

# NATURFAG

TID  
Nummer 1

2016



**NATURFAGSENTERET**  
NASJONALT SENTER FOR NATURFAG I OPPLÆRINGEN



# NATURFAG

## Innhold

Leder: Merethe Frøyland	02
Inn i den dype tiden	04
Når oppstod tiden?	08
Hva har vi tid til? – om sneglefart og timeglass	12
Hjernetid	16
Det geometriske året	19
Å skrive seg inn i tiden	20
Tid og tidsmåling	22
Tidssignal og klokketider	26
Pendelen og måling av tid	28
Tidsreisen	30
Grubleteikning: Sola om vinteren	32
Grubleteikning: 24 timar	33
Hvor gammel er jorda?	34
Med radioaktivitet som klokke	38
Med bergartar som klokke	42
Med fossiler som klokke	44
Med evolusjonen som klokke	50
Gjennom dei fem omvendte traktene	54
Grubleteikning: Kva for organismar utviklar seg gjennom evolusjon?	56
Grubleteikning: Korleis utvikla sjiraffane seg?	57
Kampen om overflaten	58
Dyr, sortert etter alder	62
Aldersbestemmelse av mennesker	66
Et dyr med evig ungdom	69
Livsstilsendring kan bremse aldring	70
Raske signal i kroppen	72
Klokka i kroppen – den indre døgnklokka vår	75
Observasjon over tid	78
Tid – klimakommunikasjonens største trussel?	80
Hvor fort brenner vi opp regnskogen?	84
Kjemi tar tid	86
Tiden er relativ	90
Den standhaftige gravitasjonsbølge	94
Tid, relativitet og navigasjonssatellitter	98
Ikke sitér meg på dette	102
Bokomtaler: Tidsaktuelle bøker	104
Bokomtaler: Tidløse bøker	107

## LEDER

# Merethe Frøyland



## NATURFAG

Utgitt av  
Naturfagsenteret  
Nasjonalt senter for  
naturfag i opplæringen

Nummer 1/2016

Ansvarlig redaktør  
Merethe Frøyland

Redaktør  
Anders Isnes

Redaksjon  
Aud Ragnhild Skår  
Torstein Helleve  
Øystein Sørborg  
Rim Tusvik

Layout  
Aud Ragnhild Skår  
Rim Tusvik

Adresse  
Postboks 1106 Blindern, 0317 Oslo

Telefon og e-post  
22 85 53 37  
post@naturfagsenteret.no

Trykkeri  
07

Forsidefoto  
Ammonitt PMO 214.009, Per Aas, NHM

Opplag 5800  
ISSN 1504-4564

Kopiering fritt til skolebruk når ikke  
annet er spesifisert, men  
forbudt i kommersiell sammenheng.

Abonnement er gratis.  
Send e-post til post@naturfagsenteret.no

Naturfag finner du i PDF på  
naturfagsenteret.no/naturfag

### Veien til bedre naturfagutdanning

Kompetanse innen naturfagene er nødvendig for å møte mange av de store utfordringene samfunnet står overfor de kommende årene. Samtidig er det disse fagene som har det største potensialet for «wow»-opplevelser som kan utløse en livslang interesse. Det er fullt mulig å la våre barn ha det morsomt mens de forbereder seg på å overta etter oss.

Realfagsstrategien som kunnskapsminister Torbjørn Røe Isaksen la fram i fjor høst viser vei. Den erkjenner at et solid naturfaglig grunnlag er en forutsetning for at dagens barn og unge skal være forberedt på morgendagens endringer. Hele befolkningen trenger dette grunnlaget, i tillegg til at vi trenger at flere satser på en karriere innen naturfagene. Ett av virkemidlene i strategien er gjennomgang og fornyelse av læreplanene for naturfagene. Her har lille Norge et gunstig utgangspunkt. Nettopp fordi vi er et lite land, har vi muligheten til å gjennomføre store endringer i nasjonale læringsplaner. Denne muligheten må vi benytte oss av nå.

Men skal vi lykkes, må vi gi oss selv den tiden vi trenger. Vi må bli enige om hvilke kompetanser naturfagene kan by på som er relevante for framtidens borgere. Vi må utvikle en læreplan som gjør det mulig for lærere å undervise slik at elevene forstår mer og blir mer motivert. Erfaringer fra land som Skottland, England, Sveits, USA, Australia og New Zealand viser at utvikling og implementering av læreplaner tar flere år. Dersom de nye læreplanene skal bli gode nok til å oppfylle ambisjonene i realfagsstrategien, må vi være forberedt på å bruke hele strategiens tidsrom (2015–2019). Det finnes ingen snarveier til god naturfagsutdanning.

Innen naturfagdidaktikken snakker vi gjerne om «Big Ideas in Science Education». «Big Ideas» går i korthet ut på at man i læreplanarbeidet definerer hvilken allmennkunnskap elevene skal ha med seg når de går ut av videregående. Hva må man kjenne til om evolusjon, om universets opprinnelse, om organismers oppbygning, om sammenhengene i naturen, om klima og miljø for å kalles et alminnelig opplyst menneske om 15 til 20 år?

Spørsmålene om utdanningsmål må vi finne svar på i arbeidet med læreplanene. Når vi har blitt enige om disse målene, kan vi samarbeide om hvordan vi finner veien dit. Fra 1. til 13. årstrinn skal både elever og lærere kunne sette undervisningen i naturfagene i sammenheng med disse spørsmålene. Når lærere på alle trinn kjenner til hvor elevene skal, blir det lettere å hjelpe dem på veien dit. Disse tankene om sammenhengende progresjon gjennom hele skoleløpet gjennom dybdelæring er kjerneelementer i Ludvigsen-utvalgets



## LEDER

rapport Fremtidens skole (NOU 2015:8). Skal elevene få naturfaglig og teknologisk kompetanse til å håndtere store framtidige utfordringer som det grønne skiftet, er det nødvendig med en slik tilnærming.

Men det er ikke tilstrekkelig å bli enige om hva elevene skal lære. Vi må også lære dem hvordan å lære, hvordan kommunisere om det de lærer, og vi må ikke minst lære dem å tenke kritisk. Vi kan ikke gi dem alle svarene, for vi kan ikke forutse alle spørsmålene de vil måtte ta stilling til. En utforskende og observerende tilnærming til realfag i skolen vil gi dem grunnlag for å finne svar selv.

Naturfagsenterets kompetanse i naturfagdidaktikk bygger på egen og internasjonal forskning, og på mange års kontakt med lærere og skoleledere. Vi leder allerede to store naturfagsatsinger i dagens skole, som begge ble evaluert i 2014 med gode skussmål fra både lærere og elever, og som Ludvigsen-rapporten trekker frem som inspirasjon til å gjøre læreplanmålene åpne for bruk av ressurser og læringsarenaer utenfor skolen. Disse to satsingene er Lektor2-ordningen, hvor skoler får ressurser til å etablere og utvikle læreplanrettede undervisningsopplegg i samarbeid med bedrifter og institusjoner som bruker naturfagene i sitt arbeid, og Den naturlige skolesekken, som skal bidra til at barn og unge gjennom opplæringen får kunnskap og bevissthet om bærekraftig utvikling og klodens miljøutfordringer. Gjennom egne satsinger som Geoprogrammet, Forskerfotter og Leserøtter m.fl., har vi også kunnskap om hva som er mulig å få til i naturfagundervisningen.

Gjennom slike samarbeider kommer vi tett på virkeligheten i skolen. Samtidig er vi en enhet ved Universitetet i Oslo, og har tett kontakt med forskningsmiljøene her. Denne unike posisjonen gjør at vi ønsker en sentral rolle i Kunnskapsdepartementets kommende arbeid med nye læreplaner. Vi melder oss til å ta ansvar for morgendagens læreplaner i naturfag og teknologi, fra barnehage til grunn- og videregående opplæring. Arbeidet vil ta tid, men ved Naturfagsenteret setter vi allerede nå sammen en «tenketank» for å bygge opp ytterligere kompetanse, slik at vi er forberedt på å starte dette viktige arbeidet.

Men vi verken kan eller vil gjøre jobben alene. Vi må ha diskusjoner på tvers av alderstrinn, på tvers av fagene, og ikke minst med lærere og lærerutdanningene, slik at de får eierskap til nye læreplaner. Bare slik kan vi sikre at de blir gjennomførbare i praksis og oppnår den ønskede effekten.

*Lederen er skrevet i samarbeid med min forgjenger Doris Jorde, og publisert som kronikk i Utdanning.*

### Tema tid

Temaet for Naturfag denne gangen er *tid*. Når vi snakker om tid i naturfagsammenheng, havner vi fort i fysikkens verden. Men tiden er viktig også innen biologi, kjemi, teknologi og geofag, og i tillegg har den en kulturhistorisk side. Selv om vi intellektuelt vet hvor gammel jorden er og hvor lenge det er siden Big Bang, har de fleste av oss vanskelig for å forstå hvor forsvinnende kort vår egen tid på jorden er, både som individ og som art.

Det er også gjennom tid det gir mening å snakke om endring og utvikling, en grunnleggende drivkraft for de fleste naturfaglige prosesser. I naturen kan endringene skje på få sekunder, som ved et værskifte eller i kjemiske reaksjoner. Dette er noe vi mennesker erfarer, kan observere og forstå. Men endringene kan også gå så sakte at vi mennesker ikke klarer å observere det, som ved dannelsen av sedimentære bergarter over mange millioner år, eller evolusjonære utviklinger. Da snakker vi om *dyp tid*. Det vi ikke kan observere og erfare har vi problemer med å forstå, kanskje er det derfor dyp tid har vært et underkommunisert begrep.

Med dette nummeret ønsker vi å løfte fram tid og vise bredden og dybden av begrepet, og lar dermed dette være et innspill i debatten om hvilke store ideer («Big Ideas») våre nye læreplaner bør inneholde. Bli med på en tidsreise og la deg begeistre og fyller med ærefrykt av denne utgaven av Naturfag. God lesning!



## DYP TID

# Inn i den dype tiden

**Vår jords 4 680 000 000 år lange historie deles inn i eoner, æraer, perioder og epoker, og vi kjenner hovedtrekkene av dens utvikling. Men for å forstå hva så lange tidsrom, den dype tiden, egentlig innebærer, klamrer vi oss fortsatt til metaforer.**

«Dyp tid» er et begrep som favner jordens lange historie, der tidskalaen er millioner av år. At jorden er gammel, det vil si millioner av år, har vært kjent siden 1700-tallet, men selve begrepet ble først brukt av den amerikanske forfatteren John McPhee i boken *Basin and Range* fra 1981. McPhee skriver sakprosa, og er kjent for sitt inderlige og lange forhold til geologi og geologer. Han var med forskere på feltarbeid i det vestlige USA for å lære om deres tolkninger av jordens historie. Å forholde seg til fjellkjeder som kommer og går, forsvunne arter og kontinentenes drift, er langt fra enkelt. «Tall ser ikke ut til å fungere så godt med dyp tid», skriver McPhee. «Alle tall større enn noen få tusen år – femti tusen, femti millioner – vil overraske forestillingsevnen henimot paralysé». McPhee bruker metaforer og analogier for å lettere forstå forholdet mellom vår egen tidsopplevelse og den dype tiden: Strekk ut armen og la den representere jordens historie, der jordens fødsel fant sted ved skulderen, kambrium og komplekse livsformer begynner ved håndleddet, pattedyrenes tidsalder (de siste 66 millioner år) starter ved det ytterste leddet på langfingeren, og menneskets historie er så kort at den kan viskes ut med et rasp av en neglfil.

Likevel forblir dyp tid vanskelig å forstå. Vissheten om at vår egen historie er forsvinnende kort sammenlignet med jordens historie, bidrar ikke nødvendigvis til forståelse og innsikt. «Menneskehjernen har kanskje ikke utviklet seg nok til å forstå dyp tid», skriver John McPhee. Han har et poeng. Vi kan måle den dype tiden, finne ut av hva som skjedde for milliarder av år siden, men forstår vi den? Metaforene hjelper oss bare et stykke på vei, for én ting er

å være klar over hvor kort menneskets historie er sammenlignet med jordens; ja, den dype tiden er som en avgrunn. Det er likevel noe helt annet å forstå hva det innebærer at vi er en del av en historie som strekker seg nesten fem milliarder år tilbake i tid – ikke minst at vi er den eneste arten som har klart å endre jordens overflate og atmosfære i løpet av en periode på noen få hundre år.

### Geologer som jordens historikere

En av de virkelig betydningsfulle vendingene i forståelsen av jorden, var oppdagelsen av at jorden har en historie som ligger lagret i steinformasjoner. Geologen James Hutton (1726–97) fant lokaliteter, som Siccar Point i Skottland, der det kom tydelig frem at bergartene hadde en lang historie bak seg som inkluderte avsetning i et grunt hav og dannelse av en fjellkjede som senere var slitt ned til flatmark. Jorden må være svært gammel for å forklare en slik rekke av hendelser. Hutton hadde fått et glimt av den dype tiden. Utfordringen var at Hutton ikke hadde et system å tolke sine observasjoner inn i. Han så en avgrunn av tid, men ingen sammenhenger, ingen hendelser som kunne representere biter av en global historie. For å bruke hans egen nå så kjente formulering fra 1788, «The result, therefore, of our present enquiry is, that we find no vestige of a beginning, – no prospect of an end.»

Den andre geologen som har en sentral plass i den naturhistoriske vitenskapshistorien, er Charles Lyell (1797–1875). Det finnes selvfølgelig en lang rekke personer som har bidratt til forståelsen av dyp tid, for eksempel Comte de Buffon (som forøvrig regnet seg

## DYP TID



Lag på lag med sedimentære avsetninger i jordens arkiv. Her fra 55 millioner år gamle leirelag (lyse) og vulkansk aske (sorte) fra øya Fur i Limfjorden, Danmark. Foto: Henrik H. Svensen

selv som både naturforsker og historiker), men Lyell ble en av de mest innflytelsesrike. Det er også verdt å merke seg at 1800-tallet var preget av fremveksten av teorier om historie og historiefaget, for eksempel historisismen med sentrale tenkere som Hegel og Herder. Et hovedpoeng var at det ikke er mulig å forstå et fenomen uten å kjenne dets historie.

Lyell brukte fossiler til å se sammenhenger mellom sedimentære avsetninger og hendelser fra forskjellige steder i verden. Like fossiler betød lik alder. På den måten ble lag på lag med sand og skifer i Huttons verden dannet ved tilfeldigheter, for Lyell et arkiv over jordens utvikling og dype tid. Dermed ble den dype tiden lesbar, målbar og forståelig.

### Mennesket trer inn i den dype tid

Forståelsen av den dype tiden har tatt en ny vending i løpet av det siste tiåret. I 2002 ble det foreslått at menneskets påvirkning på jorden er så stor, at vi befinner oss i en ny geologisk tidsepoke: antropocen. Jeg har skrevet om antropocen i dette tidsskriftet tidligere (Naturfag 1/15), men det interessante i denne sammenhengen er hvordan fremveksten av en ny metafor plasserer mennesket i den dype tiden: *mennesket som en geologisk kraft*. Metaforen er mye brukt, både i faglitteraturen og i andre sammenhenger der antropocen-begrepet omtales. Ideen er at mennesket etterlater seg materielle spor i det geologiske arkivet, og at disse sporene etter hvert vil bli så markante at de kan sammenlignes med sporene etter vulkanutbrudd og meteorittnedslag. Metaforen er virkningsfull og bidrar til at vi projiserer oss selv inn i den dype tiden.

## DYP TID



Metaforer brukes for lettere å forstå både den dype tiden og menneskets tidsalder. Foto: Henrik H. Svensen



## DYP TID

Kritikerne, for eksempel geografen Lauren A. Richards, påpeker at metaforen derimot er problematisk, at verken «mennesket», «geologisk» eller «kraft» er entydige begreper. Dessuten har metaforen i seg ideer som henspiller på myter og en forestilling om at historien har en retning – og styres av på forhånd gitte formål.

Forhåpentligvis kan en kritisk diskusjon av metaforer bidra med nye innsikter om den dype tiden og vårt forhold til den. Forståelsen av den dype tiden er ikke lenger forbeholdt geologer, men jeg trekker likevel frem uttalelsen fra en av geologene som John McPhee snakket med i *Basin and Range*: «Hvis du frigjør deg fra den konvensjonelle reaksjonen på en størrelse som en million år, frigjør du deg også litt fra grensene til menneskets tid. Og det blir som om du ikke lever i det hele tatt, men samtidig lever for alltid.» Det ligger en frihet i det å forstå den dype tiden.

### Referanser

Gould, S.J. (1990). *Time's arrow, time's cycle*. Penguin books. Først utgitt i 1987.

McPhee, J. (2000). *Basin and Range*. I *Annals of the former world*. Farrar, Straus and Giroux. Først utgitt i 1981.

Rickards, L.A. (2015). Metaphor and the Anthropocene: Presenting humans as a geological force. *Geographical Research* 53, s. 280–287.

[www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)

Svensen, H.H. (2015). *Menneskets tidsalder*. Naturfag 1/2015.

### Postskriptum: Inndeling av tid

De første 600 millioner år etter jordens dannelse kalles Hadeikum, oppkalt etter Hades, guden i underverdenen i det gamle greske verdensbildet.

Vi lever i

- det fanerozoiske *eonet*; de siste 541 millioner år, definert av det store mangfoldet av liv som oppstod i kambrium.
- den kenozoiske *æraen*; de siste 66 millioner år, definert av meteoritnedslaget i Mexico som forårsaket en av de største masseutryddelsene vi kjenner.
- den kvartære *perioden*; de siste 2,58 millioner år, da istidene startet på den nordlige halvkule.
- den antropocene *epoken*, som markerer slutten på holocen og starten på menneskets tidsalder. Den holocene epoken defineres som de siste 11 700 årene, fra slutten av kuldeperioden yngre dryas og den siste istiden.

Eon: Fanerozoikum

Æra: Kenozoikum

Periode: Kvartær

Epoke: Holocen

Antropocen

Se [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org) for flere detaljer. Figuren er ikke skalert. Ill.: Rim Tusvik

## TIDENS OPPRINNELSE

## Når oppstod tiden?

«Gjort er gjort, og spist er spist», sa den nesten 50 år gamle Bamsefar i Hakkebakkeskogen. Antakelig ville han understreke for de andre dyrene at fortiden ikke kan forandres. I seg selv er ikke dette en revolusjonerende innsikt – for de fleste vil den kanskje virke selvsagt. Men ved nærmere ettertanke er ikke fortidens uforanderlighet like åpenbar.

For det er nå over hundre år siden Einstein fortalte oss at tid ikke bare er en universell tikking som eksisterer uavhengig av universets gjøren og laden. Tid og rom er flettet sammen i en uatskillelig enhet vi kaller romtiden. Og når det går an å reise fram og tilbake mellom hus og jobb, hvorfor går det da ikke an å reise fram og tilbake mellom i år og i fjor?

Tiden har noe helt spesielt som rommet ikke har: Tiden beveger seg alltid framover. Den flyter som en elv. Relativitetsteorien forteller at den kan flyte langsommere enkelte steder og raskere andre steder, men framover går det (i hvert fall hvis vi tillater oss



Brødrene Dal reiser med professor Drøvels tidsmaskin. Faksimile fra tv.nrk.no



å se bort i fra eksotiske skrivebordsteorier om markhullsnarveier i tidrommet, hypotetiske overlyshastighetspartikler og professor Drøvels tidsmaskin). Og en elv har alltid en kilde, en liten myrpytt oppe i fjellet der den begynner. Er det slik med tiden også?

## Har tiden en retning?

Hvis tiden har en start, et nullpunkt, når var det? Vi er temmelig sikre på at universet oppstod i et Big Bang for omlag 14 milliarder år siden. Men hva var før Big Bang? For å kunne besvare disse spørsmålene må vi først se litt på hva tid egentlig er.

Definisjonen av et sekund er gitt ved svingefrekvensen til cesiumatomer. Vi ser rett og slett på en mikroskopisk liten pendel. Litt upraktisk å måle i hverdagen, men heldigvis har vi folk til sånt. Men hva med tidens retning, eller det vi kaller *tidspilen*? Hva definerer framtid og fortid? Her blir det med ett litt mer komplisert. Tidspilens natur er et tema der selv ikke de sprenglærde kan gi oss et entydig svar.

Problemet oppstår allerede i de mest fundamentale fysiske lovene. For eksempel styres mikroverdenens kvantemekanikk av en ligning vi kaller Schrödingerligningen (oppkalt etter han med katten). I ligningen inngår tiden. Men den skiller ikke på tidens retning. Løsningene på ligningen er identiske enten vi ser framover eller bakover i tid. Mikroverdenen ser altså ikke ut til å skille mellom fortid og fremtid. Det samme gjelder de aller fleste fundamentale fysiske lover: De ser like ut enten tiden går framover eller bakover.

## TIDENS OPPRINNELSE

Det samme kan vi oppleve i en del hverdagslige fenomener. For en stund tilbake jeg meg med min fem år gamle sønn, Vetle, og mobilkameraet mitt. Jeg hadde lastet ned en app som gjorde at jeg kunne filme Vetle og deretter spille av filmen baklengs. «Nå skal du få se mye moro», lovet jeg, mens jeg mintes de morsomme baklengsfilmene jeg hadde sett på TV som liten. Jeg ba Vetle gjøre et eller annet som jeg kunne filme. Han begynte å kaste en ball opp og ned. Etterpå kom han løpende for å se på baklengsresultatet. Skuffelsen var stor. Filmen så nesten akkurat lik ut enten vi spilte den framlengs eller baklengs. En slik kastbevegelse er nemlig *tids-symmetrisk* (når vi ikke tar hensyn til luftmotstand, vel å merke). Akkurat som Schrödingerligningen.

## Hva har entropi med tid å gjøre?

Alt ble mye morsommere da vi begynte å ødelegge ting. Et knekkebrød ble det første offeret. Jeg filmet, mens Vetle knekte og knuste knekkebrødet i stadig mindre biter. Når filmen ble spilt baklengs, var det ikke tvil om at det var stor forskjell mellom framover og bakover i tid. Hvordan kunne det skje, når fysikkens grunnleggende lover er tidssymmetriske?

Svaret ligger i termodynamikkens andre lov. Den forteller oss at *entropien* i et system alltid øker når tiden øker. Entropi er et komplisert begrep, men sånn røfflig dreier det seg om grad av uorden. Eller som det ofte er framstilt i naturfagbøker: Energikvaliteten blir lavere i et system når tiden går. Her er det en helt tydelig forskjell på fortid og framtid. Entropien, eller graden av uorden, øker



Knekkebrød har lav grad av uorden. Foto: Rim Tusvik

når tiden går framover, men minker hvis vi spoler tiden bakover. I knekkebrødknusingen ble dette tydelig. Sluttproduktet, når vi hadde beveget oss framover i tid, var definitivt mer uordnet enn det hele knekkebrødet vi hadde startet med.

Entropibegrepet gir ikke mening hvis vi bare ser på enkeltpartikler. Den gjelder når vi har et system, for eksempel et knekkebrød, som består av mange partikler. Entropien er en statistisk egenskap ved dette sammensatte systemet.

En nyttig formulering av entropi ble gitt av den tyske fysikeren Ludwig Boltzmann. Han skilte mellom et systems *makro-* og *mikrotilstand*. En makrotilstand handler om de egenskapene ved et system som vi kan måle fra utsiden. Et enkelt eksempel er en innestengt gass. Vi kan måle gassens temperatur, trykk og volum. Dette definerer makrotilstanden. Mikrotilstanden handler om hvordan partiklene i gassen kan organisere seg. Enhver makrotilstand tilsvarer en drøss av mikrotilstander. Boltzmann sa at entropien til en gitt makrotilstand bestemmes av hvor mange mikrotilstander som kan beskrive akkurat denne makrotilstanden.

Entropien til et knekkebrød er en komplisert sak, men la oss se litt forenklet på det. Tenk deg at knekkebrødet er satt sammen av for eksempel tusen knekkebrødparketter. Det er begrenset hvor mange måter disse partiklene kan organisere seg på hvis vi fortsatt skal ha makrotilstanden «knekkebrød». Makrotilstanden knekkebrød har dermed lav entropi. Makrotilstanden «knust knekkebrød»



Knust knekkebrød har høy grad av uorden. Foto: Rim Tusvik

# TIDENS OPPRINNELSE

svarer derimot til et enormt antall muligheter for hvordan knekkebrødparkettene kan fordele seg, og dermed et stort antall mikrotilstander. «Knust knekkebrød» har dermed høy entropi. Termodynamikkens andre lov, som sier at entropien vil øke med tiden, forteller oss derfor at et knekkebrød kan bli et knust knekkebrød.

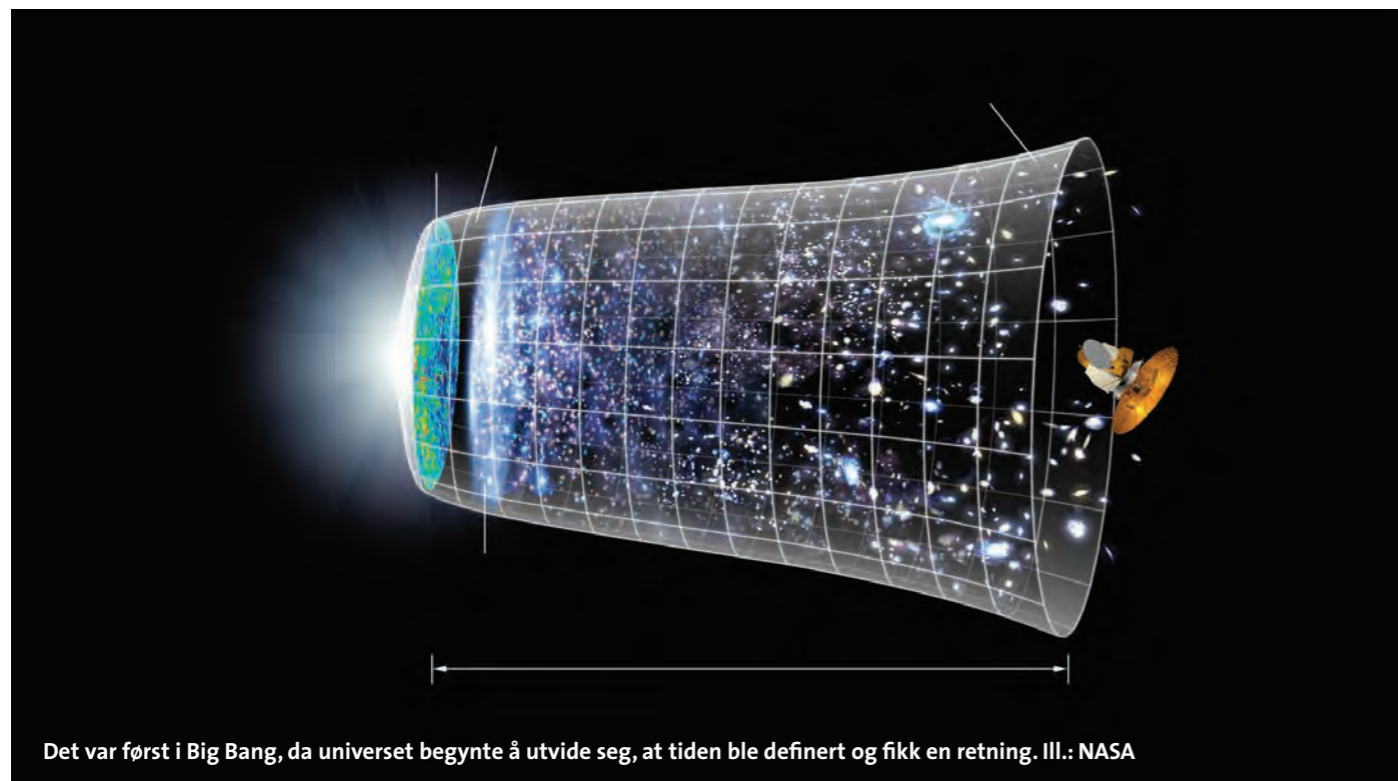
Loven om entropi gjelder for *isolerte* systemer. Og det er klart, med ekstern inngripen av for eksempel et menneske med ekstrem tålmodighet, er det ikke umulig å reversere knuseprosessen. Men i arbeidet med å pusle sammen knekkebrødet, må vi bruke energi, og det vil produsere varmeenergi (som har lav energikvalitet), og entropien i systemet av tålmodig menneske og knekkebrød vil derfor totalt sett øke. Selv om de mikroskopiske lovene som styrer knekkebrødparkettene ikke skiller mellom fortid og framtid, vil knekkebrødet som helhet gjøre det på grunn av termodynamikkens andre lov. Hvis partiklene får bevege seg fritt, er sannsynligheten for at partiklene tilfeldigvis skal danne et knekkebrød nesten

null. Vi kan godt si at tidspilen er gitt av termodynamikkens andre lov. Mange vil gå enda lenger, og si at denne loven simpelthen er definisjonen av tidspilen: Vi sier at tiden går framover i den retningen entropien øker.

## Big Bang og tidens opprinnelse

Hva har så alt dette å gjøre med Big Bang og tidens opprinnelse? Jo, entropien i universet må hele tiden øke. Skulle entropien i universet vært maksimal, ville all energi rundt oss vært i form av varmemstråling, som er den maksimalt entropiske tilstanden. Der er vi heldigvis ikke, i hvert fall ikke ennå. Hvis vi spoler tiden tilbake, må entropien ha vært lavere. Og jo mer vi spoler tiden tilbake, dess mindre entropi.

Akkurat hvordan universet så ut ved Big Bang, kan vi ikke beskrive med dagens fysiske lover. Men mange, blant annet Stephen Hawking, vil hevde at hele vårt synlige univers da var samlet i et



Det var først i Big Bang, da universet begynte å utvide seg, at tiden ble definert og fikk en retning. III.: NASA

# TIDENS OPPRINNELSE



## Kva er tid?

Forskarar konkurrerte i 2013 om å lage eit best mogleg svar på dette spørsmålet, laga til ein 11-åring. I *The Flame Challenge* (flamechallenge.com) består juryen sjølv sagt av 11-åringar, og dei kårar vinnarar i to kategoriar, skriftleg og visuelt (for eksempel video). Her er det skriftlege vinnarbidraget som blei levert av forskaren Nicholas Williams frå California:

*Have you ever heard your parents say to you that it's time to go to bed or time to get up, time to go to school, time to clean your room, time to do this, time to do that, and on and on. Our world runs on a time schedule, and the schedule is so tight that there are schedules for everything we do throughout the day and clocks that tell you what time it is so we can do those things at the correct time. Time is so obvious in our lives that no one questions it. It's just there, we have to live with it, and so we accept it. All activity on earth is based on time, and this time is what happened a second ago, a minute ago, an hour ago, days ago, and years ago. Well, now we have an important question. What is it?*

*Time has a lot of definitions; like time is history or time is age. But, have we ever considered a good definition? I have. Here's my definition. And no, I did not get this from some book or online. It's just something that makes sense to me. I think of time as Forward Movement. Think about it! Everything moves forward, from the universe to every second of your life. And because everything moves forward, man developed a way to keep track of this Forward Movement and called it time. Man also invented clocks to keep a precise log of this Forward Movement in years, days, hours, minutes, seconds, and even parts of seconds. I'll always continue to think of time as Forward Motion. I'll also think of it as a Forward Motion that will never change, will never stop, and can never be reversed.*

I år er spørsmålet *Kva er lyd?* Juryen er elevbar frå heile verda. Her kan du lese meir om vinnarsvar og påmelding: [centerforcommunicatingscience.org/what-is-time](http://centerforcommunicatingscience.org/what-is-time)

punkt med null utstrekning. Mer ordnet får du det ikke. Big Bang definerer da det ultimate bunnpunkt for universets entropi. Spørsmålet om hva som var før Big Bang gir derfor ikke mening. Når entropien ikke kan bli lavere, kan vi heller ikke snakke om noen fortid. Tidspilen mister mening. Det var først i Big Bang, da universet begynte å utvide seg, at tiden ble definert og fikk en retning.

Konklusjonen over kan virke kontraintuitiv og lite tilfredsstillende når vi lever i en verden der enhver hendelse har en foranliggende årsak. Hva var årsaken til Big Bang, hvis alt som fantes var et tidløst ingenting? Nå viser det seg at også «ingenting» er et problematisk begrep. For hva er egentlig ingenting? «Ingenting er som påsketur», sang Øystein Sunde, men det er antakelig en noe upresis beskrivelse. Som vi har sett, trenger ikke kvantemekanikkens lover en tidsretning for å fungere. Det er mulig å se for seg fluktuasjoner, bobler og kaos i en kvantemekanisk sjø, der tiden var det vi kan kalle *imaginær tid*, noe som ikke er det samme som vår opplevde tid.

I kvantemekanikken er det alltid en viss sannsynlighet for at usannsynlige hendelser kan inntreffe. Dette kjenner vi blant annet fra radioaktive isotoper, der en atomkjerne kan eksistere i millioner av år før den plutselig, og tilsynelatende uten grunn, sender ut radioaktiv stråling og blir til en ny isotop. På en tilsvarende måte kan vi tenke oss at disse kvantefenomenene som herjet rundt i den imaginære tiden plutselig havnet i en tilstand der universets plutselige ekspansjon begynte.

Teorier om *multiverset* er også populære i en del kretser. Her har vårt univers oppstått som en boble, som et utskudd, fra et større multivers. I et slikt scenario kan vi kanskje se for oss noe før Big Bang, i hvert fall i et annet univers. Men enn så lenge har vi ikke fysiske lover som kan beskrive Big Bang. Vi bruker generell relativitetsteori for å beskrive fenomener der tyngdekraftene dominerer, og kvantefysikk for å beskrive hva som skjer på mikroskopisk skala. Men ved Big Bang ble det mikroskopiske blandet sammen med enorme tyngdekrefter. I dag har vi ingen teori som forener generell relativitetsteori og kvantefysikken. Hva som skjedde ved, for ikke å si før, Big Bang er rett og slett utenfor hva vi har kapasitet til å beskrive.

Hva blir da konklusjonen? Når oppstod tiden? Det enkle svaret: Ved Big Bang. Det ærlige svaret: Vi vet ikke.

## BARNEHAGETID



# Hva har vi tid til? – om sneglefart og timeglass

– Tid er sånn å kjøre trikk og tog og bil og T-bane og sånn. I Kjelsås skoles barnehage snakker 4- og 5-åringene mye om klokka og tida. Vi inviterte oss selv til barnehagen for å høre hvilke tanker barna har om tid. Vi ble tatt godt imot av styrer Kristin Uhre, pedagogisk leder Tone Vold og fem av barna: Andreas, August, Sylfest, Sverre og Stephen.

### Tid er et spennende tema

I forkant av møtet vårt hadde personalet og barna i barnehagen benyttet mange anledninger, både planlagte og spontane, til å snakke om tid. Ifølge Kristin og Tone er det lett å legge merke til at tid er et begrep som dukker opp svært ofte når du retter oppmerksomheten på begrepet. Som Kristin sier: – Tid er vanskelig fordi det både er abstrakt og konkret, subjektivt og objektivt. Selv om vi tar tiden på noe for å kunne sammenligne, vil ikke sammenligningen være reell fordi opplevelsen ikke nødvendigvis samsvarer med de faktiske sekundene eller minuttene. Tone supplerer: – Vi merker at tid er et abstrakt begrep og ikke alltid like lett å forklare. Før kunne man si at noe er omtrent like lenge som en episode av Barne-TV, men det funker ikke lenger.

Diskusjonene begynte allerede i garderoben: – Når skal vi gå ut?  
– Hvor lenge skal vi vente? Programmet i dag var tur til Langsetløkka hvor vi skulle snakke, ake og spise. På vei til løkka forteller Andreas om en bil som hadde så dårlig tid at den nesten kjørte på ham. I følge filosof Einar Øverenget er det tre sider ved tidsbegrepet barn blir kjent med først: å ikke ha tid, å ha dårlig tid og å slå i hjel tid. To av gutta tok opp tråden om dårlig tid:

- Noen ganger har mamma og pappa dårlig tid.
- Tid er sånn å kjøre trikk og tog og bil og T-bane og sånn.
- Hva bruker dere tida til?
- Vi bruker tida til barnehagen.



– Tid er sånn å kjøre trikk og tog og bil og T-bane og sånn. Foto: Rim Tusvik



## BARNEHAGETID

Barna var bestemt på at tida kunne gå både fort og sakte. Med jula friskt i minne kunne de fortelle om at tida gikk sakte på formiddagen julaften, men altfor fort da de begynte å åpne gaver.

### Om å bruke klokka

I barnehagehverdagen kunne Tone opplyse om at de bruker klokka en del. De ser på plasseringen til lang- og kortviseren, og de ser hvor fort sekundviseren går. De tar tiden, hvem kommer først/sist osv. Vi tok fram klokkene våre. Barna var godt kjent med begreper knyttet til klokka. De snakket om minutter, timer og sekunder. Et av barna kunne opplyse oss om at et halvt minutt er mindre enn ett minutt. – To minutter er masse, sa en av de andre. – Det er å telle til 120. Da vi lurte på hvordan han visste det, sa han med en selvfølgelig mine: – 60 og 60 blir jo 120. Et annet av barna mente videre at 9 minutter er mye, og kunne fortelle oss at det finnes 100 minutter!

- Bruker dere klokke i barnehagen?
- Nei, den kan vi ikke bruke, for den er på veggen.
- Når dere ikke bruker klokke, hvordan vet dere at det er spisetid?
- Jo, det er jo når vi vasker henda først. Da vet vi at vi skal spise.

Her viser Sylfest at han har en forståelse for at hendelser kan følge en gitt rekkefølge. I språket vårt har vi mange ord og begreper som uttrykker en rekkefølge av begivenheter:

før, etter, først, sist, snart, seinere, etterpå, neste, forrige, straks, ...



– Klokka i barnehagen kan vi ikke bruke, for den er på veggen. Foto: Rim Tusvik

### Timeglass

Barna har erfaring med bruken av timeglass. Det finnes timeglass i mange spill. Noen hadde erfaring med å bruke timeglass til å angi hvor lenge en tannpuss skulle vare.

Vi hadde med oss tre ulike timeglass. Barna oppdaget raskt at de ulike timeglassene brukte ulik tid på å tømmes. – Jeg tror det røde går forrest, – Det mellomste er det gule, – Dette går saktest. Barna sammenlignet hvor fort sanden rant ut i de ulike timeglassene. De brukte sammenligningsord knyttet til tid. Andre sammenligningsord knyttet til tid har vi hentet fra Solem og Reikerås (2008):

tidlig	tidligere	tidligst
sein	seinere	seinst
fort	fortere	fortest
rask	raskere	raskest
ung	yngre	yngst
gammel	eldre	eldst



– Jeg tror det røde går forrest. Foto: Guri Langholm





## BARNEHAGETID

Et spørsmål som vi aldri fikk svar på, var om vinneren alltid er den som bruker kortest tid? Ett av barna kunne imidlertid fortelle oss at tre ganger bruker lang tid.

### Primstav

Ingen av barna hadde sett en primstav før, men alle var kjent med begrepet kalender. Da vi fortalte at primstaven var en kalender som ble brukt i gamle dager, syntes de det var en rar kalender: – Hva er dette? Den begynner jo med fjorten? – Det er jo ikke én engang, rar kalender. Og det kan de jo ha rett i.

Etter som tida gikk, dabbet interessen for tid ut. Det fine vinter været lokket oss ut. Avslutningen på den hyggelige samtalen ble: – Nå har vi ikke tid til å snakke om tid lenger, for nå er det aketid og da skal vi ikke bruke sneglefart!

### Referanser

Solem, I.H. og Reikerås, E. (2008). *Det matematiske barnet*, Caspar forlag.



– Nå er det aketid! Foto: Kari Holter

### Vannur – erfaringer fra en barnehage

Tekst: Tone Vold, Kjelsås skoles barnehage

**Gresk vannur**

Grekene brukte vannur når de skulle passe på at en taler ikke snakket for lenge. Vannet rant fra den øverste beholderen og ned i den nederste. Når alt vannet hadde rent ut, var tiden ute.

Grekene hadde vannur av keramikk. Du kan lage en moderne utgave av to tomme melkekartonger som du vasker godt. Klipp av toppen på kartongene og lag et lite hull i den ene, et par centimeter fra bunnen. Still opp kartongene som på bildet. Det er lurt å sette den nederste kartongen i en dyp tallerken. Fyll den øverste kartongen med vann. Ta tiden: Hvor lang tid tar det før vannet har rent ut? Hvis vannet rant for langsomt, lager du hullet litt større. Hvis vannet rant for fort, setter du en tape over hullet og lager et nytt.

Gaia 5 SAMFUNNSFAG ARBEIDSBOK 35 DEY GAMLE HELLAS

Gaia GYLDENDAL NORSK FORLAG BOKMÅL

Vi leste gjennom teksten om vannur før vi startet, og vi snakket om at det var slik de målte tiden når noen skulle tale, eller snakke, i «gamle dager». Barna syntes dette hørt spennende ut, som det gjerne gjør når noe involverer vann, og vi trådte ivrig til verks.

Vi hadde noen utfordringer med å få vannstrålen til å treffe melkekartongen under, og vi erfarte at vannstrålen endret seg avhengig av vannmengden i melkekartongen som vannet rant ut av. Vi skulle måle tiden vannet brukte

## BARNEHAGETID

på å renne gjennom, men det var mye mer spennende å se hvordan vannstrålen endret seg med stort og lite hull. Vi tok etter hvert i bruk to melkekartonger der vi stakk hull med nål i den ene, mens i den andre klypte vi et atskillig større hull. Vi så raskt at vannet rant fortest ut av kartongen med størst hull, det var rett og slett fordi hullet var så stort, mente barna. Vi prøvde å tale hele tiden mens van-

net rant ut av kartongen med lite hull, men det tok så lang tid at barna gikk tom for ting å snakke om.

Dette var et morsomt eksperiment. Vi sammenlignet vannuret med timeglass, den eneste forskjellen ifølge barna var at i et timeglass er det sand eller noe sånt ... Og det var mye morsommere med vann over hele gulvet.



Vi fyller vann i vannuret. Foto: Tone Vold



Barna fulgte nøye med på vannstrålene. Foto: Tone Vold

## TIDSOPPFATTELSE



Foto: Håkon Sparre, NMBU

## Hjernetid

«Hold hånda di på en varm kokeplate i ett minutt og det føles som en time. Sitt sammen med ei vakker jente i en time, og det føles som ett minutt. Det er relativitet!» Dette kjente sitatet fra Albert Einstein var myntet på å illustrere at tiden i følge hans relativitetsteorier ikke er en absolutt uforanderlig størrelse. Men egentlig illustrerer sitatet enda bedre hvor dårlig hjernen vår kan være til å holde orden på tiden.

Det fortelles at den store italienske fysikeren Galileo Galilei som ung student la merke til at lampene i katedralen i Pisa syntes å pendle fram og tilbake med samme svingetid uansett hvor stort utslaget i svingningen var (se s. 28). For å teste teorien brukte han sine egne pulsslag for å måle tiden, ikke en dum ide hvis man har funnet roen under en langdryg preken. Men hjertepulsen varierer mye både med fysisk aktivitet og sinnstilstand, så en robust klokke er den ikke.

