

## A dolomitporlódás kérdése a Budai-hegységben

JAKUCS LÁSZLÓ

(A Magyarhoni Földtani Társulat 1949. márc. 2-i szakülésen elhangzott előadás.)

A Budai-hegység területén a földolomitban igen sok helyen, gyakran nagy kiterjedésben mutatkozó porlódás a régebbi szerzőket arra a nem egészen helyes felfogásra vezette, hogy a porlódás okát felszíni kőzetmállásban keressék. Ezt a felfogást először Szabó képviselte (18) és annyira átment a köztudatba, hogy Schréter (17) a hőforrások tevékenységével kapcsolatban, a dolomitporlódást nem is említi.

Pálffy (12) volt az első, aki a Fazekashegyen előforduló dachsteini mészkő porlott részeinek keletkezését azzal magyarázza, hogy „itt vagy szénavas, vagy melegforrások törtek fel a triáztenger fenekén s ezekből legalább részben, aragonit vált le, mely viszont molekulaáthelyeződés mellett, a sokkal állandóbb kalcitá alakult át”. Talán ezzel a molekulaáthelyeződései lehet kapcsolatos szerinte a kőzet szétporlódása is. Ugyancsak Pálffy felveti azt a gondolatot is, hogy „a kétségtelenül forrásüledékeknek tekintendő képződmények ntólagosan rakódtak le a mészkőnek azokban a nagy üregeiben amiket a később feltörő források hoztak létre s aminőre tényleg van példa a Budai-hegység dachsteini-mészkővében, de lehetséges az is, hogy a mészkövet melegforrások, illetve azokkal kapcsolatos kénes gázok bonították volna el. Ennek a feltevésnek azonban ellene mond az a körülmény, — írja Pálffy — hogy magában az aragonitszerű, réteges kőzetben is előfordulnak kövületek, méginkább pedig az, hogy a porrá széthulló kőzetben levő kövületek igen finom diszítésüket is teljesen megtartották, ami pedig kénes gázok jelenlétében teljesen elmosódott volna”. Pálffy-nak ezek a felismerései kétségkívül helyesek. Azonban ő sem próbálta meg gondolatait a jóval általánosabb dolomitporlódással kapcsolatban alkalmazni, ami valószínűvé teszi, hogy a szerző nem azonosította — igen helyesen — a fazekashegyi mészkőporlódást a dolomit porlódási jelenségeivel.

Találkozunk olyan régebbi felfogással is, amely szerint a dolomitporlódás oka „az anyakő, melyből a dolomit képezetett, minőségében és ezen körülményekben keresendő, melyek alatt képezetett” (11). Eddigi vizsgálataink azt mutatták, hogy Nendtvich feltevése abban az értelemben megállja a helyét, hogy valóban csak meghatározott keletkezési körülmények között képződött dolomitokban mutatkozik porlódás jelensége, noha a porlasztási folyamatot kiváltó speciális, helyi behatások egyéb dolomitokat is kimutathatóan értek.

Legalaposabban és leggondosabban Scherf foglalkozott a kérdéssel (16), aki hosszas vizsgálódásainak eredményeként, a dolomitporlódásnak szellemes, de több a természetben rendszerint nem létező feltételtől függő magyarázatát adta. Szerinte a „dolomitnak sajátos kőporszerű kifejlődését a Budai- és Pilisi-hegységben a törésvonalak bizonyos pontjain

hajdan feltört, szénsavban dús s egyéb ásványképző gázokat is tartalmazó geizirszerű hévforrások nyomás alatt álló, túlhevített vizének átkristályosító hatása okozta". Bár a folyamatnak ilyen magyarázata, az újabb vizsgálatok alapján nem látszik helyesnek, mégis nagyon sok lépéssel vitte előre a kérdés megoldását és sok megfigyelésből levont részletkövetkeztetése ma is megállja helyét. Legnagyobb érdeme, hogy felismerte a Budai-hegység területén a porló dolomitok előfordulási helyei és a hajdan feltört hévforrások közötti összefüggést. Az újabb vizsgálatok is igazolták azt a megállapítását, hogy „a kőporosodásnak a légbeli málláshoz semmi köze nincs, hanem az a Budai-hegységben s annak távolabbi környékén is a hegység ismert saktáblaszerű összetöredezett-ségét előidéző törésvonalakhoz van kötve, olyanformán, hogy a törésvonalak mentén nem okvetlenül van kőpor is, de ahol a kőpor mutatkozik, ott okvetlenül törés is van“.

Legújabbban Br u g g e r (2) végzett behatóbb közettani vizsgálatokat a pordolomittal kapcsolatban s ezek eredményeként Scherff-fel szemben megállapítja, hogy „több dolomitport átvizsgálva, azt találtam, hogy a por szemcséi nagyság és alakban megegyezők az eredeti kőzet szemcséivel és teljesen xenomorfook. Tehát egyáltalán nem valószínű, hogy a pordolomitokat a hévforrások átkristályosították“. Br u g g e r a dolomit porlódását két tényezővel magyarázza, és pedig

„1. A hévforrás hőhatása által a kőzet meglazult, mely effektushoz a dolomit hőkitágulásának anizotrópiája is hozzájárulhatott.

2. A törésvonalak mentén való előfordulás helyt adna annak a feltevésnek, hogy mechanikai hatás hatott a dolomitra s ezáltal veszített szilárdságából.“ ...„Elvileg semmi akadályja nincs azon feltevésiünknek, miszerint a pordolomit képződésénél a nyomás is jelentősen közreműködött“ — írja Br u g g e r.

A külföldi irodalomban nem találkozunk a kérdés érdembevágó tanulmányozásával. Annak a néhány szerzőnek a leírásából, akik pordolomitról emlékeznek meg, kiderül, hogy a külföldön ismert dolomitpor lényegében nem tekinthető azonosnak a hazaiakkal. A külföldi irodalom egyébként is ritkán foglalkozik a kérdéssel. A sejtes dolomit üregeiben található pordolomit keletkezéséről alkotott felfogást alkalmazták a szerzők a budai-hegységihez hasonlatos porlódott dolomitokra is, s ezzel a kérdést megoldottnak tekintvén, nem foglalkoztak a jelenséggel. Általában azzal a magyarázattal találkozunk, hogy a kristályösszemesés dolomitkőzet egyes szemcséit összetapasztó mészsanyagot a víz feloldotta, tekintettel arra, hogy a tiszta  $\text{CaCO}_3$  könnyebben oldódik a dolomitnál. Az így meglazult szövetű dolomit szolgáltatja ezen elképzelés szerint a dolomitpor anyagát (10, 13). Ez a magyarázat természetesen ilyen formában nem állhatja meg a helyét, már csak azért sem, mert ez esetben a dolomitporlódásnak általánosan kellene mutatkoznia.

### A porlódás jelensége.

A dolomit porlódásán azt a folyamatot értjük, amikor az ép, szilárd dolomitkőzet látható erőművi behatás nélkül, természetes úton apró, porszemnagyságú szemcsékre hull széjjel. A folyamat kiinduló alapja tömör dolomit, eredménye a pordolomit. Éppen ezért helytelen kifejezés, ha egy porlott dolomitomagra a porlódo dolomit kifejezést alkalmazzuk. Vannak azonban a dolomitoknak (itt dolomit alatt a Budai-hegység fődolomitja értendő) olyan megjelenési formái is, ahol nem ép már a kőzet, azonban nem is porszerű, hanem mintegy átmenetnek látszik a két szélső forma között, úgynevezett dolomitmurva. A dolomitmurva, akárcsak a dolomitpor, az ép, tömör dolomitból származtatható, szövetlazu-lási folya-

mat révén, tehát ugyancsak másodlagos termék. A dolomitmurvának két fajtáját lehet megkülönböztetni:

1. amelyben az aprózódás különleges folyamata már befejeződött s további aprózódás már csak a természetes külszíni mállás hatására következik be (fagyhatás, oldódás, hőingadozás, vegyi hatások és élőlények mechanikai behatására); ezt a dolomitmurvát végtérmeéknek tekintjük, szemben a másik fajtával, amelyben
2. a porlódásnak nem külszíni mállási tényezőkre visszavezethető folyamata a jelenben is folyik s így ez a dolomitmurva valódi átmenet a tömör és a pordolomit között.

A végső terméként dolomitmurvát létrehozó folyamat lényegében teljesen azonos a dolomitport létrehozóval, ezért nem helyes, ha ezt a folyamatot bármely esetben is porlódásnak nevezzük, hiszen nem mindig por a végeredménye. A murvásodás, aprózódás vagy szövetlazulás elnevezés sokkal inkább fedi a folyamat mibenlétét, s hogy ennek végtérmeéke por, murva, vagy esetleg csak könnyen apró darabokra hulló, szögletes dolomittörmelék, ez csak fokozati kérdés. Minthogy azonban az irodalomba és a köztudatba meglehetősen átment a porlódás kifejezés, ezt használjuk itt is az egyik esetben, s az aprózódás kifejezést a másikban.

