

Földtani Kutatás

1983. XXVI. évfolyam 4. szám

A szerkesztő bizottság elnöke:

DR. FÜLÖP JÓZSEF

A szerkesztő bizottság tagjai:

DR. ALFÖLDI LÁSZLÓ
 DR. ADÁM OSZKÁR
 DR. DANK VIKTOR
 FALUSI ISTVÁN
 DR. FARKAS ÖDÖN
 MORVAI GUSZTÁV
 DR. NEMECZ ERNŐ
 DR. RÓNAI ANDRÁS
 DR. SZABADVÁRY LÁSZLÓ
 DR. SZABÓ LÁSZLÓ
 SZANTNER FERENC
 SZÉLES LAJOS
 DR. TÓTH MIKLÓS

Szerkesztő:

DR. HORN JÁNOS

*

Szerkesztőség:

Budapest I.,
 Iskola u. 19—27. VII. 710.

*

Felelős kiadó:

Központi Földtani Hivatal

*

A Földtani Kutatás megjelenik évente
 négy alkalommal
 Egy-egy lap ára 22.— Ft
 Előfizetési és terjesztési ügyben
 felvilágosítást
 a Magyarhoni Földtani Társulat
 (Bp. VI., Anker köz 1.) ad
 Telefon: 229-870

HU ISSN 0133—2422

ISBN 963 02 2587 5

Felelős vezető: Gyenti Pál

FMNYV d. t. 235228 — 3104

TARTALOMJEGYZÉK

Dr. Kleb Béla: Ásvány- és Földtani Tanszék a 200 éves Budapesti Műszaki Egyetemen — — — — —	3
Dr. Kertész Pál: Műemléki kőanyagok meghatározása — — — — —	5
Dr. Kleb Béla: A településfejlesztés mérnökgeológiai vonatkozásai — — —	17
Dr. Török Endre: Budapest mérnökgeológiai térképezése — — — — —	27
Dr. Gálos Miklós: Geológiai anyagmodell a kőzetmechanikában — — —	39
Dr. Bidló Gábor: Közelfelszíni mozgások anyagának ásványtani vizsgálata	47
Dr. Marek István: A kőzetek felületi tulajdonságai — — — — —	51

*Minden kedves olvasónknak
 kellemes ünnepeket és
 boldog új évet kíván
 a Szerkesztőség*

CONTENTS

Dr. Béla Kleb: Department of Mineralogy and Geology two hundred years old of the Technical University of Budapest — — — — —	3
Dr. Pál Kertész: Identification of monumental stone materials — — — — —	5
Dr. Béla Kleb: Engineering geology aspects of settlement development —	17
Dr. Endre Török: Engineering geology mapping of Budapest — — — — —	27
Dr. Miklós Gálos: Geological material model in rock mechanics — — —	39
Dr. Gábor Bidló: Mineralogical examination of the material of subsurface	47
Dr. István Marek: Rock surface characteristics — — — — —	51

I N H A L T

Dr. Kleb, Béla: Lehrstuhl für Mineralogie und Geologie an der zweihundert-jährigen Technischen Universität Budapest — — — — —	3
Dr. Kertész, Pál: Bestimmung des Steinmaterials von Denkmälern — — —	5
Dr. Kleb, Béla: Ingenieurgeologische Beziehungen der Siedlungsentwicklung	17
Dr. Török, Endre: Ingenieurgeologische Kartenaufnahme von Budapest —	27
Dr. Gálos, Miklós: Geologisches Materialmodell in der Gesteinsmechanik	39
Dr. Bidló, Gábor: Mineralogische Untersuchung des Materials oberflächennaher Bewegungen — — — — —	47
Dr. Marek, István: Oberflächeneigenschaften der Gesteine — — — — —	51

**A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
alapításának 200. évfordulója alkalmából rendezett
TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK**

*AZ ÁSVÁNY- ÉS FÖLDTANI TANSZÉK ÁLTAL SZERVEZETT
SZEKCIÓBAN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK ANYAGA*

1982. XII. 8.



A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

székhelyének 300. évfordulójára emlékeztető kiadvány

TUDOMÁNYOS ÜZEMEK

ALAPÍTVA 1825. ÉVI FEBRUÁR 11. NAPJÁN
AZ AKKORIGI BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

1925. ÉVI



Ásvány- és Földtani Tanszék a 200 éves Budapesti Műszaki Egyetemen

DR. KLEB BÉLA

A számvetés, a jubileum idejét éljük. Az 1982-es év ünnepi esztendeje a magyar műszaki felsőoktatásnak; az 1782-ben létesített, a Tudományegyetemhez tartozó *Institutum Geometrico — Hydrometricum*, — a magyar elnevezéssel Mérnöki Intézetként ismert — alapításának kétszázadik évfordulója.

A hazai mérnökképzés megindulásával, fejlődésével, elért eredményeivel az elmúlt időszakban jeles szakemberek tolmácsolásában ismerkedhettünk meg. Magam nem vagyok hivott — és nem is lehet feladatom — egyetemünk múltjának méltatására. Ugyanakkor megtisztelő kötelességemnek tekintem, hogy ebből az alkalomból rövid áttekintést adjak tanszékünk múltjáról, — közel egy és negyedszázados fennállása ugyanis már történelmi távlat, még egy ország életének viszonylatában is jelentős idő.

A távolabbi múlt eseményeit felidézni és értékelni nemcsak az idő megszépítő messzesége miatt könnyű. Tehetem ezt azért is, mert amint a kari plenáris ülésen tisztelt dékánunk, *Halász Ottó* akadémikus az építőmérnökképzés múltját áttekintve az ősi intézmény — *Institutum Geometrico-Hydrometricum* — jellegét őrző geodéziai és vízepítési intézet munkájának bemutatása után elsőként tanszékünket méltatta — jelezvén ezzel annak hagyományát, a múlttól máig változatlan szervezeti felépítését. De még inkább tehetem azért, mert e tanszéken a megfelelő képzettségű, rátermettségű és tehetségű alkotókban nem volt hiány.

A mérnökképzésben 1857-ben indult meg önállóan az *ásványtan* és *földtan* külön tárgyként történő oktatása. 1864-ben pedig *külön tanszéket szerveztek* e tárgyak oktatására.

A tanszék múlt századi vezetői nagytekintélyű tudósok, az ásványtan-kőzettan művelői:

1864—1868-ig *Hofmann Károly*, a kor egyik legjelesebb geológusa;

1868—1870-ig *Wartha Vince*, a szilikátok kiváló kutatója;

1870—1894-ig *Krenner József*, a kor nagy hírű mineralógusa, Eötvös Loránd nevelője, a tanszék vezetője. A nagy mecénást, Semsey Andort meggyőzve 42 000 darabos ásvány-kőzettani gyűjteményt állított össze az oktatás-kutatás céljaira. Mellette *Lóczy Lajos* 1881-től már technikai geológiát oktatott, de ugyanakkor Magyarország földtana, Budapest környékének földtana, ásványtan, kőzettan tárgyak előadása is folyt a tanszéken.

1894—1904-ig *Schmidt Sándor*, ugyancsak nagynevű mineralógus vezette a tanszéket. A 19. századi oktatásban a tanársegédek sorában a

szakma olyan kiválóságait találjuk, mint *Koch Antal*, *Franzenau Ágoston* és *Böck Hugó!*

1904—1926-ig *Schafarzik Ferenc* új utakra vezette az oktatást, sokkal erősebben emelte ki a földtan *műszaki vonatkozásait*. 1904-ben nagy igénnyel állította össze *Magyarország kőbányái* című hatalmas munkáját. 1919-ben, amikor a főváros elhatározta a mérnöki munkák számára *1:5000-es méretarányú földtani felvétel* készítését, a munka irányításával őt bízták meg. A hazai földrengésvizsgálatok megszervezése szintén Schafarzik nevéhez fűződik. Mindezek mellett kiemelkedő jelentőségű volt vízföldtani munkássága. Tudományos és gyakorlati eredményekben egyaránt gazdag munkássága vetette meg a *hazai műszaki földtan alapjait*. Munkatársai között neves szakembereket találunk: *Vendl Aladár*, *Schréter Zoltán*, *Telegdi Roth Károly*, *Vigh Gyula*, *Koch Nándor*, *Löv Márton*, *Kulcsár Kálmán*, *Tokody László*, *Rakusz Gyula*, *Liffa Aurél*, *Mauritz Béla*, *Ballenegger Róbert*.

1926—1960-ig *Vendl Aladár* vezetése alatt töretlenül folytatódott a tanszéki tudományos tevékenység. Kortársait messze megelőzve alakította ki a *hazai üledékes kőzetvizsgálatokat*. Nagyjelentőségűek kőzetmállási, felszínmozgás és agresszív talajvizekre vonatkozó vizsgálatai is. Vezetése alatt szélesedett ki a tanszék gyakorlati kutatása, ekkor alakultak laboratóriumaink, *vegyi, kőzetfizikai* és a jósvafői *Karszt- és Barlangkutató Állomás*.

Vendl professzor; akadémikus, az Akadémia másodelnöke, a Földtani Társulat elnöke. Ugyan ezen időszakban a tanszék tanára — *Papp Ferenc* szervezi meg a Földtani Értesítő kiadását, mely 1936—1948 között a szakág népszerű folyóirata. Megjelent a *Mauritz—Vendl* kétkötetes *Ásványtan*, a kétkötetes *Vendl Geológia*. 1949-ben indul a *mérnökgeológia oktatása*, 1959-ben már megjelenik a Műszaki földtan kézikönyv.

Vendl professzor munkatársa volt *Papp Ferenc*, *Tokody László*, *Földvári Aladár* és számos kortársunk, közmegebecsülésnek örvendő szakemberünk pályája kezdődött irányítása alatt: *Takáts Tibor*, *Csiky Gábor*, *Körössy László*, *Nemecz Ernő*, *Pojják Tibor*, *Jantsky Béla*, *Radnóti Egon*, *Horváth József*.

1960—1968-ig *Papp Ferenc* professzor, a geológia nagy népszerűsítője, a hallgatók kedves Feri bácsija a tanszék vezetője. A klasszikus kőzettan művelésétől eljutott a műszaki kőzettan megalapozásáig, a mérnökgeológia műveléséig, a források és karsztvizek komplex vizsgálatáig. Fáradságot nem ismerő lelkesedéssel hozta létre a már említett *Jósvafői Karszt- és Barlangkutató Állomást*, a műegyetemi ifjúság fellegvárát, mely a múlt hónapban ünnepelte fennállá-

sának 25. évfordulóját, és ekkor Papp Ferenc nevét vette fel.

Tovább fejlődött, műszerezettségben korszerűsödött a tanszék kőzetfizikai laboratóriuma, megindultak a hidrogeológiai vizsgálatok. A kutatások szoros kapcsolatba kerültek a gyakorlati élet igényeivel; építőkövek minősítő vizsgálata, építőanyagipari nyersanyagkutatás a fő profil.

Papp professzor szervezte meg a Magyarhoni Földtani Társulat *Mérnökgeológia-Építésföldtani Szakosztályát*, melynek megalakulása — 1962 — után első elnöke volt. Irányításával és közreműködésével jelent meg *Magyarország ásvány- és gyógyvizei, a Műszaki földtan, a Kőzethatározó és a Geológia* könyv. Mérnökgeológiai szakmérnöki tanfolyamokat szervezett.

Volt munkatársai jórészt ma is a tanszék dolgozói.

1968—1981-ig *Meisel János* professzor, mint közismert, nagytekintélyű közéleti személyiség: a Tudományos Minősítő Bizottság titkára, az Egyetemi Szakszervezeti Bizottság elnöke, az Építőmérnöki Kar dékánja, két cikluson át az egyetem rektora, a tanszék vezetője.

Vezetése alatt tovább fejlődtek laboratóriumaink, a kőzetfizikai laboratórium komoly gépi és műszerfejlődést ért el és önálló üledékkőzet-tani laborrész jött létre. Ekkor alakult ki a tanszéki kutatások azon viszonylag széles, több területen országos szinten is mértékadó profilja (építőkövek minősítő vizsgálata, szabványok kidolgozása, műemléki kőanyagok országos kataszterezése, építőipari kavicsminősítő vizsgálatok, kőzetmállási minősítés, agyagásvány-értékelés, mérnökgeológiai térképezés, felszínmozgásos területek kataszterezése stb.), melyről a tudományos ülésszak előadásai némi tájékoztatást adnak.

1981—1982-ig *Orosz Árpád* professzor, a kar dékánhelyettese, a Vasbetonszerkezetek tanszék vezetője rektori megbízás alapján vezeti a tanszéket. Vezetői tapasztalata, emberi értékei biztosították, hogy a tanszéki élet zavartalanul folyjon tovább.

1982-ben újabb változás következett be a tanszék vezetésében. A közelmúlt és napjaink munkájának értékelése nemcsak a személyes jelleg, de az eredmények kellő visszajelzésének hiányában, felgyorsult életünkben nehéz.

Az ünnep hangulatába némi aggodalom is vegyül. Az elmúlt évek nagyfokú specializálódása kedvezőtlen méretű elszigetelődéshez vezetett, — ez nem csak a tanszéki kollektívánkat, hanem a szakág egyéb intézményeit is érinti.

A hazai — és részben a nemzetközi — gyakorlatban is a mérnökgeológia tudományág kö-

rülhatárolása és definíciója igen eltérő. E tevékenységet folytató csaknem száz intézmény szakmai irányítás szempontjából a legkülönbözőbb felügyelet alá tartozik, így ágazati hovatartozása is tisztázatlan. A vázolt nehézségekből adódóan a tanszéki oktató-kutató munkánk megítélése, elemzése, eredményeink megbecsülése is esetleges.

Az oktatásban — mint minden felsőfokú intézményben — nálunk is minden reform, „korszerűsítés” a geológia óraszámának újabb csökkenését eredményezi. Korábban önálló tárgyunk volt a Közlekedéscépitőmérnöki Karon, részt vettünk a Kertészeti és Szőlészeti Egyetem, a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola, az Iparművészeti Főiskola és a Kossuth Lajos Katonai Műszaki Főiskola képzésében is. Jelenleg az Építő-, Építész-, és Vegyészmérnöki Karon folytatunk oktatói tevékenységet.

Az oktatásbeli szerep viszaszorítása ellenére kapcsolatunk a hallgatósággal jó, kiterjedt Tudományos Diákköri tevékenység folyik tanszékünkön.

Kutatási munkák terén ugyanakkor feladataink egyre jelentősebbeknek mondhatók. Kapcsolatunk a Központi Földtani Hivatallal, az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztériummal, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalattal, az Országos Műemléki Felügyelőséggel, a Városépítési Tudományos és Tervező Intézettel, az Út- Vasútervező Vállalattal, a Vízügyi Tervező Vállalattal hagyományosan jó.

