

## PLATTEKTONIK

Under ett år förflyttas Europa och Nordamerika ungefär två centimeter ifrån varandra. Med den takten ökar avståndet med två mil för varje miljon år. Liknande förflyttningar av "kontinenter" sker överallt eftersom jorden är en dynamisk planet som i ett geologiskt tidsperspektiv hela tiden ändrar utseende. Teorin som beskriver de här rörelserna kallas plattetektonik.

Jordens yttersta lager kan liknas vid ett pussel. Det yttersta lagret består av sju större litosfärplattor (nordamerikanska, sydamerikanska, afrikanska, indoaustraliska, eurasiska, antarktiska och Stilla havsplattan) samt av några mindre. Plattorna är 100 - 150 kilometer tjocka och de ligger kant i kant med varandra.

Litosfärplattorna består av fast material och ligger ovanpå astenosfären, ett plastiskt skikt i jorden som kan nå ner till ett djup av 400 kilometer. Eftersom astenosfären delvis är uppsmält kan plattorna glida ovanpå den.

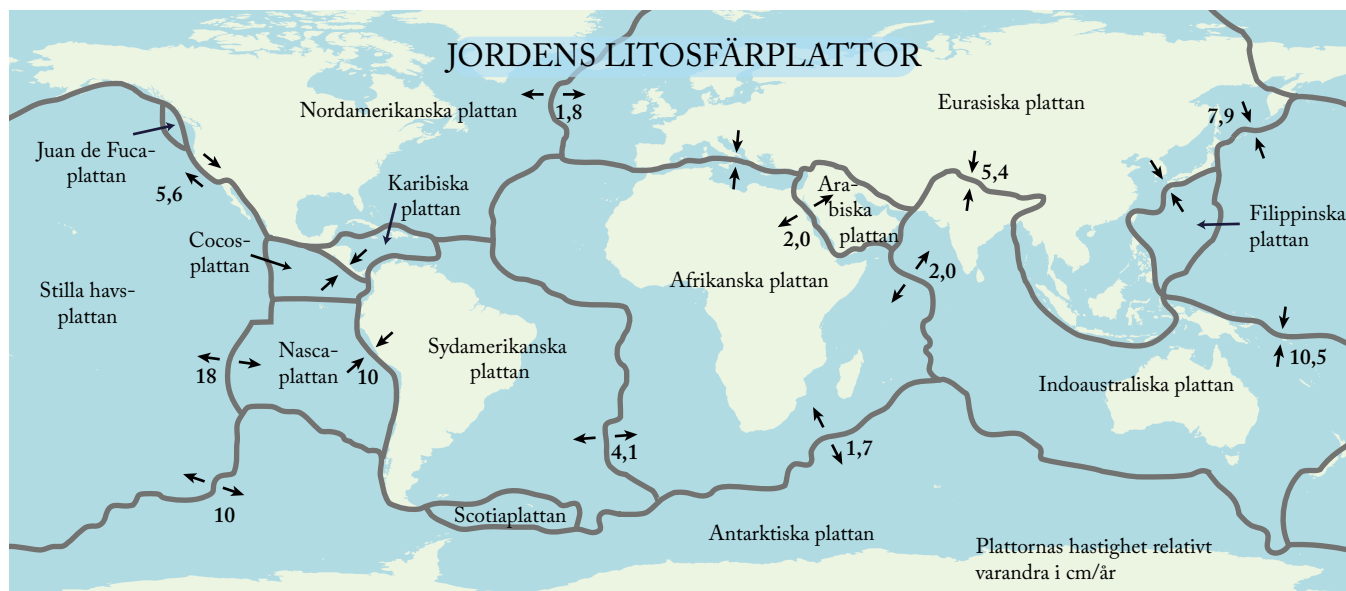
Det finns två typer av litosfär: oceanisk och kontinental. Den oceaniska litosfären är tyngre än den kontinentala

litosfären och ligger därför lägre. Den oceaniska litosfären är täckt av hav. Den kontinentala litosfären kan vara flera miljarder år gammal medan det inte finns några oceaniska delar som är äldre än 180 miljoner år. De flesta litosfärplattor består av både oceanisk och kontinental litosfär.