### A porlódás térbeli elterjedése.

A porlott dolomit térképezését elősegítette a pordolomit sok jó feltárása, melyek azonban csak a gyakorlati célokra alkalmas, legfinomabban porlott dolomitelőfordulásokra szorítkoznak s durvább szemű murvát csak kivételesen tártak fel. Minthogy éppen a murvásodott részek feltárás nélküli észlelése sokszor nagyon bizonytalan, a meglehetősen gyors ütemben készült térképfelvétel a térbeli elterjedést nem mindenütt egyforma pontossággal tünteti fel; a lehetőségekhez képest pontosságra törekedtünk ugyan, a rövid idő alatt, gyors ütemben készült térképünk mégis inkább csak tájékoztató jellegűnek tekinthető.

Nehézségekre ütközött a hű térképi ábrázolás módja is. A tömör dolomit és a legfinomabb dolomitpor között számtalan átmenet van. Ezek mind külön színnel nem jelölhetők a térképen. Ezért a legerősebb porlást fekete színnel jelöltük s ahol gyengébb porlasztó hatás érte a kőzetet, pontozást alkalmaztunk. Ez a jelölési mód nem előnyös, mert a legerősebb porlástól az ép kőzetig mindenütt széles átmeneti öv volt nyomozható, amelyben a murvásodás mértéke is változott, a tömör kőzet felé esökkenő fokozatokkal.

#### a) Felszíni elterjedés.

A porlás jelensége a Budai-hegység területén a tömör, kristályos szemcsés földolomithez van kötve, bár a szaruköves dolomitban is sokszor előfordul. Dachstein-mészköben csak kivételesen, egy-két ponton ismeretes (Remetehegy, Nagykovácsi, Solymár).

Legszembetűnőbben mutatkozik az óbuda—pilisvörösvári beszakadásos völgy felszínén maradt rögeiben, mint a pilisvörösvári Fehérhegyek és a pilisborosjenői Fehérhegy (Solymári fal), továbbá a pilisvörösvári állomással szemben lévő domboldalon és a pilisszentiváni Kálváriahegyen, kevésbé a pilisszentiváni Fehérhegyen. Kisebb mértékben, de általánosságban kimutatható az óbuda—pilisvörösvári völgy szegélyein kiemelkedő rögökben, a Kis-Szénáson, Zsíroshegyen, alárendeltebben a Nagyszénáson (északi, északkeleti oldal), majd kelet felé a Kálváriahegy—Szarvashegy—Csúcshegy vonulatában, északon a Nagy-Kevély délnyugati oldalán. A Péterhegy csoportjában csak elszigetelten, kisebb előfordulások vannak.

Ettől az északi vonulattól délre, egészen a farkasrétkörnyéki tűzköves dolomit elporlott tömegeinek és a Budakeszitől délre fekvő dolomit vonaláig pordolomit csak elszórva és kis tömegekben mutatkozik, míg innen délre, a Budai-hegység déli szegélyén ugyancsak általánosabbá válik elterjedése. A déli területen a Csiki-hegyekben, a budaörsi vitorlázórepülőter környékén, a máriamacki Magoskón, keletre a Farkasvölgyben, kisebb mértékben az Irlásárookban és a Farkasréti temetőtől északra lévő kisebb dolomitkibukkanásokban mutatkozik a legszebb feltárásokban. A legdélibb rögvonulatban, a Törökugratón, Úrhegyen, Odvashegyen, Kőhegyen nincs porlott dolomit, a Naphegyen, Tűzkőhegyen és a Rupphegyen alig, illetve csak murvásodás észlelhető, míg a Sashegyen és a Kis-Gellérthegyen a pordolomit jól körülhatárolható foltokban mutatkozik. A Gellért-hegy dolomittömege nem mutat porlódást. (L. a térkép-melléleteket.)

#### b) A porlódás mélységi elterjedése.

A dolomit porlódása nem külszíni mállási folyamat eredménye. Ezt bizonyítják azok az előfordulások, amelyek nagyobb mélységben, esetleg más rétegek alatt tárattak fel. Egyben azonban ezek az előfordulások azt is mutatják, hogy a porlódás okát nem elegendő a felszínen kutatnunk, hanem figyelembe kell vennünk a mélyebben fekvő dolomitpor sajátosságait is. 20—30 méter mélységig a dolomitportermelés is lejtott egyes helyeken, ezeknél azonban sokkal nagyobb mélységekben is ismerünk ma már dolomitporlódást. A pilisszentiván—nagykovácsi szállító altáró csaknem végig murvásodó dolomitban van hajtvva, a pilisszentiváni kőszénbányában pedig tengerszínfeletti 110—120 méteres szintben tárt fel a művelés több ponton is dolomitport. A mélységi előfordulások a megfelelő felszíniekkel összeköttetésben állanak, és pedig kis mélységektől Pilisvörösvár környékén rétegdőlés mentén, nagyobb mélységekben, így a bányaművelésben is, csak töresvonalmenti síkok kapcsolatával.

Az eddigi megfigyelési tények szerint a dolomitpor elterjedése a mélységek felé az ismert esetekben mindig nagyobb a felszíni egységes előfordulás legnagyobb átmérőjénél.

#### A porlódás mechanikai okai.

A dolomitközet porlódási folyamata tulajdonképpen az eredeti szövet meglazulása és széjjelhullásaként értelmezendő. Minden olyan szövetű dolomit, amely szerkezeténél fogva alkalmas a lazulásra, tehát amelyben nagyobb szilárdságú szemecskéket kisebb szilárdságú kötőanyag tapaszt egybe, bizonyos hatásokra porlódhat. Így a porlódás folyamata nincs kizárólag a földolomithoz kötve, hanem a porlódási hajlama a közet szövetének a függvénye. Balogh K. Rudabánya környékéről, guttensteini-dolomitban figyelt meg hasonló porlást, a külföldi irodalomban pedig jura-, karbon-, sőt devon-korú dolomitok helyi porlását is leírták.

Az eddigi vizsgálatok szerint kristályos-szemeses dolomitban három hatás válthatja ki a porlást. Ezek fontossági sorrendben a Budai-hegységre vonatkoztatva a következők:

- a) aragonit átalakulása kalcitá,
- b) pirit vagy markazit bomlása,
- c) anhidrit átalakulása gipszszé, vízfelvétellel.

### a) Aragonitátalakulás kalcitá.

Elgondolásunk szerint a dolomit porlódását a Budai hegységben, az esetek legnagyobb részében az a körülmény okozza, hogy a kőzet legfinomabb, mikroszkópos repedéshálózatában keringő víz valamilyen hőhatásra, az oldásban levő  $\text{CaCO}_3$ -mennyiség egy részét aragonit alakban lerakja, mely ásvány a hőhatás tartós megszűnése után kalcitá alakul, s eközben térfogat nagyobbodásával a kőzetet szétfeszíti (7).

E magyarázat helyességét nehéz volt igazolni, annak ellenére is, hogy az adottságok és az ásványtani tények az egészet nagyon valószínűsítették. Legkézzelfoghatóbb bizonyítéknak látszott megvizsgálni sok, különböző helyről származó dolomitport, van-e bennük még ma is, ha csak nyomokban is, aragonit. Az aragonit kémiai kimutatására ilyen csekély mennyiségben a Meigen-féle kobalt-nitrátos reakció nem alkalmas. A jóval érzékenyebb Feigl—Leitmeyer-féle cseppreakció azonban adott eredményeket.<sup>1</sup> Ezek azonban nagyon kétséges eredmények voltak. Az első sorozatban 108 mintát vizsgáltunk meg, amelyek közül azonban csak 9 mutatott a megfelelő időben feketedést. Ez természetesen olyan kiábrándítóan gyenge eredmény volt, hogy már-már fel akartunk hagyni a további vizsgálatokkal, amikor egy érdekes összefüggést vettünk észre. Az inaktívnak mutatkozó 99 minta közül 93 felszíni gyűjtésből származott míg a 9 pozitív eset anyagát alagútszerű kőporbányákból, bányavágatokból és egyéb földalatti helyekről gyűjtöttük. Tehát olyan helyekről, ahol a felszíni vizek kilúgzóhatásának nem volt oly nagymértékben kitéve a kőzet. E felismerés alapján most már hasonló helyekről újabb mintasorozatot gyűjtöttünk s ez esetben 78%-os pozitív eredményt sikerült kimutatni. Az azonos szürküléshez szükséges időtartamokat pontosan lemérve, táblázatot állítottunk össze, melynek szemléltető formáját az alábbi diagrammal adjuk (1. ábra). A porlott dolomit görbéin látható periodicitás csak még nem látjuk tisztán, de könnyen lehetséges, hogy különböző korú hévforrásműködések hatását jelzik. Ennek a kérdésnek és a különböző törésirányok és reakcióidő közti törvényszerű összefüggéseknek kivizsgálására további, hosszas kutatásra van még szükség.

