

II. ÉRTEKEZÉSEK.

A TÖMEGELOSZLÁS OKA ÉS SZEREPE A FÖLDKÉREG ARCULATÁNAK LÉTREHOZÁSÁBAN.*

Irta: *Geszti József.*

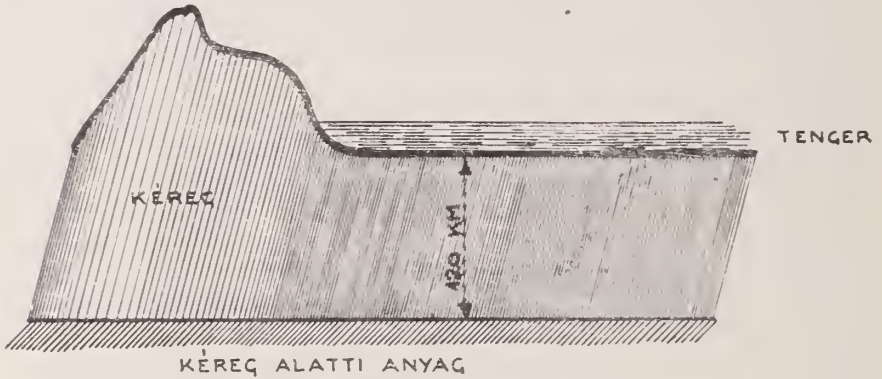
Sorozatos tanulmányokban volt alkalmam részletesen beszámolni Földünk belső fizikai állapotára s a földkéreg szerkezetére vonatkozó vizsgálataimról, melyek illetékes geofizikusok részéről megfelelő méltatásra találtak. Heiskanen fim geofizikus levelében fölvetette a szakgeológusok részéről történő hozzászólás szükségét. Ez indított arra, hogy ezen a helyen vizsgálataimat röviden összefoglaljam s ezzel megkönyítsem a geológusok számára a messzeterjedő geofizikai kérdésösszlet földtani kritikai szemléletét.

Wegener mutatott rá arra, hogy alig van a geofizikának szembeötlőbb észlelete, mint az a törvényszerűség, mely szerint a földfelület hypsometrikus görbéi különösen két leggyakrabban előforduló szintfelületet tüntetnek fel, míg közbeeső magasságbeli felületek ritkábban találhatók. (1.) Ez a két felszín: A kontinensek felülete és a mélytengeri medence felszíne. A földkéregnek ezek a leggyakrabban előforduló felületei a kontinenseken 100 méterrel a tenger felszíne felett és 4700 m mélységben a tenger felszíne alatt találhatók. E két magasság összege 4800 m, adja a kontinenseknek a tenger fenekétől mért térszíni magasságkülönbségét. Ez a tényleges méret nem tévesztendő össze a csak képzeletbeli, számtani művelet útján adódó elméleti középmagassággal, illetve közép mélységi mérettel. A kontinensek közép magassága a tenger felszíne felett + 687 m, a tengerek közép mélysége — 3.680 méternyire esik a tenger felszínétől. A kettő összege, mint matematikai számtényező 4.360 m, amely ilyenképen a kontinensek reális szintmagasságkülönbségként nem szerepelhet. A földkéreg ilyen két ellentétes arculati megnyilvánulása a különböző tömegek elrendezéséből, illetve azok kialakulási módjából következik.

Pratt a tömegeloszlás elvét akként értelmezte, hogy a földkéreg kezdetben mindenütt egyenlő vastag volt, de későbbben egyes helyeken fellazult, sűrűségét, fajsúlyát esőkkentve megritkult. Itt

* A közreadott értekezés a „Gerlands Beiträge zur Geophysik“ című szaklap 1929—1930—1931. évi kiadványaiban sorozatosan megjelent idevágó tanulmányok kivonata. Megmagyarázza a kontinensek képződését, azoknak tömbszerű felépítését, a síalgömbhéj részleges, vagy teljes eltűnését, a kontinensek tengerfenéktől mért térszintmagasságának keletkezését, a tengerek befolyását ezen térszintmagasság alakulására. A kontinensek kéregvastagságát a síal és síma anyagok halmazállapot-változásával hozza kapcsolatba és azt ezeknek az anyagoknak a kontrakciójával számítja ki.

keletkeztek a kontinensek, míg az óceánok helyén a földkéreg megsűrűsödve, megnehezedve vékonyabbá vált. Ennek értelemszerű következménye, hogy minél magasabban van valamely hely a tenger felszíne felett, annál ritkább anyag van alatta és fordítva, minél mélyebben, annál sűrűbb. A magasságok és mélységek tehát egyúttal fokmérői az anyag sűrűségének, de ezen sűrűségbeli különbségek a „kiegyenlítőds felületén” kb. 120 km mélységben elenyésznek. Pratt elmélete szerint a földkéreg egy sík felületen inkább ráfekszik, mint úszik a mélységbeli plasztikus anyagon. (1. kép.)



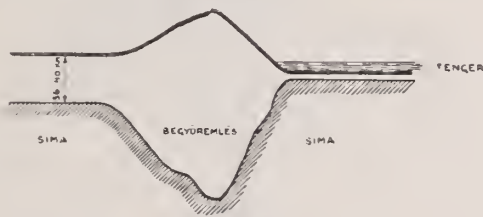
1. kép.

A sűrűbb és ritkább vonalozással az anyag fajsúlybeli különbözősége van feltüntetve. Ezek szerint minden jelentősebb magasságbeli különbség más-más földkéregbeli anyag jelenlétét tételezné fel, a magassági méretek tehát bizonyos határig a földkéreg anyagának jellemzői lehetnének. Ebből a felfogásból szükségszerűen következik, hogy a kontinens és a mélytengerek alja más-más anyag. A Pratt-féle elmélet hátránya, mint arra különböző geofizikusok ismételtén rámutattak, hogy ilyen módon a hegygyűrődések mentén jelentkező nehézkedési rendellenességeket nem lehet megmagyarázni.

