

# Régi elgondolások a felszíni és felszín alatti vízről

DR. VENDL ALADÁR

A régi görögök elgondolását a föld keletkezéséről s a felszíni és felszín alatti vízről egészen pontosan nem ismerjük. Erdemleges elképzelések biztos nyomai nem maradtak meg. Nézeteiket a vízről és a víz körforgalmáról a legrégebb költők, főleg *Homeros*, *Hesiodos*, *Aischylos* fejezték ki. Felfogásuk szerint minden víz az egész földre kiterjedő Okeanosból származik, amelynek vize a földet is átjárja.

*Hesiodos* szerint (8. század i. e.) kezdetben káosz képződött s abból keletkezett a föld. A föld maga hozta létre az eget, a hegyeket és a tengereket. Hogy mi volt ez a káosz, nem ismeretes. *Aristoteles* és *Aristophanes* a káoszt sötét térnek vélte. *Anaximander* (6. század i. e.), aki *Thales* tanítványa volt, szerint a lapos, korongalakú föld felszíne teljesen víz volt. Párolgással a víz legnagyobb része eltűnt, végül sziget alakjában szárazföld emelkedett ki a vízből. A mai tenger az egykori hatalmas víztömeg egy része. *Miletosi Thales* szerint a víz az őszanyag. *Anaximander* szerint a források vize a tengerből származik. Tehát nem csak minden folyó vize jut a tengerbe, hanem minden víz is a tengerből kerül forrásokba, folyókba. Ez a víz azonban a föld belsejében halad s ott elveszti sótartalmát.

A többi görög geográfus is úgy képzelte, hogy a szilárd földmagot igen sok barlang, csatorna járja át, amelyeken keresztül a víz, a levegő és a tűz is mozoghat. Így jöhet a források vize a felszínre.

A régi görögök azonban helyesen észlelték a víz párolgását a napsütés hatására, és a görög karsztos területekre jellemző barlangokat s a karsztforrásokat.

*Platon* is úgy képzelte, hogy a földet üregek, csatornák járók át, amelyekben folyékony tűz (láva), iszap, levegő víz áramlik keresztül szünet nélkül. A víz a felszínről a mélybe szívárog, vagy áramlik bizonyos mélységig; kanyargó járatokba kerül bele, vagy pedig, sok helyen a felszínre jut s táplálja a folyókat és a tengereket. A legnagyobb üreg a föld belsejében a Tartaros. Ebbe folyik bele valamennyi folyó vize, de innen ismét kifolyik. A kisebb források vize esővízből származik. A felszínen folyó többi víz mind a földalatti vízfolyásokból ered.

*Aristoteles* (384—322 i. e.) a földet gömbalakúnak gondolta. A négy alapanyag a föld (szilárd), a víz, a levegő és a tűz. A földgolyó legbelső része szilárd gömb, amely a vizet magába zárja. Ezt körülveszi a kívüllevő gőzburok, ami levegőből és tűzből áll. Ez a külső burok, vagyis az atmoszféra, a szilárd földanyag és a víz kigőzölgéséből származik a nap melegének hatására és állandóan megújul. A víz egy része a nap melegének hatására elpárolog, de újra visszatér csapadék alakjában.

*Aristoteles* szerint a föld szilárd belsejét hézagok és barlangok járók át. Ezekben a föld kigőzölgései — éppen úgy, mint a felszínen — vizet, szelet és tüzet hoznak létre. A száraz kigőzölgések alkotják a fémeket, a nedvesek a köveket.

A felszínre hulló csapadékvíz vagy elpárolog, vagy a hegyekben elnyelődik és a forrásokban jelenik meg. A források vize keresi az alacsonyabb helyeket, patakokat, folyókat alkot, más vízfolyásokkal egyesülve a tengerbe jut. *Aristoteles* szerint minden forrás minden vize a légköri csapadékból származik. *Aristoteles* tudta, hogy a tengerek eltérő mélységűek. Az Azovi tenger a legkisebb mélységű az ismert tengerek közt, a Fekete-tenger sekélyebb, mint az Égei-tenger és a Földközi-tenger nyugati része nagy mélységű.

A tengeri áramlásikat a következő elgondolással értelmezte: a tenger egyes részei különböző szintekben alakultak ki s a tenger vize magasabb helyekről az alacsonyabbakra folyik át. A tenger örvénylése úgy áll elő, hogy a nagy barlangok némelyike felül megnyílik és a víz ott örvénylik. Szerinte Egyiptom és környéke egykor tengerrel volt borítva. A Fekete-tenger vize a bele ömlő nagy folyóból lerakódott üledékek következtében állandóan áramlik a Boszporuszon át a Földközi-tengerbe.

A régi görögök általában tudták, hogy a folyók iszapot

s más törmelék hordanak és a hordalék leülepedése folytán a mélyedések részben feltöltődnek. Így pl. jól ismerték a delták feltöltő munkáját. Földtani időről azonban alig volt fogalmuk, pl. az üledékekből képződött lerakódásokról azt vélték, hogy igen rövid idő alatt alakultak ki: *Herodotos* leírta, hogy Egyiptom első királya *Min* volt (3200 évvel i. e.). Ekkor egész Egyiptom — Thébé vidékének kivételével — vízzel volt borítva. 900 év alatt a Nílus iszapjának vastagsága a leülepedett anyagok miatt legalább mintegy 7 méterrel növekedett.

*Eratosthenes* szerint a Fekete tengerbe ömlő sok folyó vize a tenger medencéjét túltelítette, a sok iszap lerakódása a tenger fenekét emelte, végül a Boszporuszt és a Hellespontust keresztültörve a fölösleges víz lefolyása lehetővé vált.

\*A régi rómaiak lényegében a régi görögök felfogását ismerték el és azt igyekeztek részben kissé módosítani, de a lényeg a régi maradt.

*Lucretius Titus Carus* (kb. 98—53 i. e.) a víz összefüggő körfolyamatát a források és a tenger között úgy képzelte el, hogy a sós tengervíz a talajban felfelé tör, közben a sós alkatrészeketől megtisztul s a forrásokban a felszínre jut, majd a folyók visszazárlítják a tengerbe. Ezt a folyamatot a víz állandóan ismételteti.

*Lucretius Annaeus Seneca* (65—4 i. e.) részletesen foglalkozott a forrásokkal. Úgy gondolta, hogy a föld belsejében terjedelmes üregek vannak. Ezekben a bennük uralkodó hideg és sötétség a levegőt éppen úgy vízzé változtatja, mint a felszínen: a hideg, sötét helyen a levegőben a víz lecsapódik. Lehetséges, hogy a föld némely szilárd része cseppfolyósodik, ez a víz is táplálja a földalatti üregek vizét, s természetesen ez a víz is a tengerbe jut.

*Marcus Vitruvius Pollio* (i. e. 1. század 2. fele) „*Libri de Architectura*” c. művében a mai ismereteinkhez némileg közeledő elgondolást fejtett ki a forrásokról. Szerinte a talajvíz és a források vize a csapadékból származik. A felszínre hullott víz beszívárog addig, amíg kő-, érc-, vagy agyagtalajig jut el; ott, mivel ezekbe az anyagokba nem képes behatolni, ezen anyagok menten oldalra kényszerül s a felszínre jut. Főleg a hegyek területére hullott csapadékvíz nagy mélységre hatolhat le.

*Plinius* (az idősebb) szerint a föld üregeiben levő vizet a szél nyomja fel egészen a hegytetőig a forrásokba.

