

A GEOLÓGUS MUNKÁJA

BEVEZETÉS A FÖLDTANI MEGFIGYELÉSBE

**ÍRTA
VADÁSZ ELEMÉR**

35 KÉPPEL

**DANUBIA KIADÁSA
NYOMTATTA A DUNÁNTÚL EGYETEMI NYOMDÁJA PÉCSETT
1927**

TARTALOM

Húsz év után.

A földtani megismerés irányelvei.

- A földtani észlelés
- A földtani vizsgálatok segédeszközei.
- A földtani vizsgálatok rendje.

I. A közettani megfigyelések.

- A kőzetek tulajdonságai.
- A kőzetek alkati jellege.
- A kőzetek megjelenési alakja.
- A kőzetmegfigyelések kivitele.

II. Az őslélet-földtörténeti megfigyelések.

- Az őslények és megmaradási módjuk.
- Az őslények előfordulási viszonyai.
- A kővületek szerepe a földtani vizsgálatban.
- A földtani kormeghatározás őslénytani alapjai.
- Az őslélet vizsgálatának szerepe a keletkezési viszonyok megismerésében.
- A biológiai megismerés a település észlelésében.
- Az ősföldrajzi következtetés.
- Az őslélektan-földtörténeti anyag megfigyelése és gyűjtése.

III. A település megfigyelése.

- Az üledékek települése.
- A rétegek helyzete a térben.
- A rétegek kiterjedése és vastagsága.
- A rétegek egymásközi viszonya.
- A települési zavarok (diszlokációk).
- A gyűrődés alapformái.
- A szűkebb értelemben vett diszlokációk vagy vetődések.
- A kitörésbeli képződmények települése.
- A települési zavarok fölismerése.
- A szerkezeti zavarok gyakorlati jelentősége.
- A hegyszerkezeti mozgások idejének megállapítása.
- Hegyszerkezet és térszín.

IV. A földtani anyag földolgozása.

- A földtani térképezés.
- A földtani térképezés kivitele.
- A földtani szelvény.
- A gyűjtött anyag vizsgálata.
- A földtani leírások.

V. Irodalom.

Húsz év után.

Két évtized előtt mohó érdeklődéssel, álmodozó hittel indultam a földtani megismerés útjainak keresésére. Sok nehézséggel, akadályokon át jutottam jobbára magam-erőmből azoknak az ösvényeknek fölismerésére, amelyek a földtani tudást tápláló forrásokhoz vezetnek. Nélkülöztük akkor azt a magyar nyelven szóló útmutatót, amely az egyszerű leírást célzó tanítást kiegészítve a tudás forrásainak szövevényes útvesztőiben módszeres kísérő támaszt adott volna. Akkor fogant meg bennem ilyen útmutató megírásának gondolata, amely két évtized alatt mindinkább megerősödött s megvalósítást sürgetett.

Két évtized nem nagy idő a földtani idők végtelen óceánjában, jelentéktelen az emberiség történetében, de sokatmondó a földtani haladás terén. Ez a két évtized a földtani gondolat felszabadulását jelenti a száraz leírás béklyóiból, jelenti a megfigyelt tények összesítésének idejét s ezzel kapcsolatban meghozta a jelenségek új megvilágítását, a megfigyelések területének szélesbedését s biztos alátámasztását. Ez is indokoltá teszi tehát a modern földtani szemlélet összefoglaló áttekintését.

Két évtizedet töltöttem már a tudományművelés lelket üdítő útjain s a földtani megismerést vágyó töretlen hittel érzem, hogy húsz év előtti fogadalmam kötelez. Útjára kell tehát bocsájtani ezt a könyvet, talán megóvja az utánunk következőket a tévedéstől és bátortalan tapogatózásoktól, amiből nekünk kelleténél több jutott. Hiszem, hogy sok hibája és hiánya mellett is okulást nyújthat. A közvetlen tanítás helyett talán ebben az alakban is hasznos lehet. „Nascuntur poetae, fiunt oratores!” Szolgáljon kísérőül mindazoknak, akik a földtani jelenségek fölismerésére, azok kapcsolatainak, összképének igaz megértésére törekednek.

Budapest, 1927. nyarán.

A földtani megismerés irányelvei.

„*Felix qui potuit rerum cognoscere causas*” (Vergilius)

A tudás ősanja, az emberben élő kíváncsiság, a látott dolgok és jelenségek megismerésére serkent. Ennek az ösztönös törekvésnek tudatossá fejlesztése, a megismerésre törekvés határozott irányú, rendszeres oknyomozó vezetése: a tudomány születése. Az emberi kíváncsiság, majd később ennek leszármazottja, a tudatos megismerésre törekvés, nem egyenlő módon és nagyon különböző időben nyilvánult a természet sokféle jelenségei iránt. Ez az egyik oka a különböző tudományok eltérő fejlődésének. Néha egyik-másik természeti jelenség pusztán megismerése egymagában is kielégítette az emberi elme kíváncsiságát s ezek a vizsgálati irányok ezért későn, nagy sokára vettek csak határozott tudományos fejlődést. Külső okok, életmód, éghajlat, faji hajlamok, háborúk vagy az emberi gondolat szabad fejlődését befolyásoló történeti tényezők, főként a vallás, nagyon kiválasztó hatással voltak a különböző tudományok fejlődésmenetére. Egyeseket akadályoztak, másokra kedvezően hatottak.

A természettudományok fejlődése sokáig nagyon lassan haladt. Az ókori gondolkodók bármilyen jelentős elmélkedései, a középkor skolasztikus kötöttségben geocentrikus és anthropocentrikus köldöknézései csak zsenye gyökérszála a természettudományos megismerésben. A legújabb kor gondolatmegújódása, a természet közvetlen szemléletén alapuló vizsgálat hozta meg csak a természettudományok életerős törzsének hirtelen erős sudárba szökkenését. Ebben a fejlődési folyamatban valamennyi természettudomány közös irányzatot mutat. A fejlődés első szakaszában a természeti jelenségeket csak a görög filozófusok többé-kevésbé naiv, néha föltűnően találó elgondolásai ismertetik. Később egyes jelenségek fölismérésével s azok összefüggéstelen, önmagukban kiragadott, elszigetelt magyarázatával találkozunk. Ezt követi a fölhalmozódott egyes ismeretek mesterséges rendszerezése, végül a legújabb időkben a közvetlen vizsgálatból adódó eredmények gyanánt, a mesterséges keretek fölbontása s a természetes összefüggésekből folyó egységesen átfogó szemlélet.

A földtan a természettudományok fejlődési láncolatainak egyik fiatalabb láncszeme. Bár egyes földtani jelenségek megfigyelésével régebbi időkben is találkozunk, a föld történetének, hegyeinek, tengereinek módszeres vizsgálata s azokból levonható következtetések, alig másfél százados multra tekintenek vissza. Ez a fiatal fejlődési mult szükségszerű folyamánya annak, hogy a földtani vizsgálatok lehetőségig földünk mai jelenségeinek bizonyos mértékű ismeretére volt szükség. Egyidejűleg, a gazdasági fejlődés megindulásával a bányászható anyagok kutatása, a földtani tudományos vizsgálatok előfutárja, nagyobb lendületet vett. Ebben a rövid másfél százados időtartamban a földtan egész tárgykörét felölelő logikus fejlődésben haladt az egyszerűbbtől az összetettebbre, ismertből az ismeretlen jelenségek felé s fokozatosan elérkezett a legnehezebb kérdések megoldásáig, amelyek további szükséges alapjai voltak az eközben fölmerülő újabb kérdéseknek. A fejlődés útja az elemekre bontott egyes jelenségek megismerésével az összefoglalás, összesítés s az egységes szemlélet felé vezet.

A földtan egyidejűleg elméleti és gyakorlati tudomány s e kettős jellege az emberi boldogulást jelentő természeti anyagok hasznosításának arányában siettetette fejlődését. Ez a gyakorlati kapcsolat elsősorban földünk fölépítésében résztvevő anyagok leíró megismerését eredményezte s ezzel megadta a lehetőséget a logikus fejlődésnek. Az anyagok megismerését követte ugyanis azok eredetének, keletkezésének kérdése, majd az azok létrehozásában működött tényezők, erők földerítése. Az így fölismert földtani tényezők működési módjának s

jelenségeinek alakulása földünk fejlődéstörténetében, az általuk létrehozott eredmények (anyagok, változások, térszíni alakulások) teljessé teszik a tudományos földtani vizsgálat törekvéseit.

A mindenkori jelenben élő ember tudni óhajtja mi volt előtte és mi lesz utána? Kutatja a föld múltját, melyhez egész élete, sorsa, boldogulása köti s amelyből választ kíván nyerni a nagy ismeretlenre, a jövőre is. Körülötte lépten-nyomon mutakozó nyersanyagok és a földünkön élők történetét nyomozva a földtörténet megismerése alakul ki előtte. Ezt a történetet nyomozza addig a határig, ahol a szárazföld különböző földi anyagai, sokféleségük valamennyi alakjában eltűnnek a kozmikus mindenségben s a térben elvesznek a közvetlen kutatás elől. A földtani kutatás kezdete ez a csillagászat körébe átmosódó terület: az anyagok csoportosulásának fizikai lehetősége a térben.

Földünk nem elszigetelt, magában álló független jelenség. Része a nagy mindenségnek s a világegyetem egységének, törvényeinek és jelenségeinek hatása alatt áll. *A földtan tehát a világegyetem fejlődéstörténetének továbbvezetése a föld kialakulásában.* Tárgykörének alsó időhatára a csillagászzattal érintkezik s annak eredményeiből indulva ki a földi állapottal kezdődik. A földi fejlődéstörténet végigvezetésével kutatási területe záródik az ember megjelenésétől számított jelenkorban s itt folytatódik a földrajzban. A világegyetem természeti jelenségeinek és anyagainak vizsgálatával foglalkozó természettudományok ilyen módon egymásba fonódva szoros kapcsolatban álló kutatási egységet formálnak. Az egyes tudományágak közös érintkezési felületű szférák, melyeknek középpontját összekötő tengely a tudás felé vezető megismerés útját jelzi.

A földtani kutatás célja a földkéreg felszínén és mélyén végbemenő anyagi (fizikai) és szerves életről, fejlődés és azok kapcsolatainak, egymásrataltságainak nyomozása a legrégibb időktől máig. Ez a kutatás anyagokat, jelenségeket, állapotokat és egymásrakövetkezéseket, azaz időbeli vizsgálatokat jelent. Ennek megfelelőleg a földtan a tudományok rendszerében mindazokban a kategóriákban helyet kap, amelyek ezeket a megfelelő tárgyú és vizsgálati szempontú tudományokat egyesítik. A jelenségtudományok között találjuk a földtani jelenségekkel foglalkozó *általános földtant*, az idő, illetve történeti tudományok közé kell sorolnunk a *történeti földtant*, a történések térbeli eredményét, az egykori földtani állapotokat rögzítő ősföldrajz pedig a térbeli tudományok között talál helyet. Ezek a földtani kutatás szerves tartozékai, résztudományai. A földtani megismerés útja azonban szükségszerűleg idegen, szomszédos tudományok területén is vezet, ezek segédtudományok, amelyek között megtaláljuk az összes természettudományokat. A földtani segédtudományok közül az ásványtan, kőzettan és őslénytan magából a földtanból különült ki s idők folyamán önállósult. Ezek tárgyuknál fogva ma is legközelebb álló kiegészítői a földtani vizsgálatnak. A földtan részeinek és segédtudományainak viszonyát és a többi tudományokkal való összefüggését *Andrée* nyomán az alábbi rendszerben szemléltethetjük. Ez az összeállítás kizárólag csak az elméleti vagy tiszta tudományokat tünteti föl s még ezeket sem teljesen, csakis a földtani irányok megfelelő helyének rögzítését célozza s az alkalmazott és műszaki tudományok nincsenek benne.

| | | | | |
|------------------------|--|--|---|---|
| Gondo- lati tud. | Elvont (abstrakt) tárgykörű tudományok | Konkrét tudományok | | |
| | | Idő vagy történeti tudományok | Tárta- lom | Tárgykör és módszer |
| | | | Föld | |
| | | Világegyetem | Történelem és mű- velődéstörténet Őstörténeti (praeistoria) <i>Földtörténet és a földi élet fejlődés- története</i> | |
| | | Tér- v. állapot- tudo- mányok | Föld Világegyetem | |
| | | | Földrajz és <i>ősföld- rajz</i> (kozmoграфия és astronomia) | |
| | | Jelenségtudományok | Rendszeres szellemtudomá- nyok | Jogtudomány Művészettudomány Vallástudomány Nyelv- és irodalom- tudományok Szociológia Ethnológia |
| | | | | Embantan Állattan Növénytan Öslénytan (ősállat- tan és növénytan) <i>Általános földtan</i> Ásványtan és kő- zettan Geofizika (fizikai földrajz) Meteorológia és klimatológia |
| | | | Rendszeres természet- tudományok | Vegytan (Lélektan, psy- chológia) Fizika |
| | | Általános törvényű tudományok | | |
| Mathematika, filozófia | | | | |

Közelebről vizsgálva a földtan tárgykörét, föltűnik az a merev, iskolás szembeállítás, mely az állattant és növénytant „az élet tudománya” gyanánt különíti el a földünk „élettelen” anyagával foglalkozó földtantól. Valójában ez a megkülönböztetés jogosult lehet a földkéreg anyagát alkotó kőzetek és ásványok jellegeit vizsgáló leíró ásványtannal és kőzettannal szemben, de nem állhatja meg helyét ezeknek az anyagoknak keletkezését, változásait, földtörténeti szerepét kutató földtanban. Az utóbbi ugyanis sohasem a holt anyagot tekinti, hanem az azon végbement változásokban nyilvánuló életet, amely része a föld életének. A földünkön levő anyagok ugyanis keletkezésük első állapotától kezdve folytonos, meghatározott törvények és hatások alatt változnak. Ez a változás az ő sajátos életük. Az élőlények a születés és halál között állandó fejlődésben élnek le életüket. A földkéreg anyagai a földtörténeti kutatás alsó határán, a kozmikus létből keletkeztek s azóta alakban, összetételben és megjelenésben állandóan változnak, megszűnnek s újraformálódnak. A látszólag holt kőzetben tehát állandóan lüktet az életet jelentő változás érverése, amelyet azonban csak a kellően iskolázott gondolkodó megfigyelő vesz észre, míg a szerves élet megnyilvánulásai mindenki részére érzékelhetők. Ez az „anyagi vagy szervetlen élet” épűgy a kezdet és vég között telik le, mint a szerves élet. Élet tehát ez is, bár más értelemben, mint a szerves élet. Míg ugyanis a növény vagy állat élete okszerű s mintegy belűről ésszerűen vagy célszerűen irányított folyamatok fejlődési sorozatából áll, addig a földkéreg anyagának élete a mi szeműnkben inkább csak passzív, külső hatások, helyrajzilag sajátosan jellemző folyamatok eredménye. Ennyiben tehát

az anyagok élete alacsonyabbrendű. Az állatok és növények halálával azonban végleg megszűnik azok egyéni élete, mert ebben újjászületés nincs. Ugyanígy halálos véget jelent növényre, állatra egyaránt, ha életkörülményeikből kiragadjuk tartósan, ha a halat a vízből kivesszük, a növényt gyökerestől kitépjük. Hiába tennénk ugyanis vissza hosszabb idő múltán a halat a vízbe, a növényt a földbe, azok életfolyamata nem indul meg többé újból. Vegyünk ki azonban valamilyen közetanyagot a reá ható valamilyen földtani tényező (víz, levegő, jég, szerves élet stb.) helyi hatása alól s tegyük azt bármilyen hosszú idő múlva is *ugyanazon* körülmények közé vissza, az előbb megindult földtani folyamat zavartalanul továbbfolytatódik rajta, a megszakítottság nyomai nélkül vagy sokszor még ennek jelenségjelző rögzítettségével. Ebben a tekintetben tehát az anyagok élete magasabbrendű folyamat.

Földünk tehát élőlény módjára szünet nélküli változásokban, állandó átalakulásban van. Anyagai állandóan széthullanak, újraegyesülnek, más-más csoportokká formálódnak, különböző erők behatására, amelyek maguk is helyenként és időnként változásnak vannak alávetve. Ennek az állandó átalakulásban megnyilvánuló fejlődésnek minden tényezője a különböző természettudományok vizsgálati körébe tartozó törvények alapján működik és hat. Ezért ezek a természettudományok: a fizika, vegytan, élettudományok, a földtan segédtudományai. Működésük együttes eredménye földünk szerkezetében, a tulajdonképpeni földtani kutatás célja, legsajátabb kutatási területe.

Ha visszamegyünk a földtani kutatások alsó határán kívüleső említett csillagállapotig, akkor a Kant-Laplace-féle csillagászati, fizikai és geofizikai vizsgálatokkal általában beigazolódott világkeletkezés szerint a változások első ható tényezőit elsősorban magában az ősköd anyagában, illetve annak atom-elrendeződésében kell keresnünk. Az atomok eloszlásának egyensúlyra törekvéséből kiindult mozgás fizikai törvények alapján álló szétkülönülésre vezetett, majd a sűrűbb anyagok vonzása a szféroid formákban különböző csillagokba tömörülést eredményezte. Az atomok és ionok állandó egyesülése és helycseréje előttünk ma még ismeretlen fizikai törvények és folyamatok alatt földünk az összetételében résztvevő különböző anyagokat hozta létre. Ezek az anyagok részben a forgásban levő tömeg, részben az abban már érvényesülő nehézségerő hatása alatt állottak s a középpont felé mindinkább nagyobb sűrűségűek tömörültek, míg a kisebb fajsúlyú anyagok a perifériákra kerültek. Amint ez az elrendeződés fokozottabbá vált s egyidejűleg a kihülés is nagyobb méretet öltött, a különböző vegyületekké egyesült elemek cseppfolyós, majd szilárd alakot nyertek. Kialakul az első földkéreg. Ebben az állapotban már a földünkön érvényesülő ható erők a földkérgen belül és azon kívül is működtek s működésük színtere a szilárd kéreg. A belső hatások a sűrűbb és nagyobb hőfokú anyagok hőmérsékletváltozásából és molekuláris átalakulásaiból eredő mozgásokban nyilvánulnak. A külső hatások kezdetben a légkörből származtak, majd a fokozatos lehülés lehetővé tette a csapadékok kiválását s ezzel megindult a víz munkája is a földkéreg felületén.

A földtörténeti kutatások alsó határán sok tekintetben még tisztázatlan fizikai és vegytani folyamatok létesültek ebből a kölcsönös hatásból. A kezdetben még gyenge szilárd kérget sűrűn áttöri a belső izzó anyag s ezzel az erőművi hatással utat nyerve, sok helyen a felszínre ömlik. A felszínre kerülő izzó anyagok lehűlnek, lassan-lassan megszilárdulnak s a földkéreg anyagát gyarapítják. Ebben az alakjukban már a külszíni lehűléssel kapcsolatban nemcsak halmazállapotban, hanem alkatrészeik vegyi csoportosulásában is elütnek a belső, izzón folyó anyagoktól. Mindez már a külső tényezők behatása alatt történt.

A földtörténeti kutatások ezeknek az első szilárdulási kéregrészeknek biztos nyomozásáig nem juthatnak el, mivel ezek anyaga jórészt a későbbi fejlődés során újabb anyagokban átalakult, részben pedig a később keletkezett anyagok alatt földve van elölünk. A földtörténeti

vizsgálat a szerves élet reánkmaradt első nyomaival jut biztos talajra, amelyen a változások tér- és időbeli rögzítése is lehetővé válik. Mindaddig csak a fizikai és vegyi hatások érvényesültek, a szerves élet megjelenésével azonban betelt a földtörténet eseményeit létrehozó ható tényezők sora. Ezek a tényezők földünk tagozódásából következnek. A naprendszerbe beleilleszkedett földet kívülről a levegő veszi körül, amely változó hőmérsékletével, ebből eredő mozgási jelenségeivel (szél) s elemeinek anyagával (oxidáció) hat a földkéregre. A földkéreg külső felületének kétharmadát víz borítja, tehát joggal beszélhetünk a földünket övező vízburokról, amelynek anyaga nagyobb vagy kisebb medencék álló vizében (tengerek, tavak) vagy folyóvizekben, sokféle módon hat a földkéregre. E két külső övhöz harmadik gyanánt szorosan a földfelületre simulva csatlakozik az életkör (bioszféra). A föld kérgén belül helyezkedik el a tüzes anyagú tűzkör (piroszféra), amely belülről támadja az ilyenformán kétoldali hatásoknak kitett földkérget.

A természetben való körülpillantás könnyen meggyőz bennünket arról, hogy a föld felületén állandó változások és folyamatok vannak. A zúgva-rohanó hegyi patak *folytonosan* mossa környezetének anyagát, amelyben *állandó* működése *változást* okoz. Magával sodort törmelékanyagának elrendeződése úgyszólván minden pillanatban változik. A pusztító szélvihar helyenként virágzó tenyészeteket semmisít meg, melyeknek anyaga a földkéreg anyagát *gyarapítja*. A nagy pusztaságok finom törmelékanyagát szelek szárnyán tovaszállító porfelhőkből a légköri csapadék esővize csapadéokban dúsabb területen rakja le. A lehullott esővíz pusztítva zúdul le a hegyek lejtőjén. Az Alpok nagykiterjedésű jegesei a magas hegyi tájak szikláit végigsurolva viszik tovább azok anyagát, hogy megfelelő helyeken törmelékgyűjtőbe építsék azt. A tengerben élő állatok vázai, melyeket a földkéregből kioldott sókból életműködésük során választottak ki, haláluk után mindmennyi építő elemei a földkéregnek. A föld mélyében rejlő tüzes láva, helyenként és időnként a földkérget pusztítva üti át s felszínre törve új anyagokat hoz a földkéreg örökké készülő, de soha be nem fejeződő épületéhez.

A levegő, szél, eső, hó, jég, álló- vagy folyóvíz, szerves élet, állatok és növények, valamint földünk belsejének izzó anyagai azok az erők, melyek a földkéreg változásait okozzák, életét befolyásolják, történetét irányítólag megszabják. *Földtörténeti ható tényezők* tehát, amelyeknek hatása vagy anyagukból következik, vagy pedig tömegeik helyzetváltozásával függ össze. Előbbiek vegyi hatásban nyilvánulnak, utóbbiak fizikai jelenségekre vezetnek. Végeredményben a földkéreg anyagát egyik helyen növelik, gyarapítják, másutt pusztítják. Az anyagszaporulat jelenti a fejlődés folyamatát, amely a szerves élők világában a növekedésnek felel meg, míg a pusztító működés a halált jelentené, amely azonban nem azonos a szerves halállal. Mindig csak a földkéreg anyagának egy része az, ami a pusztító halál áldozatául esik, azonban még ez a rész is föltámadásra jut földtörténeti tényezője útján. A sziklák anyagát hegyekbe vágódó módon pusztító folyóvíz magával ragadott törmelékanyagát kisebb sodrú részekben vagy torkolatánál rakja le. *Pusztító tevékenysége* tehát *gyarapító működésének előfeltétele*. A földkéreg anyagának életében a föltámadás hamar bekövetkezik, mert a földfelület egyik részén folyamatban levő halál, másik helyen működő gyarapítással vagy fejlődéssel közvetlen kapcsolatban áll. *E folyamatok összefüggése, szoros kapcsolata, sőt szükségszerű láncolata a földtörténeti fejlődés nyomozásának fontos irányítója.*

Ugyanazon erő működésének megnyilvánulási módja azonos körülmények között ugyanaz, változatlan, tehát a működés eredményében jellemző bélyegeket szolgáltat. A működés eredményei azok az anyagok, melyeket a földkéreg valamely helyén működött földtörténeti tényező létrehozott. Ezekből a termékekből, anyagokból kell következtetnünk az erők működésének mértékére, lefolyási módjára, amely azonos erőknél is eltérő lehet helyi körülmények szerint. Minthogy valamennyi földtani tényező működése a gyarapításban és pusztításban

egyaránt anyagban és alakban eredményez változásokat, azért ezeknek az anyagoknak jellegeiből s megjelenési formáikból a működött erők nemére, működési módjára, mértékére s még a helyi viszonyokra is tudunk következtetni. Mindezt lehetővé teszi az a tapasztalati megismerés, hogy *a földkéreg változásai folytonosak, lefolyásuknak ismertető bélyegei jellemzők, működésük módja szabályos egymásrakövetkezésben megismétlődő.*

Minden változás okozat, melynek megfelelő oka, előidéző tényezője van. Minden tényező, amelynek kinyomozása a földtani kutatás egyik célja, azonos körülmények között azonos módon hat, ugyanazt a változást idézi elő. Az egymással is szoros kapcsolatban álló földtörténeti tényezők állandó együttes működésének eredménye a földkéreg a maga változó alakjában, meg-megújuló változó anyagú örök életében.

A földtani vizsgálódás során a közvetlen megfigyelés tárgyává tehető földkéreg anyagi és alaki sajátágaiból, mint régi működések eredményéből, termékeiből következtetünk magára a működésre, annak nemére, mértékére és folyamatára. A földkéreg megfigyelhető jelenségei és anyagai okozat gyanánt adva vannak s ezekből nemcsak az ok megállapítására törekszünk, mert különböző föltételek mellett, más-más együtthatók közreműködésével ugyanaz az ok más-más eredményre vezet. Ezért a működött erők nemének megállapítása után (ok) a működés folyamatát kell tisztáznunk s ezzel a létrehozott jelenség föltételeit megállapítva, tisztázhatjuk annak mértékét is.

A földtani ismeretek fejlődésének történetén végigtekintve megállapíthatjuk ezeknek az ismereteknek logikus menetét. Hosszú időn át csak a földkéreg anyagainak, ásványoknak, kőzeteknek, érceknek kizárólagos *leíró* ismerete képviselte a földtant, amelynek céljául ezek vizsgálatát tekintették. Ez a vizsgálati törekvés fejlesztette az ásványtant és kőzettant, amelyeknek a legújabb időig kizárólagos leíró jellege hosszú ideig a földtani vizsgálatok téves megítélését is okozta. A földkéreg anyagainak megismerésével lépésről-lépésre haladt azok keletkezésének és előfordulási módjának vizsgálata is. A földkéreg összetételében résztvevő anyagoknak különböző helyeken azonos kifejlődéséből csakhamar kitűnt azok földrajzi elterjedése, tehát térbelisége. Ezzel egyidejűleg megállapítható volt az egyes anyagok és kőzetelőfordulások megismétlődése, egymásrakövetkezése, tehát az *időbeliség* is. Az anyagok keletkezésének, tér és időbeliségének magyarázatánál szükség volt nemcsak az oknyomozásra, az anyagokat létrehozó erők megismerésére, hanem egyidejűleg fölmerült a működés megismétlődésének kérdése is.

A földtani tudomány hajnalán földünket s különösen a rajta működő természeti erőket ismeretlen misztikus erők termékének, illetve megoldhatatlan rejtélyeknek tartották. A vízőzönlegendák, földrengések és vulkánok helyi jelenségei és pusztításai bevésődtek minden nép tudatába, természetes tehát, hogy a földtani oknyomozás is elsősorban ebben a gondolatvilágban mozgott. A föld rétegeibe temetett s a maitól lényegesen eltérő szerves világ fokozatos megismerése kellő alapot nyújtott az életet megsemmisítő hirtelen, nagy pusztítások föltételezésére. A földi változásokra élénken reagáló szerves élet fölismert változásai kétségtelenné tették, hogy földünk mai állapotában nem ugyanaz, mint amilyen a teremtetés kezdetén volt. A megismert földtani tények ezen az alapon a XVIII. században módosították a földre vonatkozó addigi fölfogást. Az így kialakult nézet szerint a föld született, (keletkezett), átalakult és elvész magasabb akarat által a rajta végbemenő ismételt durva változások hatása alatt. Ez a *katasztrófa elmélet*, melynek legkiválóbb képviselője és költője lendületű formába öntője Cuvier, a földtan és őszálatlan nagynevű francia bűvára volt.

A katasztrófa elmélet a jelen időben példátlanul álló hirtelen változásokban látja a földtörténet eseményeit s ennek megfelelőleg olyan tényezők föltételezését teszi szükségessé, amelyek ma már nem működnek. A földtörténet megismétlődő eseményei ezek szerint rövid ideig ható nagy méretű s a maiaktól eltérő tényezők hatásai alatt jöttek létre.

A földünk felszínén ma is működő különböző térszinformáló tényezők fokozatos megismerése az emberi ész egységesítésére törekvő természetéből következőleg csakhamar háttérbe szorította a földtani múlt méreteiben és minőségben eltérő erőket alapul vevő katasztrófa elméletét. Hoff és Prévost kevésbé méltányolt előtanulmányai után Lyell, a modern földtani kutatás atyamestere, formulázta meg azt a tételt, hogy földünk múlt eseményeinek *magyarázatában* szükségtelen a maiaktól eltérő erőket föltételeznünk, mivel a múltban ugyanazok az erők, jelenségek és tényezők voltak, mint amelyek ma is működésben vannak. Ez a Lyell nevéhez fűződő *aktualizmus-tétel* szabta meg mindmáig a modern földtani kutatások fejlődésének útját és szélesbítette azok mesgyéjét,

Az aktualizmus tehát a földtani múltban működött erőket a maiakkal azonosítja s hatásukat a jelen hasonló működése alapján kis méretűeknek tételezve föl, azok eredményeit a kis hatásoknak hosszú idejű összegeződésében látja. Ez a „gutta cavat lapidem”, tartós esőcsepp is kivájja a követ, elve uralta a földtant rendületlenül századunk elejéig. Lyell értelmében az egyes földtani tényezők, víz, jég, szél, szerves élet, a maihoz hasonló módon működtek. E tényezők közötti viszony, szükségszerű kapcsolat és okozati összefüggés nincs eléggé kidomborítva nála. Ebben a tekintetben a szerves élet fejlődéstörténeti megismerése, a darwinizmus hozott jelentős változást a földtani kutatások terén is. Az aktualizmus jegyében folyó földtani vizsgálatok ugyanis mindinkább reávezettek az egyes földtani jelenségek, a helyenként és időnként működő földtani erők szerves összefüggésére, amelynek megismerése a dogmává merevedett aktualizmus tétele mellett a *fejlődés* elvét juttatta érvényre. Az aktualizmus lényege szerint ugyanis, a megismétlődő változások dacára, földünk kezdettől fogva mindig olyan volt és lesz, mint ma. Ezzel szemben a földtani erők állandó működése nyomán beállott változások szükségszerűen újabb változásokat vonnak maguk után s az egyik tényező működését a másik tényező hatásai váltják föl. Ebből az állandó változásból következik, hogy földünk mondhatnánk minden pillanatban más-más arculatot ölt s ebben az arculatváltozásban nyilvánul földünk életének fejlődéstörténete. Az erők működésének ezt a szükségszerű kapcsolatát, egymásrakövetkezését tartja szem előtt a földtani vizsgálatok *fejlődéstörténeti* (ontogenetikus) iránya, amelyet J. Walther magasan szárnyaló szellemmel, utolérhetetlen tollal és örökértékű munkákkal körvonalazott.

A fejlődéstörténeti, illetve ősfelődéstörténeti (palaeontológiai) vizsgálati módszer lényege abban áll, hogy az egykori és a jelenben működő erők azonos voltából kiindulva az egykori földtörténeti jelenségeket több különböző földtani tényező eredménye gyanánt tekinti. Ilyenformán megállapítható ugyanis, hogy egy-egy jelenséget létrehozó közvetlen ok egyéb okokkal is kapcsolatos és e többféle ok együttműködésének eredménye a vizsgált földtörténeti jelenség. Az ontológiai módszer tehát nem elégszik meg az egyszerű oknyomozással (kauzalitás), hanem földünk valamely kérdéses helyén a megfelelő időben működött összes jelenségeket nyomozva, minél tökéletesebb környezettanulmányokkal a kondicionalizmus elve szerint jár el. Ezek szerint tehát valamely egykori üledék vizsgálatánál nem érjük be a mai tengeri üledékek és azok biológiai zárványai segítségével történő megállapításokkal, hanem az egykori tengert a szárazföldön működő folyóvizek üledékgyűjtő medencéje gyanánt tekintve, a szárazföld anyagára, helyzetére, vízi viszonyaira, életére és minden kapcsolatos jelenségre is kiterjesztjük figyelmünket. A jelenségek ilyen kapcsolatának fölismerésén

múlik a modern földtani kutatások földünk egykori térszínét és állapotát rekonstruáló ösföldrajzi iránya.

A fejlődés elve szerint földünk bármilyen eredetű legyen is, kezdettől fogva fokozatosan fejlődött a *jelenben is meglevő erők megszabott irányú állandó működésének hatása alatt*. Ebben a tételben a tiszta aktualizmus jut érvényre, amely szerint a multnak minden jelensége a jelen hasonló jelenségeivel magyarázható és összeegyeztethető. Minél elterjedtebb valamely jelenség ma, annál valószínűbb, hogy a multban is gyakori volt s minél ritkább valamely jelenség a jelenben, annál kevésbé vehetjük azt tekintetbe a földtani mult vizsgálatában. A modern földtan fejlődéstörténeti kutatásai nyomán azonban kitűnt, hogy az aktualizmus tételei betű szerinti értelmében nem mindig alkalmazhatók. Mind több és több olyan egykori jelenség vált ismeretessé, amelynek hasonmását a jelenben hiába keressük az emberi történet ideje alatt. Az aktualizmus tételeit merev kizárólagossággal alkalmazók ennek okát a jelenben végbemenő földtani jelenségek és tények tökéletlen ismeretében látják. Más aktualisták azonban bizonyos engedmények lehetőségét vallják. Szerintük a mult földtani jelenségeit általában a maival egyező tényezők kicsiny hatásai, többnyire hosszú idő alatt hozták létre, azonban ezeket az általános jelenségeket időnként korlátolt terjedelmű, gyors lefolyású, erőteljes hatások szakították félbe. Ez a *neoaktualizmus*, melyet többek között *Walther*, *Salomon* vallanak, bizonyos mértékig a katasztrófa-elmélethez való visszatérést jelenti, jelentősége azonban a föld fejlődéstörténetének megismerése szempontjából sokkal nagyobb,

A misztikustól a katasztrófizmusig s innen az aktualizmuson át az evolucionizmusig fejlődött földtani gondolat észszerű következménye a földtani megismerés fejlődésének. Minden természettudományos vizsgálat a leírásból kiindulva az összehasonlítással tisztázott általános érvényű igazságok megismerésére törekszik. *A földtani leírás a földkéreg (s a föld belsejének) anyagaira s az azokban eltemetett egykori szerves élet maradványaira vonatkozó kettős anyaggyűjtésben nyilvánul*. Ezek közül hosszú időn át csak az anyagok megismerése állott a vizsgálat középpontjában s az ezekkel foglalkozó ásványtan és közetan sokáig csaknem kizárólagosan képviselte a földtant. A földkéreg fölépítésében résztvevő anyagok megismerésére irányuló törekvés, mint a földtani kutatás *célja*, kezdettől fogva lehetővé tette az ezekkel foglalkozó ásványtan és közetan fejlődését önálló tudományok gyanánt. Ezzel szemben az egykori szerves élet maradványai a földtani kutatáson belül kezdettől fogva csak *eszközök* gyanánt szerepeltek, ami hosszú időn keresztül akadályul szolgált ennek a kutatási iránynak önállósulásában. Csak a legutolsó évtizedekben sikerült az egykori szerves élet maradványainak kutatását ebből a lefokozottságból az egykori életet vizsgáló ősélettudomány tárgykörében öncélúvá is tenni.

Az egyszerű leírást nyomon követő s az emberi kíváncsiság örökös mértékéből fakadó *oknyomozás* az anyagokat létrehozó jelenségek és a szerves maradványok különböző földrétegekben eltérő voltának fölismerését eredményezte. Ezzel egyidejűleg a különböző anyagok, jelenségek és szerves maradványok összehasonlításával a térbeliség és időbeliség tényezői nyilvánvalóvá váltak. Csakhamar kitűnt ugyanis, hogy ugyanazok az anyagok különböző helyeken fölismerhetők, akár azonos, akár eltérő keletkezési körülmények között, sokszor ugyanazon, máskor eltérő szerves maradványok kíséretében. Itt gyökeredzik a földtani kutatásnak két főiránya, a *dinamikai* és a *történeti földtan*. Előbbi sokáig csak az anyagok keletkezését létrehozó jelenségeket vizsgálta, az utóbbi pedig a szerves élet egymásrakövetkezésének fölismerésével a földtani jelenségek időrendjének megállapítására törekedett. A földhalmozódó adatok rendszerezése és összehasonlítása során mindkét irány állandóan bővül fölfogásban, törekvéseiben és céljaiban. A földtani tényezők működésének egyenként való vizsgálata mellett is megállapítást nyert azok külső és belső erőkre különült volta, valamint

működésüknek pusztító és gyarapító hatásokban megnyilvánuló jellege. Ezek a megkülönböztetések a legutóbbi időkig uralják a földtan tárgykörét ismertető összefoglaló munkákat, kézikönyveket és tankönyveket, melyek nyomán a tanítás menete is ezekben a keretekben mozog.

Ha a földtani erők működését önmagukban tekintjük, úgy ez a beállítás teljesen megállja helyét. Valóban a folyóvíz, tenger, jegesek, a légbeli hatások, a szerves élet és a vulkánokban legközvetlenebbül megnyilvánuló föld belseje, szakadatlanul végzik a földkéreg felületén és belsejében pusztító-gyarapító működésüket, amely végső eredményében *földünk állandó változásokban fejlődő életét eredményezi*. Ha azonban a modern földtani kutatás célját tevő földfejlődés szempontjából tekintjük a kérdést, akkor kitűnik, hogy a külön-külön működő földtani erők egymástól nem függetlenek, hanem szoros összműködésben vannak, megnyilvánásaikban csak részei a nagy együttesnek, földünk megfelelő fejlődési szakaszainak. A modern földtani kutatás a földtani erőknek ezt az együttesét tekintve helyenként végbemenő folyamatoknak időben szabályosan visszatérő ismétlődését állapította meg s ezek lefolyásának tisztázását tűzi ki célul.

Ettől a fölismeréstől függetlenül, az egyes földtani erők működésére vonatkozó megismerések meglehetősen egyenlőtlenül fejlődtek. Ennek oka a jelenben működő erők megismerésében rejlik, minthogy ezen alapszik a földtani mult jelenségeinek tanulmányozása. Ezen a területen a jelent vizsgáló földrajz vállvetve tevékenykedik a földtannal s minden újabb haladás az utóbbira nézve új kutatási vagy megoldási lehetőségeket nyújt. Legrégebben ismeretese a jegesek hatásának, a folyóvíz munkájának mindenütt szembeötlő jelenségei s a szerves élet szerepe. A vulkánok működése az utóbbi időkben fejlődött régebbi jelenségleíró jellegéből a földtani megítélést lehetővé tevő vulkanológiává. Az újabbkori tengerkutatások azonban csaknem teljesen új képet adtak az üledékképződés vizsgálatának, aminek jelentősége nyilvánvalóvá válik, ha tudjuk, hogy miként ma, úgy a földtani multban is, a tengerek a földfelületnek nagyobbik részét borították.

Vulkanizmus, hegyképződés, a folyóvizek és a tengerek működése, a jegesek és a légbeliek (szél) hatásai, valamint a szerves élet tevékenysége azok a főbb fejezetek, melyek a földtani tényezők különálló jelenségeivel foglalkoznak. Ezek közül a vulkanizmust és a hegyképződést, mint bevezetőben említettük, belső erők működése gyanánt tekintjük. Az egységes elbírálás érvényesíthető ebben a tekintetben is, mert a vulkanizmus és a hegyképződés legújabb eredményei alapján ezeket a jelenségeket végső elemzésben szintén külső okokra vezethetjük vissza. A vulkáni kitörések magmafészkei, illetve a láva passzív felszínre kerülése, akár a földkéreg összehúzódásával járó kipréselődés, akár hidrosztatikus nyomás következtében történik, végső elemzésben külső okokban gyökeredzik. Hasonlóképpen a hegyképződés okainak bármelyik magyarázatát tekintsük (lehüléssel járó összehúzódás, magmatikus kiegyenlítődés, izosztázia), végeredményben szintén külső okokra vezethető vissza. Ilyenformán földünk fejlődését okozó minden változás a világegyetem központi energiaforrásának, a Napnak köszöni létét.

Már reámutattunk arra, hogy egy-egy földtani tényező működése valamely adott időben, ugyanazon a helyen állandó, ellenben idővel megváltozik. Vagyis a *működés módja állandó, tartama azonban változó*. Ennek a tételnek legszembeötlőbb szemléltetésére a szárazföld és tenger sokszoros változásait említhetjük a földtani multban. De efféle változások egy emberöltőn belül is mutatkoznak. Folyók mederváltozásai, mocsarak kiszáradása aránylag rövid idő alatt is létesülhetnek. Már pedig folyóvizekben vagy mocsarakban más jelenségek mennek végbe, mint a helyükbe lépő szárazföldön. Ha közelebbről vizsgáljuk ezeket a jelenségváltozásokat, úgy azok között szoros kapcsolatot találunk, térben és időben egyaránt.

A földtani tényezők pusztító-gyarápító működésének tétele már magában foglalja e kettős működés ugyanazon helyű egyidejűségének lehetetlenségét. Ebből következik tehát, hogy adott helyen észlelt pusztító tevékenységnek, ugyanabban az időben más helyen földtani gyarápítás felel meg. Egy-egy erő kettős tevékenysége tehát egyidejűség mellett térbeli különállóságot jelent s térbeli azonosság csak időbeli különbség mellett lehetséges.

De a földtani erők működésének szükségszerű összefüggése nemcsak ebben a kettős tevékenységben nyilvánul. A jelenségek időrendi vizsgálatából kitűnik ugyanis, hogy azok gyarápító-pusztító megnyilvánulása meghatározott rendben ismétlődik. Ez az ismétlődés a tényezők működésében szintén szükségszerűen történik. A szárazföldön működő pusztító tényezők a víz, szél, szerves élet, a földkéreg anyagaiban végzett folytonos pusztításával a földfelszín egyenetlenségeinek kiegyenlítésére törekszik, mert a törmelékanyagokat a nehézségerő hatása alatt a mélyedések felé szállítja. Ennek a működésnek természetes határa tehát a térszíni kiegyenlítődésben van, azaz az összes tényezők változatlan működése mellett az így munkába vett terület lepusztítása a törmelékek gyűjtőhelyének szintjéig haladna. Ez a végső fokig történő teljes kiegyenlítődés természetesen seholsem következik be, mert a tényezők működése időközben csaknem mindig más fejlődési irányt vesz. Ez az új működési irány azonban lezárja az előző földtani tényezők hatásának szakaszát, melynek határán kutatnunk kell a változást előidéző okokat.

A modern földtani vizsgálatok tehát az *anyag*, a *szerves élet* és a *forma* megállapítására törekednek. Az anyag a földtani tényezők működésének fölismerésére vezet az ásvány-kőzettani vizsgálatok segítségével s ezzel az oknyomozás lehetőségeit adja meg. Az időbeliség fölismerését a szerves élet maradványai teszik lehetővé az ősélettudományi kutatások segítségével. A jelenségek működésének térbeliségét a formák rögzítik.