A tanszék munkatársainak akadémiai, társulati, közéleti tevékenysége jelentős, melyet az elmúlt hetekben több kitüntetéssel is elismertek.

Szorosabb kapcsolatot kialakítását tartjuk fontosnak a társegyetemekkel és a Magyar Állami Földtani Intézettel, — ez a folyamat örvendetes módon elmélyülő, reméljük gyümölcsöző is lesz.

Az Ásvány- és Földtani Tanszék történelmi fejlődésének rövid áttekintése után a szakmai bemutatón a sor. A bemutatásra kerülő anyagok többé-kevésbé jelzik a kialakult főbb kutatási irányokat, tevékenységünk legújabb eredményeit.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Papp F.*: Az Ásvány- és Földtani Tanszék 100 éve. Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei X 1 (1964) pp 5—28
- [2] *Vendl A.*: A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének története. BME Központi Könyvtára Műszaki Tudománytörténeti kiadványok, 7. Tankönyvkiadó, Budapest 1956. 98. p.

A műemléki kőanyagok közettani azonosításának eddigi tapasztalatai

DR. KERTÉSZ PÁL

BEVEZETÉS

A magyarországi műemlékvédelem számos megoldásra váró kérdése között az utóbbi években kezdtek csak foglalkozni a kőanyagok közettani meghatározásával és a lehetséges bányahelyek kutatásával. A kutatás e területén eddig csak kezdeményezések voltak, és lényegesen elmaradtunk sok külföldi ország e téren végzett munkájától, és számos, érdeklődésre a határain túl is számottevő eredményétől.

A műemlékekben és műemléki együttesekben a kőanyagok szerepe meghatározó; középkori leletanyagunk jelentős része csak kőbifaragva őrzi a korszak művészeti szellemét, bizonyos mértékig anyagi helyzetére és földrajzi összeköttetéseire is utalva. A kőanyagok származásának meghatározása esetleg elválasztja egymástól a különböző időszakokban készített (és más módon el nem különíthető) épületeket vagy épületrészeket, más esetekben viszont összefoglalja az azonos bányahelyről származó kőzetekből készült elemeket és így esetleg az azonos műhely kezényoma is valószínűsíthető.

A magyarországi műemléki kőanyag-meghatározás mostanáig nem vált önálló tudományággá. Szakembereink ritkán és mellékesen foglalkoztak e kérdéssel. Így pl. Schafarzik Magyarország kőbányáiról szóló jelentős művében (1904) az egyes kőbányák leírása során csak gyér adatokat közöl a kőzetek e téren való felhasználásáról. A földtani-közzettani tárgyú irodalom is csak ritkán tartalmaz utalást egy-egy műemléken található kőzetanyagra (pl. Vendl, 1961).

A kornak megfelelő részletességgel először Papp Ferenc (1938, 1941) foglalkozott e kérdéssel, aki székesfehérvári, esztergomi, zalavári, veszprémi műemlékek kiválasztott kőanyagának vizsgálatát végezte el. Meghatározásai ma is általában érvényesek, habár egy-két megállapítását ma másképp tennénk meg.

Adataink vannak arra nézve, hogy Vadász Elemér is foglalkozott római kori kőanyagokkal, de erről szóló tanulmánya már nem jelent meg.

A felszabadulás utáni időszakban többen foglalkoztak a kérdéssel, de elsősorban a földtani aspektusokat elemezve, vagy a bányahelyeket oknyomozás nélkül közölve. Részletesebb adatokat a közismert kőanyagokra — pl. a piszkei vörös mészkőre — vonatkozóan találhatunk csak. A legutóbbi időben egyedül Kőfalvi (1980) tanulmánya foglalkozik részletesen e kérdéssel, felsorolva számos régi bányahelyet és megismertette sok műemlék kőszármazásáról valott nézetével. (E mű adatainak használhatóságáról lásd: Kertész, 1982.)

A műemlékvédelmi munkák előrehaladtával a kőanyagok egyre több problémát okoztak. Ezek egy része a kőanyagok mállásával és — ebből eredően — védelmével kapcsolatos, más részüket azonban a kőanyagok származásával, azonosításával függ össze.

A kőszármazási kérdések kutatása egyes kezdeményezések után az Országos Műemléki Felügyelőség ösztönzésére indult meg a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén, 1972-ben, Horler Miklósnak, a tervezési osztály vezetőjének javaslatára. Először a simontornyai vár helyreállítása során előkerült kőanyag meghatározását kíséreltük meg (1973), ahol a helyreállítást vezető Horler jó érzékkel fedezte föl a közzettani problémát a reneszánsz kőanyagban. E vizsgálatok tanulsága nyomán került sor további megbízásainkra, amelyekbe az OMF részéről Koppány Tibor is bekapcsolódott.

A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén kezdettől fogva részt vett e munkában Marek István, Árpás Endre és Schell László, a későbbiekben kapcsolódott be Gálos Miklós.

E tanulmányban ennek a munkának első évtizedével, a számos problémáról és egyes eredményekről kívánunk beszámolni. Ennek keretében foglalkozunk a kőazonosítás módszereivel, az európai kőanyag-választékkal, ismertetjük kutatásaink módszerét és eddigi tapasztalatainkat.

Műemléki kőanyagok Európában

A kőzetek lelőhelyének, környezetének meghatározása annál inkább egyértelmű, mennél jobban elkülönülnek a számításba jövő területen az egyes kőzetfajták és mennél több egyedi sajátossággal bírnak. Magyarország területe a kőzetösszetétel szempontjából eltér az európai általános képtől: műemléki kőanyagok között Európában a gránit, a homokkő, a mészkő, a márvány a leggyakoribb, megjelenik még a vulkáni tufa is. A többi kőzetfajta jobbjára csak helyi jelentőségű, de értékes műemlékek anyaga bármely összeálló kőzet lehet.

A gránit, nehezen megmunkálható és igen ellenálló kőzet, csak különleges esetekben alkot teljes épületet (pl. a Mont Saint Michel apátságát Franciaországban), általában csak kiemelt épületrészeket (pl. a római Pantheon oszlopait) vagy önálló emlékműveket, talapzatokat készíthetnek belőle. A közzettanilag is gránitnak nevezhető kőzetek mellett számos más felhasznált kőzet kereskedelmi neve is gránit (pl. a belga gránit tömött mészkő).

A homokkő főleg a német területen gyakori építő- és díszítőkö. Felhasználását elsősorban kötőanyagának tulajdonságai határozzák meg: ez viszonylag könnyű megmunkálhatóság mellett gyakran kielégítő szilárdságot és időállóságot biztosít. A homokkő az NDK-beli *Elbai homokkőhegység* — Szász-Svájc — fő alkotója; ez a kőzet jellemző Drezdától egészen a Balti- és Északi-tengerig a német építészetre. Az elbai — krétakorú — német homokkővek mellett Európában gyakoriak a földtörténet más időszakából származó homokkővek is: triász tarkahomokkő a strassburgi székesegyház anyaga, a triász keuper részéből valók a Wartburg kövei, sziléziai kréta homokkőből készült a boroszlói városháza, eocén kárpáti homokkőből Lőcse, Besztercebánya templomai, faragványai.

A mészkő nagyon sok fajtájában ismeretes; a mészkőfajták elterjedése általánosabb, mint a homokkőké. A ridegebb, nehezebben faragható, de gyakran színezett *tömött mészkő* a szobrászati felhasználástól a helyi jellegű, falazati felhasználásig jóformán mindenütt ismertek. Nemesebb célra is alkalmas fajtáit igen gyakran márványnak is nevezik (pl. salzburgi, sziléziai, dijoni „márványok”). Velence fő építőanyaga az isztriai márványnak nevezett *tömött mészkő* (ún. karszt mészkő).

A *tömött mészkő* annál közelebb áll tulajdonságaiban is a márványhoz, mennél kristályosodottabb a szövete.

A *forrásvízi (édesvízi) mészkő* elterjedése korlátozottabb; változatossága kisebb mérvű, kevésbé csiszolható, kevésbé fényezhető, de szilárdsága kedvező. Ismertebb fajtái az itáliai (tivolii), türingiai (ehringendorfi), alsóausztriai forrásvízi mészkővek. Legáltalánosabb felhasználásuk a római építészetben volt: a királykori Róma tufaépítésze után a köztársaság idején a forrásvízi mészkő vált általános építőkövé (pl. a Colosseum külseje, Capitolium).

A *durva mészkő* a *tömött* és *forrásvízi* mészkőekkel szemben kevésbé szilárd, de jól faragható. Minősége a porozitástól és a kötési tulajdonságoktól függ. Különleges fajtái, a francia durva mészkővek a középkor—újkor határán keletkeztek. Kötési szilárdságuk jó faraghatóságuk ellenére jelentékeny, és így ezek a francia gótika (majd reneszánsz) lényegének megfelelő finoman faragható építőkövek: Párizs Notre Dame-ja és főbb épületei, a Loire-völgyi kastélyok, a Chartres-i székesegyház például ebből készültek. A német gótika a triász „habos mészkővét” a naumburgi székesegyház szobrai-nál alkalmazta; már a Kárpát-medencéhez tartozó durva (lajta) mészkőből épült Bécs nagyrésze, durva (eocén korú) mészkőből áll a kolozsvári Szent Mihály templom is.

A *márvány* a legismertebb díszítőkö — eredeti hellén hazájában általános építőkö. A görög márványt az ókorban Európa más vidékeire is szállították, pl. Rómába, később Pannóniába is — ide feltehetően a Dunán (Kieslinger, 1964 a.). A görög márványbányászat a török megszállással elszigetelődött, ezért az újkorban egészen az ipari forradalomig igazi márványt csak Itáliából szállítottak nagyobb mennyiségben Európa más

vidékeire. Az itáliai (modern) vagy görög (antik) márványok a műemlékeken más országokban csak kiemelt jelentőségű célra kerültek alkalmazásra, így mennyiségük általában csekély az egyéb kőzetekéhez képest.

A *vulkáni tufák* jobban megmunkálhatók, de kisebb szilárdságúak, így ritkábban találhatók a műemléki kőanyagok között; általában csak ott, ahol helyi jelenlétük felhasználhatóságukat különösen kedvezővé tette. Vulkáni tufákat találunk így pl. a királykori Róma épületeiben, az örményországi ókori-koraközépkori emlékek anyagaként, a bulgáriai Nesszeberben, az NDK-beli Freiberg Tulipán szöszékén, vagy a Rajna vidékén, de vulkáni tufa például a kassai dóm anyaga is (Vendl, 1961).

A KŐAZONOSÍTÁS FORRÁSAI, LEHETŐSÉGEI ÉS PROBLÉMÁI

Írásos adatok

A műemlékek elemzéséhez hozzátartozik az azok lényegi részeit képező kőelemek közzétani megnevezése és bányahelyének megjelölése. Ennek megállapítása a *közzetani azonosítás* vonatkozásában viszonylag egyszerű feladat: a közzetani megnevezést általában meg lehet adni, ha a kőanyagból megfelelő méretű minta vehető és azon a szükséges vizsgálatok elvégezhetőek. A kőanyag bányahelyének megállapítása levéltári adatok, régi feljegyzések alapján is lehetséges, több nehézséget rejt a bányahely megállapítása írásos adatok híján.

A magyar történelem adottságai e területen sem kedvezőek. Amíg a franciaországi, angliai vagy német-alföldi építményekről szinte egy évezredre visszamenőleg találhatók hasznosítható adatok, a hazai, egyébként is kevés dokumentum ilyen irányú utalásai ritkák és még nem eléggé értékeltek.

A külföldi számadáskönyvek igen sok esetben egészen pontos adatot szolgáltatnak az építés során művelésbe vett kőbányákról, gyakran a szállított kőzet mennyiségét vagy több kőbánya közti megoszlását is meg lehet állapítani. Nálunk elképzelhetetlen az a francia műemléki előírás, hogy helyreállítás során ugyanabból a bányából kell a pótlásként beépítendő kőanyagot beszerezni, mint ahonnan azt eredetileg fejtették. Az eredményes kőszármazás-kutatás klasszikus példája a kölni dóm.

A *kölni dómot* hosszabb megszakitással 1248 — 1880 között építették. Az építés különböző fázisaiból fenmaradt írásos emlékeket a múlt században kezdődő újjáépítés során áttanulmányozták és azok ismeretében határozták meg az újjáépítés kőanyag-ellátását. Így jelenleg egészen pontosan ismerjük az összes felhasznált kőzetet és azok bányahelyét, illetőleg legalább a bányahelyek körzetét.

A hazai műemléki szakemberek műemlékeinkről ugyanolyan jellegű meghatározást képzeltek el, mint amely a kölni dómról ismeretes

nevezésében sok esetben nem a bányára, hanem valamely közbülső állomásra utal. Így például a gercsei vörös tömött mészkövet gyakran „sütői” származásának írják, mivel ez volt szekérről vízre való átrakó állomása.

Földtani megfontolások — mintavétel

Mivel a hazai írásos adatok általában nem adnak választ a kőszármazási kérdésekre, azokat a földtani elveket is vizsgálni kell, amelyekkel egy-egy kőzet bányahelye kijelölhető. A földtani vizsgálatok — egyes, teljesen egyértelmű esetektől eltekintve — csak akkor végezhetőek el, ha a műemlékekről egy vizsgálatra alkalmas mintát lehet leválasztani. Ez nem okoz nehézséget a falazati kőanyagok, vagy a nagyobb tömegű faragványok esetében. A kisebb darabok vagy a finomabb faragványok eszmei értékét azonban még a legkisebb minta vétele is jelentősen károsítja. A minta vételének lehetőségét, illetőleg a vehető minta nagyságát a szabatos vizsgálat igénye, illetőleg a darab épségének eszmei értéke közötti kompromisszum határozza meg.

A minta vétele gyakran nem csak a szabatos kőazonosításhoz szükséges, hanem az egyszerű kőzettani meghatározáshoz is. A szabad köfelület gyakran oly mértékben mállott vagy piszkolódott, többszöri átfestésekkel bevonódott, hogy friss törési felület nélkül a kőzettani jelleget sem lehet meghatározni.