A középkor első időszakában a vízről és főként a víz körfolyamatáról elsősorban bibliai kijelentéseken alapuló elgondolások voltak előtérben. A nagy folyók vizét négy paradicsomi folyóra vezették vissza. Azt vélték, hogy minden folyó vize, minden nedvesség és az óceán vizei is paradicsomi forrásból származnak. Némelyik filozófus az óceánt tekintette minden folyó táplálójának. Ezek a bölcselők azt gondolták, hogy a tenger vize a felszín alatt bonyolult, alagútszerű járatrendszerekbe és üregekbe folyik bele. Ezek az üregek és járatok sok helyen a felszínig felnyúlnak s ezeken a helyeken a víz a forrásokban jelenik meg. A biblia szerint is minden víz a tengerbe jut, a tenger azonban sosem telik meg vízzel: vizének egy része visszakerül oda, ahonnan jött.

*Gregor Nyssa* tagadta azt a nézetet, hogy felszín alatti víztartályok táplálják a folyókat. Azt képzelte, hogy a víz és a szárazföld szoros összefüggésben van egymással: a víz a szárazföldben s a szárazföld a vízben van. Szerinte a nedvesség és a hideg a víznek, a szárazság és hideg a szárazföld jellemző tulajdonsága. A földben lefelé állandóan nő a hideg és ezért a szárazföld néhol alkalmas arra, hogy vízzé alakuljon. Ezt a felfogását a következő megfigyelésre alapította: kutak ásásakor eleinte iszapos anyag jelentkezik, később nagyobb mélységben tiszta víz, ami finom erecskében jön elő a szilárd részekből.

Általánosan vallották, hogy a napsugárzás melege a tenger vizét párologtatja, a felhőkből a víz ismét lecsapódik a felszínre, ott beszívárog. *Aristoteles* nyomán azt gondolták, hogy az esők vize a tengervíz könnyebb, tiszt-



tább részéből származik; a tengervíz nehezebb részei a párologáskor visszamaradnak.

Az arab tudósok is főleg *Aristoteles* nyomdokait követték. *Masudi* († 956) a víz párologását kísérletekkel is igazolta: sósvizes oldatot párologtatott el desztilláló készülékben s megállapította, hogy ekkor valóban édesvíz csapódott le. A víz körforgalmát merítő kerékhez hasonlította: a kerék edényei a vizet kiemelték a folyóból, a folyó mellett levő mezőkre vezetett víz ott beszívárgott s egy része visszaszívárgott a folyó medrének oldalfalain s forrásokban jutott a felszínre. A tengervíz sótartalma a folyók vizéből származik, amely víz folyása közben a mederből különböző sókat „s más anyagokat” oldott ki.

*Kacvini* szerint (13. század) bizonyos, hogy a levegőben levő vízgőzök a magas hegyeken esővé kondenzálódnak. *Aristoteleshez csatlakozott a száraz és a nedves* vizsgálások kérdésében: ez a kétféle gőz a felszín fölött alkotja a felhőket, a szelet, az esőt, a havat és a felszín alatt a forrásokat s okozza a földrengéseket.

*Al Beruni* ismerte a Ganges, az Eufrates és a Tigris üledékeit. Észlelte, hogy a folyók felső szakaszukban durva törmelékét, alsóbb szakaszukban apróbb kavicsot, s a tenger közelében és torkolatukban igen aprószemű homokot szállítanak.

A középkor későbbi időszakában (skolasztikusok) általában úgy gondolták, hogy a beszívárgott víz erek alakjában mélyre hatol le, ott óriási üregekben összegyűlik. Az üregekből a víz felfelé hatol, egy része a forrásokban a felszínre folyik.

*Conches* szerint a víznek azért kell felfelé hatolnia, mert az alul levő kőzetek nagy tömörsége miatt tovább felfelé nem haladhat. Mások szerint azok az üregek, amelyekben a víz összegyűlt, nincsenek mélyebben, mint a források. Tehát a víz minden nehézség nélkül kifolyhat a forrásnyílásokon.

*Albertus Magnus* azt vélte, hogy az üregek mennyezetén képződő vízgőz a meleg következtében magához szívja a vizet. A víz kijáratot váj ki, azon keresztül kifolyik.

A középkor vége felé a meleg forrásokkal is foglalkoztak, de lényeges elfogadható eredmények nem voltak. Többen föld alatti tűz melegítő hatásával magyarázzák a melegvíz eredetét a korábbi elterjedt felfogás alapján. Mások úgy vélték, hogy a víz a föld alatti, csőszerű járatokban összepréselődik és ennek következtében — a nyomás hatására — melegedik meg. Volt olyan vélemény is, hogy a napsugárzás melege a felszín alatt felhalmozódik s az ott áthaladó vizet felmelegíti. *Albertus Magnus* szerint azonban ez nem lehetséges, mert ha ez így volna, akkor télen — amikor nincs napsütés — a meleg források vizének le kellene hűlnie. *Democritus* szerint a föld saját tűzétől, vagy esetleg a napsütéstől a mészkőből képződött égetett mész okozza a víz melegedését. Előterbe került az a gondolat is, hogy égő kéntelepek okozzák a melegedést.

Az újkor elején még mindig a középkori elképzelések uralkodtak, s csak a 18. században indultak meg a rendszeres megfigyeléseken alapuló magyarázatok. A 16. században azonban már megkezdődtek az észlelések, itt-ott már számszerű mérlegelések nyomai is jelentkeztek s a csupán bölcséleti elképzelések háttérbe kerültek.

*Johann Baptist Helmont* (1577—1644) brüsszeli orvos szerint a föld belső magja igen sok vizet tartalmazó homok, melyet „földből”, kőzetekből és homoktelepekből álló burok vesz körül. A homok hatalmas szűrő, amelyen a folyók vize lassan átfolyik. A homok maga hajtó erejű s ez az erő mozgatja a homokban a vizet. A mozgás végbemegy a magasabb és mélyebb részekben egyaránt, s így a víz a homokban minden irányban áramlik. A homok minden része hajtóerejű, még ott is, ahol a felszínre kinyúlik hegyek alakjában. Ezért mindenhol jöhet víz a felszínre. A kijutott víz a nehézségi erő hatására addig folyik lefelé, amíg a tengerbe ömlik. A tenger vize azonban állandóan a föld belsejébe hatol, hogy a nagy homoktömegekből kifolyt vizet pótolja. Az emberi testben is így áramlik a vér minden irányba felülről lefelé és alulról felfelé, függetlenül a nehézségi erőfőtől. Ha azonban az emberi test megsebzett helyéről jut ki a vér a test felületére, akkor elveszti önálló moz-

gási erejét s a nehézségi erő hatására lefelé folyik. Általában *Helmont* hatására többen úgy képzelték, hogy a víz mozgása teljesen hasonló az állatok vérkeringéséhez. Azt gondolták, hogy a föld óriási élőlényhez hasonlít, amelynek belsejében különböző szervek vannak.

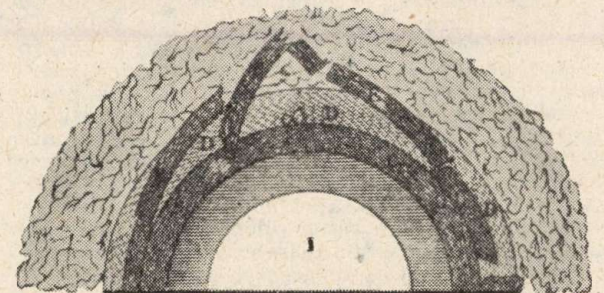
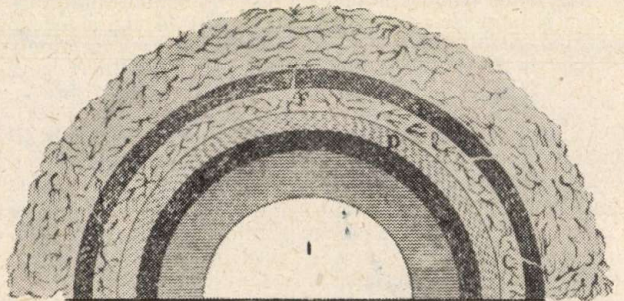
*Johannes Kepler* (1571—1630) csillagász és matematikus „*Hermonices mundi libri quinque*” című művében (1619) kifejtette, hogy a föld mint valami nagy állat, a tenger vizét folyton belelegzi, testében megemészti és asszimilálja s talajvíz és forrásvíz alakjában kiválasztja.