A földtan tárgykörének szűkebb értelemben való meghatározásánál a legkevesebb idegen tudományra szoruló vizsgálat az irányadó. Ebben a tekintetben a földtörténeti vizsgálatokban láthatjuk a földtani kutatás kulminációját. Az általános földtan ugyanis inkább a jelenség-kutatást tartja szem előtt, a tértől és különösen az időtől függetlenül. A történeti földtan viszont a földtani erőknek térbeli és időbeli működését vizsgálja a földre vonatkozólag. A földtörténeti vizsgálatban az egyes földtani tényezők működése, mint a vulkánizmus, hidrológia, oceanográfia, glaciológia, szélműködés, biológiai földtan, hegyképződés, megszűnnek vizsgálatuk öncélúságában s jelenségeik összefüggésében szerves egésszé kapcsolódnak. Ebben a beállításban a földfejlődés egységét szolgáltatják s földtörténeti vizsgálatuk egyrészt a földkéreg anyagainak keletkezésére, másrészt az azokból álló hegyrendszerek képződésére szorítkozik. A kőzetképződés és hegyképződés ugyanis legújabb földtani megismeréseink szerint a földfejlődésnek két legátfogóbb nyilvánulása, ellentétes végei egy összefüggő, nagy jelenségláncolatnak. A kőzetképződés jelenségei ebben a láncolatban a lassú, fokozatos fejlődést jelzik, a hegyképződés viszont a jelenségek megváltozását okozó térszínmegújodást, felületi formaváltozást jelentik. A modern földtani vizsgálat eddigiekben vázolt menetét, célját, tartalmát és kivitelét ezek szerint az alábbi áttekintés szemlélteti.

| | Oknyomozás | Jelenségkapcsolás és összehasonlítás | Tartalom | Segéd-tudományok |
|------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Anyagvizsgálat | Vulkáni Víz Szél Szerves | Vulkanizmus Hidrologia Oceanografia Glaciologia Szélhatások Biológiai földtan Hegyképződés | <div> <div> Kőzetképződés </div> <div> Vulkanizmus Üledékképződés Kőzettéformálódás </div> <div> Evolúció </div> </div> <div> A földfejlődés tényezői </div> <div> Hegyképződés ... Revolúció </div> | <div> Ásványtan Kőzettan Vegytan Fizika Geofizika Biológia Biogeografia Paläobiológia </div> |
| Idő-megállapítás | Történeti földtan | <div> Rétegtan — </div> <div> Leíró földtan — Ösföldrajz — </div> | <div> A földfejlődés szakaszai és lefolyása az egymásra következő időkben. </div> <div> A földfejlődés szakaszainak eredménye a térben. </div> | <div> MODERN FÖLDTAN </div> <div> Modern értelemben vett általános földtan </div> <div> Földrajz </div> |

A földtani vizsgálatok mai céljaiban mindinkább megnyilvánul az a törekvés, hogy a földfejlődési jelenségek láncolatát nagy egységekbe fűzzék s hogy a jelenségek alapokai tisztázhatók legyenek. Ebben a tekintetben mint láttuk, kiindulásul szolgál az a megismerés, hogy az egymásrakövetkező, sőt az együttműködő tényezők szoros kapcsolatban vannak, úgyhogy az egyiknek működéséből a másakra következtethetünk, vagy sokszor annak szükségszerű bekövetkezését megjelölhetjük. Földünk életének jelenségeiben ezt a kapcsolatot *ciklusnak* mondjuk. Ilyen ciklusban nyilvánul pl. valamely szárazulat süllyedésével kapcsolatos tengerelőntések fokozatos üledékképződési rendje. Az előrenyomuló tenger durva parti üledékeire ugyanis a sekélyebb, majd mélyebb tenger finomabb anyagú üledékei következnek, hogy bizonyos idő múlva, a tenger visszavonulásával, ismét sekélytengeri, majd parti rétegeknek adjanak helyet. Ez az *üledékciklus* földünk multjában sokszor és sok helyen ismétlődik. Hasonló ciklusban halad a kiemelkedő területen meginduló pusztulási folyamat erózióciklusa és minden egyes földtani tényező hatása alatt végbemenő jelenség.

Mint fentebb említettük, az egyes földtani tényezők pusztító-gyarpító működése között szoros összefüggés van s a gyarpító működés előfeltétele térben, más helyen a pusztítás. Ennek megfelelően az egyes tényezők működési ciklusai nagyobb földtani ciklus-sorozatokba fűzhetők, amelyek földünk kisebb-nagyobb területeinek meghatározott fejlődési szakaszát jelentik. Ezek a nagyobb fejlődési ciklusok legszembeötlőbbben a hegyrendszerekben, illetve ezek keletkezésében nyilvánulnak, azért a modern földtani vizsgálatokban a hegyképződésnek minden részletére kiterjedő tanulmányozása vezető helyen áll. Az egyes ciklusok időbeli kapcsolatai mindig lényeges kellékei a vizsgálatnak. A hegyképződés nagy ciklusainak kezdetén azonban az üledékképződés van, amennyiben mai földtani ismereteink szerint a hegyképződés földünk meghatározott öveihez van kötve, amelyeken lassú süllyedéssel kapcsolatos üledékföhalmozódás történik. A hegyképződésnek ilyen előre megszabott helyei az üledékgyűjtő medencék (geoszinklinálisok) a földkéreg labilis részei, amelyeknek ellentett területek a kiemelkedő vagy állandóbb kéregrészek (geoantiklinálisok) pusztulás alatt álló formái. Az üledékgyűjtő medencék süllyedése s a pusztulás anyagaival való föltöltődése lassú fejlődési folyamat-evolúció, amely sokszor több földtani időszakon át tart. Az üledékgyűjtő medence kiemelkedése, a kőzettéformálódás és a hegyképződés, ezzel szemben gyorsabb lefolyású

epizodikus folyamat, a lassú fejlődést hirtelen megváltoztató revolúció, amely új jelenségeket, új ciklusokat vezet be. Az üledékképződés ciklusainak és a hegyképződésnek tanulmánya tehát a földtani vizsgálatok zömét magában foglalja.

Az egyes földfejlődési ciklusok változásainak időbeli rögzítése az egykor élt szerves lények vizsgálata alapján történik. A szerves élet fejlődésének tanulmányozásából kitűnt, hogy a legrégebbi földtani multban mutatózó szerves élet napjainkig fokozatosan bonyolultabbá vált s fejlődésének egyes szakaszai a földfejlődés ciklusaival összhangba hozhatók. Mióta köztudomásúvá vált az a megismerés, hogy földünk egymásrakövetkező üledékeiben más-más szerves élet maradványai észlelhetők, azóta a rétegtani vizsgálat, illetve a földtani kormegállapítás a szerves életre van alapítva. A magasabbrendű földtörténeti kutatás célját a földfejlődés ciklusainak s a szerves élet megnyilvánulásainak egy-egy területen teljes összhangba hozásában tűzhetjük ki. Az így kiadódó részleteredmények összeegyeztetéséből és összeadásából a földtani kormeghatározás egyik alapvető nyílt kérdése, az egyes területeken észlelt rétegek egyidejűsége (homochron) vagy időrokonsága (homotax) is megoldásra jut.

A földtörténeti vizsgálatokból kitűnik, hogy az egyes ciklusok rendszeresen ismétlődők s annak egyes szakaszai állandóan azonos sorrendben következnek egymásra. Ennek szabályszerű lefolyását az üledékképződésben észleljük, amelynek vizsgálata épen ezért a modern földtani kutatás legfőbb feladata. Az üledékképződés bármilyen megszakítása a szabályos fejlődés megváltozását jelenti s épen ezek a változások a földtörténet kritikus időszakait jelzik. Míg a ciklusok szabályos egymásrakövetkezése a szárazulatok pusztítása, s az üledék-fölhalmozódás a fejlődés rendes menetét adja, addig az időszakos megszakítások epizodikusak s rövidebb tartamúak. Ezeket a fejlődési megszakításokat főntebb revolúcióknak neveztük, mivel a megelőző tartós ciklusokkal szemben gyorsabb pergésű jelenségváltozást mutatnak. A szerves életre való kihatásukban ezeket nevezte *Cuvier* katasztrófáknak, amelyek faunák kihalását és megújódását okozták. Ma még távol vagyunk attól, hogy ezeknek a fejlődési ciklusoknak lefolyását, egymásutánját minden részletükben ismernénk s ebben rejlik annak az ellentétnek oka, amely a fejlődésmenet és a fejlődésváltozás szakaszai között mutatkozik. A valóságban azonban a fejlődésváltozások, emberi értelmezésünk szerint a lassú, folyamatos fejlődésnek időközönként hirtelen véget vetnek, a megfelelő földtani erőknek erőteljesebb, tehát rövid idő alatt is hatékonyabb megnyilvánulásai, melyek *szükségszerű következményei a megelőző folyamatos földtörténeti fejlődésnek*.

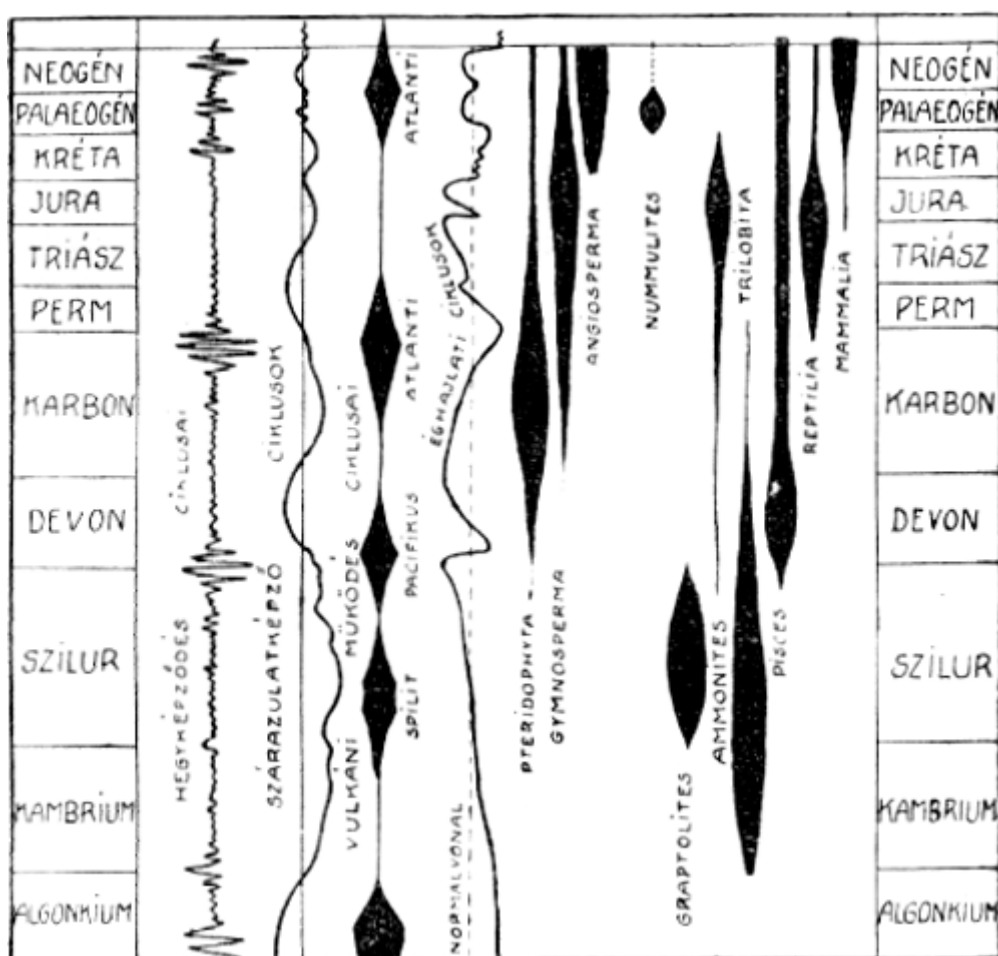
Az okszerűség elve alapján nem is képzelhető másként, minthogy az emelkedésben, süllyedésben, hegyképződésben, vulkáni kitörésekben nyilvánuló időközi változások, amelyek az addigi egyirányú fejlődésnek hirtelen véget vetnek, szoros kapcsolatban állanak a megelőző fejlődési ciklusokkal, azoknak függvényei gyanánt tekintendők. Az üledékképződésben nyomozható földtörténeti fejlődésciklusok ugyanis a külső földtani erők hatásait képviselik, amelynek szükségszerű reakciója gyanánt a föld belsejének anyageloszlásában gyökerező hegyképződés, ciklusai következnek. Minthogy minden hatás és visszahatás egyszersmind időjelenség is, azért a lassú földtani folyamatból hosszú időtartamra, a hirtelen változásból nagy erőkre kell következtetnünk. Valamennyi földtani időmegállapítás azonban csak viszonylagos s mivel a földünkön mai nap is működő erők jelenlétével kell számolnunk, azért a hegyképződés sokszor gigantikus méreteket öltő formáinak láttán mai ismereteinkkel csak gyorsabb ütemű, tehát nagy energiákat igényelő jelenségeket tételezünk föl. Ez az oka annak, hogy a már említett evolúciós ciklussal szemben a fejlődésváltozás említett ciklusainak időtartamát és menetét részletesen nem ismerjük, tehát a revolúció megjelölést, mely emberi gondolatvilágunkban általában káros hatású, gyors eseményeket jelent, a földtörténeti fejlődésben megfelelőnek nem mondhatjuk. A földtörténeti fejlődés eddigi tudásunk szerint

nem hasonlítható össze pl. valamely fa fejlődésével, mely évről-évre meghatározott irányban egyenlő mértékben növekedik, míg az egymásrakövetkező ciklusok földünk különböző helyein vagy a különböző időkben, lényegesen eltérő méreteken nyilvánultak. Az egyes ciklusok egyszer az egyik, másszor a másik helyen erősebbek, néha megfigyelésünkön kívüleső módon jelentkeznek (üledékképződés szünetei). Ebben a beállításban természetesnek találjuk azt is, ha a fejlődésváltozást okozó ciklusok, a hegyképződés, helyenként és időnként jelentkezik csak föltűnően erőteljes módon. Minthogy pedig a fejlődésváltozás ciklusai időben és térben élesen el nem határolhatók, azért éppúgy beletartoznak a földtörténeti fejlődés egységébe, mint ahogy a térszín emelkedésével az erózió ciklus új erőre kap s fokozottabb üledékszállítását eredményez.

Míg a szerves élet fejlődése földi megjelenésétől kezdve állandó tökéletesedésben nyilvánul, addig földünk fejlődése csak a megismétlődő állandó változásban mutatkozik. A fejlődésváltozást okozó időszakos ciklusoknak a földfejlődés szakaszaival való szoros kapcsolatából, illetve visszatérő jellegéből következik, hogy a földtani erőknek egyirányú működése bizonyos helyen, természetes határok között mozog. Vagyis *egy-egy földtani erő egyugyanazon irányú működése földünk bizonyos helyén tartamában véges, eredményében korlátozott*. Az ebben nyilvánuló földfejlődés, azaz az egy-egy irányban észlelhető változás tehát szintén véges. Ez biztosítja épen egyrészt a földünkön működő földtani erők: folyóvíz, tenger, jegesek, szél, szerves élet stb. állandóságát s az ennek nyomán létrejövő örök változásokat. A földtörténeti tényezők működésének összefüggéséből tehát mai földtani tudásunk nagyjelentőségű tétele formulázódik, amely szerint *földünk fejlődése állandó, a fejlődés útja szakaszos, menete meghatározott irányban, természetszabta keretek között történik*. A fejlődés, illetve változás örök, iránya azonban megismétlődve változó. Az egyirányú fejlődés menete lassú, többnyire egyenletes (evolúció), változása azonban hirtelen, robbanásszerű (revolúció). Minthogy *egy-egy fejlődésirány (ciklus) véges, változása szükségszerű, amelyre a fejlődés menetének további biztosítása céljából van szükség, azért ennek a továbbfejlődésnek előfeltétele a revolúció*. A földtörténet minden evolúciós ciklusa revolúciót von maga után s minden ilyen fejlődésváltozás új lendületet ad a meglassult fejlődésnek. Cuvier katasztrófáit tehát ilyen értelemben a modern földtani vizsgálatok a földtörténet rendes, törvényszerű jelenségei gyanánt igazolták.

Mint már említettük, a földtörténeti ciklusok, illetve azok változásainak fölhasználása a földtani időszámításban, régi keletű. Az a tény, hogy az egyes ciklusok térbeli megnyilvánulása különböző, lehetetlenné teszi az abszolút időszámítást, mivel idő és tartam csak egyenletes jelenségekkel mérhetők. A földtörténet időmeghatározásai tehát csak viszonylagosak s kisebb vagy nagyobb jelenségváltozásokra vannak alapítva, amelyek többé-kevésbé a szerves élet változásában is megnyilvánulnak. Minden állandóság ugyanis az élőlényekre előnyös, minden változás viszont csak az erősebbeknek kedvez, tehát a gyöngye többség kiveszésére vezet. Ezek helyét mindig új elemek foglalják el, tehát a megváltozott szerves élet kormegállapító változásokat jelent. A szerves élet különbségei a nagyobb földtörténeti változásokkal együtt biztos útmutatói a földtörténet időbeosztásának. Földünk ó-, közép-, és újkorának elhatárolása ezen az alapon történik. Hasonló megkülönböztetéseket tehetünk az eltérő szerves életet mutató kisebb földtani változások ciklusában is. Sokkal nehezebb azonban a faunaegyeztés alapján történő kor-azonosítás, különösen egymástól távolabb eső területek között. A régebben minden körülmények között fölvetett egykorúsággal szemben mai állatföldrajzi ismereteink mellett itt nagy óvatosságra van szükség és sokszor épen azonos faunából kell korkülönbségre következtetni. A rétegek valóságos vagy viszonylagos egykorúságának kérdése ez, melyre mint fentebb említettük, csak a legmodernebb földfejlődési vizsgálatokból várhatunk feleletet.

A föld és a szerves élet fontosabb fejlődéstörténeti ciklusai.



A tudományos megismerés útja a földtanban is a leírás s az adatok összehasonlításán keresztül az általánosítás felé vezet. Kezdetben minden leírás bizonyos előre feltételezett általános érvényűnek gondolt tételek alapján történik, amelyeket az adatok megismerése vagy igazol vagy megváltoztat. Az igazolt tételek földtani törvényekké válnak s ezeknek száma a tudomány fejlődésének értékmérője. A földtani megismerés útját éppúgy, mint minden más tudományét is, a megváltozott tételek tudománytörténeti lomtárba került százai jelzik, ezeknek mennyisége viszont a megismerés dicsőséges haladásával egyenes arányban áll. A modern földtani leírás útja, mint láttuk az anyag és szerves élet kettős adatgyűjtéséből az összehasonlítás és az erők működésének fölismerésével vizsgálati szempontjainak beállítása szerint három tagozatú. A földtani tényezők időtől független fizikai erőhatásait, jelenségeit és eredményeit az általános földtan műveli. Az erők működésének tér- és időbeli eredményeit földünk fejlődését jelző mozzanatokban a földtörténet állítja elénk. Az erők működésének eredményeit a földkéreg anyagaiban az emberiség egyéni és összeségének szempontjából a gyakorlati, illetve alkalmazott földtan értékeli. Ez a három vizsgálati irány a kaleidoszkóp mozgó színeképváltozásaihoz hasonló módon függ össze: anyaguk azonos, csak a beállítás, megvilágítás s a megítélés szempontja más.

A múlt század kilencvenes évéig csak az adatgyűjtés szorgalmas munkája folyt. *Werner* neptunista iskolája indította meg a földkéreg anyagainak keletkezésére vonatkozó megfigyeléseket és kérdéseket, amelyekből az általános földtan ismeretanyaga kialakult. Mint láttuk, *Hoff* és *Lyell* voltak a földtani tényezők működésének általános formulázói s tételeiket az azóta végzett vizsgálatok általánosságban megerősítették. A földtörténeti vizsgálatok még

gyorsabb iramban fejlődtek *Werner* közzétett alapon álló megállapításaiból *Smith* szerves étellel megelevenített rendezésén át a mai földfejlődési elvek érvényesüléséig. Ezeket a vizsgálatokat a *Walther* által kiépített ontogenetikai módszer tette lehetővé, mely mint említettük, az egyes földtani tényezők működésének összefüggését nyomozza s oknyomozva tisztázza. Ez az irány érlelte meg földünk egymásrakövetkező időszakainak, egységes földrajzi képbe fűzésének lehetőségét, az ősföldrajzot, amelynek alapjai *Suess* „*Antlitz der Erde*” c. művében vannak lerakva. A földtani kutatások mai napig főként ebben a keretben mozognak, természetesen, hogy a földtani megismerés minden fokán érvényesültek a földtan alkalmazásának szempontjai is, amelyek a mindenkori földtani ismeretek segítségével tárják föl az emberi boldogulás földi nyersanyagait vagy irányítást adtak az emberiség egyéb földi műveleteinek. A gyakorlati irányú kutatások azonban a földtannak nem egy részletkérdésében jelentősen előre is vitték a földtani tudást.

A legutolsó két évtized az általánosító tételek és elméleti összefoglalások terén sok új megállapítást hozott a földtanban. Ezek a különösen a hegyképződés okaira és a föld belsejének állapotára vonatkozó elméleti megállapítások sok tekintetben még a jövő kutatásainak igazolására várnak, de jelentőségük máris megvan új földadatok és vizsgálati irányok kijelölésében. A föld belsejének tulajdonságára vonatkozó ismereteink a hegyképződés mechanizmusát teszik szemléltetőbbé s a szárazföldek megismétlődő süllyedésének és emelkedésének kérdéseiről adnak tisztább képet. Így még a legelvontabb elmélkedés is termékenyítőleg hat a földtani megismerés végtelen lehetőségeiben.

A földtörténet számos rejtélye vár még tisztázásra s a legutóbbi évtizedek földtani összefoglalásai, ismeretelméleti megállapításai éles reflektorként világítják meg megismerésünk további útjait, melyek a részletmegfigyelések kimeríthetetlen terén vezetnek.

Sok még a teendő itt, még csak dereng!

A földtani észlelés

A természet, jelenségekből, változásokból és folytonos történésekből álló gondolatok halmaza. A megfigyelés és földtani észlelés ezeknek a fenkölt gondolatoknak kifejezésre juttatása.

A földtani megismerés előrebocsátott irányelvei szerint a földtani észlelés célja a földkéreg összetételének, illetve anyagának vizsgálata. Ezek az anyagok a legkülönbözőbb földtörténeti tényezők ősidők óta megnyilvánult összhatásából származó termékek. Az észlelés célja tehát ezek tulajdonságainak kutatása. A különböző földkéregbeli termékek sajátságaiból az egykori működési folyamatok, módok és azok mértékének megállapítására törekszünk. A végső cél a megállapított jelenségek összeegyeztetése útján a földkéreg valamely adott részének földtörténeti és ősföldrajzi megvilágítása, vagyis egykori képének, földrajzának (hegyeinek, vizeinek, klímájának, állat- és növényvilágának) rekonstruálása. E célok elérésében a főszó a földkéreg fölépítő képződmények sajátságaira esik, mivel ezeknek megismerése jogosít bennünket a további következtetések láncolatára. Minthogy az észlelésekből logikus következtetéseket kell levonnunk, az észlelések kivitelének rendszeresnek és céltudatosnak kell lenni.

Az észlelések rendszeressége alatt értendő a minden jellegre, sajátságra kiterjeszkedő megfigyelés, mert minél több jelleg birtokában vagyunk, következtetéseink annál biztosabbak lesznek. A földkéreg változatos összetételének megfigyelése csak minél több utánjárással, fárasztó utazásokkal válik lehetővé, tehát a földtani megfigyelésekkel hivatásszerűleg foglalkozó geológusnak a rendszeres vizsgálatokhoz elengedhetetlen ismeretbeli készségen kívül

szervezetileg is alkalmasnak kell lennie a sok gyaloglást és hegymászást igényelő kutatásra. A földtani észlelést lehetővé tevő ezen előfeltételeken kívül még a szabad természetben nyugodt járás-kelést biztosító *tájékozódó képesség* is szükséges.

A rendszeres földtani észlelések megkönnyítése céljából mindenkor több-kevesebb előkészületre van szükség. Ezek közül elsősorban kell említenünk a földtani *alapismereteket*, a tudomány lényegében való jártasságot, mely biztosítja a helyes megállapításokat és fölismeréseket. A földtani előismereteken kívül különböző *fölszerelési tárgyak* és *eszközök* segítik elő részben előnyösen, részben nélkülözhetetlenül a földtani észleléseket.

A földtani észlelések legtöbbször *gyűjtéssel* járnak együtt, részben a megfigyelés adatainak, tényeinek rögzítése céljából, részben a helyszínen nem tisztázható behatóbb vizsgálatok otthoni kivitele végett. A gyűjtés módja e céloktól függ.

Minthogy valamely terület földtani jelenségeinek jellemző termékei legtöbbször állandó gyűjtemények anyagát is teszik, azért a tárgyak gyűjtésében a megfelelő gyűjtemény igényeit is szem előtt kell tartanunk.

A földtani vizsgálatok segédeszközei.

A földtani előismeretek megszerzésében a különböző tankönyvekre és kézikönyvekre utalva, a megfigyelés és gyűjtés segédeszközeit négy csoportba oszthatjuk. Az elsőbe tartoznak a külszíni járás-kelésre vonatkozó általános tanácsok, a másodikba a tájékozódást elősegítő eszközök, a harmadikba a megfigyeléseket s végül a gyűjtést szolgáló eszközök. Ezek közül csak a legközönségesebb, könnyen megszerezhető és csaknem minden alkalommal használatos eszközök említésére szorítkozunk, míg a különleges földtani föladatak megoldásánál szükséges eszközöket vagy nagyobb utazások fölszerelését figyelmen kívül hagyjuk. Úgy itt, mint minden további ismertetésben csakis Magyarország földtani viszonyainak vizsgálatában igényelhető szükségleteket tartjuk szem előtt.

1. A külszíni járás-kelésre vonatkozó általános tanácsokkal röviden végezhetünk. Ruházkodásunk minél kényelmesebb, cipőnk minél erősebb, tartósabb legyen. A járásban a rendes turista szabályok az irányadók, de ezeknek betartása, illetve kivitele teljesen az egyéni rátermettségtől és testalkattól függ. A fölkészültség viszont a vizsgálandó területhez igazodik. Lakatlan magas hegység nagyobb fölkészültséget tesz szükségessé sátorozással, mint az esetleg sűrűn lakott középhegység. A rendszeres vizsgálat egyes központokból végzett bejárásokkal eszközölhető, melyeknek megválasztása a terület járhatósága szerint történik, különös tekintettel a földtani fölépítésre. Mindezekben az alább következő tudományos szempontok mellett az egyéni kényelem igényei az irányadók.

2. A térszínen való tájékozódás legszükségesebb eszköze, illetve alapja a *térkép*, *iránytű*, ritkább esetben a *magasságmérő*.

Minden kultúrország területéről vannak különböző méretű és kivitelű térképek. Földtani kutatásokra leginkább alkalmasak azok a térképek, melyek a térszín lehetőleg aprólékos részleteit is föltüntetik. Ilyenek nálunk a régebben a bécsi cs. és kir. katonai földrajzi intézetben készült, újabban az állami térképészeti intézet által kiadott általános és részletes térképek. Az általános térképek 1:200.000 méretben készültek, míg a részletesek 1:75.000 méretűek. Részletesebb tanulmányok céljaira az 1:25.000 méretben készült eredeti fölvételi szelvények is kaphatók. A magyar hivatalos földtani térképfölvételek ilyeneken készülnek.

Régebben 1:28.000 méretű térképek voltak forgalomban s ezeknek kisebbített alakja az 1:144.000 méretű térképek, amelyeken a régebbi magyar földtani térképek is kiadásra kerültek. Vannak még különböző kisebb méretű átnézetes térképek, amelyek azonban földtani célokra kevésbé megfelelők, épúgy mint a nagy méretű (1:2880) kataszteri fölvételi lapok, amelyek térszíni ábrázolást nem adnak.

Leginkább megfelelők a részletes térképek, amelyekből Magyarország területe mintegy 326 lapon van, míg a jelenlegi átmeneti határok mintegy 100 lapot foglalnak el. Egy-egy lap negyed szélességi és fél hosszúsági fok területet ábrázol. A lapok megkülönböztetése régebben részben a rajtuk levő nevezetesebb városok vagy egyéb helynevek, leginkább azonban összerendezőkkel készült beosztás alapján történt. A szélességi összerendező *öv*, a hosszúsági *rovat* nevet kapott. Pl. 14. *öv* XX. *rovat* Budapest és Szentendre. Újabban a megkülönböztetés egyszerűen csak négy számjegyű sorszámozással történik, amelynek első két számjegye az övet, másik számpárja pedig a rovatot jelzi. A 75.000 méretű eredeti fölvételi lapok alapján készülnek 100 méteres magasságvonalakkal és vonalkázással föltüntetett térszínnel. Hasonló kivitelűek a 25.000 méretűek is, húszt, újabban tíz méteres magasságvonalakkal. Minden 75.000-es méretű térképnek négy 25.000-es lap felel meg, amelyeknek megjelölése, az előbbinek jeléhez csatolt megfelelő világtájjal történik. Pl. 14. *öv*. XX. *rov*. DNY.

A tájékozódásnál elkerülhetetlenül szükséges a világtájak megállapítására szolgáló *iránytű*. Legjobban megfelelnek erre a célra a négyszögletes fa- vagy fémtokba foglalt iránytűk, melyeknek É-D vonala a nyitott tok hosszabb oldalával párvonalas. Beosztása a világtájak megjelölésén kívül az északi ponttól kiindulólág 360 fok, az óramutató járásának megfelelő irányban. Használaton kívül a mágnesű egy erre a célra szolgáló emeltyűszerkezettel rögzíthető. Az iránytűvel való tájékozódás egyszerűen úgy történik, hogy az iránytűt forgatva az északi irányt megkeressük, úgyhogy a mágnesű északi vége, amely kékre edzett módon vagy valamely más jellel van megkülönböztetve, az észak beosztásán álljon. Az így beállított irány segítségével azután megtudjuk már a keresett irányt. Ez az úgynevezett *mért irány*. Az iránytű azonban a különböző földmágnességi viszonyok behatása alatt nem mutatja pontosan a mágneses délkört, hanem attól eltér, illetve még a nehézségerő behatása alatt is lehajlik. A mágneses lehajlás nem lényeges, tehát elhanyagolható, az elhajlást (deklinatio) azonban tekintetbe kell vennünk. Az elhajlás adatai napi, évi és időszakos ingadozás alatt állanak s különböző helyeken különbözők. A napi és évi változások számításán kívül hagyhatók, míg az időszakos elhajlásokat, melyeket erre hivatott intézetek állapítanak meg és táblázatba is foglalnak, tekintetbe vesszük. Az elhajlás keleti vagy nyugati s érvényesítése úgy történik, hogy a mért irányhoz hozzáadjuk vagy abból levonjuk. Ha pl. valamely helyen az elhajlás 7° Ny, akkor minden kelet felé mért irány értéke 7 fokkal több, ellenkező irányban ugyanennyivel kisebb. Az így nyert irányt a közvetlenül megállapított mért iránnyal szemben számított iránynak mondjuk.

A térszínen való tájékozódást szolgálhatja bizonyos esetekben a *magasságmérő*. Régebben higanyosak voltak használatosak, ma már általában aneroid légsúlymérők ezek, amelyeknek használata a különböző magasságokban eltérő légnyomáson alapszik. A higanyos légsúlymérő állásából a fizikai képlet segítségével kiszámíthatjuk a megfelelő magasságot, míg az aneroidok úgy készülnek, hogy a légnyomásjelző beosztáson kívül az ezeknek megfelelő magassági adatok külön beállítható korongon vannak följegyezve még pedig a különböző befolyásoló tényezők tekintetbevételével. Az aneroidok használata ezek szerint úgy történik, hogy a kiindulás helyén valamilyen ismert magasságú helyen beállítjuk a magasságjelző korongot s megközelítőleg állandó időjárás mellett kielégítő adatokat kapunk. A magasságmérő aneroid ezek szerint a külszíni munkánkat viszonylagos magasságkülönbségi adatokkal megkönnyíti. Zsebóra nagyságtól különböző átmérő mellett különböző magassági beosztással kaphatók.

Pontosabb topografiai térképek használata esetén a magasságmérőnek tájékozódásánál különösebb szerepe nem igen lehet, a földtani észlelések rögzítésénél azonban megbecsülhetetlen.

3. A földtani megfigyelés nélkülözhetetlen eszközei a pontos részletes topografiai *térkép*, a *kalapács* és a *földtani* (bányász) *iránytű*.

A topografiai térkép, melyet előbb a tájékozódás eszköze gyanánt említettünk nélkülözhetetlen kelléke a földtani vizsgálatnak, mivel észleléseinket esetről-esetre erre vezetjük reá. A térkép helyes megválasztása a földtani vizsgálatok természetétől függ. Minél részletesebb vizsgálatról van szó, minél bonyolultabb valamely terület földtani fölépítése, annál részletesebb, nagyobb méretű térképre van szükség. A hazai vizsgálatok igényeit a fentebb említett részletes térképek elég jól kielégítik. A térkép helyes kezelése, a térszínen való biztos tájékozódás szükséges előfeltételei a megfigyelt tények pontos bejegyzésének.

A kalapács, jelszóvá vált eszköze a geológusnak. Alakra, nagyságra igen sokféle lehet s a vizsgálandó terület kőzetei szerint választandó. Főkélléke, hogy kemény; de nem rideg acélból készüljön s a használat közben rugalmas legyen. Az utóbbi főként a nyél megfelelő voltával érhető el. Az úgynevezett geológus-kalapács egyik végén harántirányban éles s különböző nagyságban készül. Nálunk rendszeresen nem gyártják, de rendelésre, minta szerint akárhol csináltatható. Németországban és Svájcban a különböző ásvány- és kőzetkereskedésekben jóval olcsóbban beszerezhető. A kalapács kezelésénél nagyon sok függ a nyél hosszúságától. A geológus kalapácsok általában hosszúnyelűek (50-60 cm.), de ennek megválasztása a kézi ügyességtől függ. Szilárdabb kőzetekhez nagyobb, erősebb, lágyabb képződményekhez kisebb kalapács használható. Agyagban, homokban való gyűjtésekhez alkalmas ásókalapácsok is célszerűek. Rendszeres bejárásokhoz, fölösleges terhek elkerülése végett leginkább ajánlható valamilyen közepes nagyságú kalapács, azonban hosszabb időre sohase felejtkezzünk meg tartálékáról, nehogy fönnakadásunk legyen.



1. ábra. Geológus-kalapács.

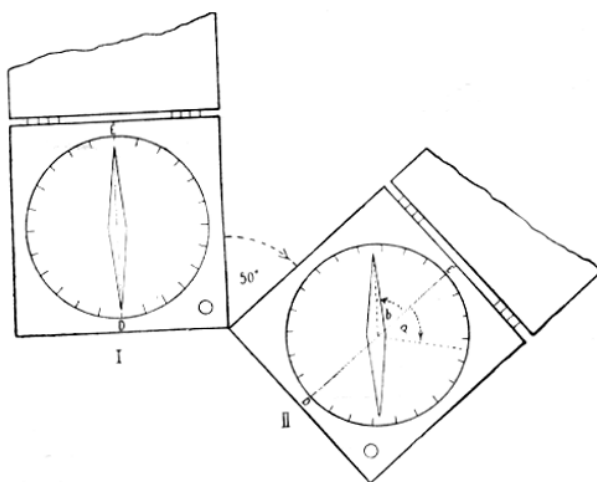
A legfontosabb lépten-nyomon használatos másik geológus eszköz a *földtani* (bányász) *iránytű*, mely az égtájak fentebb említett meghatározása mellett még egyéb, kizárólag földtani célokat is szolgál s ennek megfelelőleg külön részekkel is el van látva. Mindenekelőtt eltér a közönséges iránytűtől abban, hogy fokbeosztáson kívül még 1-től 24-ig terjedő úgynevezett órabelosztás (hora) is van rajta; minden óra 15 fokra oszlik. *A legszembeötlőbb eltérés azonban a földtani iránytű használatában mutatkozik.* Míg a közönséges iránytűvel ugyanis a világtájak csak *közvetve* állapíthatók meg olyan módon, hogy mint láttuk, a tű mágneses (északi) végét mindig az északi beosztásra állítjuk, addig a földtani iránytű *közvetlen irány-meghatározásra* alkalmas, amennyiben a műszer észak-déli vonalát (többnyire a kinyitott műszer tokjának hosszabbik oldalát) északi végével előre, a keresett irányba tartva, a tű mágneses (kékre edzett vagy egyébként megkülönböztetett) északi végén a keresett irány közvetlenül leolvasható. Ebben az esetben ugyanis leolvassuk azt a szöget, amelyet a *minden körülmények között észak-déli helyzetű iránytű a műszer elfordított észak-déli vonalával*

(ebben az esetben a keresett iránnyal) bezár. Ez a szög nem egyéb tehát, mint a kérdéses iránynak a mágneses délkörtől való eltérése.

A földtani iránytűnek ilyen közvetlen mérés céljaira szolgáló alkalmazását a földtani vizsgálatok kivitele teszi szükségessé. A rétegek térbeli elhelyezkedési módját ugyanis, mint alább látni fogjuk, meghatározott irányok szerint állapíthatjuk meg s e mellett az egymásrakövetkező képződmények térbeli elhelyezkedési viszonyánál is meghatározott irányokkal van dolgunk. Ezeknek a földtani irányoknak megállapítására a közönséges iránytű közvetett módja távolról sem kielégítő, csak megközelítő értékeket ad, azért az irányok pontos meghatározása céljából nem elég a közvetett módszer észak-déli irányra való hozzávetőleges viszonyítása, hanem *közvetlenül mért* adatokra van szükség.

A közvetlen iránymérés, illetve leolvasás kivitele céljából a *földtani iránytű beosztása*, a közönséges iránytűtől eltérőleg, az *óramutatóval ellenkező, vagyis az iránytű számlapján a rendes iránytűvel szemben, a kelet és nyugat föl van cserélve*. Ennek oka a mágnesű lényegében rejlik. A tű ugyanis minden helyzetben az észak-déli irányt foglalja el, tehát *helyzetét nem változtatja*. Ha tehát a műszer észak-déli vonalát a mérendő irányba tartjuk, akkor voltaképpen a látszólag kilengő tűvel szemben a műszert forgatjuk el bizonyos szög alatt. Az elfordításnál a látszólag kilengő, de tulajdonképpen észak-déli helyzetét nem változtató tű a műszer elfordítását nem követi, *visszamarad*, tehát látszólag ellenkező irányba lendül. A közönséges beosztású iránytűnél ebben az esetben tehát a visszamaradó tű északi végén a mérendő iránnyal ellenkező irányt olvasnánk le, mivel a műszer számlapján a leolvasás kezdetét jelző 0 beosztás ugyanilyen szöggel elmozdult. (2. ábra.) A két egyenlő szög (*a* és *b*) egyszerű fölcserélése mellett azonban a közvetlen leolvasás válik lehetővé, tehát ennek a tisztán csak *gyakorlati célnak* elérése végett a földtani iránytű beosztása a rendes iránytűvel, tehát az óramutatóval ellenkező irányban halad.

Az említett egyszerű változtatás a földtani iránytűt már az iránymeghatározás szempontjából is nagyobb értékű műszerré avatja. A földtani iránytű ezenkívül még hajlásmérővel (klinometer) is el van látva, amely a tű tengelyére rögzített egyszerű inga. A hajlásmérő félkörös fokbeosztáson mozog, amely a közepén levő 0-tól jobbra-balra 90 fokig terjedő beosztást mutat. Ez a voltaképpen egyszerű szerkezetű szögmérő a rétegek vagy lejtők szögének meghatározására szolgál.



2. ábra. A földtani iránytű használatának és fordított beosztásának szemléltetése.

I. Az É-D-i irányt rögzítő helyzet. - II. A keresett irányba elfordított műszer; *a* az elfordulás szöge és iránya, *b* az elfordított műszer É-D-i beosztásának a mágnesű által rögzített É-D-iránnyal bezárt szöge.

Az itt említett legegyszerűbb szerkezetű, legtöbbször teljesen meg is felelő földtani iránytűn kívül vannak még másként felszerelt bonyolultabb szerkezetek is. Mivel a mért és számított irányok itt is szem előtt tartandók, az utóbbinak egyszerűbb, számítás nélkül való meghatározására *Heim* olyan iránytűt szerkesztett, melynek rendes beosztásához még egy forgatható 360 fokos külső korong is járul. Ismerve már most a mágneses elhajlást valamely területen, annak értékét a forgatható korongon beállítjuk s az iránytű további használatánál minden mérésünk ennek az értéknek tekintetbevételével, számított irány gyanánt olvasható le.

Minden iránymeghatározásnál a műszert vízszintesen kell tartani. Ennek megkönnyítésére némelyik iránytűn még egy kis szintező (libella) is található. Távoli tárgyak pontosabb beirányzására néha még *azimuthatórozó* is van az iránytűn. Ezt az észak-déli vonal mindkét végén levő fölhajtható fémlemezek képviselik, amelyek közül a déli ponton levő kis hasadékot visel, az északon pedig ennek megfelelő finom fonalat látunk a vizírozás céljából.

Az említett összetettebb iránytűkön kívül még megemlíthetjük a *Fuess-féle zsebműszert*, mely rendes iránytűt, hajlasmérőt, horizont jelzőt tartalmaz s e mellett hasznos és egyszerű beosztást mutat a lejtőszögnek, megtett útnak, és a magasságkülönbségeknek kiszámítására. Földrajzi, egyszerűbb helyrajzi vagy arculati vizsgálatoknál nagyon jól használható.

Kitűnő szolgálatot tesz a földtani megfigyelések rendszeres kivitelében a magasságmérő aneroid, amely az egyes földtani képződmények függőleges kiterjedésének határait pontosabban megállapíthatóvá teszi. Egyéb földtani észleléseink is leginkább hegyvidéken történnek, ahol a magasságkülönbségek megállapítására mindig szükség van.

A földtani megfigyelés eszközeinek fölemlítésénél nem felejtkezhetünk meg az észlelések följegyzésére szolgáló jegyzőkönyvről, vázlatkönyvekről és nagyobb méretű naplóról, amelyek a terület és földtani teendőink mérete és kivitele szerint különbözők. Különböző színes írónok a följegyzések megkülönböztetését könnyítik meg.

Ritkábban használt s némileg különleges viszonyok szerint szükségessé váló eszköze a megfigyelésnek a *kézifúró*, mely a talaj, málladék, törmelék vastagságának, illetve az ezekkel elborított helyeken az alattuk levő földtani képződmények megállapítására szolgál. Hidrológiai megfigyeléseknél megfelelő hőmérőre van szükség a források hőfokának mérése céljából. Sok esetben célszerű, de kényesebb hordozása végett el is mellőzhető a karbonátok megállapítását megkönnyítő *sósav* is. Némi gyakorlattal ugyanis a dolomitot általában könnyen fölismerhetjük, a finomabb részletek tisztázása pedig nem a külső megfigyelő munkának földadata.

Hasznosan egészíti ki a megfigyelésre vonatkozó fölkészültségünket a *fényképezőgép*, mely egyes földtanilag érdekesebb vagy jellemző részletnek képét állandósítja, szemlélteti.

4. *A gyűjtést szolgáló eszközök.* Részben közvetlenül a gyűjtés kivitelére szolgálnak, mint a kalapács, ásó, véső, részben a gyűjtött anyag biztosítását, illetve szállítását teszik lehetővé. A kalapács alakjáról fentebb szóltunk. Általában arra való, hogy a keményebb kőzetekből a gyűjtést elősegítse frissen tört darabokkal. A lágyabb kőzetekben csákány, ásó és kapa használható. A vésőnek általában csak ritkán s alárendeltebb szerepe lehet.

Különös gondot kell fordítanunk a gyűjtött anyag csomagolására, megjelölésére és szállítására. A csomagoláshoz szükséges papiros sohasem lehet elég sok. Törekednünk kell arra, hogy lehetőleg minden darab külön legyen csomagolva és megjelölve. Az emlékezetre sohasem bízunk semmit! Lágy kőzetekből való gyűjtéshez, iszapolandó anyagokhoz, de sok apróbb, egy helyről származó s külön-külön csomagolt más darabok összesítésére is nagyon alkalmasak a különböző nagyságú vászonzacskók is.