A Feigl—Leitmeyer-reakció tehát minimális aragonitmennyiségek kimutatására is alkalmas, módosított időegységekkel alkalmazva (4, 7).

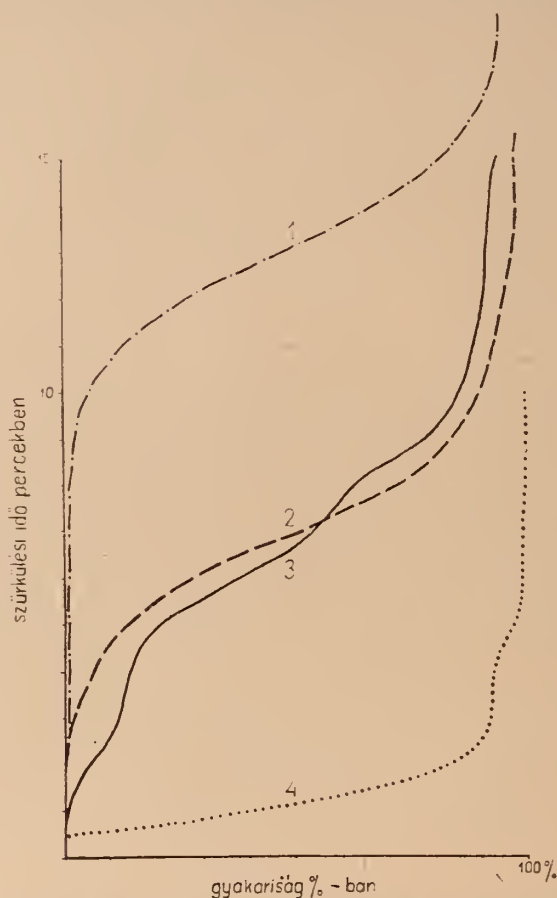
A kísérleti eredmények tanulságai alapján bármennyire is megbízhatónak mutatkozott a Feigl—Leitmeyer-féle vizsgálat, röntgenfelvételeket készítettünk két anyagról Debye és Scherrer módszerével. A felvételekben sikerült kimutatni az aragonit vonalait, úgyhogy ezek alapján minden kétséget kizáróan bebizonyosodott fentebbi munkahipotézisünk helyessége.<sup>2</sup>

Vizsgálódásaink során felmerült az a gondolat, hogy a dolomit fennebb ismertetett jellegű porlódásánál a természetben nem játszik-e közre valami más, eddig számításba nem vett tényező is? Feltételezésünk szerint, ha adva van egy hajszálrepedésektől átjárt, repedéseiben oldottmész-tartalmú

<sup>1</sup> Ennek a reakciónak a lényege abban áll, hogy az aragonit jobban oldódik, mint a kalcit. Így az aragonitot vízben oldva, több hidroxil-ion keletkezik, mint a kalcitból. A hidroxil gyengén lúgos mangán- és ezüst-iont tartalmazó vizes oldatból fekete csapadékot választ ki. A reakció olyan érzékeny, hogy az inaktív dolomit mellett az aragonit már nyomokban is kimutatható. Hogy a dolomitban a feleslegben levő kalciumkarbonát egy része aragonit alakban van-e jelen, vagy pedig teljes egészében kalcit, ezzel a módszerrel megállapítható (4).

<sup>2</sup> E helyen kell köszönetet mondani Sasvári Pál műgyetemi adjunktusnak a felvételek elkészítéséért és Nemesz Ernő műgyetemi professzornak, azok kiértékeléséért, végül Papp Ferenc műgyetemi adjunktusnak, ki szíves fáradozásával nagyban elősegítette a vizsgálatok megvalósulását.

vízzel telt kőzet, akkor ezt, az aragonitkiválás megkívánta hőmérsékletre melegítve, benne minden más tényezőtől függetlenül bekövetkezik az aragonit kiválása. Ha pedig a repedések elég szűkek ahhoz, hogy az



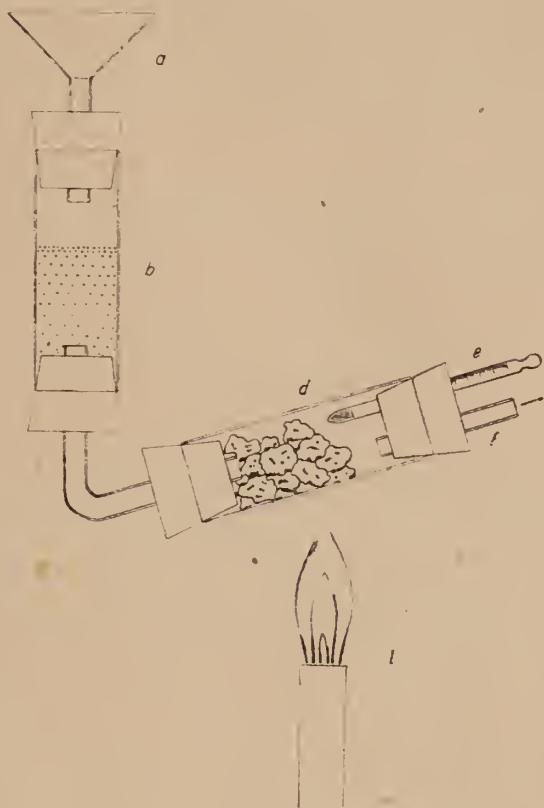
1. ábra. Dolomitpor-fajták aragonittartalmának mikrokémiái kimutatási eredményei.

1. Híg sósavval kilúgozott, majd kimosott és kiszáritott, mesterségesen porított dolomitminták.
2. Ép, lehetőleg tiszta dolomitkőzet mintái.
3. Felszíni gyűjtésből származó dolomitpor-minták.
4. Felszínalatti feltárások dolomitpor-mintái.

aragonit kalcitáalakulása közben nem talál bennük elég helyet térfogatnövekedésével járó kiterjedése számára, a kőzet porlódása áll elő. Ennek a kérdésnek a kivizsgálására sikerült olyan mesterséges dolomitporlasztó berendezést készíteni, amelyben a szükséges feltételek adva voltak, de azontúl semmi más hatás nem érhetette a dolomitot (2. ábra).

„a” jelzésű, lapos, nagyfelületű tölesérbe széndioxiddal telített vizet öntünk, mely közlekedhet „b” vastag üvegeső felé. „b” esővet finomau porított kalcittal töltjük meg, hogy a rajta keresztülhaladó víz telítődjön  $\text{CaCO}_3$ -al. Az így előkészített oldat „c” esővön keresztül „d” edénybe

kerül, ahol víztelenített dolomitdarabkák vannak elhelyezve és amelyek hőmérsékletét (csak „d“-ét!) állandóan magasabb (kb. 50 C°) hőmérsékleten tartjuk „l” bunzenlámpa segítségével. (A hőfokot „e” csőhőmérővel állandóan ellenőrizhetjük.) A rendszer mindenfelől légmentesen zárva van, kivéve „f” csövet, melyen keresztül vákuumot közvetítünk.



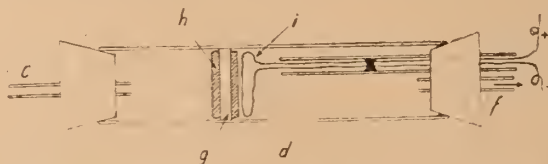
2. ábra. Dolomitot porlasztó kísérleti berendezés (magyarázat a szövegben).

„c” csövön keresztül „d” meleg edénybe és az itt levő dolomitokra  $\text{CaCO}_3$ -al telített víz áramlik, mely „d”-ben felmelegedve, mésztartalmának egy részét a dolomitokra, illetve, minthogy a dolomitokat előzőleg kiszárítottuk, annak finom kapilláris repedéseibe hatolva, lerakja. A kísérletet három héten keresztül üzemben tartva, a negyedik és ötödik hónapokban mintegy  $\frac{1}{2}$ —1 mm-es kéreg leporlása volt azokon észlelhető.

Tekintettel arra, hogy előre várhatóan ez esetben csak a kőzet felszíne fog porlódni, ameddig a meszet oldatbantartó víz a finom repedésekbe minden különösebb kényszer nélkül behatolhatott, közvetlenül a kísérlet befejezése után, megismételtük azt, javított formában. A készülék maradt a régi, csupán a dolomitdarabkák helyett alkalmaztunk „d” cső belméreténél valamivel kisebb átmérőjűre esztergályozott, 5 mm vastagságú dolomit korongot („h”), melyet „g” gumicsódarabka segítségével illesztünk szorosan „d” hengerbe úgy, hogy a víz csak az esetben tudott a vákuum felé közlekedni, ha a korong hajszálrepedésein hatolt keresztül. A hőt szolgáltató nyílt lángot ez esetben elektromos áramforrással váltottuk.

tuk fel úgy, hogy „d” eső belsejében, közvetlenül a dolomitkorong után, gyűrűalakú ellenállást („i”) kapcsoltunk be, mely hőszugárzásával csak a kívánt dolomitkorong hőmérsékletét emelte a megfelelő hőfokra (3. ábra).

