

LÆRERVEILEDNING OG ELEVARK

Havstrømmodell- varenr.: 104039

Et lite bordforsøk som gjør den termohaline sirkulasjonen synlig. Elevene ser hvordan forskjeller i temperatur og saltinnhold setter vann i bevegelse, og de kan måle hvor fort strømmen går.

Fag og trinn: naturfag 8.–10. trinn og vg1, geografi vg1, geofag · **Tidsbruk:** 15 min forberedelse, 30–45 min gjennomføring · **Organisering:** par eller grupper på tre

Hva modellen viser

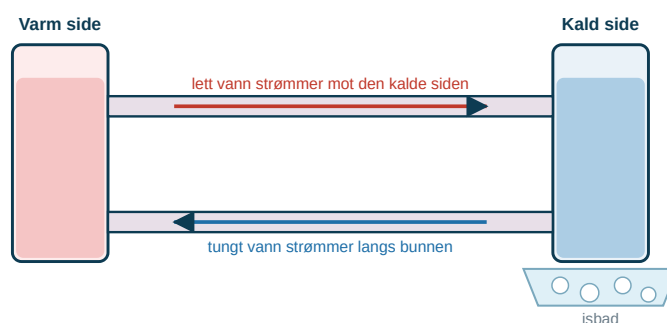
Modellen består av to gjennomsiktige beholdere på 50 ml som står ved siden av hverandre. To graderte plastrør på 200 mm kobler dem sammen, ett nær bunnen og ett nær toppen, slik at vannet kan gå rundt i en lukket sløyfe.

Når elevene kjøler ned den ene beholderen i et isbad, blir vannet der tyngre og synker. Det tunge vannet presses gjennom det nederste røret over til den varme siden, og lettere vann strømmer tilbake gjennom det øverste røret. Fargestoffet gjør bevegelsen synlig, og skalaen på rørene lar elevene måle hvor mange millimeter fargefronten flytter seg per minutt.

Det samme oppsettet brukes til å undersøke saltinnhold. Da erstatter elevene temperaturforskjellen med en forskjell i saltkonsentrasjon, og de ser at tungt saltvann oppfører seg på samme måte som kaldt vann.



Modellen i bruk. Beholderen til høyre står i isbad, og fargen viser hvor vannet går. Foto: Sordalab.



Prinsippskisse. Sirkulasjonen går rundt i sløyfa så lenge temperaturforskjellen holdes ved like.

Faglig bakgrunn

Tetthet styrer bevegelsen

Vann synker når det er tyngre enn vannet rundt, og stiger når det er lettere. To forhold avgjør tettheten i havet: temperaturen og saltinnholdet. Kaldt vann er tyngre enn varmt, og salt vann er tyngre enn ferskt.

Rent ferskvann har en tetthet på omtrent 1000 kg/m^3 . Havvann med gjennomsnittlig saltinnhold rundt 35 g salt per kilo vann ligger på omtrent 1025 kg/m^3 . Forskjellen virker liten, men over et helt havdyp er den nok til å drive en global sirkulasjon.

Ferskvann har størst tetthet ved cirka 4°C . Denne særegenheten forsvinner når saltinnholdet overstiger omtrent $24,7 \text{ g/kg}$, og i havvann blir vannet derfor stadig tyngre helt ned til frysepunktet. Det er verdt å nevne for elever som allerede kjenner til at is flyter.

Den termohaline sirkulasjonen

Navnet kommer av *termo* for varme og *halin* for salt. I Nord-Atlanteren avkjøles overflatevannet på vei nordover, og når havis danner seg, blir saltet igjen i vannet under. Begge prosessene gjør vannet tyngre, og i Grønlandshavet, Islandshavet og Labradorhavet synker det ned i dypet.

Dypvannet strømmer sørover og fordeler seg til de andre havområdene, mens varmt overflatevann strømmer nordover som erstatning. En vannmasse kan bruke flere hundre år på en runde. Systemet kalles ofte AMOC, etter det engelske navnet Atlantic Meridional Overturning Circulation.

Hvorfor dette angår Norge

Den nordatlantiske strømmen og forlengelsen langs kysten, Den norske atlantehavsstrømmen, fører varmt vann helt opp til Barentshavet. Derfor er norskekysten isfri året rundt, og derfor har Norge et mildere klima enn andre steder på samme breddegrad. Nuuk på Grønland ligger omtrent på samme breddegrad som Trondheim, men har vintre som er flere grader kaldere.

Smeltevann fra Grønlandsisen tilfører ferskt og lett vann til nettopp de områdene der dypvannet dannes. Forskerne følger derfor nøye med på om sirkulasjonen svekkes. Modellen gir elevene et konkret bilde de kan tenke med når dette temaet kommer opp.

Modellens styrker og begrensninger

Kompetansemålet om å bruke modeller krever at elevene også vurderer hva modellen ikke får med. Denne oversikten kan brukes som utgangspunkt for en samtale i klassen.