Még a 19. század elején is kísértette némelyik filozófus ez a gondolat.

*Georg Bauer* (1494—1555), írói néven *Agricola*, német orvos és mineralógus (Jachimovban volt bányorvos) az ásványtan és a kohászat egyik megalapítója volt. „*De ortu et causa subterraneorum*” című művében a víz eredetét is tárgyalta. Kimondotta *Aristoteles* nyomán, hogy a víz egyik része a felszínről beszívárog a repedéseken és hasadékokon keresztül a felszín alá. Ezt a vizet a bányászok felszíni víznek nevezik. A víz másik része, amelyet a bányászok talajvíznek mondanak, másképpen kerül a felszín alá: a mélyből felhatoló vízgőz kondenzálódott.

*René Descartes* (1596—1650) szerint az izzón folyó, nap szerű, gömb alakú földmagot fémekből álló gömbhéj veszi körül. Ezen nyugszik a vízburok, amelyet levegővel telt burok vesz körül. Ezen telekszik a kőből, homokból, mészkőből stb. álló külső földkéreg, amely fölött az atmoszféra van legkívül. Mivel a kéreg az alatta levő levegőtér fölött mintegy boltozatszerűen lebeg, megtörténik, hogy az ezen boltozatot átjáró repedések, hézagok némelyike lassan kiszélesedik, a kéreg széttörik s nagyobb tömbjei a vízburok keresztül az alul levő fémburokra csúsznak. A fémburok felülete azonban kisebb, mint a szilárd burok, ezért nem képes a reá süllyedt kéreg egészét magára eresztetni; ezért egyes tömbök oldalra nyomódnak s így egyes részek kiemelkednek, hegyeket képeznek (1. ábra).

*Descartes* „*Principia philosophiae*” című munkájában kifejtette, hogy a föld szilárd részén sok barlang van. Ezeket föld alatti csatornaszerű járatok kötik össze egymással. A járatok a tengerrel is összefüggenek. A járatokon keresztül a tenger vize a mélybe hatol, ott a föld melegének hatására gőzzé válik. A gőzök felszállnak, főleg a repedéseken át a magasabban levő barlangokba,



1. ábra. A víz helyzete és a széttöredezett kéregdarabokból keletkező hegyek, *Descartes* szerint  
I = izzón folyó gömb, külső része kissé tömöttebb;  
G = fémekből álló gömbhéj; D = vízburok, amelyet levegővel telt burok (F) vesz körül; E = földkéreg.



ott lecsapódnak, összefolynak s szolgáltatják a források vizét.

A 17. és 18. században sokan elfogadták *Descartes* felfogását a források keletkezéséről; mások ellene voltak.

A gdanski *Kühn* professzor kimondotta, a bordéauxi akadémia egyik díját elnyert munkájában, hogy a talajvíz nem származhatik a felszíni vízből. Elmélete szerint a tenger vizét nagy üregek elnyelik, a szárazföldben az elnyelt víz szétterjed sok ágba és járatokban a hegyekig, ahol sok barlang, hasadék és csöszérű járat van. Ezekben a föld alatti tengervíz a belső melegtől lassan párolog, s a vízgőz a hasadékokon és repedéseken keresztül a magasabban levő üregekbe jut s ezek oldalfalaira rakódik le. Azután a kavicsban a víz nem nagy mélységben összegyűlik és a hegyek lábánál a forrásokban a felszínre kerül. A kavicsban levő, a forrásokban meg nem jelent felesleges víz mélyebb szintre szivárog le; ez az ún. mélyebb talajvíz. Közben a párologás folytán a víz sok sót tartalmaz oldottan, fajsúlya is nagyobb lesz, mint a tengervízé. Ez a sós oldat más föld alatti járatokban visszafolyik a tengerbe.

A források, patakok, folyók vizének tengeri eredete felszín alatti csatornákon, járatokon keresztül meglehetősen elterjedt felfogás volt ebben az időszakban. Így pl. *Davity* nézete szerint az óceán nem képes annyi vizet magában tartani, mint amennyi belefolyik. Ha a tenger vize nem tudna behatolni a felszín alatti üregekbe, a tenger áradással kiöntene. A napsütés és a levegő áramlása nem képesek olyan sok vizet elpárologtatni, amennyi szükséges volna a kiöntés meggátolására.

Az üregekbe behatolt víz nagy súlyánál fogva félprelődik a legmagasabb hegycsúcsokig is. Lehetséges az is, hogy az üregekben levő gőzök sűrűsödnek és vízzé változnak át. Ez a víz egyesül a behatoló tengervízzel és hozzájárul a források vízmennyiségének növeléséhez.

*Bernhard Palissy* (1510—1590) keramikus indította meg új ösvényeken a haladást az 1560-ban Párizsban megjelent „Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles” című mun-

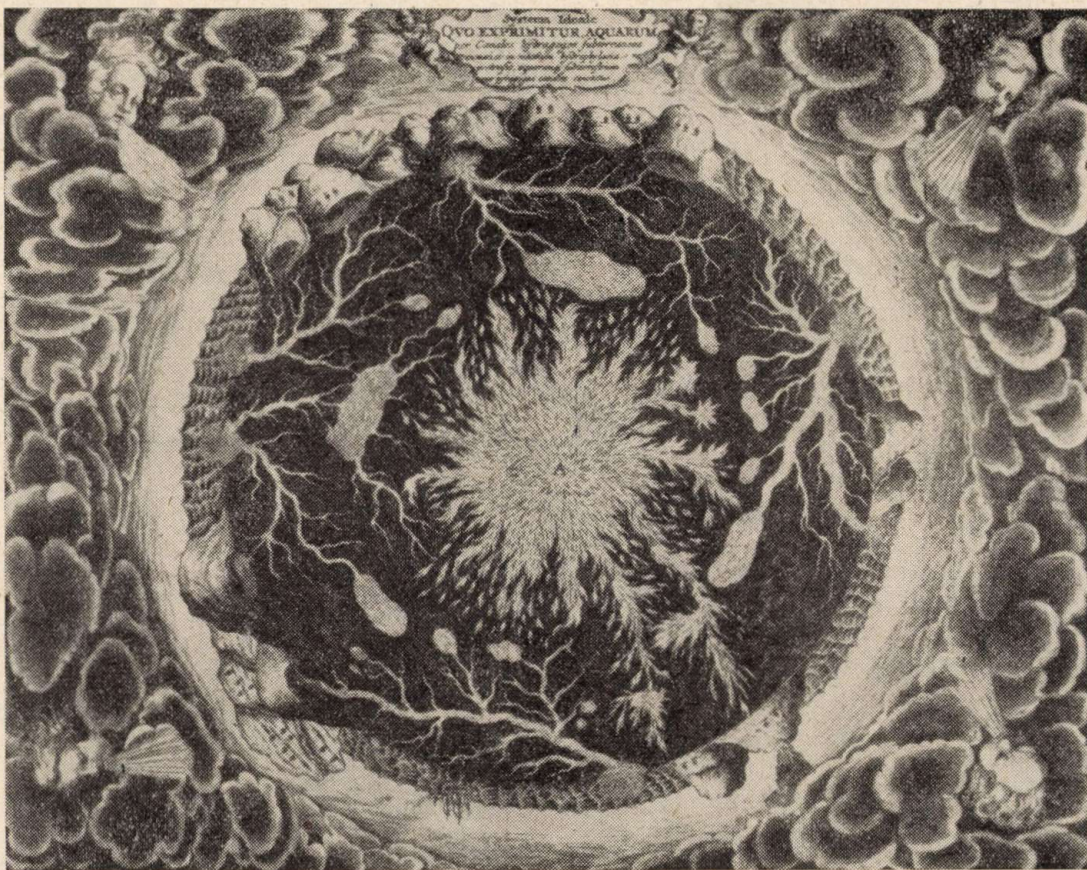
kájában. Kimondotta: a források vize a csapadékok vizéből származik. A csapadékvíz addig szivárog a felszín alatt lefelé, amíg vizet át nem eresztő kőzetig jut el. Ez a kőzet a víz további lefelé haladását meggátolja és kényszeríti, hogy valami kivezető utat találjon s a forrásokban a felszínre kerüljön.

