

Et paradigmeskifte som geovitenskapene



forandret



Mens teorien om kontinentaldrift er basert på geologiske studier på land, er teoriene om havbunns-spredning og platetektonikk i all hovedsak basert på topografiske og geofysiske studier av havbunnen.

På Island kan vi tydelig se resultatene av platetektonikk. Havbunnen som fyller gapet mellom Den eurasiske platen med Skandinavia og Den amerikanske platen med Grønland kommer her på land, og ved Tingvellir kan vi studere langsgående revner som vitner om at jordskorpen sprekker opp.

Med et helt alminnelig verdenskart er det lett å se at vestkysten av Afrika har samme form som østkysten av Sør-Amerika. Dette har vært kjent helt siden de aller første verdenskartene ble konstruert av de tidligste sjøfarene i det 16. århundre. Men det var først ved inngangen til det 20. århundre at den østerrikske geologen Eduard Suess la frem sine tanker om at et superkontinent hadde dekket en del av Jorden, før det ble brutt opp og dannet kontinenter og hav.

Først kontinentaldrift

Bare noen få år senere, i 1915, presenterte den tyske meteorologen Alfred Wegener (1880-1930) et grundig geologisk arbeid hvor han introduserte teorien om kontinentaldrift. Han mente at kontinentene for 200 til 300 millioner år siden hang sammen i et superkontinent som han kalte Pangea – "alt land". Alfred Wegener er i ettertid blitt kreditert som opphavsmannen til teorien om kontinentaldrift. I samtiden møtte han imidlertid stor motstand, og på en stor geologisk konferansen i New York 1926 ble teorien arrogant avvist, til tross for at han presenterte en mengde overbevisende argumenter. De fleste av datidens geologer var ikke modige nok til å ta til seg så revolusjonerende tanker.

En viktig årsak til at teorien ikke ble akseptert var at Wegener ikke kunne gi en tilfredsstillende forklaring på hvorfor og hvordan kontinentene flyttet på seg. Den engelske geologen Arthur Holmes (1890-1965) var først ute med en forklaring. Allerede i 1929 foreslo han at konveksjonsstrømmer i mantelen var drivkraften. Holmes argumenterte for at de oppadgående strømmer i mantelen splittet kontinentene og dannet de midt-oseaniske ryggene. Holmes kalte selv ideene sine for svært spekulative og mente at de ikke hadde noen vitenskapelig verdi inntil de ble støttet av uavhengige beviser.

Deretter havbunnsspredning

Planeten Jorden karakteriseres av at den består av land og hav. Det er landområdene – kontinentene – vi kjenner best. Men havområdene dekker hele to tredjedeler av jordens areal, og likevel er det disse vi kjenner dårligst.



Foto: Halldan Carstens

På Island kommer havbunnen på land. Vi kan stå og gå i grenseområdet mellom Den amerikanske platen og Den eurasiske platen. På Reykjanesryggen sør for Reykjavik finner vi dette skiltet som gir en enkel introduksjon til kontinentaldrift, havbunnsspredning og platetektonikk.

Mens geologer har kartlagt kontinentene i flere århundrer, til dels med svært detaljerte studier, var det først for 50-60 år siden at havene ble interessante studieobjekter. Dette hang sammen med en kraftig økning i tilgang på maringeologiske data etter den andre verdenskrigen.

Til gjengjeld er det havområdenes geologi som i stor grad har bidratt til en helhetlig geologisk forståelse av planeten. Batymetriske, magnetiske og gravimetriske målinger forteller om lange fjellkjeder, enorme dyphavsgroper og markante bruddsoner.

I 1962¹⁾ skrev den amerikanske geologen Harry Hess en artikkel hvor han introduserte teorien om havbunnsspredning ("sea-floor spreading"). Hess tok utgangspunkt i at sedimentmektigheten i havene øker med avstanden bort fra midthavsryggene. Ryggene, mente han, kunne derfor være yngre enn selve dyphavene. Konsekvensen var i så fall at ny havbunn blir dannet ved ryggene ved at flytende magma kommer opp fra mantelen og størkner. Høyere varme-strøm under ryggene enn ut til sidene bekrefter en slik forklaring. Hess tok

også de mange jordskjelvene ved ryggene til inntekt for at havbunnen sprakk opp og delte seg.