A szállítás kipróbált eszközei a bőrtáska, amelybe azonban kevés anyag fér, különböző hordóhálók, melyek eső ellen nem védenek s törékeny darabok szállítására nem alkalmasak, de rövid úton, az útközben fölgyűlő darabok ideiglenes befogadására nagyon jók. Legkényelmesebb szállítóeszköz a hátizsák, melyben nagyobb mennyiség, kellő csomagolás mellett nagyon biztosan szállítható.

Természetes, hogy a sokféle különleges földtani vizsgálatnak megfelelőleg nagyon sok egyéb felszerelés, eszköz és műszer szükséges. Ezeknek ismertetése ezen a helyen fölösleges, mert az itt említett legegyszerűbb eszközök a hazai vizsgálat igényeit általában kielégítik, másrészt pedig a különleges vizsgálatok úgyis mindig esetenként megválasztott eszközöket igényelnek. Szükségtelen még részleteznünk azt is, hogy a földtani megfigyelések eszközeit még a belső anyagfeldolgozás sokféle eszköze egészíti ki, amelyeknek részletezése szintén célunkon kívül esik.

A földtani vizsgálatok rendje.

A nagyon sokféle jelenségeket szem előtt tartó földtani megfigyelések alkalmával nem mindig vagyunk abban a helyzetben, hogy mindent észlelhessünk. Erdők, vetemények, kultúrterületek, málladék, törmelék s még számos más körülmény nagyon sokat eltakarnak kutató szemeink elől. Minden földtani vizsgálat alaptétele tehát, hogy lehetőség szerint különös gonddal keressük föl azokat a helyeket, ahol az egyes földtani képződmények tulajdonságai lehető legjobban vizsgálhatók. Ezeket a helyeket, melyek mintegy a megfigyelésre váró jelenségeket élénk tárják, *föltárásoknak* nevezzük. A föltárások természetesek vagy mesterségesek. *Természetes föltárásokat* szolgáltatnak a csupasz sziklafalak, a mélyen bevágódott szűk völgyszurdokok, vízmosások, hegyomlások, hullámverte tengerpartok, sok esetben még egy-egy gyökerestől kidúlt fa is.

A mesterséges föltárások: kőfejtők, homok- és kavicsbányák, téglagyárak agyagnyerői, bányák külfejtései és mélyművelései, útépitések, vasúti bevágások, alagutak, városok csatornázási vagy földbe mélyesztett egyéb vezetékeinek (gáz, kábel, víz) munkálatai, házalapozások, alapcincézések s minden egyéb olyan műveletek, melyek a legfelső talaj eltávolításával mélyebben fekvő földrétegeket tesznek hozzáférhetővé. Nagyobb városokban ilyen munkálatok úgyszólván napirenden vannak s így állandóan újabb megfigyelési anyagot szolgáltatnak. Városok beépített területének földtani fölépítése kizárólag a mesterséges föltárások adatainak szorgos gyűjtésével válik megismerhetővé. Igen becses adatokat szolgáltatnak a legtöbbször víznyerés céljából, de bányászati kutatóműveletek gyanánt is eszközölt mélyfurások, melyek több száz méterre lehatolva úgy az egymásrakövetkező rétegek sorrendjét, valamint azok vastagságát is pontosan megállapíthatóvá teszik. (L. IV. rész.) Minden ilyen mélyfurás helyének és adatainak ismerete tehát a hazai földtani kutatás és megismerés javára szolgál, mindenki igen hasznos szolgálatokat tehet tehát, ha a birtokában levő vagy általa ismert mélyfurások adatait vagy még inkább anyagát a földtani kutatások valamelyik hívatott állami intézményének rendelkezésére bocsátja. Noha a legújabb idők óta az artézi kútfurások előzetes hatósági engedélyhez vannak kötve s anyaguk hivatalosan beszolgáltatandó, még mindig nagyon sok marad a hivatalos tudomáson kívül, nem is szólván azokról a jobbára hegyvidékeken egyéb célokból történt legértékesebb bányászati mélyfurásokról, amelyeknek még mindig százai maradnak ki a tudományos földtani megismerésből.

A földtani megfigyelés kiindulópontja az, hogy valamely területen előforduló rétegek vagy kitörésbeli kőzetek sajátosságait lehetőleg ilyen föltárásokban minél tökéletesebben megvizsgáljuk, hogy e megismerés alapján az itt föltárt képződményeket kevésbé föltárt vagy hozzáférhetetlen helyeken is fölismerhessük. A megfigyelésre váró jelenségek sokfélesége s főként azoknak minél tökéletesebb megismerése szükségessé teszi, hogy célunknak megfelelőleg rendszeresen végezzük észleléseinket. Ennek elérése végett leghelyesebb, ha az észlelésekben bizonyos sorrendet követünk. Minden föltárásban törekedjünk az ott található földtani képződmények anyagára, származására, *keletkezési körülményeire, korviszonyaira* és térbeli megjelenésére, azaz *településére* vonatkozó észleléseket kitűzött célunknak megfelelő mértékben a lehető leggondosabb körültekintéssel végezni. Az anyagra vonatkozó észlelések ásványtan-közzettani ismereteink alapján történnek s a kitörésbeli kőzetekre vonatkozólag egyidejűleg a keletkezésre is reávezetnek. A nem kitörésbeli kőzetek üledékes jellegének milyensége, keletkezési körülményeinek vizsgálata részben anyaguk, de leginkább a szerves maradványok segítségével történik, tehát különös gondot kell fordítanunk ezek jelenlétének, előfordulási körülményeinek vizsgálatára. Az üledékek kövületeinek megismerése reávezet a megfigyelések következő teendőjére, a kormegállapításra, mely ilyenformán *öslénytani* alapon történhetik. Amennyiben valamely föltárásban többféle képződményt észlelünk, különös gondot kell fordítanunk azok egymáshoz való viszonyának, összetartozó vagy elkülönítendő voltának megállapítására, ami egész *földtani gondolkodásunk további menetét megszabja*.

Erre vonatkozó észleléseink már részben a település jelenségeit is tekintetbe veszik, amelyeknek vizsgálata különben már kizárólagosan *földtani* alapon nyugszik s megfigyeléseink rendszerét lezárja.

Az elmondottak alapján földtani megfigyelésünk rendszere *közzettani, öslénytani* (ösélettudományi), *földtörténeti* s végül tulajdonképpen *földtani* vizsgálatokon épül föl. Ebben a keretben kell törekednünk minden megfigyelhető jelleg megismerésére, mert csakis ez vezethet bennünket valamely terület egykori képének rekonstruálására, amit a földtani kutatások végcéljául jelöltünk meg. A mindenre kiterjedő megfigyelés szükséges a földtani vizsgálatok gyakorlati értékesítésénél, a *hasznosítható anyagok* megismerése céljából is, amely nem egyéb, mint megfigyelési rendszerünk adatainak leszűrt és emberi szükségletek szempontjából alkalmazott eredménye.

Egy-egy föltárásban nyert észleléseinket mindig kapcsolnunk kell a terület többi részeiben észlelt adatokhoz. Az említett különböző jelenségek nem mindig észlelhetők együttesen, hanem egy-egy képződmény sajátosságait több ponton nyert adatainkból kell összeállítani. Ezért a rendszeres földtani vizsgálatban minden olyan helyet gondosan föl kell keresnünk, ahol egyik vagy másik irányú észlelésre kilátás lehet. A különböző pontokon nyert észlelések kapcsolását a *földtani tájékozódás* teszi lehetővé, mely a képződmények térbeli megjelenésétől és elhelyezkedésétől, vagyis településétől függ. Ezért kell a településre vonatkozó észleléseket különös gonddal végeznünk, aminek kivételében a földtani iránytű van segítségünkre. Minthogy pedig a földtani tájékozódás, mely a különböző pontokon észlelt képződmények térbeli összefüggését s ennek megfelelőleg a térképen való ábrázolását is lehetővé teszi, éppúgy elengedhetetlen követelménye a rendszeres földtani vizsgálatnak, mint a térszínen való biztos tájékozódás, azért beláthatjuk, hogy a mindezt elősegítő földtani iránytű mennyire nélkülözhetetlen eszköze a földtani vizsgálatnak.

A külső észlelések valamely terület földtani jelenségeit minden részletükben nem tisztázhatják. Nagyon sok olyan részlet van, amely beható laboratóriumi tanulmányozást igényel. E tanulmányok menete nagyjában azonos a külső észlelések rendjével, amennyiben kőzetanyag- és kövületvizsgálatra s a földtani viszonyokat ábrázoló térkép végleges kidolgozására

szorítkozik. A kőzetanyag finomabb vizsgálata a kőzettan módszereivel történik. A kővületek egyszerűen csak kormeghatározást célzó vizsgálata anyagvizsgálatnál többnek alig mondható. A keletkezési viszonyok tisztázása azonban csakis behatóbb ősélettudományi tanulmányok segítségével végezhető, miért is még a tisztán csak földtörténeti célokat szolgáló kővület-vizsgálatot is modern ősélettudományi eszközökkel kell végeznünk. Az észlelések helyszíni rögzítését nyújtó földtani térkép és a vele összefüggő szerkesztési teendők a legkevesebb belső vizsgálódást igénylik.

A laboratóriumi vizsgálatok lehetővé tételére szolgál a *gyűjtés*, mely a külső észlelés velejárója. Ennek megfelelőleg a gyűjtés szempontjai között elsősorban irányadó az, hogy minden részletesebb vizsgálatra váró jelenséghez anyagot kell hoznunk. Gyűjtünk ezenkívül a külső észlelésben megállapított jelenségeket rögzítő példányokat s végül gyűjtemények céljaira, valamely terület egész földtani fölépítésének szemléltetésére alkalmas teljes sorozatokat. A gyűjtött anyag mennyisége és alakja az itt megnevezett céloktól függ. *A gyűjtés a földtani kutatások szolgálatában* csak eszköz, sohasem cél, még kevésbé az a tanításban.

A megnevezett célok bármelyike szerint a földtani gyűjtés, mint maga az észlelés, szintén többféle. Gyűjtenünk kell a kőzeteket a területet fölépítő képződmények anyagának megismerése végett s gyűjtünk kővületeket kormeghatározás és keletkezés megismerése céljából. Az anyagmegismerésen kívül gyűjtünk kőzeteket, melyeken keletkezésük jellemző sajátosságai láthatók (tulajdonképpen földtani szempont), végül gyűjthetünk a hasznosíthatóság megállapítása céljából. A kőzetek gyűjtésénél mindig friss törésű felületekre kell törekednünk, kivéve ha a mállás jelenségét is föltüntető példányt akarunk. A gyűjtemények igényeinek kielégítésére meghatározott nagyságú, megformált (7-10-3 cm.) darabokat kell gyűjtenünk.

I. A kőzettani megfigyelések.

A földtani megfigyelések észszerű rendjében földünk anyagának megismerésére vonatkozó észlelések kivételét tettük első helyre. Földünk szilárd kérgének anyagát ásványok és kőzetek szolgáltatják, az anyagra vonatkozó megfigyeléseink tehát ezek megismerését célozzák. Észleléseink kiindulópontjában már lényeges megkülönböztetést kell tennünk a földtani föltárásokban szabadon, eredeti sajátságaikban elénktároló kőzetek és a felszínen heverő vagy termőfölddel borított, többnyire koptatott, színehagyott darabok között, melyek a különböző külszíni tényezők hatása alatt eredeti sajátságaikat megváltoztatták. E tényezők fizikai, vegyi vagy szerves hatásokban nyilvánulnak s működésük folyamata a *mállás*. Minthogy kutatásaink rendje mindig a megfigyelt tényeknek további észleléseinknél való fölhasználásában rejlik, azért a kőzetek sajátságainak vizsgálatánál az üde állapotban levő és eredeti tulajdonságait mutató kőzetek mellett vizsgálnunk kell azokat mállott állapotban is, mert ezzel olyan jellegek birtokába jutunk, melyek a kőzet térszíni nyomozását lehetővé teszik olyan helyeken is, ahol jó föltárások hiányoznak.

Említettük, hogy a mállás lényege az eredeti sajátságok megváltoztatásában nyilvánul. A mállás tényezői között a *fizikai mállást* a hőmérsékletváltozás okozza, amelynek eredménye gyanánt a kőzetek földarabolódnak. Ez a szétdarabolódás a fölmelegedés és lehűlés ismétlődésével annál nagyobb mértékű és annál gyorsabb lefolyású, minél gyorsabb és nagyobb a hőmérsékletváltozás. Sivatokon nappal 70-80 fokra fölmelegedő sziklák éjjelenként fagypontra is lehűlnek. A kőzetek hajszáltrepedéseiben levő nedvesség az őszi-téli éjszakai fagyok alkalmával térfogatának tizenegyed részével kiterjedve tágítja a repedéseket, repeszt a kőzeteket. A kőzetek földarabolódása tehát itt minden egyéb behatás nélkül, tisztán fizikai, illetve erőművi okokból történik. Az ősszel fölszántott föld keményebb rögeinek „szétfagyasztása” is ezen az alapon történik. A felszínen heverő színes kőzetek ugyancsak fizikai mállás folytán, a nap hevének behatása alatt, színüket veszítik.

Méreteiben nagyobb a *vegyi mállás*, mely a föld felszínére hulló csapadékvizek (eső, hó) leszivárgása útján létesül olyanformán, hogy ezek a vizek oldják a kőzetek oldható részeit. Minél folytonosabb a leszivárgás, annál nagyobb a kioldás, amelyet lényegesen növel a vízben oldott sók és szénsav mennyisége is. A vegyi mállásnak huzamosabb időn át kitett keményebb, oldhatatlanabb és lágyabb részekből álló kőzetek lassanként üreges, szivacsos külsőt nyernek, ami nagyobb felületeken, mészkővidékek jellemző karsztos jelenségeit, szakadékait, földtani hasadékokat, barlangokat és felszíni „karrmezőit” eredményezi. A vegyi mállással kilugozott s összefüggésében meglazított kőzetek a fizikai mállás hatásait lényegesen elősegítik. Egyes ásványos alkatrészek vegyi összetételükben veszítik föl a vizet, ami által térfogatnövekedés áll be a kőzet többi alkatrészeinek s így az összetartásnak rovására. A vegyi mállásnál végbemenő átalakulásoknál különösen gyakori, a kőzetek színének megváltozása. A legtöbb kőzet többé-kevésbé vastartalmú; az eredetileg víztől mentes vasvegyületek víztartalmúakká lesznek, ami leggyakrabban rozsdasárga színt kölcsönöz a kőzeteknek.

Úgy a fizikai, mint a vegyi mállás csaknem minden esetben szerves mállással együttjár. A földünkön élő növények és állatok között ugyanis nagyon sok van olyan, amely a kőzeteken elváltozásokat okoz. A növények között az egysejtű baktériumoktól kezdve az alsóbbrendű zuzmók, mohok és gombákig nagyon sok olyan alakot ismerünk, amelyek életjelenségeik során vegyi elváltozásokat létesítenek. Egyesek közülök szénsavat fejlesztenek, mások salétromsavat, ammoniákat vagy mocsárgázt termelnek s ezekkel természetszerűleg bomlasztólag hatnak a környező kőzetekre, másrészt fontos előkészítői a magasabbrendű növények táplál-

kozásának. A sziklákon tenyésző mohok és zuzmók apró pontocskáiban mutatkozó nyomai tanúságot tesznek arról a működésről, amely a legkeményebb kőzeteket is megtámadja. A fák gyökerei a sziklák repedéseibe hatolva lassanként ékszerűen feszítik azt széjjel. Az állatok közül különösen szemünkbe ötlik a földben üregeket vájó alakok munkája, nemkülönben a földi gilisztáé, mely kicsiny, de folytonos működésében nem marad a földkéreg anyagában hatástalanul.

Mindezt összevéve a mállás tényezőinek behatása gyanánt a földkéreg anyagai, a kőzetek, eredeti sajátságukat elveszítik. A mállás okozta változások leggyakrabban a kőzetek színében, szilárdságában, összetartásában mutatkoznak. A mállás tényezői egy-egy területen belül állandók, az éghajlati viszonyoktól függők, tehát létesített változásaik állandók és jellemzők. Hosszabb időn át tartó működésük eredménye gyanánt kisebb-nagyobb mértékben fölhalmozódó mállási törmelék fűdi a térszint s többé-kevésbé akadályozza a megfigyelést. A mállási törmelék fölhalmozódása különösen a száraz éghajlat alatt nagyméretű, mert itt a csapadékvizéből lefolyásra kerülő vízmennyiség nem elégséges annak folytonos elszállítására. A kőzetek előrehaladottabb mállásának végső terméke hosszú idők mállasztó hatásainak eredménye gyanánt a korhadó növényi részekkel keveredett *termőtalaj*. A termőtalaj tehát az egykori kőzet függvénye, annak vegyi összetételeit mutatja, termékenységé nagyban függ a kőzet eredeti sajátságaitól. Földtani megfigyeléseink tekintetében fontos ez a tény reánk nézve azért, mert a termőtalajt nemcsak a mállási jelenségek végső terméke gyanánt tekintjük, hanem a termőfölddel elfűdött részekben sok esetben az alatta levő kőzetek fölismerésére szolgáló útmutatót is láthatjuk benne.

A kőzetek tulajdonságai.

A földkéreg anyagának összetételében résztvevő kőzeteket földtani szempontból tágabb értelemben vesszük, mint a mindennapi élet megkülönböztetéseiben. Földtani tekintetben kőzet a lágy agyag, a laza homok éppúgy, mint a kőszén, kősó, sőt a jég is. Megfigyeléseink során a kőzetek eredeti sajátságait vizsgáljuk, tehát üde, friss állapotú darabokat törünk kalapácsunkkal s azoknak szabad szemmel vagy legfőljebb kézi nagyítóval észlelhető (makroszkopikus) jellegeit szemügyre vesszük. Sok esetben már ez a vizsgálat kielégíthet bennünket, de a kőzetek nagy csoportjánál még részletesebb laboratóriumi (mikroszkopikus) vizsgálatra van szükség. A földtani feltárásokban, kőfejtőkben fölkeresett friss kőzetek vizsgálatát kettős szempontból végezzük, megfigyeljük ugyanis azok *alkati* tulajdonságait (összetétel, szövet, stb.) és *megjelenési formáit*. Ezek a vizsgálatok megfigyeléseink rendjében egyrészt azt a közelebbi célt szolgálják, hogy a kőzetek továbbnyomozásánál a fölismeréshez szükséges jellegeket megismerjük, másrészt a földtani vizsgálat további célját, a keletkezési viszonyok és az egykori folyamatok megállapítását teszik lehetővé.

A kőzetek alkati jellege.

A föld szilárd kérgének összetételében résztvevő kőzetek ásványos anyagokból állanak. Ezek az *ásványok* különböző összetételű vegyületek meghatározott alakban, többnyire határozott lapokkal formált „kristályokban” jelennek meg. A leggyakrabban előforduló ásványokban résztvevő elemek a föld kérgében százalékos eloszlásuk rendjében a következők: oxigén (O, 47.2%), kovásv (Si, 28%), alumínium (Al, 8%), vas (Fe, 5.4%), kalcium (Ca, 3.7%), magnézium (Mg, 2.6%), nátrium (Na, 2.5%), kalium (K, 2.5%). A többi elem jelenléte egy

százalékon alul marad. A kőzetek összetételében résztvevő ásványok közül leggyakrabban találkozunk a következőkkel; *szén* nagyobb mennyiségben, mint kőzet, kisebb mennyiségben színező vagy szennyező elegyrész. *Vaskovand* (pirit) nagyobb tömzsökben és fészkekben, többnyire azonban hintve különböző kőzetekben. *Kvarc* tömegekben és minden kőzet alkotórésze gyanánt. *Kőso* nagy telepekben, ritkábban egyes agyagos kőzetekben is; gyakran a műtrágya gyanánt ismert kálisókkal kapcsolatos. *Mészpát* a kvarc után leggyakoribb ásvány önálló kőzetalkotó alakban éppúgy, mint kísérő alkatrész gyanánt. *Dolomit* legtöbbször nagy tömegekben, kőzetalkotó alakban. *Gipsz* a kősó tartalmú képződményekben nagy tömegekben, kisebb mennyiségben különösen agyagokban, repedések, hézagok mentén. Vízet nem tartalmazó alakja az *anhidrit*. Földpátok vegyi összetételük és kristályalakjuk szerint többfélék; leggyakoribb a káliumföldpát (ortoklas) és a nátriumföldpát (plagioklas). *Augit*, *amfibol*, *csillámok*, mindegyik fontos elsődleges elegyrész kőzetekben, törmelékben homokszemcsék gyanánt. E gyakoribb ásványokon kívül megemlíthetők még mint földtani tekintetben közönségesebbek: a mágnesvas, vörös vasérc, barna vasérc, vaspát, sulypát, olivin, gránát és a tiszta agyag vagy kaolin.

Az ásványok vagy magukban vagy többedmagukkal egyesülve alkotják a föld szilárd kérgének anyagát tevő kőzeteket, amelyeknek összetételében a mintegy ezer eddig ismert ásvány közül alig negyven vesz részt. Ez a tény megadja vizsgálataink első szempontját, amennyiben a kőzetek alkati tulajdonságai között tisztáznunk kell vajjon a vizsgált kőzet egy, vagy több ásványból áll-e? Ezen az alapon megkülönböztetjük az egy ásványból álló *egyszerű* és a több ásványból álló *összetett* kőzeteket. Az egyszerű kőzetek ismertető bélyege a megjelenés módjában van, amennyiben nem a reájuk jellemző egyes kristályokban, hanem nagyobb összefüggő telepekben, tömzsökben vagy tömegekben jelentkeznek. Pl. a jég, kőso, mészkő, gipsz, kőszén, stb. Azok az egyszerű vagy összetett kőzetek, melyeknek ásványai eredeti jellemző alakjukat, kristályformájukat többé-kevésbé megtartották, a *kristályos kőzetek* csoportját adják. Ezzel szemben vannak olyan kőzetek, melyeknek anyaga nem kristályos, hanem különböző ásványok, kőzetek törmelékéből vagy szerves anyagok főlhalmozódásából állanak. Ezek a *törmelékes kőzetek*, mint az agyag, homokkő, kavics, szén és mészkő. Az ásványos anyagok alakjának vizsgálata alapján megkülönböztethetjük még a kőzetek harmadik nagy csoportját, az *átalakult* (metamorf) kőzeteket, melyek mindkét előbbi csoport jellegeit megváltozott módon tüntetik föl, mint a csillámpala, gneisz, szerpentin, stb. Ezek tehát tulajdonképpen az előbbi két csoporttal azonosítható kőzetek, amelyeknek eredeti, amazokkal egyező jellegei utólagosan megváltoztak.

A kőzetek ásványos alkatrészeinek egyszerű alaki vizsgálata alapján tehát három nagy csoportot tudunk megkülönböztetni. Minthogy a különböző ásványos társulások, tehát a kőzetek, különböző úton létesülhetnek, vizsgálatainkat ki kell terjeszteni keletkezésükre is. E tekintetben a különböző földtörténeti tényezők az irányadók, mert ezek működésének termékei a különböző kőzetek. A vízben leülepedett törmelékes kőzetek a szerves eredetű vagy vulkáni törmelékektől éppúgy megkülönböztethetők, mint a kristályos üledékek a vulkániaktól. Mindezeket a szempontokat tekintetbe véve földtani alapon *kőzetnek mondunk olyan ásványos anyagokat, melyek a különböző földtörténeti, tényezők működési termékei gyanánt valamely helyen tartósan főlhalmozódva, földünk fölépítésében nagy tömegekben vesznek részt.*

Az elmondottak alapján a legközönségesebb kőzetek a következő módon osztályozhatók:

I. Kristályos kőzetek.

1. Egyszerű kristályos kőzetek: kősó, gipsz (anhidrit), kvarc (tűzkő, szarúkö), mésztufa, jég.
2. Összetett kristályos kőzetek: Üledékesek: némely kálisó-fajta. Vulkániak: gránit, szienit, gabbró, porfir, diabaz, melafir, bazalt, andezit, trahit.

II. Törmelékes kőzetek.

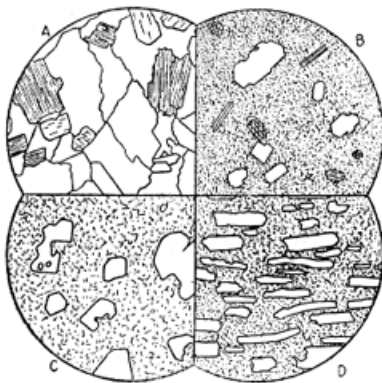
1. Szervetlen: agyag, homok, homokkő, kavics, konglomerátum és breccsia.
2. Szerves; kőszén, mészkő (részben), dolomit (részben).
3. Vulkáni: hamu (tufa) és breccsia.

III. Átalakult kőzetek.

1. Egyszerűek: ősmészkő, szerpentin, ősagyagpala.
2. Összetettek: gneisz, csillámpala, fillit.

Az alkati vizsgálatok során minden kőzet ásványos összetételének megállapítása után legfontosabb az egyes elegyrészek elrendeződési módjának, vagyis a kőzet *szövetének* vizsgálata. Úgy a kristályos, mint a törmelékes kőzetek szövete sokféle, legtöbbször szabad szemmel is megállapítható és a kőzet keletkezésére jellemző.

A kristályos kőzetek ásványegyéneinek kifejlődése szerint a kőzet *szemcsés* (gránit), ha elegyrészeinek mindegyike jól fejlett egyéneket formál anélkül, hogy a kristályok között kötőanyag volna. Ha az egyes kristályok alapanyagba vannak ágyazva, akkor *porfiros* szövegről beszélünk (andezit), ha egyes ásványok a többiek rovására föltűnően nagyok, akkor a kőzet *pegmatitos*. Ha a kristályok szabad szemmel nem láthatók, akkor a kőzet *tömött* (bazalt), míg egészen egyneművé válhat s *üveges* szövetet alkot (obszidián). Egyik fajtája ennek az apró tömött gömböcskéket mutató *gyöngyös* (perlites) szövet. Néha a kristályok egyes központok körül sugarasan helyezkednek el s *gömb sugaras* (szferulitos) szövetet adnak. Mindezekben az esetekben a kristályos kőzetek többé-kevésbé; egynemű, összefüggő szövetűek. Vannak esetek azonban, midőn a kőzet folytonosságában hiányok mutatkoznak, kisebb-nagyobb sejtek, üregek, csöves hézagok alakjában; ilyenkor sejtes, üreges vagy csöves szövegről beszélünk. Máskor a keletkezéssel kapcsolatosan gázok és gőzök telítették a kőzetet, melyben hólyagokat formálva *hólyagos* szövetet vagy a még a keletkezés során kiszabadulva, üregeket hagynak vissza és a kőzetet *salakossá* teszik. Ezeket az üregeket néha utólagosan keletkező ásványok töltik ki s *mandulaköves* szövetet formálnak.



3. ábra. Kitörésbeli kristályos kőzetek néhány szöveti kifejlődése.
A szemcsés, BC különböző jellegű porfiros szövet. D folyásos szövet.

A törmelékes kőzetek szövete leginkább a törmelékanyag nagyságától és alakjától függ. A legfinomabb törmelékanyag az *iszap* (agyag, pelit). Valamivel durvább a *homokos* (psammit) szövet, mely szemcsenagysága szerint finom-, közép- (1-2 mm.) vagy durvaszemű (2-3 mm.). A legdurvább törmelék a kavics, mely szintén apró- (3-10 mm.), közép- (10-30 mm.) és durvaszemű. Az apró gömböcskékből álló üledékeket *ikrásnak*, oolitosnak mondjuk. A lekerekített durva törmelékből (psephit) összecementezett kőzet *konglomerátum*, a szögletes darabokból álló a *breccsia*.

A kőzetek szöveti alkotának megismerése már fontos bélyegeket adhat a célunkul kitűzött keletkezési viszonyok s az egykori jelenségek, folyamatok megismerésére is. A kitörésbeli kőzeteknél néha az ásványok szabályos egyirányú elrendeződése az egykori lávafolyás irányát jelzi. Sokkal nagyobb jelentősége van az efféle jellegeknek a törmelékes kőzeteknél, amelyek többféle tényező hatása alatt keletkeznek s szövetük, alkatrészeik elrendeződése és alakja is elárulja eredetüket. A törmelékes kőzeteknek keletkezésében ugyanis nagy szerepe van annak, hogy eredeti helyükön maradtak-e vagy pedig tovaszállítva idegen közegbe jutottak. A szállítás tényezői (víz, jég, szél) megismerhető nyomokat hagynak a törmeléken, amely a lerakódás helye szerint is más-más szöveti formát ölt. A folyamat kiindul tehát a pusztító tényezők hatásának eredményéből, a földarabolódásból, amelynek mikéntje az éghajlati viszonyoktól függ. A helyben maradt törmelék, a szállítás semmi nyomát sem mutatja s ilyenek a földtani multból is kimutathatók (különböző arkózák). A szállítás további földarabolódással, fölaprózódással és különböző mértékű lekoptatással jár. A legfontosabb szállító tényezők hatása a törmelék alakjában s külsejében is fölismerhető. Különösen áll ez a durva törmelékre, a kavicsokra. A folyóhordta kavics többé-kevésbé egyenletesen lekoptatott, föltünőbb élek nélkül. A jegesek morénájának kavicsai a jellegzetes jégkarcokat mutatják, míg a szélfúttá kavicsok nem kevésbé jellegzetesen fényes felületűek s a szélnek kitett oldalakon lapokra koptatottak, úgyhogy több oldalról fútt kavicsokból jellemző „éles kavicsok” keletkeznek. A finomabb törmelékanyag, a homok, kicsiben ugyanezt mutatja. A folyóhomok egyenlőtlenül koptatott, a szélfúttá homok erősen kerekített. Megemlíthetjük még a vulkáni homokot, amely többé-kevésbé tökéletes kristályokból áll, amelyek csak a szállítás valamilyen folyamata közben nyernek koptatottságot. Jellemző eredeti, legtöbbször körkörös szerkezetű egészen, kerek alakú a tengerekben kicsapódott mész- vagy vasoolit, legtöbbször a glaukonithomok is.

A kőzetek szövetére vonatkozó megfigyeléseink során tisztázhatjuk még a törmelékes anyagok laza vagy kötött, összecementeződött alkatát is. A szemcsenagyság megállapítása s a kőzetek ezzel összefüggő tömörségének fölismerése fontos következtetésekre jogosíthat gyakorlati szempontból, amennyiben ezzel függ össze azok vizet vezető, illetve záró jellege s ezzel kapcsolatos szénhidrogénvezető (gáz és petróleum) volta is. Az összecementezett anyagú törmelékkőzetek egyes szemcséit összetartó anyag a kötőanyag. Minél finomabbak, kisebbek a törmelékanyag szemcséi, annál jobban megfekszik egymást, annál jobban kitöltik a teret. Az egyes szemcsék közötti űrt likacsnak mondjuk s valamely kőzet likacsainak összegét bizonyos térfogaton belül, *likacstérnek* nevezzük és az osztértér fogat százalékában fejezzük ki. Nyilvánvaló, hogy durvaszemű kőzetek likacstere nagyobb, finomszeműeké kisebb. De nagyban befolyásolja a likacstér nagyságát a szemcsék alakja is. Gyakorlati fontossága következtében számos méréssel és számítással megállapították a kőzetek likacsterének maximumát, ami elméletileg 47.6%.

Ezt a maximumot megközelítik, illetve el is érik bizonyos homok- és kavicsfajták. A legkisebb likacsteret találjuk a tömött; szövetű kőzetekben, mint a karrarai márvány (0.1-0.2%), a bazalt (0.6-1.3%), durvaszemű gránit (0.36-0.86%). A kőzetben levő esetleges hasadékoktól eltekintve a kőzetek általában annál inkább átbocsátják a vizet, minél durvább szövetűek és

alkatúak. Egy tized milliméter szemcsenagyság mellett már megszűnik az átszivárgás s a közet vízzáró lesz.

Az elmondott földtani megfigyelési szempontok, tekintetbevételével a törmelékes közeteket szemcsenagyságuk, anyaguk kötött vagy laza, helybenmaradt és szállított volta szerint a következő áttekintésben összesíthetjük.

| Psephit csoport | Helyi fölhalmozódás | Laza | Kötött |
|-----------------|-----------------------------------|--|---|
| | | Törmelék | Durva arkoza (konglomeratum, breccsia) |
| Psephit csoport | Szállított | Eles törmelék Termőföld Görgeteg, kavics stb. Vulkáni bomba, törmelék | Breccsia Tillit Konglomeratum Vulkáni breccsia és agglomeratum |
| | Fölhalmozódott szállítási maradék | Homok | Földpátos arkóza Grauwakke |
| Psammit csoport | Szállított | Homok (folyó, tengeri stb.) Vulkáni hamu | Homokkő Tufa |
| | Mállási maradék | Agyag, laterit, terra rossa | Agyagmarga |
| Pelit csoport | | Agyag Löss Glaciális agyag | Agyagos közetek Pala |

A törmelékes közeteken kívül vannak oldatokból közvetlenül vagy szervezetek közvetítésével kicsapódott közetek, amelyek mésztartalmúak (mésztufa, édesvízi mészkő, oolitok, dolomit), kovasavasak (geizerit, szarúkö, tűzkő), vasérc (vaspát, glaukonit, mocsárérc) vagy bepárolgási termékek (kősó, gipsz, kálisó, stb.). Végül már az alkati és szöveti észleléseink során megállapíthatjuk bizonyos közetek szerves eredetét, akár különböző kövületekkel (korallal, nummulinás, algás stb.) teli mészkövek, tőzeg- és különböző szénközetek, kovaföld (diatomaceás) és foszfátos közetek alakjában. Az átalakult közetek alkatát túlnyomólag az alkatrészek váltakozva elosztott réteges-palás elrendeződéséről ismerjük föl, miközben különös figyelemmel vagyunk azok egymáshoz való viszonyára.

A közetek szövetén kívül tekintetbe jönnek még a közettani megismerés szempontjából egyéb tulajdonságok is. Ilyen a *keményység*, amely a laza közetektől a legszilárdabbakig mindenféle fokozatot mutat. Ezzel függ össze a közetek *törése* is, amely sima, egyenletes, szabálytalan, egyenlőtlen vagy kagylós. Jellemző lehet némely közet *karca* is, amelyet némely közetnél sósavpróbánál is fölhasználunk, ha nagyobb darabokban nem pezseg. Egyes esetekben a *szag* is jellemző, agyagos közeteknél vagy bitumentartalomnál. Bizonyos ásványos alkatrészek jelenléte a közeteknek sajátos *tapintást* ad. Így a steatitos vagy szericites palák zsíros, sikamlós tapintásúak, míg az aszbeszt puha tapintású. Homokos agyag és agyagos homok szükség szerinti elbírálásánál a helyszínén szintén jó szolgálatot tehet a tapintás is. Jellemző a bauxit nyelvhez tapadása is.

A közetek *színe* nagyon változó tulajdonság ugyan, néha azonban egész földtani korokon belül állandó s bizonyos üledékképződési tényezők eredményeire jellemző. Ilyen a szárazföldi üledékek vasvegyületekkel festett vörös, zöld színe, a tengerek különböző helyein keletkezett üledékek határozott színe (kék iszap, zöld agyag, glaukonitos agyag, vörös agyag, stb.). Ilyenek a perm és alsó-triász vörös homokkővei, az írókréta fehér színe, a mezozoós (jura) vörös mészkövek és rádioláriás tűzkövek. A legtöbb szín vasvegyületektől ered. Leggyakoribb a szürke, többnyire keverékszín. A zöld szín legtöbbször a glaukonittól származik. A barna és

sárga vasvegyületektől, többnyire vasoxidhidráttól nyeri színét, a vörös vasoxid- vagy oxidul-tól. A fehér szín aránylag ritka s teljesen vasmentes kőzeteknél észlelhető, míg a tiszta fekete szerves anyagoktól (bitumen), mágnesvastól vagy fekete ásványok túlsúlyától ered.

A kőzetek megjelenési alakja.

Ha tisztáztuk a kőzetek többnyire különleges vizsgálati eljárást nem igénylő alkati sajátosságait és ezek alapján fölismertük azok hovatartozását, akkor figyelmünket a térbeli megjelenés formáira kell kiterjesztenünk. Ez ugyanis bizonyos mértékig szintén jellemző a kőzetekre. Általában különösen a vulkáni és üledékes kőzetek nagy csoportjában észlelünk a külső megjelenésben lényeges eltérést. A vulkáni kőzetek túlnyomórészt a tér három irányában terjedő tömeges megjelenésűek, míg az üledékek többnyire két irányban terjedő, többé-kevésbé jól elkülönülő síkokban, lapokban, rétegekben jelennek meg. Ezért amazokat *tömeges*, az utóbbiakat pedig *réteges* kőzeteknek is szokás nevezni.

A természetben egy kőzetet sem lehet megszakítás nélküli folytonosságban nyomon követni, mivel azokat kisebb-nagyobb repedések, hasadások átjárják és földarabolják. Ezek a *kőzetrések* (lithoklázis) vagy szabálytalan lefutású repedések vagy határozott irányokat követnek, melyek, mint látni fogjuk, nagyon jellemzők. Keletkezésük mindig másodlagos, azaz a kőzet keletkezése után létesültek különböző módon. Létrejöhetnek *száradás* útján, különösen agyagos kőzetekben, amit esőzések után nyári időben kiszáradt pocsolyában kisebb mértékben mindig megfigyelhetünk. A vulkáni kőzetekben a kőzetrések az egykori tüzes láva többé-kevésbé gyors *lehűlése* útján jönnek létre. Ezt a fizikai jelenséget látjuk a mállásnál említett fölmelegedés és lehűlés ismétlődésénél beálló kőzetszáradásánál is. Végül gyakori okai a kőzetrések keletkezésének a földkéreg mozgásával kapcsolatos erőművi hatások, melyek fölismerhetők határozott, jellemző irányokról.

A kőzetrések felszíni és mélységi kiterjedése nagyon változó. Egyesek csak rövid szakaszokon nyomozhatók, mások kilométerekre terjednek. Néha csak a kőzetet átszelő repedések gyanánt jelentkeznek, máskor néhány centimétertől több méter mélységig terjedő hasadékokat formálnak.

E hasadékok lehetnek tátongók, legtöbbször azonban utólagosan idegen kőzetanyaggal vannak kitöltve, melyek megfigyeléseink során különös figyelmet igényelnek. Ha a kitöltő anyag törmelékből áll, úgy az abban található kőzeteket kell megállapítanunk, míg az idegen kőzetekkel való kitöltésnél arra kell tekintettel lennünk, vajon azok egyneműek-e, avagy különböző ásványos anyagokból állanak. Az ilyen kőzethasadékok utólagos kitöltésénél ugyanis gyakoriak a vulkáni kőzetek benyomulásai, amelyeknek egyik jellemző megjelenési formáját az ilyen *telérek* adják. Ha a kitöltés valamilyen ércet tartalmaz, akkor ércelétről szólunk. A különböző ásványokból álló hasadékkitöltések vizsgálatában az ásványok keletkezésének sorrendi megállapítása a fontos. Az oldatokból kicsapódó ásványos anyagok között ugyanis a könnyebben oldódók később, a nehezebben oldódók hamarabb válnak ki. Így a kalcittal és barittal kitöltött repedésekben a nehezebben oldódó barit előbb válik ki a repedések szélein, míg a könnyebben oldható kalcit később kicsapódva a belsőbb részeket tölti ki.

A tömeges vagy vulkáni kőzetek külső megjelenésében a kőzetrések sokszor határozott rendszerben mutatkozó megszakításokat okoznak. A repedések mentén létesült elválási síkok többé-kevésbé határozott idomokat határoznak, melyek egyes esetekben jellemző *elválási formákat* szolgáltatnak. A gyakoribb ilyen elválási formák egyik típusa a gránitnál észlelhető

A geological cross-section diagram showing a sequence of rock layers. The layers are labeled I, II, and I from left to right. The central layer II is dark and contains a prominent fault line. The layers are numbered 1 through 4 at the bottom. The diagram illustrates the relationship between different geological units and a fault.

Sokkal jellemzőbb a törmelékes, vegyi és szerves eredetű, tehát üledékes kőzetek külső megjelenési formája, mely behatóbb megfigyelést is igényel. Ezek jellemző térbeli megjelenési alakja két irányú kiterjedést mutató *réteg*. *A rétegek nem egyebek, mint az üledékes kőzetek anyagának többé-kevésbé határozott síkokban való elválási formája*. Az egyes rétegek elválasztó síkjai a *réteglapok*, melyek *formailag* megfelelnek a kőzetrések mentén keletkezett hasadási, illetve elválási lapoknak. A kőzetrések és réteglapok között azonban mélyreható különbségek vannak. A kőzetrések, mint láttuk másodlagosan, a kőzet keletkezése után jönnek létre, a *réteglap* azonban *elsődleges jelleg*, mely az üledékes kőzetek keletkezésével egyidőben létesül. Míg a kőzetrések azonos sajátságú kőzetrészeket választanak el, addig a réteglapok többé-kevésbé eltérő jellegű kőzeteket különítenek el. Az üledékes kőzetek jellemző eredeti sajátsága gyanánt mutatkozó rétegzettséget ugyanis az egymásrakövetkező üledék (törmelék) anyag bármily csekély mértékű megváltozása hozza létre. Váltakozó homok és agyag, homokkő közé ékelődő vékonyabb agyagos vagy laza homokos részek, durvább és finomabb homok egymásrakövetkezése vagy egyéb, az anyagban mutatkozó eltérések okozzák a rétegzettséget. Az anyagváltozásnak különböző okai lehetnek, melyek az egykori földtörténeti tényezők működésében rejlenek, tehát megfigyelésünk során gondosan vizsgálandók. Mivel a különböző okokból történt anyagváltozás határai a réteglapok, azért ezek kifejlődésének vizsgálata elsőrendű teendője az üledékek alaki sajátságaira vonatkozó észleléseinknek.

34

között, amikor aztán *rétegekőről* szólunk. A rétegekőket utólagosan szintén ásványos anyagok tölthetik ki, mint a kőzetreszeket. Leggyakoribb a kalcit, agyagos kőzetekben pedig a gipsz, vagy a pirit.

A kőzetek keletkezésével összefüggő réteglapok felszíne sokszor a keletkezésre utaló fontos jeleket mutat. A réteglapok nem mindig egyenletes síkok, hanem legtöbbször egyenetlenek. Gyakoriak a réteglapok egyenetlenségei között azok a hieroglifáknak nevezett rajzolatok, melyek részben szerves eredetűek (mászási nyomok kitöltései, alsóbbrendű növények nyomai), részben ásványos jellegű anyagtömörülésre (konkrécio) vezethetők vissza. Repedések mentén keletkezett ásványos kiválások (kalcit, limonit) sokszor hálózatosá teszik a réteglapokat. Száradás által keletkezett repedések kőzetanyaggal való kitöltései is gyakoriak. Néha egykori száradás útján kikristályosodott kőszókockák utólag föloldódnak s kőzetanyaggal kitöltött formáik a réteglapokon kocka-áalakúságban jelentkeznek. Különösen figyelemre érdemesek a hullámverés nyomai gyanánt mutatkozó hosszúkás, egyenletes lefutású kiemelkedések és mélyedések, melyek egykori tengerpartok üledékeiben jelentkeznek éppúgy, mint sok esetben a réteglapokon látható szabályos, egyenletes gödröcskék gyanánt jelentkező esőcsöppök nyomai, amelyek szintén sekély vízű üledékek sajátja.

Az említett néhány szervesen eredetű jelenségen kívül igen gyakoriak a réteglapokon észlelhető szerves nyomok is. Ezek származhatnak egykor élt állatok életnyilvánulásaiból (mászási-, furási nyomok, lábnyomok stb.) vagy az állatok és növények visszamaradt részeiből. Már itt is reáutalhatunk arra, hogy a réteglapok főntebbi megállapításunk szerint kőzetanyagváltás határai, a kőzetanyagváltás pedig a külső körülmények változásának eredménye, könnyen érthető tehát, hogy a külső körülményektől függő állatok életét lényegesen befolyásolják az ilyen változások, melyek sokszor tömeges pusztulással járnak. Ezért észlelünk a réteglapokon gyakran föltűnő mennyiségben szerves maradványokat.