Modellen viser godt	Modellen får ikke med
At tetthetsforskjeller alene er nok til å sette vann i bevegelse, uten pumpe eller vind.	Jordrotasjonen. Corioliseffekten avbøyer alle havstrømmer, og uten den blir strømmønsteret i virkeligheten helt annerledes.
At kaldt og salt vann søker nedover, og at varmt og ferskt vann legger seg øverst.	Vinden, som driver de kraftigste overflatestrømmene, blant annet Golfstrømmen langs USAs østkyst.
At strømmen går rundt i en sløyfe: det som forsvinner ett sted, må erstattes et annet.	Fordamping, nedbør og issmelting, som hele tiden endrer saltinnholdet i overflaten.
At farten avhenger av hvor stor forskjellen er.	Tidsskalaen og størrelsesordenen. Her går det på minutter i et rør på 20 cm, i havet på hundreår over tusenvis av kilometer.

Kobling til læreplanen (LK20)

Forsøket treffer flere kompetansemål direkte. Ordlyden nedenfor er hentet fra læreplanene på udir.no.

Naturfag, etter 10. trinn: « bruke og lage modeller for å forutsi eller beskrive naturfaglige prosesser og systemer og gjøre rede for modellenes styrker og begrensninger», « stille spørsmål og lage hypoteser om naturfaglige fenomener, identifisere avhengige og uavhengige variabler og samle data for å finne svar», « delta i risikovurderinger knyttet til forsøk og følge sikkerhetstiltakene» og « beskrive drivhuseffekten og gjøre rede for faktorer som kan forårsake globale klimaendringer».

Geografi vg1: « utforske hva endringer i klimaet betyr for natur og samfunn lokalt, regionalt eller globalt».

Utstyr

Dette følger med modellen

- 2 beholdere på 50 ml
- 2 graderte forbindelsesrør i plast, 200 mm
- Blått og rødt fargestoff i pulverform, nok til 1 liter av hver
- Produsentens bruksanvisning

Dette må skolen skaffe selv

- Isbiter og en liten skål eller et begerglass som isbad
- Varmt vann, høyst 50 °C
- Stoppeklokke eller mobiltelefon
- Termometer
- Engangssprøyte eller pipette til å fylle rørene uten luftbobler
- Bordsalt, vekt og målesylinder til forsøk B
- Klut og oppsamlingskar, fargestoffet setter flekker

HMS og risikovurdering

Risikoen i forsøket er lav, men to forhold bør gjennomgås med elevene før de starter. Bruk vann på høyst 50 °C, slik at ingen skålder seg, og la elevene blande fargestoffet med vernebriller på. Pulveret støver lett og farger både hud og tøy.

Sjekk sikkerhetsdatabladet for fargestoffet før bruk, og følg anvisningene der om håndtering og avfall. Løsningene er sterkt fortynnet, og skolen avgjør selv om de kan skylles ut i vasken med rikelig vann, ut fra databladet og lokale regler.

La elevene skrive risikovurderingen selv på elevarket. Det er en del av kompetansemålet, og det tar to minutter.

Forberedelse og praktiske råd

Slik rigger du opp

1. Bland fargeløsningene på forhånd, én liter blå og én liter rød. Konsentrert farge i små mengder gir best kontrast.
2. Sett de to beholderne ved siden av hverandre på et plant, lyst underlag. Et hvitt ark bak oppsettet gjør fargene mye tydeligere.
3. Monter det nederste forbindelsesrøret først, deretter det øverste.
4. Fyll systemet med romtemperert vann til vannstanden ligger over det øverste røret i begge beholderne.
5. Få ut all luft. Bruk sprøyten til å fylle rørene, og vippe forsiktig på oppsettet til boblene har forsvunnet.

De tre vanligste feilkildene

Luftbobler i rørene. En eneste boble stopper sirkulasjonen helt. Dette er den klart hyppigste årsaken til at ingenting skjer, og det lønner seg å kontrollere begge rør før elevene setter i gang.

For liten temperaturforskjell. Under omtrent 10 grader mellom sidene blir bevegelsen så langsam at elevene mister tålmodigheten. Bruk rikelig med is.

Oppsettet står skjevt. Står beholderne i ulik høyde, driver tyngdekraften vannet den ene veien uansett tetthet, og resultatet blir umulig å tolke. Kontroller med et vater eller et øyemål mot bordkanten.

Forventede resultater

Med et isbad på den ene siden og romtemperert vann på den andre kommer bevegelsen i gang i løpet av et halvt til ett minutt. Fargefronten i det nederste røret flytter seg typisk noen millimeter til et par centimeter per minutt, avhengig av hvor stor forskjellen er. Elevene skal se at farten øker når forskjellen øker, og det er dette forholdet som er poenget med målingene.