Az eredmény meglepő volt. A kísérlet megindítása utáni második órában mintegy  $3 \text{ cm}^3$  víz szívódott át a korongon. Ez a mennyiség egyre csökkent és 8 óra múlva a dolomitkorong többé nem „izzadt”. Minden valószínűség szerint a kivált aragonit már ilyen rövid idő alatt eltömte a finom repedéseket. A korongnak a hőt szolgáltató berendezés felé néző téle már a harmadik hónap végén apró, dolomitporszerű, éles darabkákra esett szét és a negyedik hónapban ezt a jelenséget, bár valamivel kisebb mértékben, a korong másik felén is tapasztaltuk.



3. ábra. Dolomitkorong porlasztását végző, javított kísérleti berendezés (magyarázat a szövegben).

A természetben adott körülmények között természetesen nem kell szerepelni a vákuumnak, mert ez a kísérletben csak a folyamat gyorsítására szolgál. A kísérletnek ilyen módon módosított formájában a dolomitkorongot sem kell előzőleg kiszáritani. Valószínű, hogy a kísérlet feltételei a természetben csak a hő kivételével nem tekinthetők mindenütt adottaknak s az aragonitátalakulásos dolomitporlódás egyedüli rendkívüli feltétele a szabadban a megfelelő hő. A szükséges hőhatásokat biztosító természetbeni folyamatok vizsgálatára visszatérünk.

#### b) Pirit, vágymarkazit bomlása.

Bár az eddigi megfigyelések szerint a dolomit porlódása az esetek legnagyobb részében az aragonitátalakulási folyamatokra vezethető vissza, mégis van néhány más vegyi folyamat is, amely az előbbihez teljesen hasonló dolomitport hoz létre végtermékként.

A Gellért-forrás forrásüregéből származó, a begyűjtéskor szilárd dolomitdarabka feltűnően gyorsan elbomlott. Ez a gyors szövetlazulás piritbomlási folyamat eredménye. A Gellért-forrás kénhidrogénes vizéből, a dolomitban finom eloszlású pirit vált ki, amely a forrás környezetéből kiemelve, levegővel érintkezett, és az ismeretes piritbomlási folyamat során kénsav szabadult fel. A kénsav a dolomitot megtámadta, a kettősső kristálykákat összetapasztó mészsanyag feloldásával, illetőleg összeszeresolásával. Ilyen módon a kőzet meglazult s néhány hónap alatt típusos dolomitporrá lett.

A pordolomitnak ilyenmódon keletkezett más előfordulását idáig még nem sikerült kimutatni. Nem lehetetlen, hogy minden vastól szennyezett pordolomit, amely mellett az ép kőzet vasban szegényebb, világosabb, esetleg hasonló kioldódásos változáson ment keresztül.

#### c) Anhidrit átalakulása gipsszé.

Lényegében az aragonit-kalcit átváltozási folyamattal egyező, térfogatnövekedési folyamat a nagyobb hőfokon ( $60-70 \text{ C}^\circ$ ) kikristályosodott anhidritnek gipsszé való átváltozása, vízfelvétellel, alacsonyabb hőmérsék-



let mellett. Szabad kénsavat tartalmazó hévvizetek a dolomit kötőanyagát anhidritté változtathatják, ami gipsszé váló térfogatnövekedéses átváltozás során, kőzetporlást eredményezhet. Lényegében ez a folyamat így is értelmezhető, hogy nem a kőzet hajszálrepedéseiben, a kőzet mészsanyaga alakul át gipsszé, hanem a repedésekbe kalciumszulfát tartalmú víz hatol, ami ott vegyi átalakulás nélkül rakja le az anhidritet. Utóbbi esetben a folyótt porlasztóhatása nincs kötve a dolomithez, hanem bármely tömöttek repedésekkel átjárt, így nem vízzáró kőzetben (pl. mészkő, bazalt, stb.) porlást idézhet elő.

A porlásnak ezt a folyamatát, minden kétséget kizáró módon, idáig csak két helyen sikerült kimutatni, a sátoorkőpusztai és a solymári barlangban, ahol is mindkét esetben dachstein-mészkő porlódására részben ez a folyamat vezetett.

Valószínű, hogy a tárgyalt három módozaton kívül még egyéb módozatok is szerepelnek helyenként a porlódás okai között, mégis ezeket, mint pusztán elméleti lehetőségeket nem vehetjük figyelembe, amíg legalább egy helyen nyilvánvalóan felismerhető nem lesz aprózó hatásuk. A porlódás mechanikus okairól mondottakhoz esupán azt kell még hozzáfűzni, hogy — bár ennek kimutatása ma még szinte lehetetlen — nem egyik esetben és helyen az egyik, másik esetben és helyen a másik folyamat az egyedüli és kizárólagos porlasztó ok, hanem a legáltalánosabb aragonit-kalcit átalakulás mellett, kisebb-nagyobb hatásfokkal, egyidejűleg, hathatnak a többi tényezők is.

## Hőhatások

Az aragonitkeletkezés a legkevesebb külső feltételt kívánja meg, nevezetesen a kalciumkarbonáttartalmú vizes oldatot és az aragonitkiválásához szükséges hőmérsékletet. A kalciumkarbonáttal telített oldat mészkő- és dolomitvidékeken (karsztvíz) adva van, tehát ezt a kérdést csak a hőmérséklet szempontjából kell különösebben figyelembe venni. Minthogy az aragonitkiválás tiszta kalciumkarbonát-tartalmú vízből 29° C-nál megkezdődik és magnéziumionok jelenlétében, tehát dolomit kőzetnél, a kalciumkarbonát kisebb hőfokon is aragonit alakjában válhat le, csak a természetben ilyen hőfokot biztosító hatásokat kell figyelembe venni.

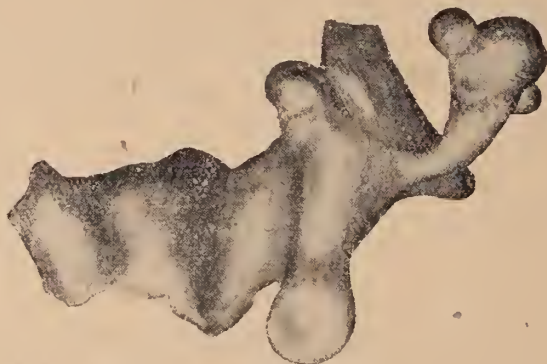
Az említett két másik porlasztó tényező (pirit, anhidrit) lejátszódása már több földtani előfeltétel együttesét kívánja meg. A pirit képződése a kőzet kötetlen vastartalmát és kénhidrogént, vagy kénhidrogénes vizet. Az anhidrit képződése pedig egyrészt kalciumkarbonáthoz, nagy hőfokhoz (70° C) és kénsavhoz, másrészt a másik változat szerint, kalciumszulfáttal telített vízhez és nagy hőfokhoz van kötve. Ezért e két utóbbi módozat nem általános a természetben s szerepük leginkább nagy hőfokú, kénes hévforrások okozata.

Az aragonitkiválásnak egyedüli különleges feltétele, a viszonylag nem nagy hőmérséklet. Vegyük sorra azokat a jelenségeket, melyeknek aragonitkiválást-biztosító hőhatását az eddigi vizsgálataink során igazoltuk.

### a) Hévforrások.

A Budai-hegység területén, a földtani múltban sok nagyhőfokú hévforrás tört fel, ezért érthető, hogy a legszembetűnőbb porlások ezekkel állanak kapcsolatban. A hévforrások kőzet repedésekben terjedő vize, és az átmelegített kőzet hajszálrepedéseiben mozgó talajvíz, vagy karsztvíz, a hévvizet szállító repedésrendszer közelében felmelegedve, aragonitot rakhat le a kőzetben, ami később a porlást kiváltó mechanikus szere-

pelhet. Hogy mennyire nyilvánvalóan a hévforrásokkal állanak okozati kapcsolatban a pordolomit-előfordulások, legjobban mutatják ezt egyes lelőhelyek pordolomitjának, az ép kőzethez való kiterjedési, mondhatnánk települési viszonyai. Ezt a viszonyt legkönnyebben olyan helyeken tanulmányozhatjuk, ahol az ép dolomitzóból mesterséges úton, lehetőleg hiánytalanul eltávolították a porlott részeket. A pilisvörösvári vasúti állomással szemben levő kőfejtőben a dolomit elporlott részeit ma már



4. ábra. A pilisvörösvári vasúti állomással szemben fekvő dolomitporbánya egyik kitisztított üregének gipszmodell térképe oldalnézetben.

szinte hiánytalanul kitermelték, s így ez a hely kiválóan alkalmas volt a tanulmányozásra. Egyik legnagyobb és legtípusosabbnak látszó, ilyen módon készült mesterséges üregnek, pontos felmérés alapján készült gipszmodell fényképét a 4. ábra mutatja. Ez az üreg, szabálytalanul elágazó, helyenként elszűkülő, majd újból kiszélesedő, nagy függőleges kiterjedésű



5. ábra. A gipszmodell felülnézeti képe.