A réteglapok jelenségeinek vizsgálatánál minden esetben külön kell tartanunk az alsó és felső réteglapon észlelteket, melyek sok esetben azonosak ugyan, de igen gyakran lényeges eltéréseket mutatnak. Ennek a megkülönböztetésnek hasznát látjuk a tulajdonképeni földtaninak említett települési viszonyokra vonatkozó vizsgálatoknál. Szükségünk van azonban erre a megkülönböztetésre a kőzetek alaki sajátságainak tisztázásánál is, hogy a kőzetek réteglapokkal határolt tagoltságát, azaz eredeti *rétegzettségét* megkülönböztethessük egyéb ehhez hasonló kőzetalkai jelenségtől, amely utólagosan jön létre. A rétegzettség mértéke az egyes rétegek méreteitől függ. A nagyon vékony rétegekre osztott kőzetet *palásnak*, a vastag rétegeket *padosnak* mondjuk, a kettő között a *táblás* rétegek vannak. E főformákon belül, a jól rétegzett kőzetektől a rétegzetlenekig az átmenetek és esetek egész sora lehetséges, amelyeket megfelelő jelzőkkel különböztetünk meg (vékony táblás, vastag pados stb.). Az alsó és felső réteglap között azok síkjára állított merőleges adja a rétegek *vastagságát*.

Az üledékes kőzetek jellemző külső megjelenési alakja, a rétegzettség nem mindig észlelhető. Néha a rétegekők elmosódtak, a rétegzés *bizonytalan*, sőt egészen hiányozhat is, amikor a kőzet *rétegzetlen* voltát állapítjuk meg. Ilyen rétegzetlen üledékek, különösen a vegyi úton keletkezett (kőszó, gipsz) vagy szerves eredetű (mésző, dolomit, tőzeg) kőzetek között vannak. A rétegzetlenség lehet azonban utólagos, átkristályosodás, nyomás stb. útján létrejött jelenség is.

A kőzetek eredeti rétegzettségére emlékeztető utólagos alaki sajátságok között említhetjük a vulkáni kőzetek főntebb említett, rétegekre emlékeztető táblás elválását, melynek fölismerése a kőzet alkati jellegének megismerésével nyilvánvalóvá válik. Sok esetben azonban a rétegzett kőzetekben is észlelünk a rétegzettségtől eltérő s annak minden külső jellegét

föltüntető tagolódást, melyet *álrétegzettségnek* nevezünk. Mivel az álrétegzettség az eredeti rétegeket többnyire keresztezi, haránt- vagy keresztrétegzettségnek is mondjuk. Ezek erőművi hatások (nyomás), préselődés (hegyképződés) alatt létrejött közetrések mentén mutatkozó egyenletes tagolódásban nyilvánulnak, melyeket sokszor a tulajdonképpeni rétegzettségtől nagyon nehéz megkülönböztetni. Ilyen esetekben a réteglapokon észlelhető említett sajátságok vizsgálata segít bennünket, amennyiben az álrétegek lapjain ilyeneket sohasem találunk s a réteglapok mentén mutatkozó közetanyagváltozásnak szintén semmi nyomát sem látjuk. Az álrétegzettséghez kell sorolnunk azokat az eseteket is, midőn utólag keletkezett ásványos kiválások az eredetileg rétegzetlen közetben szabályos elrendeződésben a rétegzettség külső képét mutatják. Más esetekben viszont ugyanezeknek ilyen szabályos elrendeződése teszi fölismerhetővé a rétegződést. Beszivárgó vizekből kicsapódó festőanyagok is okozhatnak rétegződésre emlékeztető jelenségeket. A rétegzetlen löszben sok esetben kavicsrétegeket találunk, amelyek figyelmeztetnek bennünket arra, hogy itt már nem elsődleges településben levő lösszel állunk szemben, hanem átmosott, úgynevezett völgyi lösszel.

A kőzetmegfigyelések kivitele.

Az eddig tárgyalt szempontok alapján a kőzetek megismerésénél akár föltárásokban, akár anélkül, törekednünk kell az ásványos alkatrészek megállapítására és az említett alkati tulajdonságok tisztázására. Már ezekből is kitűnik, hogy az üledékes és vulkáni kőzetek nagy csoportjában a megfigyelés kivitelében is lényeges eltérések vannak. Földtani vizsgálataink egyik céljául ugyanis a kőzetek keletkezésének vizsgálatát tűztük ki, amely az ásványos alkatrészek és egyéb alkati és alaki sajátságok megismerésével a vulkáni kőzetekre nézve már adva van. Ezeknél tehát azt kell még vizsgálnunk, hogy jellegeik változatlanul nyomozhatók-e s különösen miként viselkednek a szomszédos kőzetekkel szemben. Az érintkezési felületek gondosan vizsgálandók az átmenetekkel együtt és lehetőleg a finomabb vizsgálathoz szükséges csiszolatokhoz apróbb darabokat sűrűen gyűjtünk.

Míg a kitörésbeli (vulkáni) kőzetek alkati jelenségeinek tanulmányozása körültekintőbb vizsgálatot igényel, alaki sajátságaik azonban egyszerűbbek, addig az üledékek alkati jellegei kevesebb vizsgálatot kívánnak, megjelenési formáik adják azonban a megfigyelések oroszlánrészét. Ezek teszik lehetővé a keletkezési viszonyok tisztázását, amelyhez ebben az esetben már megfigyelésünk rendjében második helyen kijelölt őséleti viszonyok vizsgálata is szükséges. Ezek vezetnek ugyanis a keletkezési viszonyok fölismerésére, de csak a kőzetek alkati és alaki jellegeinek ismeretével kapcsolatban. Ezért ebből a szempontból is gondos megfigyelésekkel törekednünk kell az alkati sajátságok egyenletes vagy változó jellegére, az észlelhető változásokra és átmenetekre. Az alaki tulajdonságok, a közetrések jelenléte, a különböző elválási formák vagy a rétegzettség mikéntje fontos irányítói a kőzetek gyakorlati értékesítésének is s kőfejtők telepítésénél nagy szerepük lehet.

II. Az őselet-földtörténeti megfigyelések.

A kőzetek sajátosságainak vizsgálata földtani megismerésünkben elvezet bennünket a keletkezési viszonyok és ezzel kapcsolatos földtani jelenségek fölismeréséig. A föld *anyagának* megismerése azonban nem meríti ki a földtan célját, mert hozzátartozik még az egykori *szerves élet* történeti vizsgálata is. Az élet első megjelenésétől kezdve szoros kapcsolatot mutat ugyanis minden földünkön végbemenő jelenséggel, amiknek nyomozása e nélkül lehetetlen volna. A mai (jelenkori, recens) élővilág tarka sokféleségben borítja a földfelület minden részét, a tengerek nagy mélységeiben éppúgy otthonos, mint a sekélyebb helyeken, a sivatagokban és alföldön csak úgy, mint a magas hegységeken. A földkerekség különböző közegei (levegő, víz, szárazföld), változó térszínei és területei, a szerves élet sokféle formáinak egy-egy kifejlődését képviselik, melyeknek tanulmányozása a növénytan és állattan körébe tartozik. A földünk régi térszínét egykor benépesítő szerves világ *öslényeknek* nevezett alakjaival az öslénytan (palaeontológia) foglalkozik. Amint földünk anyagának megismerésénél a kőzettan eszközeivel élünk, úgy a szerves élet vizsgálatát az öslénytan segítségével eszközöljük, tehát élettudományi (biológiai) módszerekkel dolgozunk.

Az öslények és megmaradási módjuk.

Földünk egykori élőlényei, növények és állatok, a földrétegbe temetve több-kevesebb ásványos átváltozással maradtak reánk, miért is ezeket az ősvilági lényeket, öslényeket, helytelenül kővületeknek szokás nevezni. Ez az elnevezés nem egészen találó, mert az egykori szerves élet maradványai nem mindig váltak kővé, azaz kövesedtek meg, tehát nem mindig „kővületek”. „Kővület” alatt az egykori növényi vagy állati élet nagyon különböző maradványait értjük. A növényi és állati részeken kívül kővület az egykor élt állatok (férgek, rákok stb.) mászási nyoma, az emlősök lábnyoma, a rágási nyomok, bélsár (koprolit), szóval minden olyan jelenség, ami az egykori állattól ered vagy annak életével kapcsolatos. Míg azonban a ma élő növények és állatok teljes egészükben képviselnek egy-egy típust, addig a kővületek csak a legritkább esetben mutatják hiánytalanul az egykori állatot, legtöbbször csak egyes részeit, néha csak egészen jelentéktelen nyomokat, amelyek éppúgy képviselnek egy-egy típust, mint az egész állat. Kővület tehát a szőröstől-bőröstől eltemetett mamuttetem, ugyanúgy, mint egy magános fog, egy kagylóteknő, lábnyom vagy levéllenymat.

Mindezekből kitűnik, hogy az egykor élt állatok és növényeknek a föld rétegeiben eltemetett s reánk maradt részei nagyon különböző értékűek. Ennek oka egyrészt magukban a növényi és állati alakokban, másrészt azokban a változásokban keresendő, melyek részben az elhalás után, betemetés előtt, másrészt a rétegekbe temetés után, utólagosan végbementek. A halál után minden esetben bekövetkeznek a „kövesedés” további folyamatait befolyásoló változások. A lágy részek, bőr, izmok, belső szervek, legtöbbször teljesen megsemmisülnek, föltéve, hogy különösen kedvező óvóanyagok, mint a gyanta, jég, meszes vizek bekérgezése, meg nem mentik azokat is az enyészettől. Az élet tartama alatt meglevő pompás színgazdagság a halál után csaknem mindig eltűnik, a színek elhalványulnak s a kővületeken megtartott eredeti szín a legnagyobb ritkaságok közé tartozik. A lágy részek pusztulása után csak a szilárd részek alkalmasak a megmaradásra, ezek is csak úgy, ha a külszín vagy hullámverés pusztító hatásaitól mentesítve, idejekorán valamilyen üledékbe kerülnek. A különböző helyen és

körülmények között élt állatok és növények részeinek megmaradási lehetőségei nagyon különböznek. A szárazföldön élők tetemei a légköri hatásoknak sokkal inkább vannak kitéve, mint a tengerekben elhalt és csakhamar betemetett maradványok, ezért az utóbbiak nagyobb mennyiségben és legtöbbször jobb állapotban maradtak reánk. A szárazföldi állatok tetemeinek szilárd részei is összefüggésükben szétlazítva, patakokba, vízmosásokba kerülve szétszóródnak sőt meg is semmisülnek, miért is ezek maradványai általában ritkábbak is. Megmaradásukat nagy mértékben befolyásolják az éghajlati viszonyok is. Ugyanez vonatkozik a növényekre is, melyek a mai térszínhez szervesen hozzátartoznak, az egykori térszínből azonban csak az állati életnél jóval hiányosabb maradványokkal vannak képviselve. Minthogy pedig a tengeri üledékek sokkal nagyobb szerepet visznek földünk alkotásában, mint a szárazföldiek, a tengerekben pedig bizonyos mészalagaktól eltekintve a növények alárendeltebb fontosságúak, azért a kövületek földtani értékelésében leginkább csak az állati maradványok viszik a főszerepet.

Ezek szerint tehát az egykori szervezetek maradványai alatt földtani célokra túlnyomólag csak a gyakoriságuk, megtartási módjuk és ebből folyó ezidőszert biztosabb tanulmányozhatóságuk miatt leginkább csak az állatiakat értjük, amelyek háromféle alakban maradnak reánk:

1. az egykori élőlény változatlanul, egész alakjában vagy szilárd részeiben;
2. életjelenségekben;
3. lakóhelyek nyomaiban.

1. Változatlanul, azaz lágy részekkel együtt megmaradtak az ősszállatok, ha különösen kedvező körülmények között olyan ásványos vagy kőzetanyagba jutottak, amelyek a lágy részeket is megőrizték. Néha ugyanezt a különleges éghajlati tényezők is előidézhetik. Ilyen anyagok a jég, földi viasz (ozokerit), sóoldat, gyanta (borostyán). Szibéria örök jégéből mamuttetemek kerültek ki, a galíciai Starunia ozokerit telepében a Rhinoceros antiquitatis tetemét találták. Az északnémetországi borostyánban kitűnően megtartott és még hajszálfinomságú részeket is kitűnően föltüntető rovarok példázzák ezt a megtartási módot. Szabad légjárásnak kitett meleg száraz helyen a száraz mumifikáció, azaz a tetem teljes egészében való kiszáradása lehetséges. A kiszáradt hullát befödő finom kőzetanyag a legfinomabb részek alakját is híven megőrzi. Ilyen módon keletkezett dinosaurusféle került ki az északamerikai felső-kréta rétegekből (Trachodon annectens). Hasonló lágy részeket utánzó kövületeket az alsóbbrendűek sorában is ismerünk. A Gastrochaena dubia nevű furókagyló néha a szifó gyűrűs izmait föltüntető alakban található, ami a kagyló által fűrt üregnek a lágy részeket is híven mintázó finom iszappal való kitöltésével magyarázható. A kövületek ilyen megmaradási módját *álalakúságnak* mondjuk.

A finom kőzetanyag különböző lágy részek megőrzésére alkalmas. A württembergi finom iszapnak megfelelő fekete liász agyagpalából bőrs Ichthyosaurusokat ismerünk. A világszerte ismert bajorországi litográf palából nagyon sok, finom részletében is tanulmányozható rovar (szitakötő, lepke) és madártoll ismeretes. A lágy részek ilyen kedvező körülmények között való változatlan megtartása mellett ritkábban a lágy részek „kövesedhetnek” is, azaz ásványos anyagok fölvétele útján eredeti szöveti szerkezetüket is megtartják. Az említett litográf palák gerinces maradványai között egyes esetekben az izmok jellemző szöveti szerkezetét mutató foszforitos alakulatok voltak észlelhetők, amelyek a tetem rothadása közben foszforsavas cserebomlás útján létesült „kövesedett” izmoknak bizonyultak.

1/a. Az idegen ásványos anyagok fölvételében nyilvánuló *kövesedés* a lágy részek pusztulása után, szilárd vázú állatoknál gyakori. A szilárd állati vázak legtöbbször szénsavas mészből, kitinből, ritkábban kovasavból vagy foszforsavas mészből állnak. A kövesedés alatt a váz

anyaga változatlan marad vagy átalakul. A legegyszerűbb esetekben a váz eredeti anyaga változatlan s csak fizikai sajátságaiban változik meg: keményebb, tömöttebb lesz vagy lazábbá válik és színét veszti. Ez az eset különben a puhatestűek mészvázainál gyakori. A gerincesek csontjainak anyvanyaga is kilugozódik vízetátbocsájító kőzetekben s törékenyebbé válik.

Az *anyagváltozással* járó kövesedés esetei sokfélék és részben a vázak anyagától, részben a kövesítő anyagtól függenek. A szerves anyagú vázak (szarú, kitin, konchiolin, növényi részek) másként kövesednek, mint a szervetlen anyagú (mészpát, aragonit, kovásv) szilárd részek. Ennek megfelelőleg a kövesedés esetei a következők:

1. *Szenesedés*, a szerves anyagú szilárd részek légmentes lassú desoxidációja, aminek nyomán legtöbbször az eredeti szöveti szerkezet többé-kevésbé megsemmisül. A szenesedés a növények leggyakoribb kövesedési módja, de gyakran az állatok között is előfordul (graptolites, rovarok).

2. Az *ásványos átkövesedés* a szilárd vázak anyagának ásványos oldatokkal való átitatása útján, részben vagy egészben más ásványos anyagokkal való kicserélődésben nyilvánul. A gerincesek csontjaiban levő foszforsavas mész, sőt sokszor a porcos részek helyét is mészkarbonát (kalcit) foglalja el, ami a csontot tömöttebbé, nehezebbé és törékenyebbé teszi. Növényeknél, különösen a fatörzsek átkövesedése, kovásv fölvételében nyilvánul (kovásodás). Gyakori kövesítő anyag a pirit, ezenkívül a hematit, limonit, sziderit, ólomérc, malachit, kén, baryt, cölesztin, fluorit és magnezit. Mint fentebb láttuk, az ásványos átkövesedés lágy részekben is (izmok) lehetséges.

3. *Bekérgezés* (inkrustáció). Mész- vagy kovásv tartalmú vizekben állati vagy növényi részek, sokszor lágy részeikkel együtt meszes vagy kovásvas kérget kapnak, amelyen belül a szerves anyag elpusztul, de a mészkéreg hűen megőrzi a testalakot.

Már a lágy részek fentebbi tárgyalásánál láttuk, hogy gyakran csak az állatot vagy annak egyes részeit mintázó kőzetanyag szolgáltatja a kövületet. Ez különösen a gerincteleneknél nagyon gyakori. Finomabb anyagú kőzetekben az állatoknak, néha lágy részeikkel együtt *lenyomatai* is megmaradnak. Az említett litográf palában a kocsonyás állományú medúzák is jól fölismerhető lenyomatot adnak. Más esetekben kagylók, csigák vázait kitöltő kőzetanyag marad csak reánk, mely a vázak belső jellegeit (izmok, köpenybenyomat, fogak, lécek stb.) mintázza. A vázak anyaga utólag föloldódik s létrejön a *belső kőbél* (kőmag). Néha az utólag kioldott vázak helyét szintén kitölti a kőzetanyag és a váz külső képét mintázó, vagy *díszített kőbél* keletkezik. A lenyomatok és kőbelek tehát nem tulajdonképpen kövületek, mert a szerves maradványnak semmi nyomát sem mutatják, hanem egyszerűen csak vázrészek nélküli alakutánzást képviselnek.

2. Őslénytani vizsgálataink során különös gondot kell fordítanunk a földtani következtetések szempontjából megbecsülhetetlen *életjelenségek* megfigyelésére is. A szerves élet ugyanis függvénye annak a közegnek és környezetnek, illetőleg azoknak az egykori viszonyoknak, melyeknek kinyomozása egyik célunk. Az életjelenségek megmaradási módja elsősorban azok természetétől függ s vagy csak egyszerűen nyomokban vagy az egykori életműködés során létesített termékekben mutatkozik. Csaknem minden életjelenségre vonatkozó maradványokat ismerünk. Leggyakoribbak a minden állat legsajátosabb életnyilvánulása gyanánt ismert *helyváltoztatásra* vonatkozó maradványok, melyek alsóbbrendű állatok közelebről ritkán elemezhető mászási nyomaitól a felsőbbrendűek sokszor biztosan fölismerhető állattípusokra vonatkoztatható *lábnyomáig* minden fokozatban képviselve vannak. Bizonyos mértékig idetartoznak az alsóbbrendű tengeri állatoknál gyakori *furási* nyomok (furószivacsok, kagylók, tüskésbőrűek), melyek sokszor egész járatokban mutatkoznak. A *táplálkozásra* utaló

maradványok szintén nem ritkák. Ezekből sok esetben az állat tápláléka is pontosan megállapítható, sőt a szibériai jégbefagyott mammutok gyomrában talált növények nemcsak az állat növényevő voltát bizonyították, hanem az egyes növényfajták meghatározásával az egykori tenyészet képét is megrajzolhatóvá tették. Hasonló eseteket sűrűn ismerünk ragadozó állatoknál, ahol egyes tengeri állatok testüregében észlelt maradékok közvetlen bizonyítékai mellett még a lakóhelyükön talált ételmaradékból közvetve is az illető állat táplálékára tudunk következtetni. Az *emésztés* módjára vetnek világot a ma élő madarak gyomrában észlelhető gyomorkövek (gastrolit), amelyek az egykor élt állatok testüregében sem ismeretlenek (Plesiosaurus). A megkövesedett ürülék (koprolit) bizonyos üledékekben nagyon gyakori és egyes esetekben azoknak jellemzőbb alakjaiból, meghatározott állattípusokra is lehet következtetni. Az *ivarélet* jelenségei ritkák ugyan, de egyes esetekben (rovaroknál) bekövetkezett hirtelen halál a pázás jelenetét is rögzítette. Különböző állatok *együttélésére*, *élősködésére*, az állatok egymáshoz való viszonyára, létért folytatott harcaira vonatkozó nyomok is fölismerhetők az egykori állati maradványokon. Betegségek nyomai, sérülések, kiegészülések (regeneráció) nem ritkák a gerincesek csontjain éppúgy, mint a gerinctelenek sorában sem.

3. A *lakóhelyek* főleg magasabbrendű állatoknál jöhetnek számításba. A ragadozók barlangjaiban található maradványokból a táplálékon kívül az állat tartózkodási módját (állandó vagy időszakos), sőt okát (betegség, halál) is megállapíthatjuk. Kedvező esetekben bizonyos állatok földalatti járatai is megmaradnak (Daemonelix).

Mindezek az esetek mind a „kövület” fogalmába tartoznak, amennyiben egykor élt állatokra vonatkoznak. A maradványoknak itt csak futólagos rövidséggel említett eltérő jellegei is eléggé indokolják a kövület elnevezés ki nem fejező voltát.

Az őslények előfordulási viszonyai.

A földkerekség minden részét benépesítő szerves élet mai viszonyai alapján az egykori élet nyomait mindenütt joggal várhatnánk, ha a földtörténeti tényezők működése és a főtebb említett megtartási viszonyok nem befolyásolnák az őslények előfordulását. Az előfordulás módja mindenekelőtt azoktól a főtebb tárgyalt megtartási lehetőségektől függ, melyek az egykori szervezetek elhalási helyein találhatók. Láttuk, hogy a szárazföldi gerincesek tetemei a pusztító tényezőknek jobban vannak kitéve, tehát ezek megmaradása, illetve előfordulása ritkább. Sok tekintetben függ az előfordulás módja az egykori életmódtól is, amennyiben a társasan vagy telepekben élt szervezetek szükségszerűen gyakrabban találhatók, mint a magánosan élők. Más előfordulási viszonyok között találjuk a halálozás helyén eltemetett szerves maradványokat és a bármely okból tovaszállított tetemek maradványait. Sok függ végül a bezáró közetanyagtól is.

Az egykor élt állatok vagy szilárd részeik fönmaradásának előfeltétele, hogy kellő időben valamilyen védő közetanyagba kerüljenek. Ez a védő betemetés szárazföldön és tengermedencében egyaránt csak a földtani erők (víz, jég, szél) szállította törmelékanyaggal történhetik. Eredetileg tehát *kövület csak törmelékes anyagban található*. Minthogy pedig ezek túlnyomólag üledékes eredésűek, azért a kövületek előfordulása uralkodólag üledékes közetekhez van kötve. Ritkább esetben vulkáni eredésű törmelékben is vannak kövületek, többnyire csak vízben, leülepedett hamuanyagban (tufa). A szárazföldön végbemenő vulkáni kitörés minden életnek ellensége, lávaanyagába tehát csak másodlagos úton kerülhetnek kövületek, ha a mélységben levő kövületes üledékekből hoz föl a kitörés zárványokat. A szárazföldi vulkáni törmelékben a növények gyakoribbak.

A szerves élet nagy elterjedését tekintve, kövületek minden üledékben joggal várhatók s ha mégsem találunk, ennek oka részben a szilárd vázrészek tovaszállításában, részben a kőzet sajátságában rejlik. A különböző kőzetek ugyanis nem egyformán viselkednek a kövületek megőrzésében s bár általános szabály erre nézve nincsen, mégis megjegyezhetjük, hogy az utólagos elváltozásokat (átkristályosodás, dolomitosodás, ércesedés) szenvedő, valamint a vizet áteresztő kőzetek a kövületek megtartására nem alkalmasak. Az átalakult kristályos palák kövületekben nagyon szegények. A durvaszemű konglomerátumok és breccsiák kövületek megtartására nem kedvező kőzetek s legfőljebb igen erős, vastaghéjú vázrészek (kovásodott fatörzsek, osztrigák) töredékeit tartalmazzák. Durvaszemű homokkővek is ritkábban tartalmaznak kövületeket s legtöbbször csak kőbeleket. Agyagos kőzetek általában jó megtartású kövületeket szolgáltatnak, különösen, ha kissé homokosak. A homok legtöbbször szintén jól megtartja a szerves maradványokat, melyeknek előfordulása igen sokszor, úgy mint az agyagban is konkréciós utólagos kiválásokhoz van kötve. A rothadó szerves anyagok ugyanis vegyi bomlás útján ásványos kiválásokra (mész, pirit, limonit) adnak okot, melyek a szerves maradványokat körülveszik és sokszor a legszebb megtartásban biztosítják azokat. Az ilyen ásványos kiválások legtöbbször épen csak a kövületekre szorítkoznak, anélkül, hogy a kőzetben másutt is találhatók volnának, előfordulásuk tehát már előre fölhívhatja figyelmünket. A mészkővek nagyon különbözően viselkednek kövületek előfordulása szempontjából. Az átkristályosodott mészkővekben a kövületek legtöbbször a fölismerhetetlenségig elmosódnak, megsemmisülnek, átkristályosodnak, máskor pedig a kőzetanyaggal elválaszthatatlanul egybeforognak. Az utóbbi esetekben a felületi mállás gyakran nagy segítségünkre van, mivel a szövetében többnyire tömöttebb s így a mállásnak ellenállóbb kövületeket) utánoszthatatlan módon domborműszerűen sőt teljesen kiszabadítja, a könnyebben megtámadható kőzetanyagból. Ugyanígy viselkednek a dolomitok is, miért is ezek szerves maradványainak keresésénél a mállott felületek nagy gonddal vizsgálandók. Agyagos betelepülések előnyösen befolyásolják a mészkővek kövülettartalmának lehetőségeit, nemkülönben a márgás kőzetek is.

Míg a különböző kőzetek a kövületek előfordulását minőségileg befolyásolják, addig a mennyiségi viszonyok, vagyis a kövületek gyakorisága az egykori életmódtól, az elhalás körülményeitől és azoktól a tényektől függ, melyek a tetemek helybenmaradását (betemetés) vagy elszállítását okozzák. Azok a kövületek, melyek életük színhelyén maradványok jutottak az őket bezáró kőzetanyagba, *helybenéltek*¹ (autochton), míg a haláluk után idegen helyre szállított hullák megmaradt részei *másutt éltek* (allochton). Az utóbbi megkülönböztetés csak azokra a kövületekre vonatkozik, amelyek közvetlen haláluk után beállott *egykorú* szállító erők (folyóvíz, hullámverés, szél) hatása alatt kerültek idegen helyre. Vannak azonban olyan kövületek is, melyek valamilyen kövületes rétegből kimosva, későbbi időben keletkezett üledékbe kerültek, mint pl. a németországi pleisztocén morénatörmelékben található svédországi szilur kövületek. Ezeket *másodlagos* fekhelyű kövületeknek kell neveznünk. A különbség abban van tehát, hogy a másutt élt kövületek egykor élt növények vagy állatok elhalása után, legtöbbször még az illető fajok élettartamában kerültek idegen környezetbe, míg a másodlagos fekhelyű kövületek már kövületek alakjában jutottak más rétegekbe.

Szárazföldi gerincesek között a tulajdonképpeni helybenélt típusok ritkábbak, mert ezeknek tetemei legtöbbször a szállító földtani tényezők hatása alatt idegen helyre kerülnek, másrészt pedig, mert ezek természetes halálukat érezve, sokszor életük színterétől messze eltávolodnak. Hirtelen haláluk viszont olyan földtani eseményekkel lehet kapcsolatos, amely rendes életük

¹ Minthogy a modern őslénytan az egykori szervezetek életének vizsgálatát célozza, azért ez a kifejezés megfelelőbb, mert a „helyálló” a magyarban egyéb földtani vonatkozásban van lefoglalva.

színterétől távolesik. A vulkáni hamuhullásban elpusztult vagy mocsaras területek ingóványaiba fult állatok példázák ezeket az eseteket. A barlangok gerinces maradványai nagyrészt odahurcolt zsákmányokból vagy előregedett egyének halálozási maradványaiból telnek ki. Természetes, hogy ezek az esetek a valóságos élettájékoktól nagy eltávolodást azért nem jelentenek, úgyhogy legtöbbször nagyobb hiba nélkül az ilyen gerinces maradványokat is helybenélt alakok gyanánt tekinthetjük. A tengeri állatok között a fennőtt fenéklakók (sessilis benthos) legtöbbször, a szabadon mozgók (vagilis benthos) pedig gyakran helybenélt alakokat szolgáltatnak. A szabadon úszók (nekton) és különösen a lebegő alakok (plankton) azonban haláluk után a hullámok hátán mindenüvé elkerülhetnek s az utóbbiak élettájék szempontból földtanilag mindig másuttélt típust képviselnek.

Gyakoriságukat tekintve a kövületek vagy szórványosan mutatkoznak, vagy nagy mennyiségben. Az utóbbi esetben néha kisebb területre szorítkoznak, fészkek vagy lencseszerűleg mutatkoznak a rétegek között, máskor azonban kisebb-nagyobb vastagságú rétegeket egészen megtöltve, *kőzetalkotó* mennyiségben észlelhetők. Ilyenek különösen a szerves eredetű üledékekben gyakoriak. Foraminiferás iszapok (írókréta), nummulinás mészkő, korallzátonyok, kagyló- és csigafölhalmazódások szolgáltatnak ilyen eseteket. Idetartoznak a kőszéntelepek is, amelyek növényi anyagok fölhalmazódásai, noha jól fölismerhető kövületeket nem mindig tartalmaznak. A kövületek tömeges előfordulása nem jelenti egyszersmind azok helybenélt voltát, sőt még azok halálozási helyeit sem. Az egykori korallzátonyok helybenélt kövületeket adnak, ellenben a legtöbb tömegesen előforduló kövület csak összehalmazott vázrészeket képvisel, tehát tulajdonképpen csak a szilárd részek betemetési helyeit jelzi. Ezek az esetek mindenkor nagyon gondosan mérlegelendők, még pedig az egykor élt szervezetek életmódjának vizsgálatával. Eredetileg magánosan élő alakok tömeges előfordulása mindig utólagos összehordottságra utal. Néha a tömeges előfordulás hirtelen bekövetkezett halált jelent. A perm rézpala gazdag halfaunája a tengerbe ömlő rézvitríolos vizek mérgező hatása alatt hirtelen pusztult el.

Az üledékekbe temetett szerves maradványok a nehézségerő hatása alatt a rétegzettségnek megfelelő helyzetet foglalják el. Minthogy a réteghatárokat kőzetanyagváltozás határai gyanánt ismertük meg, melyek a földtani erők megváltozása nyomán létesültek, ezek a változások a szerves élet fölött sem haladnak el nyomtalanul s legtöbbször sok alak halálát jelentik. Máskor a hullámveréssel szállított durvább törmelékanyag okozta rétegváltozás számos állati maradvány összemosásával jár együtt. Ilyenformán a rétegváltozások, tehát a réteglapok, a kövületek előfordulásának várható helyei gyanánt tekintendők. Egy okkal több, hogy a réteglapok főntebb hangoztatott gondos vizsgálatára törekedjünk. Nagyobb szabású rétegváltozások néha egész faunák megsemmisülésével járnak, amikor is a kövületek mindig az alsó réteglapokon várhatók.

A kövületek szerepe a földtani vizsgálatban.

A földtani megfigyeléseink során a különböző kőzetekben észlelt kövületek messzemenő következtetésekre jogosítanak. Csaknem minden további vizsgálatunk ugyanis a kövületek tanulmányozásából leszűrt eredményeken épül föl. Földtani kutatásaink rendjében még természetesen annak is megvan a jelentősége, ha valamilyen kőzet kövületnélkülinek bizonyul. Mindezeket a következtetéseket lehetővé teszi az a szoros viszony, mely a kövületek, mint egykori szervezetek és az azokat bezáró kőzetanyag sajátosságai között van, valamint az a tapasztalati tény, hogy a különböző földtani időben más-más szerves élet népesítette be a

földet. A kővületek vizsgálatán alapuló következtetések a földtani kutatások oroszánrészét teszik és *kormeghatározásra, keletkezési viszonyok tisztázására, település fölismerésére és az egykori viszonyok megállapítására* (ösföldrajz) irányulnak. E nagyfontosságú kérdések tisztázásánál a kővületekre vonatkozó helyszíni megfigyeléseinken kívül szükség van azok gondos részletes vizsgálatára is, ami őslénytani módszerekkel történik. A kővületek vizsgálata ugyanis, mely régebben csak földtani teendő volt, ma már az őslénytani (ösállattan, ösnövénytan) elkülönült tudományágainak föladata, úgy mint ahogy a kőzetvizsgálatokat a kőzettan végzi. A kővületek tanulmányozása azonban épen nagy fontossága miatt, a földtani teendők között az őslénytani elkülönülése után is megmaradt, úgyhogy a kővületek mindkét tudomány vizsgálati tárgyát teszik. Míg azonban az őslénytani vizsgálat célja az egykor élt növények és állatok minden jellegének megismerése, a szerves élet fejlődésmenetének kapcsolata, változásainak oka és módja, addig *a földtani vizsgálatokban az egykor élt növények és állatok ismerete nem cél, csak kutatási eszköz*, melyre a sokféle földtani jelenségek tisztázása végett van szükség. A vizsgálat céljainak ilyen lényeges különbsége biztos határt von a két tudomány között s megállapítja egymásrataltságuk mellett azok önállóságát is. Az őslénytani ugyanis kizárólagosan élettudomány, mely kutatási módszerében a földtani vizsgálatok kész eredményeit használja föl, míg a kővületeket őslénytani módszerekkel tanulmányozva törekszik földtörténeti céljainak elérésére.

A kővületek földtani célú vizsgálatánál először is azok rendszertani helyének megállapítására törekedünk, aminek alapján a rétegek kormeghatározása válik lehetővé. Az egykori életmódnak őselettudományi (palaeobiologia) alapon való megállapítása a keletkezési viszonyok tisztázására vezet. Ezzel az őslénytani jellegű vizsgálat befejezést nyerhet, mert a továbbiak már az így nyert eredményeken fölépülő tiszta földtani teendők. Lássuk közelebbről ezeket a kővületek vizsgálatára alapított földtani következtetéseket.

A földtani kormeghatározás őslénytani alapjai.

Földünk folytonos fejlődésében megnyilvánuló jelenségek egymásrakövetkezésének vizsgálata a földtani kormeghatározás. Ez régebben kőzettani alapon történt abban a föltevésben, hogy minden kornak megvannak a jellemző, kizárólagos kőzetei. Csakhamar kitűnt azonban, hogy a legkülönbözőbb időkben keletkezhettek azonos kőzetek, ami természetes következménye a különböző földtani erők működésének állandóságára vonatkozó megismerésnek (aktualizmus). A kőzettani jellegek tehát egymagukban kormegállapításra nem elegendők, bár egyik-másik kor megnevezésében még máig is megmaradtak (karbon, vörös homokkő, kréta).

A földtani kormeghatározás eszményi célja olyan időegység keresése, melynek segítségével a földtani történések tartama és egymásrakövetkezése megállapítható. Erre a célra a kőzetek azért sem lehetnek egymagukban elegendők, mert különböző tényezők működésének termékei, amelyből a működések folyamata megállapítható, de a történés, az időbeliség, a működések tartama nem. Sokkal biztosabb eszköze ennek a szerves élet, amely földünk jelenségváltozásokkal jellemezett egymásrakövetkező földtani időszakaiban a viszonyokhoz alkalmazkodva, más-más volt s épen ezért folytonos fejlődésének minden szakasza egy-egy földtani időszakot jellemez. Ez a tapasztalati megállapítás teszi lehetővé a kővületek felhasználását az őket bezáró üledékek korának meghatározásában. A kővületek említett irányú vizsgálatával ugyanis megállapítjuk azt a fejlődési fokot, melyet azok képviselnek s ezzel a kormeghatározás lehetővé válik. A biológiai vizsgálat azonban egymagában szintén nem elégítheti ki a földtani igényeket, mert a rétegekből gyűjtött kővületek sohasem önmagukban, hanem az

őket bezáró kőzeteknek már előzőleg tisztázott jellegeivel egyetemlegesen tanulmányozandók. A föld és a rajta levő élet egymásrautaltsága, szükségszerű összefüggése szolgáltatja azt az együttes földtani egységet, mely a kormeghatározást lehetővé teszi. Ez a vizsgálati irány tehát kettős, mert a földtani viszonyok alapján történik a rétegtan és élettudomány eszközeivel, biosztratigrafiai szempontból. Az így nyert eredmények lehetővé teszik aztán a keletkezési viszonyok tisztázását is.

A földtani kormeghatározást célzó őslénytani vizsgálat vagy egyes állattípusokra vagy egész faunákra van alapítva. A földtani jelenségek történésének megállapítására előbbi esetben egy faj, utóbbi esetben a fauna élettartama szolgál. Ennek kivételét a fejlődéstörténeti vizsgálatok adják, amelyek a szerves élet fokozatos és folytonos fejlődését állapították meg. Már a kormeghatározás első biológiai alapokra helyezője, *Smith* kimutatta az egymásrakövetkező földtani képződmények eltérő faunáját. Ebből a tényből kiindulva a földtani kormeghatározás sokáig abban a keretben mozgott, hogy a különböző rétegek egy-egy jellemző kőülete, a *vezérkőület* alapján törekedtek a korok fölismerésére. A vezérkőületekhez fűzött egykori fölfogások lényegesen megváltoztak s ma már erre a célra csak egyes nagy elterjedésű és rövid életű típusok használhatók.

A biológiai alapon történő kormegállapítás kiindulása a kőületek rendszertani helyének kijelölése, ami ma már jóval körültekintőbb alapon történik, mint régebben. Az egykor kizárólag csak alaktan-leíró szempontból vizsgált holt kőületek jelenleg gondos összehasonlító bonctani-fejlődéstörténeti valamint őselettudományi vizsgálatokkal megelevenített egykori élőlényekké váltak, amelyeknek élete földünk egykori jelenségeit jeleníti meg. Ezért különös súlyt helyezünk már a gyűjtéssel kapcsolatban, külső észleléseinkben a szerves maradványok és az azokat bezáró kőzet viszonyára, hogy ebből az együttesből minél tökéletesebb képet alakíthassunk földünk ősi állapotáról. A kormeghatározásnál tekintetbe vehető időegységet jelző fajok elhatárolása gondos őslénytani vizsgálatot igényel. Az így nyert eredmény azonban a fajfogalom ingadozó volta, illetve a fajok nehéz elhatárolhatósága miatt nagyon különböző. Vannak ugyanis nagyon változó jellegű alakok, melyeknek folytonosan ingadozó jellegei mellett az összetartozó alakok kijelölése tág teret ad az egyéni fölfogásnak. Az ilyen térben nagyon változó formák, az időben bekövetkező változásokra még jobban reagálnak s az ilyen nagy elterjedésű, gyorsan változó, rövid élettartamú fajok a megfelelő gondos összehasonlító vizsgálat mellett a legjobb alapjai a kormeghatározásnak. Ezzel szemben az állandó (*persistens*) típusok, melyek a legrégibb földtani időszakoktól kezdve hosszú időszakokon át, sokszor máig is semmit vagy csak jelentéktelenül változva éltek, semmiképpen nem használhatók önmagukban kormeghatározásra. A kőületek nagyon különböző megtartási módja, a különböző állatosztályokba tartozó típusok nagyon különböző értékű maradványai is megfontolást igényelnek, valahányszor egyes típusok alapján kell kormegállapítást végeznünk. Mindezek a nehézségek az egyes fajokkal szemben az egész faunákra alapított kormeghatározásnak adnak előnyt.

Valamely földtani kor faunája alatt az abban élt állatok összességét értjük. A kőületek említett megtartási módjából, illetve lehetőségéből következik, hogy ez a fauna teljes egészében sohasem marad reánk, miért is a fosszilis fauna sohasem azonos az egykori fauna fogalmával, hanem annak legföljebb csak a rétegekbe temetett részét jelenti. Minden fosszilis fauna különféle elemeket foglal magában, mert az egykori élet különböző jellegén kívül még utólag belekerült másutt élt alakok is tarkítják. A rendszertani és őselettudományi vizsgálatokkal tisztázott életmóddal megállapítjuk a fauna különböző elemeit s a helyben élt alakokat megkülönböztetjük a másutt élt formáktól. E két faunaelem ugyanis külön elbírálást igényel úgy a kormeghatározásnál, mint különösen a keletkezési viszonyok tisztázásánál. A

helyben élt alakok az őket bezáró üledékekkel szoros kapcsolatban vannak, miért is ezek az üledék *vezérfaunája* gyanánt tekintendők.

A mai, őslénytani alapon álló kormeghatározás azon az elven nyugszik, hogy azonos állati és növényi maradványok az őket tartalmazó üledékek egykorúságát jelzik. Ennek a tételnek merev alkalmazása azonban túlzás volna olyan értelemben, hogy az egyes fajok vagy faunák azonossága teljes egyidejűséget jelent. Az ősélettudományi és keletkezési viszonyok vizsgálata adja meg itt is a helyes utat, amennyiben az egykori jelenségek ismeretével tisztázza az egyező faunákat bezáró rétegek *valóságos egyidejűségét* (homochron) vagy *viszonylagos egykorúságát* (homotax). Általában azonban a főntebbi tétel joggal alkalmazható és az egyező faunájú üledékek egykorúaknak mondhatók, mert azok a tények, melyek a viszonylagos egykorúság lehetősége mellett szólnának, mint a fajok vándorlása, részben kivételesek, másrészt pedig a faunaelemzések és a környezet, illetve a bezáró üledékek keletkezési vizsgálatával könnyen tisztázhatók. A fajok vándorlása ugyanis ennek a kérdésnek legfontosabb tényezője, azonban csak azonos életmódot biztosító körülmények között lehetséges. Amint valamely faj neki meg nem felelő életkörülmények közé jut, rögtön elhal vagy alkalmazkodik, azaz faji jellegében megváltozik. Az utóbbi esetben tehát már eltérő alakokkal állunk szemben, amit egyébként a létkörülmények megváltozását igazoló üledékváltozás is jelez.

A faunaelemzés ősélettudományi vizsgálatát, mely faunánk helybenélt és másuttélt elemeinek megállapítására vezet, kiegészítjük oknyomozó vizsgálattal is, mely az egyes elemek származását térben és időben kutatja. Valamely helyen bizonyos üledékekből gyűjtött faunában ugyanis vannak olyan alakok, melyek azon a helyen egy előbbi időszakban már éltek s lehetnek új alakok, melyek vagy régebbi helybenélt alakból fejlődtek, vagy más helyről bevándoroltak. Ezeknek a kérdéseknek mérlegelése fontos a fajok élettartamára alapított földtani időegység szempontjából, mert hiszen a helybenélt formák fejlődéstörténeti átformálódása minden esetre más időrendi megítélés alá esik, mint a bevándorolt alakok jelenléte. Az így végzett faunaelemzéseken alapszik az *összehasonlító rétegtan*, amely a földkérget fölépítő képződményeket nemcsak időrendi egymásutánban, hanem időtartamra is viszonyba állítani törekszik. A földünkön végbement földtani események nem mindenütt történtek azonos módon, hanem úgy azok módjában, minőségében, mint azok lefolyásának sorrendjében és időtartamában különböző helyeken nagyon eltérők. Ezeknek az eltérő eseményeknek összeegyeztetése csak a faunáknak említett elemzésével lehetséges.

A földtani időegységül megállapított *fajöltő* alatt egy típus föllépésének és földrajzi elterjedésének tartamát értjük. Ez nem fõdi a rétegtani vizsgálatok térbeli egységének, a *rétegek* fogalmát. Egy fajöltő alatt ugyanis a rétegeknek kisebb-nagyobb összelete keletkezhetik, amelyeket „*rétegek*”, *szint*, vagy *öv* névvel jelölünk. Pl. Nummulina perforata-rétegek, Arietites Bucklandi-öv. Az összetartozó fajöltők *korszakokba* egyesíthetők, melyek a megfelelő *korok* részeit teszik. A koroknál nagyobb időmegjelölés az *időszak*, mely a földtani *idő* részét teszi. Ezeknek az időmegjelöléseknek a rétegtanban térbeli megjelölések felelnek meg. A fajöltőnek megfelelő rétegek vagy övek *emeletekbe*, ezek *sorokba*, *rendszerbe*, majd valamennyit egybefoglaló *csoportba* fűzhetők össze.