Hjernen er lagd for å bidra til at eieren overlever, så klokkefunksjonene er best der tidsangivelse eller nøyaktig tidsmåling er direkte viktig for overlevelse. For eksempel er det viktig at kroppens døgnsyklus følger jordens døgnsyklus, så vi har egne celler i en liten del av hjernen kalt hypothalamus som sørger for at vi får en passende søvnrytme (les mer på s. 75). Dessverre synes mange av oss, spesielt B-mennesker, å ha døgnrytmene innstilt på litt mer enn 24 timer, slik at det er vanskelig å komme seg til sengs i høvelig tid, og enda vanskeligere å komme seg opp om morgenen.

Når vi hører en truende lyd, for eksempel fra et farlig dyr, er det viktig å kunne høre hvor lyden kommer fra slik at vi vet i hvilken retning vi skal rømme. Her imponerer hjernen ved å utnytte at lydbølgene ankommer det ene øret litt tidligere det andre. Denne tidsforskjellen er på mindre enn et tusendels sekund, men er likevel lang nok til at hjernens hørselssystem greier å utnytte den.

Hjernens synssystem greier bare å prosessere og tolke omtrent ti stillbilder per sekund. Hvis vi øker presentasjonsraten, så vil hjer-

nen prøve å tolke bildesekvensen som en kontinuerlig bevegelse. Dette utnyttes når vi ser filmer på kino eller TV: Når mer enn femti bilder som gradvis forandrer seg presenteres per sekund, er det akkurat som om vi ser scenen utspille seg foran oss i virkeligheten.



Ill.: colourbox.no



## TIDSOPPFATTELSE



Vi oppfatter at tiden går saktere når vi blir skremt. Ill.: colourbox.no

Hjernen virker videre å være designet for å sette sammen ulike typer informasjon som ankommer på litt forskjellige tidspunkter til et hele. De første TV-konstruktørene var for eksempel bekymret over hvordan de teknisk skulle få til å synkronisere bildepresentasjon og lydutsendelse. Men der kom hjernen til hjelp. Det viste seg at hvis synkroniseringsfeilen er mindre enn et tidels sekund, så merker ikke TV-titterne problemet. Hjernen sørger for den siste synkroniseringen selv. Et annet eksempel på hjernens tidstriksing: Hvis noen tar deg på nesa og tåa samtidig, oppfatter vi det som samtidig. Men signalet fra tåa beveger seg lenger og ankommer egentlig hjernen noen titalls millisekunder etter signalet fra nesa.

Analogt med at hjernen fremviser *synsbedrag*, så fremviser den også *tidsbedrag*, for eksempel i form av den såkalte teleskop-effekten. Hendelser som skjedde for mindre enn omtrent tre år siden oppfattes å ha skjedd lenger tilbake i tid enn de egentlig har (forward telescoping), mens hendelser som skjedde for mer enn tre år siden oppfattes å ha skjedd mer nylig enn de egentlig har. For eksempel er det nå mer enn elleve år siden tsunamikatastrofen som drepte over 200 000 mennesker, blant dem et åttitalls nordmenn. For meg virker hendelsen mye nærmere i tid.

Siden hjernens tidtakingssystemer er laget for å hjelpe oss til å overleve og ikke til å telle sekunder, er det kanskje ikke så rart at

vår tidsoppfatning også varierer med situasjonen vi er i. Etter en uke på ferie i et eksotisk land føler vi at det er lenge siden vi dro fra Norge, men i den daglige tralten synes ikke forrige uke å være så lenge siden. En annen effekt på en mye kortere tidsskala er at vi oppfatter at tiden går saktere, dvs. at vi ser ting i «sakte kino», når vi blir redde, for eksempel når vi skremmes av skrekkfilmer, mister kontrollen over bilen i trafikken eller faller langt. Det siste ble faktisk undersøkt vitenskapelig i en fornøylespark i Texas hvor forsøkspersonene falt over tretti meter mens de fikk testet sin tidsoppfatning, før de ble fanget opp av et sikkerhetsnett! Det har også blitt påvist at tidsoppfatningen kan bli påvirket av kroppstemperatur, sykdom og bruk av rusmidler.

Mange har, som meg, følelsen av at tiden går fortere etter hvert som vi blir eldre. I barndommen kunne en sommer vare evig (sol var det også!), mens nå fyker den forbi. Det har blitt spekulert i om dette skyldes at tidsfølelsen vår er knyttet til prosentdelen av virkelig tid i forhold til hvor lenge vi har levd. For en tiåring utgjør én måned nesten én prosent av levd liv, mens for en femtiåring utgjør samme tidsrom under to promille av levetiden. En slik logaritmisk tidsoppfatning vil være i samsvar med den såkalte Weber-Fechner-loven for persepsjon av sanseintrykk: Den minste merkbare forskjellen i stimulusintensitet (tenk for eksempel lysstyrke) er proporsjonal med nåværende styrke på stimulusen.



## TIDSOPPFATTELSE



En sommer i barndommen opplevdes gjerne som uendelig lang. Ill.: colourbox.no

Denne trenden med at tiden går raskere for eldre mennesker har man også observert for kortere tidsintervaller. Da en gruppe eldre mellom seksti og åtti år ble bedt om å estimere når det hadde gått tre minutter, ble gjennomsnittresultatet tre minutter og førti sekunder. Til sammenligning ble tilsvarende gjennomsnittresultat for en gruppe personer i begynnelsen av tjuetåra målt til tre minutter og tre sekunder.

Det at vår tidsoppfatning kan bli påvirket på så mange måter, indikerer at det ikke er ett enkelt system i hjernen som holder orden på tiden. Og studier basert på bruk av avanserte hjerneavbildningsteknikker har funnet at mange ulike deler av hjernen synes å være involvert i tidsmåling og tidsoppfatning hos mennesker.

Mer presise funn er gjort i rotteforsøk hvor forskere har mulighet til å måle aktivitet i enkeltnerveceller ved hjelp av tynne målelektroder plassert inne i hjernen. Rotter er lærenemme dyr og bruker gjerne hjernen for å sikre seg en godbit eller en slurk vann når de er tørste. I et forsøk ble rotter trent til å dytte på en liten spak for å få en slurk med vann, men vannbelønningen kom bare hvis et

bestemt antall sekunder hadde passert. Rottene lærte fort å estimere den riktige tiden, og forskerne fant fram til nerveceller i en del av hjernen som kalles striatum som sendte ut elektriske nervepulser (aksjonspotensialer) som til sammen registrerte tidsintervallet rottene måtte huske. Og ikke bare det: Når tidsintervallet som rottene måtte huske for å få vann, ble endret, ble utsendingen av nervepulsene i klokkesystemet justert for å passe med det nye intervallet. Så klokka ble tilpasset oppgaven!

Det er mye vi ikke vet om hvordan hjernen håndterer tid. Men én ting vi vet, er at hjernen ikke ble utviklet for å ta tiden på skiløpere eller pendelsvingninger. Så neste gang tiden løper i hyggelig selskap eller ikke løper når vi venter på et forsinket tog, så er nok *hjernetid* synderen og ikke Einsteins *romtid*.

### Referanse

How the brain perceives time (2015). *Science News*, volum 188 (25. juli) s. 20.



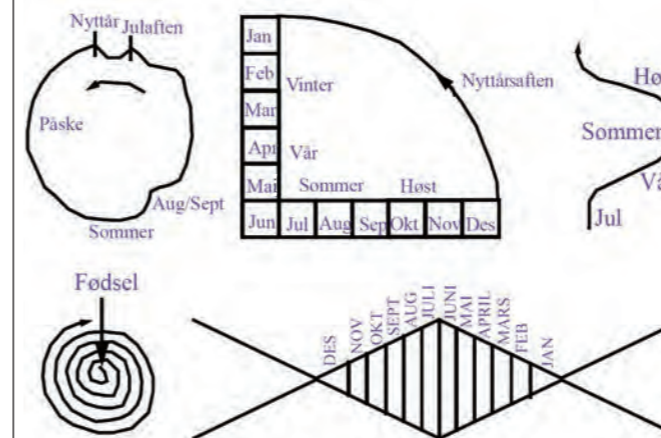
## TIDSOPPFATTELSE

# Det geometriske året

For en del år tilbake kom jeg i prat med en kollega om vårt geometriske bilde av året og uken. Selv om vi forestilte oss årets form på forskjellig måte, ble vi overrasket over hvor likt vi likevel tenkte. Noen år senere stilte jeg det samme spørsmålet til noen barn, og oppdaget at alle hadde de en geometrisk forestilling av året. Det viste seg imidlertid at få eller ingen hadde like bilder.

### Tegn året

Be elevene om å tegne året slik de føler at det er. Det er viktig at de ser inn i seg selv og tegner året slik de opplever det inne i hodet sitt. Utfordre dem også til tegne uken og sette «rett» farge på dagene. La dem forsøke å forklare hvorfor året deres ser akkurat slik ut.



Det er interessant å se hvordan noen har en lineær forestilling av året, mens andre betrakter tiden som noe som gjentar seg i det uendelige. Legg spesielt merke til tegningen nederst til venstre, hvor tiden er formet som en spiral, med en omdreining per år. De seneste årene oppfattes som lengst, mens årene fra tidlig barndom svinner hen inn mot sentrum og fødselstidspunktet. Tegningen av året nederst til høyere, antyder at året er bredest på sommeren og innsnevres ved nyttårstider. Vi kan bare fundere på om dette kommer av lengden av dagslyset.

Som nevnt er det ikke bare barn som har slike geometriske forestillinger om året. Jeg stilte samme spørsmål på et halvdagsseminar for førskolelærere, og også de hadde klare forestillinger om hvordan året så ut. De fleste av oss har behov for å lage oss geometriske analogier for abstrakte fenomener.

Tenk bare på hvordan en foredragsholder ordner ting i bokser forbundet med piler for å illustrere en abstrakt struktur. Det kan se ut til at vi har en tendens til å geometrisere og ordne tilværelsen rundt oss.

*Oppgaven og teksten er hentet fra boka Den matematiske krydderhylle av Nils Kristian Rossing.*

### Les mer

Claudia Hammond (2012). *Unlocking the mysteries of time perception.*

## SKRIVING



# Å skrive seg inn i tiden

**Hva tenker elevene om tid? En kort skriveoppgave får fram elevenes forkunnskaper og er en god innfallsvinkel til temaet.**

Små skriveoppgaver, mikrooppgaver, egner seg godt for å fremme læring i naturfag.<sup>1</sup> De krever lite forberedelse og kan gjennomføres i løpet av 5–10 minutter. Mikrooppgaver bidrar til variasjon i undervisningen og aktiviserer alle elevene samtidig. En type mikrooppgave er å skrive seg inn i et emne. Målet med å skrive seg inn i et emne, eller tenkeskriving<sup>2</sup> er å mobilisere elevens forkunnskaper ved hjelp av instruksjonen: «Skriv alt du kommer på om ...» Alle starter på signal og skriver sammenhengende til læreren sier «stopp». Etterpå kan elevene lese tekstene for hverandre i par eller i grupper. Da er det viktig å lese rett fra papiret uten noe utenomsnakk. Fokus er på innholdet i teksten, ikke formuleringene. Skrivningen og høytlesingen vil bringe fram viktige spørsmål om temaet.<sup>1</sup> Dersom læreren tar en kort runde i plenum for å avdekke slike spørsmål, skapes det ofte et eierforhold og motivasjon for videre arbeid med emnet.

Vi har prøvd ut denne aktiviteten på elever i 8. klasse. Som en introduksjon til emnet *Målinger* i naturfag fikk elevene fire minutter til å skrive ned hvilke assosiasjoner de fikk til stikkordet TID. Sitatene på neste side viser at det kom opp mange assosiasjoner i løpet av kort tid. Spennet var fra de helt nære ting med vekkerklokka og skoleklokka, via historiske assosiasjoner representert ved Jesus, vikinger og svartedauden, til mer filosofiske assosiasjoner i forbindelse med verdensrommet, tidsmaskiner og døden.

Dette var første gang elevene gjorde en slik aktivitet i naturfag, og noen elever syntes det var en vanskelig og uvant oppgave. Men alle fikk satt noen ord på papiret, og aktiviteten fungerte som en fin innfallsvinkel til å snakke om tid og andre målinger i plenum et-

terpå. Elevenes tekster om tid var så fine at de ble lagt ut på skolens hjemmeside, sammen med bilder og animasjoner som understreket innholdet.

#### Fotnoter

<sup>1</sup> Hertzberg F. (2006). «Du vet ikke hva du har skjont før du kan sette ord på det!» Naturfag, 2/06

<sup>2</sup> Hoel, T.L. (2008). Utprøvande skrijving i læringsprosessen. I R.T. Lorentzen & J. Smidt (Eds.), *Å skrive i alle fag* (s. 39–50). Universitetsforlaget.

Denne artikkelen er et utdrag fra boka *Språk og digitale verktøy i naturfag* (s. 85–86) av Sonja M. Mork og Wenche Erlien.

Boka skal være en inspirasjonskilde for lærerstuderenter, lærere og lærerutdannere i naturfag. Den gir hjelp til å tolke kompetansemålene i Kunnskapsløftet og inneholder mange eksempler som er knyttet til undervisning i naturfag fra 1. årstrinn i grunnskolen til Vg1.



## SKRIVING



Ill.: colourbox.no

«Tid er noe som er f.eks. på klokka. Det finnes årstid, som er om året. I en time er det 60 minutter. Det finnes også stoppeklokker som vi måler tida med når vi løper fort. Når vi har det moro går tida fort. Når vi kjeder oss går tida sakte. Det tar tid å gjøre alt vi gjør ... Klokke ... Tid; ordet har tre bokstaver T-I-D ... Bussen bruker lang tid og flyet bruker kort tid ...»

Andrea

«Tid er alt du gjør. Hvis du skal gjøre noe og skal møte noen. Hvis du skal springe f.eks. 500 meteren på tid, ser vi hvor fort du springer med en stoppeklokke. Tid er alt. Du tar tiden, tiden går hele tiden. Tid er nesten umulig å beskrive for det er ingenting, men det ligger i lufta. Noen ganger er tid kanskje dumt å ha ...»

Trude

«Tid er penger sier mange. Tid er noe som er vanskelig å forklare. Tid kan være det det tar en bil å komme til et hus. Minutter kan bli brukt for tid, også sekunder, timer, dager, år, osv. Når noen spør hva klokka er lurer de på tiden. Tid er noe som aldri vil forsvinne ...»

Tonje

«Tid er alt. Klokke, timer, sekunder, minutter, liv, begynnelse, slutt, årstider. Tidslinje; Jesus, viking, svartedauen, ME, atomkrig, THE END»

Stian

«Tid er et ord formet av hva du legger i det. Mange tror at før 'Big Bang' fantes ikke de to viktigste elementene; tid og rom. Mange tror også at utenfor universet finnes heller ikke tid og rom i dag, men at universet utvider seg med lysets hastighet i alle retninger fordi universet er uendelig ...»

Christian

«Tid er et begrep alle har hørt om, men vet vi egentlig hva tid er for noe? De fleste vil si at det er en rund skive med visere på som forteller deg når du skal hjem og spise. Jeg tror det er mye mer. Jeg vet ikke hva, men da menneskene fant opp dette geniale begrepet, utløste de noe man må forske mye mer på. Når startet tiden? Hva er lang tid?»

Vegar



## Tid og tidsmåling

**Hvordan vi mennesker har oppgitt og beregnet tid, har endret seg opp gjennom historien, fra de store bevegelsene til sol, jord og måne til svingninger i det innerste av atomet.**

### Å holde orden på året – kalendere

Solen og månens gang over himmelen, døgnet og årstidsvekslingen må ha vært det første menneskene brukte til å måle tid. Allerede 4000 år f.Kr. utviklet egypterne en *solkalender* etter å ha funnet ut at jorda brukte 365 dager rundt sola. De delte året inn i 12 måneder, hver på 30 dager. Dette utgjorde imidlertid bare 360 dager, og løsningen ble å tilegne de resterende fem dagene til fem guder, som hver fikk sin fest fram til nyttår. Nå viste det seg senere at året faktisk var en kvart dag lenger – noe som blant annet førte til at keiseren i Egypt i 238 f.Kr. la til en ekstra dag hvert fjerde år.

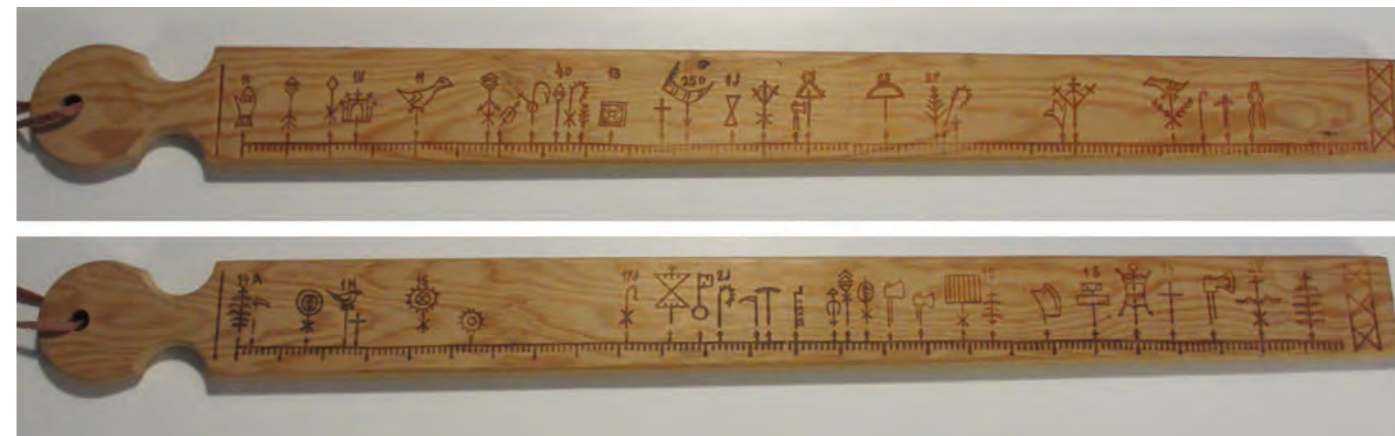
I motsetning til egypterne brukte romerne en *månekalender* basert på at månen brukte 29,5 dager rundt jorda. De opererte også med et år på 12 måneder, men deres år ble bare på 354 dager. Dette førte til at årstidene flyttet på seg for hvert år, noe som måtte kompenseres ved at det av og til ble lagt til en ekstra måned. Det var derfor en stor lettelse da keiser Julius Cæsar i år 45 f.Kr. innførte den egyptiske kalenderen. Allikevel opplevde romerne etter som årene gikk at datoer forskjøv seg – vår- og høstjevndøgn falt ikke på samme tid hvert år. Årsaken var at egypterne hadde beregnet året 10 minutter for langt, og over tid ble disse få minuttene til dager. Først i 1582 ble dette rettet opp av pave Gregor den 13. Han hoppet over 10 dager i oktober for å komme å jour med den tapte tid og bestemte samtidig at det ikke skulle være skuddår i de hundreårene som ikke var delelig med 400.

Månedenes navn har vi fra romerne. De kalte dem blant annet opp etter guder (januar fra Janus, februar fra Februus og juni fra Juno) og keisere (juli fra Julius Cæsar og august fra Augustus). Men månedene etter august fikk bare tallnavn – september (7.), oktober

(8.), november (9.) og desember (10.). I riktig gamle dager hadde den romerske kalenderen bare ti måneder, og året startet 1. mars. På vinteren hadde de ikke måneder. Men i det åttende århundre f.Kr. la Romas andre konge Numa Pompilius til månedene januar og februar, og siden den gang har det nye året begynt 1. januar. Dermed stemmer ikke de gamle tallnavnene lenger.

Syvdagersuken stammer opprinnelig fra babylonerne, men navnene ble endret og tilpasset norske forhold. Mandag er oppkalt etter månen og kommer fra *månadagr* eller *månudagur* som betyr månens dag. Ukens midterste dager er oppkalt etter norrøne guder: tirsdag er etter krigsguden Ty eller Tyr, onsdag etter Odin, som var den mektigste og viseste guden i norrøn mytologi, torsdag eller *thorsdagr* på norrønt etter tordenguden Tor og fredag etter Frøya eller Frigg, gudinnen for fruktbarhet og gift med Odin. Lørdag kommer av det norrøne *laugardagr*, som betyr vaskedag. Dagen ble i norrøn tid brukt til rituelle vaskeseremonier. I den romerske kalenderen er lørdagen Saturns dag, og har på engelsk fått navnet *Saturday*. Søndag har navn etter solen og kommer fra norrøne *sunnundagr* som betyr solens dag.

I alle kulturer har det vært viktig å holde oversikt over tid for såing og høsting, religiøse ritualer og fester – og i den sammenheng er kalenderen viktig. Den eldste kalenderen vi kjenner i Norge er primstaven – en slags syklisk evighetskalender. Den var laget i tre, der hver dag var markert med et hakk i staven og hver syvende dag gjerne uthøvet. Primstaven hadde en vinterside som gikk fra 14. oktober, som ble regnet som den første vinterdagen, og en sommerside som gikk fra 14. april – den første sommerdagen.



Vinter- og sommersiden på en primstav. Foto: Kari Holter

Merkedager og helligdager ble ofte markert med tegn eller stiliserte figurer som skulle vise hva som skulle markeres eller feires. Den første vinterdagen var ofte markert med en vott eller et tre uten blader – og ljå og rive viste til vår- og sommerarbeid.

### Måling av tid

Måling av tid er en utfordring fordi vi ikke kan se tiden. Den kommer og den går, det merker vi – men hvordan måle noe vi ikke kan holde fast? Jo, nettopp ved å utnytte at tid er endring, har menneskene angitt og målt tiden i tusener av år. En skygge som flytter seg, vann, sand eller olje som renner, en fjær som strekkes eller strammes.

Solen har vært benyttet til tidsmåling i mange ulike kulturer. Oldtidens egyptere oppdaget at obeliskene som sto ved inngangene til templene alltid kastet skygge i samme retning og at lengden på skyggen varierte både med tid på døgnet og året. Dermed kunne de bruke soluret til både å angi tidspunkt på dagen og fastsette vår- og høstjevndøgn. Det var også egypterne som bestemte at døgnet skulle begynne ved midnatt. Dette var ikke vanlig i oldtiden, der døgnet i andre kulturer begynte ved soloppgang. Egypterne unnagikk dermed at døgnet flyttet seg litt fram eller tilbake hver dag – noe som selvsagt kompliserte tidsmålingen.

Antikkens grekere fastsatte tiden etter hvor lang menneskenes skygge var. De la en stein på bakken, gikk bakover helt til steinen «lå på hodet» av skyggen og skrittet så opp avstanden til steinen

ved hjelp av *museskritt* (en fot foran den andre). De visste at et gjennomsnittlig høyt menneske ville kaste en skygge på fire fot (ca. 1,2 m) midt på dagen og 24 fot (ca. 7,3 m) tidlig om morgenen og sent på kvelden. Dermed kunne de for eksempel avtale å møtes foran tempelet «ved 15 fot».

Solur egner seg ikke så godt i land med korte vinterdager og mørketid som i Norge. Likevel har folk brukt fjelltopper, skar og klipper som solemerker for å angi bestemte tidspunkter på døgnet, noe vi finner igjen i navn som Middagsberget og Nonsnuten (non betyr ettermiddag). Mange hadde også solmerker i vinduskarmen som ble laget ved å skjære et merke der skyggen fra vindussprossen falt når sola sto høyest.

Vannur eller klepsydra var i bruk i Egypt fra ca. 1500 f.Kr., og prinsippet var at de fylte vann i et kar med et lite hull i bunnen. Disse skulle ikke angi tidspunkt på dagen, men måle kortere tidsintervaller. Vannuret ble blant annet brukt til å begrense taletiden ved de greske domstolene. Taleren ble tildelt en beholder med 120 liter vann, og når den var tom (etter ca. 20 min.), var taletiden over (se s. 14). Voksløys kunne også brukes som tidsmåler. På 800-tallet bestemte den engelske kong Alfred at han ville dele inn døgnet i åtte timer til søvn og måltider, åtte timer til å styre riket og åtte timer til bønn. For å holde orden på tiden, brukte han seks voksløys som hver brant i fire timer. Lysene ble merket for hver tomme (som tilsvarte 20 min. brennetid), og ved å tenne ett lys av gangen, kunne kongen holde oversikt over tiden.

# TIDSMÅLING



Grubletegnning om solur. Se [naturfag.no/grubletegninger](http://naturfag.no/grubletegninger). Av Naturfagsenteret og Concept Cartoons / Millgate House Education

Den yngste tidsmåleren før den mekaniske klokken, er sandur eller timeglass. Fordelen med timeglasset er at det er lite og lett å ta med seg. Det ble spesielt populært til sjøs fordi det ikke ble påvirket av båtens bevegelse. Måleenheten ett glass tilsvarer 30 minutter, og en skipsvakt var på åtte glass. I England ble timeglasset brukt på samme måte som vannurene ved de greske domstolene – de ble plassert i kirkene for å begrense lengden på prekenene. Men historien forteller at ideen like gjerne fikk motsatt effekt, nemlig at presten utbrøt: «Vi tar et glass til!», snudde glasset og fortsatte å snakke.

De første mekaniske urene ble utviklet på 1300-tallet, angivelig fordi munkene trengte hjelp til å passe bønnetidene. Det tok imidlertid lang tid fra uret var oppfunnet til det ble allemannseie. Ur var sjeldne, vanskelige å holde i gang og viste ofte feil. Dessuten var de svært dyre. I byer og tettsteder ble etter hvert store klokker plassert på høye bygninger som kirketårn og rådhus til felles glede

og nytte for innbyggerne. Det var ikke alltid så lett for folk å skille tid og klokke. Det fantes de som trodde at tiden ble produsert inni klokken og at hver klokke hadde sin egen tid. Det fantes med andre ord like mange tider som det var klokker, og den som eide klokken, eide også tiden.

Mange tror at det er klokken som bestemmer over tiden. Når tiden hører det, klukker den for seg selv. Og når noen løper omkring og roper at de har så forferdelig dårlig tid, ler tiden sånn at det nesten går an å høre det. Som regel passer tiden på å flytte viserne på klokken. Det hører med til arbeidet. Men av og til lar den være. Da skjønner de fleste hvem som er sjefen.

Gerard Stolz



# TIDSMÅLING

## Lokaltid – jernbanetid – tidssoner

Fram til 1800-tallet var den lokale tiden bestemt av hvor sola sto på himmelen. Det betød at når klokka var 12 i Bergen, var den allerede over halv to i Vardø! Dette levde de godt med fram til telegraf og jernbane gjorde sitt inntog. Da ble *reisen* raskere enn jordas rotasjon, og det ble et behov for å synkronisere tiden. I første omgang ble det innført såkalt *jernbanetid* for strekninger som lå langt fra hverandre i øst-vest-retningen. Det betød at tog fra Kristiania mot Drammen fulgte drammenstid, som lå fire minutter etter kristianiatid, og tog fra Bergen fulgte bergentid, som lå 22 minutter etter kristianiatid. Det å holde styr på tidsforskjellene ble dermed en nødvendig del av det å reise – og det ble til og med utviklet egne lommeur med to minuttvisere for å hjelpe eieren med å holde oversikt.



Jernbanen skapte et behov for felles tid. Ill.: colourbox.no

### Visste du at ...

SI-enheten for tid er sekund (s)? Definisjonen av sekund er etter innføringen av det internasjonale enhetssystemet (SI-systemet) knyttet til noe som foregår i et atom: Et sekund er varigheten av 9 192 631 770 perioder av strålingen som tilsvarer overgangen mellom de to hyperfine nivåene i grunntilstanden for cesium 133-atomet ved temperaturen 0 kelvin.

## DET ENESTE RIGTIGE

Når klokken er 11 i Danmark, er den 5 i U. S. A., 10 i London, og 18 i Kina, og 13 omkring Moskva.

Hvor er vi danske et udvalgt folk, at vi netop er født i selve det lille velsignede land, hvor klokken er 11, når den er 11.

Piet Hein

© gruk Det eneste rigtige

Gengivet med venlig tilladelse fra Piet Hein a/s, Middelfart

[www.piethein.dk](http://www.piethein.dk)

På 1880-tallet ble det etablert et verdensomspennende tidssone-system, der jorden ble inndelt i 24 soner, hver på 15 grader og med en tidsforskjell på en time. Utgangspunktet for tidsfastsettelsen er *nullmeridianen*, som er trukket gjennom Greenwich-observatoriet og som gir den såkalte *Greenwich Mean Time*. Det skulle imidlertid ta hele ti års kamp før Stortinget endelig lot seg overbevise om at dette også skulle gjelde her i landet, og da med en lokal tilpassning med en felles tid for hele landet. Tidssonen følger lengdegraden 15 grader øst, og ettersom denne bare er en kort tur innom Norge – mellom Vesterålen og Bodø – betyr det at på de fleste steder i Norge vil klokketiden ligge før eller etter soltiden, og med en tidsforskjell på 1 time og 47 minutter fra øst til vest (se s. 26).

### Referanser

- Alver, B. (1981). *Dag og merke. Folkeleg tidsrekning og merkedagstradisjon*. Universitetsforlaget.
- Fafner, H.H. (2010). Tidens historie. [historienet.no/vitenskap](http://historienet.no/vitenskap)
- Lundmark, L. (1993). *Tiden är bara ett ord*. Raben Prisma.
- Solem, I.H. & Reikerås, E.K.L. (2008). *Det matematiske barnet*. Caspar forlag.
- Skoie, M. (2011). Da tiden ble normal. [mn.uio.no/astro/tjenester/publikum/almanakken/innhold/tema2004.html](http://mn.uio.no/astro/tjenester/publikum/almanakken/innhold/tema2004.html)
- Stolz, G. (1993). *Tiden bor ingensteder*. Eide forlag.

## TIDSSIGNAL

# Tidssignal og klokketider

**På Observatoriet i Oslo blei Noreg sett på kartet, bokstavleg talt. Det var her Noreg fekk riktig tid. Og det var her professor Christopher Hansteen heiste ein oransje ball som blei senka presis klokka tolv kvar onsdag og laurdag slik at folk i Christiania kunne stille klokkene sine.**

I nærleiken av Solli plass i Oslo ligg Observatoriet – eller rettare sagt Det astronomiske observatorium. Det blei bygd av Universitetet i 1833. Det låg først langt utanfor sentrum i hovudstaden, fjernt frå lysa i byen og med fri sikt i alle himmelretningar. I dag er det omringa av blokker og Universitetsbiblioteket. Observatoriet var eit av dei viktigaste husa i Noreg. Sentralt stod behovet for å finne den nøyaktige posisjonen til hovudstaden på verdskartet. Observasjon av stjernehimmlen var utgangspunktet for å løyse slike praktiske oppgåver på landjorda. Timar og minutt er nært forbundne med lengde- og breddegradar. Arbeidet med kartposisjonane gav eit nødvendig grunnlag for arbeidet med å bestemme ei felles klokketid for heile landet.

I 1814 reiste Christopher Hansteen frå København til Christiania for å begynne å jobbe på Det Kongelige Frederiks Universitet som lektor i matematikk. Da han kom til Christiania, tok det ikkje lang tid før at han oppdaga at kyrkjeklokkene i byen viste forskjellig tid. På sitt verste var det 45 minutt forskjell på klokkene, noko som gjorde at innbyggjarane i byen ikkje opererte med same tid. Christiania hadde ikkje noko effektivt tidssignal. I byrjinga gjekk han rundt til urmakarane og gav dei den riktige tida. I 1833, da Observatoriet nesten var ferdig bygd, flytta han inn der og fortsette arbeidet med å gi Christiania riktig tid.

Sentralt i arbeidet til Hansteen stod meridianrommet med meridiansirkelen – ein stjerneikkert som kunne observere stjernene idet dei passerte meridianen. Tidspunkta blei bestemt ved hjelp av det mest nøyaktige pendeluret i Noreg, som stod på eit eige fundament i meridianrommet. Professor Christopher Hansteen ar-

beidde i meir enn 15 år med å bestemme den nøyaktige lengde- og breddegrad til meridianrommet, og i 1847 var jobben gjort. Noreg var plassert på globusen. Noreg hadde fått sin nullmeridian – eit utgangspunkt for all vidare oppmåling og kartlegging av landet. Noregs geografiske oppmåling nytta denne nullmeridianen heilt til satellittmålingar overtok 150 år seinare.



I 1884 blei det vedteke å berre bruke Greenwich-nullmeridianen i London som utgangspunkt når ein skal berekne lengde og tid. No blir lengde og tid rekna ut frå den såkalla International Reference Meridian (IRM) som ligg drygt 100 m aust for Greenwich-nullmeridianen av 1884. Legg også merke til tidsballen på bygget. Foto: Daniel Case/Wikimedia Commons



## TIDSSIGNAL

I Noreg hadde dei lokale tidene variert med ein time og 47 minutt frå ytst i Sognefjorden i vest til Vardø i aust. Parallelt med lokaltidene blei det brukt ei fellestid ved telegrafstasjonane. København-tid blei nytta som fellestid da den første telegraflinja blei opna i 1855 mellom Christiania og Drammen. I 1866 gjekk dei over til Christianias lokaltid ved alle stasjonane. Tidssignal blei sendt frå Observatoriet. Signala var basert på klokker og kronometer, som blei nøye avstemte i forhold til observasjonar og vitskapelege målingar.

Som omtalt på s. 25 var dei lokale tidsforskjellane så store at det blei produsert lommeur med to visarar for reisebruk. Almanakken med sine opplysningar om tidsforskjellane mellom dei største byane var også viktig reisefølge. Det var universitetet som stod for den årlege utgivinga av den norske almanakken, som også hadde

utgangspunkt i verksemda i Observatoriet, med Hansteen som mangeårig redaktør.

Lova om norsk normalt tid blei vedteken i 1894. Forskjellige lokaltider rundt i landet skulle bli erstatta med ein nasjonal klokkeitid. Ei ny haldning til normalt tid kom som følge av etableringa av raskare og meir samanhengande kommunikasjonar som jernbane og telefon. Saman med politikk, ny kommunikasjon og internasjonale behov spelte Observatoriet ei sentral rolle i prosessen. Da radioen kom, var det også mogleg å nå ut til heile landet med eitt nasjonalt tidssignal. Før radioen overtok tidssignalet, blei ein rund oransje ball heist opp på ei stang på toppen av Observatoriet og senka nøyaktig klokka tolv på formiddagen. Denne tidsballen var heilt fram til 1920-åra signalet alle stilte sine kronometer etter, ikkje minst skipa på hamna.



I boka *Observatoriet. Huset som fant Norge* kan du lese meir om Observatoriet og Christoffer Hansteen. Sjå s. 104.

Tidsballen på Observatoriet i Oslo. Foto: Gunnhild B. Aasprang



# Pendelen og måling av tid

## Korleis verkar eigentleg ein pendel?

Mange barn har sikkert sett eit pendelur i stua hos besteforeldre eller heime hos seg sjølve. Kva består eit slikt ur av? Det er lett å sjå ei skive med tal, urskive, og ein pendel som svingar att og fram. Bak urskiva er det mange tannhjul som går i kvarandre. Pendelrørsla driv urverket og/eller regulerer tida, altså kor fort eller sakte urverket går. I andre ur kan eit lodd eller ei fjær drive sjølve urverket, mens ein pendel regulerer tida. Det er enkelt å lage ein modell av prinsippa for eit pendelur.

Det første pendeluret blei konstruert i 1656 av C. Huygens. Der-som lengda av pendelen er omtrent éin meter, bruker pendelen omtrent eitt sekund frå den eine sida til den andre. Ved å endre på pendellengda ( $l$ ), kan vi justere eller endre på svingetida ( $T$ ). Når  $l = 1$  meter, blir  $T \sim 2$  s, det vil seie ei svinging frå eitt ytterpunkt og tilbake til same ytterpunkt. Da blir tida 1 s for ei svinging frå det eine ytterpunktet til det andre.

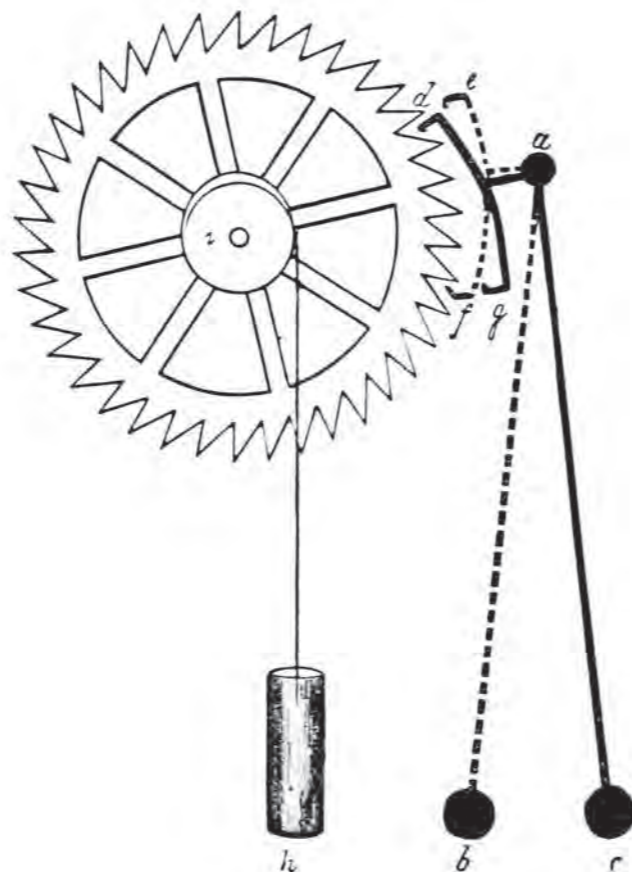
Den matematiske formelen for å rekne ut svingetida  $T$  til ein pendel, når vi ser bort frå all friksjon, er:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

der  $l$  er pendellengda i meter og  $g$  er tyngdeakselerasjonen.

På jorda er  $g$  (gravitasjon) lik  $9,81 \text{ m/s}^2$  og  $\pi$  er tilnærma lik kvadratrot av  $g$ . Vi kan derfor forenkle formelen til:

$$T \approx 2\pi\sqrt{l}$$



Ei prinsippskisse av eit urverk som viser at eit lodd  $h$  driv eit urverk, mens pendelen regulerer kor fort urverket skal gå. I mange tilfelle er det ei opptrekt spiralfjær som driv urverket.



Eit pendelur. Ill.: colourbox.no

## Undervisningstips

### Lag ein sekundpendel

Del klassen opp i grupper som skal henge kvar sin gjenstand i ein pendel. La gjenstandane ha ulik vekt. Be kvar gruppe teste kva som skjer med svingetida når dei endrar utslaget. Det fine med en pendel er nemleg at svingetida er uavhengig av utslaget, i alle fall når utslaga ikkje er for store. Kva skjer så når elevane endrar lengda på snora? Elevane kan så finne ut kor lang snora må vere for at svingetida (frå det eine ytterpunktet til det andre) skal bli eitt sekund. Kva blir snorlengda for dei ulike gjenstandane? Ho skal bli omtrent det same for alle!

Legg merke til at rørsla til ein pendel kan vere ein boge, ein oval eller ein sirkel. Når vi bruker pendelen som tidsmålar, er det best at han svingar i en boge. Da er det lettast å telle svingingane.

Fleire undervisningstips med pendel:  
naturfag.no/Galileis-huske

## Galileis huske

Den eksperimentelle fysikkens far, italieneren Galileo Galilei (1564-1642), fant gjennom eksperimenter at en pendels svingetid bare er bestemt av pendelens lengde. I dette forsøket skal elevane selv teste om dette stemmer for husker på en lekeplass.







## Tidsreisen

**Tidsreisen er en bok om tid, kalendre, matematikk og astronomi, rammet inn i en fantasifull historie om Sara. I dag vet alle hvor mange dager det er i hver måned og at det er skuddår hvert fjerde år. Det er til og med noen som passer på at vi skyter inn et skuddsekund ved behov! Slik har det ikke alltid vært.**

Mange ting vi tar som en selvfølge nå, er kanskje ikke så selvfølgelige hvis vi tenker etter, og har en gang vært banebrytende og avansert vitenskap. Derfor har vi skrevet boka med en historisk innfallsvinkel. Har barns forståelse og tilnærming til kunnskap likhetstrekk med menneskehetens kunnskapsutvikling? Barn knytter lærdom til konkrete erfaringer før de kan generalisere og forstå teorier.

Vi har laget en fortelling der hverdags erfaringene til Sara blir forklart med fagstoff, historiske begivenheter og en god porsjon humor. Sara har bursdag 29. februar og synes det er dumt at hun må feire på en annen dag når det ikke er skuddår. Ånden Piero dukker opp og tar henne med på en tidsreise. I Babylon lærer hun at kalenderen vår har en lang, lang historie og at den ikke alltid har vært slik som den er i dag. Egypt står naturligvis på reiseplanen – de gamle egypterne visste allerede før 6000 år siden at året var litt mer enn 365 dager. Skuddår ble likevel ikke innført før Julius Cæsar tok med seg egypternes innsikt inn i den romerske kalenderen. Sara får oppleve på kroppen hvorfor vi har dag og natt, årstider, mørketid og midnattssol. Det geniale med å dele inn jorden i et gradenett har også med tid å gjøre. Alt dette lærer Sara før hun kommer trygt hjem igjen – en god del klokere.

Piero viser Sara rotasjonene som styrer tidsregningen vår. Jordens rotasjon rundt sin egen akse, som styrer døgnet, og jordens rotasjon om solen, som styrer året. En tredje rotasjon er månens gang rundt jorden. Det første problemet mennesket støtte på da det begynte å studere tidsregningen, var forholdet mellom rotasjonene. Vi får ikke året til å gå opp med et helt antall måneder. Hvor mange

dager det var i et år var et vanskelig spørsmål. For å forstå dette, må vi ha to forskjellige perspektiver. Det jordiske perspektivet, altså det vi til daglig kan observere på himmelen, og det himmelske, altså solsystemet sett utenfra. *Tidsreisen* gjør et forsøk på å hjelpe leseren til å forstå disse perspektivene bedre.

### Hvordan bruke boken?

*Tidsreisen* er delt i to. Fortellingen om Sara og Piero kommer først, og kan fungere som en introduksjon til fagstoffet. Andre del av boken er enkle fagtekster som er bygget opp rundt de samme temaene som i fortellingen. Fagstoffet kommer tydeligere frem i denne delen.



Midnattssol på Svalbard, juli 2015. Foto: Aud Ragnhild Skår



Vi tror at mange barn kan lese fortellingen selv. Rammefortellingen er skrevet for å gjøre det lettere å tilegne seg stoffet. Selv om ikke alle får med seg alle nyansene, vil forhåpentligvis historien gjøre at interessen opprettholdes. Boken egner seg også godt til høytlesning. Dere kan veksle mellom å lese ett og ett kapittel av fortellingen og slå opp i fagdelen for å snakke mer om fagstoffet. En ordliste med enkle forklaringer finnes bakerst i boken. Verken fagstoffet eller ordlisten er utdypende for temaene, så dette fagstoffet må naturligvis suppleres med flere kilder.