ágaival, minden kétséget kizáróan bizonyítja, hogy a kitöltő dolomitpor-tömeg keletkezésében, sem a kőzetanyag leülepedési, vagy kőzettévalási körülményeinek, sem pedig a felszíni vizek mállasztó hatásának nem lehetett szerepe. Ha felülnézetben, mintegy függőleges vetületben tekintjük ezt a mintát (5. ábra), feltűnően kiadódik, hogy az üreg ágai egymást keresztező törésirányoknak megfelelően ágaznak el. A porló rész végző-

dése az ép kőzet felé, még a törésvonal irányában is, hirtelenül, szint-  
gömbhéjszerűen mutatkozik, úgyhogy arra sem lehet gondolni, hogy a  
porlódás a kőzetet ért tektonikus nyomás hatására előálló szilárdság-  
lazulás következménye lenne. Ez esetben sokkal feltűnőbbben, a mozgási  
síkok kiterjedésében kellene mutatkoznia a jelenségnek. Ez az alakulat  
csak az elmozdulási síkok keresztvezetési helyén feltört hévvezek felmele-  
gítő hatásával magyarázható.

Előző közleményben (7) utaltunk a budai Rákócezi forrás üregének viz-  
gálatára. Itt a hévvíztől fölmelegített kőzetből kb. 10 cm vastagságú rész  
lehántása után vett minta is bőséges aragonittartalmúnak bizonyult.  
Ez a kőzetminta szobahőmérsékleten külön behatás nélkül szétesett.  
A Rákócezi-forrás 30—40° C közötti hőmérséklete a kőzetben mintegy egy-  
méteres falvastagságban biztosítja az aragonitkiválás hőmérsékletét.  
A Budai-hegységben található porló dolomit legtöbbször sokkal nagyobb  
tömegű porlott rész mutatkozik egy tömegben, úgyhogy arra kell gondol-  
nunk, hogy a porlasztáshoz szükséges hő szolgáltató, ma már kihalt hév-  
források egykori hőmérséklete jóval nagyobb volt a maiakénál. Ezt egyéb-  
ként Schréter vizsgálatai megállapították.

Figyelembe kell vennünk, hogy amennyiben a hévforrás vize kova-  
lerakó jellegű volt, mint pl. a budaörsi hegyekben, ez a tény kizárja, de  
mindenesetre erősen megnehezíti az aragonitkiválás lehetőségeit, mert  
a kovanyag a vizes oldatból hamarabb kiválk az aragonitnál, s a hajszál-  
repedéseket telítve, a karsztvízáramlást megszünteti. Ezért kovásodást  
és porlódást egy helyen nem látunk, illetve ha ritkán igen, ez annak a  
következménye, hogy a hévforrás csak később vált kovakerakó jellegűvé,  
mintán az aragonitkiválás már megtörtént a kőzetben. Ilyenkor a kovás  
oldat már nem tud széjjeláramlani a kőzet repedéseibe, mert azokat az  
aragonit kitöltötte, hanem csak a hévforráskürtő kovásodik, néhány  
méter szélességben. Így keletkeztek a később tárgyalandó kovakürtős  
típusú porlások, főként a Csiki-hegyekben és az Ördögtorony Pilisszent-  
ivánnál.

Ez a felismerés a Csiki-hegyek környékén, a hévforrások természeté-  
nek megváltozására utal. A legdélibb rögvonulatban, a Törökugratótól  
a Kőhegyig nincsen porlás, de erős a kovásodás. A hévforrások itt kez-  
dettől fogva kovakerakó jellegűek voltak, míg ugyanakkor a Csiki-hegyek-  
ben kisebb hőfokú, kovamentes hév víz tört föl. Később, minden jel erre  
mutat, a biai medenceeresz peremén megnyílt, esetleg mélyebbre ható  
töréseken a hévforrások is megújultak, forróbb és kovatartalmú vizet  
hoztak a felszínre.

#### b) A Nap hőhatása.

Bizonyos körülmények között a Nap hőhatása is előidézhetheti az ara-  
gonitkiválás feltételeit. Nyári esők után, amikor a dolomitciklák a fel-  
színen vízzel telítődtek, és ez a víz az elnyelt széndioxid arányában kal-  
ciumkarbonáttal is telítődik, a Nap melegének hatása alatt, aragonit vál-  
hat le a kőzet repedéseiben. Ilyen esőtűáni forró napsütéskor a Hármás-  
határhegyről gyűjtött dolomitmintákban mikrokémiai módszerekkel való-  
ban ki lehetett mutatni parányi mennyiségű aragonitdúsulást. A esizolt  
felületen alkalmazva a Feigl—Leitmyer-reagenst, az is bebizonyo-  
sult, hogy az aragonit e kőzetek esetében csak a dolomit hajszálrepedéseib-  
ben van jelen s nem hatolt mélyebben annak szövetébe. Ez egyébként a  
rövid időtartamot tekintve, érthető is. Ebből következik tehát, hogy a nap-  
hatás aprózódást is okozhat, azonban a típusos porlás egyedül csak nap-  
hatással nem magyarázható. Az aprózódásnak ezzel a módjával a külszíni  
mállás új, eddig még számításba nem vett tényezőjét ismertük meg, az  
aragonitnak kalcaittá alakulási folyamatában.

### c) Vegyi folyamatok hője.

Általánosságban nem nagyjelentőségű tényező, mégis vannak esetek, amikor az aragonitkiválás hőmérsékletét vegyi folyamatok biztosítják a kőzetben. Példának csak a dunántúli bauxittelések fekü-dolomitjának porosodását említjük (20). Itt a bauxitréteg alján levő néhány centiméteres kemény, limonitos, mangános kéreg alatt a dolomit 5—20 cm vastagságban mutatja a porlást. Ennek az aránylag vékony, de nagy-kiterjedésű, porlott rétegnek a felmelegítését, annál is inkább, mert mindenütt következetesen a mangánkéreghez simul, csak a vas és mangán-oxidokból álló kéreg reakcióhőivel magyarázhatjuk. A réteg vegyi összetételének ismeretével kiszámítható volt az alkotó vegyületek keletkezési és kicsapódási hője s ez 100 grammonként 56.000 kcal-nak adódott. Ez a melegmennyiség bőven biztosíthatja a dolomit említett vastagságában az aragonitkiválás feltételeit is.

A részletesebb anyagvizsgálatok során kitűnt, hogy a porlódási folyamat befejezésében a külszíni mállásnak is szerepe van. A tökéletes porlás nemcsak az eddig ismertett szövetlazulási folyamatok eredménye, hanem ezek a folyamatok csak mintegy előkészítői a teljes porláshoz vezető külszíni mállásnak. Megfigyelhető volt több helyen, hogy a felszínen levő teljes porlódású rétegek mélyebben levő folytatásaiban nem hullott széjjel éppoly könnyen az anyag, holott az aragonitkiválás mértéke mindkét szintben azonos volt, mert egy-ugyanazon hőforrás tölcserét és annak környékét vizsgáltuk. A mélyégi előfordulások, akár a pilisszentiváni bányákban feltártakat tekintjük, de kisebb mértékben a kőporbányászat során napvilágra került porok is, ronesolt szövetű dolomitként hatnak, amelynek szövete nagyon hasonló a gyengén összecementezett homokkövekéhez. Kiszáritva, a vizet gyorsan szívják magukba, tehát likaestérfogatuk összekötetésben áll és így a vizet könnyen áteresztik magukon. Vizont ezáltal a külszíni mállás számára kitérő alapot szolgáltatnak. A porladomítot tehát az ismertett módon erősen meglazult szövetű dolomitból, végső fokon a külszíni mállás, a fagyhatás, a hőingadozások, a szerves lények, oldódás, stb. hozzák létre s ilyen értelemben a dolomitpor, mint végső termék, sokrétű összefüggésnek, különböző erők és folyamatok együttesének eredménye.

### A porlódás megjelenési formái.

A porlódás megjelenési formái lehetnek elsődlegesek és másodlagosak. A másodlagos megjelenési formák mindig áthalmozottak, a víz, vagy a szél által bizonyos helyeken összehordottak. A másodlagos megjelenési módokkal nem foglalkozunk, bár a Budai-hegység területén gyakoriak. A másodlagos formák teljesen szabálytalanok, mindenben a térszínhez és az áthalmozó erőkhöz igazodnak, azokból sem a keletkezésre, sem egyéb kérdésekre (kor, tektonika, stb.) nem következtethetünk. Egyetlen előnyük gyakorlati vonatkozású: könnyen kitermelhetők, viszont hátrányuk annál több, még gyakorlati szempontból is, mert sokszor erősen szennyezettek. Az elsődleges formák vizsgálatát megnehezítik, mert legtöbbször azok közelében, sőt azokat elfödve mutatkoznak.