A földtani kormeghatározások mai eredményei az egyes főbb beosztások nagyságát, az összehasonlító rétegtan vizsgálatai szerint tekintetbe vevő alábbi táblázat szemlélteti.

| Idő — csoport | Időszak — rendszer | Kor — sor |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| Ujállati, Kainozoikum, | Negyed — Quartär Harmad — Tertier | Pleisztocén — Holocén Eocén, Oligoc., Miocén, Oligoc. |
| Középállati, Mezozoikum | Kréta Jura Triász | Felső Alsó Felső — Középső Alsó Felső — Középső Alsó |
| Ó-állati, Paläozoikum | Perm v. diász | Felső Alsó |
| | Karbon | Felső Alsó |
| | Devon | Felső Középső Alsó |
| | Szilur | Felső Alsó |
| | Kambrium | Felső Középső Alsó |
| Ősállati, Archaeozoi- kum | Algonkium | |
| ARCHAIKUM | | |

Az őselet vizsgálatának szerepe a keletkezési viszonyok megismerésében.

A földtörténeti tényezők működésének állandó, folytonos jellegéből következik, hogy ugyanazok a kőzetek az egymásrakövetkező földtani időszakokban ismétlődnek, sőt még különböző közegben is azonos kőzetkifejlődést mutatnak. Agyag, homok, mészkő stb. keletkezhetnek tengerben, édesvízben, folyókban ugyanazon időn belül is. A kőzettani megfigyelések tehát, ezeket a szempontokat egymagukban nem tisztázhatják, ki kell egészítenünk azokat az üledékekben bezárt szervezetek egykori életének vizsgálatával. Említettük már, hogy a szervezetek időtől nem függetlenek, hanem fejlődési fokuk és a földtani időszakok között szoros kapcsolat van, amely tapasztalatilag megállapított tény lehetővé teszi a földtani kormeghatározást. De nem független a szerves élet az őt környező külső körülményektől, fizikai viszonyoktól sem, sőt alkalmazkodó képességénél fogva, egyenes függvénye annak. A ma élő állatok és növények létkörülményei környezetük viszonyainak ismeretével tisztázható. A földtani múlt egykori viszonyainak összehasonlításából a kőzetek maradtak reánk, amelyek magukba zárják az egykori életet is. Nyilvánvaló tehát, hogy ennek az életnek hű képét csak a kőzetek és a biológiai viszonyok együtteséből kaphatjuk meg. A földtörténeti tényezők működésének folytonossága megkívánja azonban, hogy nemcsak a kővületeket bezáró rétegeket tartjuk szem előtt önmagukban, hanem ki kell terjeszkednünk azok alatt és fölött mutatkozó rétegek,

ismeretére is s az így nyert összehasonlításból a jelenségek kapcsolódásából a földfejlődés folytonossága tűnik elének. Ebben nyilvánulnak az őselet-földtörténeti vizsgálatok.

Kőzetkeletkezés és életkörülmények szempontjából földünknek két szembeötlően ellentétesen viselkedő része a szárazföld és a tenger. Az előbbi fölületes megítéléssel általában a földtani pusztulás, az utóbbit a keletkezés, gyarapodás területe gyanánt szokás tekinteni. Valójában azonban a szárazföldön is van üledékföjlhalmozódás, aminek fölismerésében éppúgy a közettan-élettudományi vonatkozások vezetnek bennünket, mint a tengeri üledékek fölismerésében. Végső fokon a szárazföldi képződmények, illetve az azokat létrehozó tényezők működési módja a klimatikus viszonyoktól függ. A tengeri üledékek viszont a tengermedencék topográfiai, mélységi viszonyai s a tengervíz fizikai körülményei szerint alakulnak. De a szárazföldi klimatikus tényezők s a tengerek fizikai viszonyai szabják meg az élet körülményeit is s ez a közös ok teszi lehetővé a biológiai viszonyoknak az üledékek keletkezésében való fölhasználását.

A földi élet a felhőket ostromló hegyvidéki magaslatoktól a mélytengerek aljáig különböző *élettájékokra* oszlik, amelyeken belül azonban a földtörténeti tényezők működése azonos módon is, eltérően is érvényesül. Keletkeznek tehát ugyanazon az élettájakon belül azonos és különböző kőzetek is. *Az egyidejűleg keletkezett kőzetek megkülönböztető jellegét kifejlődésnek vagy fáciesnek mondjuk*, ami alatt a külső körülmények és a kőzetek, valamint a szerves élet lakóhelye közötti összefüggést értjük. A fácies vagy kifejlődés vizsgálata és megállapítása a modern földtani megfigyelések egyik legfontosabb szükséglete. A pusztá közettani megállapítások, mint homok, agyag, mészkő stb. azzal a ténnyel válnak földtani jellegűvé, hogy a kifejlődést tisztázzuk az egykori élet vizsgálata alapján. Tehát sekélytengeri agyag, part-szegélyi homok stb. már magukban foglalják a keletkezési viszonyok fölismerésének tényét, a keletkezés helyét, közegét, annak fizikai körülményeit s ezektől függő biológiai viszonyait is. Ezek alapján külön beszélhetünk az üledékek közettani kifejlődéséről, biológiai fácieséről, de a kifejlődés fogalmának teljességét csak a kettőnek együttese adja meg.

A szárazföld és a tenger a már többször említett fizikai körülményeknek megfelelőleg természetesen több élettájékra és kifejlődésterületre oszlik. A szárazföldön a kőzetképződés szempontjából a közeg (levegő, folyóvíz, állóvíz, jegesek, vulkánok) s a működő tényezők adják a megkülönböztető bélyegeket. A tényezők működésének módját az éghajlati tényezők szabják meg, amelyek szerint száraz (arid), nedves (pluviális) és hideg (nivalis) öveket különböztetünk meg. Természetes, hogy a földtani tényezők pusztító-föjlhalmozó tevékenysége, az erózió munkája másként alakul a nálunk is uralkodó, normálisnak mondott pluviális övben, ahol a csapadékmennyiség felszínen lefolyó és a tengermedencéig jutó vízfolyásokat táplál, más működés várható a száraz klímájú, csapadékban szegény vagy helyi lefolyástalan vizekig jutó, kiszáradó folyásokban vagy végül az örök jéggé fagyó csapadékok területein. Ugyanezek a klimatikus tényezők szabják meg a szárazföldi képződmények egyik jellemző fajtájának, a mállási termékeknek alakulását is, amelyek különösen a szállító tényezők (folyóvizek) hiánya esetén hatalmas föjlhalmozódásra vezethetnek. A szállítás általában a szárazföldön végbemenő folyamat, azonban végcélja a pluviális területeken túlnyomólag, a nivalison részben, a tengermedence, tehát a szállított törmelékanyagok a szárazföldön csak kisebb mértékű föjlhalmozódásra kerülnek. Az arid területeken azonban, az említett éghajlati okokból kifolyólag a szállítás alárendeltebb s a föjlhalmozódás tetemesebb. Ezek alapján a szárazföldi képződményeket a következő főbb csoportokba sorolhatjuk a keletkezés közege és a közreműködési tényezők szerint.

I. Igazi szárazföldi (légbeli) üledékek:

1. a levegőből, szél útján szállított (lössz), vagy a légbeliek behatása alatt keletkezett málladékok.
2. Mozgó és állóvízi üledékek: a folyóvizek mentén, a folyóvizek torkolatában, a tavakban és édesvízi mocsarakban, végül a glaciális lerakódásokban.
3. Vulkáni lerakódások: szárazföldön és folyó- vagy állóvizekben.

Sokkal változatosabbak a tengeri üledékek kifejlődésterületei, amelyek tekintettel a mai és mindenkorai tengerek kiterjedésbeli túlsúlyára, a földtani vizsgálatokban mindennaposak. Ha főntebb megállapíthattuk, hogy a szárazföld nem tekinthető a földtani pusztulás kizárólagos területének, akkor ezzel szemben a tenger valóban csak az üledékgyűjtés hazája, a fölhalmozódás területe, tehát a földtani gyarapodás helye. Lényegében nem változtat ezen az a tény sem, hogy a tenger, mint földtani tényező, pusztító hatását is érezteti a szárazfölddel határos részeken, a partvonalakon, mert hiszen ennek a pusztításnak anyaga is végeredményben csak az üledékfölhalmozódást növeli. A tengeri üledékek kifejlődési területeinek tényezői a tengerfenék arculati tagolódása, az üledékszállító tényezők hatása, az ülepítő közeg (tenger) erőművi és vegyi viselkedése, tehát a víztömeg csendes, nyugodt, vagy erősen mozgó volta s az ezzel összefüggő szénsttartalom, amely nemcsak a mészüledékeket, hanem még vulkáni anyagokat is megtámad, fölold. A szállító tényezők között találjuk a szárazföldről jövő folyókat, a szelet, a tengeráramlásokat s a parti hullámverést. Az üledékek minőségét lényegesen befolyásolja a szárazföld közelsége, amelyet a tengeri üledékek osztályozásánál szintén tekintetbe kell vennünk. Ezen az alapon a tengeri üledékeket a következő csoportokba soroljuk:

1. Partközeli üledékek (sekélytengeri, szárazföldi párkányi)
2. Partoktól távoli (hemipelagikus) átmeneti üledékek.
3. Mélytengeri (eupelágikus) üledékek.

Az üledékek ásványos (minerogén) és szerves (biogén) elemekből vannak összetéve s ezek együttese szabja meg kifejlődésüket. Mindkét alkatrész lehet eredeti vagy idegen elem, tehát ennek tisztázása nagyon fontos teendője az üledékvizsgálatnak. Az ásványos alkatrészek a hullámverés, tengerelönyomulás saját erőművi hatásából származó törmelékek, vagy a szárazföldről szállított idegen elemek a nehézségerő behatása alatt folyóvizek, jegesek, jéghegyek, szél és vulkánok útján. Lehetnek az ásványos elemek vegyi (halmyrogén) kiválások, mint a só, oolitok és mészkövek. A biogén elemek életmódjuk szerint eredetileg is ott élt fenéklakó (benthogén), úszó (nektogén) és lebegő (planktogén) szervezetekből tevődnek össze, még pedig passzív módon, elhalás után. Kivételt mutatnak a benthogén elemek, amelyek aktív üledékképzésben is részesek (korallzátonyok, mészalgák). A planktogén elemek kivétel nélkül idegen származásúaknak minősíthetők, de vannak a fenéklakó elemek között is másodlagosan elhurcolt elemek (Sargasso-füvek). Idegen elemek még a szárazföldről besodort növények vagy csigák is.

Ha már most ezen az alapon a tengeri üledékek kifejlődésterületeit földtani megvilágításban keressük, akkor azt találjuk, hogy az egykori üledékek vizsgálatában nagy gonddal kell kikülönítenünk az alkotó elemek jelentőségét. Az egykori faunák vizsgálatában már említettük a helybenélt és másuttélt elemek megállapításának szükségét, aminek megtörténte lehetővé teszi az üledékek keletkezési helyének, kifejlődésének tisztázását. Mint a főntebb előre-bocsájtott üledékelemzés mutatja, a tengeri fauna elemeinek életmódját megállapítva, azonnal tisztázhatjuk azok üledékkifejlődési szerepét. Mint láttuk, a szabadon lebegő (plankton)

szervezetek minden üledékben egyformán jelen lehetnek, de seholsem jellemzők, mindig csak másuttélt alakok elhalt vázrészei. Minthogy ezek a szervezetek általában a nyílttenger lakói, azért ez a tengeri élettájék a földtani múlt tengereiben nem rögzíthető.

A legjellemzőbb fácieskövületek mindenkor a fenéklakók köréből kerülnek ki, amelyek egyébként a legtöbb üledék faunájában többségben vannak. A mai tengerek alapján megállapított fáciesterületek között természetesen legnagyobb szerepet visznek a földtani vizsgálatokban a partszegélyi és sekélytengeri üledékek. A partszegély (litoralis öv) a tenger és szárazföld kölcsönös egymásrahatásának öve, amelyen belül a klimatikus tényezők is éreztetik hatásukat. A hullámverés és árapály játékanak területe ez, többé-kevésbé durva törmelékkal, görgetegekkel, kavicsokkal vagy homokkal, partravetett tengeri algákkal és olyan állatokkal, amelyek a változó sótartalmat, erős hullámverést, sőt apály idején rövidebb idejű szárazra kerülést is elbírnak. Vastaghéjú osztrigák, sziklára tapadó csigák, furókagylók kísérik ezt az övet, amelynek jelenségeit a földtani képződményeken is biztosan fölismerhetjük. Az üledékek durvasága mellett azok rétegzettség és a gyakori kifejlődésváltozás, közetben és faunagazdagságban, valamint hullámos rétegfelületek, száradási alakok, mászási nyomok, mindmegannyi ismertető bélyegei ennek a kifejlődésnek. A partszegélyi fácies rögzítése egyik legfontosabb útmutatója az egykori földrajzi viszonyok megállapításának, mert hiszen a szárazföld és tenger határvonalát adja meg.

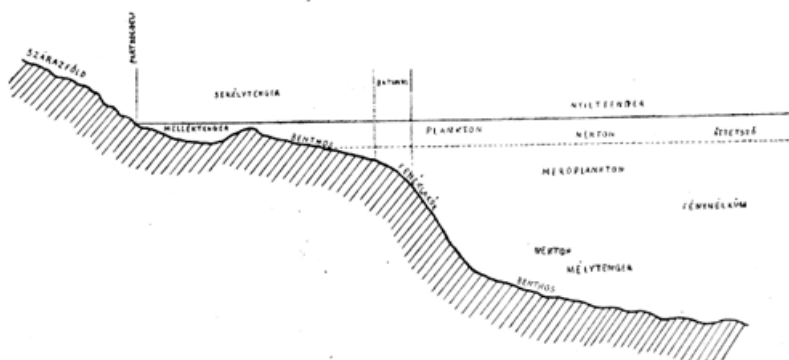
A partszegélyi öv kiterjedése a partalakulástól függ. A tengerfenék innen kezdve többnyire lankásan ereszkedik lefelé a 200 m mélységig, a mely a szárazföldi szegélyvonal gyanánt ismeretes. Kiterjedése közepesen 200-300 km lehet s utána a tengerfenék többnyire hirtelen hajlik nagy mélységek felé. Üledékanyaga közvetlenül vagy közvetve a szárazföldről adódik, többnyire finom iszap és homok. Gazdag szerves élet jellemzi, néha még a szárazföldről is messze bemosott elemekkel, úszó növényi részekkel. A változatos fenéklakó élet gazdagon van képviselve a sekélytenger minden részén s különösen jellemző fáciése a földtani múltban is gyakori korallzátonyok különféle faja egyéb jellemző állatvilágával, korallós törmeléből alkotott rétegeivel. Hasonló képződés a sekélytenger fenekén a mészalgatelep, a szerpulás, bryozoás és az osztreás padok, amelyeknek másaival földtani vizsgálataink során gyakran találkozunk.

Valamivel nehezebben fölismerhető földtani szempontból a hemipelágikus üledékkifejlődés, amely a tengerfenék azon részeit foglalja magában, ahol a szárazföld a tenger felé többnyire hirtelen végződik. Ahol a szárazföldi párkány nagyon messze benyúlik, ott ez a fácies csaknem egészen mentes minden szárazföldi üledékelemtől, egészen mélytengeri jelleget ölt. Ahol azonban a szárazföldi párkány keskeny, ott a kontinentális üledékelemek még a mélytengeri övbe is behatolnak. Egyébként a hemipelágikus üledékek anyagában csak a legfinomabb szárazföldi törmelékelemek kerülhetnek s leginkább finom agyag és mészsizapból álló üledékek jellemzik. A kék, sárga és zöld iszapok túlsúlyban vannak s ebbe a kifejlődésterületbe esik a földtanilag fontos glaukonitképződés is. Biológiaiag vékonyhéjú puhatestűek, kisebb rákok és gazdag foraminifera-fauna jellemzik. Kiterjedése 4000 m mélységre tehető s ebbe kell besorolnunk a mai tengerek üledékeivel nem mindig azonosítható egykori üledékeket is, amelyeket *Haug bathyalis* üledéknek nevezett. Ezek ugyanis szintén a sekélytenger és a mélytenger közé eső tájakra utalnak.

Mint említettük, a nyílttengeri élettájék biológiaiag csak a mélytengeri üledékekben jut kifejezésre. A nyílttenger hullámain szabadon lebegő vagy a mélyebb részeken lebegő (meroplankton) alakok csak elhalt vázaikban nyilvánulnak itt, tehát életük helyétől távol. A mai mélytengereket borító, szárazföldi üledékelemektől teljesen mentes globigerinás-pteropodás-, radioláriás iszap és az abisszikus tájak vörös agyagjával azonosítható üledékeket a földtani

multból biztosan beigazolható módon nem ismerünk. A leginkább ilyenek gyanánt tekintett mezozoos radioláriás tüzkövek abisszikus eredete is vitás. Az eupelágikus üledékek hiánya az elmúlt földtani idők üledékei között messzemenő következtetésekre jogosítanak a tenger-medencék állandóságának kérdésével kapcsolatban. Ennek tárgyalása nem idetartozik, csak ezzel is jelezni óhajtottuk a fáciesvizsgálatokból folyó következtetések nagy jelentőségét.

Ezekben a főbb fácieseken belül természetesen az üledékanyagok és azok biológiai tartalmával jellemzett különleges kifejlődési lehetőségek is vannak. A határok ezek között természetesen nem élesek, elmosódók s az egyes fáciesterületek között számos átmeneti lehetőség mutatkozik. Ennek dacára ezek a tengeri fáciesterületek határozott közet- és biológiai jellegekkel tűnnek ki, amelyek alapján mindenkor biztosan fölismerhetők s térbeliségük rögzíthető. Ebből a térbeli egymásmellettiégből (5. ábra) azonban földtani szempontból nagyon nagyjelentőségű törvények következnek. Az egyidőben keletkezett különböző - *heteropikus* - fáciesek ugyanis nem függetlenek egymástól, hanem kölcsönös okozati viszonyban vannak s az azonos klimatikus körülmények között keletkezett fáciesek kiegészítik egymást. Ez a *fácies-viszonosság törvénye* (korreláció), amiből a földtani egymásrakövetkeztetés szempontjából fontos törvények következnek. A kifejlődésbeli folytonosság szükségszerűen arra vezet, hogy *közvetlenül folytatódó üledékképződés esetében csakis olyan fáciesek következhetnek egymásra, amelyek térben egymás mellett foglalnak helyet*. Vagyis ez azt jelenti, hogy a part-szegélyi üledék fölött közvetlenül nem várhatunk mélytengeri üledéket, hanem szárazföldit vagy sekélytengerit, aszerint amint előrenyomuló vagy visszahúzódó tengerrel állunk szemben.



5. ábra. A tengeri kifejlődések (fácies) és élettájékok tagolódása és egymásmellettiisége.

Amíg megfigyeléseink során a kifejlődésben változást nem látunk, addig azon a területen a viszonyok változatlanságára kell következtetnünk. Ha a viszonyok ugyanis megváltoznak, megváltozik a fácies is, mint a külső viszonyok egyenes függvénye. A viszonyok változatlan tartóssága esetén ugyanaz a kifejlődés több egymásrakövetkező földtani időszakon keresztül is folytatódik, amikor is *különböző idejű azonos - izopikus -* kifejlődést kapunk, a fentebb említett egyidejű, de különböző, heteropikus kifejlődéssel szemben. Megfigyeléseink során különös figyelmet kell tehát fordítani a kifejlődések határaitra, amelyek általában erős ingadozásokat, különböző közetátmeneteket mutatnak, mert hiszen ezeken a helyeken a különböző klimatikus tényezők behatásai érvényesülnek. Ilyen helyeken a közetek gyakori váltakozását fogjuk észlelni s amennyiben ez időrendi egymásutánban is nyilvánul, úgy a fáciesváltozásból klímaváltozás olvasható ki.

Az üledékek keletkezési viszonyainak tisztázása, amely a kifejlődés megismerésében és megállapításában nyilvánul, az üledékekben található szerves maradványok létkörülményeinek vizsgálata által válik lehetővé. Ebben a földtani tevékenységben a kövületek megelőző rendszertani vizsgálata, nemkülönben a rétegek tagolódása, egymásrakövetkezésének mikéntje csak mechanikus eszközök, a részletek fölismerését és a rendszer megalkotását szolgáló tények. A rétegtagolódás és a korokat megállapító faunaismeret csak egyszerű időrendi megállapítást szolgáltatnak, a történet folyamatosságát azonban csak a kőzetjellegek és életmód összesítéséből adódó kifejlődés adja meg. Ezzel válik nyilvánvalóvá az üledékek különböző közegekben létrejött volta (heteromesia) és ez teszi megkülönböztethetővé az azonos közegek sokféle anyagait (isomesia).

A biológiai megismerés a település észlelésében.

A földtörténet folytonos működésben levő tényezői állandó változásokban, a közismert hasonlat szerint a könyv egymásrakövetkező lapjaihoz hasonlóan hagyják vissza működésük megfelelő termékeit. Ebben az egymásutánban a legfiatalabbak legfelül, az idősebbek alul vannak. Az üledékek és földtani képződmények sorrendje tehát időrendet jelent, amelynek megállapítására, mint fentebb említettük, a szerves maradványokat használjuk föl. Valójában a képződmények földtani korát a szerves maradványok meghatározása egymagában talán, sohasem adja meg, ehhez ugyanis ezenfölül még a rétegsorrend ismerete is szükséges. Ezt a sorrendet pedig rendes települési viszonyok mellett külszíni megfigyeléseink során megállapíthatjuk. Ebben az esetben ugyanis a rétegek alsó és felső lapja közötti függőleges távolságot is észleljük, ami a vastagságot, azaz a rétegek keletkezési időtartamát adja meg. Bonyolultabb esetekben, nagyobb szabású települési zavarok jelenlétével a települési viszonyok tisztázásánál fölhasználjuk a kövületek kormegállapító szerepét s életmódjuk alapján tisztázott kifejlődési viszonyokat. A képződmények egymásra települési sorrendjét ugyanis a földtani és biológiai jelenségek együtteséből adódó tény gyanánt ismertük meg, tehát megfordítva minden olyan település, amely ezzel a megismeréssel összhangban nem áll, rendellenes viszonyokat bizonyít. Különösen a kifejlődés viszonyosságának törvénye, nemkülönben az ebből következő fentebbi egymásrakövetkezés törvénye ad ebben a tekintetben megbecsülhetetlen eszközt a település rendes vagy rendellenes voltának fölismeréséhez. Ehhez pedig csak gondos megfigyelés szükséges.

Az ősföldrajzi következtetés.

Már a keletkezési viszonyok tárgyalásánál láttuk, hogy a szerves élet vizsgálata az egykori létkörülmények tisztázásával voltaképpen azokat a viszonyokat rögzíti, amelyek a megfelelő földtani időszakban földünkön uralkodtak. A rétegváltozás mindenkor a viszonyok megváltozásából következik, tehát a kifejlődés vizsgálata az egykori viszonyok megállapítását teszi lehetővé. Valamennyi megfigyelésünk tulajdonképpen arra törekszik, hogy a vizsgált területen végbement földtani jelenségek és folyamatok időrendjében rögzítsük a terület egykori térszíni viszonyait. Ez a földtani megismerés ősföldrajzi jellege s ezen az alapon találó az a megállapítás, hogy a földtan az örökkön változó mult földrajza, míg a földrajza mindenkor jelen oknyomozó leírása.

Az üledékek keletkezésének, illetve kifejlődésének megismerésével tisztázni tudjuk földünk megfelelő helyén szárazföld és tenger egymáshoz viszonyított, kölcsönös kiterjedését. De az egykori szervezetek életmódjának megismerése még további részleteket is megállapíthatóvá tesz az egykori földrajzi viszonyokban. A tengerek mélységi tagolódását, esetleges áramlások jelenlétét, sótartalmát és egyéb östengtudományi adatokat. A szárazföldi üledékek kifejlődéséből, elterjedéséből megtudjuk rajzolni egykori folyók lefutását, régi eljegesedések határait. Vulkáni kőzetek előfordulási módjából régi vulkánok jelenlétét és annak minden jelenségeit.

A földtani képződmények egymásutánjából a kifejlődési törvények segítségével leolvassuk valamely terület fejlődéstörténetét, szárazföldek és tengerek váltakozását. Az egymásra következő rétegösszletek közötti hézagok, illetve felületek a legfontosabb útmutatói a bekövetkezett változásoknak. Minden rétegfelület földünk egykori felszínét képviseli, a rajta láthatók tehát segítségül vehetők a térszín rekonstruálásánál. Egyszer lehordás nyomaival találkozunk a szárazföldi időszak kétségbevonhatatlan bizonyítéka gyanánt, máskor hézag-talan föltöltődés mutatja az üledékgyűjtő medencék jelenlétét. A változást jelentő határjelenségek mindig a rétegek alsó lapján keresendők, míg a felső lapok csak a leülepedés körülményeit mutatják. Itt értékesítjük tehát a rétegek felszínén, illetve lapjain észlelhető jelenségeket, amelyeknek gondos vizsgálatát már a közettani megfigyelések szempontjából hangsúlyoztuk.

A részletek felsorolása ezen a helyen, ahol csak a megfigyelések módszeres kiviteléről és azok észszerű földtani fölhasználásáról lehet szó, nagyon messze vezetne. Még csak azt kell általánosságban megemlíteni, hogy a szárazföldi növény- és állatvilág vizsgálata az éghajlati viszonyok egykori állapotára enged következtetni. Egyes különleges esetekben a tengeri állatvilág is klimatikus következtetésekre jogosít. Az egykori korallzátonyok a mai viszonyok alapján általában melegebb égövre utalnak, vagy még inkább állandó hőmérsékletű áramlások föltevésére jogosítanak. Újabb megismerések szerint ilyen következtetések már bizonyos üledékek közettani kifejlődéséből is vonhatók. Ilyenek a vasoolitok, glaukonitok, sőt megfelelő körülmények között a mészkövek is.

Az üledékek biológiai elemeinek vizsgálata s a kifejlődések egymásrakövetkezési törvénye alapján egyes területek földtörténetében bizonyos üledékes ciklusokat lehet megállapítani, amelyek helyi jellegű okokkal magyarázhatók, így a tengerelőnyomulások és visszahúzódások nyomán bekövetkező üledékváltozások meghatározott rendben következnek, mint ahogy a kifejlődés térbelisége azt megkívánja. Durvább üledékekre finomabb anyagok következnek és viszont. Ezeknek a jellegeknek megállapítása megfigyeléseink eredményeinek összesítésével történik, mint ahogy egyébként is az ösföldrajzi kép a jelenségek valamennyi részletének megismerésével készülhet.

Az őslélektan-földtörténeti anyag megfigyelése és gyűjtése.

Az üledékekben mutatkozó szerves maradványok részletes megismerése a külszíni megfigyelések kereteit meghaladja s már a belső részletes anyagfeldolgozáshoz tartozik. A szerves maradványok nagy jelentősége valamennyi további földtani következtetésünkben megkívánja azonban, hogy minél tökéletesebben, minél nagyobb mennyiségben begyűjtsük azokat s már eközben tekintettel legyünk azokra a kapcsolatokra, melyek a szerves maradványok, mint egykori élőlények és az őket bezáró kőzetanyag, mint egykori környezet között fennállnak.

Ebben a tekintetben tisztáznunk kell a kövületek előfordulási módját, elrendeződését és helyzetét a rétegekben. Különös gonddal kell ügyelnünk arra, hogy valamely föltárásban látható rétegsor minden rétegének kövületeit elkülönítve gyűjtsük s még ezenfölül is ugyanazon réteg betelepüléseiben található alakokat megkülönböztessük. Néha ugyanis agyagos kőzetekben homokosabb rétegződések mutatkoznak vagy viszont, amelyekben eltérő szerves élet nyomait találjuk. Általában nagy súlyt kell helyezni a fentebbiek szerint a szerves élet és a kőzetanyag kapcsolatára, mert, mint láttuk, csak ezek együttese teszi lehetővé a földtani vizsgálatokat. Figyelemmel kell lennünk már a gyűjtésnél is a helybenélt vagy másuttélt jellegek megállapítására, amit ismét csak a bezáró kőzetek, mint egykori környezetnek vizsgálata tesz lehetővé.

A kövületek előfordulását könnyen észrevevesszük ott, ahol azok nagy mennyiségben vannak. Gyéren mutatózó kövületek esetében azonban, különösen kemény kőzetekben legbiztosabban a mállott felületek igazíthatnak bennünket útba, mert a bezáró kőzetből egyenlőtlenül kimálló kövületek egyszersmind legtöbbször jobban ki is szabadíthatók. Laza kőzetek vékonyhéjú alakjainak gyűjtése meglehetősen körülményes helyszíni állandósítást igényel. Nagyon jól megtartott alakokat szolgáltatnak ilyen rétegekben néha található keményebb ásványos (limonitos, meszes) kiválások, amelyekből sokszor a réteg faunájának zöme kerül ki. A szabad szemmel látható alakok mellett sohasem szabad megfeledkeznünk a mikrofaunáról, amely a kifejlődés megállapításánál néha nagyon fontos szerepet visz. A mikrofauna gyűjtése természetesen csak tömegesen történhetik, tehát csak kőzetanyagot kell gyűjtenünk, amely majd a laboratóriumi részletes munkáink során ebből a szempontból vizsgálható lesz. A mikrofauna jelenlétét azonban a legtöbb esetben már a külszínen is megállapíthatjuk, szilárd kőzetek mállott felületein, a lágy kőzetekben pedig ugyancsak az esőmosta részeken.

Különös gondot kell fordítanunk a sokszor nagy fáradsággal gyűjtött kövületek óvatos csomagolására és pontos megjelölésére. Minden darabot külön kell előbb lehetőleg lágyabb papírosba göngyölnünk s a megjelölés sokféle módja közül legajánlatosabb azt mindjárt külön kis cédulával is ellátni, amelyen a gyűjtés ideje, pontos helye, a megfelelő réteg megjelölése s esetleg még valami különleges észrevétel is följegyezhető. Amennyiben a gyűjtés helyét a térképen is megjelöltük, leginkább valamilyen betűvel vagy számmal, úgy ezt a számot vagy betűt a cédulára is reáírjuk. Így azután ki van zárva minden zavar és későbbi összekeverődés s az anyagot más is kicsomagolhatja bármikor. Hosszabb idejű, rendszeres földtani megfigyelések különböző gyűjtéseit még az egyenként csomagolt darabok egyesítésével lehet könnyebben áttekinthetővé és kezelhetővé tenni.

A GEOLÓGUS MUNKÁJA II.

BEVEZETÉS A FÖLDTANI MEGFIGYELÉSBE II.

**Irta
Vadász Elemér**

35 képpel

A DANUBIA KIADÁSA

III. A település megfigyelése.

A földkéreg összetételében résztvevő anyagoknak, a földtörténeti tényezők működése során létesült sokféle képződménynek, a keletkezéstől és az utólagos hatásoktól függő külső megjelenési alakja a *település*. Ennek vizsgálata a legsajátosabb földtani teendő, melynek összes eszközei már a tulajdonképpeni földtani tanulmányokban gyökereznek. A települési viszonyok tisztázásánál már a közettani minőség, keletkezés körülményei és a korkérdés tisztázottnak tekintendő, mert az ezekből következő jellegek adják a kiindulást. Ennél a kiindulásnál már elkülönül a településre vonatkozó vizsgálat iránya aszerint, amint üledékes vagy kitörésbeli anyagokkal állunk szemben. Az említett jellegek ismerete teszi lehetővé továbbá annak fölismerését, hogy eredeti állapotban vannak-e a vizsgált képződmények. Az üledékes kőzetek nagy túlsúlya és az a tény, hogy a kitörésbeli kőzetek települése általában az üledékesekhez való viszonyukban szemléltethető, érthetővé teszi, hogy az utóbbiak településének vizsgálata nagyobb jelentőséggel érvényesül.

A település vizsgálatában három főszempontra kell tekintettel lennünk: a település *alakjára*, a *korkérdésre* és a *keletkezési mód* (genezis, illetve mechanizmus) megállapítására. A kitörésbeli és üledékes kőzetek eltérő településűek, amennyiben a település alakja mindegyiknél más-más, de külön-külön mindegyikre jellemző. A település alakja a kitörésbeliekénél minden további nélkül a keletkezésre (kitörésre) is utal, de csak az üledékesekhez való viszonyában jut megnyilvánulásra (magma behatolás, áttörés, stb.). Ezért a kitörésbeli kőzetek települése az üledékekkel kapcsolatosan vizsgálható. Ezzel szemben az üledékek településének vizsgálata önmagában is lehetséges. Mindenekelőtt megállapítandó a keletkezési viszonyokból következő település eredeti állapota s minden eltérés ettől, *utólagos zavargásra* utal.

Az üledékek települése.

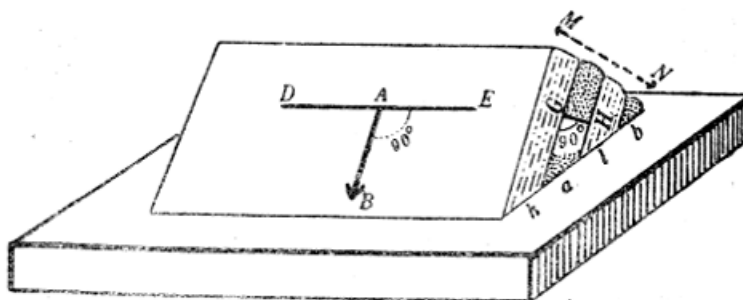
Már a közettani megfigyelésekre vonatkozó tárgyalásaink során említettük, hogy az üledékek rendes megjelenési alakja a *réteg*. Az üledékek túlnyomó része kisebb-nagyobb üledékgyűjtő medencékben, tengerekben, tavakban keletkezett, ahol a különböző törmelékanyagok a nehézségerő hatása alatt többé-kevésbé egyenletes kiterjedésben ülepedtek le, azért általánosan az így keletkezett rétegek vízszintes helyzetűek. *A rétegek eredeti települési alakja tehát általában közel vízszintes*. Természetesen ettől a rendes alaktól számos eltérést találunk, amelyek eredetileg sem mutatnak vízszintes helyzetű rétegeket. Nagyon sok esetben még a legnagyobb üledékgyűjtő medencében, a tengerben is a rétegek bizonyos mértékig követik a fenék domborzatát s így néhány fokkal eltérnek a vízszintestől. Különösen vonatkozik ez a partközeli üledékekre. Még nagyobb eltéréseket látunk a szerves eredetű üledékekénél, a korallzátonyoknál, amelyek kedvező életkörülmények között folyton növekedve, felső részükön a hullámverés hatása alatt törmelékké zúzódnak s a zátony külső oldalán meredek eredeti hajlással fölhalmozódó rétegzést mutatnak, amit *Mojsisovics* nyomán *föltöltődéses rétegzettségnek* mondunk. Eltérnek a vízszintestől a gyors sodrú patakok-folyók örvény-rétegzettsé-

gében sűrűn változó homok-, kavics- és iszaprétegek is. Forrásokból vegyi úton kicsapódott mész-, vagy kovasavas üledékek is többnyire a térszínhez igazodnak s legtöbbször a vízszintestől lényegesen eltérők. Szárazföldi tűzhányók szórt törmelékanyaga a kráter körül elhelyezkedve 35 fokos eredeti rétegeket is formál. Hasonlóképpen a szélfúttá homok szél-árnyékban 30, széllel szemben 5-10 fokos rétegekben fölhalmozódó vándorhalmokat formál.

Mindezek a vízszintestől lényegesen eltérő eredeti rétegzésű esetek azonban mindenkor az üledékképződés különleges eseteit képviselik, amelyek a keletkezési viszonyok ismeretével könnyen tisztázhatók. Ezekről a különleges keletkezésű esetektől eltekintve azonban az eredeti település alakja a rétegek vízszintes helyzete.

A rétegek helyzete a térben.

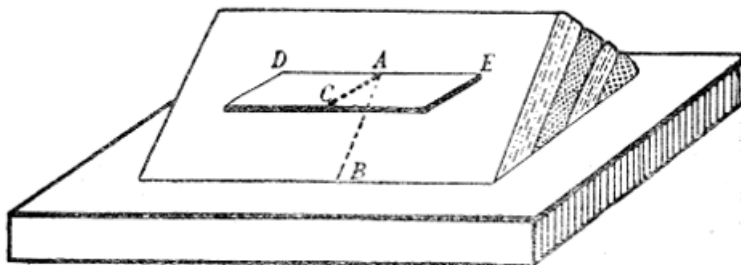
Mínt hogy az üledékek eredeti helyzetében mutakozó változás utólagos települési zavargás eredménye, amely ilyenformán a keletkezéssel már összefüggésben nincsen, azért ennek a települési zavargásnak megállapítása céljából szükségünk van a rétegek térbeli helyzetének minden esetben való megállapítására. Ebből a célból a réteget síknak tekintjük, melynek helyzetét a térben a rajta keresztülménő két egymásra merőleges vonal határozza meg (6. ábra). Ez a két irányvonal a rétegek településének megállapítására törekvő vizsgálatoknak legfontosabb kiinduló eleme. A két irány a síkot meghatározó tetszőleges egymást metsző vonalak közül úgy választandó, hogy az egyik vízszintes, a másik pedig a síknak erre merőlegesen álló legnagyobb esésvonala. Földtani vonatkozásban e rétegsíkot meghatározó két állandó irányvonal közül a vízszintes, a réteg *csapása*, a másik, erre merőleges irány a réteg *dülése*. A két állandó irányvonal közül sok esetben az egyiknek megállapítása elegendő a rétegek térbeli helyzetének megállapítására, mert hiszen a másik reá merőleges, tehát értéke amabból gyakran megszerkeszthető.



6. ábra. Hajló rétegösszlet (**blah**),
DE csapásvonal, AB dülésirány, GH rétegvastagság, MN rétegfejek.

A csapásirány megfelel a rétegek térbeli terjedési irányának, földtanilag tehát annyit jelent, hogy ennek meghatározásával adva van az az irány, amelyben valamely réteg folytatását keresnünk lehet a térszínen. Úgy ennek, valamint a dülésiránynak meghatározása a földtani iránytűvel történik, mely mint láttuk, a rendes iránytűtől csak az óramutatóval ellenkező irányban haladó beosztásában tér el. Ez a fordított beosztás ugyanis a közvetlen leolvasás kizárólag csak kényelmi szempontokat szolgáló céljából történik, hogy a mérések közben az egy helyzetben maradó mágnesűvel szemben elmozdított műszer beosztásán az elmozdulás egyszerűbben leolvasható legyen. A használat, illetve mérés egyébként úgy történik, mint ahogy azt rendszeren szoktuk: az iránytű északi beosztását a mérendő csapás- vagy dülésirányban tartjuk s a tű kilengési szögét leolvassuk. Az irányokat akár égtájakban, akár a 24

órábeosztáson órákban (hora, h) akár a 360 fokos beosztáson, fokokban jelöljük meg. A réteg csapása: ÉK, 3^h vagy 45°; dülése: DK, 9^h vagy 135°. Szokásban van az iránymegjelölésnek az a módja is, mely az északdéli iránytól való eltérést fokokban jelzi s hozzáteszi az eltérés irányát is; pl. É 45 K vagy D 60 Ny.



7. ábra. Dülésszög (CAB) szerkesztése.

A természetben nyomozható rétegek azonban nem mindig olyan hozzáférhetők, hogy térbeli helyzetüknek minden adata mérhető volna. Sokszor csak a csapásirány megállapítására szorítkozhatunk, ami egymagában általában még nem elegendő, mert egy adott vízszintesén keresztül nagyon sok irányban lehet különböző síkokat fektetni. Viszont a dülés iránya megadja a csapás irányát is. Ezért általában a rétegek dülésének meghatározására kell törekednünk, ami azonban még a dülés irányával nincs megadva, mert szükségünk van még a *dülés szögére* is, arra a szögadatra, amelyet valamilyen irányban hajló rétegsík a vízszintessel képez. (7. ábra.) Ennek a szögnek mérése az iránytűre erősített *hajlásmérő* (klinometer) segítségével történik, amellyel a „földtani iránytű” teljessé válik. A mérés úgy történik, hogy a réteglapon a dülésirányban, tehát a legnagyobb esésvonalra állított iránytű hajlásmérőnek 90-ig terjedő fokbeosztásán, a megfelelő szöget leolvassuk.

A csapás és dülés irányának, valamint a rétegek hajlásának mérése mindig a réteglapra közvetlenül reáhelyezett műszerrel történik. (8. ábra.)

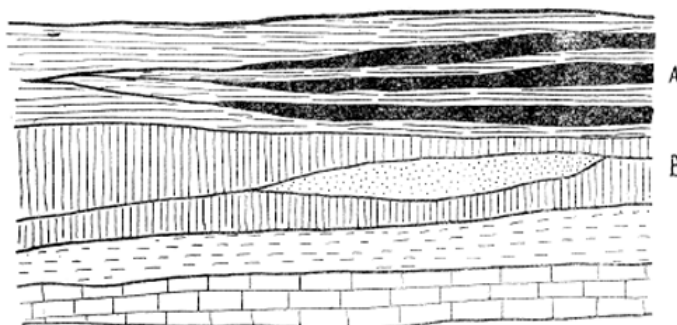


8. ábra. A földtani iránytű használata csapásirány és dülésszög mérésnél.

A rétegek térbeli helyzetének ilyen megállapításánál a réteglapok egyenletlenségeitől eltekintünk s hacsak nem túlságos nagyok azok, úgy sík lapok gyanánt tekintjük azokat. A megállapítások pontossága azonban nem annyira az egyes mérések pontosságától, mint inkább a minél sűrűbben eszközölt mérésektől függ. Ha a rétegek helyzete nagyon változó, gyakori hajladozásokat mutat, akkor közép- vagy főcsapás-, illetve dülésirányt állapítunk meg.

A rétegek kiterjedése és vastagsága.

A dőléscsapásirány megismerésével megállapított térbeli helyzet nyomozásával nagyon fontos megkülönböztetések tehetők a rétegek alakjában. A zavartalan településű, vízszintes rétegek-nél dőlésirány nincsen, ezek a tér minden irányában egyenletesen terjednek. A csapásirányban messzemenőleg változatlanul nyomozható rétegeket folytonosnak mondjuk. Nagyon sokszor azonban a rétegek csapás irányában bizonyos távolságon túl megszűnnek s más rétegekbe mennek át. Ezek a *kiékelődő rétegek*. Ebben az esetben a réteglapra állított merőlegessel a felső laptól - *tető* - az alsó lapig - *talp* - számított *rétegvastagság* változik. Ahol a rétegvastagság nagyobbodik, ott a rétegek *kivastagodásáról*, az ellenkező részen *kivékonyodásról* szólnak. Ha a kiékelődés bányászatiilag művelt anyagban, széntelepben vagy ércben mutatkozik, akkor *elmeddülésnek* mondjuk. A kivastagodás és kivékonyodás nagyon sűrűen ismétlődő esetében, ha a réteg csapásában kis távolságban ismételt meg-megszakadás észlelhető, akkor *lencsealakú* rétegekről vagy *lencsés* betelepülésről beszélünk. Ugyancsak *betelepülésről* szólnak akkor is, ha nagyobb vastagságú rétegek közé más, vékonyabb közetrétegek iktatódnak. Ilyenek gyakran észlelhetők nagyobb vastagságú széntelepek között agyagos-palás kőzetek *meddő beágyazása* gyanánt. Néha az ilyen meddő beágyazás vékonyabb-vastagabb lencsés betelepüléssel a telepet kettéosztja, *elágazóvá* teszi, sokszor több meddő réteg közbeiktatásával valóságos *villás* elágazást létesít.