Nå vet vi at midthavsryggene strekker seg rundt hele Jorden, og at det her blir dannet ny havbunn. I dyphavsgropene blir den samme havbunnen flere titalls millioner år senere dratt ned i mantelen, hvor den forsvinner for alltid. Dette er noe forenklet hva havbunnsspredning går ut på.

Hvis teorien er riktig, skal altså havbunnen bli eldre jo lenger vi kommer bort fra midthavsryggene. Ved å bore ned i sedimentene og den underliggende skorpen er det mulig å finne ut av dette. Og det var nettopp dette som ble gjort. I 1968 begynte boreskipet Glomar Challenger et boreprogram som har bekreftet essensen i Hess' teori.

Og så platetektonikk

Teorien om kontinentaldrift ble ikke akseptert i tiårene etter at den ble lansert. Tilbakeblikket ovenfor forteller at det skulle ta 40-50 år før nye data la grunnlaget for å gi nytt liv til den. Det var nemlig først da teorien om havbunnsspredning og platetektonikk ble lansert

¹⁾ Harry Hess lanserte teorien første gang i 1960, men den ble ikke publisert skriftlig før to år senere.

hhv. tidlig på 1960-tallet og i siste halvdel av 1960-tallet at brikkene falt på plass for det konservative geovitenskapelige miljøet. Først mer enn 50 år etter Wegeners publisasjon var geologene modne for et nytt verdensbilde.

Verden stod ved inngangen til 1970-tallet derfor foran et paradigmeskifte i geovitenskapelig forståelse. En ny tid var innledet.

Teorien om platetektonikk sier at de øverste 70-300 km av jorden (lithosfæren) er inndelt i mange store og små plater som beveger seg i forhold til hverandre med en hastighet på opp til 15 cm per år. Jordens skorpe (30-40 km tykk under kontinentene, 5-10 km tykk under havene) utgjør den øverste skiven av platen. Noen plater består bare av osean skorpe (for eksempel Stillehavsplaten), andre består av både osean og kontinental skorpe. Det fremgår også av platetektonikken at jordskjelv og vulkaner, dyphavsgroper og fjellkjeder opptrer der to plater kolliderer, deler seg eller sklir forbi hverandre.

Det er viktig å merke seg at platetektonikk dreier seg om geometri. Teorien gir en nøyaktig beskrivelse av globale tektoniske hendelser, men den sier ingen ting om de mekanismene som ligger bak.

Teorien om platetektonikk er ikke én manns verk. Den er et resultat av mange års arbeid med innsamling av data og mange forskeres uavhengige studier og tanker. Det er likevel alminnelig anerkjent at forskningen som ledet frem til teorien hovedsakelig foregikk ved fire forskjellige universiteter, tre i USA (Scripps Institution of Oceanography i California, Princeton University i New Jersey, Lamont Geological Observatory ved Columbia University i New York) og ett i Storbritannia (Cambridge University). De aller fleste som bidro i prosessen frem mot teorien på 1960-tallet, hadde vært ved ett eller flere av disse stedene i de foregående årene.²⁾

Det er absolutt ingen tvil om at platetektonikken representerer et paradigmeskifte i geologien. I geologisk tenkning kan vi snakke om *før* og *etter*. Selv om mange av de etablerte geologiske prinsippene selvfølgelig fortsatt gjelder,

måtte den geologiske historien langt på vei skrives om. Det ble umulig å forklare den geologiske utviklingen av hav og kontinenter uten referanse til denne teorien.

Et lite eksempel er forståelsen av at Kaledonidene i Nord-Europa og Appalakkene i Nord-Amerika egentlig er en og samme fjellkjede som ble dannet da de to kontinentene Laurentia og Baltika kolliderte i silur (se side 27 i den etterfølgende artikkelen). Da Atlanterhavet oppstod, ble fjellkjeden splittet, og derfor finner vi nå hver sin del av den gamle fjellkjeden på hvert sitt nye kontinent.