*Tidsreisen* kan knyttes til kompetansemål etter 7. trinn, men kan også brukes som en enkel innføring i fakta og som bakgrunnsstoff for lærere helt ned på 2. trinn. Samtidig kan boken være utgangspunkt for en mer utdypende tilnærming til stoffet.



### Undervisningstips

#### Midnattssol og mørketid

**Før lesing:** Det er lurt å gi elevene et oppdrag før lesing. Det gir en retning på lesinga og skaper et behov for å finne ut noe. Lesinga får en hensikt.

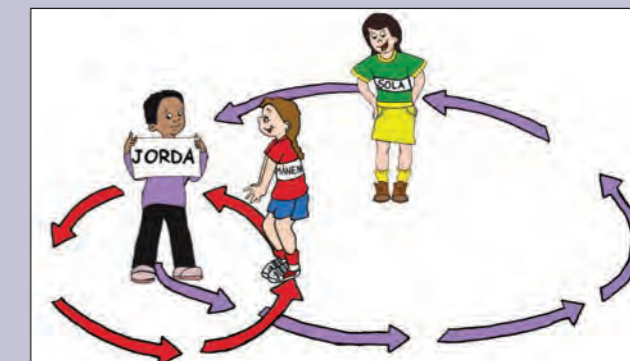
Til kapittel 6 *Midnattssol og mørketid* kan du først vise elevene grubletegningen Sola om vinteren (se neste side) for å aktivisere forkunnskaper. Hva vet elevene om hvordan det blir sommer og vinter? Et konkret førlesingsoppdrag kan være å be elevene vurdere om de er enige eller uenige i noen påstander, for eksempel: *På Nordpolen er det alltid mørketid og Når det er vinter på Nordpolen, er det sommer på Sydpolen.* Sentrale begreper til dette kapittelet er mørketid, midnattssol, akse, sommer- og vintersolverv. Det kan være lurt å snakke om disse begrepene i forkant av lesinga.

**Under lesing:** Sett et mål for lesinga som elevene har i bakhodet mens de leser. Hva skal vi først og fremst få svar på i dette kapittelet? For eksempel: Hvordan blir det midnattssol noen steder om sommeren og mørketid om vinteren?

**Etter lesing:** Etter at dere har lest kapittelet, går elevene tilbake til svarene sine og ser om de har endret mening. Skriv til slutt viktige nøkkelsetninger på tavla, som for eksempel: *Nord for polarsirkelen er det midnattssol i tida rundt sommersolverv.*

#### Undervisningsopplegg om jorda, månen og sola

Passer for 1. og 2. årstrinn.  
naturfag.no/jordmånesol



## GRUBLETEIKNING

## Sola om vinteren

Kvifor blir det kaldare om vinteren enn om sommaren?



naturfag.no/grubleteikningar

## Fagleg forklaring

Om vinteren skin ikkje sola like sterkt ved jordoverflata, eller like lenge som på ein sommardag. Sola har ikkje endra seg, men fordi jordaksen skrår, treffer solstrålane jorda med ein annan vinkel enn om sommaren. Om vinteren treffer solstrålane meir skrått og energien blir spreidd over ei større flate. Når det er vinter på den nordlege halvkula, er det sommar på den sørlege halvkula.

## Praktiske tips

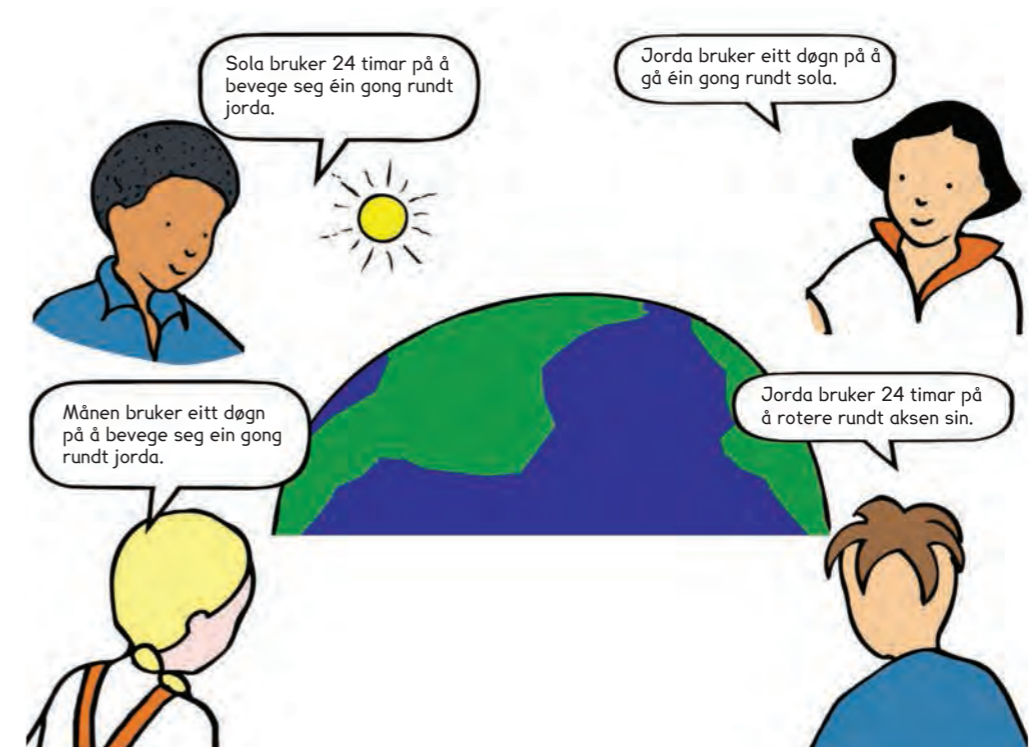
Desse fenomenen lèt seg vise ved å bruke modellar eller simuleringar. Ein globus og ei sterk lyskjelde vil vere gode hjelpemiddel i denne samanhengen.



## GRUBLETEIKNING

## 24 timar

Kva skjer i løpet av eit døgn?



naturfag.no/grubleteikningar

## Fagleg forklaring

Jorda roterer rundt sin eigen akse ein gong i døgnet. I eit døgn er det 24 timar. Den sida av jorda som sola skin på har dag, og skuggesida har natt. Derfor får vi dag og natt ein gong kvart døgn. Jorda har ingen ordentleg akse, men vi førestiller oss at jorda roterer om ein akse, omtrent som aksa som går gjennom ein globus, eller om du tenkjer at jorda er som ein appelsin og aksa ein strikkepinne du stikk gjennom den. Vi kan tenkje oss at denne aksa går gjennom jorda og kjem ut ved Nordpolen og Sydpolen. Dersom vi forlengjer aksa frå Nordpolen og ut i verdsrommet, peikar den alltid mot same punkt på himmelen. Dette punktet kallar vi himmelen sin nordpol. Her finn vi Polarstjerna eller Himmelnaglen, omsett frå samisk.

## Praktiske tips

Jorda roterer frå vest mot aust, derfor ser det ut som om sola flytter seg i motsett retning over himmelen. I daglegtales seier vi at sola står opp i aust og går ned i vest, men dette skuldast altså at jorda roterer og ikkje at sola flytter seg over himmelen. Vi kjenner ikkje at jorda roterer, enda det går svært fort. Dersom du står ved ekvator, flytter du deg med omtrent 1650 km/t. Atmosfæren rundt jorda følgjer med i rotasjonen, slik at det kjennast ut som om du står stille. Det er ikkje lett å vise eksperimentelt at jorda roterer ein gong i løpet av 24 timar. Tankeeksperiment og modellar kan knytast opp til erfaringar om dag og natt og hjelpe på forståinga.

## JORDAS ALDER

# Hvor gammel er jorda?

Opp gjennom historien har menneskenes oppfatning av jorda endret seg kolossalt. På knappe fire hundre år har jorda blitt 4,5 milliarder år eldre.

## 1650: Bibelen bestemte alderen

Jordas alder er noe folk har lurt på lenge. I den kristne delen av verden var det lenge ganske greit. Man la bare sammen alle generasjonene i Bibelen tilbake til Adam, sammenlignet litt med egyptisk historie, og kom til at jorda ble skapt i kveldingen 22. oktober år 4004 før Kristus. Dette var biskop Usshers metode i 1650, men mange andre prøvde seg før og etter han, og overraskende nok kom de til noe forskjellige datoer og årstall alle sammen ... Men alle konkluderte med at jorda er veldig ung.

## 1669: Alle lag med stein like gamle?

Mange teologer strevde med fossilene som ble funnet rundt i Europa. Var de alle skapninger som døde under syndefloden? Var altså alle lagene med fossiler like gamle? Her var dansken Niels Stensen forut for sin tid. I 1669 formulerte han prinsippet om at det som ligger underst er eldre enn det som ligger oppå. Dette forandret sakte synet på lagene med fossiler – kanskje hadde ikke alle dyr og planter dødd samtidig?

## 1859: Nedslitingen av fjell fortalte om en eldre jord

Da Darwin ga ut boken om artenes opprinnelse i 1859, så han fossilene som viktige bevis på at livet på jorda hadde forandret seg gjennom tidene. Men de store endringene i livets utvikling som han mente gikk veldig sakte, ville tatt lenger tid enn det naturforskere på den tiden regnet for jordas alder. Darwin prøvde å legge sammen alle lagene som var avsatt med fossiler i og si noe om hvor lang tid det ville tatt å lage denne stabelen med lag. Men ingen steder på jorda var stabelen komplett. Derfor forsøkte han, som James Hutton i 1785, å regne ut alder ved hjelp av å studere ned-



Niels Stensen formulerte i 1669 prinsippet om at fossillag som ligger under er eldre enn lag som ligger over.

## JORDAS ALDER

slitingen (erosjonen) av fjell og hvor lang tid det tar, og regnet ut at for Weald i England ville det tatt 300 millioner år.

## 1862: Fysikerne brukte nedkjøling til å beregne alderen

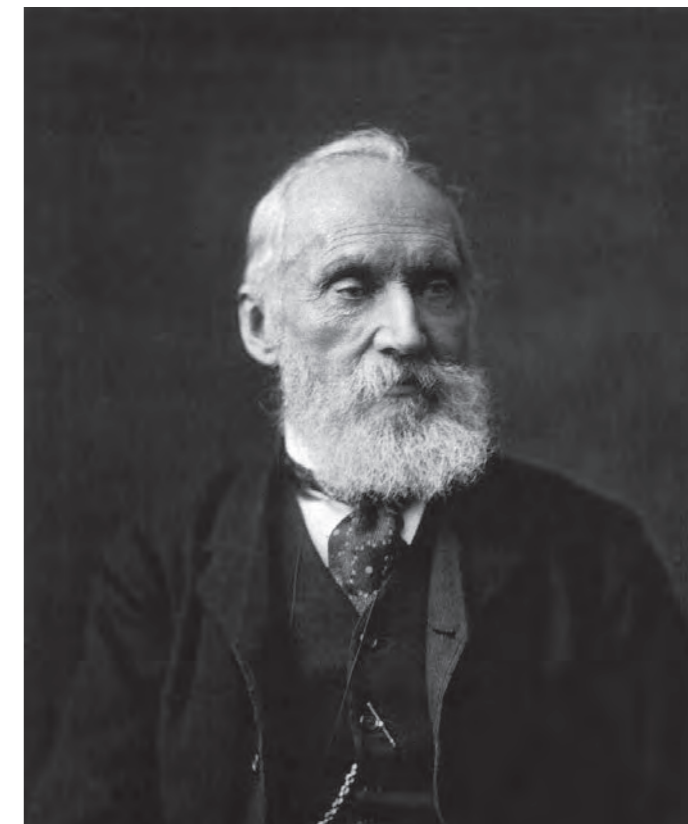
Fysikerne var mer opptatt av hvor raskt sola og jorda ble kjølt ned. Siden 1600-tallet var det observert at i gruver stiger temperaturen jo dypere man kommer, og vulkaner hadde jo smeltet stein i seg. Sammen ble disse observasjonene sett som bevis på at det indre av jorda var glødende – og kanskje hadde hele jorda vært glødende en gang? Isaac Newton på 1600-tallet og Georges-Louis Leclerc Comte de Buffon på 1700-tallet hadde begge ideer om at jordas alder kunne beregnes ut fra nedkjølingshastigheten til en glødende jernkule som var like stor som jorda. Newton kom til rundt 50 000 år, mens Buffon kom til nesten 75 000 år. Dette var også William Thompson opptatt av på 1800-tallet. Han var et barnegeni som begynte på universitetet som tiåring og ble professor som 22-åring. Hans interesse var termodynamikk – altså hvordan varme og energi hører sammen. Først forsøkte han å beregne hvor lenge sola hadde avgitt lys og varme, og kom til omtrent 20 millioner år. Så fortsatte han med jorda, og mente at hvis den hadde vært glødende en gang og sakte kjølt seg ned, har dette tatt mellom 20 og 400 millioner år. Senere mente han at det måtte begrenses til først 100 millioner år, og så til slutt 25 millioner år med fast jordoverflate. For disse og mange andre arbeider ble han adlet i 1866 og fikk navnet Lord Kelvin. I dag er Kelvin-temperaturskalaen oppkalt etter han.

## 1899: Salt i hav kan brukes til å beregne alder

John Joly prøvde å regne seg ut til hvor lang tid det vil ta å få havene så salte som de er i dag ved å løse ut saltet fra bergartene. Disse diskusjonene bølget fram og tilbake med forskere som foreslo alt fra noen få millioner år til 15 milliarder år, basert på forskjellige metoder. Joly selv var ganske forsiktig og foreslo først 100 millioner år, så senere 300 millioner år.

## 1903: Radioaktivitet som varmekilde gjør beregningen mer komplisert

Men kunne jorda være eldre enn sola? Ingen trodde det, men Lord Kelvin var en formidabel størrelse i naturvitenskapen, og kanskje var det derfor få som turte å si han imot. En stor feil i Kelvins modell for hvordan varme transporteres i jorda ble påpekt allerede i 1895 av en av hans tidligere assistenter, men ble ikke godtatt før mye senere. Noen flere spede forsøk på kritikk ble gjort, men det



William Thomson ble adlet blant annet for sine beregninger av jordas alder og fikk navnet Lord Kelvin.

var først da radioaktiviteten ble oppdaget at Kelvins beregninger ble satt på avgjørende prøve. I 1903 oppdaget to ulike forskergrupper, Pierre Curie og Albert Laborde, og Ernest Rutherford og Frederick Soddy, at radioaktivitet dannet varmeenergi. Dette var en varmekilde Kelvin ikke hadde med i sine beregninger, og som gjorde at jorda og sola kunne være mye eldre. Kelvin aksepterte aldri dette, og mente at radioaktivitet ikke kunne danne nok varmeenergi i jorda og i hvert fall ikke i sola. Dette hadde han rett i, og først i 1930-årene da fusjon ble oppdaget som den energikilden som lager varmeenergien på sola, kunne beregningene av solas alder ta hensyn til dette.

## 1907: Direkte datering av jorda

Samme året som Lord Kelvin dør, i 1907, ble metoden som til i dag er den mest brukte dateringsteknikken i geologi, publisert.

## JORDAS ALDER

Bertram Boltwood fant at radioaktive isotoper av uran blir til bly. Forholdet mellom hvor mye uran og hvor mye bly det er i radioaktive mineraler i bergarter kan brukes til å beregne hvor lenge det er siden bergartene ble dannet. Som alt annet nytt ble han møtt med mye skepsis. Hans beregnede aldre på radioaktive mineraler i bergartene var opptil 2,2 milliarder år!

### 1911: Norges mineraler blir viktige for å beregne alderen

Norske geologer med Waldemar C. Brøgger i spissen hadde på slutten av 1800-tallet forsket på mineraler fra Østfold, Vestfold og Aust-Agder. Mange av mineralene inneholdt mye uran og viste seg å være radioaktive. Mineralene ble nå omfattet av en ny interesse. Kunne de brukes til å beregne jordas alder? Den nest eldste alderen Boltwood fikk i sin studie, var på mineralet uraninitt fra Ånerød i Østfold, hele 1,7 milliarder år. Men han baserte seg bare på andres målinger av bly og uran og satte dem ikke i sammenheng med den geologiske tidsskalaen.



Nefelinsyenitt fra Langesund. Foto: Rune S. Selbekk

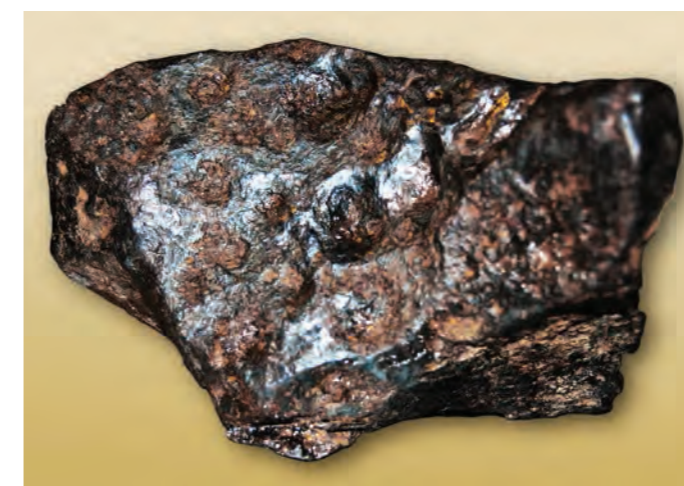
Gode beskrivelser av norsk geologi førte til at den første testen på om radioaktive mineraler kunne brukes som sikre tidtakere, ble utført på en norsk bergart. Det var den unge geologistudenten Arthur Holmes som først fikk ideen. Han fikk hjelp av Brøgger til å finne 15 forskjellige radioaktive mineraler i samme bergart ved Brevik. Denne bergarten inneholder veldig lite opprinnelig bly, men mer uran. Han analyserte alle mineralene som da burde gi samme alder i uran/bly-forholdet. Det fungerte! Holmes var ennå bare en laveregradsstudent da han gjennomførte den første testen som bekreftet at Boltwoods metode kan brukes til å bestemme en bergarts alder. Dette arbeidet publiserte han i 1911. Det var beviset for at produktene av radioaktivitet kunne brukes til datering i geologien. Holmes korrigererte også Boltwoods resultater og satte alle aldre inn i de geologiske periodene som bergartene var fra. Dermed fikk han de første absolutte aldre for mange av de geologiske tidsperiodene. Disse er bare så vidt justert i dag.

## JORDAS ALDER

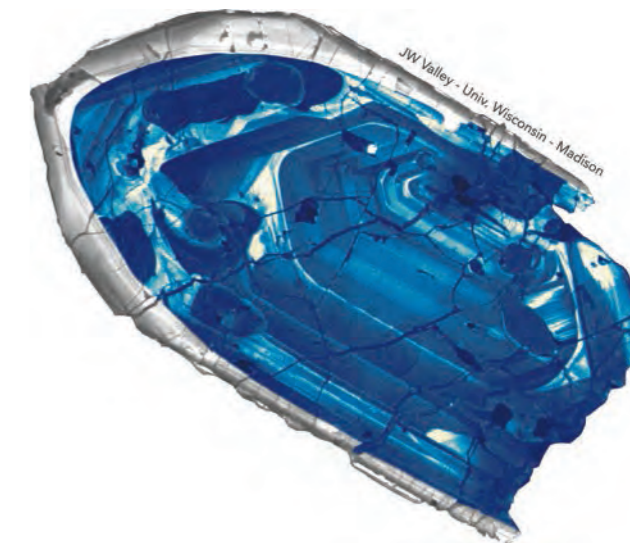
Den første som gjennomførte aldersdateringer i Norge, var Ellen Gleditsch i 1919 og 1922. Hun var en tidligere elev av Marie Curie i perioden 1907–12 og av Bertram Boltwood i 1913, og en nær venn av Ernest Rutherford.

### 1956: Jordas alder

Et mye vanskeligere spørsmål var: Hvor gammel er jorda? Å finne de eldste bergartene på jorda tar lang tid. Jorda er i endring hele tiden, fjell dannes og slites ned, avsetninger smeltes i dypet. Så den eldste bergarten på jorda som de kunne finne, ville bare gi en minimumsalder. Det kunne jo ha eksistert eldre bergarter som seinere er slitt vekk. Spørsmålet som meldte seg var også hva slags blyisotoper som fantes ved jordas dannelse. For å finne ut av det trengte forskerne et mineral med bly som alltid hadde vært bly, og ikke bly som hadde blitt til ved radioaktiv nedbrytning av uran. Meteoritter var svaret. Her var det et mineral som heter troilitt som inneholder bly, men veldig lite uran. Da Clair Patterson analyserte innholdet av blyisotoper i meteoritter og sammenlignet med forholdet av blyisotoper på jorda i dag (som både stammer fra radioaktiv nedbrytning av uran og fra bly som har vært bly hele tiden), kom han til en alder på 4,55 milliarder år. Denne alderen har senere blitt litt justert, men metoden holder fortsatt. I dag kjenner vi funn av mineralet zirkon fra Australia som er 4,4 milliarder år gamle.



Meteorittfragment av Canyon Diablo som lagde Barringer-krateret og som skal være den mest kjente meteoritten som inneholder troilitt. Foto: Centpacrr, CC BY-SA 3.0



Det eldste mineralet vi kjenner til. Dette zirkonkrystallet fra Australia er 4,4 milliarder år gammelt. Foto: John W. Valley, University of Wisconsin-Madison

### Referanser

Mange av de omtalte referansene er fritt tilgjengelig på nett. Du finner dem i nettversjonen av denne artikkelen.

### Hva er en isotop?

Variasjoner av et grunnstoff. Isotopene har like mange protoner og elektroner, men kan ha forskjellig antall nøytroner. Uran finnes for eksempel som uran-234, uran-235 og uran-238 i naturen. Disse er alle radioaktive og endrer seg sakte til bly.

### Hva er et mineral?

Mineraler består av grunnstoffer som sitter i faste posisjoner i faste krystallstrukturer. Uraninitt er for eksempel et mineral som består av uran og oksygen i forholdet  $U_3O_8$  som danner krystaller.

# GEOKRONOLOGI



## Med radioaktivitet som klokke

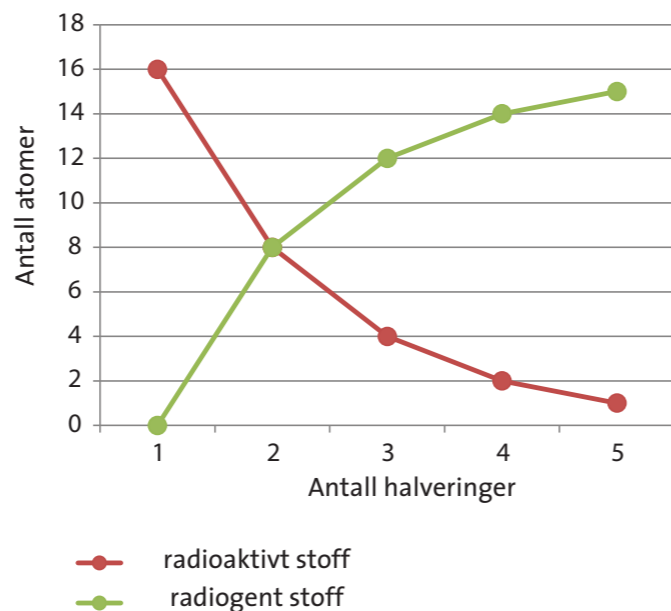
Når levde de tidligste menneskene i Afrika? Hvor gamle er forskjellige dinosaurfossiler? Eller restene etter vulkaner i Oslofeltet? Eller jorda selv, for den saks skyld? Slike spørsmål blir besvart av geokronologien, vitenskapen om hvordan vi måler geologisk tid.

Daglig arbeider geologer ved universitetene i Norge med spørsmål som disse. Svarene er grunnleggende for geologenes forståelse av geologiske prosesser, for biologenes forståelse av evolusjon, og astronomenes forståelse av dannelsen av planeter og solsystemer. De forteller oss også noe om menneskets plass i verden og om vårt forhold til planeten vi bor på. Vi er nykommere på jorda! Det å bestemme alderen til geologiske gjenstander har derfor tidvis vært (og er til dels fortsatt) kontroversielt. Les mer om dette på s. 34.

Med oppdagelsen av at radioaktive grunnstoffer etter hvert ble omdannet til radiogene (dvs. dannet fra radioaktiv nedbrytning) grunnstoffer skjønte forskerne at de hadde funnet en «geologisk klokke», et verktøy for å beregne alderen på både jorda og på forskjellige bergarter og mineraler (se figur til høyre).

Det gikk raskt å vise at nedbrytning av et radioaktivt grunnstoff skjer med en bestemt hastighet uansett hva som skjer i omgivelsene. For eksempel blir uran etter hvert brutt ned til bly. I 1911 publiserte Arthur Holmes (1890–1965) den første geologiske alderen ut fra presise målinger av uran og bly, en aldersbestemmelse av en nefelinsyenitt i Osloriften til 370 millioner år. Ettersom nefelinsyenitten var ansett å være av devonisk alder ble dette kontrollpunktet til perioden devon i Holmes første geologiske tidsskala som kom ut i 1913. De eldste aldrene i tidsskalaen strakk seg 1,5 milliarder år tilbake i tiden (se figur på neste side)!

Det samme året som Holmes gav ut sin banebrytende tidsskala basert på radiometriske aldre, ble oppdagelsen av isotoper publisert. Alle atomer av et gitt grunnstoff inneholder samme antall proto-



Halveringstiden til et radioaktivt stoff bestemmes ved å måle hvor mye radiogent stoff som dannes fra en gitt mengde radioaktivt stoff over tid. For hver halveringstid forsvinner halvparten av det radioaktive stoffet, og tilsvarende mengde av det radiogene stoffet dannes. Med denne kunnskapen kan vi måle radioaktive og radiogene stoffer i mineraler i naturen for å finne deres alder. Ill.: Mattias Lundmark

# GEOKRONOLOGI

THE GEOLOGICAL SYSTEMS.	TIME SCALE IN MILLIONS OF YEARS.	
	HELIUM RATIO.	LEAD RATIO.
Pleistocene . . . . .	1	—
Pliocene . . . . .	2.5	—
Miocene . . . . .	6.3	—
Oligocene . . . . .	8.4	—
Eocene . . . . .	30.8	—
Cretaceous . . . . .	—	—
Jurassic . . . . .	—	—
Triassic . . . . .	—	—
Permian . . . . .	—	—
Carboniferous . . . . .	146	340
Devonian . . . . .	145	370
Silurian . . . . .	209	430
Ordovician . . . . .		
Cambrian . . . . .		
Algonkian . . . . .	710	1000–1200
Archean . . . . .		1400–1600

Den første geologiske tidsskalaen basert på radiometriske aldersbestemmelser (uran/bly-aldre til høyre). Fra Arthur Holmes' *The age of the Earth* fra 1913 (s.157).

ner, men antallet nøytroner kan variere. Dette gir forskjellige isotoper av grunnstoffet, der noen isotoper kan være stabile og andre radioaktive. De radioaktive isotopene har forskjellige halveringstider, dvs. den tiden det tar for halvparten av det radioaktive stoffet å omdannes til andre grunnstoffer. Et mål som fortsatt er i bruk for radioaktivitet er curie etter Marie Curie (1867–1934) som gjorde banebrytende innsatser for vår forståelse av radioaktivitet og mottok to Nobelpriser for sitt arbeid, først i fysikk i 1903 og så i kjemi i 1911! I 1975 ble måleenheten curie offisielt erstattet med becquerel som mål på radioaktivitet.

Etter hvert ble det klart at uran bestod av to isotoper som brytes ned til to forskjellige bly-isotoper. Isotopen <sup>238</sup>U omdannes til <sup>206</sup>Pb med en halveringstid på ca. 4,5 milliarder år, og <sup>235</sup>U omdannes til <sup>207</sup>Pb med en halveringstid på ca. 700 millioner år. De tidlige radiometriske alderne måtte gjøres om. Det var ikke nok å måle konsentrasjonen av uran og bly, man ble nødt til å måle hver isotop for seg. Den gode nyheten var at uran inneholdt to «geologiske klokker», noe som gir enda bedre muligheter for radiometrisk datering. Med dette var grunnlaget for presise og korrekte geologiske aldersbestemmelser på plass. En mer umiddelbar følge av oppda-

radioaktiv	radiogen	halveringstid	eksempel på mineraler som kan aldersbestemmes
<sup>147</sup> Sm → <sup>143</sup> Nd		186 milliarder år	granat, glimmer
<sup>87</sup> Rb → <sup>87</sup> Sr		48,8 milliarder år	glimmer, kalifeltspat
<sup>238</sup> U → <sup>206</sup> Pb		4,5 milliarder år	zirkon, titanitt
<sup>40</sup> K → <sup>40</sup> Ar		1,3 milliarder år	glimmer, kalifeltspat
<sup>235</sup> U → <sup>207</sup> Pb		713 millioner år	zirkon, titanitt
<sup>14</sup> C → <sup>14</sup> N		5730 år	organisk materiale

Mange ulike radioaktive isotoper kan brukes for aldersdateringer, derfor kan mange bergarter og mineraler også dateres med forskjellige metoder. Noen geologiske prosesser påvirker ett isotop-system, men ikke et annet, hvilket muliggjør datering av forskjellige geologiske hendelser fra en og samme bergart. Ill.: Mattias Lundmark

gelsen av uranets isotoper var ulykkeligvis utviklingen av den første atombomben under andre verdenskrig.

Nedbrytning av uran til bly er fortsatt et av de viktigste verktøyene for radiometriske dateringer, men i tillegg brukes mange andre systemer (se oversikt over).

Systemene har forskjellige styrker og svakheter. Uran anrikes for eksempel i mineralet zirkon, som dannes når granittiske bergarter størkner eller omdannes ved høye temperaturer. Mange størkningsaldrer til granitter og omdanningsaldrer til lyse gneiser i det norske grunnfjellet er derfor fra måling av uran- og bly-isotoper i zirkoner. Kalium finner vi for eksempel i mørk og lys glimmer. Glimmer vokste i norske skifre under kollisjonen med Laurentia (Nord-Amerika), og måling av kalium og argon fra glimmeren daterer når innskyvingen av de kaledonske skyvedekken fant sted.

Isotop-dateringer er i dag et standardverktøy i den geologiske verktøykassen, og flere universiteter i Norge har massespektrometere som blir brukt til aldersdateringer. Med moderne dateringsmetoder kan vi redusere usikkerheten i aldersbestemmelsene til promillenivå, som i aldersbestemmelsen i 2015 av vulkanske bergarter i Sibir i Russland til 251,904 ± 0,061 millioner år. Meget presise aldrer lar oss undersøke mulige korrelasjoner mellom for-

# GEOKRONOLOGI



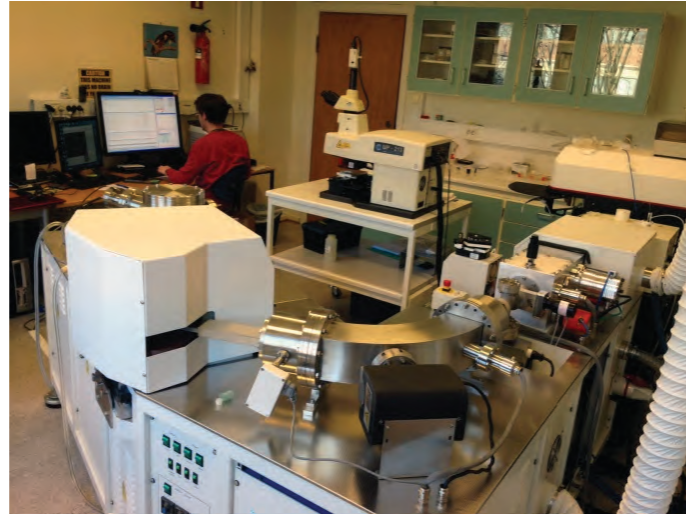
Muskovitt er en lys glimmer som også kalles kråkesølv. Minerallet på bildet er ca. 15 cm langt og kommer fra pegmatitt på Spro, Nes-odden. Den generelle kjemiske formelen er  $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ . Noe av kaliumet som tas opp når muskovitten dannes er radioaktivt  $^{40}K$  som etter hvert blir til  $^{40}Ar$ . Rubidium-ionet likner på kalium-ionet i ladning og størrelse. Derfor vil noe rubidium tas opp i strukturen til muskovitten istedenfor kalium. En del av rubidiumet er  $^{87}Rb$  som etter hvert blir til  $^{87}Sr$ . Muskovitten kan derfor aldersbestemmes ved hjelp av to forskjellige systemer. Foto: Mattias Lundmark

skjellige hendelser, som vulkanismen i Sibir og den største masseutryddelsen i jordas historie i overgangen fra perm til trias (se s. 54), et tema som det blir forsket på ved Universitetet i Oslo.

Gjennom å tallfeste geologiske hendelser får vi en bedre forståelse for jordas historie, og bedre muligheter til å utforske prosessene som virker i og på jorda. Den geologiske tidsskalaen er et resultat av nær 100 års arbeid med radiometriske dateringer. Den representerer en fantastisk vitenskapelig prestasjon, og er etterkommer i rett nedstigende linje av Arthur Holmes' arbeid fra 1913. Fortsatt forandres og forbedres aldrene på tidsskalaen, men forandringene blir mer og mer marginale etter hvert.

Hva med jordas alder da? De eldste mineralene vi kjenner alderen til, er zirkoner fra Jack Hills i Australia. De er ca. 4,4 milliarder år gamle! For å finne materiale helt fra jordas og solsystemets dannelse må vi bruke radiometriske dateringer av meteoritter – disse gir en alder på 4,54 milliarder år!

Om nefelinsyenitten til Arthur Holmes? Den ble dannet sammen med larvikittene i Osloriften for knapt 300 millioner år siden.



Forskjellige isotoper av et grunnstoff har de samme kjemiske egenskapene. For å skille dem fra hverandre, må vi måle den ørlille forskjellen i masse mellom isotopene som kommer av forskjellig antall nøytroner. Dette gjøres med svært presise instrumenter, massespektrometre. På bildet bruker stipendiaten Magnus Kristofersen et massespektrometer ved Institutt for geofag i Oslo. Foto: Mattias Lundmark

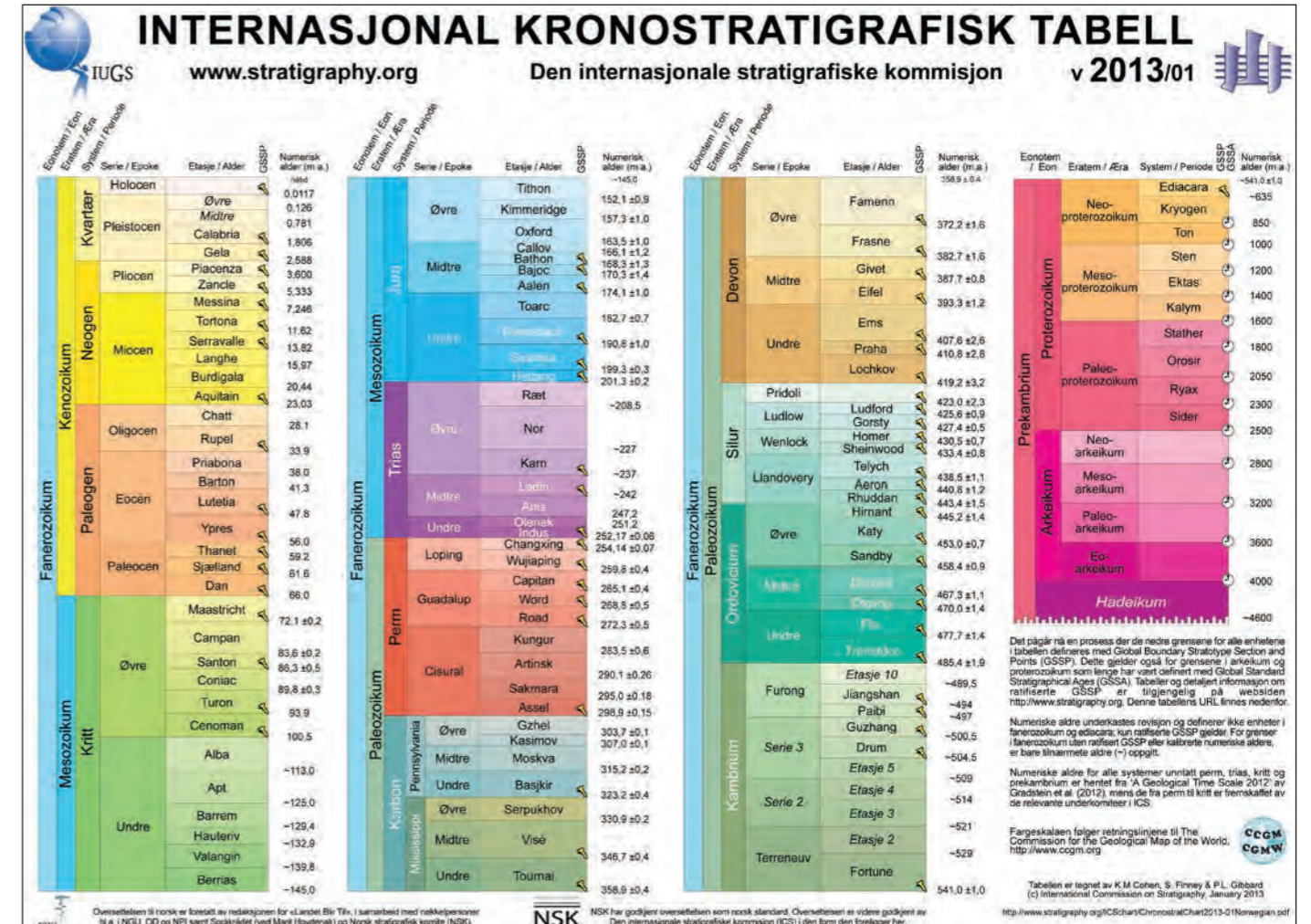
## Undervisningstips

Vitenobjekt om hva radioaktivitet er  
Passer for Vg1, forskerspiren og stråling og radioaktivitet.

bokmål: [viten.no/?radioaktivitet](http://viten.no/?radioaktivitet)  
nynorsk: [viten.no/?radioaktivitet\\_nn](http://viten.no/?radioaktivitet_nn)

The screenshot shows a webpage titled "Radioaktivitet" with a list of 12 numbered questions in Norwegian. The questions cover topics like: 1. Definition, 2. What is radioactivity?, 3. Atomic structure, 4. Formation, 5. Stable isotopes, 6. Alpha radiation, 7. Beta radiation, 8. Gamma radiation, 9. Ionizing radiation, 10. Dose, 11. Background radiation, 12. Becquerel, Gray, and Sievert. There is also a small image of a glowing rock.

# GEOKRONOLOGI



Siste versjon av Internasjonal kronostratigrafisk tabell er tilgjengelig på [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org).

## Noen forutsetninger for radiometrisk datering

- Systemet som dateres må være lukket, dvs. ikke ta opp eller tape noe av de radioaktive eller radiogene isotopene over tid.
- Den radiogene isotopen som er blitt dannet må ikke ha vært til stede fra begynnelsen, eller det opprinnelige forholdet mellom den radioaktive og den radiogene isotopen kan bestemmes.

- Halveringstiden til den radioaktive isotopen må være passe lang, slik at det finnes nok igjen av det radioaktive stoffet og at det har blitt dannet nok av det radiogene stoffet for en pålitelig datering.

Radiometriske dateringer kan gi veldig feilaktige aldrer hvis disse forutsetningene ikke er oppfylt. I dag er det utviklet metoder for å sjekke at disse er på plass.

## VERKTØY FOR OBSERVASJON OG TOLKING



# Med bergartar som klokke

Kvar minste stein har ei historie å fortelja, som ikkje treng å vera så vanskeleg å tyda.

### Korleis lesa historien til steinen?

Dei aller fleste steinane kan delast opp i tre hovudgrupper som geologane kallar bergartar. Kvar av hovudgruppene kan identifiserast ved hjelp av eit mønster. Når du finn ein stein med eit av mønstra, veit du òg kva historie den fortel:

- Dei prikkete steinane er dei magmatiske bergartane, som ein gong har vore ei varm steinsmelte som har størkna, enten nede i jordskorpa eller etter at dei har kome opp til overflata gjennom ein vulkan.
- Dei stripete steinane er dei metamorfe bergartane, som har vore gjennom ein endringsprosess enten ved hjelp av trykk, temperatur eller begge delar. Det kan skje f.eks. når to jordskorpeplater kolliderer. I kollisjonssona vert bergartane utsette for høgt trykk og høge temperaturar som sakte, men sikkert endrar dei.
- Lag på lag steinane med fossil i laga vert òg kalla sedimentære bergartar. Dei er blitt til ved at vør, vind og elvar har slite ned fjella og teke med seg den finknuste steinen ut i havet over mange millionar år, lag på lag. Over tid har desse sedimenta blitt kitta saman til ein hard stein. Innimellom har døde plantar og dyr blitt dekkja over av sedimenta og etter kvart blitt til fossil.

Steinatlas: [naturfag.no/steinatlas](http://naturfag.no/steinatlas)  
Du finn fleire atlas på [naturfag.no/atlas](http://naturfag.no/atlas)



## VERKTØY FOR OBSERVASJON OG TOLKING

### Korleis lesa alderen til steinen?

Det er uråd å observera den eksakte alderen til steinen ute i felt. Men vi kan observera kva bergartar som er eldst og kva for nokre som er yngst. Geologane kaller dette for den relative alderen til bergartane. Her er observasjonar vi kan sjå etter og kva dei fortel om alder:

- I ei lagrekke i berggrunnen (fleire sedimentære bergartar oppå kvarandre) vil det eldste laget vera nederst og det yngste laget vera øverst. Dette vert kalla overleiringsprinsippet (superposisjonsprinsippet).
- Sedimentære bergartar er i utgangspunktet horisontale. Der som laga ligg skrått eller falda, har det skjedd ein bevegelse i jordskorpa. Denne bevegelsen har då skjedd etter at dei sedimentære bergartane er danna.
- Ein bergart som skjer gjennom ein annan bergart, er yngre enn bergarten den skjer gjennom.
- Bergartar må verta danna før dei kan verta omdanna (omgrepet metamorfose vert brukt om alle prosessar som omdannar bergartar, for eksempel fjellkjedefalding).



Rombeporfyr er ein prikkete, magmatisk stein. Foto: Jørn H. Hurum

### Undervisningstips

Feltfilm i geologi for ungdomsskoletrinnet og vidaregåande skole:  
[naturfag.no/geologifilm](http://naturfag.no/geologifilm)



Viten-programmet Platetektonikk  
[viten.no/platetektonikk](http://viten.no/platetektonikk)



Undervisningsopplegg for småskoletrinnet:  
[naturfag.no/stein](http://naturfag.no/stein)

Undervisningsopplegg for vidaregåande skole:  
[naturfag.no/geotopen](http://naturfag.no/geotopen)

## GEOLOGISK TID

## Med fossiler som klokke

## 4,5 milliarder år på ti minutter. En kort guide til de geologiske periodene.

Når lag av stein ligger oppå hverandre, betyr det at det underste er eldst og det øverste er yngst. Dette er ganske selvsagt for oss i dag, men det var en revolusjon i måten å tenke på da denne observasjonen ble lansert for første gang av dansken Niels Stensen i 1669. Dette blir kalt superposisjonsprinsippet og er en av de viktigste læresetningene innen geologi. I samme bok kom Stensen med påstanden at samme lag med stein kan kjennes igjen i flere ulike fjell og stammer fra lag som en gang var sammenhengende. Dette kalles i dag prinsippet om lateral kontinuitet. Igjen ikke så vanskelig å tenke seg for oss i dag, men for nesten 350 år siden var dette helt nye tanker. Veldig lite av vår geologiske forståelse av verden gir mening uten disse to prinsippene. I dag kaller vi det geologene gjør når de bruker disse to prinsippene for stratigrafi (se s. 50).