9. ábra. Különböző rétegalakok.

A villásan elágazódó, kiékelődő rétegek, B lencsealakú betelepülés.

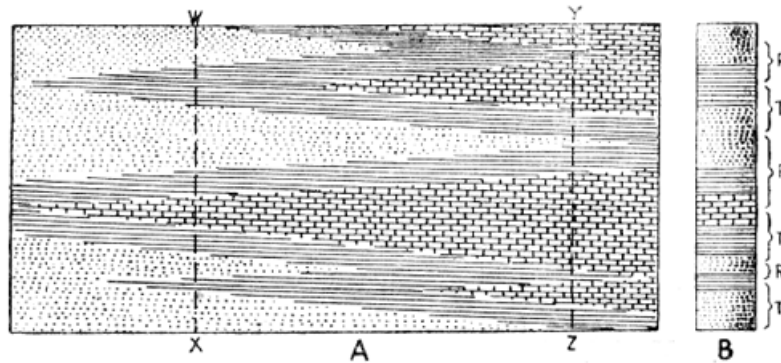
Ezekkel a keletkezésekkel összefüggő természetes rétegalakokkal szemben az utólagos elváltozások során is mutatkozhatnak rétegvégződés. A kiékelődés fogalma általában természetes, illetve keletkezési viszonyokra vonatkozik. Az utólagos zavargások során kipréselődés, nyomás, összemorzsolódás és összetöredezettség nyomán létesülnek rétegmegszakadások, amelyek kísérő jelenségeiből azonban mindig fölismerhetők.

A rétegek kiterjedése és vastagsága nagyon különböző. Néha egész vékony rétegek több ezer négyzetkilóméter területen változatlan kifejlődésben nyomozhatók (Mansfeld, rézpala), más-kor nagy vastagságú rétegekifejlődések néhány száz méter után kiékelődnek.

A rétegek egymásközi viszonya.

Már a közettani megfigyelésekre vonatkozó fejtegetésekben láttuk, hogy az üledékeknek jellemző tulajdonsága a rétegezethez, amely többé-kevésbé csaknem mindig észlelhető, ellenkező esetben az üledéket rétegtelennek mondjuk. Az üledékek csak a legritkább esetben jelentkeznek egyetlen rétegben, azért az egymásra következő rétegek egymáshoz viszonyát mindenkor tanulmányoznunk kell. Az ugyanazon anyagú rétegekben mutatkozó említett rétegalakokon kívül az egymáshoz következő, rendszeresen fölváltva jelentkező kőzetanyagú rétegeket *váltakozónak* mondjuk. Több különböző anyagú vagy korú réteg egymásutánját *rétegsor* vagy *rétegösszlet* névvel illetjük.

Mint láttuk ezek közül az időben összetartozókat sor, emelet, öv, csoport néven foglaljuk egybe.



10. ábra. Ismételt tengerelönyomulás (I) és visszahúzódás (R)

nyomán keletkezett sekélyebb és mélyebbvízi váltakozó üledékek.

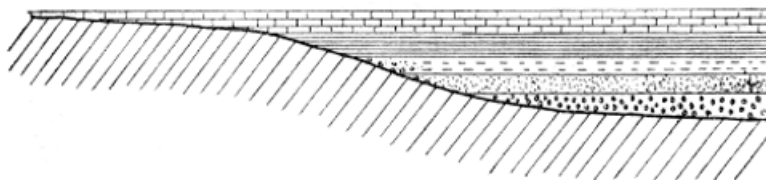
WX túlnyomólag sekélytengeri üledékek: homok, homokkő. YZ mélyebbtengeri üledékek.

A rétegek térbeli helyzetének meghatározásánál különös óvatossággal kell eljárunk, hogy valóban a helyes irányokat mérjük. A már említett álrétegezethez és keresztrétegezethez esetein kívül gyakran álmósított, csúszott-rogyott rétegek dülésének vizsgálata fokozott elővigyázatot igényel. Az ilyen helyeken külön föl kell jegyeznünk a rétegződés bizonytalanságát avagy a mért irányok és szögek megközelítő s nem biztos voltát.

Az egymásra következő rétegek, illetve rétegösszletek viszonyában vagy *megegyező* (concordans) vagy pedig *eltérő* (discordans) településsel van dolgunk. Ennek vizsgálata nagyon fontos következtetésekre jogosít. A megegyező település ugyanis az egymáshoz következő rétegösszletek keletkezési ideje alatt változatlan földtörténeti eseményekre utal, illetőleg a működött erők folytonossága mellett tanuskodik. Az eltérő település a két egymáshoz következő rétegösszlet között beállott valamiféle változás jelenlétét igazolja, amelynek jelenségeit az érintkezési felület mikéntje s az azon észlelhető nyomok tisztázhatják. Ezeknek vizsgálatára tehát különös gonddal ügyelünk s látni fogunk eseteket, amelyekben az egyik rétegösszlet már települési zavaroknak volt kitéve, mielőtt a másik összlet reátelepült. Ez a *szerkezeti településeltérés* (tektonikus diskordancia). Más esetben eróziós eltérést látunk, amikor az idősebb rétegösszlet felületén egykori pusztító tényezők nyomai egyenlőtlen térszint formáltak. Mint-hogy minden szerkezeti településeltérés a két rétegösszlet között rövidebb-hosszabb időközönként tesz szükségessé, azért ezalatt az idő alatt csaknem minden esetben pusztító tényezők formálta térszín is keletkezik. Ilyenformán a szerkezeti településeltérések egyszersmind eróziósok is. Azok a rétegösszletek, melyek ilyen kifejezett településeltérést nem mutatnak, egyező településűeknek azonban mégsem mondhatók, *unconformisoknak*, a jelenség *unconformitásnak* nevezendő. Ilyen jelenség mutatkozik például a mediterrán jura-sorozat

hézagos rétegtani kifejlődésében, ahol a hézagok kifejezett rétegtelepülési eltérésben nem nyilvánulnak, s jelenlétük áramlások, üledékgátló vagy elmosó hatásával magyarázható. Ide sorolhatók azok a települési eltérések is, amelyek tengeralatti csuszamlások során létesültek.

A rétegek külszíni nyomozása a térszínen azok térbeli helyzetének vizsgálata a *rétegekibuvásokon*, azaz azokon a helyeken történhetik, ahol azok a felszínre bukkantak. A kibuvások lehetnek réteglapokon, azaz térszínhez simulók vagy rétegfejekon, ha a rétegeket a térszín keresztezi. A rétegekibuvások kiterjedése a rétegek dülésétől és szintén a térszín alakulattól függ, amelyek egyébként a kibuvás alakját is megszabják. Az itt tekintetbe jövő főbb esetek a következők: 1. Vízszintesen fekvő rétegek esetében a kibuvás vonala is vízszintes s a térszín görbületeit is követi. 2. Függőlegesen, illetve meredeken álló rétegek kibuvása a térszínen egyenes metszévonalat ad. 3. Hajló rétegek kibuvása a szerint alakul, hogy a térszínnel egyező irányban s annál nagyobb vagy kisebb szög alatt dülnek vagy ugyanilyen körülmények között ellenkező irányban hajolnak. Ezek a különböző esetek néha a kibuvások vonalának nagyon bonyolult alakot adnak.



11. ábra. Fokozatos tengerelőnyomulás túlterjedő rétegegymásutánnal.

A települési zavarok (diszlokációk).

Földtani vizsgálódásaink során bármilyen terület földtani alakulatait tekintjük is, nagyon kevés esetben fogjuk azokat eredeti településükben találni. Ellenkezőleg a rétegek térbeli helyzetének megállapításával nyilvánvalóvá lesz előttünk, hogy azok többé-kevésbé kimozdultak eredeti helyzetükből. Közvetlen megfigyeléseink keretében csak a kimozdított rétegösszletek települési alakját rögzíthetjük, ennek pontos megfigyelésével azonban a kimozdulás folyamatára is tudunk következtetni, a kiterjedés nyomozásával pedig a települési zavarok fajtájáról is tiszta képet nyerünk. A kisebb, helyi jellegű rétegzavarok, amelyek vulkáni kőzetek áttöréséből vagy alámosott, kilúgozott rétegek beszakadásából származnak csak alárendelt szerepet visznek. Ezekkel a könnyen tisztázható kisebb jelentőségű esetekkel szemben a települési viszonyok vizsgálatában főként a nagyobb kiterjedésű zavargások megállapítására szorítkozunk, amelyek egykori *hegyképző* (orogenetikus) jellegűek vagy *szárazulatokat és medencéket formáló* (epirogenetikusak). Az orogenetikus mozgások a rétegek helyzetváltozását leginkább előidézik, viszonylag gyorsabb lefolyásúak, az epirogenetikus mozgások hosszú földtani korokon keresztül folyamatban levők, alaktanilag ritkán szembeötlők. A kétféle mozgás végeredményben csak a létrehozott formákban és a működés tartamában különbözik, egyébként átmenetek is példázzák szoros összefüggésüket.

A földtannak a településre, végső fokon a földkéreg összetételében résztvevő alakulatok *szerkezetére* vonatkozó része a *hegyszerkezettan* (geotektonika) vagy röviden szerkezettan (tektonika), az említettek alapján a jelenségek lefolyását, a zavarokat létrehozó mozgások módját, mikéntjét tárgyaló *mechanikai* és a létrehozott formákat ismertető *alaktani* részre tagolódik. Ezúttal a megfigyelés menete szempontjából az utóbbi érdekelhet bennünket

elsősorban, mert ezen az alapon következtetünk a mozgás mechanizmusára vagyis, mint mindenütt, úgy itt is a létrehozott eredményekből kell levezetnünk a jelenséget: okozatból az okot.

Mielőtt még a szerkezeti formák ismertetésére térnénk, előre kell bocsájtanunk azt a tényt, hogy az eredeti helyzetükből kimozdított rétegek települési zavargásai (diszlokáció) a földkéregben megnyilvánuló oldalnyomás következtében jönnek létre. Ezért a megfigyeléseink során figyelemmel kell lennünk azokra a jelenségekre is, amelyek ennek az erőnek működésére, irányára engednek következtetni. Ezek a jelenségek a végbement mozgással kapcsolatban a rétegeken különböző jelekben nyilvánulnak. A létrehozott diszlokációk, illetve települési formák elsősorban ettől az erőtől függenek, másodsorban a kőzetek vagy rétegösszletek mozgási képességétől, végül a földkéreg megfelelő szakaszának ellenállásától. E főbb tényezők összehatásának végeredménye gyanánt nagyon sokféle szerkezeti alakulat keletkezhetik, amelyeket két alaptípusra vezethetünk vissza. Az egyik mozgási folyamat a *gyűrődés*, a másik az *összetöredezés* vagy rögzépződés. Mai ismereteink szerint lényegében mindkét diszlokációs formát ugyanazon erő eltérő végeredményének kell tartanunk. Mindaddig ugyanis a gyűrődéseket vízszintesen ható erők oldalnyomásából és ennek visszahatásából eredő élesen elkülönülő süllyedő mozgásban nyilvánuló rögzépződést különböztettünk meg. Lényegében azonban az oldalnyomás hatása alatt épügi keletkezhetnek gyűrődések, mint törések is. A lassú, állandóan fokozatosan ható nyomás, a kőzetek megfelelő rugalmassága mellett s az arra megszabott térszíni lehetőségek között gyűrődések létesülnek, míg a hirtelen beálló nyomás hatása alatt vagy annak visszahatásából eredő húzó erő következtében összetöredezés jön létre. Minthogy ezek a lehetőségek a keletkezett szerkezeti formákban is kifejezést nyernek, azért a kétféle szerkezeti alakcsoport éles szembeállítására legfőljebb csak módszertani szempontból indokolható.

A gyűrődés alapformái.

A gyűrődés a települési zavaroknak olyan folyamata, amely oldalnyomás hatása alatt a rétegeket hullámalakban összehajlítja. A gyűrődés végeredményben a rétegek eredeti kiterjedésének rövidülésével jár. A létesített többé-kevésbé bonyolult települési formák alapeleme a *redő*, mely így redő *boltozatból* (antiklinális) és *teknőből* (synklinális) áll. A redők oldali részét *szárnynak* (szár) mondjuk. A boltozat szárnyai lefelé, a teknőé fölfelé hajlók. A boltozat azonos rétegeinek legmagasabb pontja a tető, közepe vagy magja megjelölés alatt ismeretes, a teknő legmélyebb pontját, aljának vagy ugyancsak közepének mondjuk. A tetőpontról állított merőleges a *redőtengely*. A redő azonos rétegeinek tetőpontján húzódó vonal a *csapás*, amelynek iránya adja meg a redők haladási irányát, csapását. A tengely helyzete megszabja a redők alakját is. A szabályos, álló redőknél a szimmetriasíkkal összeesik. A szárnyak hajlása szerint lehet lapos, meredek vagy koffer redő. A nagyon lapos, messzeterjedő redőszárnyakat mutató alakok a nagy redők. Az álló szabályos redők rétegsorának ismertetője, hogy a nyereg és a teknő magjában belülről kifelé fiatalabb rétegek foglalnak helyet. A kissé hajló tengelyű redő ferde, az erősen hajló, átbuktatott redő elnevezést kap. Az utóbbira jellemző, hogy rétegsora alulról fölfelé az egyik szárnyban fordított sorrendben megismétlődik. Fekvő redőknél a redőtengely vízszintes, lebukó redőknél pedig az egyik szárny- vagy tetőrész rétegei aláhajlók. Az utóbbi esetekben a rétegek nemcsak fordított sorrendben következnek, hanem fiatalabb rétegek az idősebbekre települnek. A szárnyak kifejlődése szerint részarányos és, részaránytalan redők vannak, a szerint, amint a tengely a szimmetriasíkkal összeesik vagy

sem, vagy a szárnyak egyenlő hosszúak-e vagy sem. Izoklinális redőknél a szárnyak a tengellyel csaknem parallel haladnak.

A redők általában nem magukban állók, egyszerűek, hanem különböző rétegösszletek gyűrődéséből előállott összetett redőzésben mutatkoznak. Csapásuk szerint lehetnek vízszintesek, ha a redőcsapás vízszintes, süllyedők (emelkedők), ferdén hajló csapásvonallal, brachyantiklinálisok és brachyszinklinálisok, amelyeknek hosszanti kiterjedése nagyon kicsiny.

A gyűrődési folyamat fokozottabb hatásának megfelelőleg valamely terület fölépítő rétegösszletei a legkülönbözőbb redőzést mutathatják. Néha a redők fokozott átmenetet szolgáltatnak a gyüretlen területre felé az u. n. elhaló redőkben. Nagyméretű fekvő redők összeleteiből alakulnak a redőtakarók, rágyűrődéses takarók, takaró áttolódások vagy egyszerűen a takarók, amelyek gyakran nagy területen fiatalabb üledékekre gyűrődve észlelhetők. A redők középszárnya többnyire annyira kivékonyodott, szétmorzsolódott, hogy egészen eltűnik. A redők tetőpontja homlokká válik, a kiindulási helyet pedig gyökérnek mondjuk. Ha ilyen esetben a középszárny egészen szétszakad s a redőszárny a gyökértől leválva messzetolódik, akkor a redőáttolódás esetével van dolgunk. Származási helyük szerint a takarók lehetnek felszíniek vagy mélységiek. Az előbbiekből különösen a homloktáj meredeksége esetén a felső részek előrebillenve csúszó takarókat formálnak, miközben a homlokrész sokszorosan elágazódhat.

A redőkből fölépített hegységek gyürt vagy lánchegységek, amelyekben a hegység csapásával parallel haladó redők hosszantiak, az ezt keresztezők harántredők. A földkéreg különböző anyagokból álló rétegösszletei nem egyformán viselkednek a rájuk ható gyűrő erővel szemben. Vannak esetek, midőn valamely rétegsor lágyabb kőzetei erősebben gyűrődnek, mint a fekvőjükben és fedőjükben levő ellenállóbb anyagok s így diszkordáns redőket formálnak, noha a rétegek eredetileg konkordánsak voltak.

Több, hasonló csapásban haladó redő rendszerben egyesül, miközben többé-kevésbé parallel lefutású izoklinális redőrendszert formálnak vagy villásan elágaznak (*virgatio*), kereszteződnek vagy egymáshoz távolságukat elvesztve, összesereglenek. Néha az egyes redők egymáshoz képest kissé eltolódnak, kulisszaszerűen helyezkedve el, váltakoznak (*vikariálnak*). Ha az izoklinális redőrendszerben redőáttolódások vannak, akkor a középszárnyak kipréselődésével a rétegösszlet többszörösen ismétlődik, miközben az áttolódási felületen mindig a legidősebb réteg a legfiatalabban fekszik. Ez a pikkelyes szerkezet, pikkelyeződés, amelyben minden pikkely az izoklinális redők egy-egy szárnyának felel meg.

A gyürt hegységekben nemcsak a redők mutatkozhatnak rendszerekben, hanem a takarók is hasonló elrendeződésű rendszereket formálhatnak. Az ilyen rendszerek lehetnek egykorúak a fölgyűrődésben, de lehetnek különböző időben keletkezettek is. Az egymásra következő redőrendszerek lehetnek egyező értelemben redőzöttek vagy eltérők. Egyes esetekben a megújult későbbi gyűrődés fokozottabbá teszi a régebben keletkezett redőformákat; redőket takarókká, áttolódásokká formál. Minthogy a már egyszer fölgyűrődött rétegösszletek az újabb gyűrődéssel szemben többnyire merevebbeknek, ellentállóbbaknak mutatkoznak, azért az itt keletkezett későbbi üledékek fölgyűrődéséből diszkordáns redők keletkeznek. Ebben az esetben tehát már nemcsak a ható erő, a folyamat, ellenállás és mozgathatóság vizsgálatával, hanem a korkérdéssel is számolnunk kell.

Nagyon természetes, hogy az itt említett redőalakok a természetben legtöbbször nem észlelhetők ilyen tökéletesen, mert hiszen a különböző pusztító tényezők hatása alatt alaposan megváltoznak. Az erózió által elpusztított redőknek legtöbbször csak egy-egy szárnyrészletéből kell a rétegek térbeli helyzetének megállapításával, kimozdultságuk mikéntjét s redőformáikat rekonstruálni. Az így kiegészített redők hiányzó, kiegészített részei a *légnyergek*.

Nagyobb kiterjedésű takarók denudációs maradványai bizonyos *szirtek*, amelyek idegen földtani környezetben, „*gyökértelenül*” ülnék a térszínen. Az idősebb rétegösszletekből álló takaró alól helyyel-közzel kibukkanó fiatalabb rétegek ablak néven ismeretesek. Ezekkel az idegen környezetbe, messze szállított rétegösszletekkel szemben azokat, amelyek csak egyszerűbb mozgásokat szenvedtek s keletkezési helyük közelében maradtak, helytálló (*autochton*) településűeknek mondjuk.

A szűkebb értelemben vett diszlokációk vagy vetődések.

A települési zavarok formáinak másik nagy csoportjába tartoznak azok az esetek, amelyekben a földtani képződmények összefüggésükben megszakadva, egymáshoz képest leginkább függőleges irányban elmozdulnak. Az elmozdulások a képződményekben gyakori közetrések mentén létesült hasadásokon történnek, amelyeket *paraklazis*nak mondunk a *diaklazis*okkal szemben, amelyek alatt a formációt átható, elmozdulást nem mutató közetréseket értjük. Az elmozdulás módjának megállapítására abszolút értelemben nem igen van módunk, azért leg-többször be kell érünk a mozgásoknak morfológiai alapon, az elmozdult részek viszonylagos helyzetének megállapításával. A paraklazisok mentén elmozdult részeket szárny vagy leginkább *rög* névvel jelöljük, a paraklazis síkja a *vetősík* vagy diszlokációs sík, a függélyes elmozdulás jelensége a *vetődés*. A vetősíknak a felszínnel való metszésvonala, a *törésvonal*.

A vetődések által létrejött települési formákat a rétegek dülése, a vetősíkok iránya és hajlása szabják meg. Ha az elmozdulás során a rögök összefüggése nem szakadt meg, akkor *lehajlás* (flexura) keletkezik. Ebben az esetben a rétegek kétszeresen térdalakban vannak meghajlítva s az alsó és felső szárny egy közös lehajló, illetve fölhajló résszel van összekötve. A földkéreg vetődésekkel átjárt részeit összetörtnek, földarabolódottnak, rögökre tagoltnak mondjuk. A vetősíkok helyzete a rétegdüléssel egyező vagy ellenkező. A rétegek csapásával egyező irányú a *hosszanti*-, az ezt keresztezők a *harántvetődések*. A vízszintes településű rétegösszleteknél ezek a megkülönböztetések semmi lényegbeli eltérést nem mutatnak, mivel itt minden irány a rétegek terjedési irányát, a vízszintesben nyilvánuló csapást jelzik.

Az elmozdulás módjától és a vetősíkok helyzetétől függ a diszlokációs szárnyak vagy rögök kölcsönös helyzete. Süllyedés, lezökkenés vagy tulajdonképpen vetődés esetében az egyes rögök fokozatosan mélyebb helyzetbe kerültek, meredek vagy egyező ferde vetősík mellett. Az ilyen rögalakok húzó erőre utalnak. Ellenkező jellegű ferde vetősík mellett, oldalnyomás következtében a rögök fedőszárnya magasabbra kerül, fiatalabb rétegek idősebbekre tolódtak, reátolódás keletkezik. A keresztül-kasul összetört földkéregben nemcsak függőleges elmozdulások történtek, hanem vízszintes eltolódások is, a rétegek csapásában hosszanti vagy azt keresztező haránt irányban.

A diszlokáció méreteit is lehetőség szerint meg kell állapítanunk. Az elmozdulás értéke három adatban rögzíthető. A vetősík mentén megállapított távolság az azonos rétegek megfelelő pontja között a lankás méret. A *rétegtani méretet* a réteglapra állított merőlegessel mérjük, míg ugyanitt az azonos rétegek megfelelő pontjainak vízszintes távolsága az egymás mellett levő szárnyakban, a rétegtani vetőtávolságot adja. Ugyanez vízszintesben mérhető, amikor azonban vízszintes, távolság a neve. Ezeknek az adatoknak, illetve méreteknak tisztázása, megállapítása különösen gyakorlati kérdések szempontjából nélkülözhetetlen, de fontos szempontokat nyújtanak a mozgások mikéntjének tudományos megállapításában is. Kitűnik ebből, hogy a rögökre tagolódás a földkéreg rétegösszleteinek nagyobb felszíni kiterjedését

eredményezi, míg az áttolódások és különösen a gyűrődések esetében összeszorulás, rövidülés keletkezik.

A diszlokációk kapcsolódásából a különböző irányú és helyzetű vetődések mentén végbement mozgások eredménye jellemző térszíni alakot létesít. A többé-kevésbé egyirányú vetősíkok mentén mindinkább mélyebbre zökkent szárnyakkal létesült térszín a *lépcsős vetődés* rendszer. Két mélyebben fekvő rög között közel párhuzamosan haladó, hosszanti törésekkel határolt, magasabban fekvő, kiemelkedő rög a *sasbérc*. Ellentett formája, középen mélyebb fekvésű rögökkel, az *árkos vetődés* vagy *ároksüllyedés*. Mindkét forma a földkéreg leggyakoribb alakulatai közé tartozik és a rétegösszlet települési formája szerint számos fajtáját kell megkülönböztetnünk. Vannak táblás helyzetű sasbércek, redős sasbércek, gyúrt rétegekből és más alakok is. A térszínileg élesen elkülönülő árkos beszakadások hasonlóképpen sok típust mutatnak. Szegélytöréseik, azaz határoló vetődéseik lehetnek parallel haladók, összehajlók vagy szétállók. Ennek megfelelőleg az árkos rög négyszög-metszetű, lefelé vagy fölfelé ékalakú lehet. Az utóbbiaknak keletkezése csakis oldalnyomással magyarázható.

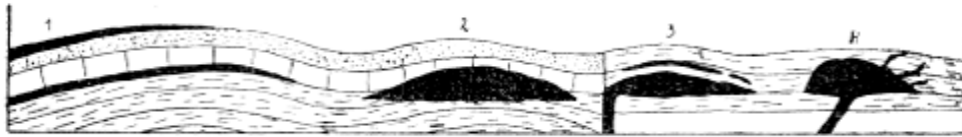
Valamely területen mutatkozó diszlokáció rendszer különböző időben végbement mozgások megismétlődő eredménye lehet. Ha az egyik törésrendszer vetődéseit későbbi törésrendszer keresztezi, akkor töréshálózat áll elő. Az így keletkezett rögek közül legmagasabban kiemelkedő rög a tengely. Körtörős lefutású törésirányok mentén lezökkent terület katlansüllyedést formál.

A megfigyelések legfontosabb teendője ezeknek a különböző formáknak tisztázása, a különböző törésrendszerek korviszonyainak megállapítása s a mozgások mechanizmusának szemléltetése az észlelt tények alapján.

A kitörésbeli képződmények települése.

Már a közettani vizsgálatokkal kapcsolatban említettük, hogy a kitörésbeli anyagok gyakran már különleges, jellemző települési alakjukkal is elárulják mivoltukat. Ezek a formák legtöbbször a keletkezés körülményeit is tisztázzák. Minthogy azonban a földtani vizsgálat egyik lényeges ténye a kormeghatározás, ami a kitörésbeliekre vonatkozólag csakis a velük kapcsolatos üledékes rétegösszlet segítségével lehetséges, azért a települési viszonyok vizsgálatánál már ezen az alapon haladunk.

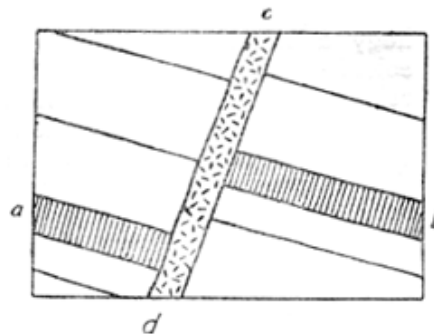
A kitörésbeli anyagok részben a földkérgen áttörve a felszínre kerültek, részben a mélységben maradvá meredtek meg. Ez a különbség már a megjelenés alakjában is megnyilvánulásra jut. A felszínre tört anyag hosszú, keskeny láváraakat, kiterjedt széles lávatarakokat formál vagy láva, hamu és törmelék váltakozó rétegeiből álló réteges vulkánokban, különböző alakú lávakúpokban mutatkozik. A mélységi kőzetek települési formája, ezzel szemben az üledékesekhez való viszonyuk szerint alakul. Behatolnak azok közé látszólag egyező településű teleptelések gyanánt, áttörnek: azokat különböző irányú keskenyebb repedés (diaklázis) kitöltésekben, *telérekben*, a tér három irányában kiterjedt, határozottabban körülírt *tömzsben*, vagy ebből kiágazó *nyulványokban* és *beivódásokban*, a rétegeközöket szétnyomva behatoló *lakkolitokkal* vagy egyenes oldalú *batolitban*. Mindezek a telepteléseken kívül mind diszkordánsan települnek az üledéksorozatba. (12. ábra.)



12. ábra. Kitérésbeli kőzetek települési formái üledékekhezi viszonyukban:

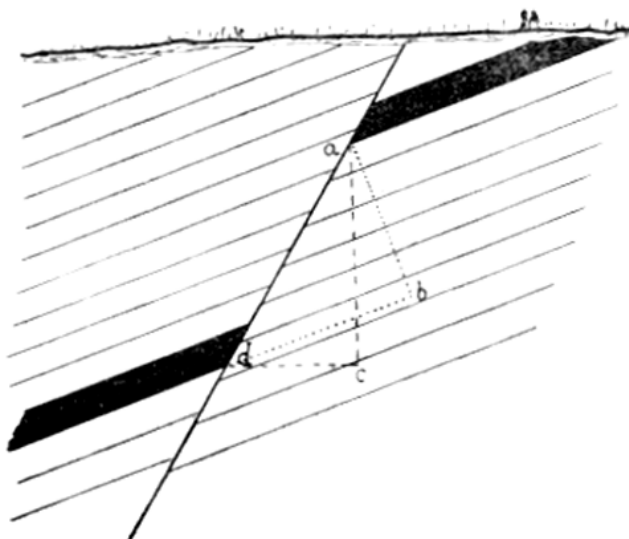
1. megegyező **teleptelerek**; 2. képződményközi **lakkolit**; 3. vetődés menti részaránytalán lakkolit, kísérő teleptelérrel; 4. meredek lakkolit **kiágazásokkal** (apofizák).

A telérek vizsgálata különös figyelmet érdemel, mivel ebbe az elbírálásba tartoznak a gyakorlatilag értékesíthető érc- és ásványos telérek is, amelyek alakban azonosak csak anyagukban eltérők. Valamennyi telér ugyanis hasadékkitöltés, amelynek vizsgálatában külön elbírálást igényel a hasadék keletkezése és annak kitöltése. A hasadékképződésnek sokféle oka lehet, akár a kőzetben magában, akár azon kívül mutatkoznak azok (endokinetikus, illetve exokinetikus repedések). Az előbbiek a kőzetek kiterjedése és összehúzódása során vagy összeszáradáskor keletkeznek, meglehetősen szabálytalanok és viszonylag kisebb jelentőségűek, mint az exokinetikus hasadékok, melyeknél a keletkezés oka a kőzeten kívül van. A legtöbb ezek közül a diszlokációk során létesül, a gyűrődéseket, vagy vetődéseket kísérő jelenségek gyanánt. Leggyakoribb a kőzetben mutatkozó repedések keletkezése nem annyira a nyomás, mint inkább a húzás hatása alatt, amikor is nyitott rések létesülnek, míg a nyomás hatása alatt inkább zárt repedések, paraklasisok mutatkoznak.



13. ábra Vetődést kitöltő telér (cd).

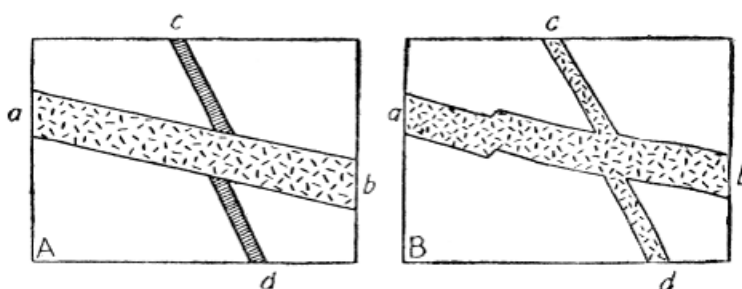
Mint hogy a legtöbb telér ilyen keletkezésű repedéseket tölt ki, érthető, hogy nem helyi jellegű jelenség, hanem általánosabb s a terület általános szerkezetével függ össze. Gyakorlati vonatkozásuktól eltekintve, ez teszi a telérek és repedések tanulmányozását tektonikai földadattá. Ebből a szerkezeti vonatkozásból következik, hogy a telérek többnyire nem egyedül, hanem sokadmagukkal mutatkoznak párhuzamos telérekben vagy telérhálózatot formáló, egymást keresztező különböző irányú telérekkel. A hasadékkitöltés módja lehet egyenletes vagy egyenlőtlen, lencsealakúan kiduzzadó és elvékonyodó. A telérek szomszédságában levő kőzeteket *mellékkőzeteknek* mondjuk s vizsgáljuk azokat a változásokat, amelyek rajtuk észlelhetők, mivel a telérek keletkezésére vonatkozólag szolgáltatnak becses adatokat. Részletes megfigyeléseink során a telérek iránya (csapása), síkjának helyzete tisztázandó, mivel ezekből az általános szerkezeti viszonyokra is fontos adatokat nyerünk.



14. ábra. Vetődés menti rétegelmozdulás méretei azonos hajlású vetősík mellett.

ab rétegtani méret, **ac** függőleges méret, **ad** vetősík méret.

Külön vizsgálatot igényel a kitörések kora. Ez a szomszédos üledékek korának ismerete alapján történik azon az alapon, hogy a kitörésbeli kőzet fiatalabb mindazon üledékeknél, amelyekben keresztülhatol vagy amelyekbe belehatol, érintkezési hatásokkal (kontakt) megváltoztat, vagy átítat. Mélységbeli kőzeteknél különös gonddal kell ügyelnünk a mellékköze-
teken észlelhető érintkezési jelenségekre: pörkölődésekre, beivódásokra, szilárdulásra, megolvasztásra, új anyagok, ásványok keletkezésére stb. Ezek részben hőhatások, részben mechanikaiak: préselődések, összemorzsolódások. Ezek a hatások kisebb mértékben észlelhetők a felszíni kitöréseknél is, ahol viszont a vulkáni utóhatások érvényesülnek s fontos útbaigazítást nyújtanak a tűzhányó egykori életműködéséről. Mindezek a kőzetanyagok minőségére vonatkozó megfigyeléseinkkel legnagyobb mértékben tisztázhatók s ezek annál fontosabbak, mert egyszersmind fölvilágosítást nyújtanak a kitörésbeli anyagok szétkülönülésére (magma-differenciáció) is.



15. ábra. Kitörésbeli telérek korviszonyai.

A **ab** fiatalabb **cd**-nél. **B** egyidős elágazó telérek.

A települési zavarok fölismerése.

Ha a földtani iránytű segítségével meghatároztuk a rétegek térbeli helyzetét, akkor ennek ismeretével megállapítottuk azok zavart települését is. A települési formák vizsgálatával azonban nem merítettük ki megfigyeléseinket, mivel a mozgások mechanizmusának tisztázása cellából még további észlelésekre van szükség. Sokszor a települési formák sem mutatkoznak teljes egészükben föltárt módon, hanem a megfigyelhető tényekből kell azokat is összeszerkeszteni a kísérő jelenségek látható nyomaiból. Ezek a jelenségek irányában, sorrendjében,

kőzetanyagában s szövetében észlelhetők, tehát ennek megfelelőleg a települési viszonyok csakis az ezekre vonatkozó közettani, rétegtani, keletkezési ismeretek alapján s azok után végezhetők. A települési zavarok fölismerését lehetővé tevő jelenségek a következő csoportba sorolhatók; 1. Fényes felületek és súrolások. 2. Ellentett dülések. 3. Összetöredezettségéből eredő s összecementeződött breccsia. 4. Húzás-nyomás. 5. Az általános csapás irányok megváltozása. 6. A formáció hirtelen végződése valamilyen irányban. 7. Rétegismétlődések. 8. Réteghagyások. 9. Rendellenes rétegsorrend. 10. Fácies idegenszerűség. 11. Idegen ásványos betelepülések. 12. Források felbukkanása.

1. Az egymáshoz képest elmozdult rögök érintkezésénél a paraklázisok síkján a mozgás következtében kicsiszolt, sokszor tükörfényes felületek észlelhetők, amelyek azonkívül még határozott, többé-kevésbé párhuzamos surlódási vonalakat is mutatnak. Az utóbbiak iránya a mozgás irányára ad útbaigazítást. A vetősíkok helyzetének megállapításán kívül tehát külön kell vizsgálnunk ezeket a csúszási felületeket s azok csúszási vonalait. Az utóbbiak nem kizárólagos jellemzői a települési zavaroknak, mert súrolt felületeket és vonalakat szolgáltatnak a jegesek is. Ezek azonban legtöbbször csak a térszín megfelelő részeit koptatják, nem adnak sík felületet és súrolási vonalaik, a gleccserkarcok szabálytalanabbak, általában 10-15 fokos szöveget formálnak.

2. A rétegek méréssel megállapított vagy látható ellentett dülése redő jelenlétére utal. Az összes többi jelenségek együtteséből állapíthatjuk meg, hogy ez az ellentett dülés gyűrődéssel vagy csak ellenkezőre billentet rögképződéssel kapcsolatos-e?

3. Az elmozdult és egymáson mozgó rétegösszletek, szerkezeti egységek surlódása nemcsak lecsiszolt felületeket eredményez, hanem szöveti elváltozásokat is. Az érintkező felületeken a kőzetek összetöredeznek, fölmorzsolódnak, majd újra összecementeződve, *diszlokációs breccsiát* formálnak. A mozgás intenzitására utal a breccsia-öv szélessége és összetöredezettsége. Sokszor több kilométeres szakaszokon nyomozhatjuk ennek a tektonikus breccsiának jelenlétét, különösen a nagy alpesi redőátolódásoknál (mylonit).

4. Gyakori jelensége a diszlokációknak a réteghurcolás, amely monoklinális formában, azaz a rétegek le- és fölhajló alakjában nyer kifejezést. Eltorzított alakú kövületek, összemorzolt, kihengerelt, szétnyomott, szétlapított kagylók, csigák, ammoniteszek vagy növényi részek is szenvedő részesei ezeknek a mozgásoknak.

5. A rétegmegszakítások, a csapásirány, azaz a rétegek terjedési irányának hirtelen megváltozása mindig szerkezeti okokra vezethető vissza. A rétegek továbbnyomozása, folytatásának megkeresése a térben, megadja az elmozdulások irányát és mértékét is. Ezen az úton állapítható meg a diszlokációk módja, illetve a vetősíkok helyzetének viszonya a rétegek térbeli helyzetével.

6. A térbeli rétegfolytatódásnak hirtelen végződése sok esetben diszlokációra utal, különösen meredeken megszakadó térszínen, síkságok felé.

7. Biztos útmutatói a szerkezeti viszonyoknak a rétegismétlődések, amelyeknek mikéntjéből a pikkelyes szerkezet, redőformák, áttolódások és rátolódások fölismerhetők.

8. Ugyancsak tektonikus mozgások eredménye legtöbbször a réteghagyások jelensége is, amelynél valamely megállapított rétegsorrend egyes tagjai hiányoznak. Megelőzőleg mérlegelnünk kell azonban vajon nem rétegtani hézag esetével van-e dolgunk, ami legtöbbször a rétegek diszkordáns településében nyilvánul. A szerkezeti diszkordancia azonban a mozgási jelenségek különböző tünetényeit is rögzíti s így az egyszerű rétegtani hézagtól jól megkülönböztethető.

9. Az említett réteghagyások megállapításával már fölismertük a rétegek sorrendjének rendellenes voltát is. Sok esetben ez a tény önmagában is elegendő a települési zavarok igazolására.

10. Még inkább bizonyító értékű, a fációs idegenszerűség, mely az egymásra települt rétegösszletekben mutatkozik. Az egyes rétegösszletek kifejlődési típusának, a keletkezési viszonyoknak kellően hangsúlyozott vizsgálata a fentebbiekben közölt fációs törvények segítségével könnyen rávezethet bennünket az egymás fölött következő különböző fációs szabályszerű vagy rendellenes voltának fölismerésére, ami lehetővé teszi a települési zavarok jelenlétének megállapítását is.

11. Külön vizsgálatot igényelnek, mint már fentebb említettük, a közethasadékok, diaklázisok, amelyek irányában egyeznek a jellemző általános szerkezeti iránnyal. A paraklázisokkal kapcsolatban gyakoriak az idegen kőzetekkel való kitöltések is, amelyeknek jelenléte már fölhívhatja figyelmünket a szerkezeti kapcsolatokra is. Sok esetben a nyílt paraklázisokat tölti ki az idegen kőzetanyag, amikor is annak keletkezési ideje lehet a diszlokációval egykorú (syngenetikus) vagy utólagos (posthumus). Sokszor az ilyen kitöltések kőzetanyaga fölhasználható a diszlokációk korának megállapításánál, amennyiben a diszlokációban résztvevő rétegek anyagával vannak kitöltve, amely gyakran kemény breccsiává is cementeződött. Néha a nyílt repedéseket későbbi, fiatalabb kőzetek törmeléke tölti ki.

12. Diszlokációs vonalak mentén gyakran fakadnak források, amelyek különösen szembeötlők egyébként vízben szegény területeken, ahol többnyire vizet át nem bocsátó kőzetek vannak a felszínen.

A szerkezeti zavarok gyakorlati jelentősége.

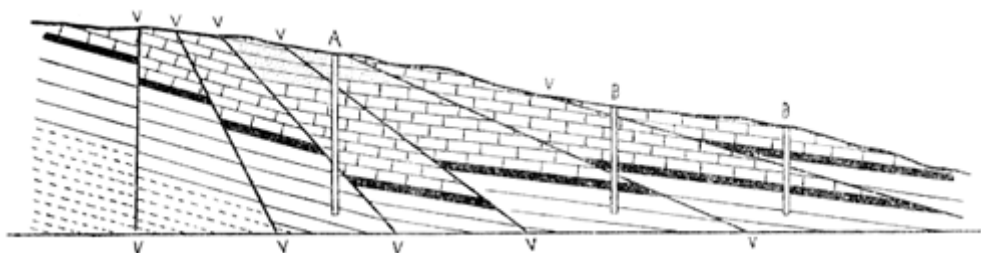
A szerkezeti viszonyok pontos megállapításának nemcsak a földtani megismerés szempontjából van fontossága, hanem döntő jelentősége van minden gyakorlati kérdés elbírálásában is. Hasznosítható anyagok értékelése, különösen azok kitermelési módja és lehetősége mindig a szerkezettől függ, egyes esetekben, mint pl. a petróleum és gázkutatásnál pedig már az előfordulás nyomozása is a szerkezeti viszonyok alapján történhetik. Az alábbiakban néhány szembeötlő példában igazolhatjuk ezt a megállapítást.

A szerkezeti viszonyok kinyomozására alkalmas jelenségek között említettük, hogy a diszlokációkat gyakran kísérik forrásföltörések, amelyek nagyobb mélységekből kerülnek felszínre s különböző sókat, ásványos anyagokat tartalmaznak. Az ilyen ásványos vizek, különböző gyógyforrások, hévvizek előfordulása legtöbbször tehát tektonikus vonalakhoz van kötve, sok esetben egykori vulkáni tevékenység késői utóműködése gyanánt. Ilyen tektonikus vonalak mentén törnek föl a budapesti melegforrások is a Gellért-hegy dunai oldalának leszakadási övében. Hasonlóképpen régen ismert a karlsbadi „termális vonal” ugyanilyen jelentősége is.

Nagy jelentősége van a szerkezeti viszonyok ismeretének a különböző érctelérek művelésénél, amely kizárólag a telérrányok és azok zavargásainak pontos ismerete alapján történhetik. Láttuk ugyanis, hogy a hasznosítható ásványos telérek kitöltése legtöbbször szerkezeti vonalak mentén mutatkozik.

Általánosságban az utólagos szerkezeti zavarok a hasznosítható anyagok, telepek, telérek ásványkincs állományát lényegesen befolyásolják, növelik vagy csökkentik. A gyűrődés a földtani képződmények kiterjedésében rövidülést okoz, növeli a telepek anyagának mennyiségét olyan értelemben, hogy kisebb területen nagyobb leművelési teret létesít. Már a telepnek egyszerű kimozdulása a vízszintes helyzetből, szintén nagyobb művelési felületet ad, mint a vízszintes települési rétegek. (16. ábra.) Izoklinális redők a telepeknek többszöri meg-

ismétlődését eredményezik. Ezt a kisebb területen előnyösen megnövekedett telepfelületet látjuk a váltós reátolódások esetében is. Viszont a gyűrődéssel járó telepismétlődések több telep téves megítélésére vezethetnek, tehát ilyen esetekben a rétegek sorrendjének gondos vizsgálatára van szükség.



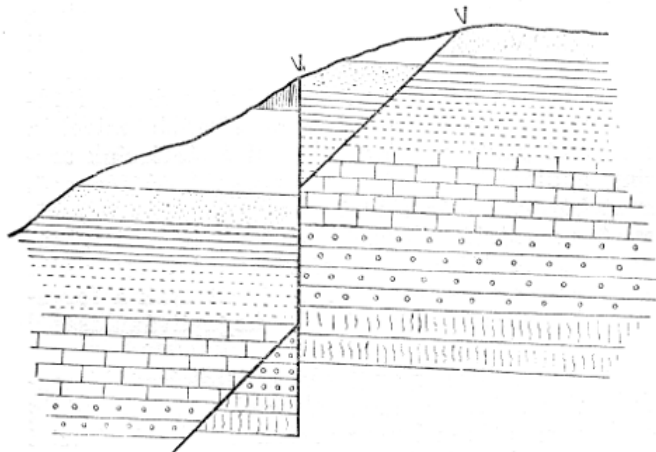
16. ábra. Különböző helyzetű vetősíkok (V) és azok gyakorlati jelentősége.
A meddő övek, B telepismétlődések.