Norske bidrag

Så vidt meg bekjent var det ingen norske geologer som deltok i forskningen som ledet frem til teorien om platetektonikk. Årsaken er først og fremst at ingen norske universiteter hadde adgang til dataene som la grunnlaget for teorien, og at ingen norske geologer på den tiden var "utplassert" ved noen av universitetene nevnt ovenfor.

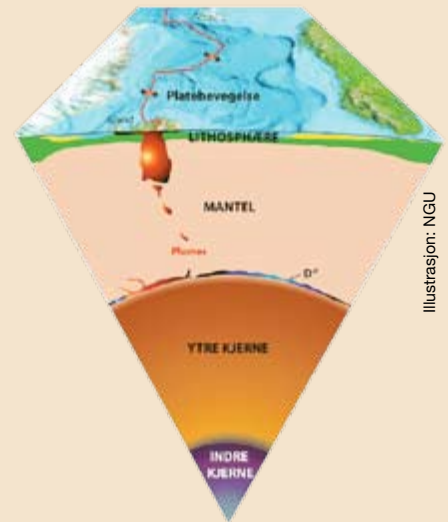
Det var helt nødvendig å være innenfor de rette sirkelene for å delta i utviklingen av teorien. I ettertid har vi imidlertid vært flinke til å ta ideene i bruk, og vi er nå i stand til å forstå den geologiske utviklingen av fastlandet, kontinental-sokkelen og dyphavet med bakgrunn i både kontinentaldrift, havbunnsspredning og platetektonikk. I lys av dette forstår vi nå bedre dannelsen av de geologiske resursene. Dermed blir vi også flinkere til å lete etter nye ressurser, enten vi snakker om olje og gass på sokkelen eller malmer og mineraler på land.

Anvendelsen av den platetektoniske teori har rett og slett vært nyttig for samfunnet. Den viser tydelig hvordan vi får igjen for innsats med grunnforskning.

Veien videre

I den etterfølgende artikkelen skal vi se at norske forskere og et norsk forskningsmiljø befinner seg i den absolutte front når det gjelder den videre utviklingen av en global geologisk forståelse.

Norges geologiske undersøkelse



Nordøst i Atlanterhavet beveger Den europeiske platen og Den nordamerikanske platen seg fra hverandre med omtrent to cm per år. Bare lithosfæren (skorpe samt øverste del av mantelen) er kald nok til å oppføre seg som stive plater hvor deformasjonen hovedsakelig skjer langs smale plategrenser.

ønsker å opprette et forskningssenter - "Terra Omnis" ("hele Jorden") - med professor Trond Torsvik som senterleder. Hans ambisjon er å utvikle en teori om manteldynamikk som han kaller "Den fjerde revolusjon". (De tre første er hhv. kontinentaldrift, havbunnsspredning og platetektonikk.). Målet er å utvikle en dynamisk modell av Jorden i tre dimensjoner.

At vi er i stand til å gjøre noe slikt her hjemme skyldes globaliseringen. Den gjelder ikke bare økonomi og fri flyt av varer, den gjelder også vitenskap og fri flyt av data. Data er lett tilgjengelig, kommunikasjonen er enkel, og ikke minst blir problemstillingene globale fordi vi har en global teori som utgangspunkt.

Det kan bli mange år med forskning som bare et mindretall av geoviterne vil ha direkte glede av. Senere vil imidlertid forskerne fortelle oss hvordan vi kan anvende de nye tankene og den nye kunnskapen.

²⁾ Den endelige utformingen av teorien om platetektonikk ble publisert i 1967 og 1968 i to uavhengige artikler. Daniel P. McKenzie og Robert L. Parker ved Scripps publiserte sin artikkel først, og de blir ofte kreditert for oppdagelsen. Jason Morgan ved Princeton var bare noen måneder senere ute, men i realiteten hadde han presentert ideen på en konferanse tidlig i 1967, til og med før McKenzie og Parker hadde begynt å skrive på sin artikkel. Tuzo Wilsons (Universitetet i Toronto) forståelse av plategrenser og transformforkastninger i et sammenhengende nett over hele jorden (publisert i 1965) la et viktig grunnlag det arbeidet som de tre forfatterne presenterte. Wilson brukte også begrepet "plater" i sin artikkel. Han ga imidlertid ingen geometrisk beskrivelse av hvordan platene beveget seg på en kule.