Ezzel szemben Airy elmélete nagyobb felszínmagasságnál mélyebb izosztatikus kéregbemerülést tételez fel a magmába, tehát a különféle magasságok magyarázatául nincs szükség különféle kéreganyagok feltételezésére. A tengerfenék kontinentális anyag is lehet, kisebb bemerüléssel. A gyűrt hegyláncolatok tömegtöbbletét a földkéreg alatt megfelelő tömeghiány egyenlíti ki. (2. kép.). Az Airy-féle izosztatikai elmélet szerint azonban a földkéreg alatti tömegbetüremlés olyan mélységű régiókba kerül, amelyekben a hőmérséklet nagyobb, mint a földkéreg alján és így a betüremlésnek szükségképen be kellene olvadnia. A földkéreg alatti betüremlés több kilométeres mélysége ugyanis többszörösen felülmúlja a földkéreg felszíni gyűrődésének magasságát. Ha azonban a betüremlés beolvad, akkor, mint már Born kifejtette, (2.) a hidrosztatikai egyensúly felbomlik és a hegység környezetével együtt besüpped. Born elismeri ugyan a hegységek alatt lévő mélységi tömegbetü-

remlések jelenlétét, sőt azoknak bizonyos mélységen túl való beolvadását is lehetőnek tartja, azonban a meglevő hegysérek magassági méreteinek megfelelő földkéreg alatti tömegbetüremlések megmaradásának magyarázatát az irodalomban megállapítható módon sem ő, sem más nem adta.

A mechanika elvei és a nehézkesési mérések szerint kétségtelen, hogy a földkéreg hegyláncai alatt igen nagy mélységű tömegbetüremléseknek kell lenni. Ezek beolvadása ugyanis a fölötté levő hegyláncolatok szükségszerű besüllyedését idézte volna elő. Az egész kérdésösszlet súlypontja tehát a *beolvadás megmentörténések* magyarázata, amit hivatkozott dolgozataimban részletesen megadtam és az alábbiakban kivonatossan ismertetek. (3—5)



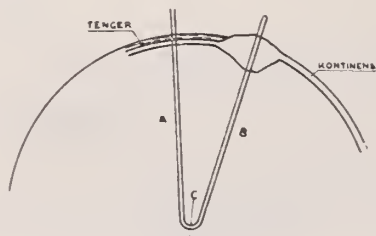
2. kép.

Wegener kifogásolta az Airy-elméletnek azt a következményét, hogy a földkéreg ugyanazon könnyű anyaga a földfelszínen különböző vastagságú térszíni formákat öltson, azaz vastag szárazföldi rököket és vékony óceáni feneket alkosson. Ez a kifogás azonban a szárazulatok keletkezésének alábbi magyarázatával tárgytalanná válik.

Egyik korábbi dolgozatomban (6) bebizonyítottam, hogy a földkéreggyűrődés csak annak egész vastagságában történhetik. Felszíni gyűrődés izosztatikus beállítás mellett lehetetlen. A teljes kéregvastagságra kiterjedő gyűrődés pedig a kéreg alatt ép úgy érvényesíti hatását, mint felül. A földkéreg gyűrődésének mechanikája pedig az izosztázia elvét minden tekintetben igazolja. Ennek szemléltetésére képzeljünk ugyanis a földgömbön keresztül egy közlekedő U-esöveget fektetve. (3. kép.) akkor az A és B csőszárakban lévő anyagok a központon keresztülmenő keresztmetszetben C—C egymást egyensúlyban tartanak. Ha történetesen az A szárban tömegtöbblet lenne, akkor ez a C—C keresztmetszeten keresztül a B szárba nyomulna át, mindaddig, amíg az egyensúlyállapot helyre nem állna. Az U-esöveget azonban a Föld bármely helyén alkalmazhatnók, egyensúlyt nagyjából mindenütt találunk, mert az előbb említett kiegyenlítődesi folyamatot a csőszárakban semmi sem akadályozná a mélyben, akárhová kerülne is az A és B szár, akár hegytetőre az egyik, akár a tengerfenékre a másik. Ez annyit jelent, hogy a C—C keresztmetszetre vonatkoztatva, a két szárban levő anyagok súlyai egyenlők. De egyenlőknek kell lenni már a „ki-

egyenlítő felület"-nél, tehát 120 km mélységben, sőt még előbb is, ott, ahol lehetőség nyílik arra, hogy a nyomások minden irányban egyenlően érvényesülhessenek. Ez a feltétel azonban főként a folyós vagy legalább is olvadt állapotban lévő anyagoknál áll fenn, mert ilyen közegekben a nyomások minden irányban egyenlő mérvben adódnak át és így az U-esövek itt elhelyezett száraiban a kiegyenlítődés bekövetkezhetik. Nem így a szilárd testeknél.

Nyilvánvaló tény, hogy a Föld a történeti időköt megelőző izzó állapotában nem volt szilárdkérgű. Az olvadt tömegek keveréke helyi eltérésektől eltekintve, a nehézségi erő behatására sűrűség szerint különült el. Ha másutt nem is, de a Föld felső szférájában



3. kép.