A tektonikai viszonyokból folyó gyakorlati előnyök mellett azonban vannak a szerkezeti zavaroknak hátrányai is. Ilyenek a diszlokációs öv közelében mutatkozó erőművi összemorzolódás, vetődések mentén jelentkező kioldódások (kilugozódás), idegen ásványos anyagokkal való kitöltődéssel kapcsolatos elmeddülés s nem utolsó sorban az ilyen helyeken feltörő vízmennyiség. Mindezek néha olyan mértékben jelentkeznek, hogy a telepek hasznosítását, kisebb-nagyobb szakaszokon, részben vagy egészben lehetetlenné teszik. Bonyolult szerkezetű területeken a telepek helyzetének, előfordulási módjának és kifejlődésének megállapítása körültekintőbb kutatást, több furást igényel, mint a zavartalan területeken, úgyhogy ezek a költségek sok esetben nagyon megterhelik a terület gazdaságos kihasználásának lehetőségeit. Sokszor értékes telepek gazdaságos kihasználását meggátolja azok vetődésekkel nagy mélységbe került helyzete vagy pedig azok törésekkel sűrűn átjárt, bányászatot megnehezítő vagy egészen megghiúsító, összetört volta. Ugyancsak károsan befolyásolják a telepek használhatóságát az eruptív telérek, tömzsök vagy áttörések, amelyek erőművi hatásokon kívül, a telepek anyagát minőségileg is befolyásolják, ásványos anyagokkal átszővik, hőhatásokkal megváltoztatják (széntelepek kokszosodása). Mindezeknek az eshetőségeknek megállapítása a szerkezeti viszonyok gondos tisztázásával lehetséges, miért is a terület földtani viszonyainak ismerete nélkül gyakorlati megoldásról nem igen lehet szó. Ezt igazolják még azok a nem is ritka esetek, amelyekben költséges furások eredménytelenül végződtek a szerkezeti viszonyok nem ismerése következtében helytelenül telepített furások miatt. Ilyen téves furási eredményeket kapunk pl. valamilyen légnyereg közepén, ahol a telep már denudálva van vagy hamis telepvastagságot állapítunk meg, ha pl. a furás történetesen réteglehajlásba került. A települési viszonyok legelemibb fölismerése nélkül sok esetben látunk kutató furásokat a keresett telep fekvő rétegeibe telepítve is.

A hegyszerkezeti mozgások idejének megállapítása.

A hegyszerkezeti mozgások formáinak vizsgálatánál már tisztában kell lennünk a vizsgált terület rétegösszetételének sorrendjével, tehát az egyes rétegek földtani korával. Ez a körülmény lehetővé teszi a mozgások idejének megállapítását is. Minden hegyszerkezeti mozgás, akár gyűrődésben, akár vetődésekkel járó összetöredezettségben nyilvánuljon is, mindig fiatalabb a rétegösszetételnek ama *legfiatalabb* tagjánál, amely ebben a mozgásban még résztvett. Ez megadja tehát a mozgás idejének alsó határát, míg a felső határt rögzíti a reákövetkező, ebben a mozgásban részt nem vett rétegek *legidősebb* tagja. Már reámutattunk arra, hogy a tektonikai

mozgást szenvedett rétegösszletekre települő fiatalabb rétegek, településükben eltérő módon következnek az előzőkre s ez a települési eltérőség, diszkordancia, az a jelenség, amely az idősebb rétegösszlet szerkezeti mozgásainak tényét igazolja, illetve fölismerhetővé is teszi. A diszkordanciák nyomozása tehát szintén messzemenő következtetésekre jogosító teendője a földtani vizsgálatoknak.



17. ábra. Egymást keresztező különböző idejű vetődések.

V régibb, V, fiatalabb.

Földünk különböző területein a tektonikus mozgások idejének megállapításából s ezek egybevetéséből kitűnt, hogy ezek a földünk arculatán hegyképződésben megnyilvánuló (orogenetikus) mozgások meghatározott időszakokban jelentkeztek s a közbeeső időszakok általában a hegyképződés szempontjából nyugodtabbaknak minősítendők. Ez a *hegyképződési időtörvény*, amely szerint a tulajdonképeni hegyképződés csak néhány, viszonylag rövidre szabott időszakban, többé-kevésbé nagy távolságokra kiható módon jelentkezik, de a legkülönbözőbb területeken egyidejűleg lép föl. Ezek azok a földtörténeti forradalmi időszakok, amelyekről bevezetőben szoltunk. A hegyképződési folyamatnak ilyen epizodikus megnyilvánulása a földtörténet folyamán annál szembeötlőbb, mivel a folyamat maga, minden földtani észleléseink szerint, éppolyan állandó, folytonosan ható tényező, mint bármely más földtörténeti működő tényező, mint az erózió, abrázió, tengerjárás, szélműködés stb. A látszólagos ellentmondást eloszlatja azonban az a megfontolás, hogy itt csak a folyamatnak eltérő mennyiségi megnyilvánulásáról van szó.

A tektonikus mozgások a földkéreg kimozdulásaiban jutnak megnyilvánulásra. Ameddig ezek a mozgások lassan, szemmel látható térszíni elváltozások nélkül, illetve csak nagyon hosszú idő alatt is viszonylag kis mértékben mutakozó elváltozásokban jelentkeznek, addig csak *kontinensképző-medenceformáló (epirogenetikus)* mozgásokról szoltunk. Ezzel szemben a *hegyképző (orogenetikus)* mozgások a földkéreg viszonylag körülírtabb helyein, aránylag rövidebb időtartam alatt, olyan természetű térszíni elváltozásokat eredményeznek, amelyek nyomán a földtörténeti tényezők működése egészen új irányt vesz. A hegyképződés lezárja, megújítja azt a földtörténeti körfolyamatot, amelynek bevezetője, illetve egyik folyamatos ismertetője a medenceképződéssel járó epirogenetikus mozgás. Ilyen körülmények között a tektonikus folyamatoknak ezt a kétféle megnyilvánulását föltétlenül el kell különítenünk, dacára annak, hogy mint említettük kétségtelenül ugyanarra a végokra vezetendők vissza. Ha azonban az epirogenetikus mozgásokkal létesített medencéket (geoszinklinálisok) a hegyképződés területeinek szülőanyjai gyanánt tekintjük, akkor a hegyképződés folyamatát már ezekig a mozgásokig visszavezethetjük s egységeseknek vehetjük. A fogalomnak ilyen kiterjesztése azonban nemcsak azért volna elhibázott, mivel a két jelenség ellentétes értelmű meg-

nyilvánulásokat eredményez, a hegyképződés kizárólag kiemelkedéssel jár, az epirogenetikus mozgások ellenben süllyedésre vezetnek s ugyanakkor más területek kiemelkedését is eredményezik. Ezenkívül a tektonikus folyamat eme kétféle megnyilvánulása a földtörténeti fejlődés körforgásában más-más szakaszokat képvisel, amennyiben a hegyképződéssel kiemelkedett területek a pusztító tényezők kiinduló pontjai, míg az üledékgyűjtő medencék azok működéséből származó termékek gyűjtőhelyei. Végeredményben tehát ezeket a tektonikus megnyilvánulásokat a fogalomzavarok elkerülése céljából minden körülmények között meg kell különböztetnünk még abban az esetben is, ha keletkezett szerkezeti formáik azonosak. Az utóbbi esetre például fölemlíthetjük azokat a redőzéseket, amelyeket Pávai Vájna Ferenc mutatott ki nálunk a magyar-horvát neogén medencék legfiatalabb rétegeiben, sőt a pleisztocénban is, amelyek épen folyamatosságuk miatt, az említett hegyképződési törvény alapján csakis epirogenetikus mozgások eredményei gyanánt tekinthetők.

Mindezekből kitűnik tehát, hogy a szerkezeti mozgások idejének pontos rögzítése milyen fontos. A földtani időmegállapítás egyszerű ténye tehát nemcsak valamely vizsgált terület földtörténeti eseményeire világít rá, hanem a szerkezeti mozgások folyamatának tartamával, a mozgások minőségére is.

Hegyszerkezet és térszín.

Már az előzőekben is reámutattunk a hegyszerkezet és térszín kapcsolatára, amely elsősorban abban jut kifejezésre, hogy a szerkezeti mozgások által létrehozott formák megszabják a hegységek alkatát. A gyűrődés hosszan elnyúló redői lánchegységeket formálnak, a törésekkel megszabott hegyszerkezet a röghegységben nyilvánul. Természetes, hogy ezek a hegyképződésből eredő formák egyáltalán nem maradnak ilyen változatlanok, hanem a különböző térszínformáló tényezők, köztük leghatékonyabban az erózió, azonnal megkezdik rajta munkájukat. A hegyképződésből származó térszíni egyenlenségek kiegyenlítődnek, a magaslatok lekopnak, a mélyedések kitöltődnek, míg a térszíni egyenlőtlenségek egyensúlyi állapotba jutnak, a térszín kiformalódott, elöregedett. A hegyképződésnek egyik leglényegesebb szerepe a térszín formálásánál abban van, hogy az elöregedett térszínnek megújulását eredményezi. A hegyképződés során felgyűrt vagy összetöredezve diszlokált területek térszíne megváltozik, új teret ad a térszínformáló tényezők állandó körfolyamatainak. A kialakuló térszíni formák természetesen nem a szerkezeti formáktól függnek, hanem az erózió mértékétől s főként a rétegösszletek váltakozó sorában levő kőzetek sokféleségétől, illetve azok kőzettani különbségeitől. Az ellenállóbb, szilárdabb kőzetek kevésbé kopnak, a lazábbak nagyobb mértékben. Ilyen módon állnak elő azok az esetek és lehetőségek, hogy a hegyképződés során magasabbra került részletek a térszínformálásban alacsonyabb helyzetűek lettek. Ezeknek az eseteknek sokféle lehetőségeivel a földrajz körébe tartozó geomorfológia foglalkozik.

A földtani megfigyelések szempontjából a térszínkialakulás azért fontos, mivel, mint láttuk a keletkezett szerkezeti formákat módosítja, úgyhogy a hiányzó részeket elméletileg kell rekonstruálnunk, (Légnyergek, szirtek, ablakok.)

IV. A földtani anyag földolgozása.

Amint a földtani megismerést célzó vizsgálatokat meghatározott rendben, észszerű kapcsolatban kell végeznünk, úgy az észlelés adatai is csak megfelelő rendszerességgel kerülhetnek földolgozásra. A földtani gondolatot nyomozó utunkon haladva, a természet nyitott könyvéből szedjük a betűket, amelyeknek kapcsolására már a külszíni észlelések során is tekintettel vagyunk, azonban a gyűjtött észlelések és azokkal kapcsolatos bizonyító anyagok beható tanulmányozása még belső, laboratóriumi munkát is igényel.

Mindenekelőtt arra van szükség, hogy területekhez fűződő megfigyeléseinket térképen rögzítsük, mások számára is megközelíthető módon ábrázoljuk. A földtani tényeknek térképi ábrázolása, a földtani térképezés ugyan nagyrészt a külszíni észlelésekhez van kötve, a megfigyelésekkel egyidejűleg történik, mégis a gyűjtött anyagok laboratóriumi vizsgálatából adódó eredményekkel válik véglegessé, tehát a külső megfigyelések adatait és a részletes belső anyagföldolgozás eredményeit összesíti. A földtani anyagföldolgozás tehát ezek szerint a földtani térkép végleges alakjának elkészítését és a gyűjtött közet- és kőületanyag beható tudományos tanulmányozását foglalja magában.

A földtani térképezés.

A földtani külszíni bejárások során a vizsgált területen található rétegösszletek kifejlődésének és elrendeződési módjának kinyomozásával a földkéreg mélyebb része is ismertté válik s nemcsak felületi, hanem sztereografikus képbe összesíthető. Erre a célra szolgál a földtani térkép, amely tehát valamely terület földtani megismerésére irányuló észleléseinket tünteti föl. A minden tekintetben jól készített térképről ennek megfelelőleg a terület földtörténeti képe minden további nélkül leolvasható. Mint a megfigyelés eszközeinek tárgyalásánál láttuk, a földtani térkép készítéséhez megfelelő pontosságú topográfiai térképre van szükség, amelyre a földtani adatokat bejegyezzük. A térkép használhatóságának alapföltétele az áttekinthetőség, tehát a kivitelben arra kell törekednünk, hogy a külszíni észlelések halmazával túl ne terheljük. Ezek a szempontok nehéz feladat elé állítanak bennünket s fölvetik azt a kérdést, hogy mi kerüljön ábrázolásra a földtani térképen?

A földtani térképek készítése és ábrázolási módjai együtt fejlődtek a földtani kutatással. A földtani tények ábrázolásának szükségessége már a legrégibb időkben fölmerült. Az első ilyen irányú kísérletekkel már a tizenharmadik század közepén találkozunk. 1743-ban az angliai Kent keleti részéről *Packe* készített ilyen térképet először, majd néhány évvel később *Guettard*, az orleansi herceg kíséretében elkészítette Franciaország és Anglia átnézetes földtani térképét, amit 1746-ban a párisi akadémiának mutatott be s 1755-ben kinyomatott. Egy évvel később *Lehmann* is kiadott egy gondos térképet Mansfeld vidékéről, amit aztán *Füchsel* módosított. Mindezek a földtani észlelések jelekkel és vonalkázással voltak föltüntetve. Az első színes földtani térképet *Gläser* szász bányamester adta ki 1775-ben, azután a múlt század közepéig mind sűrűbben jelentek meg a hasonló kivitelű átnézetes térképek, a múlt század elejétől fogva már földtani szelvényekkel is. A földtani térképezésnek erre a heroikus korára esik Magyarország első átnézetes földtani térképének megjelenése is, amit *Beudant* francia természetbúvár adott ki 1818-ban három kötetes munkájának kíséretében.

Természetesen ezek az első földtani térképek csak az akkori idők földtani fölfogását tükröztetik vissza. Mai értelemben ezek csak legtöbbször kőzettani megkülönböztetéseket adnak, amelyek sokszor megfelelő topográfiai alap hiányában sem jutnak érvényre. Még a későbbi, a képződmények időbeliségét fölismert térképeken is uralkodó a kőzettani jelleg. A modern földtani térképeken azonban kizárólag a keletkezési, korkérdés és szerkezet az irányadók s az egyes képződmények megkülönböztetése ezen az alapon történik. A keletkezés alapján különválaszthatók a kitörésbeli és üledékes képződmények. Az utóbbiak kikülönítése a kor alapján történik s az egykorúaknak szükségessé váló megkülönböztetése sem kőzettani, hanem biológiailag megállapított típusaik szerint, a velük kapcsolatos üledékek kora alapján kijelölt időszakokba vannak besorolva. A részletezés szempontjai a térkép céljai szerint alakulnak. A *részletes földtani térképeken* minden főbb üledék kijelölésre kerül, de kőzettani szempontból legfőljebb csak a rétegsor legjellemzőbb tagja. Ezzel szemben valamely nagy vastagságú meddő rétegösszleten belül mutatkozó őslénytaniilag jól jellemezett, bármilyen vékony betelepülés megkülönböztetendő. Viszont a kitörésbeli kőzetek minden kőzettani fajtáját föltüntetjük. Az *átnézetes földtani térképeken* némileg módosulnak a szempontok, amennyiben az üledékeket csakis rétegtani alapon, koruk szerint, a magmatikus kőzeteket pedig tisztán kőzettani alapon, kitörési korukra való tekintet nélkül, azonos jellel tüntetjük föl. Végső fokon azonban nagyon sok függ a készítendő földtani térkép mértékétől és a topográfiai alap minőségétől.

Az említett megkülönböztetéseket szükségessé teszi a földtani térkép kívánatos áttekinthetősége, amely a topográfiai alaphoz igazodik. Amint a jó topográfiai térkép biztos tájékozódást nyújt a térszínről, úgy a kellően készített földtani térkép is áttekintést ad valamely vidék földtani viszonyairól. A nagy méretű, tehát átnézetes térképeken a részletezésektől el kell tekintenünk, csak földtanilag helytálló összefoglalásokban tüntethetjük föl a képződményeket. Vannak olyan jelenségek, amelyek a részletes térképen sem tüntethetők föl tisztán, az ilyenekről *részletstérképeket* kell adnunk.

A térképek áttekinthetősége a tartalom mellett nem kis mértékben függ a színek és jelek használatától is. Ugyanis a topográfiai alapra reávezetett földtani viszonyok megjelölése színek és jelek segítségével történik. Ezeknek használata természetesen ízlés dolga, általánosan kötelező szabályt hozni nem lehet, mégis kialakult már olyan elv, amelyet főbb vonásaiban mindenütt alkalmazni szoktak. A színek annál világosabbak, minél fiatalabb képződményeket jelölnek. A nemzetközileg elfogadott színekulcs a következő:

Alluvium; fehér v. egészen világoszöld,
Pleisztocén: halványsárga,
Harmadkor: sárga,
Kréta: zöld,
Jura: kék,
Triász: lila,
Perm: barna,
Carbon: sötétszürke,
Devon: sárgásbarna,
Szilur: szürkés-kék,
Kambrium: szürkészöld,
Archaikum és Kristályos palák: rózsaszín.

A kitörésbeli kőzetek piros színnel vannak jelölve, még pedig a régebbiek karminnal, a fiatalabbak cinóberral. Természetes, hogy a változatos földtani fölépítésű területek sokféle képződményeinek ábrázolására ezek az alapszínek nem elegendők. Ilyenkor is egységesség

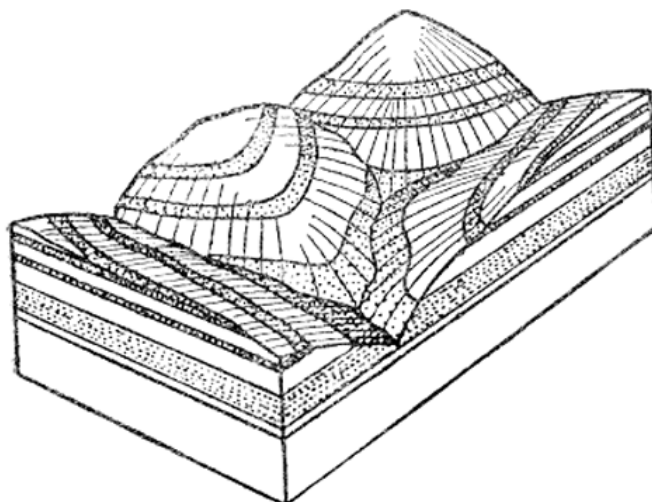
szempontjából lehetőleg a nemzetközi alapszíneket variáljuk s azokon belül különböző jeleket, vonalkázást vagy pontozást használunk. Mivel ugyanazon koron belül több különböző horizont képződményeit is meg kell különböztetnünk, azért számokat és a képződmények kezdőbetűit használjuk. Ebben az esetben sokszor a koron belül a kőzet megnevezése is lehetővé válik kezdőbetűvel, pl. *jm*: juramészkő, *ka*: krétaagyag stb. Ugyanígy célból a kitörésbeliek megkülönböztetésére a görög betűk használatosak.

Minden földtani térkép szélén adva van a szín- és jelmagyarázat, tehát ennek behatóbb ismertetésére nincs szükség. Általában megemlíthetjük, hogy a föltüntetésre váró jelenségek és adatok sokféleségének megfelelően, nagyon sokféle jel van használatban, a térkép célja szerint. A földtani térképek elmaradhatatlan kelléke a képződmények települési viszonyainak megjelölése, a dűlés-csapás jelével, a vízszintes vagy függőleges rétegek külön megjelölésével, antiklinálisok, szinklinálisok és diszlokációs irányok föltüntetésével. Nem hagyhatók figyelmen kívül továbbá a nevezetesebb mesterséges föltárások, mélyfurások, aknák, tárók, bányahelyek, kőfejtők, fontosabb kövületelőfordulások, a vízi viszonyokat jellemző kutak, források és más effélék.

Említettük, hogy a földtani viszonyokat föltüntető rendes földtani térképeken kívül, különleges céloknak megfelelően másféle térképek is készülnek. Ezek közé sorolhatjuk már azokat a részlettérképeket is, melyek nagy méretben készülnek olyan célból, hogy a vizsgált terület valamely gyakorlatilag fontosabb vagy tudományos szempontból különösen kiemelendő részét szemléltessék. Itt említjük meg az *ősföldrajzi térképeket*, melyek valamely vizsgált terület egykori térszíni viszonyainak ábrázolását adják egy-egy földtani időszakban. A *hegyszerkezeti térképek*, melyek a szerkezeti viszonyok föltüntetését célozzák, szükség esetén az egyéb földtani viszonyok redukált ábrázolásával vagy teljes elhagyásával. Vulkáni kőzetek területén *vulkanológiai* térkép készíthető, ami bizonyos mértékig az ősföldrajzi viszonyok föltüntetésével azonos, megfontolva, hogy ezek a vulkanológiai viszonyok az egykori állapotok rekonstruálását célozzák. Az ilyen területeken, különösen nagy magmadifferenciálódás esetén, külön *kőzettani* térkép készülhet, a sokféle kőzettípus pontosabb föltüntetésé céljából. Gyakorlati célokat szolgálnak a *bányaföldtani*, *talajtani és hidrológiai* térképek, amelyeken mindig a földtani viszonyok adják a kiindulási alapot a megfelelő gyakorlati részletek erősebb kidomborításával.

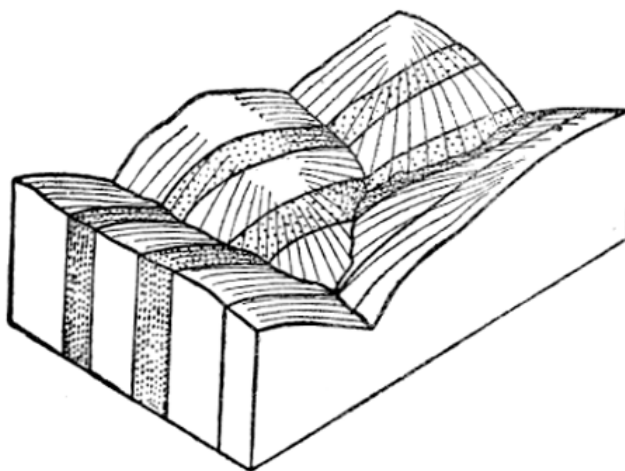
A földtani térképezés kivitele.

A földtani térkép összesíti valamely területre vonatkozó észleléseinket, ebből következik, hogy a földtani térképezés a megfigyeléseknek olyan beállítása és kapcsolása, amely lehetővé teszi azokat az ábrázolásra. Fölmerül már most az a kérdés, hogy mi az, ami a megfigyelésekből térképi ábrázolásra alkalmas? Megfigyeléseink során mindent térképre jegyzünk, de ezek az adatok csak megfelelő rendezéssel és kapcsolással szolgáltatják a földtani térkép elemeit. Már a földtani térképek főttebb említett ábrázolási elveiből is kitűnik, hogy a mindenre kiterjedő megfigyelések nem mind kerülnek térképre. Ha még megfontoljuk azt a megállapításunkat is, hogy a földtani térkép a megfigyelések tényein kívül még az anyagfeldolgozásból nyert megfontolásokat is tartalmazza, akkor világosan áll előttünk az a tény, hogy különbség van *készülő* és *kész* földtani térkép között,



18. ábra. Vízszintes rétegek képződményhatára a térshínen.

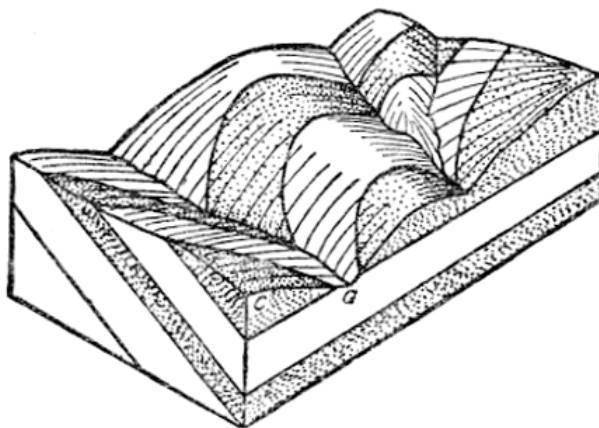
A térképezés szempontjából legfontosabb a vizsgált terület földtani képződményeinek egymásutánja és *felszíni* kiterjedése. A földtani térképen ugyanis általában mindig csak az a képződmény kerül föltüntetésre, amely a fölszínen észlelhető. Ennek megállapítása céljából külszíni bejárásainkat úgy kell irányítanunk, hogy az egyes képződmények kiterjedése rögzíthető legyen. Sorra vesszük az egyes természetes és mesterséges föltárásokat, megállapítjuk az ott észlelhető képződmények jellegeit, közettaniakat, üde és mállott állapotban, kövület-tartalmat, kort és települési viszonyokat s ezek ismeretével nyomozzuk azok kiterjedését. A különböző képződmények érintkezését, *képződményhatárnak* mondjuk s ezeknek térképen való föltüntetése adja a külszíni földtani térképezés legfőbb teendőjét.



19. ábra. Meredeken hajló rétegek képződményhatára a térshínen.

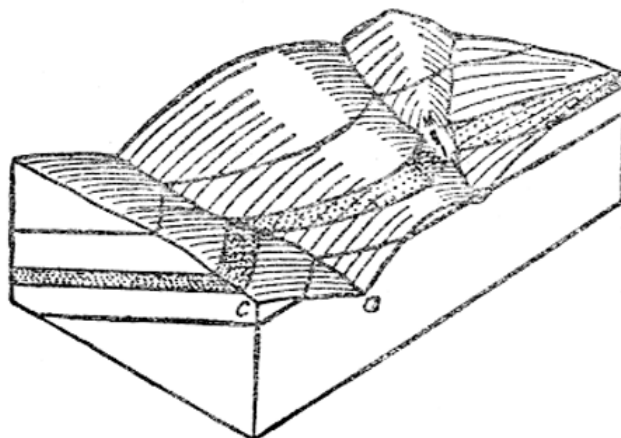
A képződményhatárok nyomozása a terület rendszeres bejárása útján történik, ami alatt értjük az észleléseinkből nyert adatok összefoglaló egésszé kapcsolását s főként azoknak földtanilag, orientált irányokban való kivitelét. A képződmények földtani orientálása a dűlés-csapás segítségével történik, azért a térképezésnél, a képződményhatárok nyomozásánál mindig erre kell tekintettel lennünk. Ahol lehetséges, földtani megismerés céljából, különösen valamely terület futólagos földtani megismerésénél, lehetőség szerint a dűlés irányában történő bejárást választjuk, mert ez gyors áttekintést nyújt a terület fölépítésében résztvevő képződmények egymásutánjáról. A dűlés-csapásmenti bejárás szüksége a földtani tájékozódásnak abból a legfontosabb alaptételéből következik, mely szerint *rendes települési viszonyokat föltételezve*,

dűlés irányában haladva mindig fiatalabb rétegekbe jutunk, míg csapás irányában mindig ugyanabban a rétegösszletben mozgunk. Amennyiben tehát ezen az alapon pl. dűlés irányában végzett bejárásunk alkalmával más egymásrakövetkezést tapasztalunk, úgy kétségtelen zavart településre kell gondolnunk, tektonikai vonalra bukkantunk, amelynek továbbnyomozása a megfelelően irányított folytatólagos bejárásaink teendője lesz. Emlékeztetnünk kell itt a szerkezeti viszonyok megfigyelésére vonatkozó fejtegetéseinkben, a szerkezeti zavarok föl- ismerésénél arra a jelenségre, amely a képződmények rendes továbbnyomozásának hirtelen megszakadásában nyilvánul.



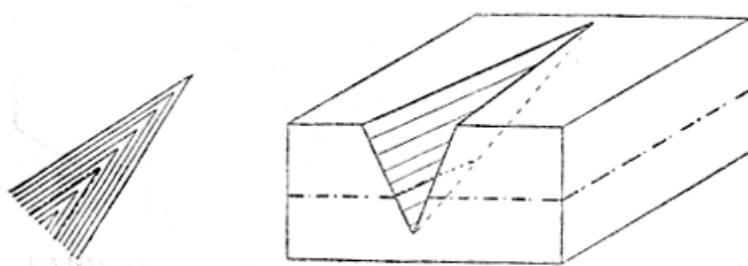
20. ábra. Térszínnel azonos hajlású képződményhatárok.

A természetben legritkább esetben lehet a közhathatárokat vagy vetődéseket nagyobb területen közvetlenül nyomozni, a legtöbbször a térszín vagy a felszint borító málladékok és a talaj elfödik, úgyhogy csak az egyes helyeken lehetővé vált részletmegfigyelésekből kell azokat a térképre szerkeszteni. Ebben az esetben ismét csak a földtani tájékozódás irányvonalainak segítségével járunk el, az ábrázoló mértan megfelelő szabályai szerint. A képződményhatárok felülete ugyanis olyan sík, melynek helyzetét a rétegek települése adja meg, térképen pedig ennek a síknak a térszínnel való metszészvonala kerül ábrázolásra. Ezek szerint tehát a képződményhatárok lefutása a település és a térszín viszonyától függ, amiből következik, hogy meg- lehetősen változatos lefutású vonalat ad. Legegyszerűbb esetben, teljesen vízszintes rétegek- ből álló képződmények határvonala a térképen a rétegvonalakkal parallel lefutást mutat, tehát a réteghatár észlelése két távolabb eső ponton elég arra, hogy a térképre berajzolható legyen. (22. ábra.). Függőleges helyzetű réteghatár a rétegvonalakat egyenes irányban metsző vonalat ad, amelynek lefutása a csapás irányával azonos. A kettő között álló, a réteghatárok ferde síkban mutatkozó gyakoribb eseteiben, görbe lefutású vonalat kapunk, amely a térszíni formák és a képződményhatár síkjának hajlása szerint többé-kevésbé bonyolult homorú és domború ívekből tevődik össze. A völgyeket keresztező képződményhatár kiszögellő vonalat ad, amely a völgyön lefelé domborodó, ha a képződményhatár síkja a völgy irányában nagyobb szög alatt hajlik, mint maga a völgy. Ellenkező esetben a görbület fordított, lefelé homorú. Hegyoldalakon a réteghatár metszővonala a térszínnel a lejtő irányában nyitott ívet formál, ha a sík hajlása nagyobb a lejtőnél, de azzal egyirányú; ellenkező esetben az ív fölfelé nyitott.

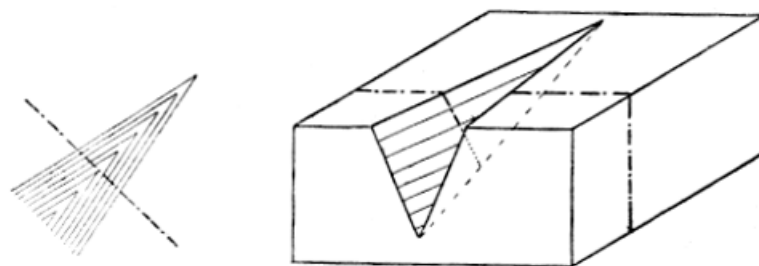


21. ábra. Térszínnel ellentétes irányban hajló rétegek képződményhatára.

A kőzettani vizsgálatok kivételénél hangsúlyoztuk, hogy ezekre a megfigyelésekre szükség van a képződményhatárok lefutásának nyomozásánál. Az összefüggésükben megszakítva nyomozható határok folytatásának keresésénél különösen szemügyre veendő a mállási jelenségek, illetve a kőzeteknek a talajt szolgáltató málladék alakjában való fölismerése. Ilyenek: a talaj színeződése, a térszíni viszonyok, a növényzet és a talaj termékenysége, források kibukkanása, valamint a patakok és folyók hordaléka. A talaj minősége, illetve a kőzetek mállása olyan helyeken is fölismerhetővé teszi a nyomozott képződményt, ahol az felszínre nem bukkanik ugyan, de a takaró málladék vagy a feltalaj elárulja közvetlen jelenlétét. A térszíni viszonyok különösen a keményebb és lágyabb kőzetek érintkezésénél tesznek nyilvánvaló szolgálatot. Hasonlóképpen árulói lehetnek bizonyos képződményeknek a növényi kultúrák, erdőhatárok, szőlőművelések, amelyek sokszor meghatározott rétegösszletek előfordulásához igazodnak. Ennek a ténynek fölismerése tehát a képződmény folytatásának következtetésére jogosít ott is, ahol annak felszínre bukkanása nem észlelhető vagy elmosódott. Források kibukkanása nagyon gyakori jelensége a réteghatároknak (rétegforrások). A patakok kavicsainak gondos megfigyelésével, egy-egy újabb kőzetanyag kavicsából joggal következtethetünk megfelelő újabb rétegek jelenlétére.

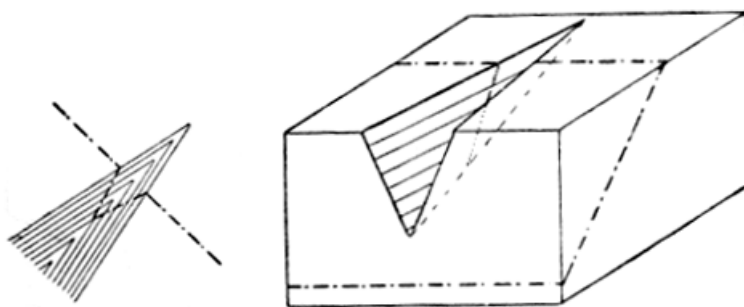


22. ábra. Képződményhatár vízszintes helyzetben.

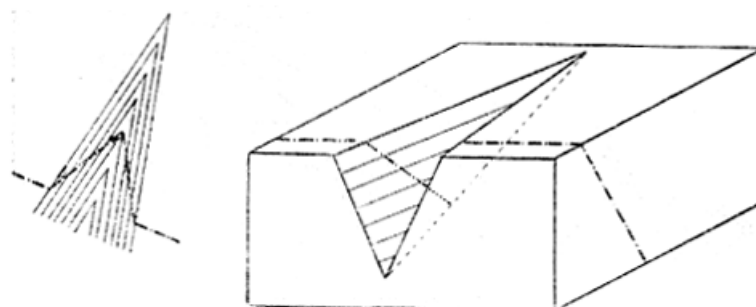


23. ábra. Függőleges helyzetű képződményhatár és térképi ábrázolása.

Mindezek az esetek sokféle változatban segítik elő a képződményhatárok nyomozását a térszínen, úgyhogy annak a térképezésben összefüggő kijelölése legtöbbször nagyobb nehézségek nélkül lehetővé válik. Némi megfontolást igényel ebben az esetben az a tény, hogy a földtani térkép a felszínen nyomozható, látható képződményeket tünteti föl, tehát bizonyos mértékig mindig a térképező geológus egyéni elbírálásától függ, hogy a képződmények felszíni kijelölésében milyen határig megy. Az elbírálásban segítségünkre lehet a készítendő térkép célja is. Hegyvidéki térképezésnél, ahol a hegyek fölépítésében résztvevő képződmények kijelölése s a hegyszerkezeti viszonyok szemléltetése fontos, irányelvül szolgálhat az a körülmény, hogy mindaddig lehetőleg a felszín alatt is kitüntetjük a képződményeket, míg arra részben szerkezeti alapon, részben a főntebb vázolt megfigyelési eljárásokkal lehetőség nyílik. Ilyen területeken csakis ott jelöljük ki a felszíni fiatalabb, pleisztocén vagy alluviális tagokat, ahol azok a térszín jellemzésére (terraszok) szolgálhatnak vagy egyébként fejlődéstörténeti jelentőségük van. Különleges, gyakorlati célok szolgálatában egészen eltekinthetünk a felszínt borító fiatalabb rétegektől s úgynevezett lefedett térképet készíthetünk. Ebben az esetben kettőzött mértékben kell számításba vennünk a szerkezeti viszonyokat, mert a képződményhatároknak megszerkesztése az eltakart részeken csakis ezen az alapon történhetik.



24. ábra. Ferde helyzetű, lejtővel egyirányú képződményhatár és térképi ábrázolása.

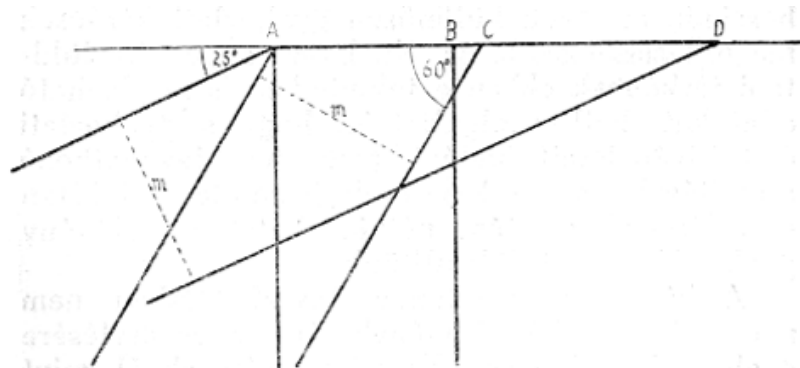


25. ábra. Ferde helyzetű, a lejtővel ellentétes dűlésű képződményhatár és térképi ábrázolása.

Ismételten említettük, hogy a földtani térkép pontossága elsősorban a topográfiai alap helyességétől függ. A földtani ábrázolás pontossága azonban nagy mértékben a terület bejárásának mikéntjétől is függ. A geológus a földtani tények és képződményhatárok térképi rögzítésénél nem műszerekkel, hanem csak a térszíni tájékozódás egyszerűbb eszközeivel megállapított helymeghatározásokra szorítkozik. Ennél az eljárásnál némi kisebb elrajzolások mindig lehetségesek, annál inkább kell tehát arra törekedni, hogy emberi lehetőségek szerint minél pontosabb helymeghatározásokat tegyünk. Ez főként a terület minél sűrűbb irányokban, minél tökéletesebb bejárásával lehetséges. Minden egyes irányban a képződményhatároknak, az előfordulásoknak egy-egy pontja rögzíthető s ezeknek az összetartozó pontoknak a megismert szerkezeti irányok alapján való összekapcsolása adja a határvonalakat. Kitűnik ebből, hogy

minél több a bejárás által, közvetlen megfigyeléssel rögzített pont annál pontosabb, biztosabb azok összeköttetése is. Valamely terület részletes földtani megismerését célzó munkálatok során tehát a gondos és minél több helyre kiterjedő vizsgálat már a térképezés szempontjából is kívánatos.

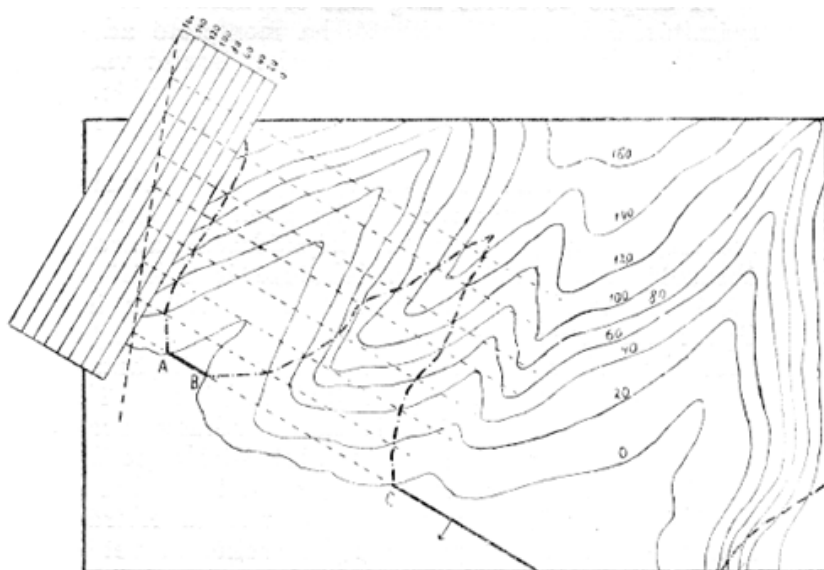
Minden rétegösszlet térbeli helyzetének megfelelően, alsó és felső, azaz fekvő- és fedő réteghatárral van meghatározva. Ez a térbeli megjelenés a térképen szintúgy a település és a térszín alakulásának függvénye, mint a képződményhatár. Vízszintes térszínen a rétegösszlet terjedelme a vastagsággal egyértelműleg növekedik vagy csökken változatlan hajlásszög mellett. A rétegdülés változása esetén a rétegösszlet terjedelme a dőlésszöggel fordított viszonyban áll, azaz a dülés növekedésével a terjedelem kisebb és viszont, (26. ábra.) Lejtős térszínen a térképen föltüntetett terjedelem vízszintes vetülete az eredetinek, tehát annál mindig kisebb s a lejtő szögével fordított viszonyt mutat: meredekebb lejtőn kisebb, lankáson nagyobb. A legkisebb terjedelmet adják meredek térszínen a vízszintes rétegösszletek, míg a meredeken dülő rétegek a térszín hajtásától függetlenül, valódi vastagságuknak megfelelő terjedelemben mutatkoznak.



26. ábra. Különböző hajlású rétegösszletek kibúvási terjedelme, egyenlő vastagság mellett, vízszintes térszínen. (AB, AC, AD).

Az a tény, hogy réteghatárok, illetve rétegösszletek a térképen földtani irányvonalaik alapján, síkok gyanánt, az ábrázoló mértan szabályai szerint kerülnek rögzítésre, megadja a lehetőségét annak, hogy a földtani térképen különböző szerkesztéseket és számításokat végezhesünk, amelyek különösen gyakorlati kérdések megoldásánál szükségesek. Ezért a gondos földtani térképnek ebben a tekintetben is megbízható adatokat kell szolgáltatnia, hogy a gyakorlati élet kívánalmait kielégíthesse. Az idevonatkozó számítások és szerkesztések ismerete a földtan művelésénél szintén nélkülözhetetlen. Néhány gyakoribb esetet főlemlítünk.

A külszínen folytonos összefüggésben nem nyomozható képződményhatár szerkesztésére gyakran kerülhet sor. Vízszintes rétegeknél, mint láttuk, nagyon egyszerű a dolog, mert a réteghatár mindaddig parallel halad a térkép magassági vonalaival, amíg a rétegösszlet vízszintes marad. Ebben az esetben tehát a réteghatár a konstatált térszíni magasságban és kiterjedésben kerül a térképre. Hajló rétegösszletek esetében a térképen rögzített észlelt réteghatár egyik pontján a csapásirányban vonalat húzunk, majd erre merőlegest állítunk s az utóbbin a dülés szögének megfelelő lejtőmérték távolságaiban párhuzamosokat húzunk, amelyeknek a magasságvonalakkal való metszéspontjait összekötjük s megkapjuk a keresett képződményhatárt. (27. ábra.)

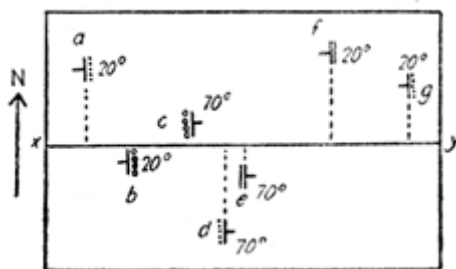


27. ábra. Képződményhatár szerkesztése a kibúvási pontok, A, B, C, a csapás A B és a dülés ismeretével.

