i hver ende slik at isblokken kan henge fritt. Etter en stund har metallsnoren smeltet seg igjennom blokken, mens blokken er like hel. Det høye trykket gjør at vannet smelter under

tråden fordi frysepunktet senkes, men straks vannet kommer på siden av metalltråden vil det fryse igjen. Samme prinsippet gjelder for et skøytejern. Tyngden av skøyteløperen og friksjonsvarmen gjør at det blir en liten tynn vannfilm under skøytemeien som gjør at det glir lettere. Jfr. curling. Hvordan virker skismøring ?

- Lag terninger med is i en fryseboks. Legg isterningene i et beger fylt med vann slik at vannet står helt opp til kanten av begeret. Vil vannet renne over kanten når isen smelter ?

## **Måne, stjerner og stjernebilder**

- Legg merke til hvordan måne, stjerner og stjernebilder tilsynelatende forflytter seg østover på stjernehimmelen fordi Jorden roterer mot vest. Finn Polstjerna i Lille Bjørn, som er navet som stjernehimmelen roterer rundt. Planetene Venus og Merkur som befinner seg innenfor oss i forhold til Sola vil du aldri se høyt på nattehimmelen, i motsetning til Mars og Jupiter som befinner seg utenfor oss.

- Om månefaser, flo-fjære, månekalendere i Kina, islam og jødedom.

- Hva er vintersolhverv, sommersolhverv, vårjevndøgn og høstjevndøgn ? Hvilke datoer er dette og hva er karakteristisk form dem ? Hvorfor blir det vinter og sommer ?

-. Regn ut hvor fort Jorden beveger seg per sekund i reisen rundt Solen. Hvor fort roterer en punkt på jordkloden i løpet av et døgn ?

- Om sirkadiske rytmer og biologiske klokker. Blåttlys som stiller biologiske klokker slik at de går riktig.