A 17. század egyik éleseszű természetkutatója *Athanasius Kircher* (1601—1680) „*Mundus subterraneus*” című (1644-ben megjelent) munkájában nemcsak szóval, hanem képekben is közölte elgondolásait a föld belsejéről és a felszíni, valamint a felszín alatti vízről. *Descartes* elképzeléseit nem utánozta, hanem főleg *Aristoteles* nyomán foglalta össze felfogását. Nagy vulkáni kitörések és földrengések szemtanúja volt és észlelései alapján állította össze felfogását. Szerinte a gömb alakú föld belseje szilárd test, amelyet sok üreg és csatorna jár át. Legbelső része izzó tömeg, amelyet szilárd kéreg zár körül, ebben is vannak izzón folyó tömegek, a pyrophyliciák. Ezekből a felszínig húzódó csatornákon át mennek végbe a vulkáni kitörések.

*Stübel* jóval később kifejtett elmélete a tűzhányókról lényegében a *Kircher* elgondolásainak módosított megújítása. *Stübel* „periferikus” vulkánjai megfelelnek a pyrophyliciáknak (3. ábra).

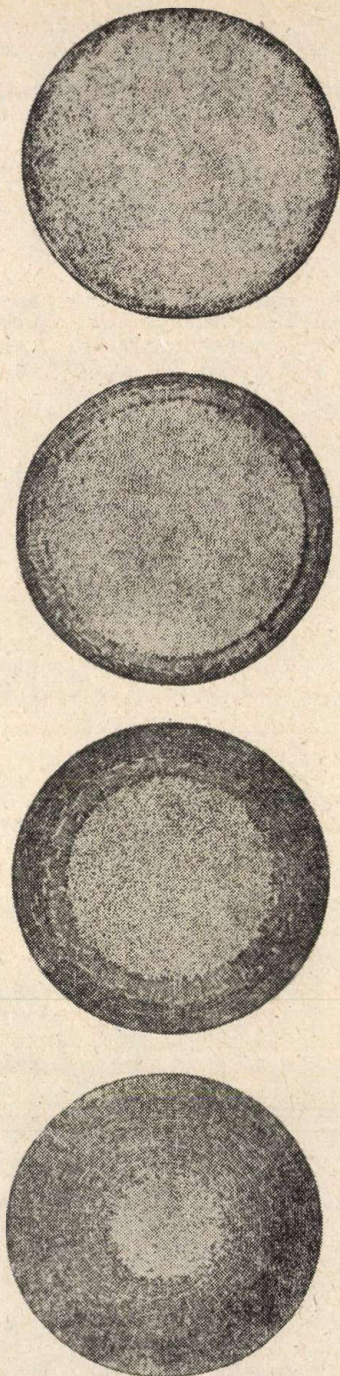
A szilárd kéregben a pyrophyliciák között vízzel telt üregek és járatok vannak: a hydrophyliciák, (2. ábra) amelyek vizüket a tengerből kapják nagy nyílásokon keresztül. Ilyen nagy víznyelő nyílások a *Scylla* és *Charibdis* s a norvég *Maalström*. Némelyik üreg levegőt tartalmaz. Sok repedés és járat köti össze egymással az üregeket s a tágasabb járatokat, valamint a felszínt és a tengert. A víz a felszínen a forrásokban jelenik meg. A járatokban állandóan végbemenő vízáramlások szel-let idéznek elő.

*Kircher* a forrásokról nagyjából *Aristoteles* felfogását fogadta el, de azt kissé módosította: a csapadékok vize csak kis vízhozamú és időszakosan működő forrásokat hozhat létre. A források vize azonban előállhat föld alatti víz desztillációja és későbbi kondenzációja folytán is.



2. ábra. A központi izzó tömeg, amelyet földalatti tavak és folyók vesznek körül, Athanasius Kircher szerint



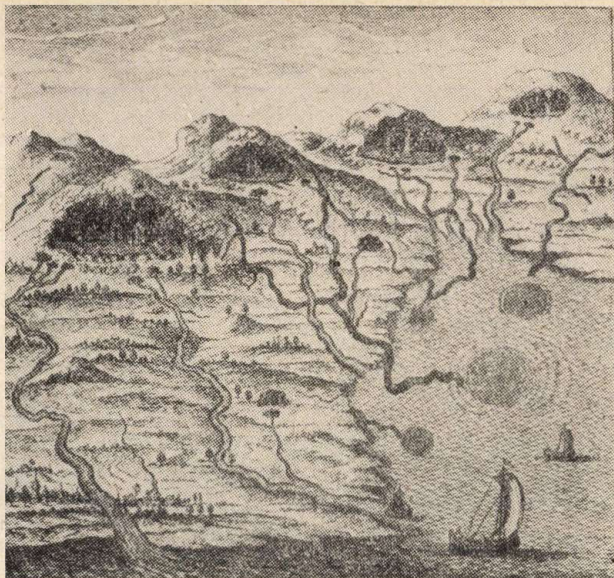


3. ábra. A föld négy megszilárdulási állapota, Alphons Stüber szerint

A legfelső ábrán a földkéreg 100 km, a másodikon 1000, a harmadikon 2000, a negyediken 4000 km vastag.

A nagyobb hozamú források keletkezését a hydrophyciákkal magyarázza, amelyeket — miként említve volt — a tengervíz táplál. Sok nagy víztartó a hegységekben, nagyobb magasságban van. Ide a tenger vize úgy tud feljutni, hogy az árapály és a szelek felnyomják. A víznek körfolyamatát Kircher ábrában is érzékeltette (4. ábra). A források vizének sótartalma szerinte onnan származik, hogy a víz földalatti útjában különböző anyagokkal érintkezik, azokból egyeseket felold. A melegforrások vizének nagyobb hőmérsékletét a járatok közelében levő tűzfészkek idézik elő.

A hydrophyciákból a víz két módon jut a felszínre:  
1. A szomszédos pyrophyliciák hőjétől gőzzé alakul,



4. ábra. A víz körforgalma a tenger és a hegyek között, Athanasius Kircher szerint

magasra feljut és a felszínen a melegforrások vize alakjában jelenik meg (5. ábra).

2. A kőzetek hézagai telnek meg vízzel és hajszálcsoves emelkedéssel a víz a felszín közelében levő nagy üregekbe jut fel. Kircher említ egy kísérletet, amely igazolná a víz ilyen felemelkedését a hegységekben: égetett gipszből s kevés vízből készült rövid oszlop felső lapja tálszerűen bemélyed. Az oszlop alsó része vízbe merül és a víz felfelé szívódik, a tálszerű mélyedésben összegyűlik. Későbbi vizsgálatok megállapították (Lulofs, Perrault), hogy homokban, kavicsban nem emelkedhetik fel a víz kapillárisan olyan magasra, hogy a felszínre kerüljön.

A víznek nagy körforgalmát a felszínen s a felszín alatt — régi felfogások alapján — szellemesen összefoglalta. A víz állandóan mozog a tengerekben is, állandóan áramlik. A tenger áramlását térképen is feltüntette. A tengeri áramlások a forró égövben kelet-nyugati irányúak azért, mert a nap keletről nyugat felé mozog, s közben a forró égövben a napsugarak sok vizet eltüntetnek az erős párologással. Ezt a vizet máshonnan, mégpedig nagyobb szélességekből odajutó víz pótolja.