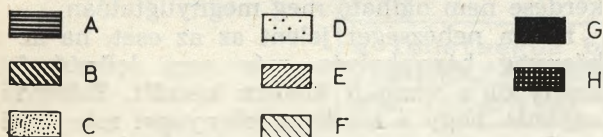
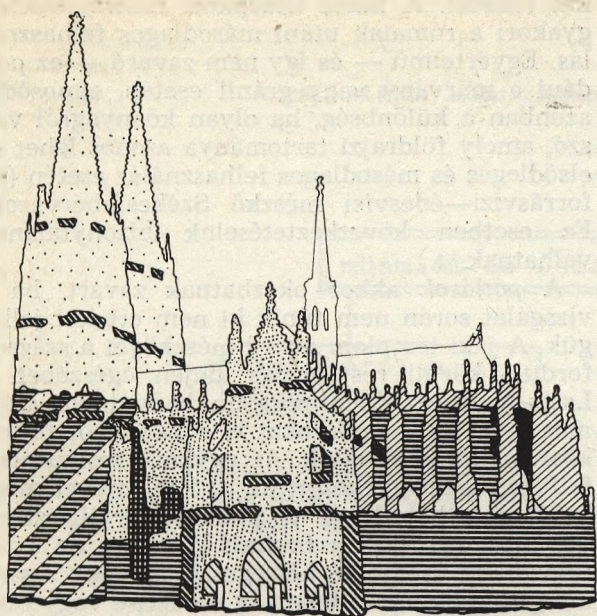
Irodalmi adatok híján általában a vett minta révén lehetséges a további következtetések levonása. Ebből a célból a kőzetmintán végzett szabatos kőzettani-öslénytani vizsgálat teszi lehetővé a lehetséges bányahelyek közeteivel való azonosítást. Ez a vizsgálat azonban gyakran csak egy bizonyos mintaméret fölött lehet eredményes. Olyan kőzetekben, ahol az azonosításhoz ősmaradványok szükségesek, csak olyan méretű minták hasznosak, ahol a jellemző ősmaradvány-együttes már feltalálható.

Azonosítás és elválasztás

A földtani szakirodalom igen sok adatot tartalmaz arra, hogy milyen adatok jellemzik egy-egy kőzettani vagy földtani egységet: ismerjük pl. azokat az ismérveket, amelyekkel az ország különböző területein található lajtamészkövek azonosítása lehetséges, de nem kutattuk eléggé azokat, amelyek egy-egy egységen belül az egyes rétegeket, bányahelyeket vagy körzeteket elválasztják.

Egy műemléki kőminta és egy bányahely kőanyagának azonossága akkor valószínűsíthető, ha minden lényeges kőzettani-földtani ismérvük azonos és nem mutatható ki olyan adat, amely azonosságuk ellen szól.

Az adat „lényeges” volta adott esetben a vizsgálat mélységétől is függ. Ha ismerjük egy kőzetfajta előfordulási lehetőségeit, akkor több bányahely kőanyagának különbözősége csak különleges vizsgálatok (pl. nyomelemvizsgálat,



1. ábra. A kölni dóm főbb építőkövei
(Knetsch, 1952 nyomán)

- A) trachit, Drachenfels 1248—1560
B) trachit, Berkum és Stenzelberg, andezit, Wolkenburg, 1829—1875
C) homokkő, keuper, Schlaitdorf, 1842—1863
D) homokkő, júra, Obernkirchen, 1845—1880
E) majnai kagylómszész, 1904—1939
F) francia júra durva mészkő (Savonnière, Caen), 1904—1939
G) bazaltláva, Mayen, Niedermendig, 1826—1972
H) bazaltláva, Lohndorf, 1952—

(1. ábra). Sajnos a hazai adatokkal ilyen részletességű leírás nem adható: a kőanyagok felhasználása ritkán volt ennyire jól elválasztható.

Hazai adatok híján lengyel levéltári feljegyzésekből tudjuk, hogy Magyarországról származik Nagy Kázmér síremléke a krakkói Wawel székesegyházában. Nagy Lajos adományaként került a piszkei vörös tömött mészkő szarkofág Krakóba (1370—1382 között). Szintén lengyel forrásból ismerjük, hogy a krakkói Zsigmond-kápolna építéséhez (1517—1533) is ugyanezt a kőzetet („magyar márványt”) használták fel.

Mivel a törökvilág előtti és alatti építkezések kőanyagát nem kísérik származási adatok, fontos lenne a meglévő okmányokat ilyen szempontból újból áttekinteni. Lehetséges, hogy a ráfordítás megtérülne, hiszen adatokat határjárásokból, jobbagyszolgáltatási leírásokból vagy kiváltságlevelekből is remélhetünk.

A leírások, adatok a XVIII. századtól kezdve egyre gyakoribbak. A nagyobb egyházi, vagy világi uradalmak részletes számadáskönyveket hagytak az utókorra, így például az Esterházyak adataiból jóformán az egész Lajta-hegységi bányászati rekonstruálható.

Az adatok értékelése ebben az esetben is gondosságot kíván. A származás említése a kő meg-

agyagásvány minőségeloszlási vizsgálat) alapján mutatható ki. A vizsgált minták ilyen adatainak egyezése csak akkor jelenti a származás bizonyítását, ha ugyanakkor minden más bányahely esetén az adatok eltérése mutatható ki.

Az ilyen részletességű azonosítások költséges vizsgálatokat igényelnek. A hazai kutatások jelen helyzete nem teszi lehetővé azt, hogy egy-egy kőzet meghatározásához több kőbánya teljes nyomelemvizsgálatát végezzük el, így sok esetben közelítő módszereket is el kell fogadnunk. Közelítő módszer például a *szemléleti azonosítás*. A kőzet szövetének, kifejlődésének, színének jellegzetessége gyakran lehetővé teszi egy-egy bányahely, vagy azon belüli réteg kijelölését is. A kőanyagok szemléleti meghatározása általában nem foglalható rendszerbe, az a közzétanban gyakorlott szakember szubjektív megítélése marad. Így például a bécsi Kieslinger, aki e témakör egyik legkiválóbb kutatója volt, a lajtamészkövek bányahelyét a Lajtahegységben minden esetben meg tudta adni, ha egy nagyobb („kvádernyi”) területet szemlélhetett, míg erre semmilyen szabatos vizsgálata alapján nem volt egyébként képes (Kieslinger, 1964 b.).

A bányahelyek földrajzi tartománya

Az összehasonlításba azokat a bányahelyeket lehet bevonnai, amelyek a műemlék készítése során elérhető (mértékadó) földrajzi tartományba esnek. E földrajzi tartományt az egykorú szállítási, kereskedelmi, műszaki, politikai, gazdasági és kulturális viszonyok szabják meg.

Régebbi adataink a kőanyagok származására gyakran azon *legközelebbi bányahelyet* tekintik valószínűnek, amely kőzetanyagának azonosága valószínűsíthető. Ez a későbbi vizsgálatok során több esetben is kétségesnek bizonyult. A figyelembe veendő földrajzi tartomány nem egyezik meg okvetlenül államhatárokkal: a hazai köfelhasználásnál is legalább a Kárpát-medencét, egyes kőzeteknél (pl. márványoknál) lényegesen nagyobb területet is figyelembe kell venni. Mennél értékesebb, különlegesebb a kőzet vagy a felhasználási cél, annál nagyobb lehet a földrajzi tartomány kiterjedése. Falazati követ bárhol lehetett szerezni, de különleges minőségű (pl. márvány) vagy ideológiai töltésű (pl. bíborporfir) kőanyag igen nagy szállítási távolságot is megért.

A minták jellege

A műemléki kőminta addig nem jelent újabb problémát, amíg biztosak lehetünk, hogy az valóban a műemlék adott elemére egyértelműen jellemző: azaz abból a célból került kifejtésre, hogy az adott helyre és célra beépítsék. Nehézséget jelentenek a másodlagosan felhasznált vagy pótlásként beépített kőelemek.

A másodlagosan felhasznált kőzetek földrajzi tartománya az elsődleges felhasználásnak megfelelő gazdasági, politikai, közlekedési viszonyo-

kat tükrözi. A hazai középkori műemlékekben gyakori a rómaiak utáni másodlagos felhasználás. Egyértelmű — és így nem zavaró — ez például a márvány vagy gránit esetén, elmosódik azonban a különbség, ha olyan kőanyagról van szó, amely földrajzi tartománya azonos lehet az elsődleges és másodlagos felhasználás esetén (pl. forrásvízi—édesvízi mészkő Székesfehérvárott). Ez esetben következtetéseink bizonytalanok válhatnak.

A *pótlások* akkor okozhatnak zavart, ha a vizsgálat során nem tűnik ki nem eredeti jellegük. A jáki templom durva mészkövet a századforduló körüli restaurálás idején egészében a Lajta-hegységi Szentmargitta bányájából származtatták és a pótlásokat is e bányából fejtett kőanyagból készítették. Az egykorú restaurálási felfogás még igyekezett az új kőelemeket megkülönböztethetetlenül a műemlékbe illeszteni. Így most nemcsak a falazati kőanyag, de a faragványok esetén is kétséges, hogy egy szentmargittainak látszó kőanyag eredeti-e vagy csak későbbi. Így e durva mészkövek bányahelyének kérdése nem oldható meg megnyugtatóan.

Külön nehézséget jelent az az eset, ha az a kőanyag bányahelyén már nem lelhető fel, amelyből a vizsgált kőelem készült. Előfordul ugyanis, hogy a kérdéses kőanyagot már *lefejtették* és így azonosítható minta(sor) nem vehető belőle. Lefejtették már teljes egészében a görögországi pároszi márványt és majdnem teljesen eltűnt a budai gellért-hegyi forrásvízi mészkő bányája is, amely évszázadokon át volt Buda köellátója. Így semmilyen beépített kőzet gellért-hegyi származását nem tudjuk valószínűsíteni vagy cáfolni.

A mállottság okozta nehézségek

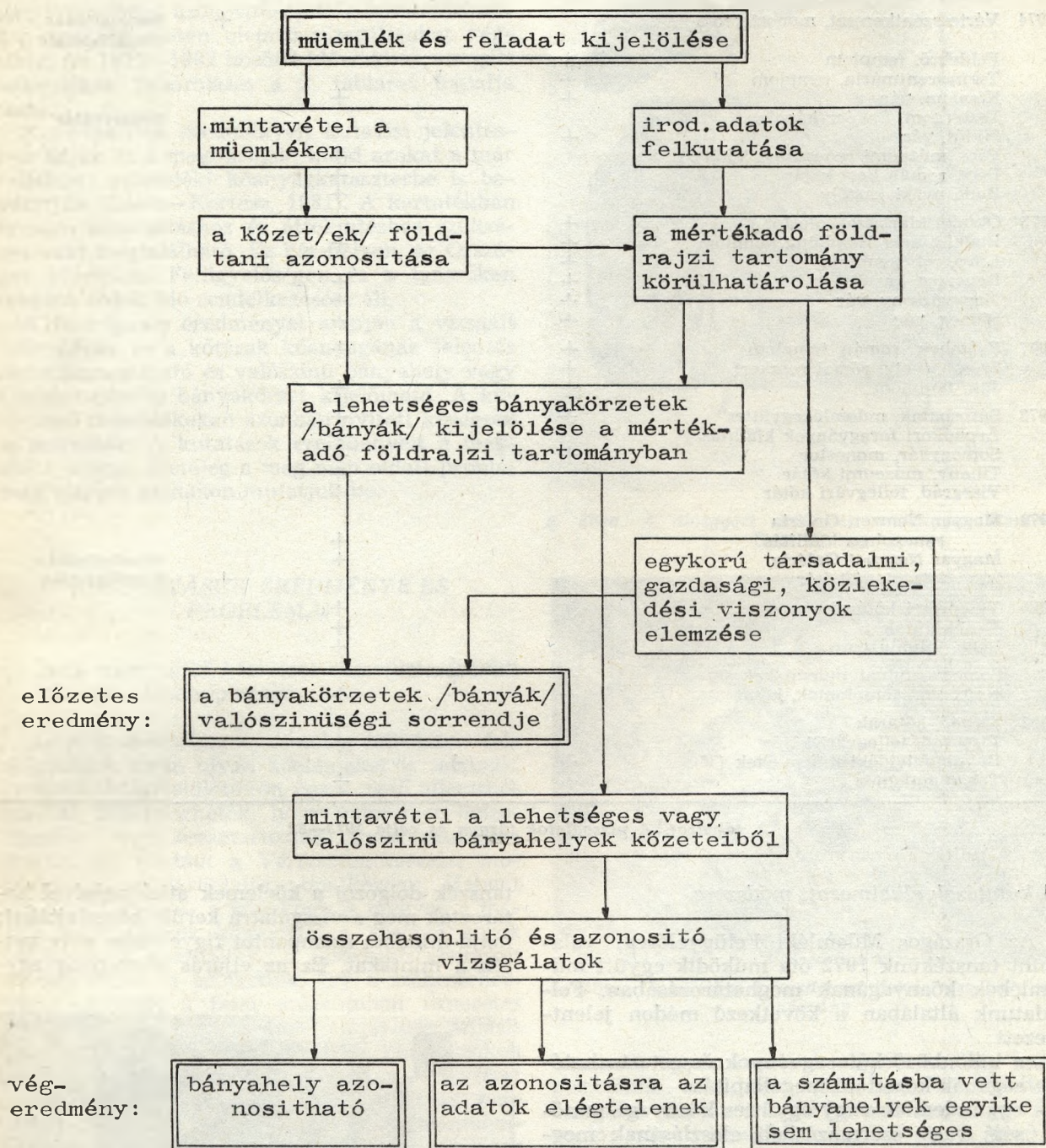
A meghatározási tevékenységet nehezíti a műemléki minták változott megtartási állapota is. A mállás okozta felületi változásokhoz járulnak még a mesterséges eredetűek (pl. festés, vakolás, meszelés). A kényesebb kőelemek mintáinak mérete korlátozott, így — különösen porózus kőzetekben — gyakori az olyan minta, amelynek teljes térfogata mállott. Ilyen esetben — különösen vulkáni tufáknál vagy más magmás kőzeteknél — a kőzetszövet és a kőzetalkotók párhuzamosítása is nehézségekbe ütközik.

A KUTATÁSI MUNKÁK

A bányahely-meghatározás folyamata (1. táblázat)

Írott, egyértelmű adatok alapján a mintavétel és vizsgálat csak ellenőrzésre szolgál. Egyébként a vett minta közettani jellemzése és a felhasználás jellege alapján körül kell határolni a mértékadó földrajzi tartományt, majd azon belül fel kell kutatni a mintának megfelelő bányahelyet vagy bányakörzetet.

A műemléki kőanyag-meghatározás menete



A kőzetek összehasonlítása és az egyéb körülmények elemzése alapján megállapítható a bányakörzetek (bányahelyek) valószínűségi sorrendje. E célból végzett vizsgálatainkkal még nem tudjuk a teljes azonosságot kimutatni. Ez csak akkor lehetséges, ha a — mértékadó földrajzi tartományon belüli — bányahelyek közeiben végzett részletes (pl. nyomelem-) vizsgálatok egy esetben azonosságot, minden más esetben különbözőséget mutatnak ki.

Tevékenységünk nem mindig fejeződik be egyértelmű eredménnyel, még a vizsgálatok költségeinek további növekedése révén sem.