a különféle sűrűségű anyagok koncentrikus gömbhéjakban helyezkedtek el, felül a ritkábbak, alul a sűrűbbek. A kéregképződést megelőző időszakban a felső gömbhéjakban olyan hőmérsékletek és nyomások uralkodtak, amelyeknek fizikai törvényeit ismerjük, bizvást állíthatjuk tehát, hogy *olvadt* állapotban egymás mellett különböző sűrűségű anyagok egy és ugyanazon gömbhéjban el nem helyezkedhettek. Hiszen ilyen esetben a szomszédos sűrűbb és ritkább anyagokon keresztül fektetett közlekedő eső száraiban az egyensúlyi állapot felborulna. De akkor miként magyarázható, hogy mai felfogásunk szerint a sűrűbb simába, óriási tömböket alkotva a ritkább siából álló kontinensek mélyen belemerülnek és oldalfelületeiken szomszédosan a sűrűbb és ritkább anyagok érintkeznek. Bizonyos, hogy *olvadt* állapotban ez így nem lehetett, mert a kiegyenlítődés sűrűbb és ritkább anyagok között rögtön megtörtént volna. Képzeljük el, mi történnék akkor, ha a Föld valamilyen katasztrófa folytán a Nap felé zuhanna és a hőmérséklet rajta annyira megnövekedne, hogy a szilárd kéreg ismét megolvadna. A kontinensek könnyebb siálanyaga megolvadva bizonyára nem maradhatna meg mai helyzetében, az ugyanesak megolvadt sima mellett, hanem föléje kerekednék és ott koncentrikus, mindenütt egyenlő vastagságú gömbhéjat alkotna. Már most miként lehetséges, hogy a fordított folyamatnál, a kihűlésnél a siál megszilárdulva nem alkot koncentrikus gömbhéjat, miut olvadt állapotban, hanem egyes helyeken óriási tömböket alkotva a simába behatolva, abban úszik. Tehát mélyen vertikális irányban helyezkedett el a simába. *Ennek a rendellenes elhelyezkedésnek a kérdése mind-*

eddig elkerülte a kutatók figyelmét, sőt Wegener és Gutenberg szerint a siál gömbhéja a Csendes Óceán fenéke felett teljesen eltűnt, mert szerintük ott a fenék simából való. (7)

Kíséreljük meg tehát annak magyarázatát, hogy miként történhetett a siálnak ezen áthelyeződése, a siálgömbhéjnak egyes helyekről való teljes vagy részleges eltűnése.

A kérget alkotó anyagok olvadt állapotban a szilárd halmazállapotba való átmenet alkalmával térfogatukat csökkentik és ezzel sűrűségük megnövekszik. Ezt a vizmt és víz kivételével valamennyi anyagra mondhatjuk. Az anyagoknak ilyen tulajdousága csak igen nagy nyomásnál és hőmérsékletnél változik meg. Ilyen nyomások és hőmérsékletek csak a földkéreg vastagságát meghaladó mélységekben uralkodnak, ez ezért eunek a kérdésnek tárgyalásánál figyelmen kívül maradhat. (8.)

A földkéreg keletkezése szempontjából igen fontos körülmény, hogy a kihülés kristályképződéssel jár és a kristályok megnövekedett súlyuknál fogva nem maradnak meg keletkezésük helyén, hanem a gravitációs tér osztályozó behatására, a mélységbe süllyednek. A süllyedés addig tart, amíg a keletkezett szilárd anyag vele egyenlő sűrűségű olvadékba nem kerül. Megjegyzendő, hogy a kérgesedés nem következik be egyszerre és egy időben az egész Föld felületén, hanem ahhoz kristálygócok kellenek, amelyek környezetüket, amint ismeretes, megszilárdulásra serkentik. Így tehát kezdetben nem zárt kristályos kéreg képződik, csak elszórt szigeteket.

A kristályképződés szempontjából igen fontos mozzanatok: 1. a szilárdulás időrendi sorrendje, 2. az időrendi sorrendnek a megszilárduló anyagok kristályosodási hőmérsékletével való összefüggése, 3. a halmazállapotváltozás folytán létrejövő sűrűség-növekedés és ezáltal a képződő szilárd anyagoknak térbeli elkülönülése azou környezetétől, amelyben keletkeztek, 4. a lesüllyedés folytán beálló nyomás-növekedés befolyása az olvadási hőmérsékletre, 5. a hőgradiensnek a földkéreg alatti jelentékeny esőkkenése, mert ha a hőmérséklet a kéreg alatt is a litoszférában 33—40 méterenkénti 1° C-al növekedne, a Föld középpontjában kb. 160.000° C hőfoknak kellene uralkodnia.

Több anyagból álló kihülő olvadékban az anyagok egymáshoz való keveredési viszonya rendkívüli módon befolyásolja a kristályosodás időrendi sorrendjét, *de bármiként is alakuljanak a viszonyok és bármilyen is legyen a keverék összetétele, az első sorban kikülönülő anyag olvadási hőmérséklete mindig magasabb, mint a még olvadt állapotban visszamaradt, a kihülés későbbi szakában megszilárduló anyagösszetéle.* Az időrendi sorrend azonban, mivel a keletkező kristályok lesüllyednek, nemcsak elkülönülő térbeli elhelyezkedésre vezet, hanem a beolvadási hőmérséklet szerinti osztályozásra is. Igen nagy hőmérsékletnél, amidőn az olvadék túlhevített állapotban van, a keverék homogén összetételű, a kihülés folyamán azonban oly hőmérsékletek jelentkeznek, amelyeknél bi-

zonyos anyagok kiválása kezdődik meg és ezzel a hőmérséklet osztályozó szerepe. Előbb tehát a nehezebben, későbbben a könnyebben olvadó anyagok fognak a mélységben elhelyezkedni. *A földkéreg alsó határfelülete a beolvasztásnak legjobban ellenálló anyagokból épül fel, mert időrendi sorrendben ezek szilárdultak és süllyedtek le legelőször és ezek védik meg a felette lévő későbbben lerakódott anyagokat.*

De a beolvadás ellen véd a mélységgel növekedő nyomás is, mert hiszen a nyomás Le Chatelier tétele szerint késlelteti azon anyagok megolvadását, amelyek térfogatnövekedéssel változnak a szilárd halmazállapotból folyóssá. A nyomás tehát a térfogatnövekedés ellen dolgozik. A kőzetek kivétel nélkül ide tartoznak. Az így késleltett olvadási hőfok eltolódása a hőtan alapján a Clapeyron-Clausius-féle képletből kiszámítható. Így a bazalt (augit) olvadási hőfoka a következő képletből számítható ki: $T = 1195^\circ + -9.6 \cdot 10^{-2} \cdot p - 4 \cdot 10^{-8} \cdot p^2$ (9) és ha a képletben p helyébe 37 km mélységnek megfelelő 10.000 atm-t helyettesítünk, az olvadási hőfok 92°C -al emelkedik, vagyis 1195°C -ról 1285°C -ra.