Plattorna rör sig relativt varandra. Det finns tre typer av rörelser som sker vid plattornas gränser:

- ◇ litosfärplattorna kolliderar med varandra (kollision, t.ex. Himalaya och Anderna),
- ◇ plattorna glider ifrån varandra varvid ny oceanbotten bildas (oceanbottenspridning, t.ex. mitt i Atlanten) och
- ◇ plattorna kanar längs med varandra utan att förstöras (t.ex. i Kalifornien).

Om inte plattorna skulle glida isär eller kollidera med varandra skulle ojämnheter på jorden försvinna på lång sikt.



*Sverige ligger på den eurasiska plattan. Plattorna förflyttas hela tiden. Idag vidgas Atlanten med 1,8 cm/år. Den eurasiska plattan roterar sakta medurs. Om 250 miljoner år kommer Sverige att ha sin nuvarande nordspets riktad åt söder, ligga där Japan befinner sig just nu och ha kust mot Stilla havet. Atlanten kommer inte längre att finnas till.*



*Sprickdal, Island. Island ligger på gränsen mellan den nordamerikanska och den eurasiska plattan. Det är en spridningszon där ny litosfär hela tiden bildas. Bilden visar en av alla de sprickdalar som har bildats på Island på grund av plattornas rörelser.*

### Wegeners kontinentaldriftsteori

Studeras världskartan går det se att Sydamerika och Afrika passar ihop precis som två pusselbitar. För 150 miljoner år sedan satt de två kontinenterna ihop. Alfred Wegener, en tysk meteorolog och astronom, presenterade 1912 den så kallade kontinentaldriftsteorin som beskrev att kontinenterna hade förflyttats. Hans teori gick ut på att:

- ◇ alla kontinenter har varit samlade i en jättelik urkontinent, Pangea, för 200 miljoner år sedan,
- ◇ Pangea sprack sönder i flera mindre kontinenter och
- ◇ kontinenterna hela tiden rör sig relativt varandra.

Bevisen som Wegener lade fram var övertygande, men vetenskapssamhället var inte moget att ta till sig dem.

Några av de bevis han presenterade var att:

- ◇ berggrunden ser likadan ut på kontinenternas kuster fastän det ligger världshav mellan dem,
- ◇ fossil från samma arter hittas på olika kontinenter utan att de har förbindelse och
- ◇ spår från inlandsis finns i tropiska områden, vilket innebär att kontinenterna måste ha legat nära polerna.

Argument som framfördes mot Wegeners teori var bl.a. att det inte fanns någon trolig mekanism som skulle kunna förklara kontinenternas förflyttningar. Dessutom trodde de att det hade funnits landbryggor mellan kontinenterna som förklarade förekomsten av liknande fossil.

Först på 1960-talet blev Wegeners teori accepterad och den utvecklades till den platttektoniska teorin som beskriver litosfärplattornas rörelser. Det är nämligen inte bara kontinenterna, "världsdelarna", som åker omkring i jordens översta skikt, utan även "berget" 100-150 kilometer ner i jorden. Kontinenterna utgör bara 10-30 % av litosfärplattorna.



### Bevis för platttektoniken

I slutet av 1950-talet kunde forskarna mäta hur magnetiska mineral ordnade sig efter jordens magnetfält när de bildades. Genom att jämföra vilken riktning magnetfältet hade vid själva bergartsbildningen kunde de bestämma hur litosfärplattorna hade förflyttats under flera hundra miljoner år.

Mätningar i berggrunden i Stockholmsområdet har visat hur platsen har förflyttats under de senaste tre miljarder åren. För 800 miljoner år sedan låg platsen på 60° S bredd, men för tre miljarder år sedan låg "Stockholm" på samma breddgrad som nu.

Nästan ett halvt sekel efter att Wegener presenterade sin kontinentaldriftsteori kunde den successivt börja bekräftas. Senare kom flera bevis som stödde Wegeners teori:

- ◇ sedimenten på havsbotten är tjockare ju längre ifrån en spridningszon man kommer,
- ◇ höga värmeflöden i de mittoceaniska ryggar indikerar att ny litosfär bildas,
- ◇ i djuphavsgravarna konsumeras litosfär och
- ◇ i och med satellitmätningar kan hastigheterna på litosfärplattornas förflyttningar bestämmas med stor säkerhet.