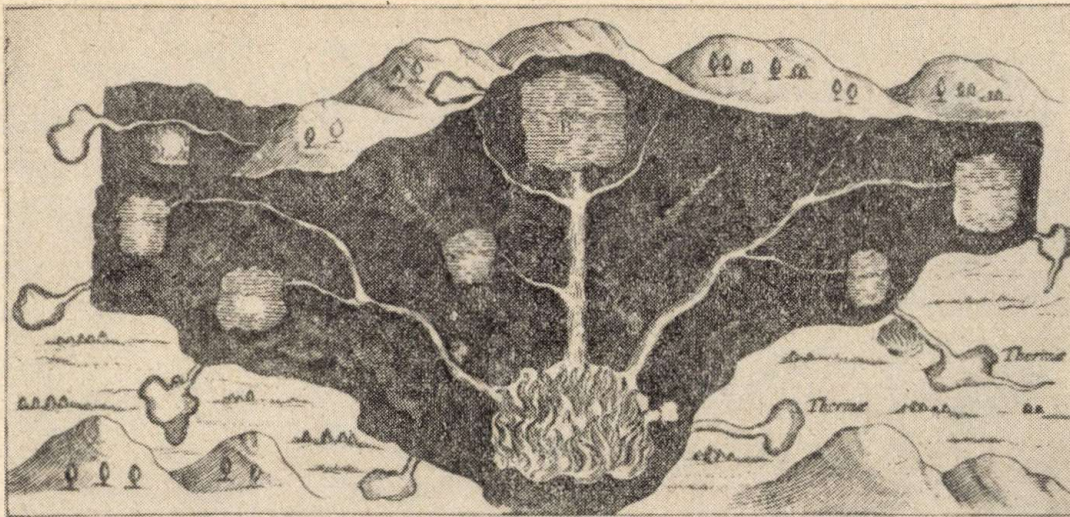
Ezenkívül azonban még egy másik tengeri áramlás is ismeretes: a tenger vizét az északi sarkon hatalmas víznyelő bevezeti a föld belsejébe (6. ábra) s ott a víz ismeretlen utakon eljut a déli sarokra, ahol ismét felszínre kerül. Útja közben a víz szennyeződései a tűzfészkek hatására kigőzölögnek. Nemcsak a két sarki tenger függ össze egymással földalatti összeköttetéssel, hanem más tengerek is. Pl. a Fekete és a Kaspi tengert földalatti járatok kötik össze egymással. A Perzsiai öblöt a Kaspi tengerrel földalatti járatok kötik össze. A Vörös tengert a Földközi tengerrel és a Holt tengerrel kötik össze járatok a felszín alatt. Mivel a középkori bölcsék zöme azt képzelte, hogy a föld belsejében sok járat, üreg van, Kircher kortársai nem tekintették lehetetlennek Kircher földalatti víz áramlását.

A tüzzel telt üregek és a vízzel telt üregek különböző mélységekből alakultak ki. Legmélyebben van természetesen a központi tűzfészkek. A tűzfészkeket egymással és a vízfészkeket egymással különböző méretű járatok kötik össze.

A későbbi írók közül többen csatlakoztak Kircher elgondolásához.

D'Obreszenszki az 1657-ben megjelent értekezése szerint főleg a levegőnek átalakulása vízzé és a tenger bejutása a földalatti üregekbe okozza a források keletkezését. A hatalmas barlangokban levő nagy víztömegek, amilyeneket a Scylla és a Charibdis elnyel, a forrásokban kerülnek a felszínre. Minden forrás vize sós





5. ábra. Meleg források keletkezése,  
Athanasius Kircher szerint  
A = föld alatti tűzfészek; B = föld alatti vízmedence.



6. ábra. Tengeráramlások az Északi-sark körül,  
Athanasius Kircher szerint

ízű és annál sósabb, minél közelebb van a forrás a tengerhez.

A dán *Nicolaus Stenson* (Steno, 1638—1687) megfigyelései alapján helyesen értékelte a vízből leülepedett anyagból képzett réteges kőzeteket. Toscanában végzett megfigyelései alapján bebizonyította, hogy a kőzetrétegek leülepedett anyagból képződtek. Ez a leülepedett anyag eredetileg lágy volt s később keményedett meg. Megállapításai megvetették a földtani rétegtan alapját és hangsúlyozták a víz, elsősorban a tengervíz fontosságát az üledékes kőzetek képződésében.

*Thomas Burnet* nézete szerint (1681) a föld a folyékony káoszából keletkezett. Később ennek szilárdabb és nehezebb részecskéi a tömeg közepén gyűltek össze, a víz részecskék az első, a levegő részecskék a második burkot alkották. Azután a folyékony részben szilárd részecskék váltak ki, ezek úsztak a víz felszínén, majd ezek a levegőben levő porral együtt a mélybe süllyedtek a vízben. A víz lejutott a földmagig. A por a sűrű folyadéktömégig, ami állandóan sűrűsödve végül a lát-

ható földfelszín alkotta s a sok portól megszabadulva a levegő-szféra megtisztult. *Burnet* szerint tehát a legbelső rész egy tüzes mag, amely körül a „földtömeg” helyezkedik el. Ezután következett kifelé a mélyvíz (abyssus) és végül a külső földrég hegyek nélkül (7. ábra). A napsütés megszáritotta a külső kérget, amelyben repedések keletkeztek, és végül földrengés hatására az összetöredezett földkéreg beleszakadt a mélyvízbe. Ennek következtében hónapokig tartó áradás állt elő. Végül a víz magassága csökkent, és az egykori abyssus víz a tengereket és a föld alatti víztömeget alkotta. Az összetöredezett külső földkéreg némely részei dőlt helyzetbe kerültek, más részek szintesen maradtak: így a felszínen hegyek, völgyek és síkságok állottak elő. A kéregben üregek maradtak meg, amelyek vízzel teltek, némelyikük azonban száraz maradt. A barlangszerű üregekbe bezárt gőzök okozzák a földrengéseket és a tűzhányók feltörését. Barlangüregek beszakadásával szigetek tűnhetnek el.

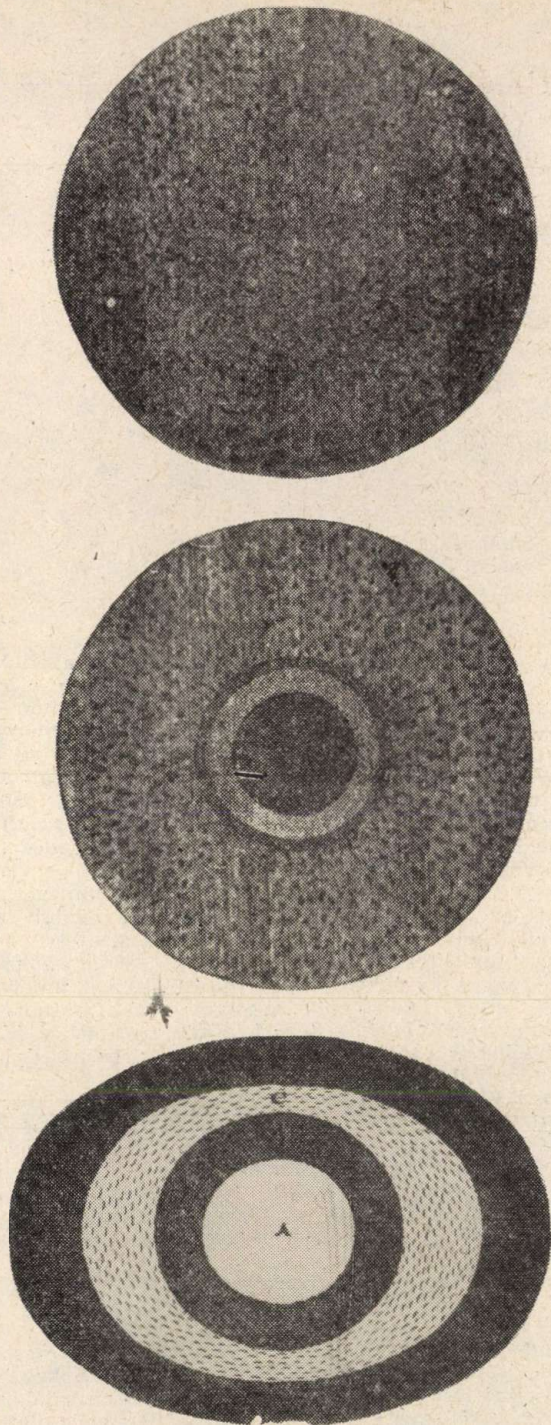
*John Woodward* (1665—1722) szerint a föld közepe óriási vízgömb, amelyet a tengerekkel csatornaszerű járatok kötnek össze. A szilárd földkéreg ráfeszül a vízgömbre, megrepedezett, széttörtött s előállt a vízözön, amelynek vize a felszíni kőzeteket és a „földféléket” oldotta. Az adott anyag részecskéi eleinte a vízben voltak, később leülepedtek rétegek alakjában, amelyek később megszilárdultak (8. ábra).