A keletkezési helyükön maradt dolomitpor megjelenési formái:

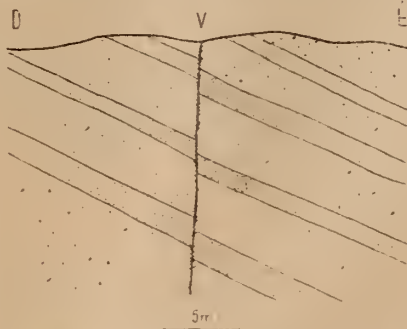
#### a) Tömeges egynemű típus.

Tömeges típusnak célszerű nevezni azokat az előfordulásokat, amelyek meglehetősen nagy tömegűek, teljes egészében egynemű az egész tömegben egyenlő porlottsági fokot mutatnak. Ebből a típusból kevés előfordulás ismeretes és azok is a mélyben vannak, a pilisszentiváni, nagykovácsi.

solymári kőszénbányákban. Általában gyengén porlottak, legtöbbször csak a murvásodás mértékéig. A murvásodás azonban itt nem olyan értelemben veendő, mint általában, hogy a kőzet bizonyos síkok mentén széthull apró, kemény darabokra, hanem az egész tömeg egyformán meglazult és ütögetéssel bármilyen apróra szétesik. Csak fejtéskor hasonló a murvához. A bányászatra nézve a karsztvíznívó alatt erősen vízveszélyes. Ezek a tömegek a felszíni folytatásban rendszerint a barlangtípusban, esetleg a réteges típusban jelentkeznek.

#### b) *Barlangtípus.*

Legtalálóbban barlangtípusnak nevezhető az az előfordulási mód, melynek legszebb feltárásai a pilisvörösvári Fehér-hegyekben és a pilisvörösvári állomással szemben fekvő „dolomitliszt”-bányákban tanulmányozhatók. Mint a tömeges típusú porlásnál, itt is hévforrások hatások váltották ki a porlást. Valóságos ágas-bogas, sokszor tekintélyes mélységre hatoló járatokat látunk e helyeken, melyek a dolomitpor eltávolítása után maradtak. Az ezekről a helyekről kikerülő anyag rendszerint jól porlott, úgyhogy a termelők szívesen mennek utána, mélyen a földfelszín alá is. A barlangtípusú porlás kialakítását nem túlságosan forró hévzitek végezték, s így a porlott öv nem széles, inkább függőleges kifejlődésű, s követi az egykori hévforrás felszínre törési útját (4–5 ábra).



6. ábra. Réteges porlás szelvénye a pilisvörösvári Örhegytől É-ra.

#### c) *Réteges típus.*

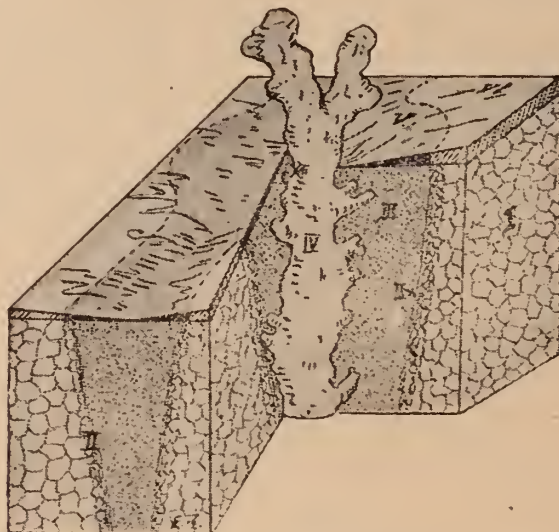
Ugyancsak a pilisvörösvári Fehér-hegyekben, pontosabban az Örhegy északi szegélyén és ettől az előfordulástól délre több ponton, továbbá a budaörsi vitorlázó repülőtér környékén, a porlódás kimondottan rétegekben mutatkozik. 8–10 cm vastagságú, jól porlott rétegek közé 20–70 cm vastag kevésbé porlott, esaknem ép, kemény kőzetrétegek iktatódnak s e rétegek az eredeti kőzetdőlés és csapás irányában is hosszan követhetők a jó feltárási viszonyok segítségével. A porlódásnak ez a fajtája szorosan összefügg a dolomit képződési körülményeivel és a fiatalabbkori karsztvízmozgásokkal. A porlást kiváltó hatás a megvizsgált esetekben hévforráshatás volt (6. ábra).

#### d) *Kovakürtös típus.*

Scherf a porlódásnak ezt a megjelenési módját felismerte és általánosította. Lényege a 7. ábrából megérthető. Tulajdonképpen a barlangtípusnak egy változata, mert a központi kovatölesés a porlással *nincs egyidejűségi összefüggésben*. Szépen tanulmányozható a Huszonnégyókröshegy délkeleti oldalán, a Csíki-esárdától északnyugatra, továbbá

északkeletre, a Csíki-árok szögletében, Máriamakk köravékén, míg ettől a törésvonalrendszertől különállóan csak ritkán, egy-két helyen ismeretes. A porlás és a kovásodás nem egyidejű, szakaszos hévforrásnűködés következménye, tehát ez a típus összetett forma.

Itt említhető az a másik előfordulási mód is, amit a budaörsi Odvas-hegyen és Úrhegyen figyelhettünk meg legszebben. Egyes helyeken a kovásodás nem volt mélyreható s csupán a dolomit nagyobb repedései telítődtek kovaanyaggal, miközben a kőzet szövetében aragonit képződött. A dolomit kiporlása után így néha csak a kovaváz, a repedések anyaga maradt meg, az úgynevezett sejtes dolomit.



7. Kovakürtös típusú porlás tömbszelvénye.

- I. ép dolomitműzet.
- II. murvásodott dolomit.
- III. pordolomit.
- IV. kovásodott hévforráskürtő.

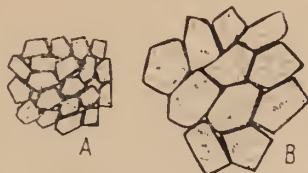
#### f) Felszíni porlás.

Utolsóként említjük a porlásnak azt a fajtáját, amely talán a legáltalánosabb, mert nincsen hévforrásokhoz kötve, a felszíni porlást. Aragonitkiválásról hőt ez esetben a napmeleg szolgáltat, s bár általában csak a murvásodás, aprózódás fokáig jut el a folyamat, a Budai-hegység területén is ismeretes egy-két hely, ahol majdnem tökéletes pordolomit keletkezett ilyen módon. A Farkasrétről az Ördögórom felé vezető út bevágásában mintegy 800 méterre a villamosmegállótól látható a porlásnak ez a módja. Itt is éppen úgy, mint a többi hasonló előfordulásoknál, egészen vékony, gyéren füves lösz-, vagy humuszréteg védi meg a dolomit porlott rétegét a csapadékvizek lemosó hatásától. Egyben azonban ez a vékony takaró a kőzetet a kiszáradástól is óvja s így a felmelegedés napsütéskor nemesak eső után választ le aragonitot, hanem minden esetben. A vékony humusztakaró tehát közvetve az aragonitképződést elősegíti s ezzel magyarázható itt a porlás, helyesebben aprózódás erősebb foka is.

## A dolomitképződés és a porlás.

Legfeltűnőbbben a réteges porlásnál volt szembetűnő, hogy a porlás foka azonos mértékű hőhatás esetében is, a dolomitösszeleiben rétegenként különböző lehet. A begyűjtött minták mikroszkópiai vizsgálata kimutatta, hogy a dolomit eredeti szövetében vannak olyan sajátságok, amelyek a porlást befolyásolják. A kőzet szövetének alakulása pedig csak a keletkezési körülmények ismeretével magyarázható.

Megállapítható volt, hogy a jobban porlott dolomitkőzetet alkotó egyes dolomitkristályok apróbbak és a kötőanyagként jelenlevő kalciumkarbonát tartalom ezekben a mintákban több, mint a kevésbé porlott fajtákban. A dolomitanyagú kristályszemcsék mindkét esetben tömöttek és homogének, a kötőanyagként szereplő kalciumkarbonát pedig repedezett, sőt helyenként hiányzik, úgyhogy a dolomitzemcsék többé-kevésbé teljes illeszkedései között ásványos anyaggal ki nem töltött teretek mutatkoznak. Ez a körülmény arra enged következtetni, hogy a kőzet kalcium- és magnéziumkarbonát tartalmának dolomittá alakulása, átkristályosodása jóval a kőzet megszilárdulása után következett be, mert csak így értelmezhetők a térfogatesőkkenéssel járó utólagos dolomitosodáskor anyaggal ki nem töltött teretek, repedések. Aragonitkiválás szempontjából természetesen ilyen értelemben sokkal előnyösebb a finomszemű szövet, mert ebben több lévén a hézagterefogat, több vizet képes magában tartani és a víz cserélődésénél is jobbak a feltételei. Ezekből viszont az is következik, hogy az olyan dolomit, amelynek dolomitosodása



8. ábra. Porlásra hajlamos és nem porlódó dolomitzövet két szélső típusa.