Da de geologiske periodene først ble introdusert, visste ikke forskerne hvorfor fossilene var forskjellige i forskjellige lag eller hvor gamle lagene var annet enn i forhold til hverandre. I løpet av 1800-tallet hopet det seg opp med fossilbeskrivelser og kartlegging av lag. Disse ble for første gang satt i et system av William Smith i 1815, og viste tydelig at fossilinnholdet endret seg fra de eldste til de yngste lagene. Det var ingen mammuter sammen med trilobittene. Eller dinosaurer sammen med apekattene.

For å lette kommunikasjonen ble lagene gitt forskjellige navn. Etter hvert ble enkeltlagene slått sammen i større lagpakker, akkurat som bløtkaker. De fikk navn etter et geografisk område det var mye av dem (Perm i Russland, Jurafjellene i Frankrike), etter typiske bergarter (karbon (kull), kritt (kalk)) eller for eksempel folkestammer som hadde levd der (silurene og ordovikerne i Wales).

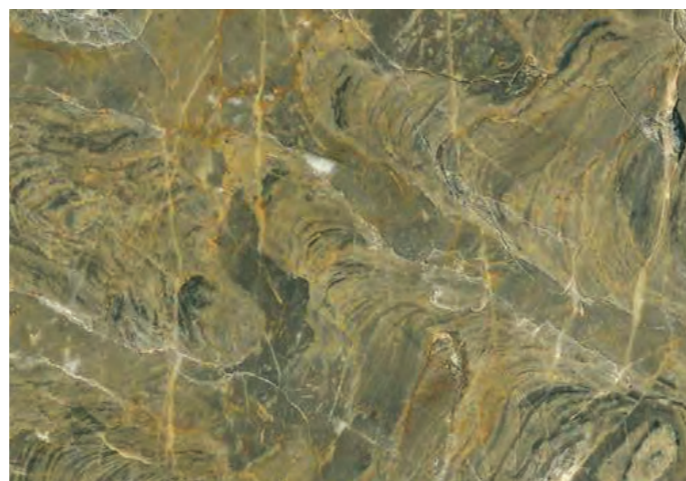
Men hvor gamle var lagene? Dette var et stort problem. I dag er geologene stort sett enige om navnene på tidsperiodene og rek-



kefølgen, men det gjenstår fortsatt mye finjustering på absolutt datering (se artikkelen om jordas alder på s. 34). Den siste store uenigheten var i 2009, da den internasjonale komiteen for stratigrafi måtte gjeninnføre kvartærperioden som de hadde prøvd å fjerne årene før. Tertiær ble fjernet i 2004 og skal nå ikke brukes lenger. Jeg har valgt å bare bruke tidsperioder i denne oversikten, og ikke den enda grovere inndelingen i eoner og æraer eller den finere inndelingen i epoker.

## Jordas tidligste historie

Den første delen av jordas historie er bare grovinndelt, mye på grunn av mangel på fossiler. Hele tidsspennet fra jordas dannelse til kambrium, altså fra 4540 til 541 millioner år siden, kalles **pre-kambrium**. Dette var lenge sett på som en livløs eller i hvert fall bare encellet tid.



Stromatolitter fra prekambrium. Foto: Per Aas, NHM

## GEOLOGISK TID

I de siste årene er det vedtatt å innføre flere tidsperioder i slutten av prekambrium:

- 4540 millioner år siden – **jordas dannelse**.
- 3500 millioner år siden – **eldste spor av liv**. De eldste blågrønnbakteriene som danner stromatolitter kan være så gamle, men dette er omdiskutert. De eldste som alle er enige om, er 2100 millioner, kanskje 2400 millioner år gamle. Gjennom fotosyntese starter de å skille ut oksygen.
- **Sider** – 2500 til 2300 millioner år siden. Den store oksygenkatastrofen. Stromatolittene som utviklet seg kanskje 1000 millioner år tidligere, har produsert så mye oksygen at kjemien i havene endres og alt fritt jern felles ut som tykke lag med jernoksider over hele verden. Oksygen er også en dødelig gift for alt liv som inntil da hadde utviklet seg i en oksygenfri verden. Dette fører til utryddelse av mange tidlige encellede organismer.

De neste tidsperiodene er mest definert på fjellkjededannelser, så bare enkelte hovedpunkter er summert:

- **Rhyacin** – 2300 til 2050 millioner år siden. Istid.
- **Orosir** – 2050 til 1800 millioner år siden. Fritt oksygen i atmosfæren.
- **Stather** – 1800 til 1600 millioner år siden. Første encellede organismer med cellekjerne.
- **Calymm** – 1600 til 1400 millioner år siden.
- **Ecta** – 1400 til 1200 millioner år siden.
- **Sten** – 1200 til 1000 millioner år siden.
- **Ton** – 1000 til 720 millioner år siden. Første spor av flercellede organismer.
- **Kryogen** – 720 til 635 millioner år siden. Snøballjorden «Snowball Earth» kalles ofte kryogen. Det er mye uenighet om jorda var helt dekket av is to ganger i løpet av perioden, eller om det noen steder var åpent hav. I alle fall hadde dette antagelig katastrofal innvirkning på det encellede livet som eksisterte, og nye former fikk muligheter. De første svampene utviklet seg.
- **Ediacara** – 635 til 541 millioner år siden. Fra denne perioden er det nå kjent en fauna/flora med avtrykk av ukjente flercellede organismer. Dette er en verden som er så fjern fra vår egen at den like godt kunne vært på en annen planet. Vi vet ikke engang om disse organismene er havplanter eller dyr, men de ser ut til å ha hatt en ganske verdensomspennende utbredelse i mange millioner år. Disse merkelige formene ble utryddet i

begynnelsen av kambrium av mer avanserte livsformer, kanskje dette egentlig er en av de store utryddelsene som ikke er skikkelig dokumentert enda.



Dickinsonia (flercellet organisme) fra ediacara. Foto: Per Aas, NHM

## Jordas og livets historie i detalj

De siste 541 millioner år av jordas historie kan fininndeles fordi vi har mange fossiler.

## Kambrium (541 til 485,4 millioner år siden)

Harde skall utvikles for første gang. Dette gjør at vi finner mange fossiler av skallbærende organismer som trilobitter, armfotinger, blekkspruter, kalksvamper og snegler. Spor etter dyr som kan grave i havbunnen blir vanlige. Men fritt svømmende dyr var mer uvanlige, de fleste levde på bunnen. Øyne utvikles også, som fører til aktive jegere og muligheter for å kunne oppdage fiender.



Trilobitter fra kambrium, funnet i Marokko. Foto: Per Aas, NHM



## GEOLOGISK TID

Den biologiske utviklingen de første 25 millioner år av kambrium kalles ofte den kambriske eksplosjonen – da alle hovedgruppene av dyr vi har i dag utviklet seg, unntatt mosdyrene (bryozoene) som først dukker opp i ordovicium.

### Ordovicium (485,4 til 443,8 millioner år siden)

Livet blir mangfoldig i havene. De første korallrevne danner levesteder for utallige armfotinger og trilobitter. På slutten av perioden fører en istid til at mye av livet i havet blir utryddet. De hovedgruppene som overlever er de som dominerer i havet helt til slutten av perm. De første fiskene med kjever utvikler seg.



Trilobitt fra ordovicium. Foto: Per Aas, NHM

### Silur (443,8 til 419,2 millioner år siden)

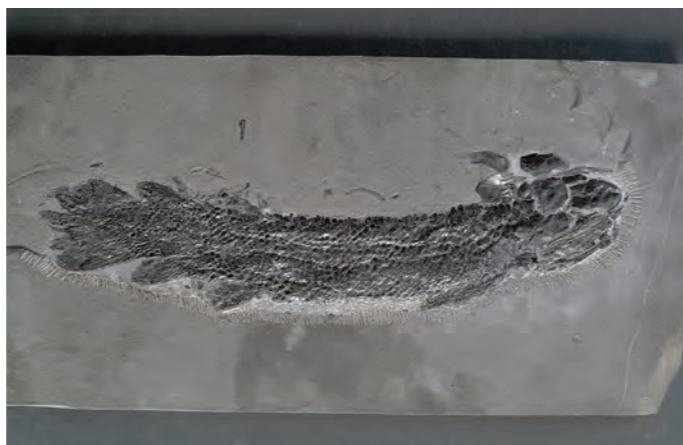
De aller første landplantene utvikler seg. Før dette var det bare litt sopp og lav på land. Plantenes røtter danner grunnlaget for jord og etter hvert et yrende liv av leddyr. I havet dominerer store blekkspruter, sjøskorpioner og korallrev. Havet mellom Grønland og Norge lukkes i midten av perioden og kontinentenes kollisjon forårsaker starten på fjellkjeden Kaledonidene langs Norge, som vi fortsatt har de nedslitte restene av i dag.



Kjedekoraller (*Halysites*) fra silur. Foto: Per Aas, NHM

### Devon (419,2 til 358,9 ± 0,4 millioner år siden)

Perioden kalles ofte fiskenes tidsalder. Den starter med mange primitive kjeveløse fisker og få fisker med kjever, men i løpet av perioden er det en rivende utvikling, slik at på slutten av perioden er fisker med kjever de dominerende. I tillegg utvikler noen fisker fire lemmer på slutten av perioden, og de første amfibiene er deres etterkommere. For første gang blir jordkloden dekket av planter, landplantene sprer sine sporer med vinden og skoger blir vanlige. På slutten av perioden dør blant annet nesten alle de kjeveløse fiskene, trilobittene, mange armfotinger og alle panserhaiene ut. Platene med Nord-Amerika, Grønland og Skandinavia kolliderer i begynnelsen av perioden, dette fortsetter med en kollisjon med det store sørlige kontinentet bestående av Afrika og Sør-Amerika. Kollisjonen fører til fjellkjeden som i dag heter Kaledonidene og som strekker seg langs hele Norge, over til Skottland og nedover i Appalachene i Nord-Amerika.



Fisk (*Gyropterychus agassizi*) fra devon. Foto: Per Aas, NHM

### Karbon (358,9 ± 0,4 til 298,9 ± 0,15 millioner år siden)

Amfibier dominerer på land sammen med gigantiske tusenbein og kjempestore øyenstikkere. Men i bakgrunnen utvikler de første reptilene seg som små firfisleaktige former. Landplantene blir mer spesialiserte og danner store myr- og skogområder i Europa og Nord-Amerika. De tykke avsetningene av skog og myr som ble trykket sammen til kull, gir navn til perioden. På slutten av perioden var det en istid som strakk seg inn i permperioden.

## GEOLOGISK TID

### Perm (298,9 til 252,17 millioner år siden)

I løpet av perioden samler nesten alle kontinentene seg til superkontinentet Pangea. Dette fører til store ørkener innenlands og et stort uavbrutt hav rundt kontinentet. På land dominerer forskjellige grupper av pattedyrlignende krypdyr og løpekrocodiller, men også fjerne forfedre av dinosaurer og skilpaddene er å se. I havet kravler de siste trilobittene og sjøskorpionene og pigginnehaiene svømmer for siste gang.

### Trias (252,17 til 201,3 millioner år siden)

Dette er den eneste perioden med en masseutryddelse både i starten og på slutten. Den starter med den største utryddelse vi kjenner og avsluttes med en litt mindre utryddelse av arter. Det tar 30 millioner år av trias før store økosystemer etablerer seg igjen på landjorda, i havet gikk det noe fortere. I denne perioden finner vi både de første dinosaurer, pattedyrene, fiskeøglene og flyveøglene. Nesten alle kontinentene på jorda henger sammen i superkontinentet Pangea, og det siste tilskuddet, Afrika, kommer til å gjøre det komplett.



Bregne fra karbon. Foto: Per Aas, NHM



Mesosaurus (et slags krypdyr) fra perm. Foto: Per Aas, NHM



Ceratitt (en type blekksprut) fra trias. Foto: Per Aas, NHM

## GEOLOGISK TID

### Jura (201,3 ± 0,6 til 145 ± 4 millioner år siden)

Langhalsdinosaurerne (sauropodene) på land og fiskeøglene i havet er to veldig typiske dyregrupper fra perioden. De eldste fuglene, fortsatt med mange trekk fra de små rovdinosaurerne som var deres forfedre, utvikler seg i midten av perioden. Superkontinentet Pangea brytes i to, i et stort sørlig og et nordlig kontinent. Perioden starter med stor utryddelse av arter.



Fiskeøgle (*Stenopterygius hauffianus*) fra jura, funnet i Holzmaden i Tyskland. Foto: Per Aas, NHM

### Kritt (145 ± 4 til 66 millioner år siden)

Dinosaurerne hersker på landjorden, med ikoniske former som *Tyrannosaurus rex* og *Triceratops*. Blekkspruter med skall (ammonitter), svaneøgler og mosasaurer bolttrer seg i havet. Fiskeøglene dør ut midt i perioden. Fuglene begynner å konkurrere med flyveøglene om luftrommet. Blomsterplantene brer seg sakte ut, og med dem mange nye insekter. Store vulkanutbrudd, et meteorittnedslag og endringer av havene gjør at mange dyregrupper dør ut på slutten av perioden. Kontinentene splittes opp og trekkes lengre fra hverandre.



Blomst fra kritt. Foto: Per Aas, NHM

### Paleogen (66,0 til 23,03 millioner år siden)

Livet kommer seg etter den store utryddelsen av dinosaurerne og mange andre dyr både i havet og på land. Pattedyrene utvikler seg fra små spissmuslignende former til alt fra flaggermus til hvaler og våre tidlige forfedre blant primatene. Kontinentenes plassering begynner å ligne dagens.



Planter fra paleogen, funnet på Svalbard. Foto: Per Aas, NHM

### Neogen (23,03 til 2,58 millioner år siden)

Dyrelivet ligner en god del på det vi har i dag, med mange store pattedyr på mange kontinenter. De viktigste geologiske hendelsene er at Himalayafjellkjeden blir dannet ved at India skyver seg inn i Asia, og at Mellom-Amerika blir dannet som en lang landbro mellom Sør- og Nord-Amerika.



## GEOLOGISK TID

### Antropocen

Antropocen er ikke definert enda, men mange mener menneskenes påvirkning er så stor at lagene som avsettes i dag vil se annerledes ut på grunn av vår utryddelse av andre arter og forurensning de siste 10 000 år.



Antropocen avsetning (betong) over skrånstilt lag fra ordovicium. Foto: Øyvind Hammer, NHM



Hipparion (utdødd slektning av hesten) fra neogen. Foto: Per Aas, NHM

### Kvartær

Perioden som inneholder alle de siste 11 istidene og strekker seg fra 2 588 000 til 11 700 år siden, dersom vi regner med antropocen. På det meste var 1/3 av jordens overflate dekket av is. Dette er perioden da menneskene utvikler seg i Afrika og vandrer ut i resten av verden, mammutene hersker i kalde strøk og Norge slites sakte ned av isen til landskapet vi har i dag.



Mammuttann fra kvartær. Foto: Per Aas, NHM

### Fossilsamling

Alle de avbildede fossilene finnes på Naturhistorisk museum i Oslo, og har samlingsnumrene: PMO 70656, PMO 203.536, PMO 228.550, unnummerert, PMO 74434, PMO 214.001, PMO 159.166, PMO 162.883, PMO 159.155, unnummerert, PMO 203.541, PMO 228.549, A31949, PMO 66478 i rekkefølge fra første til siste i teksten.

### Undervisningstips

#### Dinosaurer og geologisk tid

Passer for 3. og 4. årstrinn.

Her lærer elevene om jordas og livets historie gjennom å observere, sortere og sammenligne dinosaurer.

[naturfag.no/dino](http://naturfag.no/dino)

**Dinosaurer og geologisk tid**

av Anne Cathrine Hammerborg i Merethe Frøyland

I dette opplegget lærer elevene om jordas og livets historie, gjennom å observere, sortere og sammenligne dinosaurer. De lærer hvordan paleontologer forsker på dinosaurer, og at ikke alle dinosaurerne døde ut – noen av dem utviklet seg videre til fugler!

**Utforsking 1:**  
En tidslinje i klasserommet

**Utforsking 2:**  
Bli kjent med kjempene fra jordas mellomalder

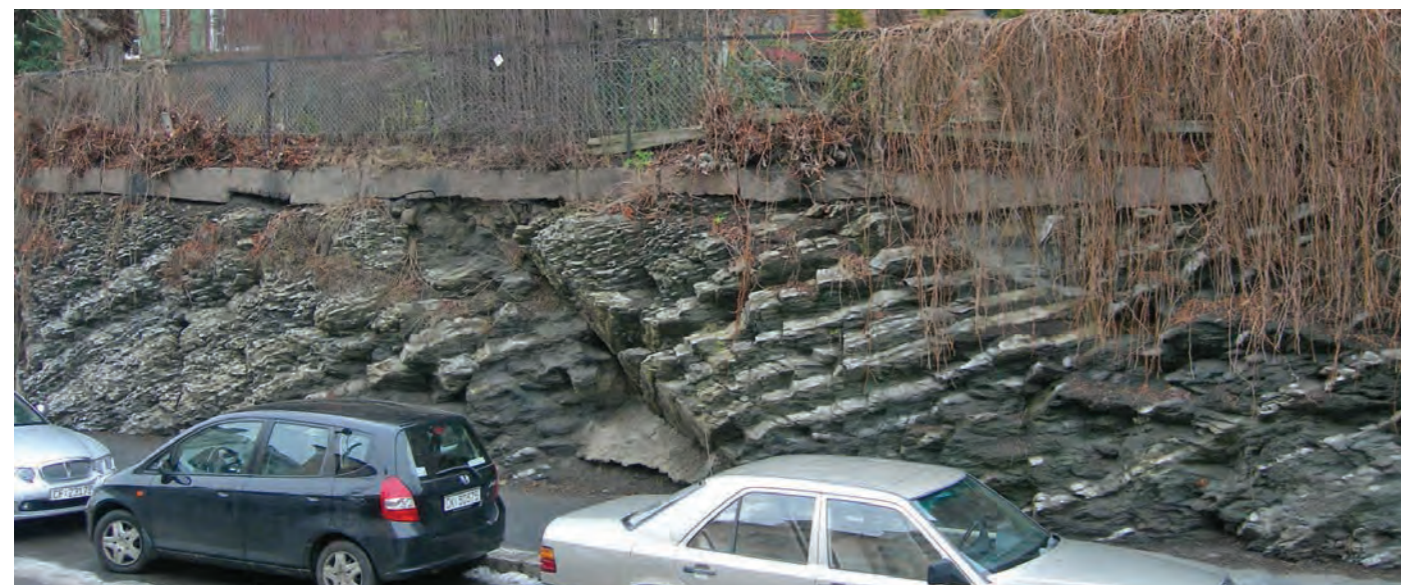
## BIOSTRATIGRAFI

# Med evolusjonen som klokke

Når vi geologer og paleontologer skal finne ut av jordas historie, er det én ting som er viktigere enn alt annet: Vi må vite hvor gammel steinen er. Uten en alder blir fossiler og spor etter katastrofer og klimaendringer umulige å forstå, fordi vi ikke kan vite hva som kommer før og hva som kommer etter, hva som er årsak og hva som er virkning.

I geologien bruker vi mange ulike dateringsmetoder. Noen ganger kan vi gjøre såkalt *radiometrisk* datering, som er basert på nedbrytning av ustabile isotoper over tid (se s. 38). Men da må vi ha spesielle bergarter, for eksempel lag av vulkansk aske, og analysen er tidkrevende og med mange feilkilder. Når radiometrisk datering fungerer, er det et fantastisk verktøy, men det er ikke noe vi kan bruke daglig.

Geologenes mest nyttige verktøy for datering er å bruke evolusjonen. Sedimentære bergarter som skifre og kalksteiner inneholder enorme mengder fossiler. Når jeg går opp en bakke med skiferlag fra tidsperioden kambrium i Oslo-området, gjør jeg en tidsreise, omtrent hundre tusen år for hver meter. Fossilene endrer seg hele tiden, arter kommer og arter forsvinner. Jeg vet nesten alltid om-



Skifer og kalkstein i veksling i Wolffs gate i Oslo. Fossilene her forteller oss at lagene er forsteinede havbunner fra ordovicium, ca. 453 millioner år siden. Foto: Øyvind Hammer

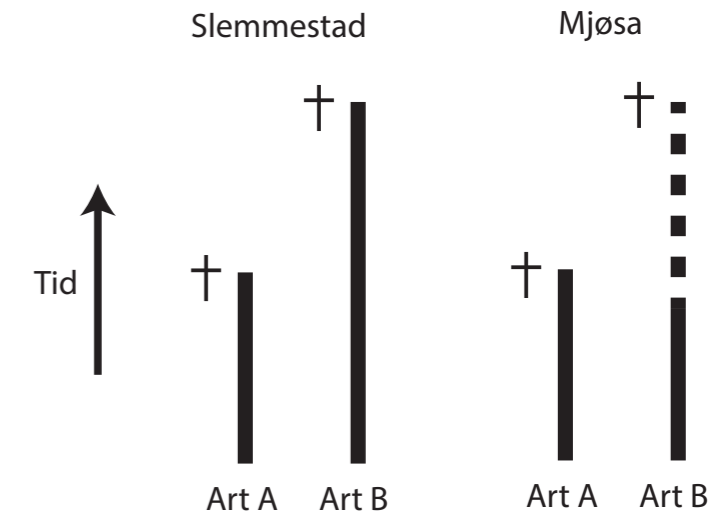


## BIOSTRATIGRAFI

trent hvor jeg er i lagrekken, fordi jeg finner fossiler som er typiske for de ulike lagene. Det fungerer bemerkelsesverdig godt: Jeg kan dra til et annet sted mange mil unna, til Sverige eller enda lengre, hamre litt, og jo da, der er sannelig *Agnostus pisiformis*, en liten trilobitt, jeg er i nedre del av mellomkambrium! Og i en knaus litt oppi lia kommer *Rhabdinopora*, en graptolitt, ganske riktig, det er overgangen fra kambrium til ordovicium! Det er litt magisk hver gang, en følelse av at naturen er forståelig, at vi har kontrollen, at systemene våre fungerer. Vi får ikke noen absolutt alder i millioner år på denne måten, men oftest er ikke det så viktig. Det viktige er å kunne plassere lagene i en relativ rekkefølge. Med fossilene kan vi si om et lag er eldre, yngre eller av omtrent samme alder som et lag et annet sted.

Det har vært et enormt arbeid gjennom to hundre år å bygge opp kunnskapen om *biostratigrafi*, det vil si hvilke fossiler som opptrer i hvilke lag. Det er et uendelig puslespill som aldri vil bli ferdig. I en veiskjæring i Oslo finner vi lag fra bare et kort tidsrom, sjelden mer enn ti millioner år. Dette lille bruddstykket, begrenset i tid og sted, må skjøtes sammen med tusenvis av andre fjellvegger og kjerneprøver fra hele verden ved hjelp av fossilene. Og det er så mange skjær i sjøen! Arter kan ha kommet og gått på ganske forskjellige tidspunkter på ulike steder, avhengig av lokale miljøforhold. Andre arter levde bare i et lite område (endemiske arter), og er dermed ubrukelige for å koble sammen lag over store avstander. Det er store usikkerheter knyttet til definisjon og gjenkjenning av arter: Er det nå så sikkert at et dårlig bevart blekksprutskall i England er fra samme art som et annet dårlig fossil fra Argentina? Mikrofossiler, som er så viktige for datering, kan lett erodere ut fra sedimentet og avsettes igjen i mye yngre lag, og da blir det tull.

Og det verste av det hele er at selv om dataene våre er helt feilfrie, så kan vi få helt gale resultater! Grunnen til det er at dataene aldri er komplette, i den forstand at vi aldri finner første eller siste opp-treden av en art på en lokalitet. Bare noen ytterst få organismer ble til fossiler, og vi finner som oftest bare ytterst få av disse fossilene når vi er ute og graver. Tenk deg så at en art A døde ut før en annen art B, og denne rekkefølgen observeres korrekt i en fjellvegg på Slemmestad. Men ved Mjøsa, hvor A kanskje også døde ut før B, finner vi tilfeldigvis ikke fossiler av arten B i de yngre lagene over der A opptrer, og dermed ser det ut som om B døde ut før A. Hva skal vi gjøre da – er det Slemmestad eller Mjøsa som gir den sanne rekkefølgen?



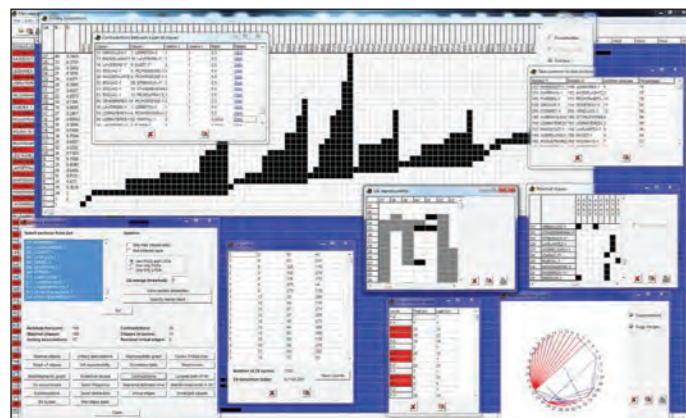
Manglende data kan gi feilaktig rekkefølge på første og siste opp-treden av fossiler. Her mangler art B i de yngre lagene ved Mjøsa, og det er umulig å si om A eller B døde ut først.

I noen tilfeller kan det fungere å definere spesielle sonefossiler (indeksfossiler) som aldersindikatorer. Vi kan si at hvis vi finner skall av blekkspruten *Dorsoplanites panderi*, så er vi i panderisonen øverst i jura. Men på grunn av alle feilkildene som vi snakket om, kan dette være en usikker metode. I moderne paleontologi prøver vi derfor å kombinere et stort antall fossilarter fra mange lokaliteter når vi skal bygge opp en tidsskala. Et slikt stort datasett, med kanskje hundrevis av arter fra hundrevis av borekjerne, kan inneholde tusenvis av stratigrafiske selvmotsigelser. Vi bruker kompliserte dataprogrammer for å prøve å nøste opp i dette og finne en rekkefølge av første- og sisteopp-treden som passer best mulig med dataene.

Feilkildene blir mer plagsomme jo finere tidsskala vi ønsker. Over veldig lange tidsrom, la oss si ti millioner år eller mer, endrer fauna og flora seg så mye at signalene fra fossilene blir nesten entydige. Hvis vi finner en *Tyrannosaurus*, så vet vi at vi ikke er i kambrium, for det var 250 millioner år før dinosaurerne oppstod. Men når vi skal finne ut av detaljene i f.eks. en masseutryddelse, så trenger vi en oppløsning på en million år eller helst enda mindre, og da gjelder det å være kritisk til dataene.



# BIOSTRATIGRAFI



Kanskje enda mer nyttige er fossiler av mikroskopiske organismer med skall, og fossile pollen og sporer. Det kan finnes tusenvis av mikrofossiler i et gram med skifer eller kalkstein. Ved boring etter olje og gass studeres mikrofossilene intenst for å finne ut hvor boret er i lagrekken. Nå for tiden borer man ofte horisontalt langs en reservoarbergart, og da kan det sitte en paleontolog på plattformen som ser på steinbitene som kommer opp. Hvis fossilene blir for gamle, er det på tide å styre borekronen oppover!

Uten biostratigrafien hadde vi ikke visst noe særlig om jordas historie. Biostratigrafi er en av disse rare spesialvitenskapene som kan virke sære, men som vi ikke klarer oss uten hvis vi skal forstå verden.

Sånn gjør vi biostratigrafi nå til dags. Finurlige algoritmer konstruerer fossilsoneringer ut fra store datasett med mange selvmutsigelser.

Ikke alle fossiler egner seg like godt for biostratigrafi. Her er min ønskeliste for det perfekte indeksfossilet:

- Fossilet må være *vanlig*, slik at vi kan finne det uten for mye innsats på mange steder og slik at vi får et mest mulig komplett bilde av første og siste forekomst.
- Organismen må være utbredt over et stort område og mest mulig uavhengig av lokale miljøforhold. Planktoniske dyr og vindtransportert pollen kan skåre godt på dette punktet.
- Arten må være karakteristisk og lett gjenkjennelig, så vi unngår å feilbestemme den.
- Arten må ha en *kort levetid*. Det finnes arter som lever nesten uforandret i hundre millioner år eller mer, slik som det «levende fossilet» *Lingula* (et lite skjell), og de er ubrukelige for aldersbestemmelse.



*Dactyloceras commune*, Yorkshire, England. Denne ammonitten finnes bare i lagene som heter *commune*-undersonen i *bifrons*-sonen, nedre jura, ca. 181–180 millioner år siden. Ca. 7 cm i diameter. Foto: Øyvind Hammer

For eksempel er skall av *ammonitter*, spiralsnodde utdødde blekk-spruter, en klassisk fossilgruppe i biostratigrafien. Ammonittene levde i dinosaurenes tidsalder, fra ca. 250 til 65 millioner år siden. En art kunne ha en levetid på bare noen hundre tusen år, slik at tidsoppløsningen blir veldig god. Ammonittene er dessuten vanlige fossiler, og de levde sannsynligvis godt oppe i vannsøylen slik at utbredelsen ikke er styrt av bunnforholdene.



# EVOLUSJON

## Undervisningstips

### Temaside om evolusjon på naturfag.no

Evolusjonsteorien handlar om utviklinga av livet på jorda. Teorien forklarar korleis alt liv på jorda er i slekt, korleis alle plantar og dyr stammar frå dei cellene som levde for milliardar av år sidan: Evolusjonen (utviklinga) har skjedd gradvis frå den første cella til kva dei er i dag. På temasida finn du både faglege artiklar og undervisningsressursar sortert på årstrinn.

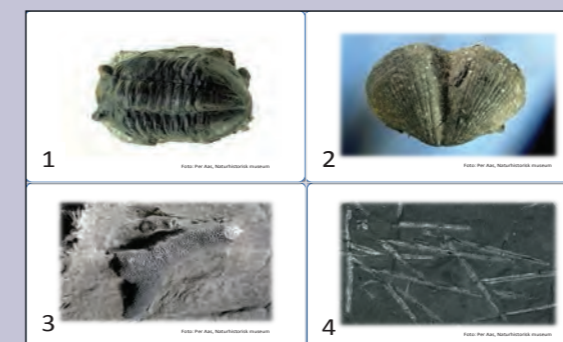
[naturfag.no/evolusjon](http://naturfag.no/evolusjon)



## Fossilkort

De fleste arter som noen gang har levd på jorda, er nå utdødd. Hvordan samler forskere bevis om arter som levde for veldig lenge siden? Bruk flotte fossilkort med elevene!

[naturfag.no/fossil](http://naturfag.no/fossil)



## Viten-objekt om evolusjon

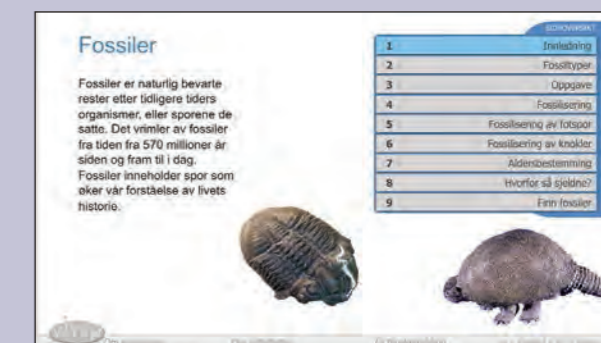
Her gis en oversikt over hovedtrekka i evolusjonsteorien og grunnlaget for denne teorien.

bokmål: [viten.no/?evolusjon](http://viten.no/?evolusjon)  
nynorsk: [viten.no/?evolusjon\\_nn](http://viten.no/?evolusjon_nn)



## Viten-objekt om fossiler

bokmål: [viten.no/?fossiler](http://viten.no/?fossiler)  
nynorsk: [viten.no/?fossiler\\_nn](http://viten.no/?fossiler_nn)



## Dinosaurjakt

Vitenobjektene om evolusjon og fossiler er en del av programmet Dinosaurjakt.

bokmål: [viten.no/dinosaurjakt](http://viten.no/dinosaurjakt)  
nynorsk: [viten.no/dinosaurjakt/nynorsk](http://viten.no/dinosaurjakt/nynorsk)

## MASSEUTDØYINGAR

# Gjennom dei fem omvendte traktene

Denne våren har mange kost seg med å bli skremt av *Den sjette utryddelsen* av Elizabeth Kolbert (sjå s. 105). Det er all grunn til å ta det ho skriv på alvor. Men samstundes syner tittelen hennar at det har vore helvete på jord tidlegare.

Livet har gått gjennom mange større og mindre utrensingar. Fem av desse har sidan 1982 vore rekna som dei fem store, men det har vore mange mindre masseutdøyingar òg. Det er ikkje eingong sikkert at dei «fem store» er dei fem største.

No er det jo slik at normaltilstanden for ein art er å vera utdøydd. At artar oppstår og forsvinn er ein lovmessig konsekvens av evolusjonen. Nokre artar utviklar seg til nye artar, slik *Homo sapiens* har erstatta artane vi har utvikla oss frå. Andre artar og grupper har vist seg å vera evolusjonære blindspor. Dei har bukka under for endringar i det miljøet dei hadde tilpassa seg. Dei kan ha blitt utkonkurrert av nye artar, eller ikkje klart å tilpassa seg gradvise endringar i det fysiske miljøet. Men ved det som vert kalla masseutdøyingar, endrar miljøet seg så hurtig at svært mange artar ikkje klarar å tilpassa seg og vert borte. Den mest kjende masseutryddinga er utdøyinga som skjedde mellom kritt og paleogen (og som derfor vert kalla kritt-paleogen-utdøyinga) for 66 millionar år sidan, og mange veit at ein meteor som slo ned utanfor Mexico var ei av årsakene til at dinosaurane døyde ut. Eit meteornedslag høyrst jo hurtig nok ut det, men det var jo ikkje slik at når meteoritten slo ned, fekk alle dinosaurane kvar sin bit av den i knollen og strauk med. Sjølv om meteoritten hadde god hjelp av ein serie samtidige vulkanutbrot i India til å fylla atmosfæren med støv og oske, reknar vi med at utdøyingperioden varte rundt 1 million år.

Når kritt/paleogen-utdøyinga er den hurtigaste av dei fem store, skjønar vi at dette med masseutdøyingar er seige greier. Men så er det svære ting på gang òg. Dystre spådomar seier at ved midten av dette århundret kjem halvparten av artane på jorda til å vera utrydda, dei fleste som fylgje av menneskeleg aktivitet. Likevel har



vi endå eit stykke att før vi karrar oss inn blant topp fem. Dette er tabelltoppen så langt vi kjenner den i dag, rangert etter omfang:

- 1. Perm-trias:** 96 % av alle artar i havet, 70 % av landlevande arter  
Tidspunkt: ca. 252 mill. år sidan  
Varigheit: usikkert  
Årsak: vulkanutbrot, klimaforverring  
Farvel til: sjøskorpionar, trilobittar, pigghaiar, blastoidar, det meste faktisk
- 2. Ordovicium-silur:** 85 %  
Tidspunkt: ca. 440 mill. år sidan  
Varigheit: 10 mill. år  
Årsak: endring i havnivå og istid  
Farvel til: rundt 100 havlevande familiar
- 3. Slutten av devon:** 82 %  
Tidspunkt: ca. 365 mill. år sidan  
Varigheit: 3 mill. år  
Årsak: kaldare klima og oksygenfattig hav  
Farvel til: mange fiskeartar, korallar, trilobittar og armføtingar
- 4. Slutten av trias:** 76 %  
Tidspunkt: ca. 210 mill. år sidan  
Varigheit: 3–4 mill. år  
Årsak: vulkanutbrot og global oppvarming  
Farvel til: conodontar, mange landlevande artar som gav plass til dinosaurane
- 4. Kritt-paleogen:** 76 %  
Tidspunkt: 66 mill. år sidan  
Varigheit: 1 mill. år  
Årsak: meteoritt og vulkanutbrot  
Farvel til: alle dinosaurar som ikkje kunne fly



## MASSEUTDØYINGAR

Det høyrst jo veldig trist og leit ut med alle desse artane som berre forsvinn, og på ein måte er det jo det. Når dei fyrst er borte, er dei borte for evig og alltid. Men kvar av masseutdøyingane er som ei omvendt trakt, der dei artane som klarar seg gjennom nålauget, vert opphav til ei mengd nye artar som kan breia seg utover kloden. Dei fyrste millionane år etter ei utrydding er det ganske ville evolusjonære tilstandar, livet kjem ut på den andre sida av katastrofen som ein full mann på sykkel. Nokre artar og grupper er raskt ute med å tilpassa seg, og kan verta dominerande over kortare eller lengre periodar. Men etter kvart kan dei oppleve å bli pressa ut av artar som brukar lengre tid på å tilpassa seg, men som gjer det betre.

Nye katastrofar, nye muligheter, med andre ord. Og det skal vi vera kisteglade for. Som kjent har vi alle ei ubrotten rekkje av forgjengarar heilt tilbake til livet oppstod, og vi stammar dermed frå artar som kom seg gjennom alle dei fem store og ei mengd mindre små utdøyingar. Dermed kan vi ordna masseutdøyingane kronologisk på ein meir positiv måte, ved å peika ut kven vi kan takka for at det er vi som er her i dag og ikkje trilobittane:

**Ordovicium-silur:** fiskane som firbeinte virveldyr (tetrapodane) stamma frå

**Slutten av devon:** fortsatt fisk, men nokon av dei har begynt å få bryst- og bukfinner som likna på lemer, og kunne kanskje kravla seg opp på land

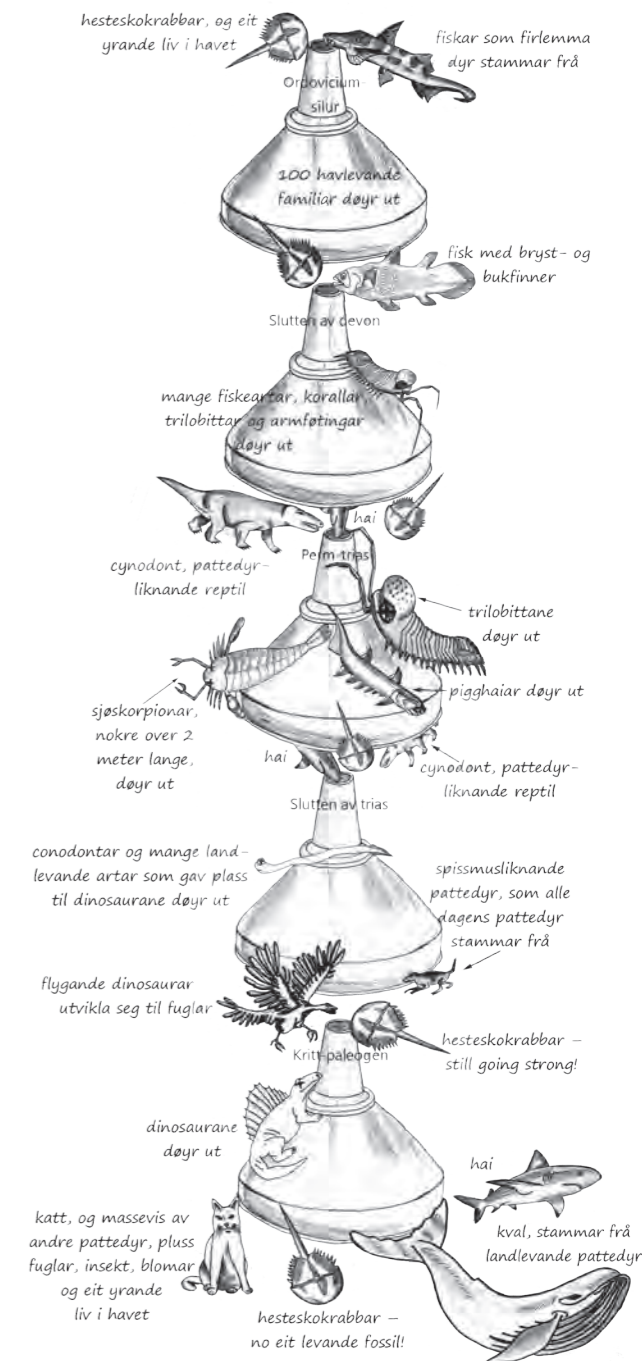
**Perm-trias:** cynodontane, ei landlevande gruppe pattedyrlignende reptil som var oppstått relativt kort tid før masseutdøyinga

**Slutten av trias:** cynodontane vart kraftig redusert av utdøyingane, men vi og alle andre pattedyr stammar frå dei få små som klarte seg

**Kritt-paleogen:** små spissmusliknande pattedyr som ikkje nølte med å utvikla seg til ei lang rekkje artar som kunne fylla dei ledige nisjene som dei landlevande dinosaurane etterlot seg

Så hurra for masseutdøyingar og dei fem omvendte traktene, utan dei ville ikkje vi vore her!