I saltforsøket går bevegelsen ofte raskere, fordi en saltløsning på 50 g per liter gir en større tetthetsforskjell enn de temperaturene et klasserom kan skaffe. Begge forsøkene ender i samme konklusjon: det tyngste vannet legger seg nederst og driver sirkulasjonen.

Differensiering og videre arbeid

På ungdomstrinnet holder det å observere og beskrive. La elevene tegne strømmønsteret med piler og forklare det med egne ord.

På vg1 kan klassen behandle forsøket som en ordentlig undersøkelse. Elevene setter opp en hypotese, holder alt annet konstant, varierer temperaturforskjellen i tre eller fire trinn og plotter farten mot forskjellen. Diskuter deretter usikkerheten i målingene og hvor godt modellen faktisk ligner på havet.

Som avslutning kan klassen koble forsøket til smeltevannet fra Grønland. Hva skjer med sirkulasjonen hvis det tilføres lett ferskvann nettopp der dypvannet dannes? Spørsmålet lar seg prøve ut i modellen ved å tilsette ferskvann på den kalde siden.

Elevark A – Kaldt vann synker

Havstrømmodell · naturfag

Navn: _____ Gruppe: _____ Dato: _____

Hensikt

Dere skal undersøke om en temperaturforskjell alene er nok til å sette vann i bevegelse, og måle hvor fort strømmen går.

Risikovurdering

Skriv hva som kan gå galt i dette forsøket, og hva dere gjør for å unngå det.

Hypotese

Hva tror dere skjer når dere kjøler ned den ene beholderen? Tegn gjerne piler.

Framgangsmåte

1. Sett de to beholderne ved siden av hverandre. Kontroller at de står i samme høyde.
2. Fyll systemet med romtemperert vann til over det øverste røret. Få ut alle luftbobler.
3. Tilsett noen dråper rød farge i den ene beholderen og blå farge i den andre.
4. Mål temperaturen i begge beholderne og skriv den ned.
5. Sett den blå beholderen i isbadet og start stoppeklokka.
6. Se på skalaen på det nederste røret. Noter hvor langt fargen har flyttet seg etter 1, 2 og 3 minutter.
7. Gjenta med mer is, slik at temperaturforskjellen blir større.

Resultater

Forsøk	Temperatur varm side (°C)	Temperatur kald side (°C)	Forskjell (°C)	Strekning etter 3 min (mm)	Fart (mm/min)
1					
2					
3					

Observasjon

Tegn oppsettet og sett piler på for å vise hvilken vei vannet går i det nederste og det øverste røret.

Spørsmål

1. Hvilken variabel endret dere, og hvilken målte dere?

2. Hvorfor synker det kalde vannet? Bruk ordet tetthet i svaret.

3. Hva skjedde med farten da temperaturforskjellen ble større? Passet det med hypotesen deres?

4. I Nord-Atlanteren avkjøles overflatevannet på vei nordover, og i Grønlandshavet synker det ned i dypet. Forklar hvorfor, med det dere så i modellen.

Konklusjon

Skriv to til tre setninger om hva forsøket viste.

Tenk videre

Smeltevann fra Grønlandsisen er ferskt og lett, og det havner nettopp der hvor dypvannet dannes. Hva tror dere det gjør med sirkulasjonen? Prøv det i modellen ved å tilsette ferskvann på den kalde siden.

Elevark B – Salt vann synker

Havstrømmodell · naturfag

Navn: _____ Gruppe: _____ Dato: _____

Hensikt

Nå skal dere undersøke om saltinnhold virker på samme måte som temperatur. Alt vann i forsøket skal ha samme temperatur, slik at salt er det eneste som er forskjellig.

Framgangsmåte

1. Lag en saltløsning: vei opp 50 g bordsalt og løs det i 1 liter romtemperert vann. Tilsett blå farge.
2. Lag rødt ferskvann med samme temperatur.
3. Skyll og fyll modellen med ferskvann. Kontroller at det ikke er luft i rørene.
4. Tilsett den blå saltløsningen forsiktig i den ene beholderen med en sprøyte.
5. Start stoppeklokka og følg fargen på skalaen i det nederste røret.
6. Gjenta med en svakere saltløsning, for eksempel 25 g per liter.

Resultater

Forsøk	Salt (g per liter)	Temperatur (°C)	Strekning etter 3 min (mm)	Fart (mm/min)
1				
2				
3				

Spørsmål

1. Hvilken vei gikk saltvannet? Sammenlign med det kalde vannet i forsøk A.

2. Havvann inneholder omtrent 35 gram salt per kilo. Hvordan er saltløsningen deres sammenlignet med havvann?

3. Når det dannes havis i Arktis, blir det meste av saltet igjen i vannet under isen. Hva gjør det med vannet der?

4. Nevn to ting som skjer i havet, men som ikke er med i denne modellen.