Tudomásul kell vennünk, hogy ismereteink jelen szintjén nem tudunk minden kérdést eldönteni. Így például nem tudjuk elkülöníteni a pliocén-pleisztocén forrásvízi (édesvízi) mészkő különböző bányahelyeit, vagy a szarmata mészkő változatos előfordulásait.

	műemlék fel- dolgozása	területi fel- dolgozás	kőtári fel- dolgozás	egyes köelemek azonosítása	vizsgálat egyéb célokra
1973	Simontornya, vár Esztergom, palota Vértesszentkereszt, monostorrom Siklós, vár	+		+	
1974	Vértesszentkereszt, monostorrom Feldebrő, templom Tarnaszentmária, templom Kisnána, vár Esztergom, Bakócz-kápolna Siklós, vár Pécs, múzeumi reneszánsz kőtár Pécs, román kori kőtár Buda-nyéki kastély	+		+	összetartozás megállapítása konzerválás
1975	Óbudai klarissza-kolostor Budai Mária Magdolna templom Litér, ref. templom Devecser, kastély Nagyvázsony, vár Sümeg, vár	+		+	
1977	Zsámbék, román templom Szombathely, római romkert Ják, templom	+		+	
1978	Sárospatak, műemlékegyüttes Árpád-kori faragványok kiállítás Somogyvár, monostor Tihany, múzeumi kőtár Visegrád, fellegvári kőtár	+		+	
1979	Magyar Nemzeti Galéria reneszánsz kiállítás Magyar Nemzeti Galéria középkori kőtár			+	összetartozás megállapítása
1980	Veszprémi kőtárak Vác, kőtárak Penc, falumúzeum			+	
1981	Somogy—tolnai műemlékek (9) Nyírbátor, templomok, kőtár	+	+	+	
1982	Szeged, kőtárak Visegrád, fellegvári kőtár Balatonfelvidéki műemlékek (36) Tar, templom	+	+	+	

2. táblázat. A vizsgálatok tárgya és célja 1973—82

A kutatások alkalmazott módszere

Az Országos Műemléki Felügyelőség, valamint tanszékünk 1972 óta működik együtt műemlékek kőanyagának meghatározásában. Feladatunk általában a következő módon jelentkezett:

- a különböző kőfaragványok összetartozhatóságának közettani megállapítása
- egy műemlék vagy együttes kőanyaga minőségi vagy származásbeli eloszlásának megadása
- egy kőfajta megjelenésének megállapítása a különböző műemlékeken
- egy-egy terület és kor műemlékei (pl. a Balaton-felvidék Árpád-kori templomainak) kőanyag-eloszlásának tisztázása.

A feldolgozás módszere az elmúlt évtizedben sokat változott és már kialakultnak tekinthető. Ezek szerint az OMF által kiválasztott műemlék általános szemrevételezése után a műemléki szakértő jelöli ki azokat a köelemeket, amelyek kőanyag-meghatározását kívánatosnak tartja. A

tanszék dolgozói a köelemek áttekintésével határozták meg a vizsgálatra kerülő kőzetfajtákat; majd mindkét szempontot figyelembe véve vették a mintákat. Ez az eljárás viszonylag egy-



2. ábra. A feldolgozás azonosítási számozása

szerűen végrehajtható volt beépített köelemek esetén.

Kötárakban a fenti eljárás előfeltétele a megfelelő leltár. Csak a leltárban felvett köelemek azonosítása teljesen egyértelmű, a tanszéki mintavétel során mindenütt alkalmazott jelölés (2. ábra) csak avval együtt megfelelő.

A vett mintákat a helyszínen közelítő kőzet-tani vizsgálattal azonosíthatjuk, a laboratórium-ban szükség esetén elemző vizsgálatokat vég-zünk. Az 1972—1982 közötti időszakban vizsgált műemlékek felsorolását a 2. táblázat foglalja össze.

A vizsgálatok eredményeit kutatási jelentés-ben adjuk át a megbízónak, majd azokat a már felállított műemléki kőanyagkataszterbe is be-vezetjük (Gálos—Kertész, 1981). A kartotékban minden azonosításhoz és áttekintéshez szüksé-ges adat megtalálható. Ez két helyen, az Ország-os Műemléki Felügyelőségen és a tanszéken minden érdeklődő rendelkezésére áll.

A feldolgozás eredményei alapján a vizsgált műemlékek és a kötárak kőanyagának jelentős része azonosítható és valószínű bányahely vagy kisebb-nagyobb bányakörzet kijelölhető. A kü-lönböző műemlékeken azonban nyitott kérdések is maradtak. A kutatások eredményeit a meg-oldás jellege, illetőleg a meg nem oldott problé-mák alapján példákön mutatjuk be.

A KUTATÁSOK EREDMÉNYE ÉS PROBLÉMÁI

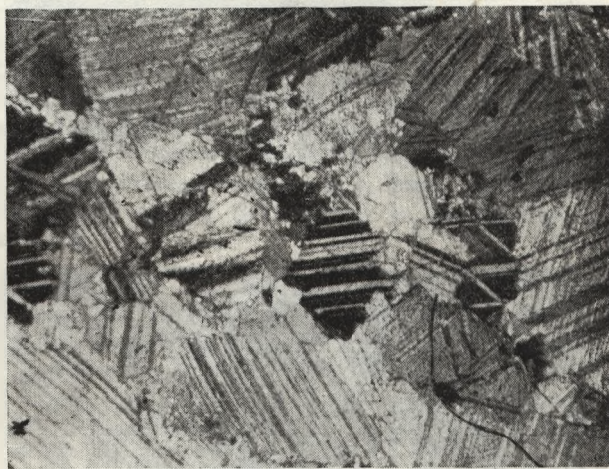
a) Össze nem függő köelemek összetartozásának kőzettani lehetsége

Az építészettörténeti, illetőleg művészeti fel-dolgozások során olyan köelemeket is találnak, amelyek határfelületükön össze nem illeszthe-tők, de feltételezhetők, hogy valamikor össze-függtek, vagy összetartoztak. Ilyen probléma merült fel például a *Vértesszentkereszti mo-nostor* egyes darabjaira vonatkozóan. Habent sua fata petrae — a köveknek is megvan a ma-guk sorsa: romok kőanyagát a későbbi korok kőbányának használták; a díszesebb elemeket esetleg külön is értékelték. Így a székesfehérvári, valamint a tatai múzeumban ismeretes volt egy-egy kőfaragvány, amelynek stiláris vizsgálata a monostor díszítéseit vélte azokon felfedezni. A monostor kőanyaga nagyrészt nummuliteszes mészkő (valószínűen a csáki vár-rom alatti kőbányából). E kőzet a hazai műem-lékeken ritka. Részletes mikroszkópi vizsgálatok alapján a két kődarab, valamint az eredeti he-lyén álló kapubéllet kőanyaga egyaránt num-muliteszes mészkő; igen hasonló szöveti és ös-lénytani jelleggel. Így a kőzetanyag alapján a három köelem összetartozása lehetséges. A kö-elemek megtartási állapotának jelentős eltérései az eltérő tárolási körülményekből adódhatnak.

Hasonló módon mutattuk ki a Magyar Nemzeti Galéria középkori kiállításába tartozó ún. *diósgyőri madonna* kőzettani azonosságát. A kü-lönböző helyekről előkerült két rész nem il-



3. ábra. A diósgyőri madonna a Magyar Nemzeti Galériában

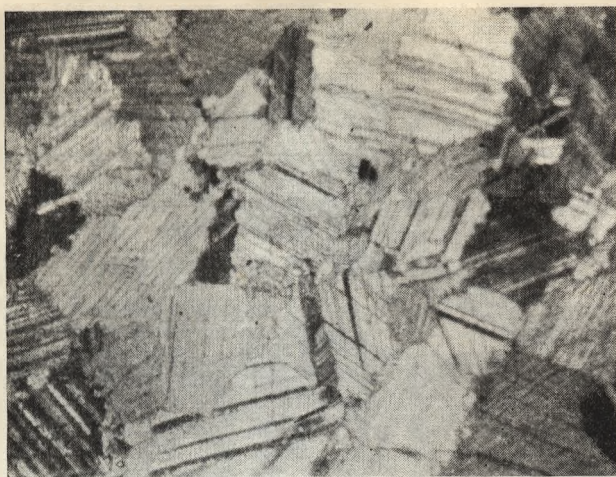


4. ábra. A diósgyőri madonna felső részéből való márvány

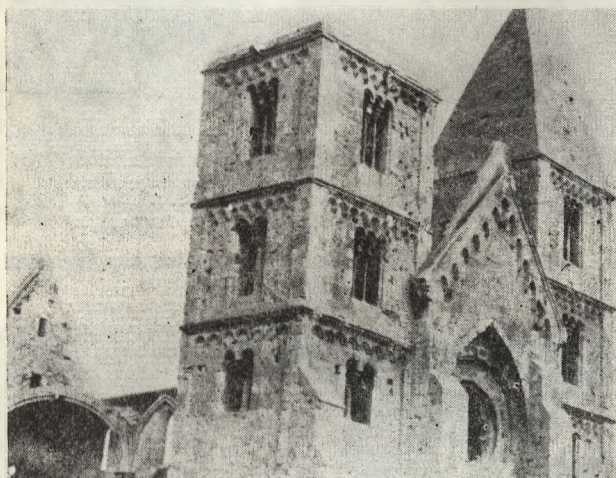
leszhető ugyan össze, de egyébként egy kom-pozíciónak tekinthető (3. ábra). A kőzettani vizsgálat alapján a két rész márványa igen ha-sonló; szöveti kifejlődése egyező (4., 5. ábra) és szemnagyságeloszlása a viszonylag kisméretű csiszolaton kimérve is olyan közeli, hogy kőzet-tani adatok nem szólnak az összetartozás ellen.

Homogén kőzetanyagú műemlékek valószínű-sített bányahellyel

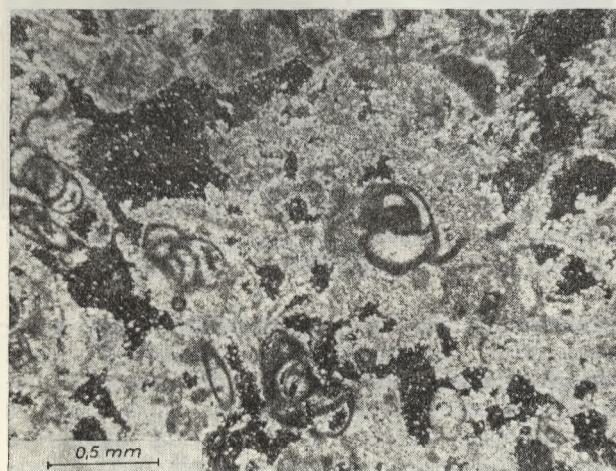
A műemlékek ritkán tekinthetők homogén kőzetanyagúnak. Eddigi vizsgálataink során például a zsámbéki román templom (sósokúti jellegű, helyben fejtett durva mészkő, 6, 7. áb-



5. ábra. A diósgyőri madonna alsó részéből való márvány



6. ábra. A zsámbéki templom



7. ábra. A zsámbéki templom durva mészköve

ra), a vértesszentkeresztí monostor-rom (nummuliteszes mészkő), a somogyvári monostor (panón homokkő) kőanyagát találtuk közel, vagy teljesen egységesnek.

A tari műemléktemplom (8. ábra) felújítását az 1982. évben fejezte be az Országos Műem-

léki Felügyelőség. Mivel mind a templomban, mind a közelében lévő kastélyromból igen műves faragványok kerültek ki, sor került a kőanyagok vizsgálatára.

A 30-nál több mintavételi tételből egy volt andezitagglomerátum, valamennyi többi *dácittufából* állt. E dácittufa horzsaköves, biotitos, amfibolt csak elvéve tartalmaz, plagioklászai zónások, ikerlemezesek. Anyaga (9., 10. ábra) mind szöveti kifejlődésében, mind pedig kőzetalkotói jellegében és eloszlásában megegyezik a községhez tartozó ún. Fehér Kőbánya közetével. E kőbányát Schafarzik (1904) is leírja; az összehasonlítás alapján e kőbánya a műemléktemplom kőanyaga bányahelyének tekinthető.



8. ábra. A tari templom



9. ábra. Dácittufa a tari templomból



10. ábra. Dácittufa a tari Fehér Kőbányából

Heterogén kőanyagú műemlékek

A legtöbb műemlék számos kőfajtából áll. A kutatási munkálatok kezdeténél azt gondoltuk, hogy az egyes kőanyagok egy-egy ilyen jellegű épületen belül is az építési periódusokra, vagy a felhasználás jellegére egyértelműen jellemzők lesznek. A valóságban azonban olyan nagy a kőanyagok változatossága, hogy nagyobb épületeken nem követhető kőzettani rendszerük. Az is előfordul például, hogy a szemlélet alapján összetartozó ablakkeret (Visegrád, fellegrvári kőtár) egyik része hárshegyi homokkőből, más része pedig szármata durva mészkőből készült. A heterogén műemléktípus példája a legelőszőr



11. ábra. A simontornyai vár udvara (helyreállítás közben)

vizsgált *simontornyai vár*. A vizsgálatokat két lépcsőben, még a helyreállítás folyamán végeztük el. A vár kőanyagában a következő kőzeteket határoztuk meg (11. ábra):

1. riolittufa (Sárszentmiklós)
2. pannon homokkő (A)
3. budafai homokkő
4. permi vörös homokkő
5. durva mészkövek
6. sóskúti jellegű durva mészkő (B)
lajtamészkő
lithotamniumos mészkő (C)
7. forrásvízi (édesvízi) mészkő (D)
8. Buda környéki márga (E)

E kőzetek közül csak a sárszentmiklói riolittufa bányahelye, valamint az egyik homokkő budafai eredete tekinthető tisztázottnak. A lényegtelen mennyiségű permi vörös homokkő származására a Mecsek-hegység és a (régebbi időben vízen is megközelíthető) Balatonfelvidék is számításba jöhet. A pannon homokkő bányahelye egyelőre nem azonosítható. A forrásvízi (édesvízi) mészkő nagy tömbjeinek római eredete nem kizárt; a valószínűen Buda—Dunaal-más vonulaton belüli bányahelyük egyelőre nem azonosított. A durva mészkő jellege a Buda környéki ooidos szármata típusnak felel meg, míg Szakál (1978) mecseki (pécsszabolcsi) eredetűnek tekinti az egyik kandallót. A lithotamniumos durva mészkövek a nagyobb teherbírású helyeken (pl. loggia nagy oszlopai, középpillér) Mecsek-hegységek lehetnek. A loggia többi elemének, valamint lépcsőknek, kandallónak jellegzetes anyaga a „Buda környéki” (bryozoás) márga (e közzel külön is foglalkozunk).

A műemlékek jó részén hasonló mértékű a kőanyagok változatossága; az azonosítás nehézségei is hasonló jellegűek.