### Mekanismen bakom platttektoniken

Varför förflyttas litosfärplattorna? Under den senare delen av 1900-talet dominerade teorin att det var konvektionsströmmar i jordens inre som flyttar runt plattorna på jordens yta. Energin antogs komma från radioaktivt sönderfall i jordens inre som skapar strömmar av uppvärmt material. Värmeledningen från jordens innanmäte skulle inte räcka till för att "transportera" bort energiöverskottet, utan det upphettade materialet stiger upp i konvektionsströmmar mot jordens yta. När strömmarna närmar sig litosfären kyls de av, svänger först åt sidan och drar med sig litosfärplattan, för att sedan vända ner mot jordens inre igen.

Idag har forskarna kompletterat teorin med att det är jordens gravitation som får plattorna att röra på sig. De två processerna som gravitationen ger upphov till är:

- ◇ ridge-push (ryggknuff) – i spridningszonerna höjs plattornas sidor upp och åker som i en rutschkana åt sidan och
- ◇ slab pull (plattdrag) – när en platta dras ner av gravitationen i en subduktionszon som ett ankare.

Det är möjligt att alla de tre processerna, konvektionsströmmar, ridge-push och slab pull, samverkar för att förflytta plattorna.



*Gejser, Island. När vatten värms upp av yttligt liggande magma kan det bildas en gejser. En gejser är en källa som sprutar upp vatten och vattenånga.*

## JORDENS INRE

Jordens inre kan delas in i flera sfäriska lager.

### Indelning efter mekaniska egenskaper

Om jorden delas in efter mekaniska egenskaper kallas lagren litosfär, astenosfär, mesosfär, yttre och inre kärna. Den här indelningen är lämplig att använda när plattetektoniken förklaras. De stela litosfärplattorna glider ovanpå den plastiska astenosfären.

Litosfären mäter, med några undantag, 100 - 150 kilometer i tjocklek. Litosfärplattorna är som tjockast under stora bergskedjor.

Jordens inre kärna är fast trots en temperatur någons mellan 5000 - 6700 °C. Det höga trycket som hundratals mil av berg utövar gör att kärnan förblir fast. Den yttre kärnan har en temperatur på cirka 4000 °C och är flytande.

### Indelning efter mekaniska egenskaper

Om jorden delas in efter kemisk sammansättning kallas lagren jordskorpa, mantel och kärna. Jordskorpan är, precis som litosfären, tunnast vid oceanbottenarnas spridningszoner och tjockast under bergskedjorna.

Den 40-70 kilometer tjocka kontinentala jordskorpan, har en sammansättning som motsvarar berg-

arten granit. Den oceaniska skorpan är 3 - 10 kilometer tjock och motsvaras av den tyngre bergarten basalt. Densitetsskillnaden, 3,0 g/cm<sup>3</sup> respektive 2,7 g/cm<sup>3</sup>, gör att ytan av den oceaniska skorpan ligger djupare och översvämmas av havet.

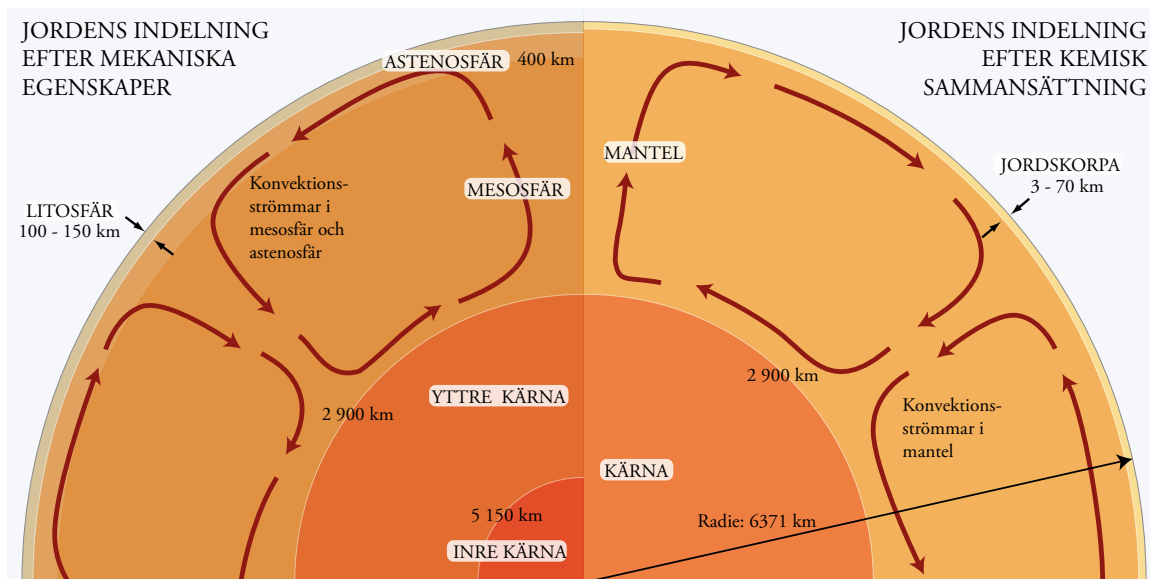
Gränsen mellan jordskorpa och mantel utgörs av en förändring av den kemiska sammansättningen, den så kallade Mohorovicic-diskontinuiteten (Moho).