Eredetileg a rétegek vízszintesek voltak, később súlyyodtak és emelkedtek s így képződtek a hegyek, völgyek s a tenger feneké.

*Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646—1716) *Descartes* elgondolásából indul ki: a föld eredetileg a naphoz hasonló izzó test volt, amelynek felülete lassan salakosodott s később az első kéreg képződött, amely alatt a föld magja még mindig izzó volt. A víz eredetileg gőz alakjában helyezkedett el a föld felszínén, később a lehűlés közben a gőz lecsapódott a felszínre s ott sókat oldott fel. A föld belsejében általános lehűlés következtében üregek képződtek s ezek beszakadása folytán a kéreg felszínén egyenetlenségek álltak elő. A víz a mélyedésekbe húzódott s ott belőle üledékek rakódtak le, amelyek később megkeményedtek. A tűzhányóból kifolyt és kiszórt anyagból is kőzetek keletkeztek. Eredetileg a föld felszínét víz borította; a szárazulatok kiemelkedése valószínűleg úgy jött létre, hogy a víz egy része földalatti üregekbe húzódott vissza.

*Louis Leclerc Buffon* (1707—1788) szerint egykor egy hatalmas üstökös ütközött össze az izzó nappal s annak részét az ütközés folytán leválasztotta. A levált részek mind azonos irányban mozogtak a nap körül s egyúttal saját tengelyük körül. Ezek egyike a föld, amely még 2936 évig izzón folyó volt. *Buffon* megolvastott

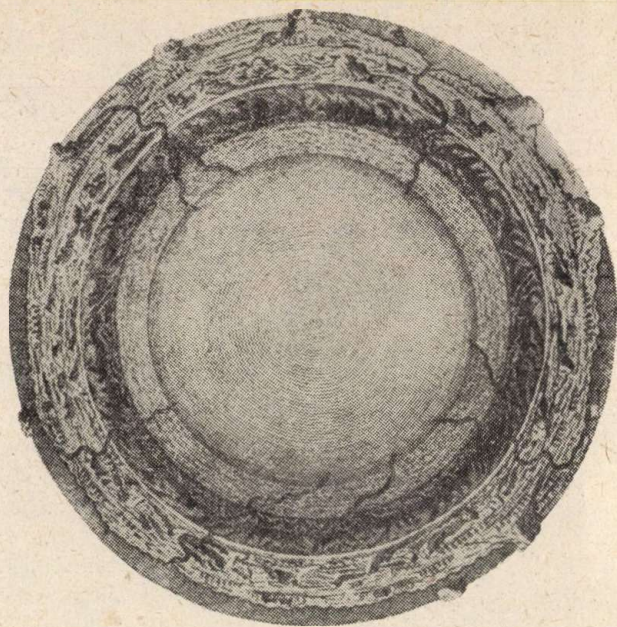




7. ábra. A földkialakulás szakaszai,  
Thomas Burnet szerint

A = tűzmag; B = földtömeg; C = mélyvíz (abyssus);  
D = külső kéreg,

öntött vasgolyó lehűlését tanulmányozta s megfigyeléseiből számította ki ezt az időtartamot. A következő második időszakban, amely kb. 35 000 évig tartott, a földkéreg alakult ki a folytonos lehülés következtében. A kéreg felületén a nem egyenlő mértékű összehúzódás s gázok eltávozása miatt nagy — de a földgömb nagyságához képest jelentéktelen — bemélyedések és kiemelkedések képződtek. A kéreg repedései megteltek szublimálódott ásványokkal és fémekkel. Végül a megszilárdulás a mélységben is végbement egészen a középontig.



8. ábra. Eszményi metszet John Woodward szerint

A harmadik időszakban, ami 15 000—20 000 évig tartott, a föld már annyira kihűlt, hogy a víz folyékony állapotban lecsapódott s a föld felszínét befedte. Az eleinte még forró víz a kőzeteket megbontotta s „palákká” alakította át, amelyek párhuzamos rétegekben rakódtak le a víz fenekére. Ugyanígy rakódtak le a márgák s homokkövek a víz fenekére. Igen sok állat élt a tengerben és ezek maradványaiból képződtek a mészkövek. A tengervíz állandó további lehülése miatt a régi időszakok több állata kihalt. Az óceán betörése a föld alatti üregekbe és járatokba mindig több területet tett szárazzá, a szárazon trópusi növényzet alakult ki. Az akkori növények maradványai megtalálhatók az akkori kőszelvényekben.

A negyedik időszakban (mintegy 500 év) megkezdődött a vulkánok működése. A kitéréseket az idézte elő, hogy a bejutott víz a forró föld belsejével találkozott, továbbá, hogy éghető anyagok felhevültek.

Az ötödik időszakot nyugalom jellemzi. Az egyenlítő alatt még forróság volt, az északi területeken elefántok s más nagy állatok éltek, további lehülés után az állatok egy része mindinkább dél felé vándorolt.

A hatodik időszakban kialakult a tenger és a szárazföldek mai helyzete és végül megjelent az ember.

Abraham Gottlob Werner (1749—1817) úgy gondolta, hogy az összes kőzetek s maga az egész föld is vizes oldatból keletkezett. A legrégebb kőzetek kristályosodásakor még nem voltak élőlények. A későbbi kőzetek a tengerek kémiai és mechanikai lerakódásaiból állottak elő s állatok maradványait zárták magukba. Ezek a kőzetek rétegekben rakódtak egymásra, amelyek eredetileg vízszintesek voltak. Később dönt helyzetbe kerülhettek üreges beszakadások következtében. A föld területét több helyen víz öntötte el, vízözön módjára.

Wernert és követőit neptunistáknak nevezték, mert minden jelenséget a vízzel igyekeztek összekapcsolni. A vulkáni jelenségeket Werner helyi tűzvészsel magyarázta. Az értelmérekről azt gondolta, hogy felülről, hasadékokon át beszivárgott vizes oldatokból kivált anyagokból jöttek létre. A tengervíz állásának magassága szerint szigetek és szárazulatok keletkeztek. Ezeknek felszínét a víz pusztító hatása módosította.

A neptunistákkal szemben állottak a plutonisták: Alexander von Humboldt és Leopold von Buch, mindketten Werner tanítványai és főként James Hutton (1726—1797).