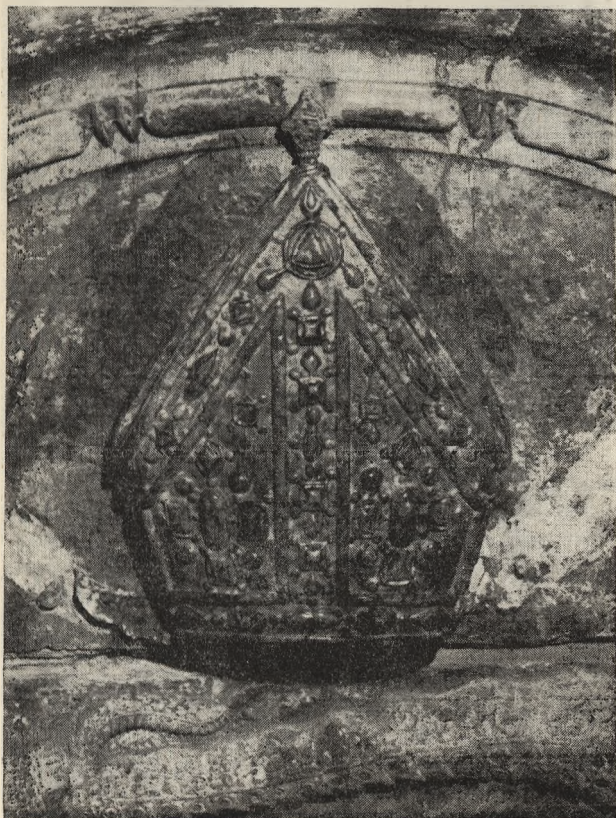
Területi értékelés

Az 1979—80. évtől kezdve az Országos Műemléki Felügyelőség javaslatára sor került egy-egy, a műemléki feldolgozás szempontjából kijelölt terület átfogó mintavételére. Az ilyen jellegű feldolgozásból nagyobb összefüggések megállapítása várható, az azonos korú és jellegű épületek elemzése a kőfelhasználás jellegére is adhat felvilágosítást.

Ezen módon vizsgáltuk először *Somogy megye* 8 műemlékét, majd ennek lezárása után a *Balatonfelvidék* középkori emlékeit; Berhida és Zalavár között 36 műemléket elemezve.

E vizsgálatoknak még előzetes lezárása sem történt meg, de már most kirajzolódik egyes kőzetek területi felhasználása: a permi vörös homokkő saját földtani elterjedését követően, a bántai (bántapusztai) durva mészkő a Balaton déli partjára átnyúlóan, valamint a pannon homokkő a Balaton körül.

A hazai műemlékek között is kiemelkedik az esztergomi Bakócz-kápolna. A magyar művészeti irodalom mostanáig úgy tekintette, hogy a fehér márvány oltárrész anyaga külföldi (valószínűen Carrarából), míg a többi része (12. ábra)



12. ábra. Vörös júra tömött mészkő-faragvány az esztergomi Bakócz-kápolnából

magyar vörös „márvány” (azaz júra gercsei mészkő). A hazai szakirodalom — ismereteink szerint — a legutóbbi évekig nem foglalkozott más lehetőségekkel. Szakál E. vetette föl azt a lehetőséget, hogy a vörös tömött mészkő is itáliai eredetű lehet. Kutatásaink során ezt a kérdést is meg kellett vizsgálnunk. E célból irodalmi tanulmányokat végeztünk, majd mind a kápolnából, mind a Gerecse-hegység számbavehető bányáiból és rétegeiből mintát vettünk kőzet-tani és biofácies vizsgálatok céljaira. Munkánkat segítette dr. Konda József szakértelme is. Nem volt alkalmunk a kérdéses kőzeteket Olaszországban (Verona környékén) tanulmányozni, csak két minta itthoni vizsgálatára volt módunk. Munkánkat az 1982. év végén a következő megállapításokkal zártuk le:

a) a Bakócz-kápolna minden egyes mintája beilleszthető a Gerecse-hegység megfelelő sorozatába: egy minta a felső liász—dogger gumós kifejlődésével azonos (pl. tölgyhái kőbánya), a többi a több sorozatban is fellelhető alsó—középső liász kifejlődésének felel meg.

b) A veronai két (nem okvetlenül reprezentatív) minta szövetében a hazaiaktól eltér; és a

felső liász—dogger-kifejlődéshez áll közel. Elektromikroszkópi felvétel alapján a Bakócz-kápolna egy kőmintája sem áll közelebb a veronaiakhoz, mint a gercseiékhöz.

c) Az itáliaival azonos jelgű földrajzi tartományba sorolhatók mai szemmel a Salzburg környéki (pl. Adnet) és az al-dunai (Szvinica) júra mészkövek. Az OMF véleménye alapján ezeket nem vettük figyelembe, mert az egykori viszonyok ezek felhasználását nem teszik valószínűvé: ebben az időben ezek a mértékadó földrajzi tartományon kívül estek.

d) Lengyelországi okleveles adatok szerint magyar „márványból” készült a krakkói Zsigmond-kápolna, amelynek művészeti kapcsolata sem ismeretlen a Bakócz-kápolnával. A Zsigmond-kápolna kőanyaga szemrevételezés alapján azonosnak tűnik a Bakócz-kápolna alsó—középső liász mészköveivel.

Az eddigi megállapítások közül egy sem mond ellent annak a vélelemnek, hogy a Bakócz-kápolna anyaga magyar tömött mészkő. A veronai lehetőség bizonyítására vagy cáfolására a kápolna, a Gerecse és a Verona-környék kőzetanyagán összehasonlító nyomelem- vagy/és agyagásvány-eloszlási vizsgálatot lehetne végezni — igen jelentős költség- és időráfordítással. Addig azonban nyugodtan hazai eredetűnek tekinthetjük ezt a kőanyagot.

Azonosítási problémák valószínűen külföldi, ismeretlen bányahelyek esetén.

A bakócz-kápolnai munkánkban egy ismert külföldi bányakörzetet kellett volna az összehasonlításba bevonni. Más esetekben egyszerűen csak azt tudjuk megállapítani, hogy a vizsgált kőzet külföldi, de nem adott a bányahely. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

Márvány. A kőzet gyakran másodlagos, eredetileg római épülethez tartozott. A mértékadó földrajzi tartomány a római és korai magyar korokban Erdélyt, Itáliát és Görögországot is magában foglalhatta; a reneszánsz idején Görögország már nem szállított márványt. A márványok azonosítása csak a bányahelyek típusanyagának begyűjtése, illetőleg külföldi összehasonlítás alapján lehetséges.

Lajta-mészkő. Nyugat-Magyarországon a középkortól kezdve gyakori kőanyag. Gyakran azért tekintik fertőrákosinak, mert ez ma egyedüli hazai bányahelye. A kutatás keretében számos bányát jártunk be a Lajta-hegységben, tapasztalatserén vettünk részt a bécsi műegyetem földtani tanszékén. Ennek eredménye az volt, hogy a szubjektív szemlélet a legbiztosabb módszer az azonosításra, de ehhez nagy tapasztalat szükséges.

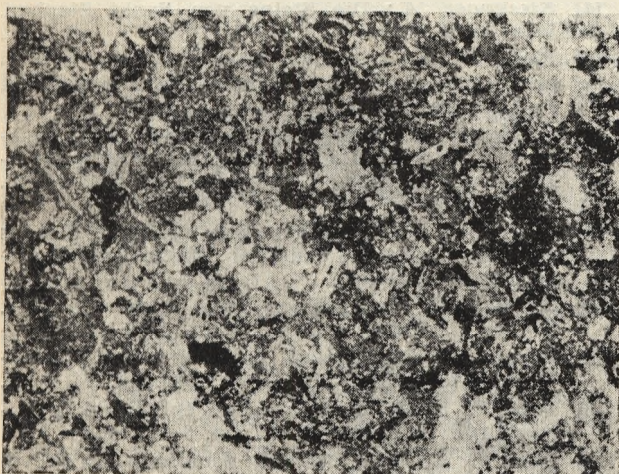
Szeged-környéki műemlékek bányahelyei. Az Árpád-kori kiállítás (1978) dorozsmai és csoltmonostori mintái, valamint a szegedi felvételünk (1981—82) számos tétele olyan kőanyagból állnak, amelyek bányahelye határainkon túl keresendő. Szegeden gyakori egy, a kárpáti homokkőhöz hasonló homokkő, emellett savanyú tufák és egyes durva mészkövek is megjelen-

nek, egy értékes dorozsmai töredék anyaga andezites jellegű tufa.

Amíg a hazai kőbányákat vagy összehasonlításra érdemesnek látszó rétegeket közvetlenül szemlélhetjük és mintázhatjuk, a külföldi kőanyagokat csak egyes mintákból vagy leírásukból ismerhetjük. A további munkálatok során legalább a Kárpát-medencén belüli bányahelyek bejárására okvetlenül szükséges lenne, különösen a Tisza-vidéken találunk hazaiakkal nem azonosítható kőzeteket.

*Egy eddig le nem írt műemléki kőzet,
a „Buda környéki márga”*

A műemlékeken általában olyan kőzeteket találtunk, amelyek felhasználása közismert (pl. gerecei vörös tömött mészkő) vagy helyi jellegű (pl. sárszentmihályi riolit a simontornyai várban), de egyébként ismert építőkö. A simontornyai várban talákoztunk először egy építőköként szokatlan kőzettel. A helyreállítást tervező és a műemléki kőanyagkutatást kezdeményező Horler felismerte e kőzet különleges jellegét. Itt a loggia babái és második emeleti oszlopai, egy kandalló és a lépcső egy része egy érdes felületű, barnás-sárgásbarna, helyenként vöröses színű kőzetből készült.



13. ábra. Az ún. Buda környéki (bryozoás) márga

A kőzetből elemző vizsgálattal annak márgajellegét (13. ábra) megállapítottuk, majd Boda J. segítségével megállapítottuk ősmaradványegyüttesét. Ennek alapján e kőzet az eocén bryozoás márga szintjének felel meg, habár vegyi összetételében a CaCO_3 90% körüli. A bányahely Buda környékére adható meg, ezért feltűnő volt a viszonylag nagy szállítási távolság is. További műemléki feldolgozásainkban igen hasonló jellegű kőanyagot több helyütt is kimutattunk: legfontosabb eddigi műemléki lelőhelyei:

Buda (pl. nyéki kastély, Rudas fürdő fríze),
Pest (belvárosi templom pasztoforium),
Esztergomi várpalota (lépcső, 14. ábra, kőtári kőelemek),



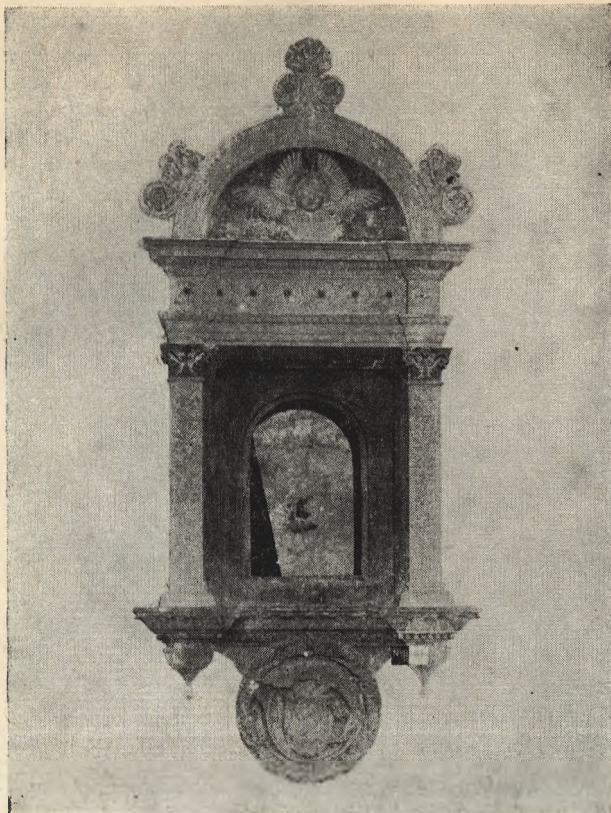
14. ábra. Korlát-baba az esztergomi palotából (Buda környéki márga)

Veszprém (Beriszló sírkő, számos töredék),
Sümege (ablakkeret),
Pécs (ajtókeret),
Siklós (kandalló, ajtókeret),
Vác (szekesegyház, kőtáblák),
Nyírbátor (református templom kapuja és egyéb kőelemek, 15. ábra),
Bács (ma Jugoszlávia: párkány).

Az eddig meghatározott kőelemek mind a *Jagelló-kori reneszánsz* idején, esetleg valamivel azt követően készültek. Így feltehető, hogy egy kőbányából (bányakörzetből?), esetleg egy központi műhely kezemenkája nyomán kerültek az ország távoli vidékeire is a tömbként vagy kifaragva szállított márgaelemek. E kőzetet a végleges azonosításig „Buda környéki márga”-ként írtuk le és a műemléki meghatározásokban e néven szerepel.

E kőzetre vonatkozó vizsgálatainkat nem tekinthetjük még befejezettnek. Egyrészt azért, mert e faragványok finomak és értékesek, és így esetenként csak kevés mintát vettünk, vagy eltekintettünk a mintavételtől. E kőelemek tényleges azonosítása még további elemző vizsgálatokat igényel, új mintavétellel.

További kutatási munkákra van szükség a valószínű bányahely kijelöléséhez is. E célból a bryozoás márga előfordulásait fel kell tárnai és összehasonlító mintákat kell venni. Eddigi összehasonlításaink alapján a József-hegy—Szemlőhegy környéke lehetségesnek látszik, a Barlang utcában vett felszíni minta minden téren közel áll a feltételezhető típusozhoz.