The history of life is a story of massive removal followed by differentiation within a few surviving stocks, not the conventional tale of steadily increasing excellence, complexity, and diversity.  
Stephen Jay Gould



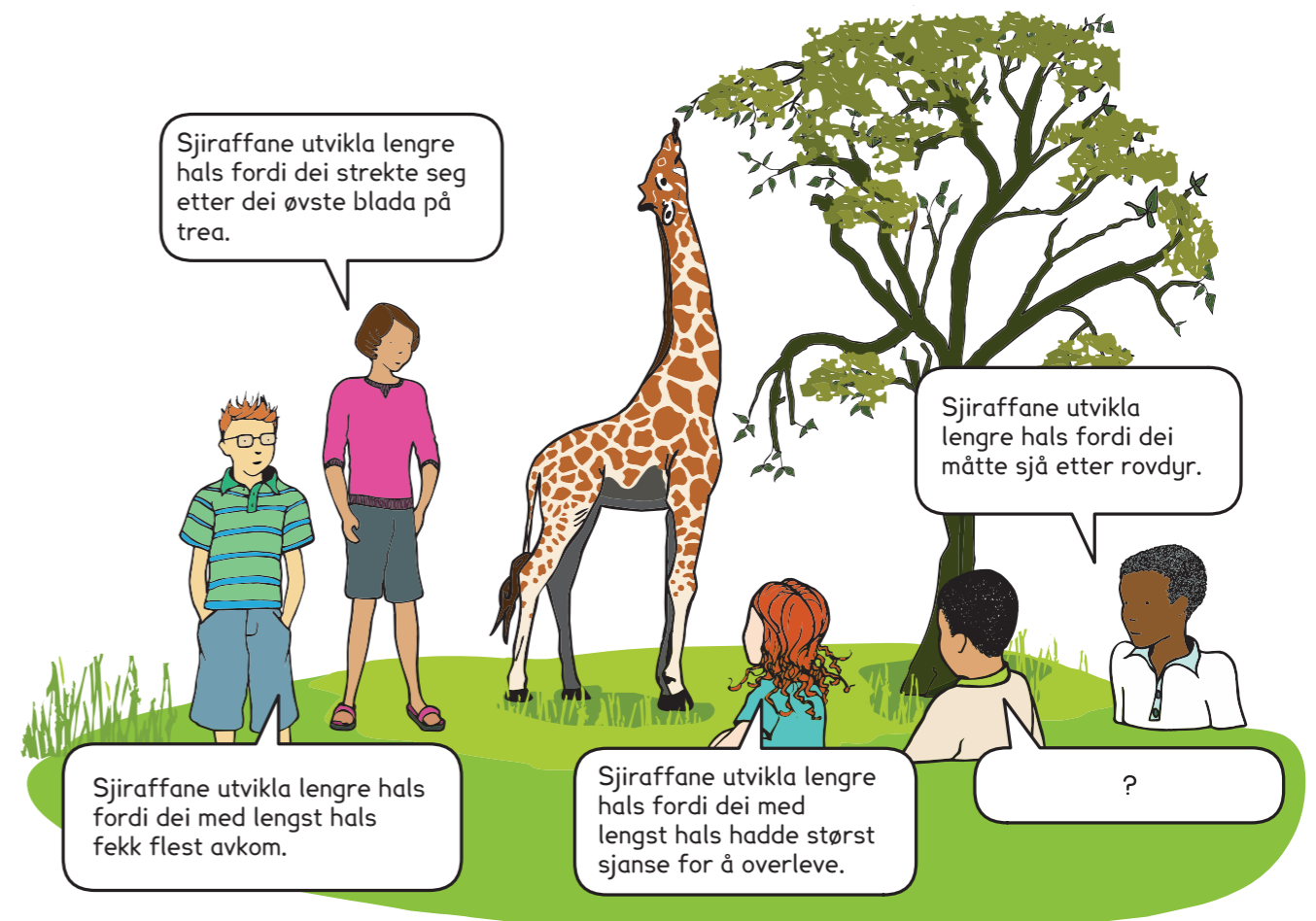
## GRUBLETEIKNING

# Kva for organismar utviklar seg gjennom evolusjon?



## GRUBLETEIKNING

# Korleis utvikla sjiraffane seg?



## BAKTERIER OG TID

# Kampen om overflaten

**Vår intelligens og tekniske utvikling har fått oss langt. Vi kjører bil, flyr til månen og har utviklet superraske datamaskiner. Vi mennesker ser derfor på jorda som vår verden. Er det virkelig slik? Mange forskere mener isteden at vi lever i bakterienes verden. Bakterienes korte generasjonstid gjør det lett for bakteriene å tilpasse seg omgivelsene.**

### Jordas hersker

Jorda ble til for omtrent 4,6 milliarder år siden. De aller første innbyggerne, bakteriene, dukket opp for omtrent 3,7 milliarder (3 700 000 000) år siden. Vi har funnet spor av bakterier i form av fossiler som er mer enn 3,5 milliarder år gamle. Klimaet som rådet da var helt ufyselig for oss å leve i, og menneskeslekten (*Homo*) dukket derfor først opp på jorda for omtrent 2,5 millioner år siden. Det moderne mennesket slik vi kjenner det har ikke vært på jorda mer enn omtrent 200 000 år. Bakteriene var altså her på jorda lenge før oss. For å skjønne det bedre, kan vi komprimere tida som det har vært liv på jorda til ett døgn, det vil si 24 timer. Menneskeslekten dukker altså opp omtrent ett minutt før midnatt, mens det moderne mennesket bare har vært til stede de siste sekundene av bakterienes døgn (se s. 4).

Nå finner vi bakteriene overalt på jorda. De er i lufta vi puster, langt nede på bunnen av havet, i isen i Arktis, i vulkaner og på hele kroppen vår. Selv om du ikke kan se dem med det blotte øye, så er de der. For eksempel kan du finne mer enn en milliard bakterier i en teskje med matjord, og du har kanskje like mange bakterieceller som du har egne celler i kroppen. De klarer å bosette seg på stort sett alle overflater på jorden. Hvordan kan så små vesener bli så allestedsnærværende?

### En blir til mange

Bakterienes vinnertrekk er at de er utrolig tilpasningsdyktige og formerer seg veldig raskt. Bakteriene formerer seg ved å dele seg

i to. Hvor lang tid det tar mellom hver deling, det vil si generasjonstida, varierer fra bakterieart til bakterieart. *Clostridium perfringens* og *Escherichia coli* (*E. coli*) er for eksempel to bakterier som formerer seg veldig raskt. I de riktige omgivelsene kan disse bakteriene dele seg hvert 10. til 15. minutt. Det betyr at i løpet av ett døgn har de kommet opp i omtrent 100 generasjoner. For oss vil det ta omtrent 2000 år å nå 100 generasjoner.

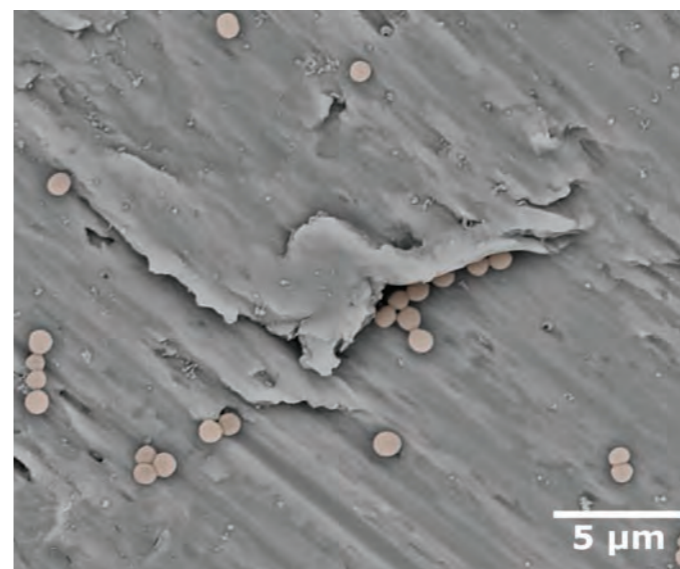


En klynge av *E. coli*-bakterier. Foto: Agricultural Research Service

## BAKTERIER OG TID

Siden bakteriene klarer å bli så mange på så kort tid, er det ikke så rart at de aller fleste bakterier klarer å tilpasse seg nye overflater. Så lenge én av dem klarer å leve i et nytt miljø, vil denne i løpet av bare noen timer ha delt seg mange ganger. Et ofte brukt eksempel går ut på å la en enslig *E. coli*-bakterie vokse helt ukontrollert i 36 timer. Da vil vi ha nok bakterier til å dekke hele jordas overflate. Lar vi dem vokse ukontrollert i 48 timer, vil vi ha så mange *E. coli*-bakterier at de veier like mye som 4000 jordkloder. Heldigvis vokser ikke bakteriene helt ukontrollert. Formeringen er kompleks og påvirkes av mange faktorer. For eksempel er den avhengig av hvilken bakterieart det er, miljøet rundt, som for eksempel temperatur og pH, tilgang på næringsstoffer og konkurranse mellom ulike bakterier.

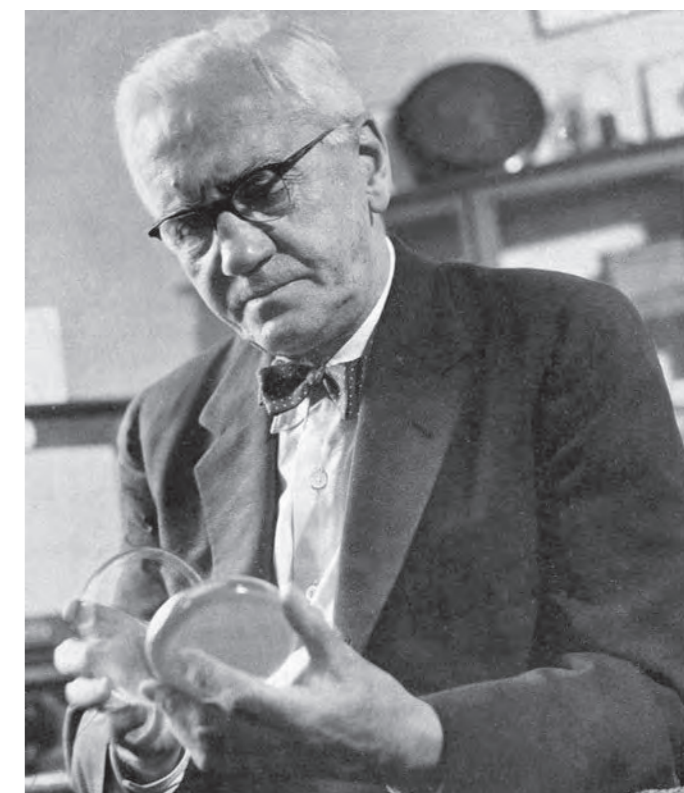
Den raske formeringen er en smart overlevelsesstrategi for bakteriene. Når de kommer til et nytt miljø der de kan bosette seg, vil de raskt klare å dekke store deler av en overflate. Det kan også skje spontane og hyppige endringer i arvestoffet, mutasjoner, som gjør at noen bakterier kan klare seg enda bedre i et nytt miljø. Mutasjonene gjør at bakterier er veldig tilpasningsdyktige og kan klare å bosette seg i de aller fleste miljøer.



*Staphylococcus epidermidis* klarer alltid å finne seg et sted på en overflate der den kan slå seg ned og gjemme seg vekk. Foto: Hanna Tainen, Odontologisk fakultet, UiO

### Medisinske komplikasjoner

Bakterienes tilpasningsevne og raske formering lager noen ganger problemer for oss, særlig innenfor helsevesenet. Helt siden Alexander Fleming oppdaget penicillin, og det etter hvert kom på markedet, har vi vært godt beskyttet mot farlige bakterier. All bruk av antibiotika, både riktig og gal, har gjort at bakteriene har utviklet motstandskraft, resistens, mot de aller fleste antibiotika vi har. Bakteriene blir motstandsdyktige mot antibiotikumet ved å finne en måte å unngå mekanismen som skader dem. Det kan være pumper som pumper antibiotikumet ut fra bakterien før det har en effekt, det kan være endringer i celleveggen som gjør at antibiotikumet ikke slipper inn, bakterien kan lage enzymer som ødelegger antibiotikumet eller målet for antibiotikumet kan være endret slik at det mister sin effekt.



Alexander Fleming oppdager penicillin.

# BAKTERIER OG TID

Bakteriene har motstandsmekanismene i genene sine, og bakteriene kan spre disse mellom seg. Enten kan de spres fra bakterie til bakterie på samme måte som fra foreldre til barn, eller de kan gis videre til andre bakterier i nærmiljøet. Når bakteriene er blitt motstandsdyktige, vil de raskt klare å lage en stor populasjon av resistente bakterier. Hvis vi er uheldige og den resistente bakteriepopulasjonen gir oss en infeksjon, vil det være vanskelig, i noen tilfeller umulig, å behandle infeksjonen.

Et annet område der bakterienes raske formering kan lage problemer, er ved den stadig voksende bruken av implantater. Når vi setter inn et implantat, vil det alltid være bakterier i nærheten. De er i operasjonsstuen, på pasienten og på operasjonsteamet. Etter at vi lærte mer om hvordan bakterier overføres og hvordan det går an å jobbe så sterilt som mulig, har vi redusert infeksjonsrisikoen, men det går ikke an å få det helt sterilt.



Tannimplantat. Ill.: colourbox.no

For mange bakterier vil overflaten på implantatet være et godt sted å bosette seg. Ved innsettingen konkurrerer bakteriene og kroppens egne celler om overflaten på implantatet. Hvis ikke immunforsvaret vårt klarer å kvitte seg med bakteriene, kan bakterien klare å bosette seg der. Da kan vi se konsekvensene av bakterienes raske formering i form av infeksjoner som i verste fall kan lede til store lidelser for pasienten. For å gjøre det enkelt, kan vi si at en menneskecelle trenger omtrent 24 timer for å dele seg, mens en bakterie trenger omtrent 30 minutter. På 24 timer vil vi da ha to celler, samtidig som vi kan ha 281 trillioner bakterier.

Når immunforsvaret svikter, kan det med andre ord bli litt problematisk. Heldigvis er immunforsvaret et fantastisk system. På den ene siden klarer det å forsvare oss mot farlige bakterier eller bakterier som har endt opp på feil sted. På den andre siden sørger det for at alle de bakteriene vi trenger for å overleve får være i fred, for eksempel bakteriene i tarmene.

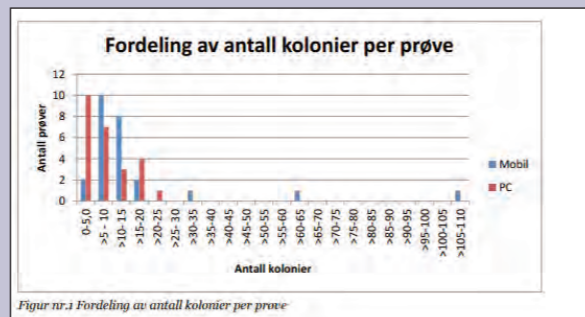
Uansett om det er bakterienes eller vår verden, så har vi utviklet oss sammen gjennom tusenvis av år og funnet en balanse. Når vi endrer på balansen, kan det fort skje at vi lager store problemer for oss selv uten at vi er klar over det. Vår bruk av antibiotika og utviklingen av implantater er gode eksempler på det.



Spiss er en læringsarena i faget teknologi og forskningslære i videregående skole. Elever publiserer egne forskningsartikler, med kollegavurdering fra elever ved andre skoler.

### Les om elevers forskningsprosjekt om bakterier:

- ER DET FORSKJELL PÅ BAKTERIEFOREKOMSTEN PÅ MYNTER OG SEDLER?  
[boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/794](http://boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/794)
- REN OG PEN – HVORDAN BØR DU VASKE HENDENE?  
[boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/782](http://boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/782)
- BAKTERIEBESTAND PÅ PC OG MOBIL  
[boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/763/765](http://boap.uib.no/index.php/spiss/article/view/763/765)



Figur nr.1 Fordeling av antall kolonier per prøve

Figur fra artikkelen *Bakteriebestand på PC og mobil.*

# BAKTERIER OG TID

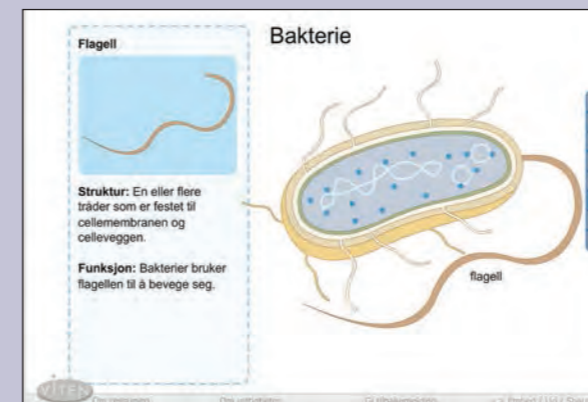


Hva er antibiotikaresistente bakterier? Se [naturfag.no/grubletegninger](http://naturfag.no/grubletegninger). Av Naturfagsenteret og Concept Cartoons / Millgate House Education

### Undervisningstips

Viten-objekt om hvordan en bakterie er bygd opp:

bokmål: [viten.no/?celler-oppbygning](http://viten.no/?celler-oppbygning)  
nynorsk: [viten.no/?celler-oppbygning\\_nn](http://viten.no/?celler-oppbygning_nn)



### Viten-objekt om kloning av gener ved hjelp av bakterier:

bokmål: [viten.no/?kloning\\_av\\_gener](http://viten.no/?kloning_av_gener)  
nynorsk: [viten.no/?kloning\\_av\\_gener\\_nn](http://viten.no/?kloning_av_gener_nn)







Foto: Nédím Husic

## FRA BØKENES VERDEN

# Dyr, sortert etter alder

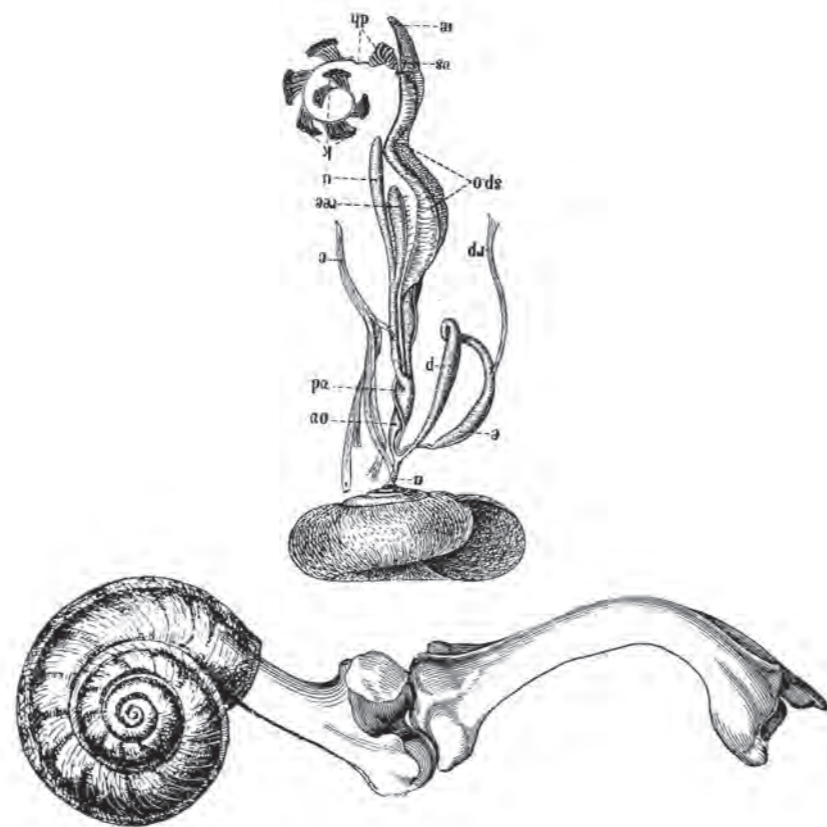
Utdrag fra boksingelen *Dyr, sortert etter alder* av Frøydis Sollid Simonsen.

### Kuskjell, 220–507 år, usikker alder

Kuskjellet er kanskje verdens eldste dyr, det blir kanskje 507 år gammelt, det blir kanskje 220 år gammelt, men så på den annen side – kanskje ikke. Kanskje er det bare at den lager mange kalklag i året i stedet for ett, eller to. Og hvem orker egentlig å bli så gammel, hvem orker å bli så gammel.

### Menneske, gjennomsnittsalder i Norge: 81,9, høyest observerte alder i verden: 122

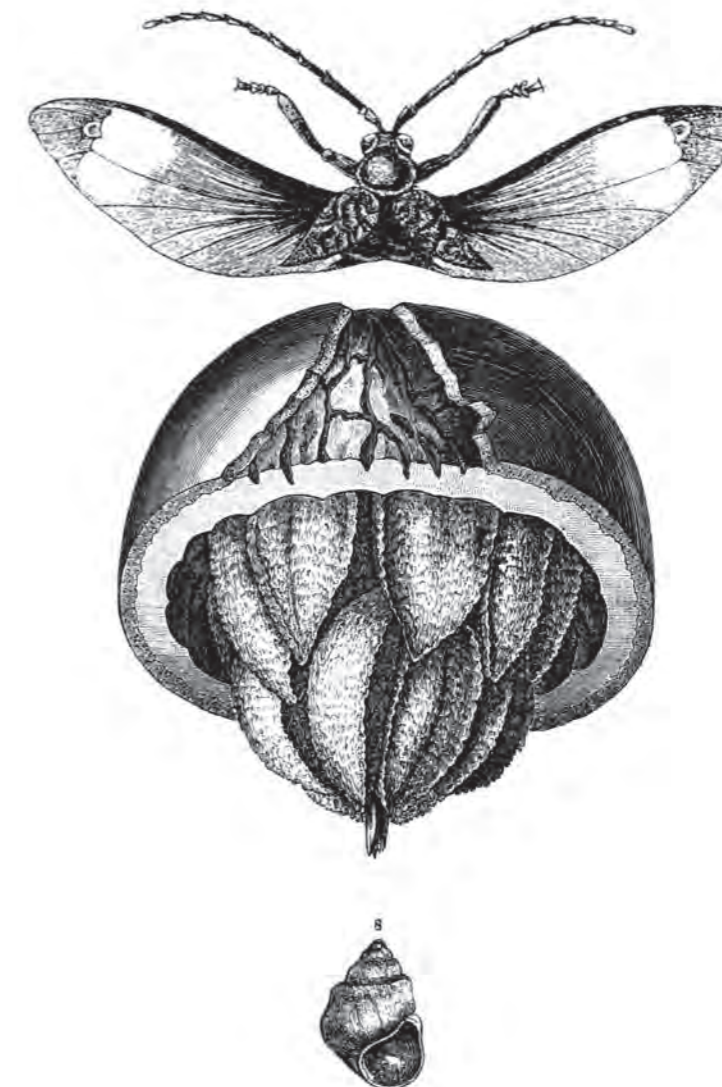
Farmor er 93 år, men hvem orker å bli så gammel. Alt som er helt går til slutt i stykker. Pennen jeg skriver med, stolen jeg sitter på, brillene mine, Hardangervidda. Oslofjorden. Farmor. Jeg. Å være hel er like midlertidig som at en krone henger i lufta. Kron eller mynt, resultatet er uansett alltid det samme.



## FRA BØKENES VERDEN

### Tomatsvermeren, 1 år

Tomatsvermeren har en ettårig syklus, som svært mange andre insekter. Den lever i Nord-Amerika og kan ødelegge store avlinger med tomater og tobakk. Farmor spør mamma om hun kan kjøpe hjertekirurg for henne. *Du vet, sånne små runde. Mener du tomater, spør mamma. Ja, sier farmor.* Menneskekroppen er delt i to deler, en høyre og en venstre, de ligner hverandre. Vi har dobbelt opp av en del organer, så hvis det ene svikter, kan det andre ta over. Hjertet har vi bare ett av, og det er som regel også det vi dør av. De vanligste dødsårsakene i Norge er hjerte- og karsykdommer. Ved åpne hjerteoperasjoner brukes generell anestesi, som blant annet forårsaker søvn og amnesi, det får musklene til å slappe av. Mange organsystemer kan bli påvirket av en hjerteoperasjon, som hjernen og nyrene, og en del av utfordringen ved anestesi er å beskytte organene best mulig. Farmor var anestesioverlege på Sophies Minde på 70-tallet. Etter hvert som man blir eldre stivner veggene i blodårene rundt hjertet, og hvert år lagres det stadig mer fett i dem, slik at de blir trangere. Høyt blodtrykk gir høyere sjanse for både hjerteinfarkt og hjerne slag. Farmor hadde en blodpropp. Når mamma kommer med en kurv røde økologiske tomater rister farmor på hodet. Det var smør hun ville ha.



## FRA BØKENES VERDEN

**Silkeormen, 1 år i naturen, noen måneder i oppdrett**

Foranderligheten. Alt forandres, forvandles, forsvinner. Silkeormen skifter hud fire ganger, den vokser fort. Den spiser og spiser og så vokser den opp, og så vokser den ut, når fargen blir gulaktig er det et tegn på at den snart skal forpuppe seg. Den spinner seg inn, forsvinner inn. Også livet forandres konstant: Jeg har vondt i hånda – noen dager seinere har det gått bort. Jeg har vondt i hjertet – noen måneder seinere har det gått bort. Jeg er stolt over noe jeg har fått til – følelsen forsvinner etter noen timer. Puppestadiet er et hvilestadie, der hviler larven, der vrir larven inn og ut på seg selv, der slutter larven å være larve og blir til en nattsvermer. Kokongene blir lagt i kokende vann så larven dør, silken blir spunnet ut, gjenbrukt. Siden larven allerede er kokt blir den ofte spist.



## FRA BØKENES VERDEN

***E. coli*, generasjonstid: 15–20 minutter i laboratoriet, 12–24 timer i tarmene**

En bakterie kan i teorien leve evig. De blir ikke gamle i vår forstand. Bakterien vokser og vokser og når den har nådd passende størrelse deler den seg i to. To – og likevel er den ene en perfekt kloning av den andre, moren og datteren faktisk like gamle, like. Halvparten av DNA-et fra den opprinnelige cellen, halvparten nytt. Det blir feil å snakke om individer i forhold til bakterier, én celle oppløses i, og gjenoppstår i, de neste to, fire, åtte, seksten cellene. I prinsippet kan kolonien øke eksponentielt i all evighet hvis det er tilgang på nok næringsstoffer. Heldigvis holder få prinsipper inn i evigheten, kan du tenke deg noe mer skremmende enn noe som varer evig? Et evig harmonisk englekor og en evigvarende diktator framstår som like uhyggelige. Et prinsipp som holder om ikke evig, så i det minste så lenge livet eksisterer, er at liv skal opphøre. At å leve handler om å gå til grunne.





## Aldersbestemmelse av mennesker

– Alderdommen er en uhelbredelig sykdom, sa folk i det gamle Roma. For også den gang var menneskene opptatt av den aldersmessige forandringen som skjedde med kroppen. På samme måte som i dag ville folk gjerne leve lenge, men uten egentlig å bli gamle.

Nå var da heller ikke levealderen så høy i eldre tider. Med manglende sykdomsforståelse og uten gode legemidler er det ikke underlig at gjennomsnittsalderen var omtrent det halve av hva den er i dag, altså rundt 40 år. Arkeologene som graver opp skjeletter fra fortiden, kan ved å undersøke disse anatomisk og antropologisk bidra til å gi oss en større forståelse av gamle dagers leveste og helsetilstand. Ikke bare kan gjennomsnittsalderen bestemmes, men like mye kan undersøkelsene fortelle oss om den høye spedbarnsdødeligheten. Den var et faktum i tidligere tider, da infeksjoner var mye utbredt og hvor manglende medisiner og forståelse av spedbarnsernæring tok livet av mange.



Ill.: colourbox.no

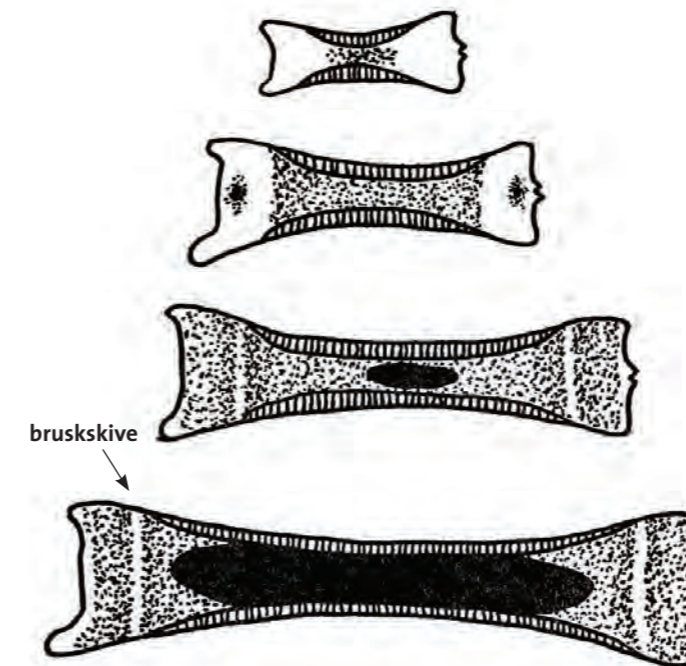
Men det er jo ikke bare i historisk perspektiv vi ønsker å vite noe om dette. Også politiet gjør bruk av aldersbestemmelser for å kunne identifisere en person. Det kan være funn av mennesker som er omkommet på en eller annen måte, og hvor ytre trekk ikke er tilstrekkelige for å finne ut hvem dette var. Og ikke minst har det i de senere år blitt aktuelt med aldersbestemmelse av levende personer – unge innvandrere der alderen er usikker.

### Utviklingen av skjelettet

Hvordan gjøres nå dette i praksis? Da må vi vite litt om hvordan skjelettet utvikler seg fra barn til voksne. Vi trenger en liten forelesning i anatomi!

Enkelt sagt begynner skjelettet vårt å dannes av bindevev når fosteret er 1½–2 måneder gammelt og bare måler en snau centimeter. Med samtidig utvikling av hjerte-kretsløpssystemet føres kalksalter til denne lille «kroppen», noe som jo er nødvendig for at et ordentlig skjelett av ben skal kunne anlegges og utvikles. Pussig nok er det to måter skjelettet dannes på. Mesteparten av hodeskallen og de to kravebena anlegges ved at det embryonale bindevevet går direkte over til å bli ben («direkte» forbening). I resten av skjelettet er det ikke slik. Der må bindevevet først bli til brusk, som så igjen blir til ben. Det kaller vi «indirekte» forbening. Hvorfor det er slik, vet vi ikke. Kanskje er det et ledd i menneskets utvikling? Kanskje et trinn videre i utviklingen hos primatene, siden enkelte primitive dyr – f.eks. haiene – jo ikke har hatt behov for å utvikle bensubstans, men fremdeles lever godt med et bruskskjelett.

Det er i hovedsak den indirekte forbeningen som – sammen med tannutviklingen – brukes til aldersbestemmelser. Siden bindevevet utvikler seg til brusk som en «mellomstasjon», vil vi altså på et visst tidspunkt ha et bruskskjelett (nesten slik som haiene)! Rundt hver av disse «brusknoklene» sitter det igjen en liten rest etter det opprinnelige bindevevet. Det har evnen til å danne ben! Nå dannes det først et benrør rundt «brusknokkelen», mens leddendene fortsatt bare er av brusk. Etter hvert vokser det blodkar inn i disse leddene og fører med seg kalksalter inn i brusken. Det danner seg benkjerner (epifysen) inne i brusken (se figur under). Både benkjernene og benrøret vokser, men de forbinder seg ikke direkte med hverandre. En rest av den opprinnelige brusken blir liggende som et «lim» mellom dem, med form som en skive. En slik bruskskive (epifyseskive) er rørknokkelenes vekstsone. Den danner nytt ben og sørger for at benrøret vokser i lengde. Knokkelenes tykkelse ivaretas av bindevevet utenpå. Denne prosessen styres av et veksthormon fra hypofysen, som er en del av hjernen. Så lenge veksthormonet dannes, blir det dannet stadig nytt ben av de fornybare epifyseskivene, og kroppshøyden øker.



Skjematisk utvikling av en rørknokkel.

### Vurderingen av røntgenbildet

På et visst tidspunkt reduseres denne hormonproduksjonen. Epifyseskivene danner ikke lenger nytt ben, og de fornyer seg heller ikke. De blir selv til ben og kommer ikke lenger til syne på et røntgenbilde. Vi har dermed nådd vår fulle kroppshøyde, og er blitt «voksne». Vanligvis skjer dette i løpet av 18–20-årsalderen.

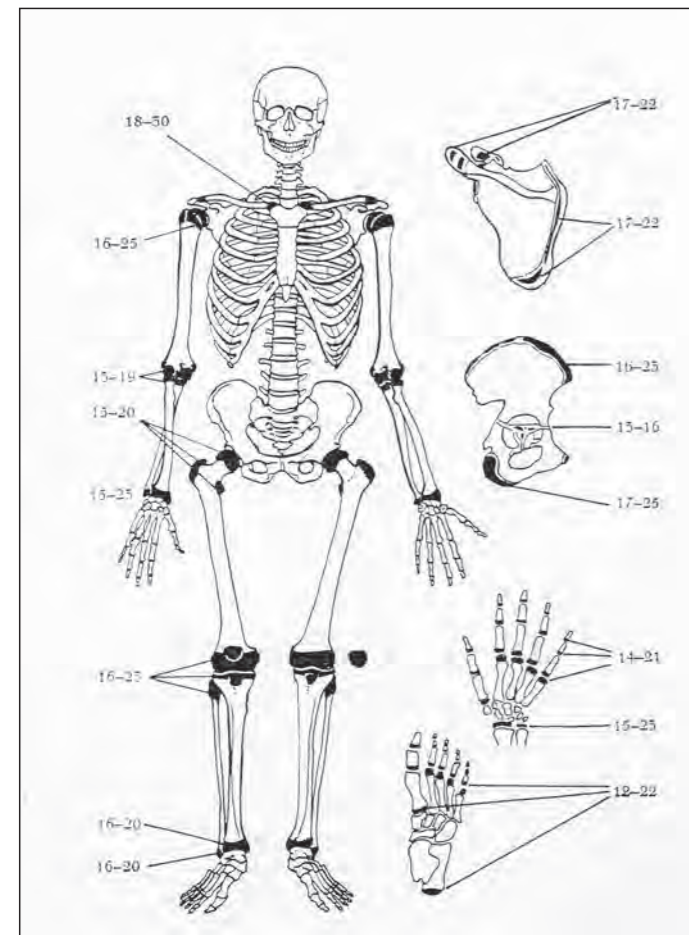
Nå er det imidlertid ikke slik at alle knoklene i kroppen slutter å vokse samtidig. Epifyseskivene lukker seg (dvs. forbener) til litt forskjellig tidspunkt. Noen forbener allerede i småbarnsalderen, mens andre holdes åpne til langt ut i 20-årene (se bilde under).



Røntgenbilde av hendene til en 6-åring. Legg merke til vekstsonene (epifyseskivene, se pil) på både fingerknoklene og på underarmsbena. Ikke alle håndrotsknoklene er ferdig utviklet. Foto: Antropologisk samling, Universitetet i Oslo

## ALDER

Når vi nå erfaringsmessig kjenner tidspunktet for anlegget av benkjernene i epifysene, samt for lukningstidspunktet av epifyseskivene, og tannutviklingen, så kan alt dette til sammen bidra til å gi oss et ganske nøyaktig inntrykk av vedkommendes alder. Er for eksempel en benkjerne i en håndrotsknokkel anlagt, mens den ennå mangler i en annen, kan man si at vedkommende er mellom så og så mange år gammel. Siden det er et visst slingsringsmonn og usikkerhet forbundet med dette, bruker vi helst uttrykket «aldersvurdering», og ikke «aldersbestemmelse», når vi bedømmer slikt.



Eksempler på epifyselukningen i de forskjellige delene av skjelettet. Tallene angir omtrentlige alderstrinn.

Aldersvurderinger kan selvsagt også gjøres på voksne individer, men da på en litt annen måte, og med større unøyaktighet, siden det jo ikke lenger finnes åpne epifyseskiver. Regelen er at nøyaktigheten avtar med økende alder. Mens vi kan angi alderen med 1–2 års nøyaktighet på skjelettet til et lite barn, kan usikkerheten øke til 10–20 år ved undersøkelse av gamle menneskers skjeletter.

## Les mer

... om aldersvurdering av asylsøkere. I denne artikkelen poengteres det at vi er like forskjellige inni som utenpå:



Faksimile fra aftenposten.no, bit.ly/1qxv1Nw

## ALDER

## Et dyr med evig ungdom

Småmaneten *Hydra* eldes ikke. Hemmeligheten ser ut til å være at den er stappfull av stamceller og at den kloner seg selv.



Faksimile fra aftenposten.no/viten/Dyret-som-aldri-dor-av-alderdom-8326792.html

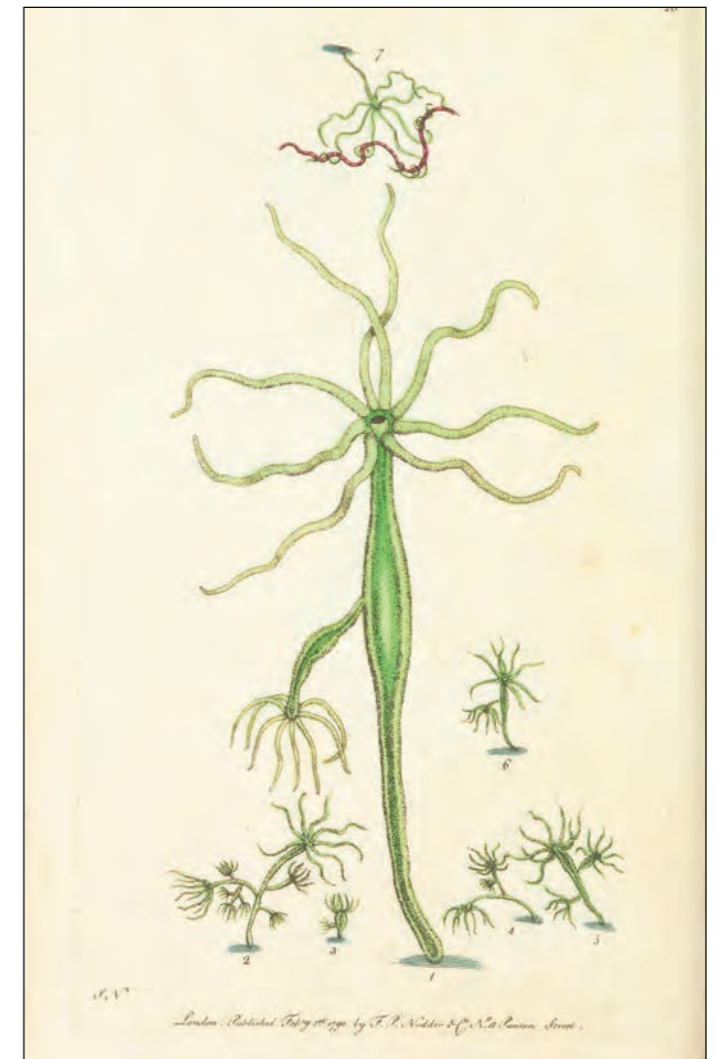
## Les mer om hydra

snl.no/Hydra%2Fferskvannspolypper

## Temaside om stamceller

Stamceller er en unik type celler som er ansvarlige for reparasjon av skade og vedlikehold av vev i kroppen vår. Forskere håper at stamcellene kan brukes til å kurere stadig flere sykdommer og til å lage nye organer.

bioteknologiradet.no/temaer/stamceller



Ill.: Frederick P. Nodder. Fra George Shaw og Frederick P. Nodder (1789). *The Naturalist's Miscellany: or Coloured Figures of Natural Objects; Drawn and Described Immediately from Nature. Vol. 1*



# Livsstilsendring kan bremse aldring

**Å spise sunnere, trene og redusere stress, kan bidra til at krypende kromosomtupper vokser tilbake. Dette kan sakke ned aldringsprosessen.**

For første gang rapporterer forskere at omfattende livsstilsendringer medfører at såkalte telomerer blir littegrann lengre. Telomerer kan si noe om den biologiske alderen til kroppen vår. De er små strukturer som sitter ytterst på kromosomene: trådene av DNA inni cellekjernen. Noen har sammenlignet telomerene med de små plastrullene som hindrer endene på skolissene i å frynse seg opp. Der ute på kromosomtuppene bidrar de til å beskytte genmaterialet vårt, samt å påvirke hvor raskt celler i kroppen eldes.

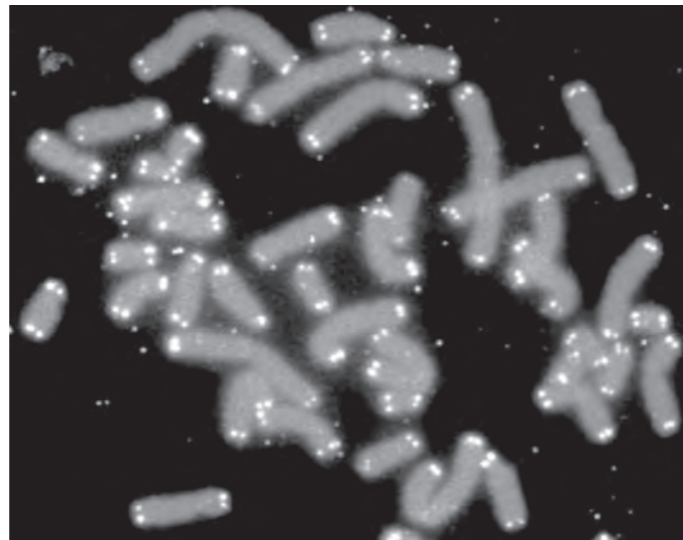
## – Koblet til mindre sykdom, lengre liv

– Folk tenker jo at «jeg har dårlige gener, det er ikke noe å gjøre med». Men våre funn antyder at telomerer kan bli lengre avhengig av hvor mye livsstilen endres. Fra før har tidligere studier vist at lengre telomerer er koblet til mindre sykdom og et lengre liv, sier professor Dean Ornish ved University of California, USA, i en pressemelding.

Naturlig aldring svekker strukturen og forkorter telomerene, så hos eldre personer er lengden derfor vesentlig redusert sammenlignet med hos yngre. Til slutt er det ikke mer å gå på. Da synger tilværelsen på siste verset.

## Ble littegrann lengre

Men de nye resultatene antyder altså at vi kan reversere den stadige forkortingen en smule gjennom livsstilen. Forskere viser at telomer-lengden økte med ti prosent over fem år blant personer med lite aggressiv prostatakreft som innebærer tett oppfølging – men verken stråling eller kirurgi. Forsøkspersonene gikk 30 minutter daglig seks dager i uken. De spiste mye frukt og grønnsaker, helkornprodukter og mat med lite fett og få raskt omsette-



Menneskets kromosomer, med beskyttende telomerer (hvite) på tuppene.

lige karbohydrater. Stressreduksjon ble ivaretatt av pustøvelser, yoga og meditasjon, mens de også deltok i gruppesamtaler for å styrke sosiale relasjoner. Mennene i kontrollgruppen hadde samme sykdom, men gjorde ikke noen livsstilsendringer. De opplevde at telomerenes lengde ble redusert med tre prosent.

Forskerne tror funnene kan være overførbare også til personer som ikke har prostatakreft. Professor Ornish påpeker at de undersøkte telomerlengder i blodceller, ikke i prostatavev.

## Lengre hos godt trente eldre

Tidligere har NTNU-forskere rapportert i PLOS ONE ([bit.ly/24paytH](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174444)) at eldre utøvere (66–77 år) i utholdenhetsidretter har lengre telomerer enn jevnaldrende som ikke drev idrett. Resultatene stipendiat Ida Beate Ø. Østhus og kolleger kom fram til i 2012, antyder at maks oksygenopptak og langvarig trening henger sammen med lengden på nettopp kromosomtuppene.

I 2008 viste forskere fra King's College London ([bbc.in/1QcGolo](https://www.bbc.com/news/health-11944444)) at folk som er i dårlig form, fikk raskere forkorting av telomerer, og antydte at de var biologisk eldre enn andre mer aktive jevnaldrende.

Den nye Lancet-studien omfatter 35 personer og er en pilotstudie. Det betyr at forskerne har gransket et fenomen i liten skala, og at det trengs nye studier med flere deltakere.

## Varsom med konklusjoner

Eksperter som ikke har vært involvert i arbeidet, mener det er for tidlig å konkludere om livsstilsendringers effekt på telomerer.

– Jeg lar meg ikke rive med av begeistring før disse funnene kan gjenskapes i en større studie, og med enda tydeligere effekter, sier Tom Vulliamy ved Queen Mary University of London til BBC News.