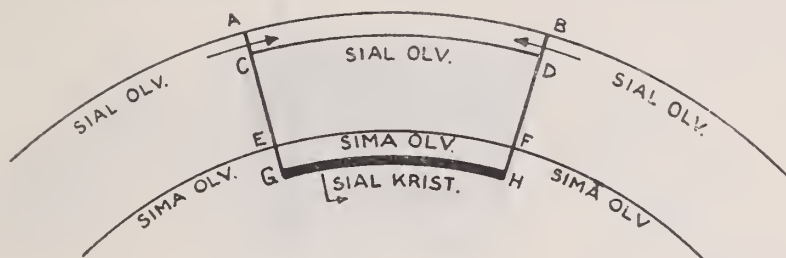
Figyelemmel kell lennünk arra is, hogy folyékony anyagokban a hőközlés áramlás és vezetés útján történik. A hőközlés legerősebb és leghatékonyabb módja az áramlás, mert ennél a sűrűségkülönbségek okozta mozgási energiák működnek. Folyós anyagokban, ahol kellő energiával történik az áramlás, a hőkiegyenlítés könnyebben megy végbe, azért a különféle magasságokhoz (mélységekhez) tartozó hőmérsékletváltozás (hőgrádiens) nem oly jelentékeny mint szilárd testekben, azonos körülmények, illetve egyenlő melegmennyiségek átadása esetén. Szilárd testeknél más a helyzet, mert ezekben áramlás nincs és tömörségüknél fogva bennük csak hővezetésről lehet szó. Szilárd testekben tehát a mélység szerinti hőgrádiens, az 1 m mélységre eső hőváltozás nagyobb. Valószínű, hogy a földkéreg alatti olvadt anyagban 200 méterenként csak 1°C -al növekedik a hőmérséklet, sőt mélyebben még ennél is jóval kevesebbel.

Igen nagy mélységekben, a nagy nyomás folytán az olvadt anyag is annyira tömör, mint a szilárd test. Ilyen nagy mélységekben a rétegenként átadódó hőközlésről azonban nem tudunk semmit. A mi problémánk csak a földkéreg betüremléseinek mélységére terjed.

Az előbb felsorolt tényezők tehát: a viszonylagosan legnehezebben olvadó anyagoknak elsősorban való kiválása, a nagy nyomásnak a beolvasztó hőmérsékletet növelő hatása, a hőgradiensnek a mélységgel való csökkenése, mind hozzájárulnak a földkéreg alatti stabilitáshoz. Ezek a tényezők őrzik meg a földkéreg alatti tömegbetüremléseket a beolvadás és így a hegységeket a besüppedés ellen és ezek teszik lehetségessé, hogy a legelőször lesüllyedt kristályok megmaradjanak és a szilárd kéreg felépülhessen.

A kontinensek képződésének mechanikája.

A lehülési folyamat előrehaladásával, a Föld folyékony felszínén, azokon a helyeken, amelyeknek anyagösszetétele erre a legalkalmasabb, megjelennek az első kristályosodási góccok. Ezek, ha fajsúlyuk könnyebb lenne az olvadt anyagnál, amelyből kiváltak, úgy annak tetején szilárd hőszigetelő burkot alkotnának és a Föld lehülését akadályoznák. Mivel azonban nagyobb fajsúlyuk folytán le-süllyednek a mélységbe, a felettük lévő térrész kristályosodását a már leírt módon, nagyban elősegítik. Ez az utóbbi következik be a mi esetünkben is.



4. kép.

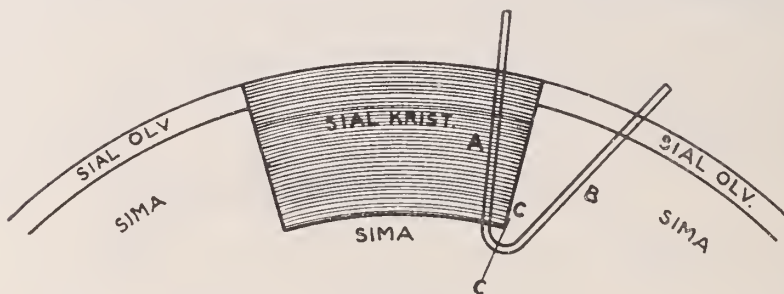
Lássuk, mily mérvű a szilikátok megsűrűsödése megszilárdulás esetén. Barnes 1893-ban diabáznál (bazalt) igen jelentékeny térfogatesökkenést állapított meg, de mivel eljárása nem volt kifogástalan (10), azt Day, Sosmann és Hostetter (11) 1914-ben tökéletesítették és a kontrakciót 1150° C olvadási hőmérsékletnél 10.09 %-ra helyesbítették. Quarznál ez a kontrakció, illetve egyben fajsúlynövekedés kb. 30 %, olivinnél 18.3 %. Láthatjuk tehát, hogy egész jelentékeny mérvű a sűrűsödés, illetve fajsúlynövekedés. Kétségtelen, hogy azon anyagok, amelyek az olvadt siálból kiválva kristályos állapotban 3 körüli fajsúlyt vettek fel, az alattuk lévő olvadt simába is behatoltak, amíg sűrűségüknek megfelelő környezetbe kerültek.