15. ábra. Pasztofórium a nyírbátori református templomból (Buda környéki márga)

A kőzetek áttekintése

Eddigi (kizárólag középkori műemlékeken végzett) vizsgálataink alapján a következő jellegzetes kőzeteket találtuk fel gyakrabban:

piszkei vörös tömött mészkő: a műemlékek jelentős részében, általában speciális célra (pl. lap) alkalmazva;

vulkáni tufák: helyi jellegű felhasználás Jákon (bazalttufa), Esztergomban (andezittufa), Egerben (riodácittufa), a Tokaji hegység területén. Gyakori kőzet az alföldi kőelemeken (pl. Nyírbátor, Szeged);

pannon homokkő: általánosan használt kőanyag a Balatonfelvidék nyugati részén és Keszthely környékén, a Balatontól délre (pl. Somogyvár, Simontornya);

permi vörös homokkő általános kőanyag a Balaton-felvidéken;

hárshegyi homokkő: általános kőanyag Buda és Vác környékén, kimutatható Pusztaszer anyagában;

forrásvízi (édesvízi) mészkő: az ország minden részén fekvő műemlékekben fellelhető, esetleg másodlagosan beépítve;

sóskúti jellegű (szarmata) durva mészkő: az ország minden részén fellelhető, gótikus bordák igen gyakori anyaga;

bántai jellegű durva mészkő: Veszprém és a Balaton vidékén (beleértve a déli partot is) gyakori kőanyag;

Buda környéki márga: az ország számos helyén a Jagelló kori reneszánsz idejéből;

márvány: elszórta az ország számos műemlékén, gyakran római eredetű.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Boda J.: kéziratok közlés, 1974, 1975.
- [2] Gálos—Kertész: Műemlékeink építészeti kőanyag-katasztere. Műemlékvédelem, 3. sz. pp. 241—245, 1981.
- [3] Horler M.: Magyarország építészeti kötőredékeinek helyzetfelmérése. Építés-, Építészettudomány VIII. kötet, 3—4. szám, pp. 453—468, 1976.
- [4] Kieslinger, A.: Die Steine von Sankt Stephan. Wien, 1949.
- [5] Kertész P.: A műemléki kőanyagok bányahelyeinek kutatása, Építés-, Építészettudomány, 1982, 1—2. sz. pp. 193—226.
- [6] Kieslinger, A.: Zur Geschichte der Steinverfrachtung an der Donau. Österreichische Ingenieur-Zeitschrift Jahrgang 7 (1964) Heft 8. pp. 253—260. 1964 (a).
- [7] Kieslinger, A.: A kőbányászat története. Előadás a BME Ásvány- és Földtani Tanszékének centenáriumán, 1964 (b).
- [8] Knetsch, G.: Der Kölner Dom in der Geologie. Kölner Geologische Hefte, Köln, 1952.
- [9] Köfalvi I.: Kőfaragókról és kőbányákról. Építés-Építészettudomány, XII. 1—4. 1980. pp. 241—282.
- [10] Papp F.: Szent István-korabeli építőkövek a Dunántúlról. Technika, 10. sz. pp. 3—7, 1938.
- [11] Papp F.: Dunántúl néhány fontosabb építőkövéről. Technika, 3. sz. pp. 1—8, 1941.
- [12] Schafarzik F.: A magyar szent korona országainak területén létező kőbányák. Bp. 1904.
- [13] Szakál E.: Szóbeli közlés, 1978.
- [14] Vendl A.: Geológia, Bp. 1961.

A településfejlesztés mérnökgeológiai vonatkozásai

DR. KLEB BÉLA

A kort, amelyben élünk a nagyarányú társadalmi átalakulások jelzik. Társadalmi-gazdasági fejlődésünkkel szorosan és szervesen összefügg településeink, településhálózatunk fejlődésének, átrendeződésének folyamata is.

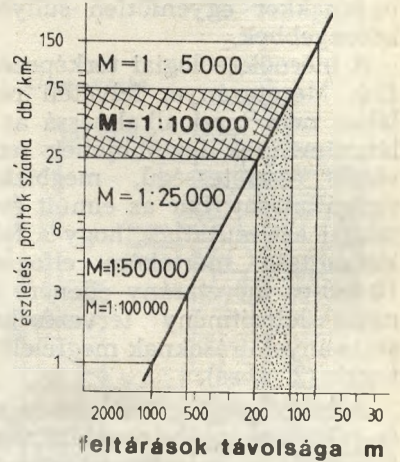
A városrendezési, a területfejlesztési és -rendezési tervek készítése és végrehajtása egyike a legnehezebb és legösszetettebb műszaki-gazdasági és szervezési feladatoknak. A korszerű területrendezési szemlélet alapvető vonása kell legyen a gazdaságosság és a biztonság — ehhez pedig a terület részletes ismerete szükséges, — bár a természeti környezet szerepének nem szabad túlzott jelentőséget tulajdonítani.

Az általános rendezési tervek alapvető részeit képezik a közlekedés és a közműhálózat fejlesztésének tervei. A települések ezen legfontosabb infrastrukturális hálózata fejlesztésének pedig megvannak a maguk sajátos belső törvényszerűségei, melyeknek figyelembe nem vétele mindig jelentős gazdaságossági hátránnyal jár. Így a településfejlesztésben közreműködő geológus, mérnökgeológus, — aki elsősorban a különböző mélyépítési munkák helyének és jellegének meghatározásához ad javaslatot — a településtervezési tevékenység egyik legalapvetőbb területén dolgozik. Mivel azonban hazánkban az építési műszaki és gazdasági szabályozók mind objektum-centrikusak, a környezeti adottságok regionális elemzése hosszú időn át elkerülte a beruházók és tervezők figyelmét, és csak a talajmechanikai vizsgálatot írták elő az építési előmunkálatokhoz.

Hazánkban a hatvanas években jutott először jelentős szerephez a területrendezés. Városaink hosszú távra vonatkozó fejlesztési terveinek készítése keltette fel a mérnökgeológiai adat-szolgáltatás legjobban használható formájának, a mérnökgeológiai térképezésnek az igényét. E térképezés, mely határozott műszaki-gazdasági cél érdekében készül, méretarányával rendszer-

MÉRNÖK - GEOLÓGIAI TÉRKÉPEZÉS

FTV 1972



ÚJ LÉTESÍTMÉNY TERVEZÉSE

MSZ 4488-76

ÉPÜLET

	2000	1000	500	200	100	50	30
Jelentős építmény süllyedésre erősen érzékeny							■
Kiseb építmény süllyedésre érzékeny							■
Kis építmény süllyedésre nem érzékeny							■

KÖZMŰ

	2000	1000	500	200	100	50	30
Műtárgy (geosztatikai nyomás- nál kisebb terhelésű)							■
Csapadék-,szennyviz- csatorna							■
Víz-,gáz-,távfűtés vezeték							■

ÚT - VASÚT

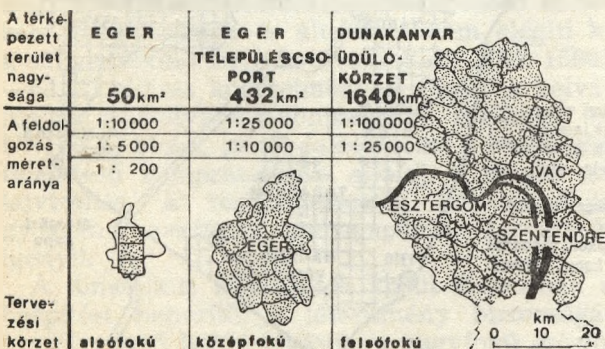
	2000	1000	500	200	100	50	30
Tanulmány- terv	Hegyvidék						■
	Dombvidék						■
	Síkvidék						■
Engedélyezési, építési terv	Hegyvidék						■
	Dombvidék						■
	Síkvidék						■

2. ábra. A 10 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképezés és az új létesítmény tervezéséhez szükséges feltárás kapcsolata

rint igazodik a tervezési munkához. Mivel a mai beruházási rendben a tervezés többlépcsős, ezért a mérnökgeológiai térképezés is a tervezési fázisokhoz kapcsolódik — városrendezés, vonzáskörzet-fejlesztés, regionális tervezés — ennek egyes mintáiról adunk rövid áttekintést (1. ábra).

1:10 000-es mérnökgeológiai felvétel

A hazai gyakorlatban hagyományos értelemben a városrendezéshez, településfejlesztéshez, részletes kutatási terv alapján készülő 1:10 000-es méretarányú, illetve a belvárosokban eseten-



1. ábra. Mérnökgeológiai térképezési területek alsó-, közép- és felsőfokú tervezési körzetben

ként 1:5000-es vagy 1:4000-es felvételeket tekintjük mérnökgeológiai (építésföldtani) térképezésnek.

A mérnökgeológiai térképezés elsődleges célja a *területrendezési és terület-felhasználási döntések* minél jobb *műszaki és gazdasági előkészítése*. Erre azért is egyre inkább szükség van, mert a beépítésre felhasználható szabad terület egyre csökken, a beépíthetőségi viszonyok mind kedvezőtlenebbek, az új szerkezetek ugyanakkor egyenlőtlen süllyedésre egyre érzékenyebbek.

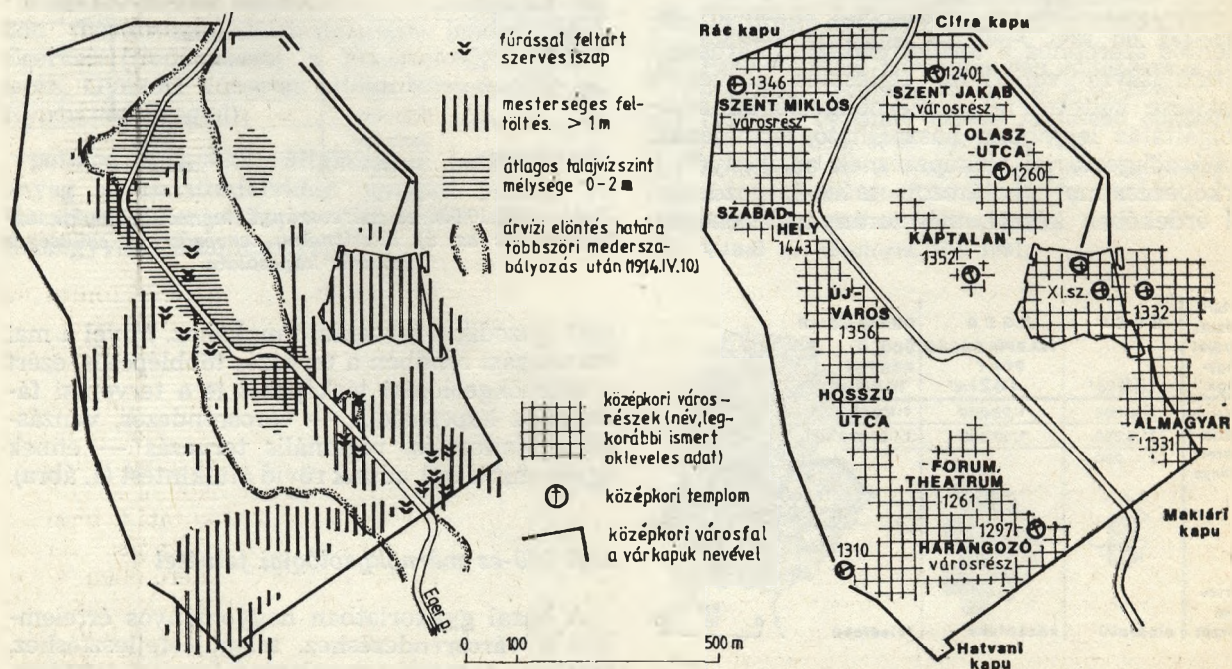
A mérnökgeológiai térképezés előkészítő profilú. Méretaránya, felvételi részletessége általában nem teszi alkalmassá az egyedi mérnöki létesítmények legtöbbjének tervezéséhez szükséges részletességű, megbízhatóságú adatok szolgáltatását. Bár az elmúlt évek hazai tapasztalatai azt mutatják, hogy a feltártság — megkutatottság mértékére elfogadott értékek a 10 000-es méretarány ellenére is a legtöbb vonalas létesítmény tervezéséhez alkalmas, a szabványelőírásoknak megfelelő feltételt biztosítanak (2. ábra).

A megfigyelési, feltárási pontok mennyisége és minősége nyilvánvalóan nagymértékben befolyásolja a mérnökgeológiai felvétel megbízhatóságát. A feltárások sűrűségére, mélységére, minőségére vonatkozó egységes hazai előírás nincs, de több ajánlás készült, mely többékevésbé megegyezik a nemzetközi adatokkal. Az eddig lezárult hazai, városrendezéshez kapcsolódó részletes mérnökgeológiai térképezéseinknél az átlagos feltártság, megkutatottság mértéke ezen elvárásoknak lényegében megfelel. A mérnökgeológiai atlasz tematikus lapjainak a méretarány megbízhatóságán belül pontos — a lehetőségek szerint számszerűen is kifejezett — információkat kell adni a tervező számára az egyes területek beépíthetőségéről. Különösen fontos az alapozásra kedvezőtlen területek mi-

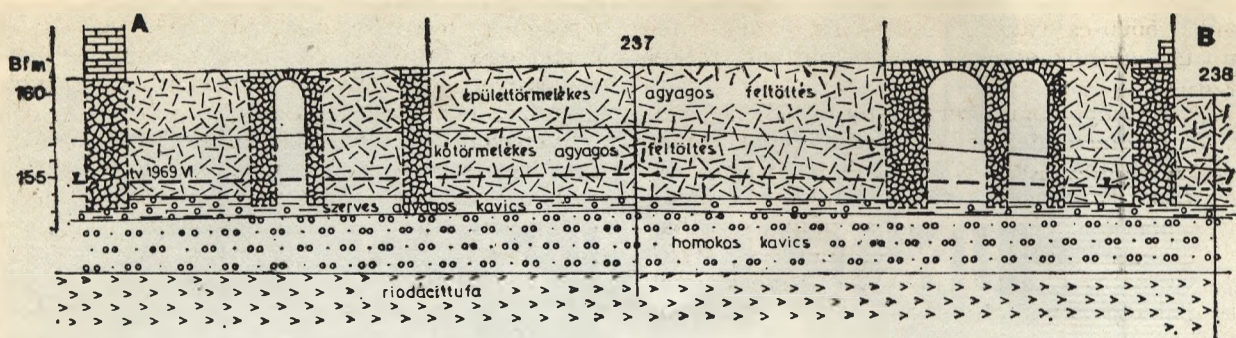
nőségének meghatározása és lehatárolása, a mesterséges feltöltés, a szerves iszap-agyag vastagságának megállapítása, a magas- és agresszív talajvízes területek feltárása.

Ilyen vonatkozásban településtörténeti, város-szerkezeti szempontból lényeges földtani adottságokat tártunk fel Eger város mérnökgeológiai térképezése során. Az Eger-patak városi szakaszán erősen mocsaras, vizenyős, lapos völgytalpú területet alakított ki, helyenként — Tűzoltó tér, strand környéke — kisebb szigetekkel tagolva. Erről számos fúrásban feltárt, általában 0,5 és 1,5 m mélységközben jelentkező szervesiszap-lerakódás tanúskodik. Másrészt levéltári adatokból tudjuk, hogy szabályozását megelőzően — sőt még századunk elején is — rendkívül gyakori és igen súlyos méretű árvizekkel öntötte el, pusztította a völgyet az Eger-patak. Ez a természeti adottság döntő módon járult hozzá a város fejlődéséhez. Egyrészt a mocsaras környezetben a völgyzsűkület — édesvízi mészkőtakaró védte meg a lepusztulástól — kinálta magát katonai erődítmény, vár helyének kijelölésére. Másrészt a település nem egységesen, hanem a kedvezőbb adottságú völgytalp peremi, domblábi szakaszokon létesített plébániatemplomok, mint egyházi centrumok körül alakult ki (3. ábra). A mai belváros műemléki védett magja a völgyi részen a korai középkorban épp a mocsaras jelleg miatt nem volt beépítve. A török hódoltság után nagy területen több, 2—5 m vastagságban mesterséges feltöltéssel emelték meg a völgytalpat, — ezen alakult ki a barokk Eger (4. ábra).