Blant annet påpekes det at lengden på telomerer ikke kan framsettes som en eneste forklaring på hvor fort eller sakte mennesker eldes. For eksempel er det slik at selv om mennesker lever mye lengre enn mus, så har vi kortere telomerer enn de små gnagerne, skriver BBC. De nye funnene er publisert i tidsskriftet *The Lancet Oncology*.

*Artikkelen er tidligere publisert på forskning.no: [forskning.no/aldring-menneskekroppen-biologi-dna/2013/09/livsstilsendring-kan-bremse-aldring](https://www.forskning.no/aldring-menneskekroppen-biologi-dna/2013/09/livsstilsendring-kan-bremse-aldring)*

## Les mer

- [forskning.no/aldring-dna/2012/01/spar-levealder-i-kromosomtupper](https://www.forskning.no/aldring-dna/2012/01/spar-levealder-i-kromosomtupper)
- [forskning.no/aldring-forebyggende-helse/2008/04/raskere-aldring-uten-fysisk-aktivitet](https://www.forskning.no/aldring-forebyggende-helse/2008/04/raskere-aldring-uten-fysisk-aktivitet)



Eldre utøvere i utholdenhetsidretter har lengre telomerer. Ill.: colourbox.no

## Hva er telomerer?

Telomerer er DNA-sekvenser i hver ende av kromosomene som stabiliserer og beskytter kromosomet mot sammenfiltring med andre kromosomer. Telomerene kan sammenlignes med plastikkuppen på skolisser som hindrer endene i å bli frynsete. Telomerene forkortes hver gang cellen deler seg. Lengden på telomerene bestemmer cellas levetid. Telomerene er derfor viktige i kroppens aldringsprosess. Enzymet telomerase, som er aktivt i enkelte celler, kan forlenge telomerene.

Snl.no

## Referanse

Dean Ornish, m.fl. (2013). Effect of comprehensive lifestyle changes on telomerase activity and telomere length in men with biopsy-proven low-risk prostate cancer: 5-year follow-up of a descriptive pilot study. *The Lancet Oncology*, 14(11), [bit.ly/1OmtEHJ](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)26111-1)

## DET RASKE NERVESYSTEMET



# Raske signal i kroppen

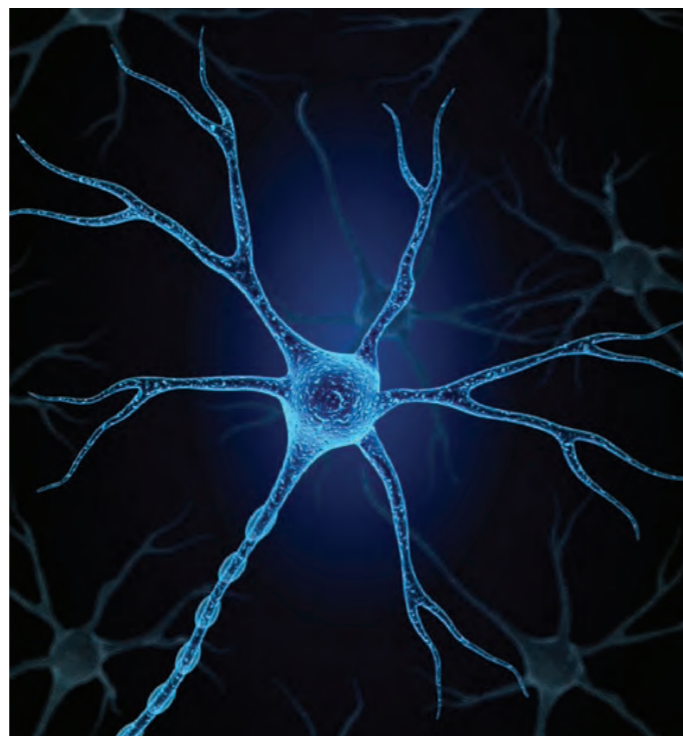
Har du tenkt på kor raskt du reagerer når noko skjer? Dersom nokon kastar ein ball mot deg, tek det superkort tid før du løftar hendene for å ta i mot. Det som skjer på denne korte tida, er at auget registrerer noko, eit signal om dette blir sendt til synssenteret i hjernen, eit signal herifrå blir sendt til eit anna område av hjernen som igjen sender beskjed ut til musklar i armene som trekker seg saman og løftar hendene. Og alt dette skjer i løpet av omtrent to tidels sekund!

### Eit raskt nervesystem – korleis?

Korleis i all verda kan alt dette skje på så kort tid? Korleis blir nerveresignal sende i kroppen vår? Det som gjer at nervesystemet er så kjapt, er at det blir sendt elektriske signal nedover nervecellene. Dette kallar vi *aksjonspotensial*. Kort sagt spreier ein elektrisk impuls seg langs cellemembranen. For at signalet skal gå endå raskare, er dei lange utstikkarane til nervecellene (*aksonane*), innhylla av korte bitar med isolerande membranar som vi kallar myelinskjedar. Dette får dei elektriske signala til å hoppe frå mellomrom til mellomrom mellom desse myelinbitane. Ved sjukdommen multipel sklerose blir slike myelinskjedar angripne, noko som påverkar farten til nerveresignala.

Men kva skjer i overgangen frå ei nervecelle til ei anna? Det elektriske signalet får små blærer i enden av nervecella til å «smelte saman» med cellemembranen, slik at innhaldet i blærene, signalstoffa, blir sleppt ut av nervecella til det som vi kallar *synapsespalta*, mellomrommet mellom dei to nervecellene. Desse signalstoffa diffunderer over denne synapsespalta, og diffusjon er ein mykje langsammare prosess enn elektriske signal. Stoffa vil etter kvart treffe mottakarprotein – reseptorar – på den neste cella, som igjen fører til at det blir sett i gong eit elektrisk signal her.

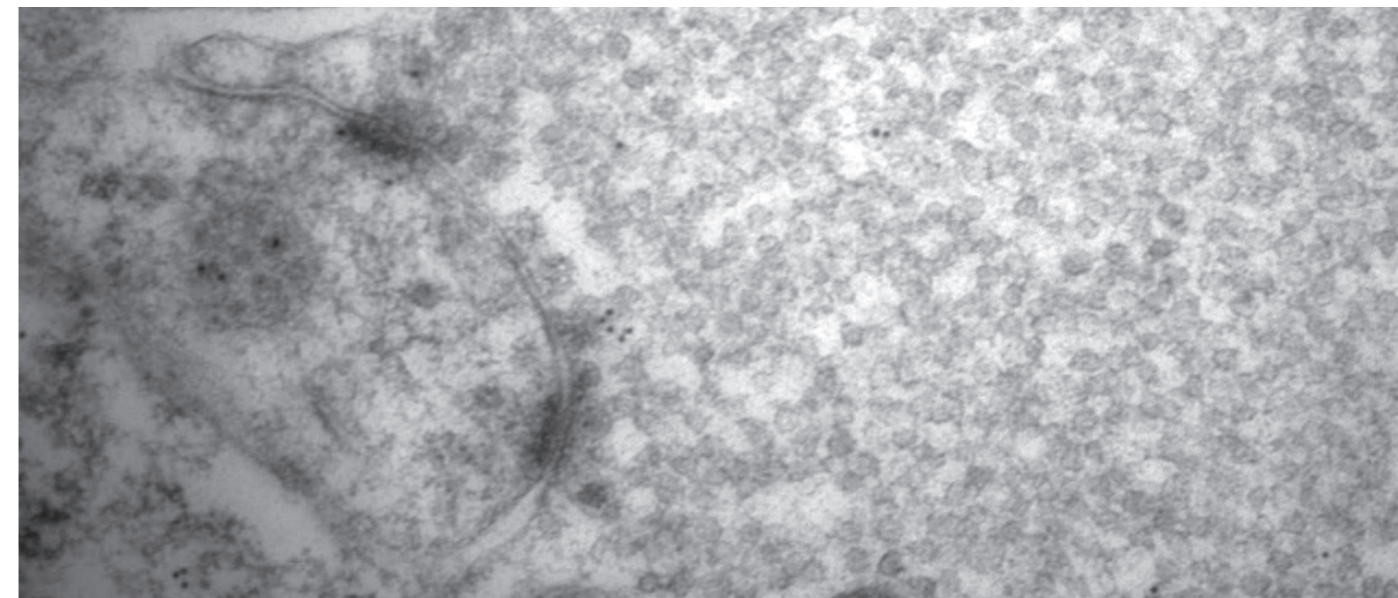
Dersom det hadde vore mange slike synapsespalter som signalet skulle ha passert, ville vi nok mykje oftare fått ein ball i hovudet ... Heldigvis er det berre to til tre nerveceller som utgjer heile vegen frå synsinntrykk til respons.



Ei nervecelle består av ein cellekropp med utløparar. Signalet går langs aksonet (nedover til venstre), her med myelinskjedar. Ill.: colourbox.no



## DET RASKE NERVESYSTEMET



Elektronmikroskopbilde frå hippocampus i rottehjerne. Dei mørke områda er synapsar der vi ser synapsespalta mellom enden av aksonet (nerveterminalen) til ei nervecelle og utløparar frå neste nervecelle. Nerveterminalen er den høgre halvdel av bildet, vi ser at denne inneheld mange blærer. Foto: Aud Ragnhild Skår

### Les meir

... om korleis nervecellene kommuniserer seg imellom. [forskning.no/hjernen/2010/09/nervecellenes-stemme](http://forskning.no/hjernen/2010/09/nervecellenes-stemme)



### Eit raskt nervesystem – kvifor?

Men kvifor treng vi eit raskt nervesystem? Vi er avhengige av å kunne reagere raskt på endringar i omgjevnadane for å verne oss mot fare. Vi observerer lukt, lys, lyd osv. og kan handle ut frå det vi observerer. Ein lyd som varslar fare vil vi raskt kunne svare på med å røme unna. Eller smertesignal dersom vi tar på noko med for høg temperatur eller som på annan måte kan skade oss. Det er nervesystemet som styrer musklane våre, slik at vi kan bevege oss. Nervesystemet gir også viktig informasjon om kva som skjer inni kroppen vår, og overvaker endringar.

Aller raskast reagerer vi når signalet går utanom hjernen og direkte via ryggmargen. Dette kallar vi ein refleksboge. Hjernen får berre signal om kva som har skjedd etterpå. Dersom handa vår kjem borti noko som er brennande varmt, har vi trekt til oss handa før vi eigentleg skjønnte kva som gjekk føre seg. Signalet går gjennom ei nervecelle til ryggmargen og gjennom ei anna tilbake til muskelen – altså er det få synapsespalter å bevege seg over.



## DET RASKE NERVESYSTEMET

### Undervisningstips

#### Korleis verkar nervesystemet?

Passar for 8.–10. årstrinn, kropp og helse.

Korleis kan vi sjekke kor lang tid eit nervesignal tar?

[naturfag.no/nervesystemet](http://naturfag.no/nervesystemet)



### Undervisningstips

Med appen *Reflex Test* (Android/Apple) kan du måle reaksjonstid på høyrsel, syn og berøring. Reaksjonstida blir målt ved at du trykker så raskt som mogleg etter eit lyd-signal, etter at eit felt skifter farge eller etter at mobilen



vibrerer. *Reflex Test* er gratis og krev ingen særskilde tillatingar på mobilen/nettbrettet, men inneheld reklame.

Fleire appar og info om personvern osv. finn du på [naturfag.no/apper](http://naturfag.no/apper)

### Hormonsystemet

Hormonsystemet er også eit system for å sende signal i kroppen, men eit meir langsamt signalsystem enn nervesystemet. Ein viktig forskjell mellom nerve- og hormonsystemet er altså tida det tar å sende eit signal.

Hormona blir enkelt sagt laga ein stad i kroppen, blir sende ut i blodårene og kan verke på celler (målceller) ein annan stad i kroppen. For eksempel blir insulin produsert i bukspyttkjertelen og får blant anna muskelceller til å auke opptaket av glukose frå blodet. Sjølv om blodet blir pumpa rundt i kroppen heile tida, tar det ei viss tid før hormona når målcellene.

Som ein hovudregel styrer hormon prosessar som held fram over tid, så det er ikkje behov for like raske reaksjonar som dei prosessane nervesystemet styrer. Hormon styrer ulike biologiske rytmar som døgnrytme (sjå s. 75), puberteten og menstruasjonsyklus.

### Fight-flight-respons

Kva skjer når vi plutsleg kjem opp i ein farleg situasjon? Dersom du oppdagar ein innbruddstjuv, har du to val: du kan ta opp kampen eller du kan springe vekk så fort du kan (eller eventuelt stivne av skrekk). I begge situasjonane treng du å vere skjerpa, rask og sterk. Det blir sende ut signal frå ein del av hjernen som blir kalla hypothalamus både til ein del av *nervesystemet* som blir kalla det sympatiske nervesystemet og til ein del av *hormonsystemet* som får hormona adrenalin og noradrenalin til å bli sleppte ut i blodbanen. Responsen er at blant anna pusten, pulsen, blodtrykket og glukosenivået i blodet aukar. Blodtilførselen til dei store muskelgruppene aukar, slik at dei kan yte størst mogleg innsats. Dei indre organa (bortsett frå hjartet) må derimot nøye seg med redusert blodtilførsel.

## DØGNRYTME

# Klokka i kroppen – den indre døgnklokka vår

Kroppen vår er som ei klokke. Det skjer endringar gjennom dei 24 timane i døgnet. Denne klokka blir styrt både innanfrå og utanfrå.

### Døgnrytme

Mange prosessar i kroppen vår endrar seg gjennom døgnet, som temperaturen, konsentrasjonsevna og til og med urinproduksjonen. Lyset er viktig for denne klokka. Dersom du oppheld deg i fullstendig mørke, vil kroppen din fortsette å ha ein døgnrytme likevel. Han vil riktignok vere på litt meir enn 24 timar. Det er lyset som finjusterer døgnrytmen til 24 timar, som ei følge av jordas rotasjon om sin eigen akse. Lengda på døgnrytmen utan lyspåverknad vil variere noko frå person til person. Dei med lengst døgnrytme kallar vi B-menneske, og dei med kortast døgnrytme kallar vi A-menneske.

### Klokkegen

Visste du at det sit mange klokker rundt omkring i kroppen din? Det finst nemleg spesielle *klokkegen* i arvematerialet vårt. Desse klokkegena gir oppskrifta på *klokkeprotein*. Desse proteina blir laga i cellene i eit syklisk mønster gjennom døgnet. Dei blir laga, og så skjer det ei såkalla negativ tilbakekopling som hindrar at det blir laga fleire. Klokkeproteina styrer når vi er vakne og når vi er trøtte. Dei påverkar også blant anna kroppstemperatur, puls, utskiljing av hormon, stoffskifte og blodtrykk.

### Hovudsentralen

Hovudsentralen for døgnrytmen sit i ein bestemt del av hjernen, *hypothalamus*. Ei samling av celler her (dei suprachiasmatiske kjernene, SCN, *Nucleus suprachiasmaticus*) blir gjerne kalla vår «biologiske klokke». SCN synkroniserer alle dei små klokkene som

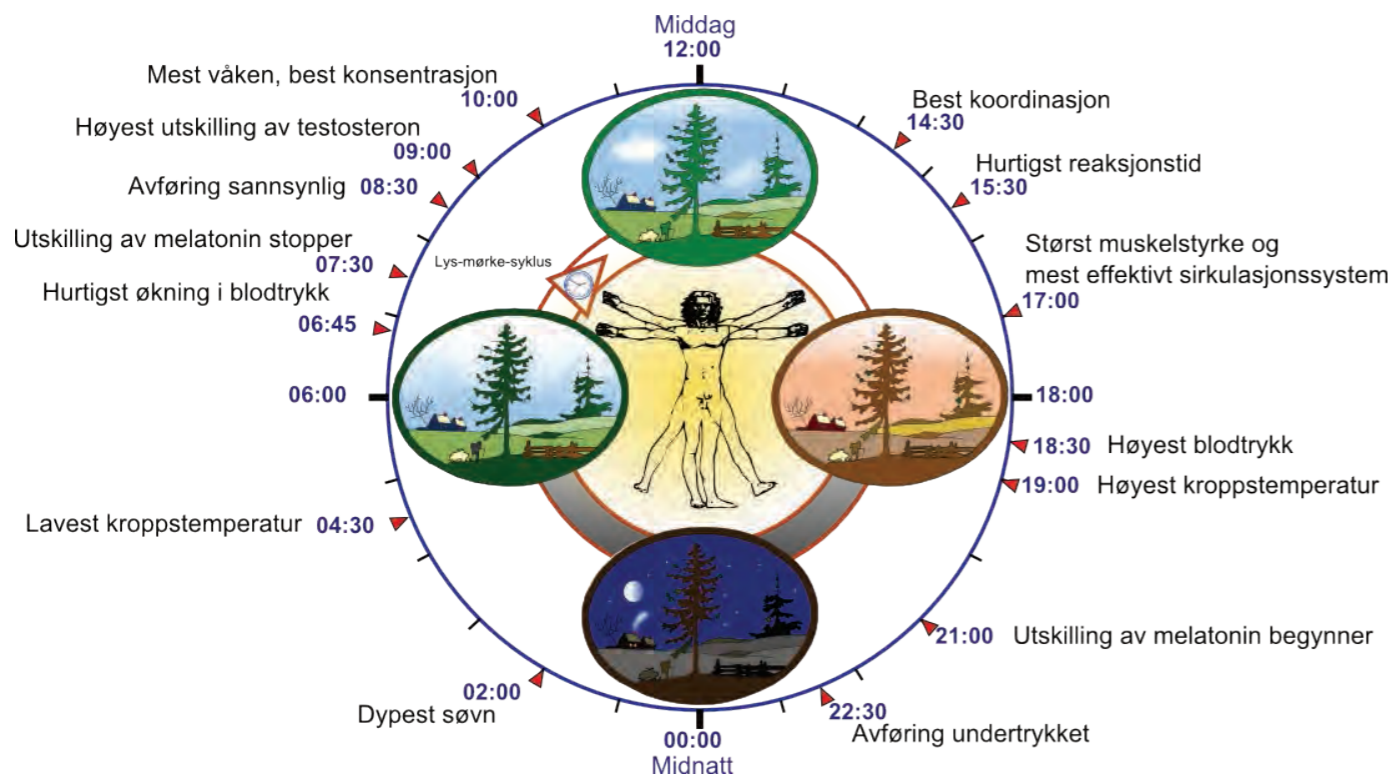
### Visste du at ...

... ordet hormon er gresk og betyr å vekke? Det som skjer i kroppen er at hormon vekker ein respons.  
... døgnrytme òg blir kalla cirkadiansk rytme? *Cirka* betyr omtrent, *diem* betyr dag.  
... det å studere biologiske rytmar blir kalla kronobiologi?  
... tidspunktet på døgnet for medisinerer kan ha stor betydning for effekten?

### Omgrep

- **reseptor**: strukturar på celleoverflata til målceller som passar til bestemte stoff, som hormon.
- **respons**: når eit stoff bind seg til ein reseptor, får vi ein bestemt respons.
- **målcelle**: ei celle som har reseptorar som passar til eit bestemt hormon.
- **tilbakekopling**: auka hormonmengde kan bremse (negativ tilbakekopling) eller auke (positiv tilbakekopling) hormonproduksjon og -utskiljing.
- **homeostase**: korleis kroppen opprettheld konstante forhold i det indre miljøet (likevekt). Ordet kjem av av gresk *homos*, «same», og *stasis*, «stillstand».

# DØGNRYTME



Ill.: User:Soulkeeper, CC BY-SA 3.0

sit rundt i kroppen. SCN regulerer søvnen, stoffskiftet og hormonproduksjonen. Denne hovudsentralen blir blant anna påverka av lys via netthinna i auget. Det er eigne lyssensitive celler som sit i netthinna som sender signal til SCN.

## Søvnregulering

SCN har reseptorar for, og blir dermed regulert av, eit viktig søvnhormon som heiter *melatonin*. Melatonin blir skilt ut frå ein liten kjertel i nærleiken av hypothalamus som blir kalla epifysen (eller pinealkjertelen). Når det er mørkt, blir det skilt ut meir melatonin enn når det er lyst. Melatonin gjer oss trøytte. Maksimal utskiljing av melatonin har vi rett etter midnatt, og så blir det skilt ut mindre og mindre utover natta.

Ved søvnproblem kan vi bruke lyset aktivt. Dersom du er eit utprega B-menneske som ikkje får sove før langt utpå natta, er det lurt å få dagslys så tidleg på dagen som mogleg, og ikkje ha det for

lyst på kvelden. Å stirre på ein mobilskjerm fram til du skal legge deg, er for eksempel ikkje så lurt.



Ill.: colourbox.no



# DØGNRYTME

## Kroppstemperatur

Kroppstemperaturen er ikkje den same gjennom døgnet. Det er greit å vite det når vi sjekkar om vi har feber. Temperaturtoppen har vi på ettermiddagen, og lågast temperatur tidleg om morgonen. Temperaturen kan svinge med opptil ein grad.

## Utfordringar for den indre klokka

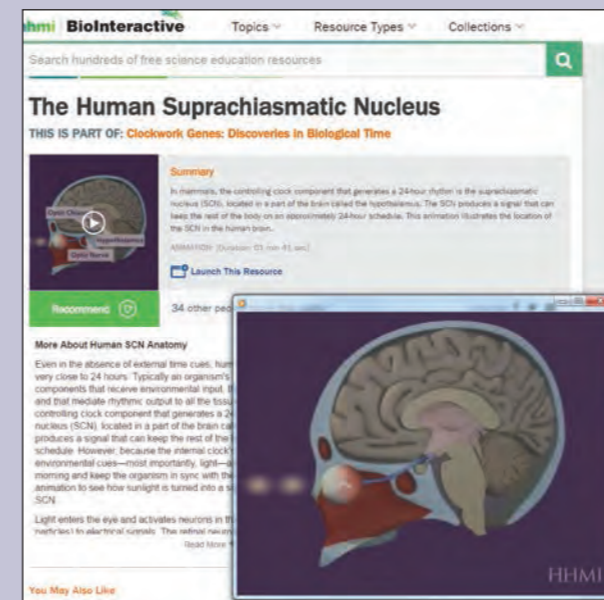
Når vi reiser over fleire tidssoner, vil det bli eit misforhold mellom lokal tid og klokka i kroppen vår. I tillegg vil det vere eit misforhold mellom hovudsentralen, SCN, og småklokkene rundt i kroppen vår. Det vil gjerne ta nokre dagar før desse klokkene i kroppen tilpassar seg den lokale tida.

Skifte til og frå sommartid rotar også til døgnrytmen vår. Å stille klokka ein time fram eller tilbake skapar forvirring for småklok-

kene våre. Sjølv om vi stiller klokka, stiller ikkje vår biologiske klokke seg automatisk. Nattarbeid kan vere ei stor påkjenning for kroppen. Å vere vaken når vi eigentleg skal sove, gir kroppen utfordringar.

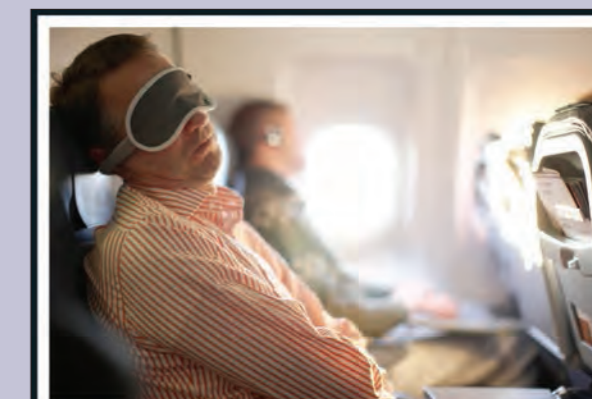
## Les meir

... om SCN og sjå ein animasjon: [hhmi.org/biointeractive/human-suprachiasmatic-nucleus](http://hhmi.org/biointeractive/human-suprachiasmatic-nucleus)



## Les meir

... om jetlag: [forskning.no/2016/02/korte-blink-mot-jetlag](http://forskning.no/2016/02/korte-blink-mot-jetlag)



Skjerming mot lys og kunstig lys kan forskyve døgnrytmen når du er døgnvill på lange flyreiser over flere tidssoner. Det kan også korte lysblink - mens du sover: Disse blinkene er nesten fire gonger så effektive til å forskyve døgnrytmen som jevnt lys. Ifølge forskere fra det amerikanske Stanford-universitetet. (Foto: Anton Badini/Plainpicture/NTB scanpix)

## Korte blink mot jetlag

Virker bedre enn jevnt lys, ifølge amerikanske forskere.

## Undervisningstips

### Over tid-prosjekt (sjå s. 78)

Passar for 10. årstrinn, kropp og helse.

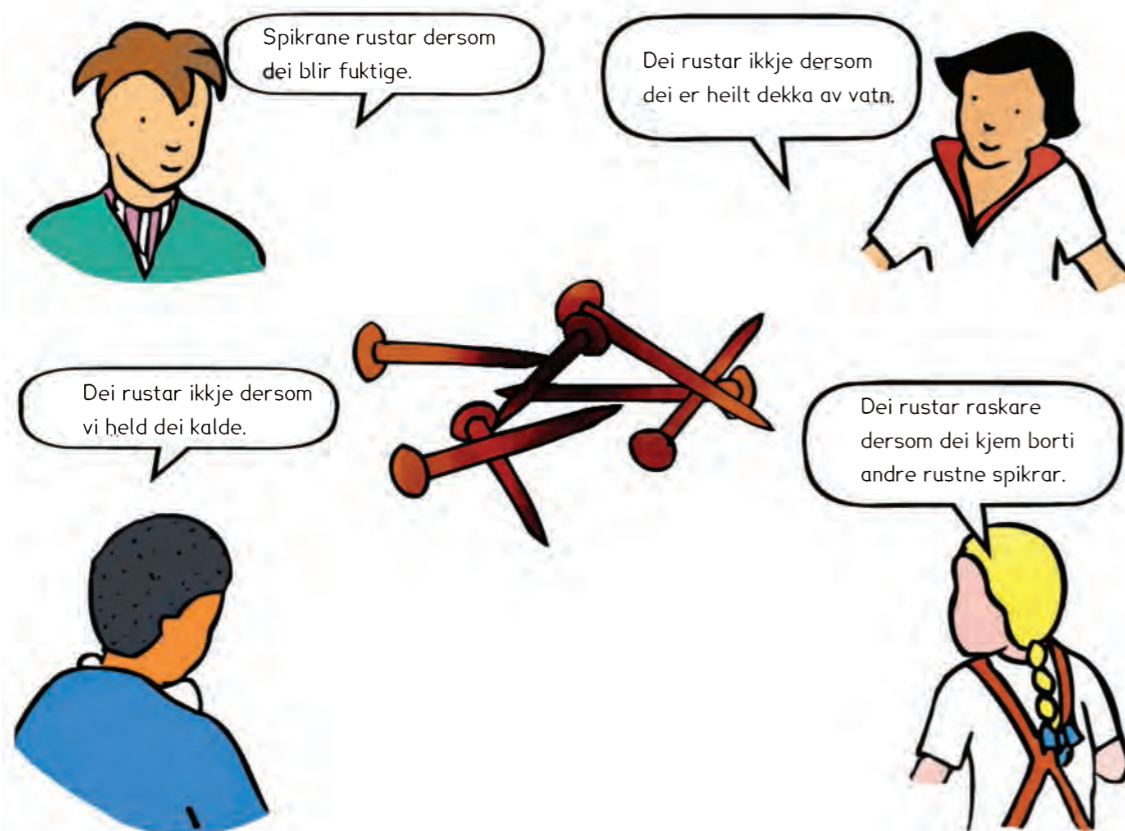
- Kartlegging av søvnmønster: Kven er A- og B-menneske? Kan lys få oss til å endre søvnmønster?
- Endrar kroppstemperaturen seg gjennom døgnet?
- Endrar reaksjonsfarten seg gjennom døgnet?

Til diskusjon: Bør skuledagen byrje seinare på dagen for tenåringar?



## Observasjon over tid

Det er mykje som endrar seg over tid. Ein endringsprosess kan vare over dagar eller månadar – eller vere over på nokre få sekund. Likevel er det noko som er felles for korleis vi kan følge med på desse prosessane. I dette eksempelet har vi valt rusting, men du kan fint tilpasse det heilt andre prosessar.



Sjå [naturfag.no/grubleteikningar](http://naturfag.no/grubleteikningar). Av Naturfagsenteret og Concept Cartoons / Millgate House Education



Ill.: colourbox.no

### Interessevekking og førebuing

Diskuter grubleteikninga om rusting saman med elevane. Få fram ulike idear hos elevane. Kva for ting har dei opplevd at rustar? Kva lurar dei på om rust?

Be elevane gå på fotojakt for å finne fem ulike bilde av noko som rustar. Elevane skal i smågrupper vise bilda til kvarandre og finne kva for materiale som rustar og kva problem rust skapar. Saman skriv dei ein tekst om rust med bilda som illustrasjonar. Kvar gruppe presenterer teksten sin for resten av klassa. Les meir på [naturfag.no/bildeomgrep](http://naturfag.no/bildeomgrep).

Neste steg er at elevane lagar ein plan for noko dei vil undersøke om rust. Gi forslag om kva dei kan undersøke, som å samanlikne kor fort ulike materiale rustar eller i kva for grad spikrar rustar i vatn, tørr luft og fuktig luft. Be elevane diskutere to og to kva dei vil undersøke. Vidare må dei lage eit forskingsspørsmål og formulere ein hypotese som svar på spørsmålet.

### Dokumentasjon undervegs

For å dokumentere endringsprosessen bør elevane ta notat av observasjonane sine undervegs. Dei kan også ta bilde med jamne mellomrom. Det er viktig at dei er nøye med å datere eller notere klokkeslett på observasjonane. Observasjonane vil ofte skape nye spørsmål, så minn dei på å notere undervegs det dei lurar på.

### Formidle og diskutere resultat

Til slutt må elevane presentere resultatane sine, ved å vise bilda og eventuelle tabellar eller grafar når det er noko kvantitativt å vise. For eksempel kor mykje rust det blei på spikrane som låg i vatn, tørr luft osv. eller etter kor lang tid rusten kom fram i dei ulike materiala. Elevane kan også lage ei forteljing eller ein teikneserie som viser prosessen.

Les meir på [naturfag.no/overtid](http://naturfag.no/overtid)

### Tips til andre prosessar

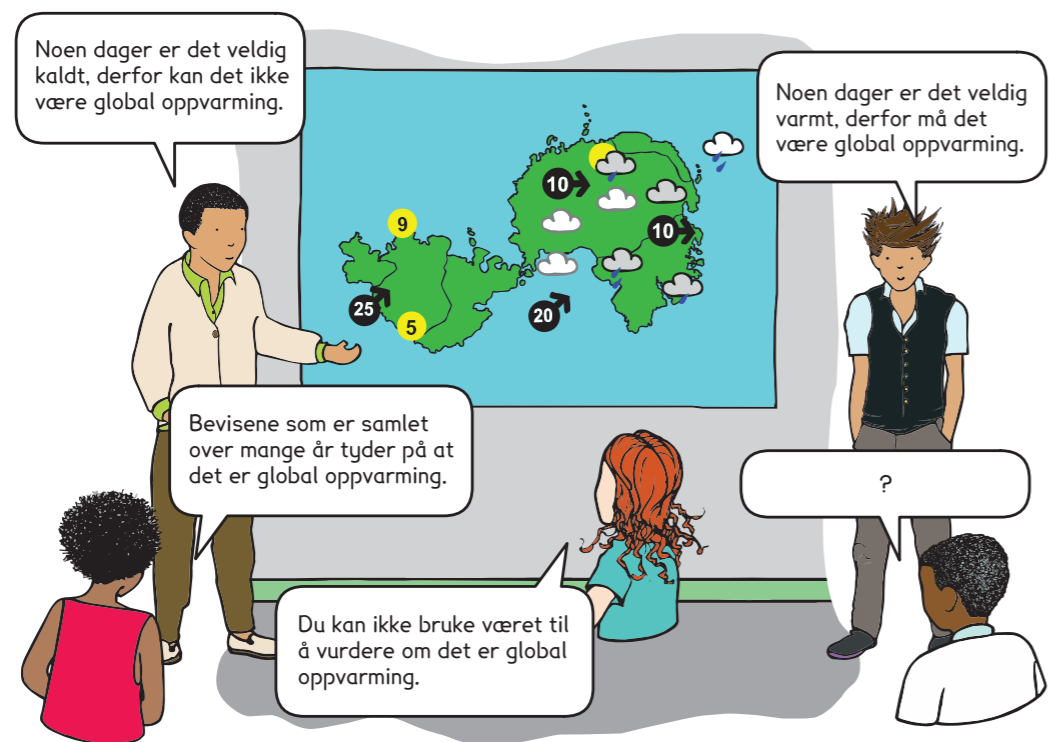
- Kompost (sjå [naturfag.no/kompost](http://naturfag.no/kompost))
- Vatn som fordampar
- Mugg
- Pulsending
- Tre gjennom året (sjå [naturfag.no/følgetre](http://naturfag.no/følgetre))
- Frø som spirer (sjå [naturfag.no/frøstørrelse](http://naturfag.no/frøstørrelse))
- Månefasar (sjå [naturfag.no/månefase](http://naturfag.no/månefase))
- Bakterievekst
- Værobserveringar (sjå [naturfag.no/vær](http://naturfag.no/vær))



Ta bilde av eit tre over tid. Sjå [naturfag.no/bildeavtre](http://naturfag.no/bildeavtre)

# Tid – en barriere for klimakommunikasjon?

Det er lett å forstå været i dag, i går og værvarslet for neste uke, men er det lett å forstå eller ta innover seg hva klima er? Eller forskernes målinger og analyser av klima og klimaendringene?



Er det global oppvarming? Se [naturfag.no/grubletegninger](http://naturfag.no/grubletegninger). Av Naturfagsenteret og Concept Cartoons / Millgate House Education



Været er det vi observerer og måler flere ganger om dagen – slik som temperatur, nedbør, vind osv. Det kan forandre seg fra time til time. Klima, derimot, er det været vi har observert over mange år. På bakgrunn av værforholdene over mange år kan vi si noe om at klimaet har forandret seg og at den gjennomsnittlige temperaturen på jorda har steget.

Selv om vi de siste årene har sett flere ekstreme værhendelser, fått flere urovekkende og forskningsbaserte klimafakta og blitt presentert for betydningene av økt gjennomsnittstemperatur på jorda, er det vanskelig for den enkelte å ta dette alvoret inn i sin egen hverdag. Hvorfor er vi ikke bekymret for jordas framtid og hvorfor gjør vi så lite? Per Espen Stoknes har skrevet en bok om nettopp dette, hvor han sier at vi velger feil utgangspunkt for klimakommunikasjon. Kampanjer, artikler, filmer, presentasjoner, ja, så å si alle som forteller oss om klima, antar at publikum er uvitende og trenger påfyll av fakta – så de pøser på med mer fakta! Da kan det lett oppstå en avstand mellom formidler og mottaker, hvor mottakeren beskytter seg selv. Resultatet er ansvarsfraskrivelse, maktløshet og handlingslammelse hos de fleste. Vi er fulle av filtre, skremselspropaganda selger ikke, det kan true vår sosiale identitet og tilhørighet, eller: problemet er globalt og det er lite «lille meg» kan bidra med! I tillegg – og kanskje den største barrieren i klimakommunikasjon – er kanskje vår følelse av at klimaendringene er «fjernt» i TID og sted. Denne endringen av klima tar så lang tid, er usynlig for oss her og nå og føles ikke som en risiko, den er gradvis og langsom og kompleks i tillegg, og treffer ikke meg før om LENGE, LENGE, LENGE ...

## Den naturlige skolesekken

... er en nasjonal skolesatsing fra utdannings- og miljømyndighetene som skal bidra til at barn og unge gjennom opplæringen får kunnskap og bevissthet om bærekraftig utvikling og klodens klima- og miljøutfordringer. Skoler kan delta i lærende nettverk i Den naturlige skolesekken for å utvikle og forankre undervisning knyttet til klima- og miljøutfordringer.

[natursekken.no](http://natursekken.no)



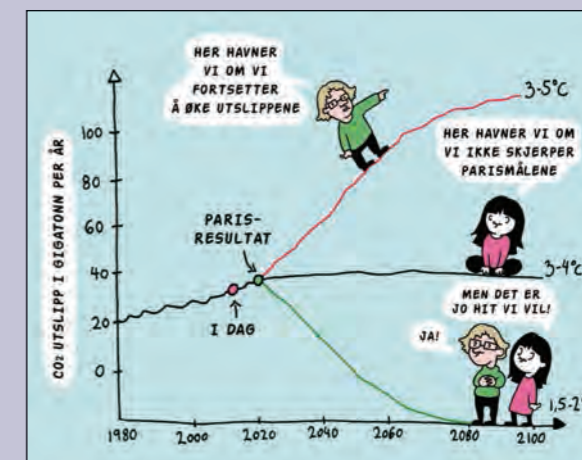
For å oppnå en bedre forståelse for klimaendringene, skape engasjement og bidra til handlingskompetanse hos elevene, kan undervisningen legges opp utforskende og tverrfaglig. Problemstillingene kan knyttes til lokalmiljøet og bidra til at elevene får brukt sin nyervervede kunnskap og øvd på sine handlinger i en lokal kontekst. Flere skoler har vist dette i Den naturlige skolesekken ved Naturfagsenteret gjennom å tenke temaene inn i fortids-, nåtids- og framtidsperspektiver. En tidslinje koblet til et konkret prosjekt om mulige miljørelaterede framtidsscenarioer, kan bidra til økt forståelse for klimaendringene og til hva elevene selv kan bidra med.



## Jenny's planet

... er en tegneserieblogg om Jenny Jordahls reise til klimatoppmøtet i Paris i 2015. Bloggen kan være et fint utgangspunkt for å diskutere klima med elevene.

[jennysplanet.no](http://jennysplanet.no)



Figur fra blogginnlegg 7. desember 2015, [jennysplanet.no/2015/12/kreativeplaner](http://jennysplanet.no/2015/12/kreativeplaner)



**Moltu gjennom 100 år, Moltu skule**

I undervisningsopplegget har både elever og lærere fra 1.–7. trinn lært om ressursene Moltu har i tilknytning til havet både historisk og i forhold til dagens bruk. Lærerne forteller at undervisningen har bidratt til at både elevene og de voksne har blitt mer bevisste på Moltu sine naturressurser og hvordan disse kan nyttes på en bærekraftig måte. Elevene har lært om endringen i fiskebestand og truede fuglearter i området og diskutert dette opp mot ressursutnyttelse og endringer i klima.

[natursekken.no/moltu](http://natursekken.no/moltu)



Elever lærer om fiske og havressurser. Foto: Moltu skule

**Miljøstatus Skåbu 2014, Skåbu oppvekst**

I dette tverrfaglige undervisningsopplegget på 8.–10. trinn har elevene identifisert ulike klima- og miljøspørsmål i nærmiljøet. Elevene har jobba både med fornybar energi, vannkraftutbygging og betydningen av å bevare rødlisteartene. Blant annet laget elevene en modell av arbeidet rundt vannkraftutbyggingen som var planlagt i nærområdet og anbefalte heller utbygging av et større lokalt kraftverk. Modellen av utbyggingen og rapporten «Miljøstatus Skåbu 2014» ble sendt til kraftselskapet og til miljøetaten i kommunen.

[natursekken.no/skåbu](http://natursekken.no/skåbu)



NRK filmer utstilling av modellen. Foto: Skåbu oppvekst

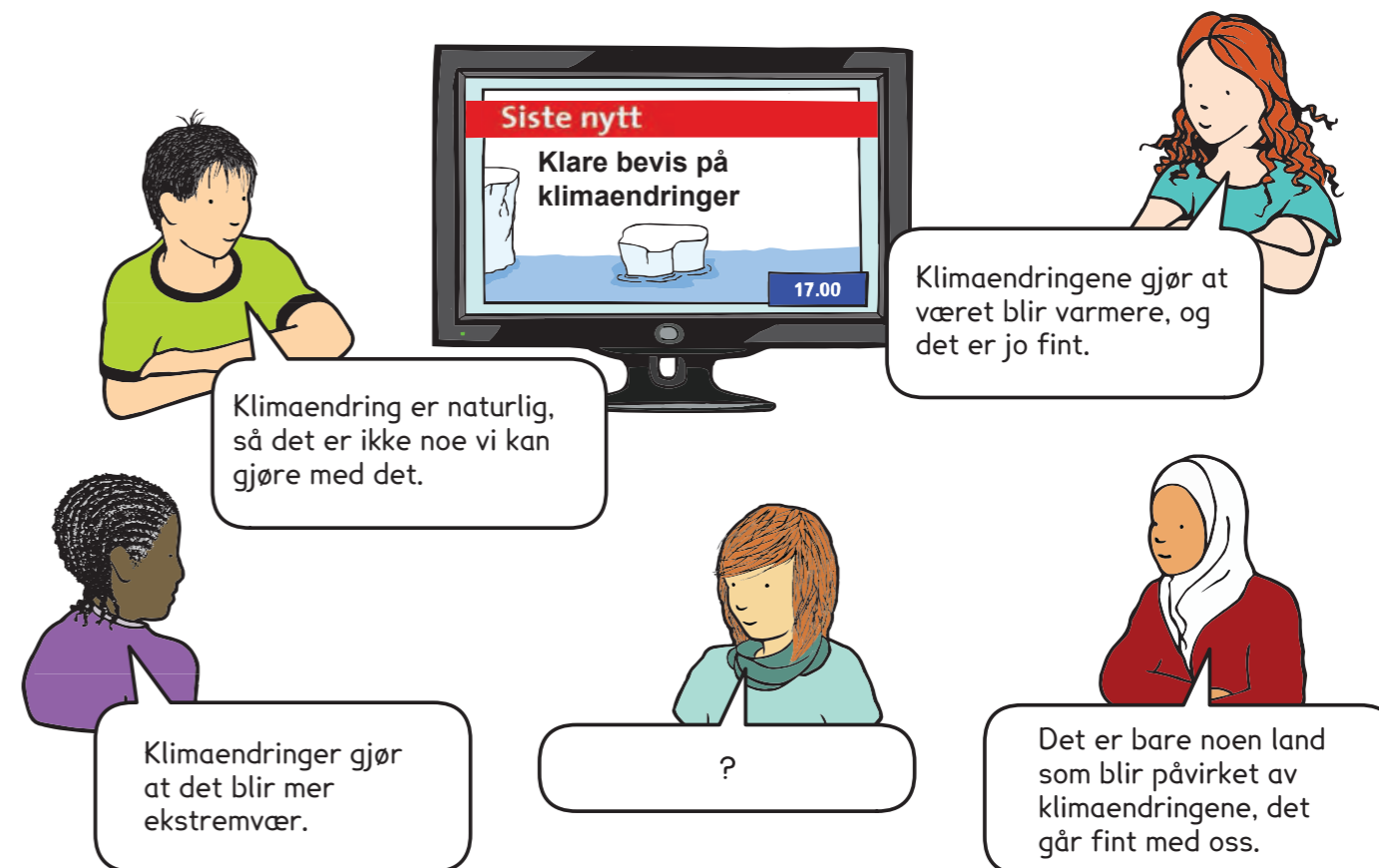
**Miljøforsk, Frederik II videregående skole**

Miljøforsk er en realfagssatsing ved Frederik II videregående skole med aktiv bruk av nærområdet med fokus på klima- og miljøspørsmål. Elever og lærere ved skolen har i samarbeid med fagpersoner i Fredrikstad kommune sett på Veumbekkens fortid, nåværende status og hvordan bekken og området kan se ut i framtiden. I dette prosjektet erfarte elevene at de verken trengte å reise langt i tid eller i sted for å få eksemplifisert framtidens klima- og miljøutfordringer.