Hutton kifejthette (Theory of the earth, 1788. II. kiadás 1795), hogy a víznek a szerepe rendkívül fontos: a homok, agyag, konglomerátum a szárazföldi kőzetek törmelékéből, a mészkő tengeri állatok maradványaiból



keletkezett az óceán fenekén. Hangsúlyozta azonban, hogy más kőzetek, mint a gránit, porfir stb. olvadékból képződtek. Szerinte réteges kőzetek nagyobb mélységben átolvasztóva alakultak ki. Ezeket a kőzetretegeket a föld belsejében levő izzó anyagok kiterjedése nyomta fel s ezek szárazulatokat képeztek. Eközben a rétegek meggyűrődtek, vagy összetöredeztek. Az így képződött hasadékokat alulról származó ásványok, kőzetek töltötték ki. A felfelé préselődött izzón folyó anyagok a már meglévő réteges kőzetek közé is benyomódtak és kristályos tömegekké szilárdultak meg. A felszínre feljutott izzón folyó anyagokból felszíni kristályos kőzetek alakultak ki.

Mivel a réteges kőzetek nagy része egykori szárazföldek törmelékeiből keletkezett, régebben a szárazföld és víz eloszlása más volt: a forró föld belső expanzív ereje folytán új szárazulatok emelkedtek ki a tengerből. Egyidejűleg azonban a régi szárazulatok mállás és a mállási termékek elhordása következtében pusztulnak. Ez a folyamat mérhetetlen hosszú idő alatt megy végbe. Így végtelen hosszú idő alatt az új felmerülés és a pusztulással eltüntetett szárazulatoknak ez a játéka lassan ugyan, de állandóan megváltoztatja a föld arculatát.

J. Vossius 1656-ban megjelent értekezésében éles hangon támadta azokat, akik a folyó vizét föld alatti nagy medencéből származtatták. Megállapította, hogy a folyók vize lényegileg a lehullott csapadékból gyűlik össze. A hegyekben azért van több forrás, mint sík területeken, mert ott általában több szokott a csapadék lenni.

A dán *Eraşmus Bartholinus* is az 1701-ben megjelent értekezésében („de foncium et fluminum origine ex pluviis”) kifejtette, hogy a talajvíz és a források vize csapadékokból származik. Tehát *Marcus Vitruvius Pollio* felfogását továbbfejlesztette.

*Edme Mariotte* (1620—1684) francia fizikus a *Vossius*-féle megállapítást továbbfejlesztette. Exakt mérésekkel és számításokkal támogatta álláspontját. Összegyűjtött munkáit 1717-ben adták ki. Felfogásának lényege a következő: a felszín alatt levő víz az ún. talajvíz a csapadékok vize, amely repedéseken át a felszín alá jut. A kutakban ez a víz gyűlik össze. Amikor a csapadék hegyre, vagy dombra hullik, behatol a felszín alá, igen könnyen akkor, ha a törmelék és fagyókerek közt finom repedések vannak. Addig szivárog lefelé a felszín alatt, míg tömör kőzethez nem jut. Ebbe nem tud behatolni, ezért oldalvást mozog s alkalmas helyeken a forrásokban felszínre kerülhet. Számítással bizonyítható, hogy a csapadékvíz mennyisége elég a források táplálására. További bizonyíték az, hogy a források vízhozama esős időszakban megnő, száraz időben csökken.

Megállapította, hogy a párisi csillagvizsgáló boltozatán átszivárgó esővíz behatol a talajba, s hogy a boltozatról annyi vízcsepp hullik le, amennyi arányos az eső mennyiségével. Esőmérővel mérte a csapadék mennyiségét.

Természetesen *Mariotte* eredményeinek sok ellenzője volt (*de la Hire*, *Sedileau* stb.). Viszont *De la Matherie* 1797-ben megjelent dolgozatában (*Theorie de la terre*; Paris, tome II.) hangsúlyozta *Mariotte* megállapításainak helyességét s azokat továbbfejlesztette. Kísérletekkel megállapította, hogy a különböző kőzetek eltérő mértékben eresztik át a vizet. Kimondotta, hogy a csapadékvíz egyik része azonnal lefolyik a felszínen, másik része megnedvesíti a talajt, táplálja a növényeket és elpárolog; harmadik része behatol a felszín alá, a különböző mélységben levő át nem eresztő kőzetig jut le és ott tószzerű vizes részt képez, amelyből a víz lassankint a dombok oldalán kicsúrog és lefolyik. A felszínben levő kemény kőzetek úgy viselkednek, mint az agyagrétegek, rajtuk a víz lefolyik. A hasadékos kőzetek hasadékaiba befolyik a víz addig, amíg valahol kifelé utat nem talál a felszínen, vagy esetleg a tenger tükre alatt jelenik meg bővízü forrásokban.

Vannak azonban olyan jelenségek is, amelyekből arra lehet következtetni, hogy a beszivárgó csapadék egyik része igen mélyen hatol be a föld belsejébe és eljut a föld alatti vulkánok közelébe; ott a nagy melegtől párologván, melegvíz alakjában kerül a melegforrásokban a felszínre.

Ebben az időben tehát a mai modern felfogás alapjai megvoltak s a tudósok általában egyetértettek *Mariotte* megállapításaival. Nem fogadta el azonban ezt a tant *Christian Keferstein*. 1827-ben jelent meg a már 1821-ben megtartott előadásának a szövege. Ez a munka: „Versuch einer neuen Theorie der Quellen überhaupt und insbesondere der Saltsquellen”. Ebben kifejtette, hogy nem tudja elfogadni *Mariotte* nézetét a forrásokról s új elméletet közöl. Felfogását azzal jellemzi, hogy az nem a fantázia játéka, vagy nem spekuláció, hanem a természet elfogulatlan megfigyeléseiből ered.

Szerinte a felszínre hullott esővíz legfeljebb néhány dm mélységig hatol be a felszín alá. Hivatkozik *Seneca* és *Agricola* álláspontjára, valamint földművesek és kertészek kijelentéseire. Azt állította, hogy még közepes szemcsenagyságú homokok is oly kevésbé vízvezetők, méginkább a homokkövek, mészkövek, porfirok s más tömött kőzetek, amelyek nem eresztik át a vizet a nehézségi erő hatására. Ha áteresztők volnának, akkor valamennyi tenger, tó, folyó vize a felszín alatt eltűnnék, a felszínen nem maradna víz, mert összegyűlne a felszín alatti üregekben és járatokban. Az sem képzelhető el, hogy a talajvíz a tengerből, vagy valami felszín alatti víztartóból származik.

*Keferstein* elképzelése a következő volt: Ha a talajvíz nem származhatik felülről a csapadékokból, sem alulról a tengerekből, akkor nincs más hátra, mint valószínűleg elfogadni azt a tényt, hogy a talajvíz magában a földben, a felszín alatt keletkezik a kőzetekben. Igyekezett kimutatni, hogy minden kőzet tartalmaz levegőt, amely általában be nem lélegezhető gázzá. Ez a folyamat az oxigén egy részének az eltűnését okozza. Mivel az oxigénnek ez az elvonása csupán a kőzetek mechanikai hatásával nem magyarázható meg, fel kell tételezni, hogy minden kőzetnek sajátosága az, hogy a légköri levegőt elnyeli és lélegzésre nem alkalmas levegővé alakítja át. A földből állandóan áramlik ki nagy mennyiségű gáz, szénsav, hidrogén, nitrogén, sokszor vízzel együtt, ezért szerinte a légkör levegőjének beszívása és a lélegzésre alkalmatlan gázok kilökése egyetlen folyamat. Szerinte a talajvíz nem származik a külszínről, ezért magában a földben kell képződnie. Közvetlen kapcsolatban van ez a víz a földben előállott, lélegzésre alkalmatlan gázokkal. S ezért kétségtelennek tűnik, hogy a víz ugyanazon folyamatok révén képződik a felszín alatt, mint ezek a gázok. Ez a folyamat a föld lélegzése éppen úgy, mint ahogy az állatok és növények levegőt szívnak magukba, vízgőzt, szén-savat és nitrogént löknek ki magukból. Tehát éppen így lélegzik a föld is s anyagcseréjének terméke a víz.