A rétegek csapása és dülése is egyszerűen leolvasható a pontosan szerkesztett földtani térképen. Valamely képződményhatárnak ugyanazon a magasságvonalon levő két metszéspontját összekötve a csapásirányt kapjuk. (26. ábra. AB). A dülés iránya erre merőleges. Ha a réteglap egyenes, akkor a különböző magasságvonallakkal szerkesztett csapásirányok paralellek, ellenkező esetben széttartók. Ha két egymásra következő magassági görbén megszerkesztett csapásvonal közötti függőleges távolságot lemérjük és vízszintes vetületben megszerkesztjük, azaz a csapásvonalra reávivszük, az itt nyert pontot a másik dülésvonal és csapásvonal metszésével összekötjük, akkor a dülésszöget kapjuk.

A csapás és dülés még más szerkesztéssel és számítással is megállapítható, ha megfelelő adatok állnak rendelkezésünkre a rétegösszlet vastagságára és vízszintes síkon való kiterjedéséről. Az így előálló derékszögű háromszögben $\sin \alpha = m : a$.

A fentebb hangoztatott kapcsolat a földtani település és a térszín között amely szükségszerűleg megnyilvánul a képződményhatárok ábrázolásában, megadja a lehetőségét a különböző hegyszerkezeti formák föltüntetésének is. Gyűrt területek redővonulatai rövidebb vagy hosszabb lefutású párhuzamos képződményhatárokból mutatkoznak a földtani térképen. (28. ábra.) A rövidtengelyű boltozatok, dómok, brachyantiklinálisok és brachyszinklinálisok pedig körkörös lefutású réteghatárokból nyilvánulnak. Vetődések térképi ábrázolása ugyanolyan elbírálást nyer, mint a képződményhatároké. A vetődések síkjának a térszínnel formált metszésvonala (kibúvási vonal) a térképen szintén vonal alakjában jelentkezik, amelynek lefutása a vetősík helyzete szerint alakul.

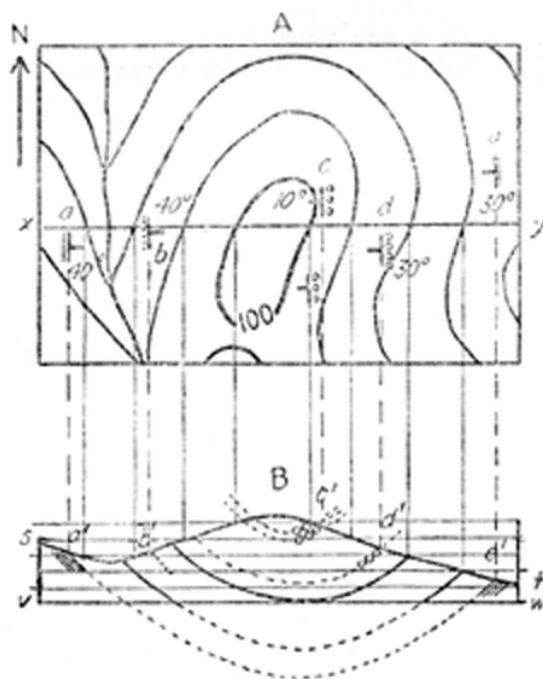


28. ábra. Gyűrt rétegösszletek térképábrázolása a dülési adatok bejelölésével.

A földtani szelvény.

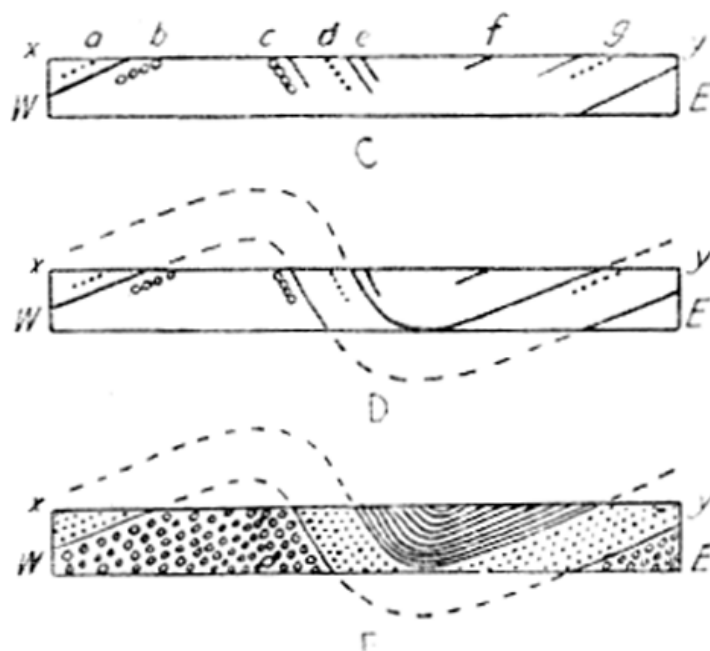
A földtani térkép, valamely terület ábrázolása vízszintes síkon, csak egyik szemléltetési módja a földtani viszonyoknak. Jelentős kiegészítője még a földtani szelvény, amely a képződményhatároknak és a települési viszonyoknak, tehát a hegyek szerkezetének függélyes síkban való vetületét, tehát átmetszetét adja. Az ilyen átmetszetet tetszés szerinti irányban készíthetjük, azonban a tulajdonképeni szelvények a földtani irányokhoz, a düléshez és csapáshoz igazodnak. Ezek szerint vannak hosszanti- és harántszelvények. Az utóbbiak a *tulajdonképeni vagy rendes* (normál) szelvények. A földtani szelvény fontos kiegészítője a térképnek és sok esetben annak szélén is föltüntetik, legtöbbször azonban külön leírásban foglal helyet. Míg a térkép valamely terület földtani képződményeinek területi egymásmellettségét, vízszintes helyzetét tünteti föl, addig a szelvény gyors áttekintést nyújt azok egymásfölöttiségéről, szerkezeti fölépítéséről, valamint a képződményeknek a mélység felé valószínű folytatásáról.

A földtani szelvények külső megfigyeléseink részadataiból tevődnek össze. A lépésről-lépésre haladó külszíni észlelés során elértáruuló természetes és mesterséges föltárásokban látható képződmények egymásrakövetkezése is szelvényeket mutat. Ezek a természetes vagy *észlelt szelvények*, amelyeknek fölszaporodó adataiból a nagyobb terület földtani fölépítését szemléltető normálszelvények készülnek. Természetes, hogy amint a térképezésnél láttuk, a képződményhatárok a felszínen folytonos nyomozásban nem követhetők, még kevésbé lehet tehát a rétegösszletek szelvényben föltüntetett mélységi folytatását észlelni, vagyis az észlelési adatok kiegészítésre szorulnak. Ilyenformán csaknem minden nagyobb területre vonatkozó, tehát nem helyi föltárásból származó szelvény, *kiegészített*. Minden szelvény voltaképpen eszményi metszetet ad, amelynek irányában a föltüntetett rétegösszletek csak nagyon ritkán láthatók együtt, miért is a szelvényeket ebben az irányban észlelt több szelvényből kell összesíteni. Ezek az *összetett vagy szerkesztett szelvények*. Vannak végül olyan szelvények, melyek valamely hegyvidéknek vagy nagyobb területeknek földtani szerkezetéről magyarázó áttekintést nyújtanak a rendelkezésre álló adatok fölhasználásával ugyan, de több-kevesebb egyéni fölfogással és belemagyarázással. Ezek az *eszményi vagy átnézetes szelvények*.



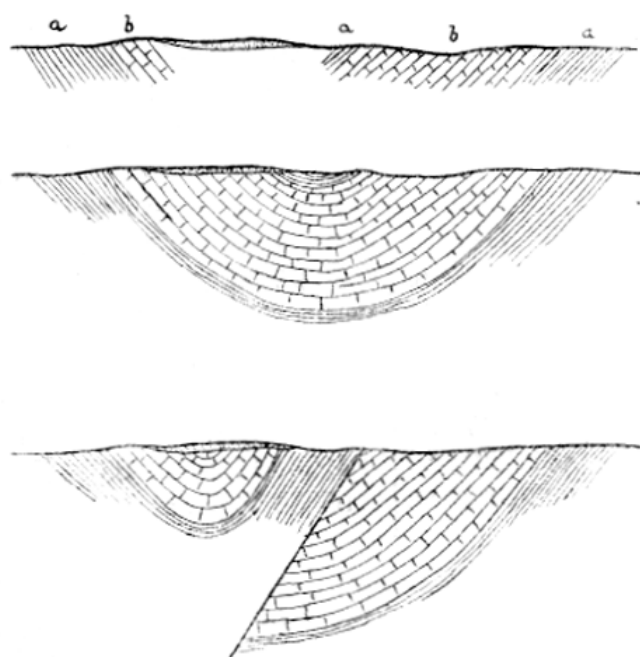
29. ábra. Földtani szelvény szerkesztése a térképi adatok levetítésével.

A földtani szelvényeket megfelelő méretben kell készíteni, mint a térképeket s szintén az ábrázoló mértan szabályai szerint szerkeszthetők. Először is meg kell szerkeszteni az orográfiai metszetet, amelynek készítése a rétegvonalas térképről történhet összerendezők útján. Ezek közül a vízszintesek az alap, a függőlegesek a megfelelő térszíni magasság méreteit adják (29. ábra). Az így elkészült metszetbe a földtani képződményeket, a réteghatárokat, a rétegösszletek megfelelő vastagságát s dülési viszonyait kell beleszerkeszteni. (30. ábra.) Ennél az eljárásnál figyelembe kell vennünk azt a fentebb már említett viszonyt, amely a rétegösszletek külszíni terjedelme és a térszín között van. Különös gonddal kell tekintettel lennünk a dülésszögek betartására. Ebből a szempontból tudnunk kell, hogy vízszintes rétegek vízszintes, függőlegesek pedig függőleges vonalakban mutatkoznak a szelvényben. A ferde szög alatt hajló rétegek a rendes (normál), tehát a dülés irányában készült szelvényben eredeti dülésszöggel tüntetendők föl, minden más irányú szelvényben azonban ez a szög módosul a szelvény iránya szerint. A csapás irányában haladó metszetben vízszintes vonalban jelennek meg a rétegek; a csapás és dülés irány közé eső minden más irányban készülő szelvényben a dülés szöge az észleltnél annál kisebb s a vízszinteshez annál inkább közeledik, minél jobban közeledik a szelvény iránya a rétegek csapásához. Megfordítva, a szelvényben föltüntetett rétegek dülésszöge annál jobban közeledik az észlelt szögértékhez, minél jobban közeledik a szelvény iránya a normál szelvényhez, amint az az alábbi táblázat adataiból kitűnik.



30. ábra. A 28. ábrán föltüntetett gyűrt rétegek térképvázlat földtani szelvényének készülési szakaszai.

C az észlelt dülések szerkesztése, D a rétegösszlet hajlásának kiegészítése, E a kész szelvény légnyereggel.



31. ábra. Földtani szelvénykészítés az észlelt viszonyok alapján (ababa), a mélységi folytatódás kétféle értelmezésével.

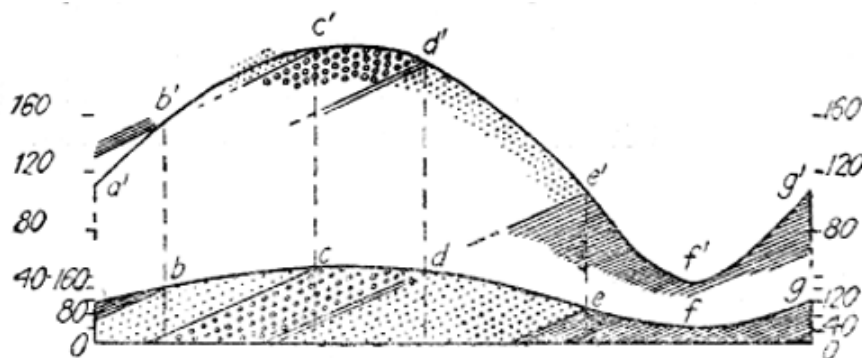
A dülésszögek értékváltozásai a normálistól eltérő irányú szelvényekben²

| Észlelt dülésszög | A szelvény irányának | | | | | | | eltérési szöge a csapástól | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 80° | 75° | 70° | 65° | 60° | 55° | 50° | 45° | 40° | 35° | 30° | 25° | 20° | 15° | 10° | 5° | |
| 10° | 9°51' | 9°40' | 9°24' | 9° 5' | 8°41' | 8°13' | 7°41' | 7° 6' | 6°28' | 5°46' | 5° 2' | 4°15' | 3°27' | 2°37' | 1°45' | 0°53' | |
| 15° | 14°47' | 14°31' | 14° 8' | 13°39' | 13°34' | 12°28' | 11°36' | 10° 4' | 9°46' | 8°44' | 7°38' | 6°28' | 5°14' | 3°33' | 2°40' | 1°20' | |
| 20° | 19°43' | 19°23' | 18°53' | 18°15' | 17°30' | 16°36' | 15°35' | 14°25' | 13°10' | 11°48' | 10°19' | 8°45' | 7° 6' | 5°23' | 3°37' | 1°40' | |
| 25° | 24°48' | 24°15' | 23°39' | 22°55' | 22° 2' | 20°54' | 19°39' | 18°15' | 16°41' | 14°58' | 13° 7' | 11° 9' | 9° 3' | 6°53' | 4°37' | 2°20' | |
| 30° | 29°37' | 29° 9' | 28°29' | 27°37' | 26°34' | 25°18' | 23°51' | 22°12' | 20°21' | 18°19' | 16° 6' | 13°43' | 11°10' | 8°30' | 5°44' | 2°53' | |
| 35° | 34°36' | 34° 4' | 33°21' | 32°24' | 31°13' | 29°50' | 28°12' | 26°20' | 24°14' | 21°53' | 19°18' | 16°29' | 13°28' | 10°16' | 6°56' | 3°30' | |
| 40° | 39°34' | 39° 2' | 38°15' | 37°15' | 36° 3' | 34°30' | 32°44' | 30°41' | 28°20' | 25°42' | 22°45' | 19°31' | 16° 1' | 12°15' | 8°17' | 4°11' | |
| 45° | 44°34' | 44° 1' | 43°13' | 42°11' | 40°54' | 39°19' | 37°27' | 35°16' | 32°44' | 29°50' | 26°33' | 22°55' | 18°53' | 14°30' | 9°51' | 4°59' | |
| 50° | 49°34' | 49° 1' | 48°14' | 47°12' | 44°54' | 44°17' | 42°23' | 40° 7' | 37°27' | 34°21' | 30°47' | 26°44' | 22°11' | 17° 9' | 11°41' | 5°56' | |
| 55° | 54°35' | 54° 4' | 53°19' | 52°18' | 51° 3' | 49°29' | 47°35' | 45°17' | 42°33' | 39°20' | 35°32' | 31° 7' | 26° 2' | 20°17' | 13°55' | 7° 6' | |
| 60° | 59°37' | 59° 8' | 58°26' | 57°30' | 56°19' | 54°49' | 53° 3' | 50°46' | 48° 4' | 44°47' | 40°54' | 36°14' | 30°29' | 24° 8' | 16°44' | 8°35' | |
| 65° | 64°40' | 64°14' | 63°36' | 62°46' | 61°42' | 60°21' | 58°40' | 56°36' | 54° 2' | 50°53' | 46°59' | 42°11' | 36°15' | 29° 2' | 20°25' | 10°35' | |
| 70° | 69°43' | 69°21' | 68°49' | 68° 7' | 67°12' | 66° 8' | 64°35' | 62°46' | 60°29' | 57°36' | 53°57' | 49°16' | 43°13' | 35°25' | 25°30' | 13°28' | |
| 75° | 74°47' | 74°30' | 74° 5' | 73°32' | 72°48' | 71°53' | 70°43' | 69°14' | 67°22' | 64°58' | 61°49' | 57°37' | 51°55' | 44° 1' | 32°57' | 18° 1' | |
| 80° | 79°51' | 79°39' | 79°22' | 78°29' | 78°29' | 77°51' | 77° 2' | 76° 7' | 74°40' | 72°75' | 70°34' | 67°21' | 62°43' | 55°44' | 44°33' | 26°18' | |
| 85° | 81°56' | 81°50' | 81°41' | 81°14' | 81°14' | 80°54' | 80°29' | 82°57' | 82°15' | 81°20' | 80° 5' | 78°19' | 75°39' | 71°20' | 63°15' | 44°54' | |
| 89° | 83°59' | 83°58' | 83°56' | 83°54' | 83°51' | 83°47' | 83°42' | 88°35' | 88°27' | 88°15' | 88° 8' | 87°38' | 87° 5' | 80° 9' | 84°15' | 78°41' | |

² Lahee: Field geology. P. 595.

A dőlésszögnek vetületben mutatkozó ilyen eltérései indokolják a rendes (normál) szelvények szerkesztését, amelyekben a dülés valódi mivoltában érvényesül. Természetes, hogy nagyobb területek földtani fölépítésének szemléltetését célzó földtani szelvények, a képződmények változó csapás-dülése miatt nem lehetnek mindvégig egyirányú normálszelvények, tehát ebben az esetben megjelöljük a szelvénynek azt a részét, amely ilyen irányban halad. Különben is a földtani térkép adatainak gyors áttekintését s az azt kiegészítő szelvény irányát a térképen megjelöljük.

A földtani szelvények szerkesztésénél alap gyanánt a tenger szintjét szokás választani. A terület arculata és magassági viszonyai, valamint az észlelési adatok értéke szabják meg azonban, hogy a földtani képződmények helyzetét ilyen szintig terjedőleg adjuk-e. A szelvény alapja azonban mindenesetre a térszín legmélyebb pontja alatt legyen. Sok esetben viszont, különösen megfelelő mélyművelések adatainak fölhasználásánál a szerkezeti viszonyokat a tengerszint alatt is megszerkeszthetjük. (31. ábra.) Bizonyos esetekben a térszíni viszonyok tagolódása nem teszi lehetővé azonos alap és magasságméret mellett a részletesebb adatok föltüntetését. Ilyen esetekben a magasságot az alappal szemben torzítanunk kell. Az ilyen *szelvénymagasításnál* azonban mindig föl kell tüntetni a magasítás mértékét s nem szabad megfeledkezni arról, hogy ebben az esetben a dülés szöge megfelelő függvényben változik, mert túlmagasított, torz szelvények keletkeznek. (32. ábra.) A különböző magasítás szögadatait a mellékelt táblázatban adjuk. A méretek föltüntetésén kívül a szelvényeken megjelöljük az égtájakat, továbbá a fontosabb tájékoztató térszíni pontokat is.

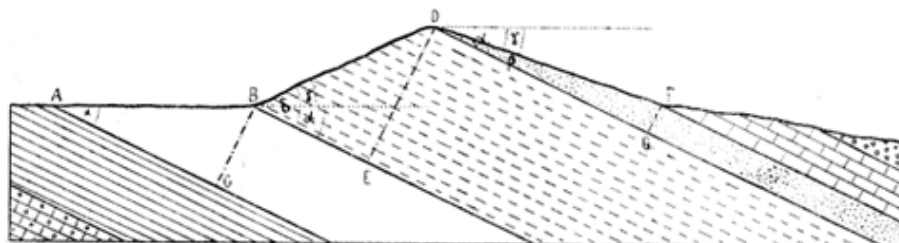


32. ábra. Túlmagasított szelvény a rétegek dülésének helytelen (változatlan) föltüntetésével

Már említettük, hogy a földtani szelvények készítésénél, de azonkívül mindennemű gyakorlati célból is, szükségünk van a rétegösszletek vastagságának ismeretére. Ennek megállapításánál a térszín és a rétegek dülése a legfontosabb tényezők. Vízszintes rétegek vastagságát a fekvő és fedőrétegek közötti magasságkülönbséggel közvetlenül is lemérhetjük aneroiddal vagy más magasságmérő eljárással (vizirozással). Függőlegesen álló rétegösszletek vastagsága szintén közvetlenül mérhető; sík térszínen a felszíni kiterjedéssel azonos. (26. ábra.) Kissé körülményesebb a hajló rétegek vastagságának megállapítása lejtős térszínen. Ismernünk kell a rétegdülést, a lejtő szögét és a térszíni kiterjedést s akkor vagy számítással vagy egyszerű szerkesztéssel meghatározhatjuk a valódi vastagságot. Ha ugyanis ezeket az adatokat megfelelő méret szerint milliméter papirosra fölrajzuk, akkor a keresett vastagság ugyanebben a méretben lemérhető.

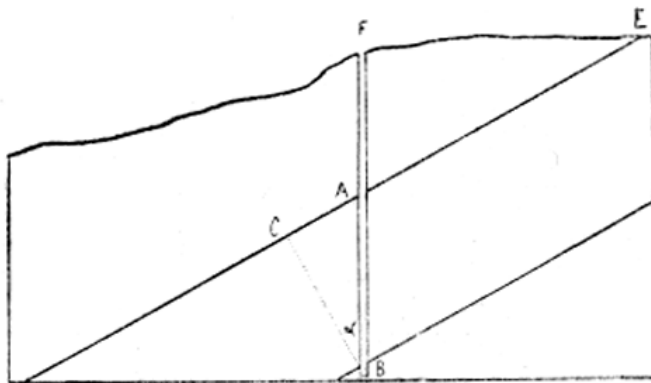
| A dőlésszögek értékváltozásai szelvénymagasításnál | | | | |
|--|---------------------------------|------------------|------------|----------|
| Észlelt dőlésszög : | Kétszeres | Három- szoros | Négyszeres | Ötszörös |
| | m a g a s í t á s e s e t é n : | | | |
| 2° | 3°59' | 5°58' | | 4°59' |
| 5° | 9°55' | 14°45' | 19°15' | 23°30' |
| 10° | 19°20' | 29°45' | 35° | 41°30' |
| 15° | 28°15' | 38°45' | 47° | 53°15' |
| 20° | 37°10' | 47°30' | 55°30' | 61°15' |
| 25° | 43° | 54°30' | 61°45' | 66°45' |
| 30° | 50° | 60° | 66°30' | 71° |
| 35° | 54°30' | 64°45' | 70°20' | 74°10' |
| 40° | 59°15' | 68°30' | 72°0' | 76°40' |
| 45° | 63°30' | 71°45' | 76° | 78°45' |
| 50° | 67°15' | 74°30' | 78°10' | 80°45' |
| 55° | 70°45' | 76°45' | 80° | 82° |
| 60° | 73°45' | 79° | 81°45' | 83°25' |
| 65° | 76°45' | 81°10' | 83°20' | 84°40' |
| 70° | 80° | 83°5' | 84°50' | 85°50' |
| 75° | 82°30' | 85° | 86°10' | 86°55' |
| 80° | 85° | 86°40' | 87°30' | 88° |
| 85° | 87°30' | 88°20' | 88°45' | 89° |

Számítás esetén, ha a térszín vízszintes, akkor a keresett vastagság (BC) egyenlő a térszíni kiterjedés vagy látszólagos vastagság (AB) és a dőlésszög (α) sinusának szorzatával (33. ábra). Ugyanezen ábra szerint a térszín lejtője és a rétegdőlés egyirányú, a rétegdőlés (α) és lejtőszög (γ), akkor DFG derékszögű háromszögből ismeretes DF, a térszíni kiterjedés és szög = $\alpha - \gamma$; ezek szerint a keresett vastagság $EG = DF \times \sin \beta$ ahol $\beta = \alpha - \gamma$. Az ábrán föltüntetett másik esetben a rétegdőlés ellentétes irányú a lejtő irányával. Az előbbi (α), az utóbbi (γ). A keresett DE rétegvastagság az DEG derékszögű háromszögből lesz $DE = DF \times \sin \delta$, ahol $\delta = \alpha + \gamma$. Hangsúlyoznunk kell, hogy nemcsak a rétegek már említett dőlésszöge, hanem azok vastagsága is torzul a szelvényben, ha az nem normál szelvény. A hosszanti szelvények a rétegvastagságot nagyobbnak tüntetik föl a valóságnál, miért is figyelemmel kell lennünk erre a körülményre a föltárások hosszanti szelvényben látható rétegösszleteinek vastagság mérésénél.



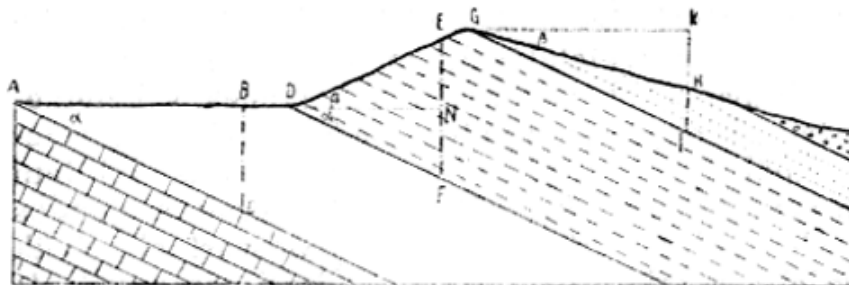
33. ábra. Rétegvastagság meghatározása számítás útján a térszín különféle alakulása esetén.

Ugyanezen az alapon történik pl. valamely furásban átharántolt telep valódi vastagságának kiszámítása vagy szerkesztése is (34. ábra). A furás adataiból ismerjük a telep felső és alsó lapjának mélységeit (AB, látszólagos vastagság), ismerjük a rétegdülést is (α), tehát úgy foghatjuk föl a kérdést, mint a föntebb tárgyalt hajló rétegeket vízszintes térszín esetén. Ebben az esetben tehát a keresett valódi telepvastagság $BC = AB \times \cos \alpha$ (ABC derékszögű háromszögben az α a dülésszöggel egyenlő, mert száraiik merőlegesek). Kiszámíthatjuk még a megfúrt telep várható fölszínre bukkanási távolságát is (FE) a furás helyétől, diszlokációk föltételezése nélkül. Ezek az adatok a földtani gyakorlat megkönnyítése céljából már kész táblázatokban is megvannak.



34. ábra. Mélyfúrással átfúrt réteg valódi vastagságának (CB) számítása.

Ugyancsak a rétegdülés segítségével, a rétegek kibuvási pontjának ismeretével kiszámítható a réteg mélysége valamely keresett ponton (35. ábra). Ebben az esetben szintén a rétegvastagság számításának föntebb tárgyalt három eshetőségével találkozunk. Első esetben a felszín vízszintes: A a rétegekibuvás pontja, B az a pont, ahol a réteg mélységét (BC) keressük, α a dülés szöge. ABC derékszögű háromszögben $BC = AB \times \tan \alpha$. Vizsgáljuk ezt a kérdést a második esetben: lejtős térszínnel azonos irányban dülő rétegekkel: a dülés szöge α , a lejtő szöge β , akkor GHK háromszögben $HK = GH \times \sin$ és $GK = GH \times \cos$. Most GKI háromszögben $IK = GK \times \tan \gamma$ (azaz $\alpha + \beta$), tehát $IH = IK - HK = (GK \times \tan \gamma) - (GH \times \sin \beta)$. A harmadik esetben a lejtővel ellentett dülésű rétegekkel a lejtőszöggel alkotott (DEN) háromszögben $DN = DE \times \cos \beta$, $EN = DE \times \sin \beta$. A dülésszöggel alkotott DEN háromszögben $EN = DN \times \tan \alpha$, tehát ezek szerint $EF = (DE \times \sin \beta) + (DN \times \tan \alpha)$



35. ábra. A rétegek mélységének meghatározása valamely adott ponton, különféle térszínen.

Bizonyos területek földtani fölépítésében résztvevő rétegösszletek egymásutánjának vagy mélyfúrások rétegeinek föltüntetése céljából úgynevezett oszlopos szelvényeket is szoktak készíteni. Ezek egyszerűen csak a rétegek egymásutánjának és vastagságának megfelelő méretben való szerkesztése alapján készülnek. Sokkal jelentősebb eszközei a földtani

szemléltetésnek a *tömbszelvények*, melyek a térszínnek valamilyen kocka- vagy hasábalakú részét perspektivikus beállításban állítják elénk három nézetben. A felső oldalon a térszíni formák és a földtani képződményhatárok, a két oldalsó részen pedig a megfelelő földtani szelvények láthatók. Ez a *Davis* nyomán elterjedt újabb ábrázolási mód a térkép és szelvény együttes hatásában különösen a formák kialakulásának szemléltetésére nagyon alkalmas. Hegyszerkezeti szemléltetésre is ilyen sorozatok készítése alkalmas.

Különleges jelenségek, bányaműveletek, mélyfurások, szerkezeti viszonyok szemléltetésére a három összrendező „kockadiagramot” is használhatjuk.

A gyűjtött anyag vizsgálata.

Ismételten hangsúlyoztuk, hogy a földtani észlelések során minden alkalommal, a külszíni megfigyelésekkel kapcsolatban anyaggyűjtésre is kell törekednünk, hogy az észlelt jelenségeket részletesebb vizsgálat alá vehessük s muzeális szempontból megőrizzük. A gyűjtött anyagok az észlelések rendje szerint ásvány-kőzettani és őslénytani vizsgálatot igényelnek, mert mint láttuk, ezek azok a szempontok, melyek a földtani képződmények tökéletes megismerését megadják. A gyűjtött anyagok vizsgálata azok finomabb jellegeinek megismerését célozza, ami a külszíni vizsgálatok alatt nem lehetséges. Messzevezetne, ha ezen a helyen ennek a belső anyagvizsgálatnak részletezésével foglalkoznánk, miért is csak néhány alapelv rögzítésére szorítkozunk.

Mindenekelőtt tisztában kell lennünk azzal, hogy a gyűjtött anyag tanulmányozása bizonyos különleges s az anyagok természetéhez és a vizsgálat finomságához szabott előkészítést igényel. A kőzettani vizsgálatok célja a kőzetek finomabb ásványos összetételének megismerése s ezzel kapcsolatban azok rendszertani helyének s keletkezési viszonyainak pontos megállapítása. A rétegekből gyűjtött kővületek vizsgálata földtani szempontból, mint láttuk, ugyancsak a gondos paleozoológiai alapon végzett rendszertani helyük kijelölésével, főként a keletkezési viszonyok és fáciesek tisztázását és a földtani kormegállapítást célozza.

A kőzettani vizsgálatok mikroszkopiai célokra alkalmas optikailag átvilágítható *vékony csiszolatok* alapján történnek. Ebből a célból a kőzetek alkalmas üde darabjaiból vékony csiszolatokat kell készíteni. A megfelelő kőzetdarabkát vaslapon korundporral simára csiszoljuk, majd ezt a sima lapot finomabb csiszolóporral üveglapon egészen simára csiszoljuk s fényesítjük. Az így elkészített felületet kanadabalzsammal vagy valamilyen más alkalmas ragasztóanyaggal vastagabb üveglapra ragasztjuk s a kőzetnek másik felét most ugyanilyen módon óvatosan csiszoljuk, mindaddig, míg kellő vékonyságú nem lesz. Ekkor a kész csiszolatot tárgylemezre tesszük s fedőlemezzel leföldjük. A vékony csiszolatok készítése sok gyakorlatot és bizonyos kézi ügyességet is igényel. A kőzetmikroszkopiai vizsgálatához szükséges csiszolatok két-három századmilliméter vékonyságúak, tanulmányozásuk az ásványok optikai viselkedésén alapuló különleges módszerekkel történik, amelynek kivitele legtöbb esetben ma már a geológus munkakörét meghaladja s csakis annak végeredményét veszi igénybe. A mikroszkopiai vizsgálatot kiegészíti még a kőzetek gondos elemzése is, amely a modern petrogenetikai szempontokat megszabja.

Nem kisebb körültekintést igényel a kővületek őslénytani vizsgálatra való előkészítése (preparálása) is. Mint láttuk, a különböző üledékekben csak az egykori szervezetek szilárd vázrészei maradnak vissza s ezek is legtöbbször összetörve, eredeti összefüggésükben megszakítva. A legelső teendő mindig az összetartozók összeállítása.

Minden kövületet meg kell tisztítani a reátapadt kőzetanyagtól, hogy a jellegeket tisztán fölismerhetővé tegyük. Ez a teendő némi körütekintést igényel s részben a kövületektől, azok kövesedési módjától, részben a bezáró kőzetanyagtól függ. Nagy általánosságban külön elbírálást igényel nagyobb kövületek megtisztítása és vizsgálatra való előkészítése és az ettől különböző mikrofauna. Emellett nagy vonásokban más eszközökkel kell dolgoznunk szilárd, kemény kőzetekben és másként kell eljárni lágy anyagban.

A messzevezető részletek mellőzésével megemlíjtük, hogy nagyobb kövületek kikészítése *erőművi eszközökkel* és *vegyszerekkel* történik. Az erőművi eszközök leggyakoribb fajtái a különböző alakú és nagyságú kalapácsok, vésők, árak, reszelők, kések stb. Ez a többé-kevésbé fárasztó munka leginkább kézi erővel s még inkább sok ügyességgel történik, de arra berendezett helyeken motorikus erővel is végezhető, amikor is nemcsak gyorsítja és könnyíti a munkát, hanem sok esetben kézi erővel lehetetlen megoldásokat is kivihetővé tesz. A végcél minden esetben az egész kövületnek, illetve a kőzetbe zárt szerves részeknek a kőzetből való teljes kiszabadítása.

Az erőművi eszközök mellett minden körülmények között használunk vizet nemcsak lemosásra, hanem bizonyos vízben oldható fölös kőzetanyagok eltávolítására is. Ebben az esetben tehát a víz már bizonyos mértékben vegyszer gyanánt is szolgál. Különleges kövesedési esetekben azonban használunk valóságos vegyszereket is, amelyeknek óvatos megválasztásánál abból az elvből kell kiindulnunk, hogy a használandó szer, többnyire valamilyen sav vagy lúg, a kőzetanyagot megtámadja anélkül azonban, hogy a kövület anyagát érintené. Ennek megfelelő elbírálása céljából természetesen tisztában kell lennünk a kövesítő anyaggal s a kövület mibenlétével. A leggyakrabban használatos a sósav és a kálilúg. Bizonyos jurakorú mészkövekben előforduló kovaszivacsok gyönyörűen kioldhatók sósavval. Ezt az eljárást követi különben a természet is, amely, ha nem is sósavval, de a felszíni vizek és egyéb tényezők (fagy) hatásával nagyon sok kövületet kiold a kőzetből s ezek aztán utánozhatatlan tökéletességgel példázzák a kikészített kövületeket. Jó eredmények érhetők el sokszor bizonyos kőzetek ismételt kifagyasztásával is.

Sok esetben a kövületek már előfordulásuk helyén, az őket bezáró kőzetekben is többé-kevésbé összetörtek, gyakran a gyűjtés közben is elkerülhetetlenül törnek, végül még a kikészítés is sokat összetör. Ezeknek összeragasztásáról tartós módon kell gondoskodni. Ezenkívül a különböző kőzetekben előforduló kövületek gyakran annyira porlódók, szétomlók, hogy jóformán hozzájuk érni sem lehet. Az ilyen kövületeket is állandósítani, anyagukat összetartóvá kell tenni. Az állandósításra és ragasztásra is csak olyan anyagokat használjunk, amelyek színtelenek, nem feltűnők és lehetőleg vízben nem oldódnak, a kövület anyagát pedig semmiképpen nem befolyásolják, finomabb diszítéseit és jellegeit meg nem támadják. Régebben ugyanis használták a vízüveget, ami azonban idővel kikristályosodik s a kövületet fölismerhetetlenné teszi.

Hosszas tapasztalás alapján erre a célra legalkalmasabbnak mondható a fehér sellak alkoholos oldata, mely egészen híg alakjában bevonásra és laza anyagok beitatásával való állandósítására, sűrűbb alakban pedig ragasztásra használható. Nagyobb tárgyak ragasztására jól alkalmazható a szintetikonnal vagy enyvvel kevert gipsz is.

A mikrofauna kikészítése szintén kétféle módon történik, aszerint, hogy lágy kőzetből vagy kemény kőzetből kell azt kikészíteni. Az utóbbi esetben ugyanolyan vékony csiszolatokat kell készítenünk a kemény kőzetek mikrofaunájának vizsgálata céljából, mint a kőzettani vizsgálatokhoz, azzal a különbséggel, hogy itt legtöbbször nincs szükség olyan vékony metszetekre, mint amott. Egy tized milliméter vastag csiszolatok már legtöbbször kielégítőek. Sok esetben,

bizonyos mikroszkopikus vázrészek finomabb szerkezetének vizsgálata céljából a csiszolatokat személyesen kell készítenünk. A lágy kőzetben előforduló mikrofauna előkészítése egyszerűen iszapolással történik, aminek a csiszolatokkal szemben megvan az az óriási előnye, hogy a mikrofaunának gazdag képét szolgáltatja, teljes vázrészekkel és nem metszetekben, amelyek sok esetben közelebbi meghatározásra nem is alkalmasak. Éppen ezért különös figyelmet fordítsunk a gyűjtéseknél arra, hogy lehetőség szerint minden üledékből iszapolható anyagot is keressünk. Ezt lehetővé teszi a mállott anyagok vizsgálata, amely sokszor nagyon kemény márgákból, mészmárgákból vagy agyagos mészkövekből nagyon fontos eredményekre vezet. Természetesen ügyelnünk kell itt arra, hogy csakis tiszta, eredeti helyen levő s nem keveredett málladékot gyűjtsünk.

A földtani leírások.

A külszíni észlelések befejezésével és a gyűjtött anyag földolgozásával megszerkesztett földtani térképek és szelvények magukban még nem nyújtják a kívánatos földtani megismerést. Szükség van még olyan leírásra is, amely észleléseinket s azokkal kapcsolatos vizsgálati eredményeinket összesíti s közkinccsá teszi. Ennek a földtani leírásnak sokféle módja, lehetősége és kivitele van. A legtöbb országban az államilag végzett földtani térképezéssel kapcsolatban, *térképmagyarázatokat* adnak ki, amelyek a megfelelő területek földtani viszonyainak többé-kevésbé részletesebb ismertetését szolgálják. Az olyan leírások, amelyek valamilyen területegység földtani viszonyainak kimerítő ismertetését adják, monográfiák néven ismeretesek. Ezek mellett kisebb-nagyobb helyi jellegű területleírások és ismertetések, egész országokra vagy földrészekre kiterjedő összesítések, részletmegfigyelésen alapuló általános földtani következtetések és elmélkedések szolgálják a földtani megismerést.

Lehetetlen a földtani leírások sokféleségében általánosan érvényes módszertani szabályokat megállapítani. A kisebb leírásokban is megnyilvánul az egyéni vonás. Általánosságban a tömör és minden lényegtelen mellőző leírásokra kell törekednünk. Ez az a cél, amit mindenkinek el kell érni s amit különösen azért kell itt hangsúlyoznunk, mert éppen a földtani észlelések részletező volta sokakat megtéveszt olyan értelemben, hogy ezeket a részletmegfigyeléseket a maguk mivoltában leírják. A földtani megismerés lényege azonban éppen abban áll, hogy ezekből a részletekből fölismerjük az általános érvényűeket s azokat összevonva közöljük. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy valamely terület részletes leírásában ezek is helyet ne találjanak, ámde a hangsúlyt még itt is az összefoglaló összesítések előrebocsájtására helyezzük.

Minden földtani leírásnak kiindulásul adnia kell a vizsgálati célkitűzést a terület vagy a tárgykör pontos megszabásával és megelőző megismerésének vázolásával. Ezt követi a földtani képződmények időrendi tárgyalása, észlelésünkben megismert összes jellegekkel, tehát közettani kifejlődés, keletkezés, biológiai viszonyok, kormegállapítás stb. szerint. Ezután tárgyalhatók a hegyszerkezeti viszonyok, a kialakulástörténet, ősföldrajz, majd a részletek ismertetése s végül a gyakorlati szempontból értékesíthető anyagok. Nagyjában ez a váza minden hasonló tárgyú leírásnak. Ezen belül természetesen nagy tere van az egyéni kifejezés-módnak, a megfigyelések és tények, okok és okozatok észszerű kapcsolni tudásának. Mindezt bizonyos mértékig éppúgy gyakorolni kell és lehet, mint minden mást, megfelelő klasszikus leírások olvasásával és szigorú önkritikával. A földtani kifejezés-mód abban jut megnyilvánulásra, hogy ragaszkodunk a szakkifejezések helyes használatához, amely rövidebbé, egyszerűbbé teszi a szöveget s a fogalmak tisztázásával félreértésekre nem adhat okot. Minden tudománynak saját nyelve van, amelyet köteles mindenki elsajátítani, ha abban a tudományban

működni akar. A szakembereknek szánt földtani leírások csak ezen a nyelven szólhatnak, amelyet a magyar nyelv szabályaival is összhangba kell hoznunk. A szélesebb köröknek szánt leírások persze más hangon is szólnak. Így aztán megérthetjük egymást a földtani megismerés mindenki számára hozzáférhetővé tehető, lelket üdítő útján.

V. Irodalom.

- Abel*: Die Methoden der paläobiologischen Forschung. Wien, 1921.
- Andrée*: Geologie in Tabellen. Berlin, 1921.
- Andrée*: Geologie des Meeresbodens. Bd. II. Leipzig, 1920.
- Arlt*: Methoden der Paläogeographie. Wien, 1921.
- Berg*: Einführung in die Beschäftigung mit der Geologie. Jena, 1909.
- Berg*: Geologie für Jedermann. Leipzig, 1912.
- Dacqué*: Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena, 1915.
- Deecke*: Die Fossilisation. Berlin, 1923.
- Eckart*: Die Paläoklimatologie, ihre Methoden und ihre Anwendung auf die Biologie. Wien, 1921.
- Geikie-Terzaghi*: Anleitung zu geologischen Aufnahmen. Leipzig und Wien, 1906.
- Grabau*: Principles of Stratigraphy. New-York, 1913.
- Höfer*: Anleitung zum geologischen Beobachtungen, Kartieren Profilieren. Braunschweig, 1915.
- Höfer*: Die Verwerfungen (Paraklase, exokinetische Spalten). Braunschweig, 1917.
- Keilhack*: Lehrbuch der praktischen Geologie. Braunschweig, 1916.
- Lahee*: Field geology. New-York, 1923.
- Lobeck*: Block diagrams and other graphic methods used in geology and geography. New-York, 1924.
- Nelson*: Geological maps their study and use. London, 1926.
- Philipp*: Die Methoden der geologischen Aufnahme. Berlin-Wien, 1923.
- Philipp-Warnecke*: Geologische Anfängerübungen. Braunschweig-Hamburg, 1922.
- Principi*: Trattata di geologia applicata. 1924.
- Schafarzik*: Útmutató ásvány- és földtani gyűjtésekre. Kirándulók zsebkönyve. Budapest, 1888.
- Schréter*: A magyarországi földtani fölvételek és földtani térképek. (Természettudományi Közlöny, 601. füzet, 1914.)
- Schöndorf*: Wie sind geologische Karten und Profile zu verstehen und praktisch zu verwerten? Braunschweig, 1916.
- Seidlitz*: Revolutionen in der Erdgeschichte. Jena, 1920.
- Smith*: Some graphic methods for the solution of geologic problems. (Econ. Geol. vol. IX. 1914.)
- Sokol*: Die geologische Methodik. (Geologische Rundschau XVI. 1925.)

- Sokol*: Geologischer Kompass und Bestimmen von Streichen und Fallen. (Zeitschr. f. prakt. Geol. XXIX. 1921.)
- Stach*: Die stereographische Darstellung tektonischer Formen im Würfeldiagramm auf Stereomillimeterpapier. (Zeitschr. f. d. geol. Grs. Bd. 74., 1922.)
- Stille*: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin, 1924.
- Stromer*: Paläozoologisches Praktikum. Berlin, 1920.
- Stutzer*: Geologisches Kartieren und Prospektieren. Berlin, 1919.
- Vadász*: A földtan-tanítás elmélete. Módszertani vázlatok. Budapest, 1915.
- Walther*: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena, 1893/4.
- Walther*: Vorschule der Geologie. 5. Aufl. Jena, 1912.
- Walther*: Die Methoden der Geologie als historischer und biologischer Wissenschaft. Berlin-Wien, 1926.
- Wedekind*: Über die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie. Berlin, 1926.
- Wilckens*: Grundzüge der tektonischen Geologie. Jena, 1912.
- Wilser*: Grundriss der angewandten Geologie. Berlin, 1921.