[natursekken.no/frederik](http://natursekken.no/frederik)



Reguleringsplanmøte. Foto: Frederik II videregående skole



Hva er effekten av klimaendringer? Se [naturfag.no/grubletegninger](http://naturfag.no/grubletegninger). Av Naturfagsenteret og Concept Cartoons / Millgate House Education

Skolene i eksemplene til venstre har koblet nåtidens konsekvenser av klimaendringene til lokalmiljøet og dermed lagt til rette for at elevene kan reflektere over miljørelaterte framtidsscenarioer. Elevene har deltatt i en demokratisk prosess og sett nytten av å selv kunne stå inne for godt faglige begrunnede valg innenfor miljø- og klimaspørsmål, for å bidra til den framtiden de ønsker.

**Referanser**

Stoknes, Per Espen (2015). *What We Think About When We Try Not To Think About Global Warming. Toward a New Psychology of Climate Action*, Chelsea Green Publishing.



## Hvor fort brenner vi opp regnskogen?

Det jeg har valgt å kalle *påstandsmatematikk* oppsto en ettermiddag i 2002, da min datter bestyrtet kom hjem fra ungdomsskolen og kunne fortelle meg at læreren hadde fortalt at det hvert minutt ble brent ned regnskog i verden tilsvarende arealet på 30 fotballbaner.

For oss hørtes dette høyst dramatisk ut, og vi satt med en følelse av at all verdens regnskog burde være en saga blott innen noen uker var gått. Vi satte oss derfor ned å begynte å regne på denne påstanden og innså etter hvert at situasjonen tross alt ikke var fullt så akutt som vi hadde trodd. Med det tempoet og uten tilvekst, så ville det tross alt ta nærmere 130 år før det var tomt.

Nå er det ikke min hensikt å bagatellisere brenning av regnskogen, det er alvorlig nok. Og for alt jeg vet så er tempoet høyere i dag enn hva min datter kom hjem og fortalte meg. Det som etter hvert slo meg, var at dette kanskje var en interessant og litt annerledes måte å nærme seg matematikken på, som kunne motivere noen til å sette seg ned å regne. Dessuten var det en fin måte å knytte matematikken til ulike fagområder.

Slike påstander kan gis som gruppeoppgaver der mindre grupper av elever samarbeider om å vurdere påstandene. Det viktigste er å skape diskusjon og refleksjon over de valg som hver enkelt gruppe har gjort. Dermed kan vi få fram en situasjon som ligner på den forskere ofte blir stilt overfor når de må forsvare sine resultater og argumentere for sine valg.

Påstand: *Hvert minutt brennes et område med regnskog som er like stort som 30 fotballbaner.*

Spørsmål: *Kan dette være riktig? Ville ikke all regnskog være borte i løpet av noen uker? Hvor lang tid vil det egentlig ta å brenne ned all regnskogen på jorda?*

### Forkunnskaper

- Hvor stor er en fotballbane?
- Hvor mange minutter er det i året?
- Hvor stor andel av jorda er dekket av regnskog?
- Hvor stor er jorda, og hvor stort overflateareal har den?

### Beregning

Oppgave med løsning kan fås ved henvendelse til [nils.rossing@plu.ntnu.no](mailto:nils.rossing@plu.ntnu.no)



Nedbrent regnskog i Brasil. Foto: Jørgen Braastad, VG

### Forutsetninger

Tallene som er beregnet, har noen forutsetninger:

- At tallene som er oppgitt er omtrent riktige. Dette vil alltid være et **springende punkt**.
- At det ikke er noen tilvekst av regnskog i tidsrommet. Dette vil helt sikkert være feil. Kanskje det finnes tall på årlig tilvekst av regnskog.
- At det årlige arealet som brennes er konstant i hele perioden. Slik vil det helt sikkert ikke være. Det rimelige vil være at den avtar eller varierer fra år til år.
- Dessuten er størrelsen av fotballbaner et noe omtrentlig mål som kan gi store utslag. Hvor stor usikkerhet gir det på nedbrenningen av skog dersom vi tar i betraktning at målene på en standard fotballbane kan variere fra 45 m x 90 m til 90 m x 120 m?

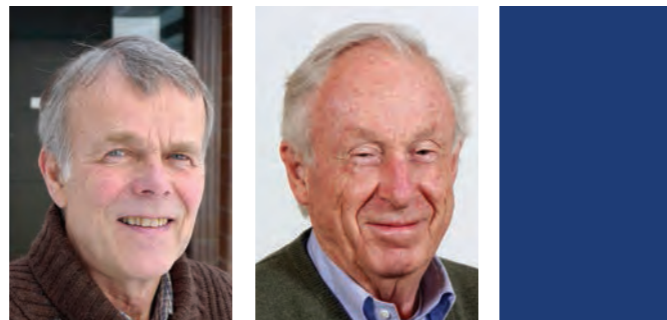
### Les mer om regnskogen her:

- [stateoftherainforest.regnskogfondet.no/regnskogen](http://stateoftherainforest.regnskogfondet.no/regnskogen)
- [regnskog.no](http://regnskog.no)

Heftet *Påstandsmatematikk* er laget av Nils Kristian Rossing ved Skolelaboratoriet ved NTNU. Her har han samlet påstander som både skaper undring og engasjement og lærer oss at vi ikke alltid kan stole på intuisjonen vår, og viser betydningen av å kunne bruke matematikk til gjøre overslagsberegninger. Oppgaveheftet ligger på nett. Ta kontakt med [nils.rossing@plu.ntnu.no](mailto:nils.rossing@plu.ntnu.no) dersom du ønsker oppgaveheftet tilsendt inkl. forslag til løsninger eller har gode forslag til nye oppgaver.



[ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie](http://ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie)

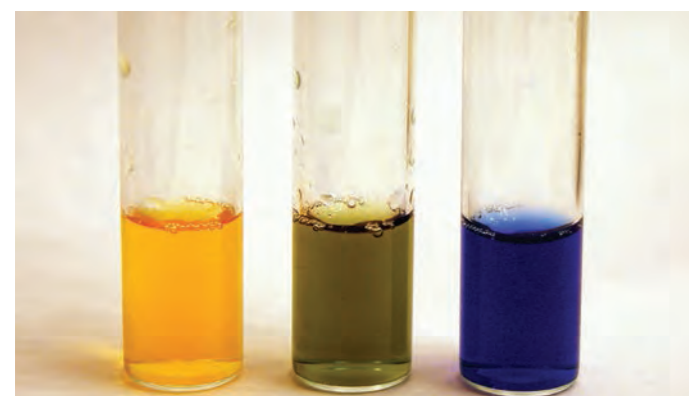


# Kjemi tar tid

Reaksjoner som brukes i undervisningen går vanligvis så fort at vi ikke merker at de tar tid. Vi har valgt ut noen reaksjoner der ett eller flere produkter, eller mellomprodukter, er farget. Dermed kan vi observere og måle tiden det tar for at produktene dannes.



Kullsyreholdig vann med BTB blir blått ved tilsetning av natronlut.



BTB i sur, nøytral og basisk løsning (fra venstre mot høyre).

Det er ikke overraskende at kjemiske reaksjoner tar tid. En reaksjon finner bare sted når minstedelene i stoffene som deltar i reaksjonen, støter sammen. Minstedelene kan være atomer, ioner eller molekyler. Hvor fort partiklene beveger seg i en gass eller i en væske, avhenger av temperaturen. Dess høyere temperatur, dess flere sammenstøt blir det per tidsenhet, og da går reaksjonen fortere.

### Fra karbondioksid til hydrogenkarbonat

Når vann blir tilsatt karbondioksid i overskudd, blir det surt – fordi det blir dannet litt karbonsyre,  $H_2CO_3(aq)$ , i vannet. Hvis vi tilsetter syrebaseindikatoren BTB, kan vi se at løsningen har blitt sur, fordi den blir gul. Når den sure løsningen blir tilsatt natronlut,  $NaOH(aq)$ , vil  $OH^-$ -ionene nøytralisere karbonsyren som er i løsningen. Løsningen blir blå, fordi den blir basisk. Deretter blir løsningen gul igjen av seg selv. Det er fordi det blir dannet ny karbonsyre fra karbondioksidgassen som er løst i vannet, og løsningen har på nytt blitt sur. Konklusjonen er at karbonsyren nøytraliseres raskt når vi tilsetter  $OH^-$ -ioner, mens overgangen fra  $CO_2(aq)$  til  $H_2CO_3(aq)$  tar tid. I film 1 kan du se at vi gjentar denne prosessen flere ganger.

Truls Grønneberg, Øystein Foss og Svein Tveit ved Skolelaboratoriet for kjemi, UiO har laget tre filmer som viser reaksjonene i denne artikkelen.

- Film 1: Karbonsyre
- Film 2: Jod-stivelsereaksjoner
- Film 3: Antioksidanter i fruktsaft

[mn.uio.no/kjemi/forskning/grupper/skole/videoer/kjemiske-reaksjoner-som-tar-tid](http://mn.uio.no/kjemi/forskning/grupper/skole/videoer/kjemiske-reaksjoner-som-tar-tid)



### Jodklokken

Jodklokken er et populært innslag i kjemiske knallforelesninger. Det var den sveitsiske kjemikeren Hans Heinrich Landholt (1831–1910) som oppdaget jodklokken for 130 år siden. Jodklokken kan oppfattes som en redokstitrering hvor hydrogensulfitt reagerer med jodat, og trijodid i stivelse fungerer som indikator for når reaksjonen er ferdig.

I den varianten av reaksjonen vi viser i film 2 skjer det flere reaksjoner i begerglasset:

1. I den første, langsomme reaksjonen reduseres jodat ( $IO_3^-$ ) til jodid ( $I^-$ ) av hydrogensulfitt ( $HSO_3^-$ ) som oksideres til sulfat:  

$$IO_3^-(aq) + 3HSO_3^-(aq) + 3H_2O(l) \rightarrow I^-(aq) + 3SO_4^{2-}(aq) + 3H_3O^+(aq)$$
2. I den andre reaksjonen fjernes jodidet ved at det reagerer raskt med jodat til trijodid ( $I_3^-$ ):  

$$IO_3^-(aq) + 8I^-(aq) + 6H_3O^+(aq) \rightarrow 3I_3^-(aq) + 9H_2O(l)$$
3. I den tredje reaksjonen oksideres trijodidet raskt til jodat av hydrogensulfitt ( $HSO_3^-$ ):  

$$I_3^-(aq) + HSO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow 3I^-(aq) + SO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$
4. Når all hydrogensulfitt er brukt opp, øker mengden av trijodid raskt i løsningen og danner et blått kompleks med stivelse:  

$$I_3^-(aq) + \text{stivelse} \leftrightarrow \text{stivelse-}I_3^- \text{-kompleks}$$

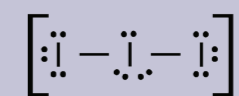


Fargeomslaget er beregnet til å komme etter 29 sekunder.

Det er mengden hydrogensulfitt ( $HSO_3^-$ ) som bestemmer tiden det tar før fargeomslaget kommer. Mengden hydrogensulfitt må være målt nøyaktig opp på forhånd, slik at læreren vet når omslaget kommer. Reaksjonstiden er avhengig av temperaturen til løsningene. Hvis vi vil vite nøyaktig når reaksjonen skjer, må vi passe på å holde temperaturen i løsningene konstant. Det kan vi for eksempel gjøre ved at alle løsningene vi skal bruke oppbevares i rommet en tid før forsøket.

### Mer om kjemien

En kommentar til den som undrer seg over elektronfordelingen i trijodid. Trijodid er et lineært ion:  $[I-I-I]^-$ . Elektronparene er fordelt med fire elektronpar på endejodatomen (som i iodid,  $I^-$ ) og fem elektronpar på det sentrale jodatomet. Det sentrale jodatomet er omgitt av fem elektronpar (10 elektroner), noe som bryter med åtteregelen.



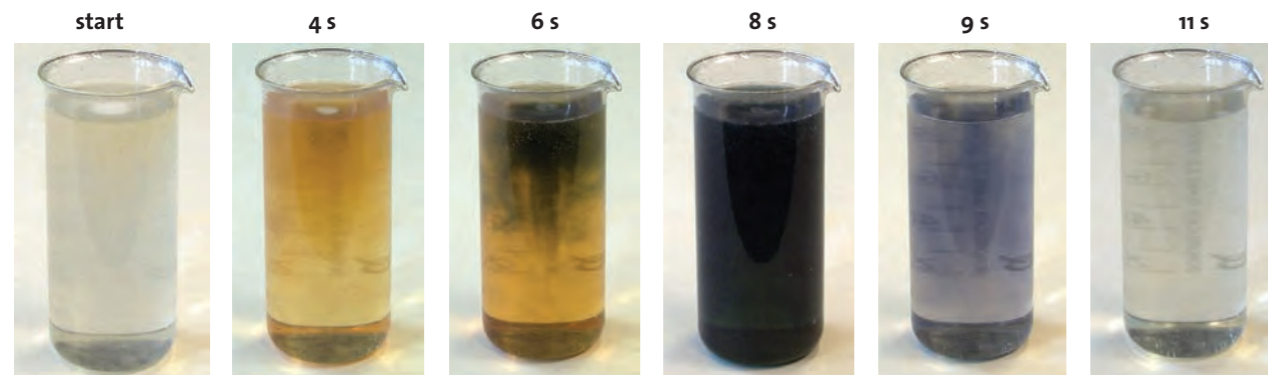
Lewisstruktur for trijodid



Stivelse er et polysakkarid som består av en kjede av glukosemolekyler. Noen av kjedene er ugrenet, og løst i vann danner disse en spiral med et hulrom i midten. Når trijodid kommer inn i dette hulrommet, blir det dannet et sterkt blåfarget stivelse- $I_3^-$ -kompleks.

Trijodid-stivelseskompleks. Ill.: Roland Mattern, CC BY 3.0





Bildene viser seks stadier av Briggs-Rauscher-reaksjonen som her oscillerer med en «rundetid» på ca. 12 sekunder. Over hvert begerglass er tiden fra start angitt i sekunder.

### Oscillerende reaksjoner

I alle kjemiske reaksjoner avtar konsentrasjonen av utgangsstoffene, mens konsentrasjonen av sluttproduktene øker med tiden. En oscillerende reaksjon er en kjemisk reaksjon som har ett eller flere mellomprodukter. Konsentrasjonen av mellomproduktene stiger og synker mens reaksjonen går. Vi sier at reaksjonen oscillerer. Hvis mellomproduktene har farge, blir konsentrasjonsendringene av disse synlige.

Oscillerende reaksjoner ble oppdaget allerede i 1920-årene, men fikk først oppmerksomhet i 1950-årene da russeren Boris Belousov (1893–1970) beskrev dem nærmere. Anatol Zhabotinsky (1938–2008) satte opp en reaksjonsmekanisme for reaksjonen noen år senere, og reaksjonen fikk derfor navnet Belousov-Zhabotinsky-reaksjonen (BZ-reaksjonen).

Film 2 viser en variant som kalles Briggs-Rauscher-reaksjonen. Reaksjonen starter når vi blander tre løsninger. De tre løsningene er kaliumjodat tilsatt litt svovelsyre, stivelsesløsning tilsatt både malonsyre ( $\text{CH}(\text{COOH})_2$ ) og mangan(II)-ioner og en 10 %-løsning av hydrogenperoksid. Løsningen svinger mellom å være fargeløs, brunfarget og blåfarget. Kjemien er komplisert, så vi går ikke nærmere inn på den her.

#### Les mer

... om reaksjonene i Briggs-Rauscher-reaksjonen:  
[www1.chem.leeds.ac.uk/delights/texts/expt\\_11.html](http://www1.chem.leeds.ac.uk/delights/texts/expt_11.html)

### Antioksidanter i fruktsafter

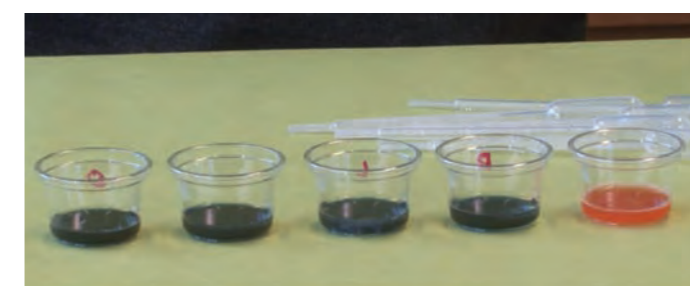
Vi kan bruke kunnskap om reaksjonsfart til å undersøke C-vitamininnholdet i ulike fruktsafter. C-vitamin er et annet navn for askorbinsyre. Askorbinsyre virker som en antioksidant fordi den kan redusere andre stoffer. Jo mer askorbinsyre det er i en fruktsaft, jo lenger tid tar reaksjonen. Fordi oksidering av askorbinsyre tar tid, blir denne reaksjonen i prinsippet det samme som jodklokken.

#### Visste du at ...

... askorbinsyre i sin tid ble fremstilt fra paprika av ungaren Albert Szent-Györgi (1893–1986) som fikk Nobelprisen i fysiologi og medisin i 1937 for sitt arbeid med C-vitamin?



Vi kan undersøke hvor mye askorbinsyre det er i ulike fruktsafter ved å tilsette trijodidløsning og deretter litt stivelsesløsning til en fruktsaft. Fordi askorbinsyren reduserer trijodid ( $\text{I}_3^-$ ) til jodid ( $\text{I}^-$ ), blir ikke løsningen blåfarget. Hydrogenperoksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) kan oksidere askorbinsyre. Hvis vi tilsetter litt hydrogenperoksid til blandingen med fruktsaft, kommer trijodid tilbake og løsningen blir blåfarget. Det er fordi hydrogenperoksid først oksiderer askorbinsyren og deretter oksiderer jodid til trijodid. Trijodid og stivelse danner et blåfarget kompleksmolekyl. I film 3 undersøker vi flere fruktsafter. Filmen viser at det tar lengst tid for saften fra paprika å bli blå. Det betyr at paprika må inneholde mye mer C-vitamin enn de andre fruktene vi undersøker.



Juice fra ulike frukter inneholder ulik mengde askorbinsyre. Vi kan se at blåfargen kommer tilbake i ulik hastighet.

### Undervisningstips

#### På jakt etter antioksidanter

Passer for Vg 1, forskerspiren og ernæring og helse og for helse- og oppvekstfag og restaurant- og matfag.

I dette opplegget skal elevene undersøke hva som inneholder antioksidanter. Etter et innledende forsøk som viser hvordan vi enkelt kan påvise antioksidanter, undersøker og sammenlikner elevene ulike matvarer.

[naturfag.no/antioksidanter](http://naturfag.no/antioksidanter)



#### Kjemisk klokke

Passer for kjemi 1.

I denne varianten skal elevene lage to ulike blandinger av kaliumjodat og natriumpyrosulfitt/natriumhydrogensulfitt. Dersom elevene har vært nøyaktige nok når de lager løsningene sine, vil løsningene skifte farge i forventet rekkefølge når alle elevene samtidig blander sine to løsninger.

[naturfag.no/kjemiskklokke](http://naturfag.no/kjemiskklokke)

## RELATIVITET

## Tiden er relativ

**Albert Einstein: Det er teorien som forteller hva vi observerer. Dette høres merkelig ut. Når du ser noe, trenger du da ikke noen teori for å fortelle hva du ser. Eller? I det gamle Egypt så de solguden Ra foreta sin daglige reise over himmelen. I dag ser vi en stjerne – et kjempemessig legeme som forbrenner hydrogen til helium.**

## Tid, rom og bevegelse i Newtons fysikk

«Tid» oppfattes forskjellig i newtonsk fysikk og i den spesielle relativitetsteorien.

Det eksisterer ifølge Newton en absolutt bevegelse. Det er bevegelse i forhold til det absolutte rommet. Mange oppfattet det slik at i den newtonske mekanikk hadde rommet en rolle som referanse for absolutt bevegelse.



Isaac Newton (1642–1726).



Ikke alle så slik på det. Galilei mente at fart er relativ – at vi ikke kan finne ut hvilken fart det laboratoriet man befinner seg i, har. På begynnelsen av 1600-tallet, altså allerede før Newton, skrev han:

«Plasser deg sammen med en venn i det største rommet under dekk i et stort skip. [...] Når du kaster noe mot din venn, må du kaste like hardt uansett hvilken retning du kaster i. Og når du hopper, kommer du like langt samme hvilken vei du hopper.



Galileo Galilei (1564–1642).

## RELATIVITET

Om du gjentar alt dette når båten beveger seg med konstant fart, vil du ikke være i stand til å oppdage noen effekt som kan avsløre at båten beveger seg.»

Slik formulerte Galilei *mekanikkens relativitetsprinsipp*, som sier at de samme naturlovene gjelder i alle treghetssystemer.

## Eteren

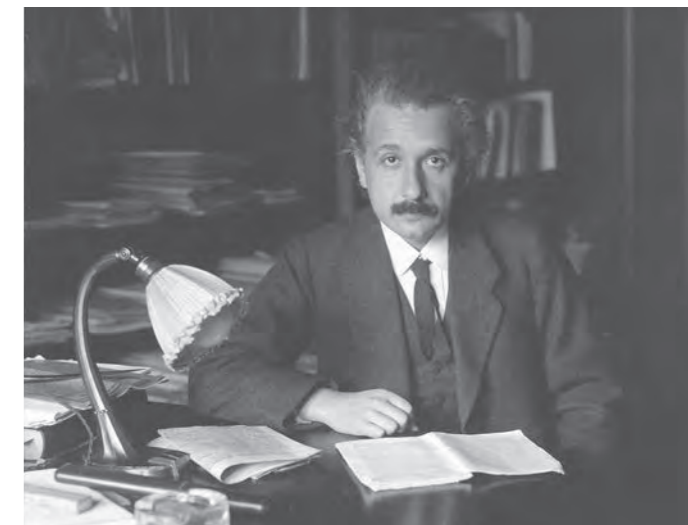
I 1856 viste James Clerk Maxwell at lys er elektromagnetiske bølger. På denne tiden mente fysikerne at de elektromagnetiske bølgene måtte ha et medium å bre seg i. Det ble kalt «eteren» og ble antatt å være i ro. Dette betydde at relativitetsprinsippet ikke var gyldig for elektromagnetiske fenomener, for eksempel lys.

I 1887 prøvde Michelson og Morley å måle jordas fart gjennom eteren. De tenkte at lyset går med en bestemt fart gjennom eteren, og kjente jordas fart rundt sola. Sett fra jorda burde lyset ha litt lavere fart i jordas bevegelsesretning enn på tvers av den. Men resultatet av eksperimentet var at de ikke fant noen hastighetsforskjell. Dette var høyst overraskende, og ingen forsto helt hva dette kunne bety.

I 1879 ble Albert Einstein født i Ulm i Tyskland. Allerede som sekstenåring hadde han lest mye av Maxwells teori for elektromagnetiske fenomener. I sin selvbiografi skrev han:

«Hva ville jeg se dersom jeg kunne bevege meg sammen med en lysbølge? Jeg ville ha observert stående elektromagnetiske svingninger som holdt seg i ro i rommet. Noe slikt synes imidlertid ikke å eksistere. Det har aldri vært observert, og Maxwells elektromagnetiske ligninger har ingen løsninger som beskriver slike stående svingninger fritt i rommet. Det ble da intuitivt klart for meg at sett av en observatør som beveger seg, skulle alle fysiske fenomener skje ifølge de samme fysiske lovene som for en observatør i ro på jorden.»

Einstein kom på denne måten frem til at relativitetsprinsippet også burde gjelde for elektromagnetiske fenomener. Denne tanken forble viktig for Einstein og munnet ti år senere (i 1905) ut i den spesielle relativitetsteorien. I denne teorien har «eteren» ingen plass, og relativitetsprinsippet ble utvidet til å gjelde alle typer fenomener, også de som hadde med lys å gjøre. Men det var bare gyldig for bevegelse med konstant fart, ikke for akselerert bevegelse. Det er årsaken til navnet «Den spesielle relativitetsteorien».



Albert Einstein (1879–1955).

## Den spesielle relativitetsteorien

Einstein presenterte teorien i 1905. Den er konstruert ut fra to postulater:

- relativitetsprinsippet
- prinsippet om at lysfarten i tomt rom ikke avhenger av kildens fart

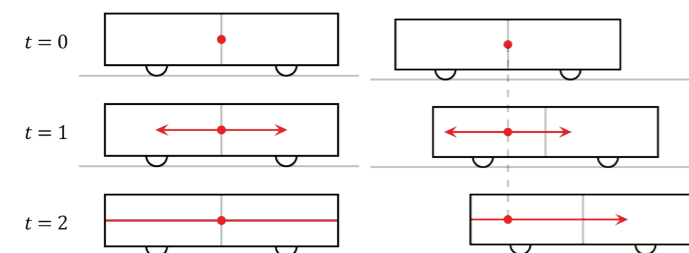
Sammen har disse prinsippene en overraskende konsekvens. Tenk på et tog i stor fart. Lyset fra frontlykten går med en bestemt fart som vi kan kalle  $c$ , målt av togføreren. Men ifølge postulat nummer to beveger lyset seg forover med nøyaktig den samme farten målt av en person på perrongen. Det er rart. Hvis toget har farten  $v$  burde jo personen på perrongen målt farten  $c+v$ . Slik ville det i hvert fall vært ifølge galileisk og newtonsk fysikk. Så det er noe merkelig her.

## Samtidighetens relativitet

Et tog passerer en stasjon med stor fart. Tenk deg at vi ønsker å åpne to dører i en av togvognene samtidig. Ifølge relativitetsprinsippet kan konduktøren i vogna oppfatte det slik at vogna er i ro mens omgivelsene beveger seg. For å åpne dørene samtidig plasserer konduktøren en lampe midt mellom dørene og lar den blinke en gang. Da vil lyssignalene forover og bakover treffe de to dørene

## RELATIVITET

samtidig. Dørene åpner seg når lyssignalene treffer dem. Følgelig åpner dørene seg samtidig observert fra toget. For en person på perrongen, derimot, beveger den bakerste døra seg mot signalet som sendes bakover, og den forreste døra beveger seg i samme retning som forover-signalet. Hvis toget går fort nok, vil det ta lang tid før forover-signalet tar igjen den forreste døra. Observatøren på perrongen ser at den bakerste døra blir truffet av lyssignalet før den forreste. Den bakerste døra åpner seg før den forreste. Konklusjon: Ifølge den spesielle relativitetsteorien er hendelser som er samtidige observert på toget, ikke samtidige observert på perrongen. Dette kalles *samtidighetens relativitet*.

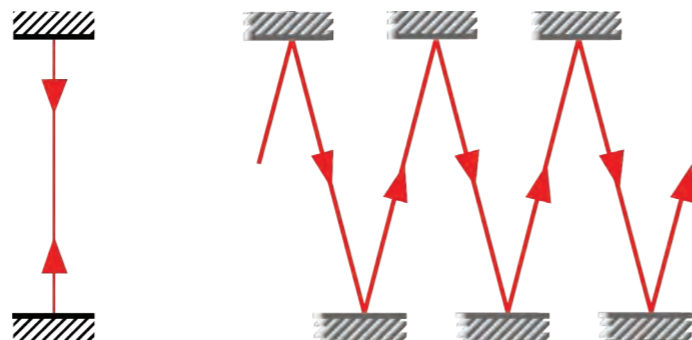


Dører som åpnes ved hjelp av et lyssignal midt i en vogn. Til venstre observert fra vognen. Dørene åpnes samtidig. Til høyre sett fra perrongen. Den bakerste døren åpnes før den forreste.

## Relativistisk tidsforlengelse

En standardklokke kan konstrueres ved å la et lyssignal reflekteres mellom to speil. Klokken «tikker» hver gang lyssignalet treffer et speil. Vi tenker oss at en slik klokke plasseres på et tog med speilene rett over hverandre, slik at lyssignalene beveger seg i vertikal retning. For konduktøren om bord på toget er klokken i ro, og tiden mellom to tikk er lik avstanden mellom speilene dividert med lysfarten. Men for personen på perrongen beskriver lyset en saggatt bane.

Sett fra perrongen har lyset lengre vei å gå enn sett fra toget. Men lysets fart er den samme. Dermed tar det lengre tid å bevege seg fra det ene speilet til det andre. Det betyr at klokka tikker langsommere sett fra perrongen enn sett av konduktøren på toget. Sett fra perrongen beveger klokka seg, men sett fra toget er den i ro. Konklusjonen er at *en klokke som beveger seg, tikker saktere enn en klokke som er i ro*.



Til venstre: Lyset går rett opp og ned sett fra toget. Til høyre: Lyset går langs en saggattet bane sett fra perrongen. Ill.: Michael Schmid

## Den generelle relativitetsteorien

Einstein oppfattet begrensningen av relativitetsprinsippet til ikke-akselerert bevegelse som en svakhet ved den spesielle relativitetsteorien. Han ønsket å utvide relativitetsprinsippet til å omfatte alle typer bevegelse, og i 1907 kom han på det han kalte sin «lykkeligste tanke». Han forteller: «Plutselig kom jeg på en tanke da jeg satt i en stol i patentkontoret i Bern. Hvis en person faller fritt, vil han ikke føle sin egen vekt. Jeg ble helt oppjaget. Denne enkle tanken gjorde et dypt inntrykk på meg. Den drev meg mot en gravitasjonsteori».

## Ekvivalensprinsippet

Einstein innså en fundamental egenskap ved gravitasjon. På et gitt sted faller alle legemer med samme akselerasjon uansett hva de er laget av. Det betyr at gravitasjonseffekter kan simuleres ved å gå inn i et akselerert laboratorium. Denne tanken inspirerte Einstein til å formulere *ekvivalensprinsippet*, et av de grunnleggende prinsippene for den generelle relativitetsteorien: *De fysiske virkningene av å være i et akselerert laboratorium i universet langt fra materielle legemer er ekvivalente med de fysiske virkningene av å være i et laboratorium i et permanent gravitasjonsfelt forårsaket av et massivt legeme*. Dette betyr at fysikere i et laboratorium (uten vinduer) ikke kan finne ut om de befinner seg i en akselerert rakettkasse ute i verdensrommet eller i et laboratorium i ro på overflaten av jorda. Personen i bilen kan ikke vite om bilen akselererer eller står i ro i en oppoverbakke. Personen presses bakover i setet på samme måte.

Dette åpnet en ny verden for Einstein. Det betydde at han kunne undersøke hva som skjer i et laboratorium i ro på jordoverflaten ved å studere hva som skjer i et laboratorium i et akselerert romskip. Han brukte denne muligheten til å forutsi nye fenomener. La oss følge Einsteins tankegang i en vakker artikkel han skrev i 1911, fire år før han hadde fullført den generelle relativitetsteorien.

## Dopplereffekten

Mange kjenner dopplereffekten, som gjør at lyden av et passerende tog endres fra det kommer mot deg til det kjører fra deg. Effekten eksisterer for alle typer bølger, også for lys. Rødt har lengre bølger enn blått. Når lyskilden beveger seg mot deg, blir lyset blåforskjøvet, og når den beveger seg vekk, blir lyset rødforskjøvet.

Ifølge det spesielle relativitetsprinsippet kan situasjonen like gjerne oppfattes slik at lyskilden er i ro og observatøren beveger seg. Det vil si at observatøren måler blåforskyvning ved bevegelse mot lyskilden, og rødforskyvning ved bevegelse vekk fra den.

## Gravitasjonell frekvensforskyvning

Einstein tenkte seg et laboratorium i en akselerert rakettkasse ute i verdensrommet med vindu i taket og i gulvet, og antok at forholdene i laboratoriet hele tiden var de samme. Det kommer lysbølger inn gjennom vinduet i taket og forsvinner ut gjennom vinduet i gulvet. Einstein beskrev først situasjonen sett utenfra. Da akselererer rakettkassen i retning av vinduet i taket. Vinduet i taket opptrer som en lyskilde, og ved vinduet i gulvet er det en observatør. La oss tenke oss at rakettkassen er i ro i det den første lysbølgen passerer gjennom vinduet i taket. I løpet av tiden lyset beveger seg fra taket til gulvet, får rakettkassen en fart, dvs. når lyset observeres ved gulvet, har observatøren en fart mot lyskilden i taket. På grunn av dopplereffekten observeres da en blåforskyvning av lyset.

En observatør ved gulvet i rakettkassen vil oppleve et tyngdefelt og oppfatte situasjonen slik at rakettkassen er i ro. Når han slipper en bok, faller den. Og han observerer at lyset som kommer fra vinduet, er blåforskjøvet når det kommer ned til gulvet.

I newtonsk fysikk sies at observatøren opplever et kunstig tyngdefelt siden han er i et akselerert laboratorium. Einstein, derimot, sier at ifølge ekvivalensprinsippet må tyngdefeltet observatøren opplever, regnes som et ordinært tyngdefelt. Det kunne like gjerne

vært forårsaket av for eksempel jorden. Konklusjonen blir da: Lyset som beveger seg nedover i et tyngdefelt, blir blåforskjøvet.

Dette var en ny forutsigelse. Den ble testet først i 1960. Einsteins forutsigelse besto testen. Effekten kalles nå den gravitasjonelle frekvensforskyvningen av lys.

## Gravitasjonell tidsforlengelse

Einstein gikk videre. Han skrev at siden lyset er blåforskjøvet når det

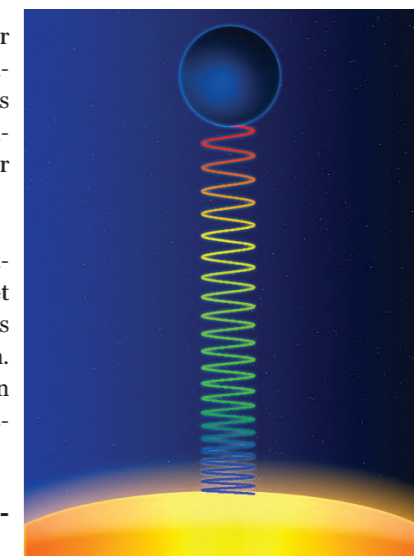
når gulvet, passerer flere lysbølger ut av vinduet ved gulvet per sekund enn det kommer inn ved taket. Men da ville laboratoriet etter hvert tømmes for lys, og det var i konflikt med at forholdene i laboratoriet hele tiden skulle være de samme. Det var oppstått en selvmotsigelse.

Einstein må ha tatt seg en skikkelig tenkepause da han oppdaget dette. For hans neste setning var revolusjonerende. Han skrev: *Dette må bety at hvert sekund varer litt lenger nede ved gulvet enn oppe ved taket*. På denne måten forutsa Einstein at tiden går langsommere langt nede i et tyngdefelt enn høyere oppe. Dette ble testet i Hafele-Keating eksperimentet i 1972. Igjen stemte Einsteins forutsigelse.

Både tidsforlengelse på grunn av høy fart og klokker som går langsommere langt nede i et tyngdefelt, tas hensyn til i GPS-systemer som oppgir posisjonen din på jorda. Dette kan du lese mer om på s. 98.

## Referanser

B. Russell (1965). *Relativitetsteoriens ABC*. Gyldendals fakkelerbøker.



Gravitasjonell frekvensforskyvning. Ill.: Vladzi og mapos





Foto: CICERO v/ Monica Bjermeland

## Den standhaftige gravitasjonsbølge

**Den brukte 1,3 milliarder år på å nå oss. Hadde den kommet en uke tidligere, hadde vi ikke fått den med oss.**

For 1,3 milliarder år siden, i en galakse langt, langt borte, skjedde noe voldsomt. Ja, så voldsomt var det, at vårt fattige menneskespråk mangler passende ord. Gjennom en tåke av stjerner, gass og mørk materie, fikk to monstre ferten av hverandre. To gigantiske sorte hull, universets altetende tyrannosaurer med kjever så sterke at selv ikke lys kan unnsnippe, lot seg lokke av hverandres tyngdekraft. Sakte begynte de på en snirkende, naturlovsdrevet ballett mot hverandre. Innover og innover danset de, mot en siste strid og sin egen uunngåelige død.

Eksplisjonen som fulgte da de to monstrene møttes, burde vært hyllet i legender. Den burde hatt en heltesaga, en odysse, minst to religiøse skrifter. Masse tilsvarende flere ganger tyngden til vår sol ble gjort om til ren energi. (Til sammenligning gjorde Hiroshima-bomben bare om en kvart sukkerbit.) I et kort øyeblikk strålte mer energi ut fra monstrenes dødskamp enn alt synlig lys i hele universet. Ja, så kraftig var kataklysmen at den til og med ristet selve verdensrommet. Tenk deg en sjokkbølge som er slik at den ikke dytter deg overende, men heller presser sammen både deg og rommet rundt deg – som om du var et bilde på en tv-skjerm som ble presset sammen fra sidene. Alt dette gjorde eksplosjonen – før den sakte falmet hen.

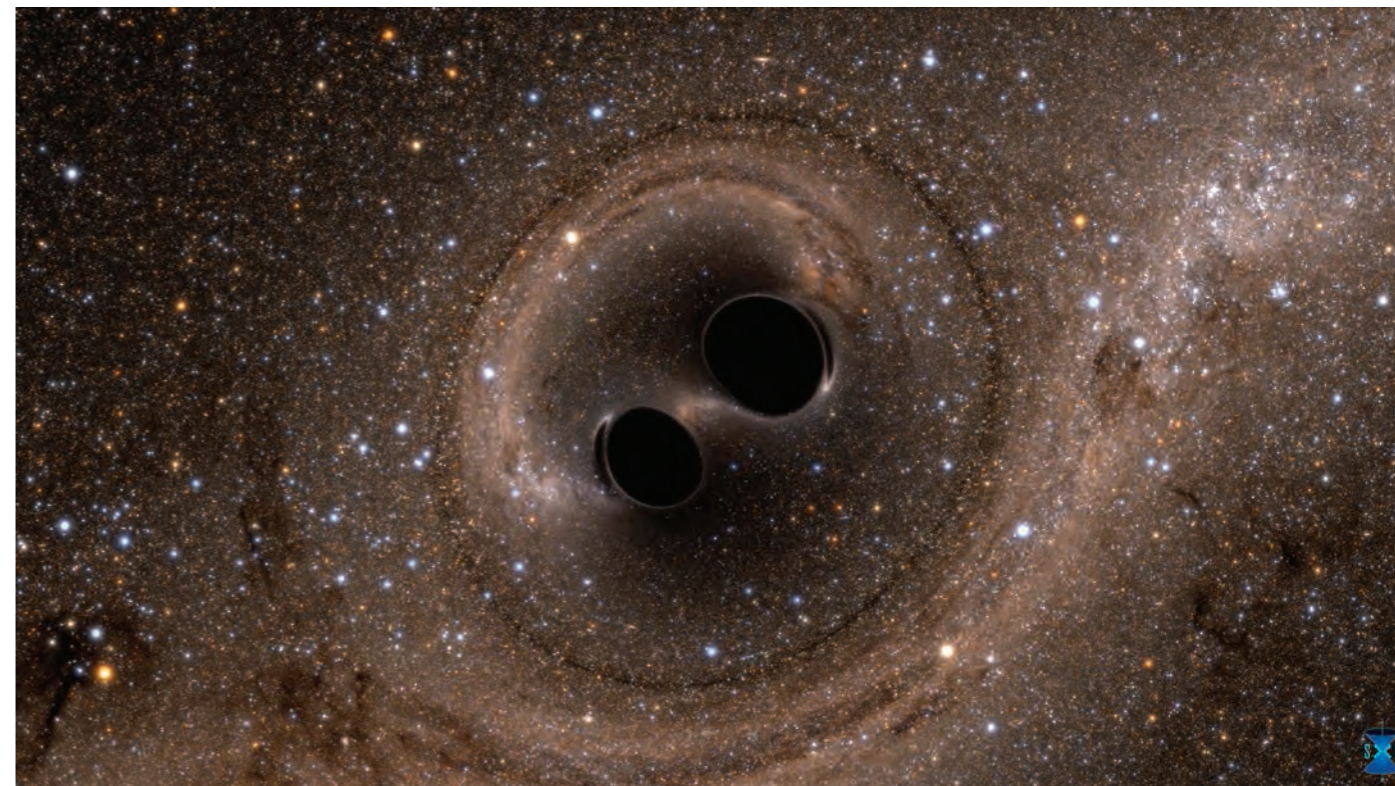
Men nå kommer det triste. Hvor storslagen monstrenes kamp og død enn må ha vært, så var det – høyst sannsynlig – absolutt ingen som så det. Tilbake lå bare et nytt sort hull, gjenfødt fra asken, og nesten like massivt som de to opprinnelige til sammen. Helt alene, i en tom, kald galakse.

Gravitasjonsbølgen ble registrert av forskere ved LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) i USA. Gravitasjonsbølgen bekrefter Albert Einsteins 100 år gamle teori om gravitasjonsbølger, som hittil kun har eksistert som matematiske formler.

Her kunne historien ha endt. Det som i stedet skjedde, er intet mindre enn fantastisk, og har gitt oss mennesker en ny og viktig kosmisk oppgave.

Trykkbølgen i verdensrommet – som vi nå kaller en gravitasjonsbølge – bredte seg utover fra dette kosmiske Ground Zero, som ringer i vann. Alt som rører seg i universet lager gravitasjonsbølger, men i likhet med foreldrene var også denne bølgen et monster. Et romtidsjordskjelv, som sikkert ville målt minst hundre på (den herved oppfunne) Einstein-Richter-skalaen. Med lysets hastighet fløy den vekk fra eksplosjonen og det nyfødte sorte hullet, med bud om det som hadde skjedd. Om det da var noen litt lenger unna til å høre?

Det var det ikke. I hvert fall ikke i vårt hjørne av universet. Da eksplosjonen skjedde, var vår jord omtrent fire milliarder år gammel. Flercellede organismer levde her, men ingen større dyr. Den standhaftige gravitasjonsbølgen var imidlertid enda 1,3 milliarder lysår unna, og mye kunne hende på den tiden. Så den fløy, og fløy, og fløy, gjennom det stille verdensrommet, i millioner av ensomme år. Der den føk forbi, rystet den rommet, men gjorde ellers ikke et atom fortredd.



