

# Metamorfism



Järgides 18. sajandi lõpu Šoti aristokraadi James Huttoni soovitus, mõistavad geoloogid kivimite moondena maasisest ehk endogeenset mineraalide ümberkristalliseerumist.

**Moonde- ehk metamorfseid kivimid** tekivad teistest kivimtüüpidest nende mineraalide massilisel ümberkristalliseerumisel maakooses kõrgenenud temperatuuri, rõhu ja keemiliselt aktiivsete lahuste-gaaside ehk fluidide keskkonnas.

Üheaegselt lähtekivimi mineraalse ainese mikroskoopilise üleslahustumisega pooriruumi fluididesse toimub seal uute, teistsuguse siseehituse või ka koostisega metamorfsete mineraalide kristalliseerumine tekkinud mikroruumi.

Makroskoopiliselt jääb kivim moondel tervikuna tahkesse seisundisse, muutub vaid tema mineraalne koostis ja struktuur-tekstuur. Reeglina säilib oluliselt lähtekivimi lasuvusvorm, nõrgal moondel ka tekstuur, näiteks kihilisus. Mida intensiivsem on aga moone, seda rohkem haaravad muutused kivimi põhiomadusi.

Maapõue mattunud kivimite moonet põhjustavad eelkõige muutused keskkonna temperatuuris, rõhus ja kivimite pooriruumi täitvais vedelikes – fluidides.

Mida poorem ja mida rohkem keemiliselt aktiivseid mineraale sisaldav lähtekivim on, seda kergemini ta moondele allub.

Enamik moondekivimeid tekib 10-30 km sügavusel. Maakoore keskmine geotermiline gradient on ~25-30 °C/km ja 15 km sügavusel on temperatuur ligikaudu 400-450 °C ning litostaatiline rõhk ulatub 4000-5000 kilobaarini.

**Geotermiline gradient** ehk maakoore kivimite soojussisalduse tõus sügavuse suurenedes (Celsiuse kraadides kilomeetri kohta) tuleneb nii sinna tunginud magmakolletest kui ka Maa süvakihtidest tõusvast soojusvoost, aga ka radioaktiivsete elementide lagunemisel vabanevast soojusest.



Migmatiit (Lübeck, Saksamaa) ja kahevilgugneiss (Greola Bianca, Itaalia), 2x vähendus

Kivimite sulatamise katsetega on selgunud, et veeaurust küllastunud pooridega tüüpilised moondekivimid, näiteks gneisid, hakkavad 2000-8000 atmosfäärilise rõhu juures vedelduma temperatuuridel üle 650 °C. Kuid geoloogilis-geofüüsikaliste meetoditega uurides ei täheldata kivimite massilist ülessulamist isegi sügavustel 30 kilomeetrit ja enam, seega annab see tunnistust geotermilise astme vähenemisest maakoore sügavamates kihtides.

Maakooses valitsev **staatiline rõhk** tõuseb sügavuse suurenedes tempoga 270-290 atm/km. Tegelikult kombineerub staatilise rõhuga alati kivimasside tektoonilistest liikumistest tulenev **dünaamiline rõhk** – stress. Just see rõhu liik koos süvasoojusega tekitab maakoorelaamade pörkepiiridel kokkusurve olukorras kivimite plastilise kurrutuse. Laamade nihke- ja tõukepiiridel, vastavalt külgnihke ja venitussituatsioonides, loob stress kivimites põhiliselt rebendrikkeid – murranguid. Stressi väärtused maakooses ei ületa 20 000 atmosfääri.

Väga oluliseks moonet reguleerivaks teguriks maapõues on sealsed vedelikud ja gaasid. Esikohal on vesi ja veeaur ning selles lahustunud süsihappegaas koos räni, väävlilise ja halogeniididega. Seejuures kogu see fluidimass ei pärine mitte niivõrd maapinnaveetest kui niivõrd maapõues lagunenenud savimineraalide, samuti karbonaatsete, sulfiidsete jt mineraalide koosseisust. Neist üleküllastunud fluididest setuvad soontena moondekivimite lõhedesse kvartsi, kaltsiidi, barüüdi, päevakivide jt mineraalide kogumid.

Moondekivimid tekivad näiteks siis, kui kuum magma puutub kokku ümbriskivimiga – seda kutsutakse **kontaktmoondeks**. Enamlevinud moonde tüübiks on **regionaalmoone**, mille puhul kurdmäestike maapõues muutuvad ulatuslikud kivimkihid, olles sattunud piisavalt sügavale kõrge rõhu ja temperatuuri tingimustesse. Vähemlevinud on **löökmoodega** seotud kivimid, mis tekivad meteoriidilöögi tagajärjel. Eestis on nende päritolu seotud eelkõige Neugrundi ja Kärkla kraatritega.

Maapinnal toimuvad kivimite moonde protsessid kivimite kontakti laavavooludega (kõrgetemperatuuriline kontaktmetamorfism) või meteoriidi plahvatustel (löögi- ehk šokkmetamorfism).

Eestis esinevatest moondekivimeist on üks levinumaid vöödilise ilmega **gneiss**, mis sisaldab hulgaliselt tumedat biotiiti, vähem esineb valge ja punakaslilla kirjut moondekivimit **helsingiiti**. Gneiss on tekkinud sette kivimite moondel. Moondekivimite hulka kuuluvad ka tumeda värvusega **uraliitporfüriit** ja läikiv **amfiboliit**, mis on tekkinud basaltsete kivimite moondel. **Migmatiit** on segakivim, mis koosneb tumedatest mineraalidest rikastunud moondekivimist (gneisist või amfiboliidist) ning heledatest mineraalidest koosnevast magmakivimist (graniidist).