A hőközlés, a hőesökkenés iránya a Föld középpontjától a felszín felé tart és amint tudjuk, vezetés és főként áramlás útján. A lesüllyedt szilárd alkatú kristályok azonban az áramlás útján történő hőközlési tényezők befolyását gátolják és ezáltal a felettük lévő térrész hőmérsékletét lényegesen csökkentik. Ennek hasonmását mutatják a Napot elfedő földi felhők, amelyek a Föld felett lévő hőfejlesztő központnak, a Napnak hősugárzási energiáját *lefelé* mérséklék. A Föld belseje is hőfejlesztő központ, itt azonban a hőáramlás hatását a keletkezett és lesüllyedt kristályokból képződött „kristályfelhő” *feljеле* mérsékli, mintegy leárnyékolja és ezzel a kristályfelhő és a felszín közötti térrészben a hőmérsékletet csökkenti. Ebben a leárnyékoló térben, amely egy Mars-lakó szemében a Föld izzó felületén sötétebb foltnak tűn-

nék, a kéregképződés erőteljes lefolyásúvá válik, a felszínen megszilárduló rétegek egyre-másra süllyednek a mélységbe és keletkezésük sorrendjében egymásra rakódva, az alsó hőszigetelő réteg vastagságát növelik és ezzel a felfelé áramló hő mozgását esőkentik.

A vázolt módon a Föld izzó felületén különféle hőmérsékletű térrészek keletkeztek, a napfoltok analógiájára. Felfogásunk szerint ez a hőmérsékletkülönbség az az energiaforrás, amely a földkéreg tagozódását létre hozta, illetve a siálgömbhéjat részlegesen, vagy teljesen megmozgatta, áttelepítette és a kontinenseket alkotta.

Ha ugyanis az olvadt ABCD siálrészlet megkristályosodik (4.

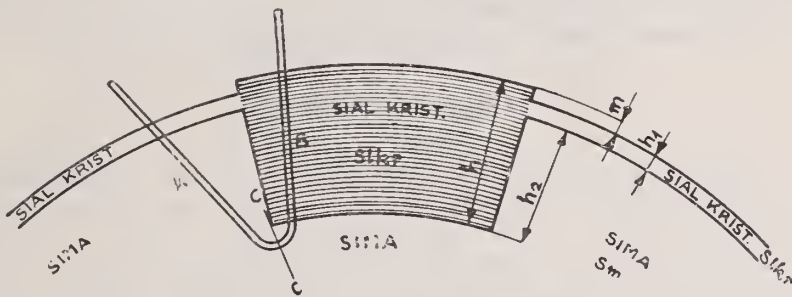


5. kép.

kép.) lesüllyed, a GH térbe, annak helye nem maradhatott betöltetlenül, hanem anyaga oldalról AC és BD felől a még olvadt siálrétegből pótoltatott. Így a szilárd siál mennyisége a folyós siál rovására minden újabb lesüllyedés alkalmával növekedett, a lesüllyedt anyag pedig a még olvadt siálrétegből pótoltatott. Ezáltal a Föld felületét borító olvadt siálréteg vastagsága mindinkább csökkent, hogy a jövődöbeli szárazulat vastagságát, de csakis a ABGH térrészben növelje. Ez az átrétegződési folyamat mindaddig tartott, amíg a siáltömb már mélyebbre nem süllyedt, felül pedig az olvadt siállal egyszintbe jutott. (5. kép.) Így a siáltömb magába tömörítette a Föld egész felszínén elhelyezett siálhéjat, vagy annak jelentékeny részét. Földünk mai jelenségeiből is kitűnik, hogy hőmérsékletkülönbségek ilyen munka elvégzésére képesek. Tegyük fel, hogy a Föld hőmérséklete az egyenlítő táján állandóan $+35^{\circ}\text{C}$, a sarkoknál -5°C lenne. Ez a 40°C hőmérsékletkülönbség a tengerek vizét átvinné az egyenlítőtől a sarkok felé és ott hó, illetve jég alakjában lerakná, mindaddig, amíg a tengerek utolsó vízeséppje is jégkontinensekké felhalmozódna, feltéve, hogy a felhalmozott jég a nagy nyomás alatt meg nem olvadna. Az egyenlítőn elpárolgó víz épügy pótlódnék a még meglévő tengervízből, mint ahogyan pótlódott a mi esetünkben a kontinens szilárd anyaga a még olvadt siálból.

A szilárd siáltömb a kihülés további folyamán térfogatát és így sűrűségét már csak jelentéktelenül csökkentette, hiszen ez már

átesett a nagy térfogatsökkenés, a halmazállapotváltozás, kritikus helyzetén és így a még változatlan sűrűségű olvadt környezetében jövendőbeli szárazulat gyanánt, készen, izosztatikusan, szintig bemeürülve úszott. Ha ebben a helyzetében fen-
tebbi példánkban említett U eső került volna át a szilárd tömbön és folyékony környezetén, úgy annak A és B szárában az anyagok egyenlő magasságban állnának. (5. kép.) A kihülés azonban még folyamatban volt, minthogy a szilárd kontinensen lévő A szárban jelentékeny változást nem okozhatott, elvégezte azt a B szárban, ahol az olvadt anyag térfogatát még jelentékenyen csökkenthette, ott halmazállapot változást idézván fel. Ennek következménye, hogy az A és B szárban lévő anyag szintje megváltozott, az A szárban az



6. kép.

anyagoszlop magasabban állt, mint a B szárban, vagyis a szárazföld látszólag kiemelkedett. A kiemelkedés mérvét az A és B oszlopokban lévő anyagok fajsúlyai adják, mert ezek befolyásolják a C—C könyökben az egyensúlyt.

A B szárban lévő anyagok súlya (6. kép.) C—C-ig, ha a siál-tömb fajsúlya S_{ikr} , ahol az index ikr kristályos, azaz szilárd siált jelent, mélysége pedig h és a közlekedő esőnek az oszlopmagasságra merőleges keresztmetszete q , úgy a súly $= S_{ikr} \cdot h \cdot q$. További képleteinkben a keresztmetszet q szerepelni nem fog, mert a közlekedő eső két szárát egyenlő keresztmetszetűnek véve fel, az egyenlet két oldalán ez a tényező kiesik.

Az A szárban a szilárd siálréteg fajsúlya S_{ikr} , magassága h_1 , súlya a fentiek figyelembevételével tehát $S_{ikr} \cdot h_1$.