Dette bildet illustrerer to sorte hull som kolliderer – en hendelse som ble observert for aller første gang av LIGO. Ill.: SXS

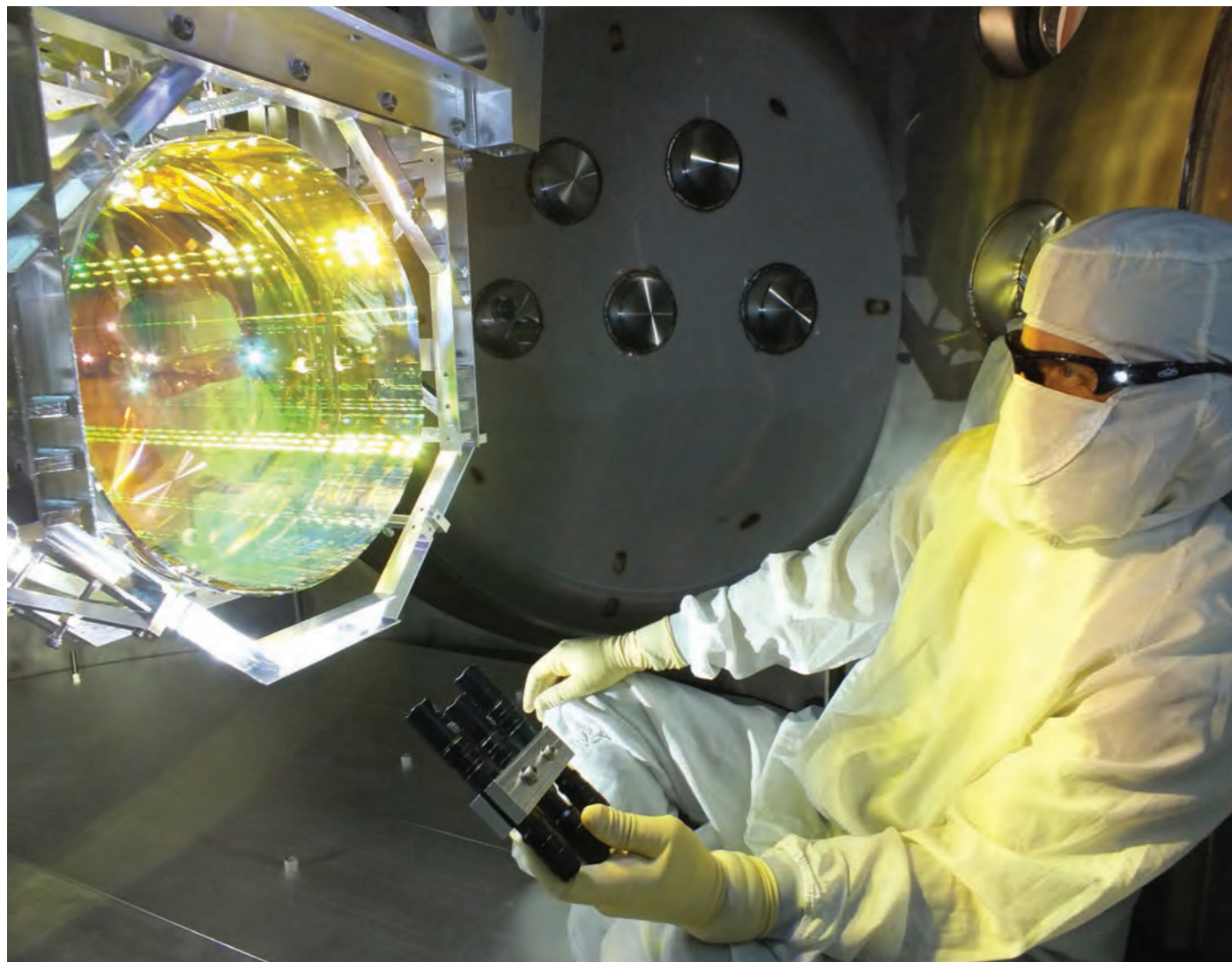
Etter halve bølgens reise begynte større dyr å utvikle seg på jorden. Etter tre fjerdedeler dukket dinosaurene opp, og de døde ut først da bølgen var kommet 95 prosent av veien hit. Med sin vanvittige hastighet tordnet gravitasjonsbølgen videre mot jorden. Den var nesten fremme, men her var det fortsatt knapt nok et lite pattedyr til å ta imot den. Først da bølgen hadde 0,005 prosent av reisen igjen – skarve fem tusen år av 1,3 milliarder – begynte menneskene å bygge en sivilisasjon. Da vi kom på at vi kunne bruke damp og lage maskiner, var den skarve to hundre lysår unna – under 0,0002 prosent. Det lå an til at gravitasjonsbølgen skulle måtte fly anonymt forbi sine mulige oppdagere.

Men så, bare hundre år før den nådde frem, skjedde et mirakel. Albert Einstein utviklet den generelle relativitetsteorien! Basert på den var det mulig å tenke seg frem til at noe så sært som gravita-

sjonsbølger kunne eksistere, og sorte hull attpå. Med bare 0,0001 prosent av bølgens reisevei igjen hadde noen endelig i det minste mistenkt at den kanskje var der!

Å mistenke er imidlertid noe helt annet enn å oppdage. Einstein mente at gravitasjonsbølger ville være umulige å se i noe eksperiment, og der og da hadde han rett. Det krevde nesten hundre år til med utvikling innen teknologi og måleteknikk før noen var klare til å prøve. Først tidlig på 1990-tallet så forskere muligheten for å sjekke om Einsteins gravitasjonsbølger, for dem bare en tolkning av ligninger på et ark, faktisk eksisterte. Teknikken de valgte var å plassere to lange, rette rør vinkelrett på hverandre, og sende laserstråler gjennom dem. Hvis noe da trykker sammen rommet – eller presser på tv-skjermen i analogien over – håpet de å merke det som en forskjell i hvor lang tid lyset bruker på å fly gjennom rørene.

## GRAVITASJONSBØLGER



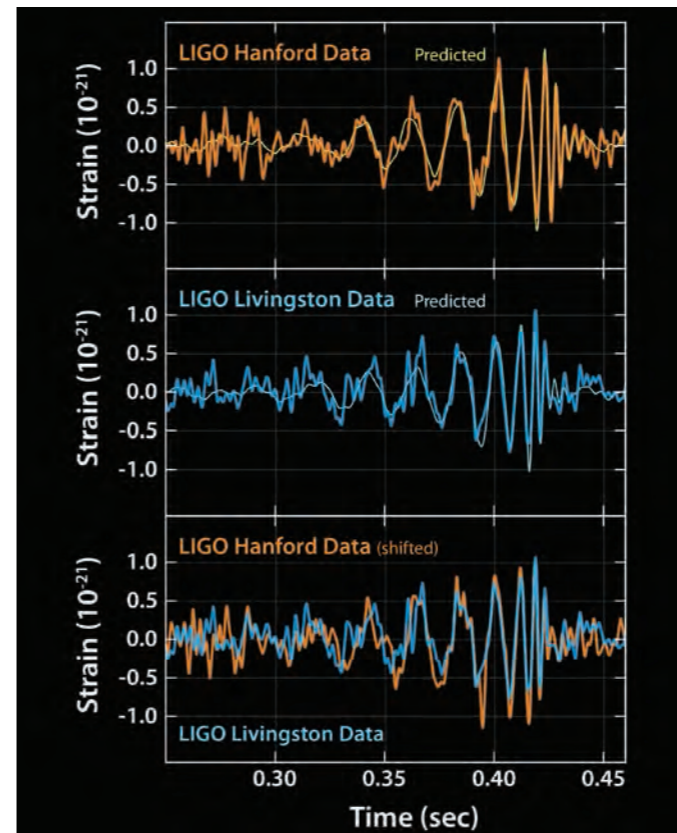
De optiske overflatene blir inspisert for forurensninger. Foto: Matt Heintze/Caltech/MIT/LIGO Lab

Dette var den spede begynnelsen på eksperimentet LIGO, eller Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. Ytterligere ti år med planlegging og bygging (og fremfor alt jakt på finansiering) tok det før prototypen sto klar. I 2002 ble to LIGO-maskiner skrudd på, en sørøst i USA og en i nordvest. Sammen ga de god følsomhet, og dessuten uavhengige målinger for ekstra sikkerhet.

Tanken var god – men det virket ikke. LIGOs mektige laserstråler ble holdt gående i åtte år, før de ga opp i 2010. Selv disse ultramoderne maskinene var ikke gode nok. Det var som om de forsøkte å se en bakterie med et vanlig forstørrelsesglass. Med den standhaftige gravitasjonsbølgen fattige fem lysår fra jorden, etter 1,3 milliarder år på reise, skrudde vi av maskinen som kanskje kunne ha sett den.



## GRAVITASJONSBØLGER



Gravitasjonsbølger, slik som Einstein forutsa. Disse datasettene viser signalene fra gravitasjonsbølger observert av LIGO-observatoriene i Livingston, Louisiana og Hanford, Washington. Foto: LIGO

Men heldigvis: Forskerne ga ikke opp! De forlot ikke LIGO, men valgte i stedet å oppgradere den og gjøre den bedre. Mye bedre. Sommeren 2015 sto Advanced LIGO klar. Teknikken var som før, men delene som målte laserstrålene var nye. LIGO var ikke lenger et forstørrelsesglass, men et riktig gravitasjonsbølgemikroskop.

Rundt 10. september 2015 ble nye Advanced LIGO skrudd på. 14. september 2015 dundret den standhaftige gravitasjonsbølgen gjennom jorden. Og mirakelet skjedde: Eksperimentet så den!

Vi store mennesker merket ingenting. Delvis fordi vi ristet sammen med jorden og rommet rundt oss, og delvis fordi selv denne kraftige bølgen bare strakk kroppene våre mindre enn bredden av ett

atom. Men LIGO merket den godt, både på øst- og vestkysten av USA. Forskerne så den på grafene sine – og vi kan anta at de jublet så det ble et vanlig jordskjelv også. Etter 1,3 milliarder år på reisefot ble vår maskin klar til å ta imot bølgen mindre enn en uke før den ankom! Det er så fantastisk at det grenser mot det utrolige. Signalet LIGO fanget opp, viser et tydelig bølgemønster fra den gang de to sorte hullene sirklet rundt hverandre. De kommer nærmere og nærmere, før de brått suges sammen og eksplosjonen er et faktum. Deretter følger en lyd som av en nystøpt kirkeklokke, der det nyfødte mega-monsteret av et sort hull ringer ut sine nyfødt-skrik til et ventende verdensrom.

11. februar 2016 meddelte LIGO-forskerne oppdagelsen sin til en spent verden. Forskere fra alle felt jublet og gratulerte. Delvis fordi gravitasjonsbølger er en fantastisk oppdagelse, gjort hundre år etter at de ble forutsagt, men mest fordi eksperimentet nå har bevisst at de har en ny metode for å studere universet. Hvordan virker naturen? Hver gang vi finner en ny teknikk for å angripe dette spørsmålet – teleskop, radioantenner, satellitter, partikkeldetektorer – utvider vår horisont seg. Tidvis dramatisk. Gravitasjonsbølger er en slik oppdagelse. LIGO har åpnet døren til gravitasjonsbølgeastronomi, som en dag kan vise oss intet mindre enn restene av selve universets fødsel.

Når champagnerusen har lagt seg, vil LIGO gå i gang med å svare på mange spørsmål. Det første er hvor vidt signalet de så 14. september 2015 er vanlig, eller en veldig sjelden hendelse. Smelter store sorte hull sammen ofte nok til at det har betydd noe for universets utvikling? Det finner vi snart ut. Men mens vi venter, har vi fått en oppgave med å forvalte den nye informasjonsskilden.

For 1,3 milliarder år siden, i en galakse langt, langt borte, kolliderer to sorte hull. Eksplosjonen som fulgte burde vært hyllet i legender, men ingen var der for å se på. Nå har en standhaftig gravitasjonsbølge reist verdensrommet på tvers for å bringe oss bud om kataklysmen, og utrolig nok var vi klare til å ta imot. Antagelig er vi de eneste i hele universet som vet hva som skjedde. Vi er voktere av informasjon som trengs til den kosmiske historiebok. Det er vakkert – og kanskje nok en grunn til at vi bør forsøke å ikke ødelegge oss selv?

Artikkelen sto på trykk i Morgenbladet 19. februar 2016



## Tid, relativitet og navigasjonssatellitter

**GPS blir mer og mer vanlig som et hjelpemiddel i hverdagen. Vi finner GPS i biler, på nettbrett og i mobiltelefoner. Hva bygger denne teknologiske løsningen på? Hvordan klarer satellitter å holde orden på hvor vi er, ved Stortinget eller Eidsvollsbygningen?**

Tid er relativt. En klokke kan faktisk gå raskere eller langsommere. Du trenger bare å bevege deg svært nært et sort hull, slik som i filmen *Interstellar*. Du kan også legge ut på en reise med et romskip som kan bevege seg ekstremt fort, nær lysets hastighet og deretter returnere til jorda. Men hva har skjedd mens du var på reise?

Fra science-fiction-bøker, filmer og populærvitenskapelige magasiner har du kanskje hørt om disse merkelige fenomenene relatert til tid og rom. Kanskje har du hørt om noen av de fantastiske oppdagelsene gjort av Albert Einstein, som er en av de fremste forskerne i vitenskapens historie (hvis ikke, se s. 90). Tid og rom som tema vekker nysgjerrighet hos mange av oss. Kan du forklare hva et sort hull er? Hva skjer med tiden dersom du faller inn i et sort hull? Dette er noen av spørsmålene som stilles innen astrofysikk.

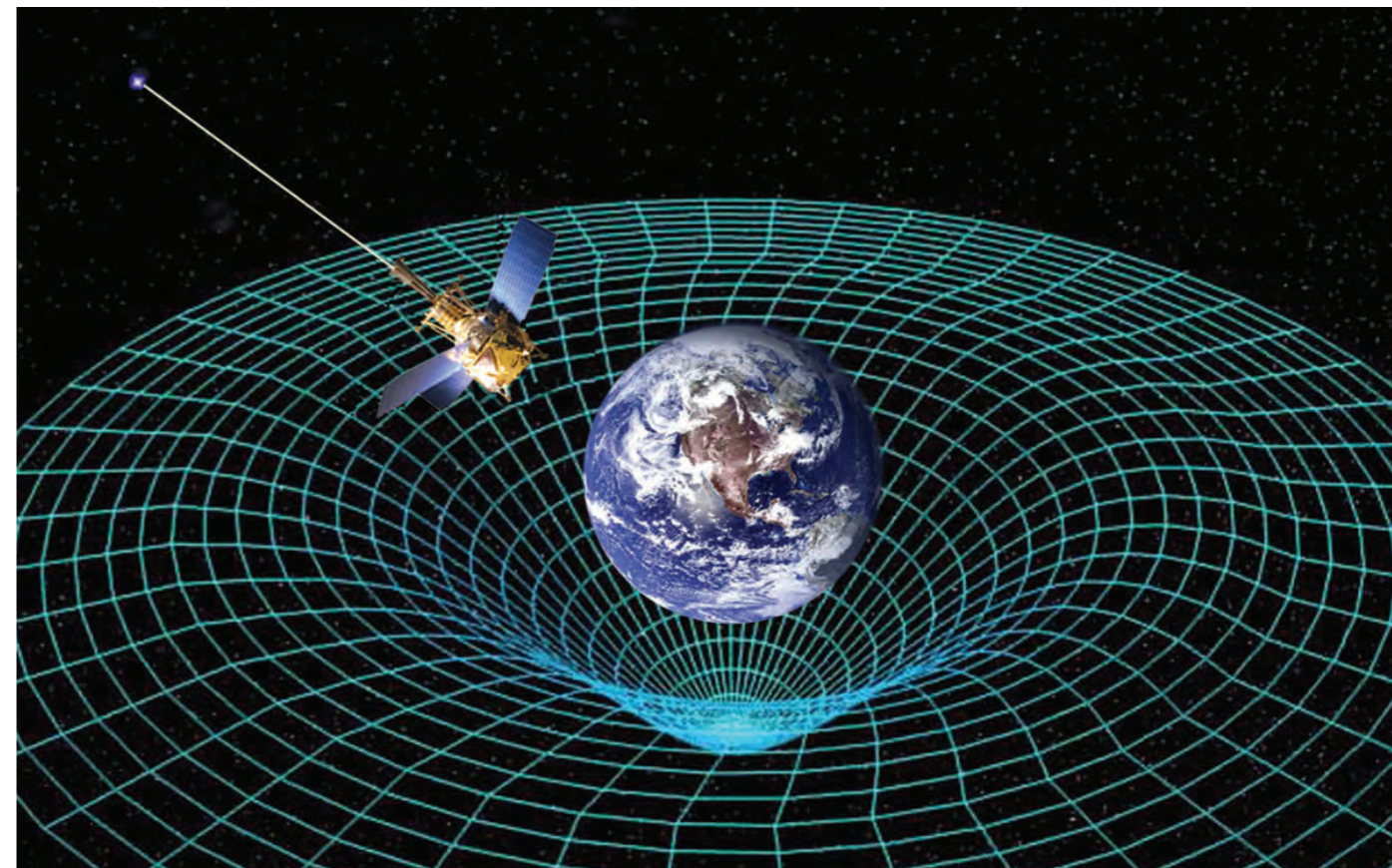
Relativitet og tid fanger raskt interessen til mange elever og studenter, men samtidig kan det oppfattes som noe komplisert og abstrakt som ligger langt utenfor en normal hverdag. Det mange ikke tenker over er at relativitetsteori og koblingen til tid faktisk spiller en viktig rolle i hverdagen vår. GPS (Global Positioning System) er et godt eksempel på dette. Dette navigasjonssystemet ble opprinnelig laget for det amerikanske forsvaret, men har raskt forvandlet seg til noe vi alle bruker daglig uten å tenke særlig mye over det.

Selve GPS-systemet er basert på en gruppe av 24 satellitter i bane rundt jorda. I hver av disse satellittene finnes det en veldig presis atomklokke. Ved hjelp av en enkel håndholdt GPS-mottaker kan vi stå på bakken og lese ut faktisk posisjon i lengdegrad, breddegrad

og høyde og med en nøyaktighet på noen få meter. Ser vi bort fra de militære anvendelsene, brukes GPS blant annet ved flynavigasjon, oljeutvinning, fiskerier og nødetater.

Hvem andre bruker GPS-systemet? Sannsynligvis er du en av brukerne, fordi dette systemet brukes oftere enn vi tenker over. Moderne biler er i dag utstyrt med GPS-mottaker for å hjelpe oss med å navigere frem til en forhåndsbestemt adresse, eller bare finne raskeste vei til favorittrestauranten. I tillegg leveres i dag nesten alle mobiltelefoner og nettbrett med en innebygget GPS-mottaker som det finnes mange forskjellige applikasjoner til. Noen av disse applikasjonene benytter seg av GPS for å vise den faktiske posisjonen din, for eksempel på et kartutsnitt. I dag er det veldig populært å ta bilder med innbakt, nøyaktig informasjon om hvor bildet ble tatt. Andre applikasjoner finner posisjonen din automatisk for å kunne gi deg lokal informasjon, som for eksempel værmelding, hvilke planeter du kan observere på natthimmelen og viktige nyheter i området du befinner deg. På rett sted kan du motta meldinger som: «Løp ut, høy nordlysaktivitet!», som en slags «nordlysalarm». Såkalt geocaching, jakt og fjellturer er andre muligheter som det fins en rekke applikasjoner og tjenester til.

I et GPS-system må vi korrigere for tiden på grunn av relativistiske effekter. Posisjonen bestemmes ved å måle avstanden til minst fire satellitter ved et bestemt tidspunkt. Samtidig må vi vite nøyaktig tid for når disse avstandsmålingene ble foretatt. Det er med andre ord fire avstandsmålinger og tidsmåling som gir posisjonen.



En klokke i en satellitt går raskere sammenlignet med tilsvarende klokke på bakken. Ill.: NASA

Nøyaktig tidsmåling er ekstremt viktig. En GPS-mottaker trenger signaler fra fire ulike satellitter for å bestemme posisjonen din. Ta for eksempel et tilfelle der en av de fire satellittene gir informasjon om at en avstandsmåling ble gjort 13:30:01, men som da faktisk ble gjort 13:30:02. Dette gir en betydelig posisjonsfeil på tusenvis av kilometer. Selv om signalet fra satellitten går med lysets hastighet, så vil en tidsfeil på 0,001 sekund gi en unøyaktighet i posisjon på 300 km. For å sikre at vi får oppgitt posisjonen så nøyaktig som mulig, med bare en feil på noen meter, er hver satellitt utstyrt med en atomklokke som går med en nøyaktighet på 20–30 nanosekunder. Et nanosekund er en milliarddel av et sekund. Selv en veldig liten drift eller endring i atomklokken om bord i satellitten kan få stor betydning for den endelige posisjonen. I følge den spesielle relativitetsteorien går ei klokke som beveger seg veldig fort

saktere enn ei klokke i ro. I følge den generelle relativitetsteorien går ei klokke som er langt oppe i jordas tyngdefelt raskere enn ei klokke nede på jorda. Derfor må vi bruke både spesiell og generell relativitetsteori for å oppnå ønsket nøyaktighet i GPS-systemet.

GPS-satellittene går i bane rundt jorda i en høyde på ca. 20 000 km og har en banehastighet på ca. 14 000 km/t (omløpstiden er omtrent 12 timer). En person på bakken vil se satellitten bevege seg veldig fort, og på grunn av den spesielle relativitetsteorien vil atomklokken om bord i satellitten gå ca. sju mikrosekunder saktere enn tilsvarende atomklokke på bakken. Sju mikrosekunder høres kanskje veldig lite ut, men husk at GPS-systemet krever en nøyaktighet på 20–30 nanosekunder – og sju mikrosekunder tilsvarer 7 000 nanosekunder!

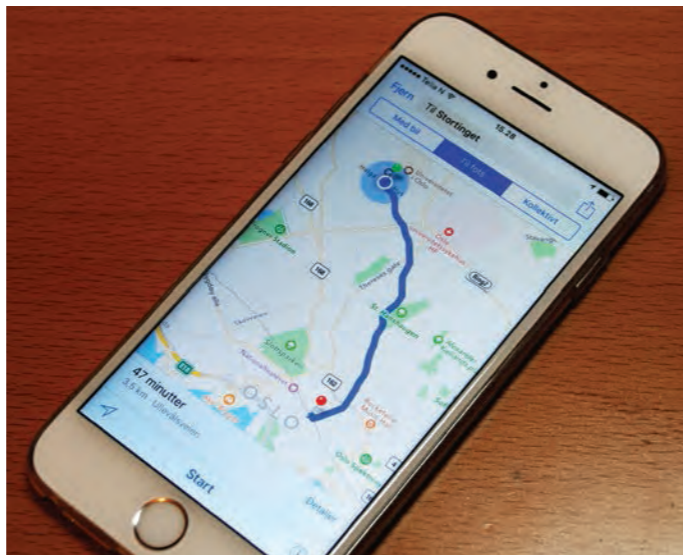
# GPS

Dette er ikke den eneste effekten vi må ta hensyn til. Dersom du har sett filmen Interstellar, husker du kanskje at ting ble veldig komplisert når deler av besetningen besøkte planeten Miller. Dette var en planet der tiden gikk veldig sakte fordi den var nær Gargantua, et sort hull. For hver time på denne planeten gikk det hele sju år på jorda. Da besetningen etter bare noen få timer kom seg tilbake til sitt eget romskip, hadde det gått hele 27 år på jorda. Som en konsekvens av den generelle relativitetsteorien, vil en klokke nært et objekt med høy masse gå saktere enn en tilsvarende klokke langt borte fra objektet. Derfor hadde tiden i dette tilfellet ved planeten Miller gått mye saktere enn tiden på jorda.

Det samme gjelder for GPS-satellittene i bane rundt jorda. Siden en klokke nært et objekt med stor masse vil gå saktere, vil en klokke i en satellitt gå raskere sammenlignet med tilsvarende klokke på bakken. En beregning med *generell relativitetsteori* gir at en klokke om bord i en GPS-satellitt vil gå 45 mikrosekunder raskere enn tilsvarende klokke på bakken.

Dermed har vi to relativistiske effekter tilstede! Den ene effekten (fra den spesielle relativitetsteorien), gjør at klokken går saktere, men den andre (fra den generelle relativitetsteorien) gjør at klokken går raskere. Slår vi sammen disse effektene, finner vi at klokken om bord i disse GPS-satellittene vil gå 38 mikrosekunder raskere ( $45 - 7 = 38$ ) enn tilsvarende klokke på bakken per dag. Dette er hele 38 000 nanosekunder – noe som er atskillig høyere enn kravet på de 20–30 nanosekundene for at GPS-systemet skal fungere. Dersom vi ikke tar hensyn til denne tidsforskjellen, vil posisjonen flytte seg med ca. 10 km per dag. Tenk deg at du har en GPS der du kan velge å korrigere for relativitetseffekter eller ikke. Dersom du først gjør en GPS-måling ved Stortinget med denne korrigeringen aktivert, vil du få en posisjon som stemmer med en nøyaktighet på noen få meter. Du deaktiverer korrigeringen for relativitetseffekter, og etter en uke kommer du tilbake til Stortinget og gjør en ny måling. GPS-mottakeren vil da fortelle deg at Stortinget nå henger i luften over Eidsvollbygningen!

Bruk en app på smarttelefonen din til å bestemme posisjonen din. Dersom du zoomer inn, kan du sjekke nøyaktigheten til posisjonen din. Dette hadde ikke vært mulig dersom vi ikke kjente til relativitetseffektene, akkurat de samme effektene vi må ta hensyn til i nærheten av et sort hull.



GPS-systemet brukes ofte i hverdagen. Foto: Aud Ragnhild Skår

## Lærerkurs

Bruk av GPS og satellittbilder i utdanning spiller en viktig rolle i flere kurs som NAROM arrangerer som en del av Nordic ESERO-prosjektet, esero.no. I disse kursene presenteres effekten av relativitetsteorien knyttet til et praktisk og kjent felt, som bruken av GPS. Dersom vi kombinerer bruken av GPS-mottakere og satellittbilder, åpner det seg mange muligheter for aktiviteter i skolen. Tilbakemeldingene fra lærere som har benyttet seg av dette i skolen er veldig positive.



Kursdeltakere bruker GPS. Foto: Nordic ESERO

# RELEKVANT

## Tid og relativitet i videregående skole

Hvordan kan vi formidle tidens forunderlige natur i videregående skole? Dette prøver ReleKvant-prosjektet å finne svar på.

ReleKvant er et forsknings- og utviklingsprosjekt som lager nettbaserte læringsressurser i moderne fysikk på viten.no. Den norske læreplanen i fysikk skiller seg ut internasjonalt ved at den har med kompetansemål om generell relativitetsteori og filosofiske aspekter ved moderne fysikk. Målet med ReleKvant-prosjektet er å bidra til bedre læring i fysikkfaget i videregående skole, og bidra til økt innsikt i elevers motivasjon og forståelse i moderne fysikk.

Det kan være ganske innviklet å forstå de abstrakte fysiske begrepene i moderne fysikk, og særlig utfordres konseptet tid i den generelle relativitetsteorien. Tid er ikke bare relativ i den forstand at den avhenger av hvor raskt man beveger seg. Tid påvirkes også av gravitasjon, og en klokke går saktere langt nede i et gravitasjonsfelt enn høyt oppe. – Det er ikke logisk hvis du tenker klassisk fysikk, utbrøt en

av elevene som deltok i utprøving av læringsressursene våren 2016. Einstein hevder til og med at tid, rom og gravitasjon henger tett sammen i det såkalte tidrommet, som beskrives matematisk av eksotiske former for geometrier. Dette kan skape undring og fascinasjon blant elever og lærere, samtidig som det gir et innblikk i gravitasjonsteorien som faktisk brukes i forskningsfronten i dag. Derfor ønsker ReleKvant-prosjektet å gjøre generell relativitetsteori tilgjengelig og forståelig uten å bruke det avanserte matematiske rammeverket som ligger bak. I stedet gjør læringsressursene bruk av at det å snakke fysikk kan stimulere til læring og refleksjon, for eksempel over tidens natur. Derfor inneholder opplegget flere diskusjonsoppgaver. Dessuten satses det på et variert samspill mellom illustrasjoner, animasjoner og videoer som supplerer skrevne forklaringer.

Modulen om generell relativitet er fremdeles under utvikling og kan sees på viten.no/relativitet. Ønsker du å prøve programmet med en klasse, ta kontakt på skolelab@fys.uio.no.



## Ikkje sitér meg på dette

**Eg skal gje dykk nokre ukompliserte fakta og observasjonar. Frå desse skal eg trekkja ein konklusjon som er heilt urimeleg og sannsynlegvis feil.**

Den svært populære boka «The world without us» (Weisman 2007) drøftar kva som ville skje med jorda dersom menneska vart borte over natta. Weisman meiner at etter berre eit par hundre år vil det vera få spor att etter oss, om nokre. Ei liknande bok, «The Earth after us» (Zalasiewicz 2009), handlar om kva geologiske spor menneskeslekta vil etterlata seg. Om hundre millionar år vil det vera få direkte bevis for at vi var her. Hundre tusen års eksistens som art vil ikkje utgjera meir enn omtrent ein meters høgde i avsetjingsbergartar. Det meste av den tida var vi temmeleg sjeldne og etterlot oss få fossil fordi vi levde på land. Byar og dammar kan vara ei stund, men med tida vil dei òg forvitra eller verta øydelagde av endringar i jordskorpa.

Vi geologer har blitt lært at «notida er nøkkelen til fortida». Aktualitetsprinsippet seier at *dei same naturlege prosessane som skjer i dag, skjedde òg i fortida*. Sjølv om det finst unntak, har dette prinsippet vore eit uvurderleg verktøy for å forstå geologiske prosessar som skjer over ufatteleg lang tid. I dag er vi midt i ei masseutrydding som skuldast handlingane til ein intelligent art. Vi kjenner til flere masseutryddingar i den geologiske fortida vår. Dersom vi bruker aktualitetsprinsippet på dei tidlige masseutryddingane, kva skal vi då tru det var som forårsaka dei?

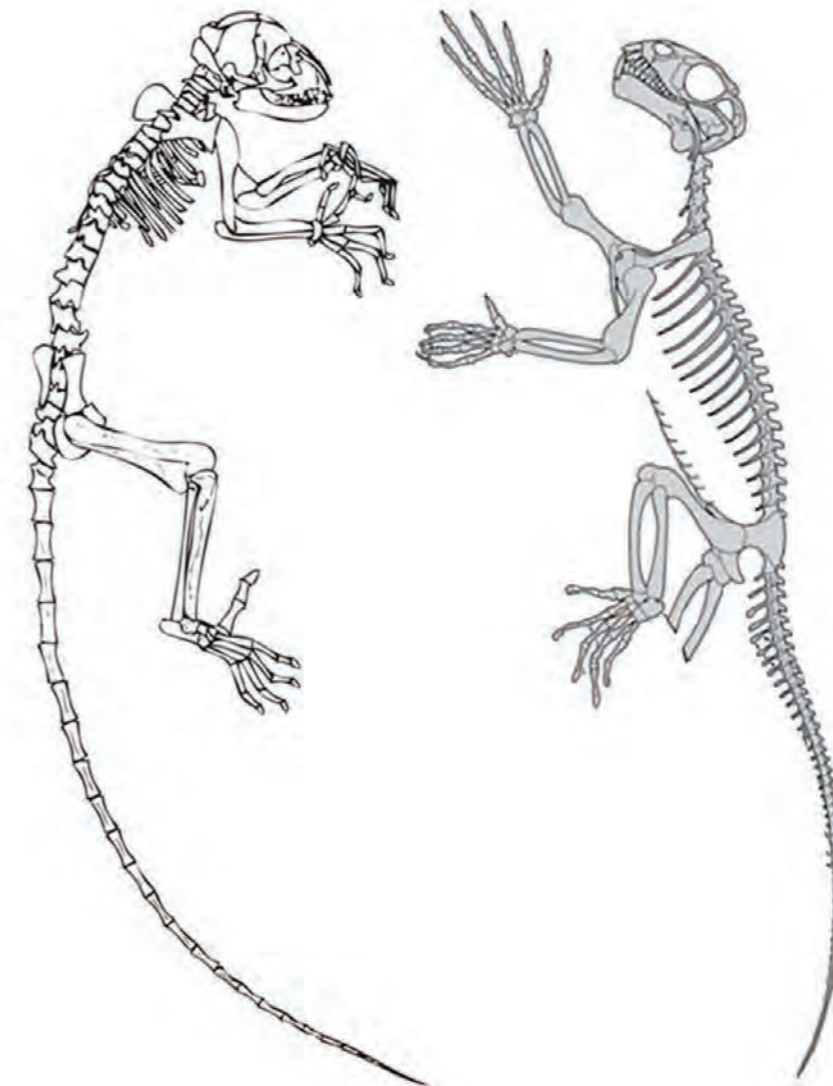
Zalasiewicz antek at eit av dei få langvarige spora etter menneska i fossillaga vil vera eit brått fall i isotopverdiane for karbon. Nettopp slike fall er forbunde med nokre av dei tidlegare masseutryddingane, spesielt mot slutten av perm, men òg nokre mindre hendingar, som slutten av paleocen. Igjen, kva skal vi tru dette skuldast dersom vi brukar aktualitetsprinsippet på desse falla i isotopverdiane for karbon?



Det har antakeleg demra for lesaren kvar eg vil hen (og sidan eg er ein seriøs forskar og gjerne vil behalda jobben min, understrekar eg at eg ikkje meiner det alvorleg). Eg seier altså at det ikkje ville vera overraskande om geologane og paleontologane ikkje hadde funne spor etter tidlegare sivilisasjonar, dersom slike hadde eksistert. I staden for å leita etter sivilisasjonar i det ytre rom hadde vi kanskje hatt betre sjansar for å finna dei på vår eigen planet, der vi jo veit at forholda ligg til rette for å oppretthalda liv. Kvar skulle vi ha leita? Kanskje i marine sediment, der levningar av dei majestetiske skipa deira kunne ha blitt bevart. I gamle hydrokarbonreservoarar kunne vi kanskje funne restar etter boreanlegga deira. Eller kanskje sjansane ville vera endå større (som fysikaren Galen Gisler foreslo for meg) på månen eller på Mars, der landingsfartøya deira ville verta bevarte i millionar av år.

At evolusjonen er ein progressiv prosess, er det få biologar som vil hevda lenger. Vi reknar ikkje lenger mennesket for å vera kruna på skaparverket. Evolusjonen er ikkje ein prosess som har hatt til hensikt å bringa fram oss som sluttprodukt. Så kvifor skal vi då tru at noko liknande ikkje har skjedd tidlegare? Å hevda at vi er den einaste intelligente arta gjennom tidene har den same filosofiske vekten som å hevda at vi er den einaste intelligente arta i universet. Det er uvitenskapeleg.

Men vent, seier du kanskje. Kanskje ville vi ikkje finna bygningar eller skjelett etter dei sjølve, men dei må nødvendigvis ha hatt evolusjonære forløparar som vi ville finne fossil av? Å neidå. Tenk på kor få primatfossil som finst, berre nokre fragment her og der. Om nye femti millionar år vil dei geologiske prosessene praktisk talt ha utsletta dei.



Til venstre: *Darwinius* (primat frå eocen, gjengitt av Jørn Hurum etter Franzen et al. 2009). Til høgre: *Suminia* (synapside frå perm, etter Fröbisch og Reisz 2009).

Her er eitt mulig scenario blant mange: i perm levde ein synapside som vert kalla *Suminia*. Illustrasjonen viser den saman med primaten *Ida* (*Darwinius masillae*) fra eocen. Kven er kven? Etter femti millionar år har slektningar av *Ida* utvikla seg til oss. Gje *Suminia* femti millionar år, og vi er i sein trias. Kunne ho på den tida

ha utvikla seg til noko som likna på oss? Ja. Ville vi ha funne bevis for dette blant fossila? Sannsynlegvis ikkje.

Tenk over det. Men ikkje sitér meg på det.

## BOKOMTALER: TIDSAKTUELLE BØKER

## Observatoriet

Huset som fant Norge

**Gunnhild Berre Aasprang  
og Tone Skramstad**  
ISBN: 9788205472990  
Gyldendal Norsk Forlag



Dette er fortellingen om et av de viktigste husene i Norge. Her ble Norge satt på kartet, bokstavelig talt. Det var også her Norge fikk riktig tid. Og det var her professor Christopher Hansteen heiste en oransje ball klokken 12 hver dag slik at folk i Christiania kunne stille klokkene sine.

Dette er kultur- og vitenskapshistorie fortalt på en underholdende måte for unge lesere fra ti år. Bak i boka finner du forsøk som kan brukes både i matematikk- og naturfagsundervisningen. Boka har tegneserier, faktabokser, avisartikler og mye mer, så den egner seg også godt til å øve på lesestrategier.

Les mer om Observatoriet i Oslo på s. 26.

## Tidsreisen

En fantasifull reise i kalenderens historie

**Kristin Eli Strømme,  
Geir Ellingsrud og  
Odd Henning Skyllingstad** (ill.)  
ISBN: 9788283150315  
Omnipax



Hvorfor har ikke alle månedene like mange dager? Hva er et døgn? Hvorfor er ikke klokka den samme på hele jorda? Og hvorfor finnes 29. februar bare hvert fjerde år?

Historien om Sara og Pieros tidsreise utgjør hoveddelen i boka. Sara får et innblikk i hvordan menneskene til alle tider har studert stjerner og planeter for å måle tid, hvordan vi har definert døgn, uker, måneder og år og hvordan forskjellige kalendere har utviklet seg. I andre del utdypes innholdet i en ren fagtekst.

Boka er illustrert med humoristiske tidsbilder fra reisen og enkle fagillustrasjoner. En morsom og lærerik bok som også egner seg svært godt for høytlesning.

Les mer om boka på s. 30.

## BOKOMTALER: TIDSAKTUELLE BØKER

## Den sjette utryddelsen

En unaturlig historie

**Elizabeth Kolbert**  
Oversatt av Jon Anstein Olsen  
og Karen Lykke Syse  
ISBN: 9788293441021  
Mime Forlag AS

Fra forordet, skrevet av Dag O. Hessen:

Det er nesten for galt å si at man blir glad av å lese en bok om artsutryddelse, men Elizabeth Kolberts Pulitzerprisvinnende bok *Den sjette utryddelsen* er en slik bok – på tross av budskapet. Vi mennesker påvirkes mer av historier enn av tall og tørre fakta, og Kolbert tar oss med på reiser dit det skjer. Hun forteller som observatør (og journalist), ikke fagperson, og kanskje er det her grepet ligger. Det er en bok med samme tilnærming som Bill Brysons *En kort historie om nesten alt*, og fullt på høyde med denne. Og det mangler ikke fakta her heller, de er bare presentert der det skjer. For eksempel i regnskogen på jakt etter *Atelopus zeteki*, Panamas gullfrosk. En av mange amfibier som er i ferd med å bukke under. Froskene har en 250 millioner års historie, og skal de nå takke for seg? Og hvorfor? Det er mye som peker i retning av en parasittisk soppgruppe, chytrider, og i regnskogens nattemørke kan Kolbert med selvsyn konstatere at den ikoniske, en gang

så tallrike, gule frosken synes å gå samme vei som vandreduen – og geirfuglen. Elizabeth Kolbert får overtalt en lokal fisker til å frakte seg over den værharde strekningen ut til Eldey, åstedet for den offisielle slutten på geirfuglen som art. En underlig og utilgjengelig klippeformasjon, som et skrått offeralter, som stiger opp av havet et drøyt stykke ut fra Islandskyst. Allikevel ikke mer utilgjengelig enn at Sigurdur Iselsson, Ketil Ketilsson og Jón Brandsson kom seg i land en junidag i 1844, fikk fatt i det aller siste paret av geirfugl og kvalte dem. Egget trillet av gårde og knuste. Det siste par og det siste egg av en art som engang fantes i millioner over store kyststrekninger, men som ble slaktet i hopetall like ned til dette aller siste paret.

Boka vant Pulitzerprisen i 2015, kategori «generell sakprosa».



## BOKOMTALER: TIDSAKTUELLE BØKER

## Dyr, sortert etter alder

**Frøydis Sollid Simonsen**  
ISBN: 9788282880763  
Flamme Forlag



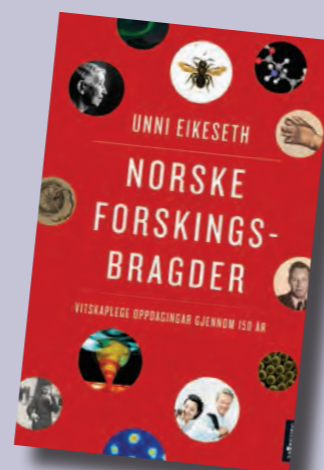
*Dyr, sortert etter alder* er et forsøksvis vitenskapelig blikk på den alt annet enn vitenskapelige kjærligheten mellom en bestemor og barnebarnet hennes. Tekstene henter seg selv inn fra det tidvis litt leksikale, oppslagsaktige, til det intime og paradoksale. Den som skal dø sist, ser på den som skal dø først – og gruer seg. Så dør hun nesten selv.

Frøydis Sollid Simonsen kommer fra Nesodden, men bor i København. Hun er tegneserietegner og forfatter, og debuterte med *Hver morgen kryper jeg opp fra havet* i 2013. Hun har gitt oss tillatelse til å trykke utdrag fra singelen på side 62, supplert av sine egne illustrasjoner.

## Norske forskingsbragder

Vitskaplege oppdagingar gjennom 150 år

**Unni Eikeseth**  
ISBN: 9788252186703  
Samlaget



Kjemikaren Unni Eikeseth, kjent som blant anna programleiar frå Newton, gir oss her dei mest spennande og sentrale oppdagingane frå dei siste 150 åra med norsk naturvitskapleg og medisinsk forskning.

Vi kjenner forskarparet May-Britt og Edvard Moser og oppdaginga deira av celler som utgjer hjernens stadsans. Men kven andre? Eikeseth tek oss med tilbake til 1870-talet, til Gerhard Armauer Hansen og oppdaging av leprabasillen. Du får historia bak stikket i hælen som alle norske barn får like etter fødselen, og du kan også lese om rolla til radiokjemikaren Ellen Gleditsch i eit aldri så lite vitskapleg drama som fann stad i radioaktivitetens tidlege historie.

## BOKOMTALER: TIDLØSE BØKER

## Kometen kommer

**Tove Jansson**  
ISBN: 9788203250132  
Aschehoug  
Utgitt første gang i 1946,  
på norsk i 1970.



Sommeren i Mummidalen er varm, hyggelig og full av muligheter. Midt på natta kommer stormen, og langt ute i mørket lyser et rødt øye som blir større for hver dag. Det er kometen som kommer nærmere og nærmere, og alle små kryp pakker sakene sine og flykter.

På jakt etter svar om kometen oppsøker Mummitrollet og vennene hans et observatorium, og møter mange dedikerte, distré astronomer. Astronomene vet nøyaktig når kometen vil tangere jorda. Nå starter kampen mot klokka. Rekker alle små kryp å finne ly i tide?

## Den lille prinsen

**Antoine de Saint-Exupéry**  
Oversatt av Inger Hagerup  
ISBN: 9788203251566  
Aschehoug  
Utgitt første gang i 1943,  
på norsk i 1962.



(Finnes også som nyoversettelse på Transit forlag.)

Gjennom denne nydelige fabelen for alle aldre får vi innblikk i hva som er det viktigste i Den lille prinsens liv, samtidig som vi oppdager det viktigste i vårt eget.

Da jeg leste denne boka som barn, forsto jeg for første gang at planetene roterer og årsaken til at det blir natt og dag. Da jeg leste den igjen som voksen, forsto jeg hvor viktig det er å ikke glemme at jeg har vært barn.