### Jordbävningsvågor

Det passar bra att använda jordens kemiska sammansättning för att beskriva jordbävningsvågornas utbredning. Jordbävningsvågorna ändrar t.ex. hastighet när de passerar gränsen mellan jordskorpan och manteln. En del typer av jordbävningsvågor kan inte fortplantas i vissa av jordens lager. Jordbävningsvågornas utbredning i jordens inre är därför av central betydelse för att förstå planetens uppbyggnad.

### Begreppsförvirring mellan jordskorpa och litosfär

Jordskorpa och litosfär behandlas ofta felaktigt som synonyma begrepp. Jordskorpan utgör den översta delen av litosfären. Litosfärens undre del liksom hela astenosfären tillhör manteln.



## PLATTGRÄNSER

Gränsen mellan litosfärplattorna bestäms av hur de rör sig relativt varandra: kollision, spridning eller längs med varandra.

### Kollision

När två plattor kolliderar kan den ena plattan tvingas in under den andra, så kallad subduktion. Sub betyder under. Det är enorma krafter som är inblandade när t.ex. kanten av en 100 kilometer tjock och 200 mil lång oceanisk platta tvingas in under en kontinental platta. Den oceaniska plattan väger mer per kubikmeter än den kontinentala och hamnar därför underst. Den oceaniska plattan smälter när den kommer ner i jorden och magma som bildas rör sig långsamt uppåt. På ytan, ovanför kollisionsszonen, uppstår vulkanutbrott. Anderna har bildats av och bildas fortfarande av den här typen av kollision. Anderna växer när den oceaniska Nascaplattan tvingas österut och kolliderar med den kontinentala sydamerikanska plattan. De två plattorna rör sig cirka 10 cm/år i förhållande till varandra.

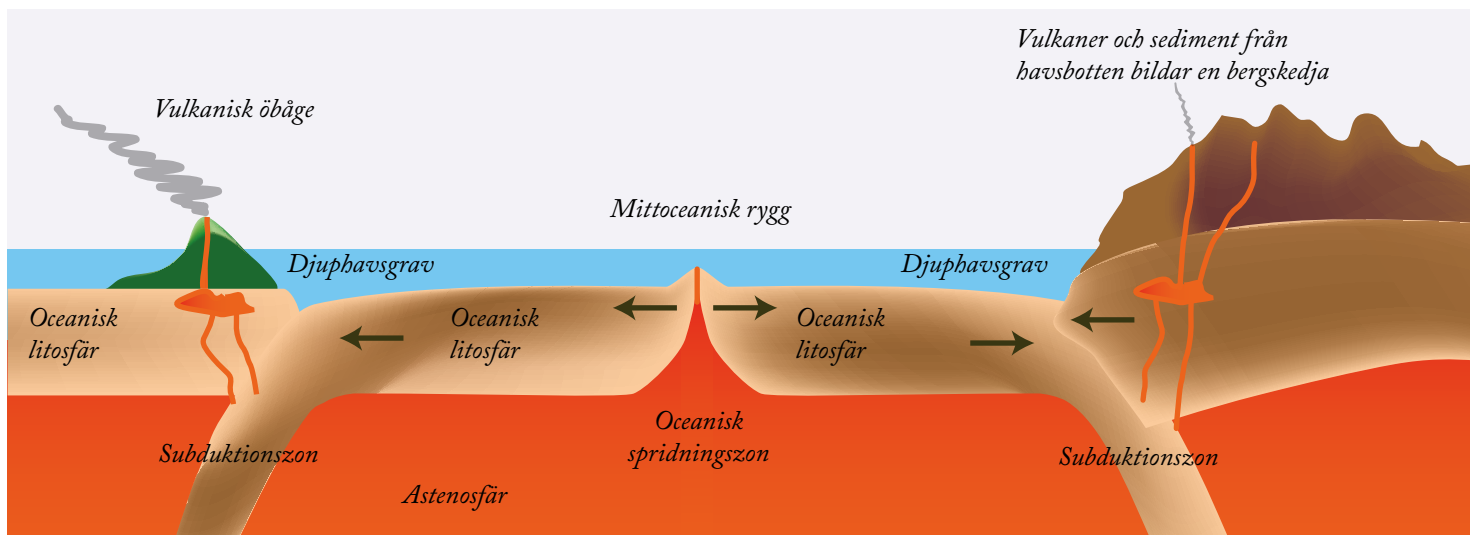
Den andra typen av subduktion inträffar när två oceaniska plattor kolliderar. Den ena plattan tvingas även här in under den andra. Den smälter och magma rör sig uppåt. På havets yta går det se spåren av kollisionen i form av en kedja med flera öar, en så kallad