A sima oszlop fajsúlya S_m oszlop magassága h_2 , súlya $S_m \cdot h_2$.

A kontinensnek a környezetéből való kezdeti szintmagassága m . (Kezdeti szintmagasságnak nevezzük a kontinens kimeredését a környezetéből, amidőn a tengerek víze még nem csapódott le, hanem túlhevített gőz alakjában lebegett a Föld felszíne fölött.) Az A és B oszlopok súlyegyenlőségi képletei:

$$S_{\text{lk}_r} \cdot h = S_{\text{lk}_r} \cdot h_1 + S_m \cdot h_2 \quad 1.$$

de $h = m + h_1 + h_2$ ezt helyettesítve:

$$S_{\text{lk}_r} (m + h_1 + h_2) = S_{\text{lk}_r} \cdot h_1 + S_m h_2$$

vagyis $m S_{\text{lk}_r} + h_1 S_{\text{lk}_r} + h_2 S_{\text{lk}_r} = S_{\text{lk}_r} h_1 + S_m \cdot h_2$

$$h_2 = \frac{m \cdot S_{\text{lk}_r}}{S_m - S_{\text{lk}_r}} \quad 2.$$

Ebben a képletben két ismeretlen tényező szerepel és pedig m és h_2 , vagyis a kontinensek *kezdeti* szintmagassága m és bemerülési mélysége h_2 , amidőn még nem voltak tengerek, azaz csak túlhevített gőz lebegett a Földfelszíne felett. Hogy számításainkat tovább fejleszthessük szükségünk van a tengerek képződésénél keletkező földkéregterhelési viszonyok ismertetésére.

A tengerek képződése.

Amidőn a szárazulatok tömbjei a környező kéregfelszínből kimeredtek, a Föld még izzó volt, a tengerek víze túlhevített gőz alakjában lebegett az *egész Föld* felszíne felett, amelyet a mai tengervíz összes súlyát is meghaladó mértékben egyenletesen terhelte meg. A többlet abból adódik, mert akkor a kőzetek lekötött és szabad víztartalma is gőz alakban volt jelen. Goldschmidt, Washington, Clark a kéreg átlagos víztartalmát kb. 1.15 %-ban adják meg. Minthogy ez többé-kevésbé egyenletesen oszlik meg a kéregben, számításaimból kikapható. Itt ugyanis a földkéreg egyenlőtlen terheléseiből származó nyomáskülönbségeket óhajtjuk meghatározni, amelyek akkor keletkeztek, amidőn a gőz lecsapódott és a tengerek medencéjében víz alakjában gyülekezett.

A tengerek felülete Krümmel szerint 361,279.160 km², a tengerek közép mélysége 3.680 km, ami vízmennyiségben 1.329 millió 945.670 km³-nek felel meg. A Föld felülete 509,950.714 km² és mivel a gőz akkoriban túlhevített állapotban az *egész Föld* felületét beborította, így 1 km²-re esett $\frac{1,329,945,670}{509,950,714} = 2.6$ km vízoszlopmagasságnak megfelelő vízgőznyomás, amely megfelel 260 atmoszférának.

Amíg azelőtt a gőznyomás az egész Föld felületét mindenütt egyenletesen elosztva terhelte meg, addig a lehülés folytán a lecsapódott vízmennyiség a már előbb ismertetett m kezdeti mélységgel készen álló teknőkben gyülekezett és ezzel megbontotta a kéregre nehezedő terhelési egyensúlyt, mert a szárazföld fölött csökkentette, a medencékben pedig növelte a nyomást. (12)

Az összes gőzmennyiség lecsapódásával, a szárazföldeken megszűnt a 260 légköri nyomás és csupán a mai légnyomás 1 atm. maradt meg, a többi 259 atm. áttelődött a tengerek medencéje fölé. Minthogy a tengerek felülete kb. 2.42-szer akkora mint a kontinen-

seké, a kontinensekről elterelődött 259, vagyis kereken 260 atmoszféra $\frac{1}{2.42}$ arányban került a tengerek borította felszínre. Így a tengermedencék fölött, a már meglévő 260 atm. nyomáshoz további $\frac{260}{2.42} = 108$ atm. adódott hozzá, összesen tehát 368 atm. nyomásnak megfelelően 3680 m. ami a tengerek középmedlységét adja, minthogy 1 atmoszféra nyomásnak 10 m vízoszlop felel meg.

A gőz leesapódásával és a tengermedencékben víztömegek alakjában történt felgyűlésével előállott új helyzetnek megfelelően (7. kép) a hidrosztatikai egyensúly feltétele a következőképen alakul:

$$S_{\text{Ikr}} \cdot h = v + h_1 S_{\text{Ikr}} + h_2 S_m \quad v = \text{a vízoszlop magasság és mivel a víz fajsúlya 1, az egyenletben csak } v \text{ szerepel, amely a szóbanforgó esetben 4700 m.}$$

szerepel 4800 m mert a kontinensek felszíne a tenger felszínétől kb. 100 m magasan fekszik, tehát: $4700 + 100 = 4800$ m.

$$S_{\text{Ikr}} [4800 + h_1 + h_2] = 4700 + h_1 S_{\text{Ikr}} + h_2 S_m$$

$$4800 \cdot S_{\text{Ikr}} + h_1 S_{\text{Ikr}} + h_2 S_{\text{Ikr}} = 4700 + h_1 S_{\text{Ikr}} + h_2 S_m$$

$$4800 \cdot S_{\text{Ikr}} - 4700 = h_2 [S_m - S_{\text{Ikr}}] \text{ ebből } h_2 = \frac{4800 \cdot S_{\text{Ikr}} - 4700}{S_m - S_{\text{Ikr}}} \quad 3.$$

A fenti 3-ik képletből már kiszámíthatjuk h_2 -t a kontinensek simába való bemerülésének mélységét azon esetre, ha a tengermedencéket a víz súlya terheli. A 3. sz. képletbe behelyettesítjük a Washington-tól származó következő sűrűségi adatokat: A Föld átlagos kéregsűrűsége $2.76 = S_{\text{Ikr}}$, a Csendes Óceán tengerfenekét simasűrűségnek véve $3.05 = S_m$.