A feltöltésre történő alapozás problémája közismerten sokrétű. Nemcsak a feltöltés anyagában, vastagságában és tömörségében jelentkező heterogéntitás, hanem a talajvíz helyzete, a természetes településű fekvőzet teherbírása, az épület mérete is befolyásolja a kivitelezés sikerét. Hogy a feltöltés vastagságának, minősé-

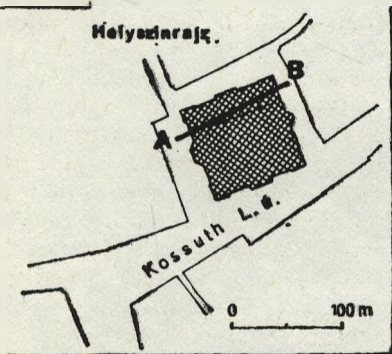


3. ábra. Az egeri belváros kedvezőtlen földtani adottsága és a középkori városfejlődés kapcsolata

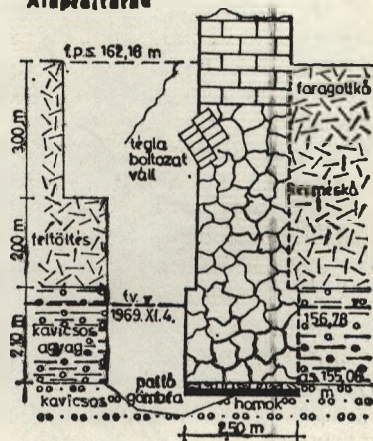


0 5 20 m

Helyszínrajz.



Alapfeltárás



4. ábra. Mesterséges feltöltés a Pedagógiai Főiskola alatt (FTV feltárások alapján)

gének megállapítása mennyire nem egyszerű, jól mutatja a Pedagógiai Főiskola alatti viszonyokat három fúrás alapján bemutató szelvény egyveretősége — 4. ábra — és a főiskola mögött épített postaépület alapgyödrének szelvényében jelentkező rendkívüli heterogenitás, mint tényleges adottság (5. ábra).

A völgy É-i részén — a feltárómunkánk után kiépült ún. Csebokszári városrész — az 1707. évi térképfelvétel szerint még nagykiterjedésű „Hideg tó” létezett, a terület rendezése során mintegy 300 000 m³ feltöltés készült 15 cm-enkénti tömörítéssel. Időszakos állóvizek, belvizek a lapos völgytalpon a déli iparterületek térségében még a mérnökgeológiai vizsgálat időszakában is jellemzők voltak, mocsaras foltokkal.

Mivel a lapos völgyben a mesterséges feltöltés alatti legfelső, 1—3 m vastagságú természetes településű réteg is változó képlékenységgű, többnyire kedvezőtlen állapotú, így a síkalapozás minden műszakilag szóba jöhető változata gazdaságtalan és általában nem elégti ki a süllyedéskülönbségekre vonatkozó MSZ 15002—64. I. előírás követelményeit. Ezért a belvárosban a süllyedéskülönbségekre érzékeny — UNIVÁZ, blokk, panel falszerkezet a heterogén felépítésű kompresszibilis altalaj, a magas talajvízállás, a rezgésmestesség követelménye gyakran speciális mélyalapozás tervezését igényli.

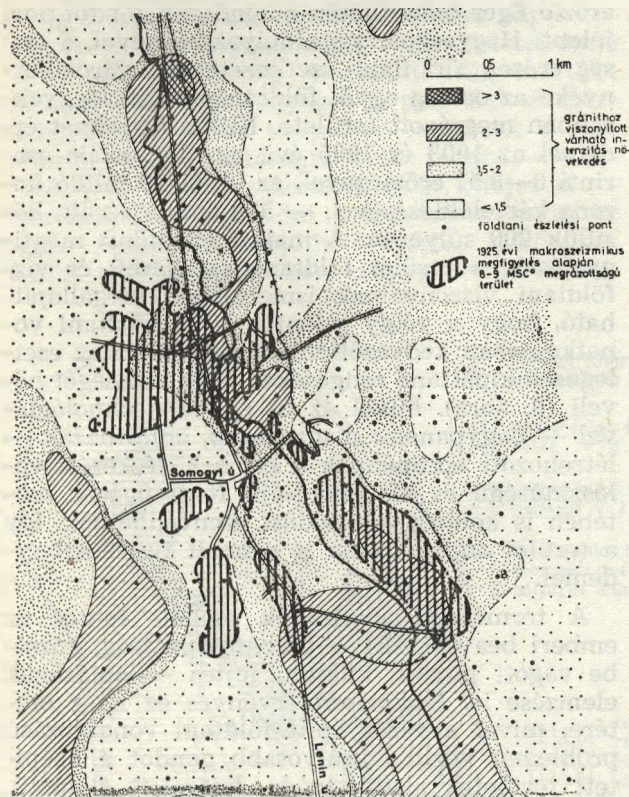
A dinamikus folyamatok közül elsősorban a beépítést nehezítő, a létesítmény biztonságát veszélyeztető lejtőmozgások, a nagyfokú erózió, az aktív neotektonika, a földrengésveszélyeztettség kiemelése fontos. A lejtőmozgások és az

erózió Eger belterületén különösebb gondot nem jelent. Hegységperemi elhelyezkedésével, a térség erősen tört fiatal szerkezetével a város környéke az ország egyik földrengésekkel leggyakrabban megrázott területe. Külön figyelmet érdemel az 1903 és 1925 évi, az MSC skála szerinti 8—8,5° erősségével, az utóbi 16 millió korona kár előidézésével, — 550 épület sérült, közülük 200 súlyosan. A makroszeizmikus megfigyelések, a terület földtani, szerkezeti és vízföldtani viszonyainak ismeretében megállapítható, hogy a völgy jelentős része földtani vonatkozásban kedvezőtlenül befolyásolja az esetlegesen kipattanó rengéseket, azok erősségét növeli (6. ábra). Mivel az új építési technológiával — nagypanelos magasházak, öntötházak — létrehozott építmények a kis bekövetkezési valószínűségű és kis energiájú földrengések esetében is komoly károsodást szenvedhetnek, így a terület szeizmicitása is kiemelt figyelmet érdemel.

A természeti adottságok mellett fontos az emberi beavatkozás — alábányászottság, kőzetbe vágott pincék, külszíni fejtés — hatásának elemzése is. Különösen érvényes ez Eger esetére, mivel a város építésföldtani vonatkozású problémái közül legsúlyosabb gondot a beépített területek alatt húzódó, leromlott állapotú, kőzetbe vágott pincerendszer okozza. Az 1969—1973 között végzett részletes kutatás, térképezés fő célja e pincerendszer feltárása, térbeli helyzetének és állapotának ismeretében a veszélyhelyzet tisztázása, a város lakóinak élet-és vagyónbiztonságát megteremtő, a felbecsülhetetlen történeti és építőművészeti értékű műemlékegyüttes védelmét biztosító munkálatok



5. ábra. A mesterséges feltöltés erősen váltakozó vastagsága a főiskola mögötti posta alapgyödrében



6. ábra. Részlet Eger földrengésérősségi mikroterület beosztási térképéből

szakszerű előkészítése. A részletes feltárással megállapítottuk, hogy a város belterületének mintegy 1/3-a alatt kőzetbe vágott pincerendszer húzódik (7. ábra). A jórészt több évszázada-

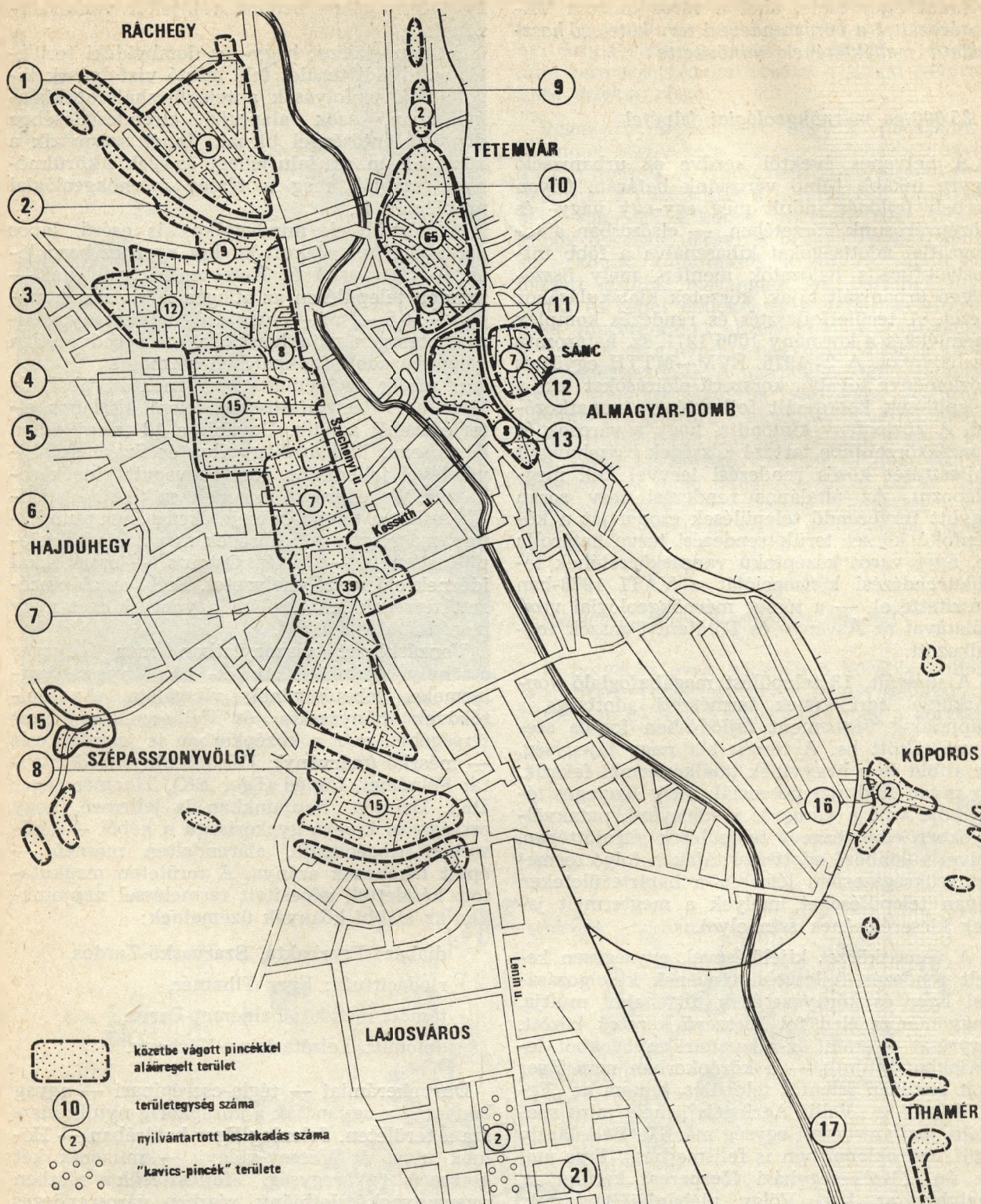
dos pincék a XVIII. században még részint a városfalán kívül helyezkedtek el, ma azonban már ott is beépített terület alatt húzódnak. Az üregek elhelyezkedése a domborzati és földtani viszonyokat követi, így zömmel az Eger-patak völgyét kísérő domboldalokban helyezkednek el.

Mivel az üregek évszázadokon át fennmaradtak, így környezetüket általánosságban állékonynak kell tekinteni. A tönkremenetel az utóbbi évtizedekben megbomlott egyensúly következménye, mely a kőzet víztartalmának növekedésével, a kőzetmállás előrehaladásával, továbbá a statikus és dinamikus igénybevétel növekedésével függ össze.

A hatalmas kiterjedésű pincerendszer három közzettípusba mélyült:

- miocén riódácittufa,
- miocén homokkő, márga,
- pleisztocén édesvízi mészkő.

A térképezés keretében felmért 83 313 m pince zöme, 91,1⁰/₀-a riódácittufába mélyült, így a közettani adottságból következik, hogy az állapotromlást elsősorban a víz megjelenése idézte elő. A víz mellett fontos tényező a pincék elhelyezkedési módja — így maga a mélységi helyzet, mely gyakran csak néhány méter, ezért a felszíni statikus és dinamikus hatásra érzékenyen reagálnak. További kedvezőtlen körülmény az üregek egymáshoz viszonyított helyzete, mivel nagyrészüket keskeny — néha 0,2—0,3 m — sávpillér hagyásával, hatástávolságon belül létesült. Ezen túl gyakran egymás felett több szintben húzódnak, ilyen esetben a mélyebb ágak csaknem mind vízzel elöntöttek, részben beszakadtak.



7. ábra. A város alapincézett területeit feltüntető térképvázlat részlete

A pinceproblémából eredő veszélyhelyzet feltáró kutatási eredményeink alapján 1974 őszétől Tárcaközi Koordináló Kormánybizottság irányítja a szakszerű feltárási és biztosítási munkálatokat, melyhez többszáz milliós pénzügyi támogatást is nyújt.

A város alatti, közvetbe vágott pincerendszer nemcsak üregfeltáró és megerősítő feladat, hanem a városrekonstrukció szerves része.

Ezek a munkálatok 1969-ben egyedi jellegű probléma megoldásaként indultak, ma már tudjuk, hogy számos településünkön jelentenek hasonló gondot; Pécs, Esztergom, Szentendre, Szekszárd, Budapest, Visegrád, Nagymaros, Sárospatak, Sátoraljaújhely, Sirok, Demjén, Ostoros stb. A részletes mérnökgeológiai térképezés városrendezésben, településfejlesztésben betöltött szerepét fémjelzi olyan elismerés is, mint

például Eger esete, ahol a város tanácsa VB-határozattal a városrendezési terv kötelező használatú mellékletének minősítette

1:25 000-es mérnökgeológiai felvétel

A hetvenes évektől kezdve az urbanizáció egyre inkább túlnő városaink határán. Olyan térbeli fejlődés indult meg egy-egy nagy- és középvárosunk körzetében, — elsősorban a topográfiai adottságokat kihasználva a főbb infrastrukturális hálózatok mentén, mely összefüggő urbanizált tájak, körzetek kialakulásához vezet. A területfejlesztés és rendezés komplex szemléletét a kormány 1006/1971. sz. határozata szabályozza. A 24/1976. ÉVM—MTTH együttes közleménye további korszerű előírásokat tesz a települések koordinált fejlesztésére vonatkozóan. A közlemény kimondja, hogy a városok és vonzaskörzetükbe tartozó községek összehangolt fejlesztését közös rendezési tervvel kell megalapozni. Az általános rendezési terv során együtt tervezendő települések csoportját a középfokú körzet területrendezési terve határolja le. Eger város középfokú vonzaskörzetének területrendezési koncepcióját a VÁTI 1978-ban készítette el, — a térség mérnökgeológiai vizsgálatával az Ásvány- és Földtani Tanszék foglalkozott.