*Snedställt berg vid plattgräns, Anderna. När plattor kolliderar är stora krafter inblandade. I bilden ses sediment från gammal havsbotten som hårdnat och blivit fast berg. Någon gång har de horisontellt avsatta sedimenten snedställt i samband med kollisionen mellan två plattor. Därefter har sedimenten kommit upp till ytan.*

vulkanisk öbåge. Ett exempel på en öbåge är Marianerna.

Vid subduktion bildas även djuphavsgravar. På det sättet har Peru-Chilegraven och Marianergraven uppstått. I Marianergraven ligger jordens största djup, Challengerdjupet, på  $10\,984 \pm 25$  meter.



När två kontinentala plattor kolliderar veckas de. Ett exempel är Indiens kollision med Eurasien. För 200 miljoner år sedan var Indien inklämt mellan Antarktis och Afrika. När Indien bröts loss färdades landmassan 15 cm norrut per år, vilket är en mycket hög fart för en litosfärplatta. Norr om Indien fanns en oceanisk del som pressades in under den eurasiska plattan. Efter att den kontinentala delen (Indien) kolliderat med Eurasien bildades Himalaya, världens högsta bergsmassiv.

Kollisioner som ger subduktion eller veckning sker vid destruktiva plattgränser där litosfär konsumeras.

### Spridningszon

Atlanten blir bredare och bredare på grund av att det bildas ny platta mitt i havet. Den mittatlantiska ryggen är en spridningszon där det hela tiden väller ut magma i den spricka som bildas när plattorna glider isär. Den mittatlantiska ryggen är en bergskedja som är upp till tre kilometer hög. När spridning pågår höjs de inblandade plattorna. Det finns sammanlagt 70 000 km oceaniska spridningszoner.

Spridningszoner finns inte bara i havet, utan även på land. Den mest kända kontinentala spridningszonen är den östafrikanska riften. Den sträcker sig norrut från Mocambique genom hela Östafrika.

När en kontinent delas fylls det på med havsvatten och ett nytt hav bildas, t.ex. Röda havet. Det skedde också när urkontinenten Pangea sprack upp och nya havsområden bildades mellan de nya kontinenterna. Så småningom kommer den del av den afrikanska plattan, som vi känner till som Somalia, att färdas österut. Om 100 miljoner år kommer den att kollidera med Indien. Spridningszoner är så kallade konstruktiva plattgränser eftersom litosfär produceras.

### Plattor glider längs med varandra

San Andreasförkastningen i Kalifornien är den mest kända plattgränsen där plattor glider längs med varandra. Den nordamerikanska plattan rör sig söderut och Stillahavsplattan rör sig norrut utan att någon platta bildas eller konsumeras. Glidrörelsen ger ingen vulkanisk aktivitet. Den sker språngvis och orsakar jordbävningar. Ett område där plattor glider förbi varandra kallas transform plattgräns.

I Astrid Lindgrens bok om Emil i Lönneberga ville Lina skicka honom till Amerika, men hon fick lite dåligt samvete. Hon tyckte att amerikanerna hade nog med problem efter jordbävningen i San Francisco 1906 då stora delar av staden förstördes.