Ezeket az értékeket behelyettesítve fenti képletbe:

$$h_2 = \frac{4800 \cdot 2.76 - 4700}{3.05 - 2.76} = 29\,470 \text{ m.}$$

Ha a szárazföldek kéregvastagságát keressük, akkor ehhez az értékhez még a Wegener által megállapított 4800 méteres szintkülönbséget és a siálréteg vastagságát is hozzá kell adni. (7. kép.) A Csendes-óceán fenekén Wegener és Gutenberg szerint siálréteg nincs, tehát $h_1 = 0$ és akkor, de csakis akkor, a szárazföld tömbvastagsága $29.474 + 4800 = 34.274$. Ez a méret igen jól megegyezik a Heiskanen, Sehwinner és Salonen által újabban meghatározott 32–42km földkéregvastagsággal, amelyet nevezettek gravimetrikus mérések útján nyertek. (13)

Az előzőkből azonban tudjuk, hogy a szárazföldek kezdeti szintmagasságkülönbségét a tengermedencékben gyülekező tenger víz súlyterhelése megváltoztatta. Számítsuk ki ennek mértékét. A tengerek által felidézett magassági differenciát megkapjuk, ha az 1. számú egyenletbe h helyébe 34.274 m-t helyettesítünk be, mert ez a méret, mint a szárazföldek vastagsága, állandó, amely akkor

sem változik meg, ha a tengerek súlybefolyását vagylagosan figyelembe vesszük, avagy sem.

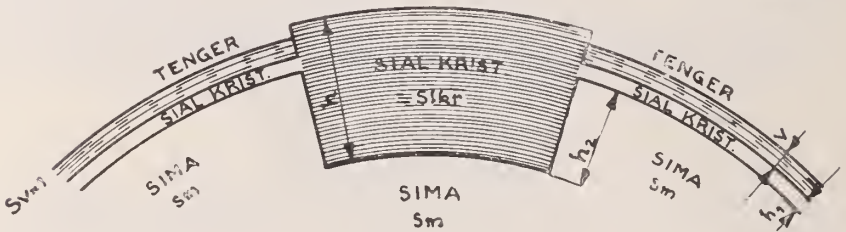
$$S_{\text{Ikr}} \cdot h = S_{\text{Ikr}} h_1 + S_m h_2 \quad \text{Wegener és Gutenberg szerint } h_1 = 0 \text{ tehát:}$$

$$S_{\text{Ikr}} \cdot h = S_m h_2 \quad \text{de } S_{\text{Ikr}} = 2.76 \text{ és } h = 34274$$

$$2.76 \cdot 34274 = 3.05 h_2 \quad S_m = 3.05$$

$$h_2 = \frac{34274 \times 2.76}{3.05} = 31014 \text{ m. a simába való bemerülés, ha a tengermedencékben még nincs víz.}$$

Kiszámítottuk, hogyha a tengervíz súlya is érzétteti hatását, a bemerülés a simába 29.474. A kettő különbsége $31014 - 29474 = 1540$ m. Ez a tengervíz súlyának tulajdonítandó *epirogenetikus*

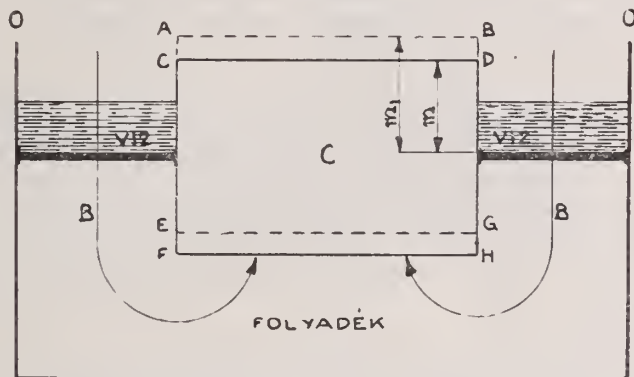


7. kép.

mozgási magasság. A tengerek rízsúlya tehát megnöveli a tengerek által körülvevett szárazföldek szintmagasságkülönbségét. Ennek magyarázatául szolgáljon a 8. kép. O edényben, amelyben folyadék van, B zárólapot (földkéreg) helyezünk, ebből a zárólapból C dugattyú mered ki, szabadon mozgathatóan. A dugattyú kiugrása a B zárólap felett m, ha most vizet öntünk B zárólapra, akkor a víznek a súlya a nyílak irányában hat és felemeli a C dugattyút m₁ magasságra. Persze a B zárólap lesüllyedt valamelyest, mert a C dugattyú felemelkedése folytán a GHEF térrész üresen nem maradhat és ezt is folyadék tölti ki és ezért ezen térfogattal a B lap lejjebb kerül. Az m₁ — m = l m a víz beöntése, illetve súlya által okozott mozgási magasság. A tengerek képződése előtt, tehát mielőtt a gőz leesapódott volna, a kontinensek (C dugattyú) kezdeti szintmagassága $4800 - 1540 = 3260$ m volt, ahol 4800 m a Wegener által említett szintkülönbség.