*Keferstein* ezt a folyamatot nem tartja kémiai átalakulásnak, hanem úgy gondolja, hogy az egyik elem másikká változik át. A földnek ezt a titkos átváltoztató erejét „generatio aequivoca” néven említi mely nemcsak a földnek, hanem a növényeknek és állatoknak is sajátosága. Az élő szervezetek a levegőből nem csak szén- és vizet, hanem sok más elemet, főleg alkáliát tartalmaznak. Hasonlóképpen a föld is szerveiben a belélegzett levegőből különböző sókat állít elő. Mivel a föld bizonyos részeinek működése szakadatlanul, mindig végbemegy, azért ugyanazon forrás vízének összetétele is nagyjából állandó. A források vízhozamának változása nem a csapadék mennyiségétől függ, — amint sokan gondolják —, hanem éppen a csapadék mennyisége függ a föld szerveinek működésétől. A felszín alatt levő atmoszféra nagysága felülmúlja a külsőjét. A föld szerveinek erőteljes működése a talajvíz nagy mennyiségét termeli, erősen befolyásolja a külső légkört, több csapadék képződését idézi elő.

*Keferstein* a vulkánok működését és a földrengéseket a föld szerveinek működésével magyarázza: a felszín alatt nagyon mélyen, vastag kőzettakaró alatt működő szervek sok anyagot termelnek, a hőség megnő, a víz gőzzé alakul. A szervek környezetében levő kőzetek megolvadnak, végül a feszítő erő roppantul megnő, s rengések, felszíni kiemelkedések, szakadások, láva kiömlések állanak elő.

Ezt az elméletet többen elfogadták ugyan, de a természettudósok legnagyobb része lehetetlennek tartotta. Állítólag *Berzelius* gúnyosan azt mondta volna erről az



elméletéről, hogy a földnek sok veséje kell, hogy legyen, hogy a források vizének sokféleségét tudja termelni.

Mariotte megállapításai ellen a 19. század nyolcvanas éveiben ismét erős támadás kezdődött: Otto Volger kimondotta, hogy a felszín alatti víz nem származhatik a csapadékból. Szerinte a talajvíz *kizárólag* a felszín alatt levő vízgőz kondenzációjából ered. Az atmoszféra meleg levegője a külső légnymástól függően kisebb-nagyobb mennyiségben belejut a föld belsejébe. Ott a levegőnél hidegebb kőzetekben erősen lehül. Mivel a levegő mindig tartalmaz vízgőzt, ennek az a mennyisége, amely ezen kisebb hőmérsékleten nem maradhat meg gőzalakban, lecsapódik folyékony halmazállapotba. Ez az ún. kondenzációs elmélet.

Ezen elmélet szerint tehát a talajvizet nem a csapadék táplálja, hanem a felszín alatt levő víz, ami földalatti kőzetek porusaiban levő levegőből származik. Ez az elgondolás abból az ismert megállapításból indul ki, hogy a levegő csak bizonyos mennyiségű vizet képes vízgőz alakjában magában tartani. Ha pedig a levegő telítve van vízzel, akkor hőmérsékletének csökkenésekor a felesleges víz kiválik. Az atmoszféra nemcsak a felszín felett van meg, hanem a felszín alatt is a kőze-

tek üregeit teljesen kitölti. Mikor a melegebb, vízgőzzel telített levegő a kőzetek hidegebb résein halad át, a levegő egy része kondenzálódik.

A következő táblázat, amelyet Keilhack állított össze mutatja, hogy egy köbméter vízgőzzel telített levegőben mennyi víz lehetséges különböző hőmérsékleteken és hogy 1 m<sup>3</sup> levegő lehűlésekor mennyi víz válik ki.

Hőmérséklet (C°)	-10	-5	0	5	10	15	20	25
Legnagyobb vízmennyiség (g/ml)	2,3	3,4	4,9	6,8	9,4	12,7	17,1	22,8
5° lehűlésekor kiválik (g/ml)		1,1	1,5	1,9	2,6	3,3	4,4	5,7

Tehát pl. ha a vízgőzzel telített levegő 20 C°-ról 10 C°-ra lehül, akkor 1 m<sup>3</sup> levegőből 13,4 g víz válik ki.

Lényegileg tehát a felszín alatt ugyanazon folyamat megy végbe, ami a harmat és a dér képződését okozza. Az ablakokon ugyanez történik akkor, amikor az üveg-táblán vízcseppek jelennek meg.

## Peszticid-maradékok vizsgálata különböző hazai vizekből származó szervezeteken

**DR. BARON FERENC — DR. CSONTI FERENC**

KÖJÁL Laboratórium, Kaposvár

**DR. PONYI JENŐ**

MTA Biológiai Kutatóintézete, Tihany

Szerzők különböző vizekből (Balaton, Tolnai Duna-ág, halastavak) származó halak (10 faj) és néhány egyéb víziszervezet (3 kagyló faj, Crustacea-plankton) peszticidmaradék tartalmát határozták meg vékonyréteg kromatográfiával.

A kimutatott maradék-komponensek közül a legnagyobb mennyiségben a DDT és bomlásterméke a DDE,  $\gamma$ -HCH és egy ismeretlen komponens található.

A különböző gyűjtőhelyekről származó és a vizsgálat szempontjából nagyobb egyszámban rendelkezésre álló halfajok közül a permetmaradék mennyiségét illetően, csak a fogas süllő mutatott kisebbfokú különbséget. Úgy látszik, hogy a balatoni halakon túlnemlégal azonos permetmaradék-szint alakult ki. Ellenben, az azonos vízterületről származó ragadozó halak (fogas süllő, csuka) és a ponty között (Balaton és Tolnai-Duna-

ágra vonatkozóan) éles különbség adódott. Kivételt mutatnak a halastavak, ahol a süllőben és a pontyban egyaránt alacsony és megegyező értékek alakultak ki (1. táblázat).

Az egyes halfajok szervei, illetve szövetei közül a zsírszövet tartalmazza a legtöbb peszticid-maradékot, majd a máj, egyes esetekben az ikra és a hús követi (2. táblázat).

Igen jelentős a balatoni kagylók és a Crustacea-plankton DDT tartalma. Különösen az utóbbi figyelemre méltó, ha tekintetbe vesszük azok biomasszáját és jelentőségét a tavi táplálékláncban (3. táblázat).

Az 1965 és 1966 évi azonos mintákból származó adatok azt mutatják, hogy a balatoni dévérkeszeg peszticid-szintje emelkedett, míg a fogas-süllő és a ponty értékei a korábbi adatok értékei körül mozognak.

### 1. táblázat.

**Különböző gyűjtőhelyekről származó halfajok közötti peszticidkülönbségek, hús, máj, ikrára vonatkozóan**  
(1966 augusztus—november)

Halfajok	Gyűjtőhely	peszticid-maradék mg/kg			
		$\gamma$ -HCH	DDT	DDE	
süllő	Balaton	0,15 ± 0,12	0,49 ± 0,18	0,44 ± 0,17	0,12 ± 0,09
	Tolnai Duna-ág	0,16 ± 0,12	0,22 ± 0,11	0,12 ± 0,07	0,10 ± 0,05
	Halastavak	0,01 ± 0,005	0,09 ± 0,02	0,05 ± 0,025	0,00
csuka	Balaton	0,37 ± 0,33	0,57 ± 0,40	0,90 ± 0,66	0,49 ± 0,23
	Tolnai Duna-ág	0,38 ± 0,22	0,40 ± 0,16	0,65 ± 0,28	0,17 ± 0,12
keszeg	Balaton	0,20 ± 0,16	0,50 ± 0,03	0,34 ± 0,24	0,23 ± 0,21
	Balaton	0,03 ± 0,003	0,05 ± 0,03	0,03*	0,02 ± 0,02
ponty	Tolnai Duna-ág	0,01 ± 0,006	0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01
	Balaton	0,01 ± 0,006	0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01
	Halastavak	0,02 ± 0,02	0,12 ± 0,06	0,09 ± 0,11	0,07 ± 0,13

\* két adat átlagértéke