- A) Aprószemű kettősső kristálykákat aránylag sok kalcitanyag (fekete) köt össze. A líkaestérifogat nagy.
- B) A nagyszemű, tehát közel normális dolomitban kevés a kalcit és nincsenek hézagok. Ez a szövet porlásra nem hajlamos.

már a tengerben befejeződött, és amelyik a későbbiek során nem ment át kristályosodási folyamaton, vagy ha bitumentartalmú volt és utólagosan át is kristályosodott, ami által a kristályok anyagából kiszoruló bitumenanyag a repedéseket eltönte, ezeken a dolomitokon a porlás jelensége nem mutatkozhat még akkor sem, ha erős hőforráshatás érte is őket. A földolomit már keletkezési módjánál fogva mintegy predesztinálva van a porlásra s az utólagos dolomitosodás mértékének a függvénye — azonos hőhatás mellett — a porlás erőssége (8. ábra).

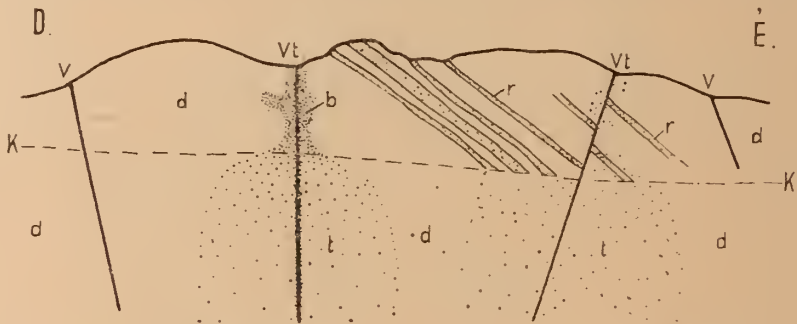
## A dolomitporlódás és a karsztvíz.

A dolomitporlódás kérdése összefügg a karsztvízkérdéssel is. Különösen vonatkozik ez a tömeges-, réteges- és barlangtípusú porlásokra. Annál tökéletesebb az aragonitkiválás feltétele a kőzetben, minél erősebb a vízcseré, ami egyrészt ugyan a szövetből is függ, másrészt azonban a karsztvíz mozgásának a következménye. Ez a vizsgálati irány még további kutatásokat igényel (9. ábra).

## A porlódás és a tektonika.

A hévforrások által kiváltott porlások mindig a tektonikai vonalakon fekszenek. Porlás nemcsak az északnyugat-délkelet irányú, minden valószínűség szerint stájer-mozgási szakaszba tartozó vonalakon mutatkozik, hanem ugyanolyan gyakran, az erre merőleges főirányon, északkelet-délnyugati vonalakon. A hévforrások hatásai ezekben az irányokban kimutathatók a fedőhegységi tagokon is, a porlást kiváltó források tehát fiatalabbak, valószínűleg a stájer-mozgásokkal kezdődtek.

A porlás és a tektonika közötti olyan értelmű összefüggés, hogy a mozgások mechanikus dörzsölése idézte elő a porlást, nincs. Erős mozgási síkok vannak a dolomitban, dörzsbreccsiával, csúszási tükörrel, anélkül, hogy a legesekélyebb porlódásnyomok is megfigyelhetők lennének. Viszont a törésvonalak, hévforrások és porlott dolomitok összefüggését számos egyéb hévforrásmaradvány igazolja, melyek a feltárások 50 százalékában minden kétséget kizáróan, a kérdést eldöntő módon megfigyelhetők.



9. ábra. A tömeges-, réteges- és barlang-típusú porlás összefüggése. (A pilisvörösvári és piliszentiváni területen végzett megfigyelések alapján készült idealizált szelvény.)

- V: vetősík-keresztmetszet,
- Vf: vetősík keresztmetszet hévforrásnyomokkal,
- t: tömeges típusú, gyengén porlott dolomit,
- b: barlang-típusú porlás,
- r: réteges-porlás
- d: ép dolomitműzet,
- K: karsztvíztükör.

## Gyakorlati következtetések és vonatkozások.

A dolomitporlódással kapcsolatos gyakorlati vonatkozások egyrészt a kőszénbányászatban a karsztvízveszéllyel, másrészt a dolomitporbányászattal függenek össze.

A szövetében meglazult dolomit a karsztvíztükör szintje alatt vízzel állandóan telítettnék tekinthető s ezt a vizet könnyen le is adja. Ezért azoknak a vetősíkoknak karsztvízszint alatti megközelítése, amelyek mentén a felsőbb rétegekben bármiféle hévforráshatás volt kimutatható, veszélyes. Mint ahogy a mélységi dolomitporlódások leginkább a nagy-kiterjedésű tömeges-típusba tartoznak, bányászati művelések során való érintésük komoly veszéllyel járhat, mert óriási mennyiségű, könnyen leadható karsztvizet tartalmazhatnak. Ha egyszer a vízbetörés megtörtént, a tárolás sajátos módja alapján könnyen érthető okokból, megállítani nem lehet. Egyetlen védekezési mód: az elkerülés, ami viszont aránylag könnyű, mert az ép dolomit a porlottabb részekbe jól felismerhető fokozatokon keresztül megy át. A porlott részek óvatos kerülése a karsztvíz-



tükör alatti szintben akkor is tanácsos, ha a már feltárt részekben nincs különösebb vízszivárgás.

Dolomitporfejtés céljaira legelőnyösebbek a másodlagos lelőhelyű előfordulások. Minthogy azonban ezek minősége és tömege kiszámíthatatlan, legjobban ajánlhatók fejtésre az egyenletes minőséget és nagy mennyiségeket szolgáltató barlangtípusú lelőhelyek. A réteges porlásnál kevés anyagot lehet nyerni, aránylag sok meddő munkával, a kovakürtös típusú felhalmozódások anyaga viszont nem a legjobb minőségű, mert mindig tartalmaz több-kevesebb kvarcot, ami egyes szemcsék összetapasztásával a szemmagyság különbözőségét és egyenlőtlen keménységét okozza.

### Összefoglalás.

A Budai-hegység területén nagy elterjedésben nyomozható a felső-triász különböző szintjébe tartozó földolomit, amely sok helyen egészen finomszemű, máshol durvább poralakban mutatkozik. A tömör dolomitól a legfinomabb poralakig átmeneti fokozatok vannak. A szerző ennek a dolomitporlásnak keletkezési vizsgálataival foglalkozik.

A porított részek felszíni elterjedése szerint porlás csak törésvonalak kereszteződéseinél, egykori hőforrások nyomainak mutatókózi helyein van. A porlott részek mélységi kiterjedésének vizsgálata szerint a porlás nem felszíni jelenség, hanem a törésvonalak mentén mélyrehatóan észlelhető kőzetelváltozás.

Nagyszámú porlott dolomitmintának mikrokémiai eljárásokkal történt vizsgálataival és egyes mintákban röntgenfelvételekkel aragonittartalom is kimutatható volt. A jelenkori hőforrások hatásának kitétt ép dolomitkőzetekben lényegesen magasabb aragonittartalmat lehetett kimutatni.

Szerző ezekből a tapasztalati adatokból arra következtet, hogy a dolomit porlását aragonitnak kaleitá váló, 8,7%-os térfogatnövekedéssel járó átalakulási folyamata okozza. Ennek a folyamatnak kísérleti igazolására megfelelő módon a dolomitkőzet hajszálrepedéseibe és szöveti hézagaiba aragonitot vitt bele. Az így keletkezett dolomitminták néhány hónap múlva elporlottak.

Szerző a dolomitporlás folyamatát a természetben a következőképpen magyarázza: a hőforrások feltörő vizei felmelegítik környezetük kőzetanyagát, ahol is a kőzet hajszálrepedéseiben és apró likaicsaiban mozgó, felmelegedő vizekből aragonit válik le. Magnézium ionok jelenlétében 29° C-nál alacsonyabb hőfokon is megtörténik az aragonitleválás. A hőhatás megszűnte után a kőzet hajszálrepedéseit és szerkezeti hézagain kitértő aragonit visszaalakul idővel kaleitá s a kőzetet szétfejtíti. A porlás foka az eredeti aragonittartalommal egyenesen arányos.

Megállapítása szerint a porlásra való hajlam függ az eredeti dolomit kőzetszerkezetétől is. Legjobban porlódnak azok a kőzetminták, melyekben a dolomit-kettősső kristálykák aprók és ezeket aránylag sok mészanvag tapasztja össze. Legkevésbé porlódnak a normáldolomitok.

Részletesen foglalkozik a különböző dolomitporlási folyamatok tanulmányozásával s ezekből messzemenő következtetéseket von az egykori hőforrások hőfokára és egyéb jellegeire vonatkozólag. Megállapítja, hogy a karstvíz és a porlás típusai között szoros kapcsolat áll fenn.