A földtanban ismert epirogenetikus mozgások szempontjából fontos, hogy a 4800 m szintkülönbség két részre tagozódik és pedig egy kezdeti szintmagasságra 3260 méterre, amely a sima és siál halmazállapotváltozásaival áll szoros kapcsolatban és így állandó jellegű és az 1540 méterre, amelyet a tengerek súlya okoz, ez azonban már *labilis* jellegű. A tengervíz ugyanis bizonyos hatásokra, amelyeket egy későbbi tanulmányomban ismertetnék, egyik helyről a másikra vándorolhat és így egyes helyeken a kéregfelszint jobban, másokon kevésbé terheli meg és így epirogenetikus mozgásoknak lehet felidézője. Képzeljük a 8. képen feltüntetett elrendezésen,

hogy a vizet leboesátjuk, akkor a C dugattyú, a mi esetünkben a szárazföld, lesüllyed és a B zárólap felemelkedik, vagyis rekonstruálna az a helyzet, illetve kezdeti szintkülönbség, amely a gőzleesapódást annakidején megelőzte. Ez esetben a szárazföld felszíne és a tengerek medeneesztintje egymáshoz közelebb esik. A mozgó víz epirogenetikus mozgatósi képessége azonban korlátozva van,



8. kép.

mert a szárazföldek kezdeti szintmagasságkülönbsége a már említett 3260 m a víztől független és csakis a sima és síal fajsúlykülönbsége által van meghatározva és ilyen keretek között a szárazföldek állandóknak mondhatók.

Összefoglalás.

Az elmondottak fizikai úton magyarázzák, hogy az eredetileg szükségszerűen zárt felületet alkotó síalgömbhéj miként helyeződött át termodinamikus úton, elszórtan fekvő kontinentális tömbökbe. A szárazföldek képződése óriási mérvű anyagszállítás volt, amelyet felületi hőkülönbségek, termodinamikus erők, idéztek fel, amelyek néhány foknyi hőkülönbségnél ma is jelentkeznek a meteorológiai jelenségeknél, úgy mint szél, eső, hó. A meteorológiában néhány foknyi hőfokkülönbség víz—gőz—víz, vagy víz—gőz—hó halmazállapotváltozást idéz elő, ami a szárazföldek képződésénél és pedig nagy hőfokkülönbségnél olvadék — kristály halmazállapotváltozást eredményezett. Köznapiasan azt lehetne mondani, hogy akkoriban a helyhez kötött nagy hőkülönbségek folytán bizonyos térrészekben állandóan kristályeső esett, amely az olvadt anyag mennyiségének rovására, a képződő szilárd kontinensek anyagát szaporította. Okfejtéseim nemesak a szárazföldek keletkezését magyarázzák meg, hanem egyidőben feleletet adnak a kontinensek kéregvastagságának kérdésére is. Ebben gyökerezik a probléma hordereje és fontossága. A kéregvastagságra vonatkozó számításaim igen jól fedik a Heiskanen által gravimetrikus úton meghatározott számértéket, ezért tartja ő kívánatosnak, hogy az itt tárgyalt kérdés-összlet geológusok által jóváhagyást nyerjen, mert egyébként geo-

fizikai szempontból kifogás alá nem esik. Megjegyzendő, hogy a kontinenseknek a tengerfenékből való kimeredése, nynyjtja azt a számítási alapot, amelyből kiindulva — a vízben úszó jégtábla módjában — a bemerülési mélységet és ezzel a kéregvastagságot, bizonyos megszorításokkal, megállapíthatjuk. A Wegener-féle kimeredéshez fűződő következtetéseket először az 1929—1930 években megjelent tanulmányaimban (3—4) vezettem le, 1931. évben Náda i (14) e problémát ugyanezen nézőszögből tovább fejlesztette és a kéregvastagságra előbbi számításainkkal jól megegyező eredményeket kapott.

Még ide tartozik annak felemlítése, hogy a hőfokgrádiens útján is a fentiekhez hasonló eredményt kapunk a kéregvastagságra. Ha az 1° C hőfokemelkedésnek megfelelően 33 m veszünk fel, úgy kb. 36 km mélységben a sial anyagok beolvadáshőmérséklete nralkodik, az általunk előbb számított 34.27 km helyett, amely utóbbi adat csak akkor helyes, ha az óceánokat nem borítja sial réteg. Ha ilyen is van, akkor a kontinensek kéregvastagsága ugyanannyival növekedik.

Fejtegetéseinknél és bizonyításainknál végig megmaradtunk az Airy-féle izosztázia elmélete mellett, mert ennek alapján igazolhatók az összes epirogenetikus és kéregképződési jelenségek.

A hődifferenciából származó tömegeloszlás másik módja adja a hegyképződések magyarázatát, amely problémával azonban más alkalommal foglalkozunk majd.

IRODALOM.

1. Wegener: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 1929. IV. kiadás. 4. fejezet. 35. oldal. — 2. Born: Isostasie und Schweremesung. 1923. 71. oldal. — 3. Geszi: Zur Frage der Entstehung der Kontinente und Ozeane. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Leipzig. 1929. Bd. 22. 353—384. oldal. — 4. Geszi: Die Entstehung der Kontinente. 1930. Leipzig. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 27. 1—25. oldal. — 5. Geszi: Die Entstehung der Kontinente. 1931. Leipzig. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Bd. 31. 1—39. oldal. — 6. Geszi: Zusammenschub der Erdrinde. 1929. Leipzig. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Bd. 21. 54—55. oldal. — 7. Wegener: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 1929. IV. kiadás. 49. oldal. — 8. Erdmannsdörffer: Grundlagen der Petrographie. 1924. 30—31. oldal. — 9. Gutenberg: Handbueh der Geophysik. 1930. Band III. 43—47. oldal. — 10. Barus: High Temperature Work in Igneous Fusion and Ebullition. U. S. Geol. Surv., Bull. 103. Washington. 1893. — 11. Day—Sosman—Hostetter: The Determination of Mineral and Rocks Densities at High Temperatures. Am. Journ. Sc. 4. 37. 1914. 1—39. oldal. — 12. Gutenberg: Handbueh der Geophysik. Bd. III. Lieferung 1. 496—500 oldal. Die Entstehung der Meere nach Trabert und Geszi. — 13. Heiskanen: Der heutige Stand der Isostasiefrage. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Bd. 36. Heft 2/3. 1932. 177—205. oldal. — 14. Náda i: Plasticity, New-York and London. 1931. 324—327. oldalak.