Vizsgálatai folyamán olyan dolomitporminták is adódtak, melyeknek porlászó tényezője piritoklári folyamat volt, egy esetben pedig a kőzet repedéseiben anhidritnek gipszszé alakulása a porlasztó folyamat. Ez utóbbi két módja a porlásnak azonban alárendelt jelentőségű a budai-hegységben.

## Данные по вопросу свойства распыляемости доломита в горности Буда.

Ласло Якуч:

На территории горности Буда в больших количествах встречается доломит верхнего триаса. Эта порода во многих местах горности залегает в виде пластов мелко-зернистой пыли. местами же пласты имеют структуру крупно-зернистого песка. В общем же, здесь можно найти все промежуточные стадии разрыхленности структур доломита: начиная с пластов доломита в кусках и вплоть до пластов мельчайшей его пыли.

Автор, занимаясь генетически изучением свойства распыляемости пород доломита, широко залегавшего на поверхности горности, отмечает, что рассычатость доломита наблюдается лишь в тех местах, где при скрещивании линий сбросов видны были когдато бывших там горячих источников. Исследованием величины углубления разрыхленных пластов он доказывает, что распыление пород не представляет собою явление, происшедшее на поверхности горности, ибо в направлении линии сбросов в глубину замечается изменение породы.

Произведенные микрохимическим способом многочисленные исследования над распыляющимися доломитами показали, что часть их содержит в себе следы арагонита. Содержание арагонита в некоторых образцах породы были показаны также и рентгеновскими снимками.

В породах цельного кускового доломита, которые были подвергнуты действию температуры горячих источников наблюдается значительное повышение содержания арагонита.

На основании данных, полученным автором из его опытов, он делает вывод того, что разрыхление доломита причиняется процессом превращения арагонита в кальций, сопровождаемого увеличением его объема на 8,7%. Для того, чтобы выяснить, что процесс этот действительно способствует разрыхленности доломита, автор прибегнул к следующему опыту: к тонкие трещины и изгибы структуры доломита он наполнил арагонитом: куски доломита под этим опытом в течение нескольких месяцев разрыхлились.

Процесс распыленности доломита в природе автор объясняет следующим образом: выбрасываемые горячими источниками воды согревают окружающие их породы, в тонких трещинках и порах которой под действием движущейся воды откладываются арагонит. При наличии ионов-магнезита, при температуре ниже 29-С° может произойти отложение арагонита. По прекращении действия температуры заполняющий тонкие трещины и структурные изгибы арагонит снова превращается в кальцит и расширяет породу.

Степень разрыхленности прямо пропорциональна первоначальному количеству арагонита.

Автор также утверждает, что склонность к разрыхлению в большей мере зависит от структуры пород доломита. Сильнее всего разрыхляются такие куски пород, в которых кристаллики двойного соляного доломита мелкие и скрепляются между собою сравнительно большим количеством известковой массы. Меньше в его разрыхляются порманые доломиты. Автор подробно занимается изучением видов разрыхленности доломита, делая при этом выводы приводящие к установлению связи между свойством разрыхляюности пород и степенью температуры вод существовавших когда-то горячих источников, ищет связи с другими характерными факторами. Устанавливает, что между подпочвенными водами и видами распыляемости пород существует тесная связь.

В процессе своих исследований автор встретился с такими видами рыхлости доломита, при которых фактор распыляемости представляет собою процесс распада (распыления) пирита, при этом, даже, был такой случай, когда можно было наблюдать, когда процесс распыляемости доломита являлся следствием превращения в трещинах породы анхидрита в гипс. Два последних способа распыляемости доломита в горности Буда не представляют собою явления, заслужающего внимания.

## LA QUESTION DE LA DÉSINTÉGRATION EN POUDRE DE LA DOLOMIE DANS LES MONTS DE BUDA

par *L. Jakucs.*

Dans les monts de Buda la dolomie principale, appartenant à divers étages du trias supérieur, est très répandue. En beaucoup d'endroits elle est désintégrée en poudre fine, en d'autres en poudre plus grossière. On trouve des transitions entre la roche compacte et la poudre la plus fine. L'auteur a étudié la question de la cause de la désagrégation de la dolomie.

Quant à l'occurrence superficielle des parties désagrégées, l'on ne trouve la dolomie en poudre qu'à l'intersection des failles, à des endroits indiquant la présence d'anciennes sources thermales. L'examen en profondeur des parties désagrégées montre, que la désintégration n'est pas un phénomène superficiel, mais une altération de la roche en profondeur accompagnant les failles.

L'examen par des réactions microchimiques d'un grand nombre d'échantillons désintégrés, et l'étude aux rayons X de quelques échantillons seulement, a permis d'établir la présence de l'aragonite. Dans les roches dolomitiques non altérées, exposées à l'action thermique des sources chaudes d'aujourd'hui, la teneur en aragonite est élevée.

De ces observations l'auteur tire la conclusion que la désintégration de la dolomie est causée par la transformation de l'aragonite en calcite, accompagnée d'une augmentation de volume de 8,7%. Pour démontrer la justesse de cette hypothèse l'auteur a introduit de l'aragonite dans les fissures capillaires et les méats interlacunaires de la roche dolomitique. Les échantillons ainsi traités se sont désintégrés en poudre au bout de quelques mois.

L'auteur donne l'explication suivante du phénomène de la désintégration en poudre de la dolomie dans la nature: Les eaux des sources thermales chauffent la roche avoisinante. L'eau qui circule dans les fissures capillaires et les pores fines de la roche y dépose de l'aragonite. En présence d'ions de magnésium l'aragonite se dépose aussi à des températures au dessous de 29° C. Après la cessation de l'effet calorifique, l'aragonite remplissant les fissures capillaires et les pores fines de la roche se transforme avec le temps en calcite et désagrège la roche. Le degré de la désintégration est en relation directe avec la teneur originale en aragonite.

Selon les observations de l'auteur l'aptitude à la désintégration en poudre de la dolomie dépend aussi de la structure de la roche originale. Se désintègrent surtout les roches dans lesquelles les cristaux du sel double sont petits et ils sont cimentés par une matière calcaire abondante. Les dolomies normales se désintègrent le moins.

L'auteur s'occupe en détail des différentes formes de la désintégration en poudre de la dolomie, et il tire de ses études des conclusions avancées concernant la température et d'autres traits caractéristiques des anciennes sources thermales. Il établit qu'il y a une relation étroite entre l'eau de karst et les types de la désintégration.

L'auteur a aussi rencontré des échantillons de poudre de dolomie, dont l'agent désintégrant a été la décomposition de la pyrite; dans un cas la cause a été la transformation de l'anhydrite en gypse. Ces deux derniers modes de la décomposition sont d'une importance subordonnée dans les monts de Buda.

## IRODALOM

1. Bauer: Über Pseudomorphosen von Kalkspath nach Aragonit Neues Jahrb. 1886/1. S. 249.
2. Brugger: A budakörnyéki dolomitok kőzetkémiai vizsgálata Mat. és Term. ud. Ért. LIX. Bp. 1946.
3. Doelther: Handbuch der Mineralchemie. I. S. 119.
4. Feigl: Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen Stuttgart. 1938.
5. Hinze: Handbuch der Mineralogie I/3. 1. S. 2986.
6. van Hise: Monograph, of the U. S. Geol. Survey, 1904/47. S. 245.
7. Jakucs: A hévforrásos barlangkeletkezés. Hidr. Közl. XXVIII., 1—4. 1948.
8. Linck: Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss., 78. Bd. 1909.
9. Maurütz-Vendl: Ásványtan, Budapest, 1942.
10. Neminar: Ueber die Entstehungsweise der Zellenkalk und verwandter Gebilde, Tsch. M. 1875. V. 251—282.
11. Nendtvich: Buda vidékének dolomitjai, M. Akad. Értesítő, 1859.
12. Pálffy: Tengeralatti forrás erakódások a budapesti triászkorú képződményekben Földt. Közl. L. k. 1920.
13. Renard: Des caracteres distinctifs de la dolomite et de la calcite dans les roches calcaires et dolomitiques du calcaire carbonifere de Belgique Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 1879. 2 sér. XLVII.
14. Rogers: Proc. Amer. Phil. Soc. 1910/17. p. 49.
15. Rose: Pogg. Ann., 41., 1837., p. 147.
16. Scherf: Hévforrások okozta kőzetelváltozások a Buda-pilisi hegységben. Hidr. Közl. II. évf. 1922.
17. Schréter: Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. Földt. Int. Évk. XIX., 1912.
18. Szabó: Pest-Buda környékének földtani leírása. A Magy. Tud. Akad. kiadása. Bp. 1858
19. Velter: Zeitschrift für Kristallographie u. Mineralogie, 1910/48. S. 45.
20. Vadász: A magyar bauxitelfordulások földtani alkata. Földt. Int. Évk. XXXVII. 2. f.

# A DOLOMITPORLÓDÁS FELSZINI ELTERJEDÉSE a BUDAI-HEGYS. É-i FELÉBEN

TÉRKÉPEZTE: JAKUCS LÁSZLÓ