A vizsgált, 13 települést magábfoglaló vonzaskörzet területének természeti adottsága a napjainkig végbement fejlődésben fontos szerepet töltött be. A térség két nagy tájegység, az alföld és a hegyvidék találkozásánál fekszik. Ez olyan földrajzi potenciál, mely lényeges tényezője volt a város és a környező, patak völgyekben elhelyezkedő települések létrejöttében, mivel különböző adottságú tájakon folyó termelés szükségyszerűen létrehív a határterületeken olyan településeket, melyek a megtermelt javak kicserélésének színhelyei.

A vonzaskörzet kijelölésével, egységesen kezelt rendezési-fejlesztési tervének kidolgozásával Eger és környezetének történelmi múltja, hagyománya éled fel korszerű keretek között. Egyrészt — amint az a levéltári anyagokból, leírásokból kitűnik — a középkorban nem Eger volt önállóan jelentős település, hanem az „Egri Völgy”, a „Vallis Agriensis”, mely mint speciális jogi szervezeti egység már IV. Béla király 1261. évi oklevelében is felismerhető. Erre utal az ún. főszékesegyházi főesperesi kerület is, melyhez az Egri Völgy plébániái tartoztak. Másrészt az egri völgy és környékének domborzati adottsága, talajviszonyai és napfénytartalma alapján elsősorban a szőlőművelésre bizonyult alkalmasnak. Így a kedvező adottságokat kihasználva már a 14—15. században kialakult a területen a bormonokultúra, a későbbiekben is ez a művelési ág képezte a városfejlődés gazdasági alapját. A bormonokultúra jelentősége azért is kapcsolódik a vonzaskörzet vizsgálatához, mert a 2/1959. (IX. 27.) FM—ÉM. számú rendelet a történelmi egri borvidékhez 12 hevesi és egy borsodi községet csatolt. Így a borvidék, melynek központja és legfőbb termelője

Eger lényegében azonos a kijelölt vonzaskörzettel.

A vonzaskörzet hegy- és dombvidéki területét az alföldi terület felé lefutó vízfolyások tagolják. E vízfolyások a településhálózat kialakulásában, azok alaprajzi elrendeződésében döntő jelentőséggel bírnak. Innét származik a községek ún. úti falu jellege és ezek a körülmények szabják meg a térség mérnökgeológiai problémáit is.

A települések mindegyike kis esésű, lapos patak völgyben alakult ki. Így Egerhez hasonlóan — Szarvaskő és Kerecsend kivételével — minden településen az átlagos talajvízszint magas — 0,5—2 m — helyzetű, a kőzetanyag laza, heterogén patakhordalék, ezért kedvezőtlen alapozási adottságokkal kell számolni.

A másik probléma a bormonokultúrából, illetve a riódácittufa-összlet itteni általános elterjedéséből adódik. Ugyanis a 13 településben Kerecsend, Maklár-Nagytálya és Szarvaskő kivételével jellemző a kőzetbe vágott pincék sokasága. Ez egyrészt meredek sziklafal kialakítása miatt a település terjeszkedésének szab határt, másrészt a pinceüregek már a kisebb településeken is — Sirok, Ostoros — omlásokkal idéznek elő veszélyhelyzetet. Ezért az alapincézett térségek lehatárolása a vonzaskörzet nagy részén fontos feladat.

Vonzaskörzet viszonylatban már lényeges a helyi építőkö, adalék- és nyersanyag-termelés lehetőségének vizsgálata. Az építőkövek bányászata és felhasználása Eger térségében már a középkorban is jelentős volt — mészkő (márvány); Felsőtárkány, riódácittufa; Felnémet, Cigléd (Eger ÉK), Tihamér (Eger DK), Demjén. Napjainkban is jellemző, hogy országosan kiugró gyakoriságú a kőből — elsősorban riódácittufa, alárendelten mészkő — épült lakóházak aránya. A területen megkutatott készlettel, gépesített termeléssel napjainkban az alábbi kőanyagok üzemelnek:

diabáz: Egerbakta, Szarvaskő-Tardos,

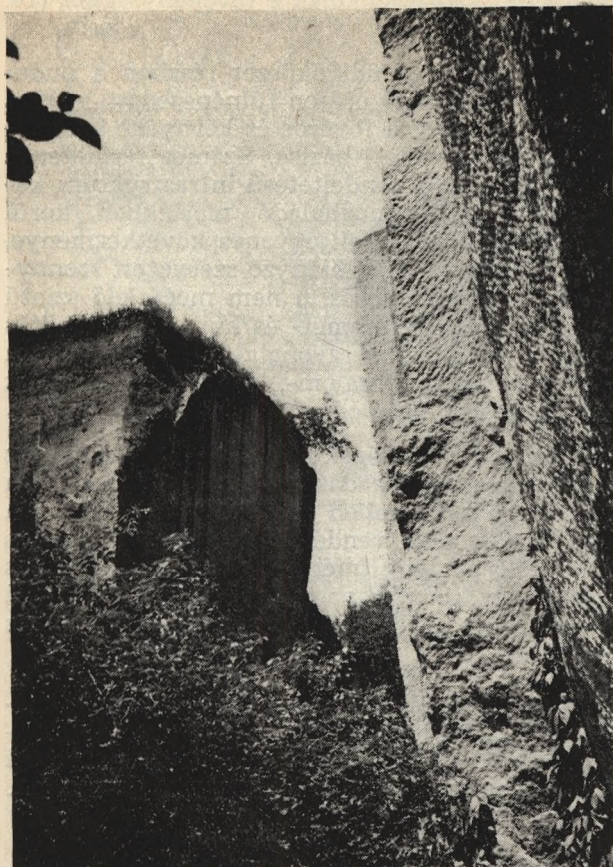
riódácittufa: Eger Tihamér,

tömött mészkő: Felnémet-Berva,

dolomit: Felsőtárkány-Várhegy.

Durvakerámiai — téglacserépipari — agyag bányászata ugyancsak a középkorig nyúlik vissza a területen. Jelenleg Eger határában — Homok utcai és Vécsey-völgyi — működik két korszerű gyáregység, fejlesztésük részben nyersanyagkészlet hiány, részben városrendezés miatt jelent gondot.

A kiterjedt építőipari bányászat külön figyelmet érdemel táj- és környezetvédelem szempontjából. A hatalmas bányafalak tájképet ronító formában jelennek meg (8. ábra). Másrészt az utóbbi időkben több felszínmozgás is bekövetkezett a területen, mely elsősorban a területi rendezetlenség következménye. Így távlatilag fontos feladatnak tartjuk a leművelt területek reaktiválását. A környezet védelme, tervszerű alakítása az utóbbi években vált hazánkban az állami irányítás szerves részévé — 1976. évi II. törvény, 2007/1976. (IV. 1.) MT számú határo-



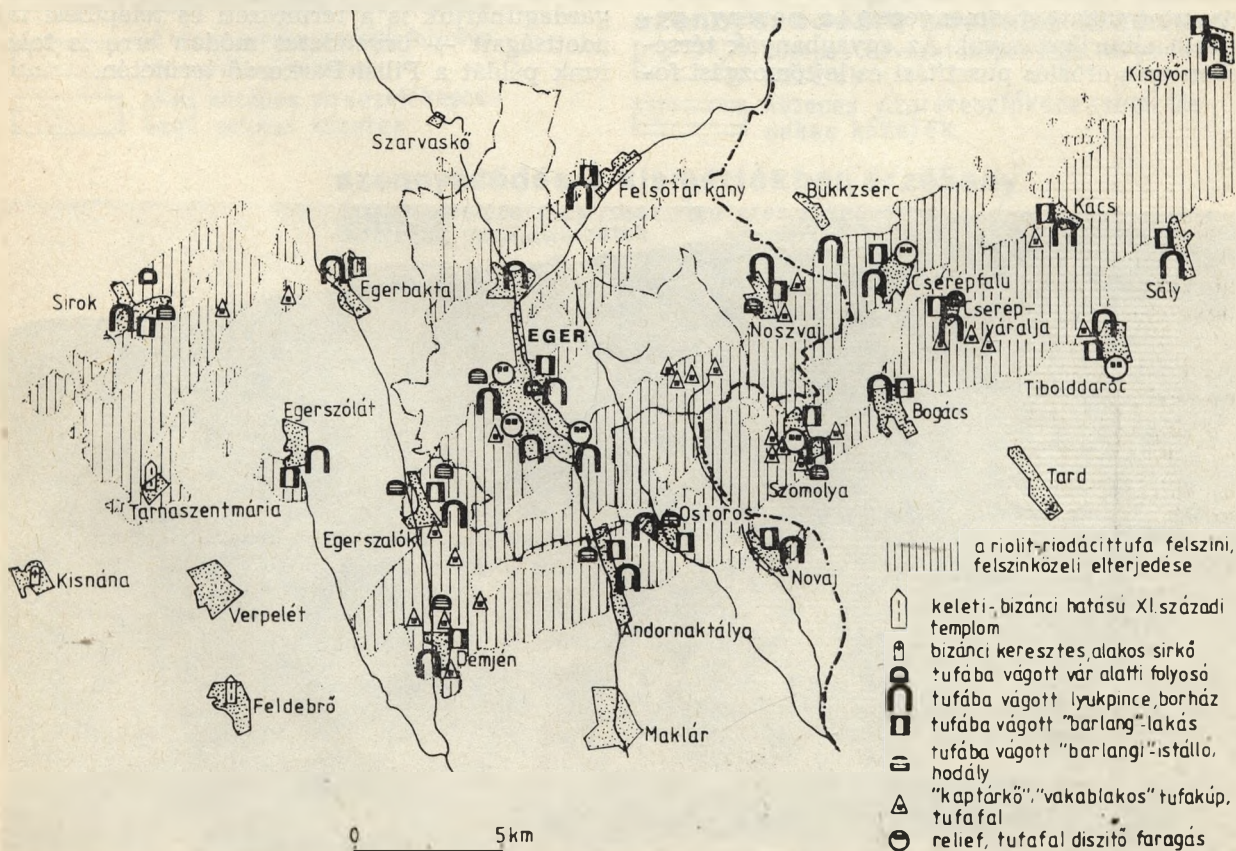
8. ábra. Felhagyott tufabánya meredek falával megbontott, rendezetlen térszín Demjén határában

zat. Ilyen vonatkozásban a vonzáskörzet É-i része érdemel kiemelt figyelmet, a felsőtárkányi Szikla-forrás, a szarvaskői szurdok térsége, mint természetvédelmi terület a Bükki Nemzeti Park értékes része.

Végezetül megemlítjük, hogy a vonzáskörzet és annak környéke a Kárpát-medencében egyedülálló méretű és szintű népi kőkultúrával rendelkezik. Ennek részei a népnyelven kaptárkönek, vakablakos kőnek nevezett riodácittufakúpok bevésett üregei, a bizánci egyházi hatású sirkövek, kőfaragások, a kőzetbe vágott hadászati járatok, barlanglakások, barlangi állattartás és relief emlékei és a hatalmas kiterjedésű pincerendszer. Ezen kiterjedt emlékeket a régészet és a néprajz hagyományosan a kabar nemzetséghez köti. A mérnökgeológiai vizsgálat ilyen vonatkozásban is segítséget jelenthet, ugyanis e kőkultúra elterjedése egyértelműen a riodácittufa-összlet bükkalji felszíni zónáját követi, tehát elsősorban földtani és nem etnikai vonatkozását lehet hangsúlyozni (9. ábra). Egyéges védelmük, bemutatásuk biztosítása e kutatás eredményeként került az általános rendezési tervbe.

1:100 000-es mérnökgeológiai felvétel

A hetvenes évek közepén a korábbi, különböző típusú rendezési tervek felülvizsgálatát követően az ÉVM a VÁTI-t bízta meg a korszerű



9. ábra. A bükkalji kőkultúra és a felszíni riodácittufavonulat területi kapcsolata

szemléletnek és igényeknek megfelelő, új tartalmi előírások kidolgozásával úgy, hogy az ágazati szempontok figyelembevételével történjen.

Az 1978. évi ÉVM—VÁTI—KFH szempontok alapján kísérleti jelleggel és biztató eredményekkel megkezdődött a gazdasági körzetek, középfokú vonzaskörzetek és felsőfokú települések, valamint a kiemelt üdülő- és tájkörzetek tervezési rendszerének és igényeinek megfelelő, földtani megalapozást adó mérnökgeológiai felvétel. E program keretében a Dunakanyar üdülőkörzet területének környezetpotenciál és mérnökgeológiai felvételét végeztük.

A kiemelt üdülőkörzet 1600 km² kiterjedésű, magában foglalja a Börzsöny-, a Visegrádi- és a Pilis-hegységet, az Ipoly-völgyet és a Duna-Esztergom—Budapest közötti szakaszát. Uralkodóan hegyvidéki, 41%-ban erdővel borított terület. A már hagyományosnak tekinthető földtani, felszínalaktani, víz- és építésföldtani felvétel mellett a táji adottság és nagyfokú leterheltsége miatt különös hangsúlyt kapott az antropogén tevékenység hatásának és a terület szennyeződés-érzékenységének vizsgálata.

A természeti erőforrások, ásványi nyersanyagok feltárása, kitermelése során jelentős mértékben érte károsodás a táji adottságokat, értékeket és feltűnő mértékű változás ment végbe a térség hidrogeológiai viszonylataiban is. A mélybányászat Dorog, Pilisvörösvár, Pilisszentiván, Kosd térségében felszínsüllyedést, törést okozott. A külszíni építőanyagipari bányászat hatalmas, rendezetlen bányagödreivel pusztuló felszínformákat eredményezett, a növényi vegetáció elburjánzásával. Az agyagbányák térségében erős eróziós pusztítási és lejtőmozgási fo-

lyamatok is kapcsolódnak e tevékenységhez (10. ábra).

A Dunakanyar üdülőkörzet részben a budapesti agglomeráció erősen túlnépesedett, zsúfolt övezete, részben a főváros és környéke lakosságának üdülőterületi bázisa. Számos területen a meglévő üdülési rendeltetésű infrastruktúra kapacitását jóval meghaladó mértékben kerül igénybevétele. Ennek egyenes következménye, hogy a hiányos vagy hiányzó szervezett szennyvízelvezetés-elhelyezés, a nem megfelelő-szintű szennyvízkezelés, szemét- és hulladékeltávolítás miatt a táji érték színvonala erősen csökken, a tömeges idegenforgalom-, üdültetés vonzását adó feltételek károsodnak.

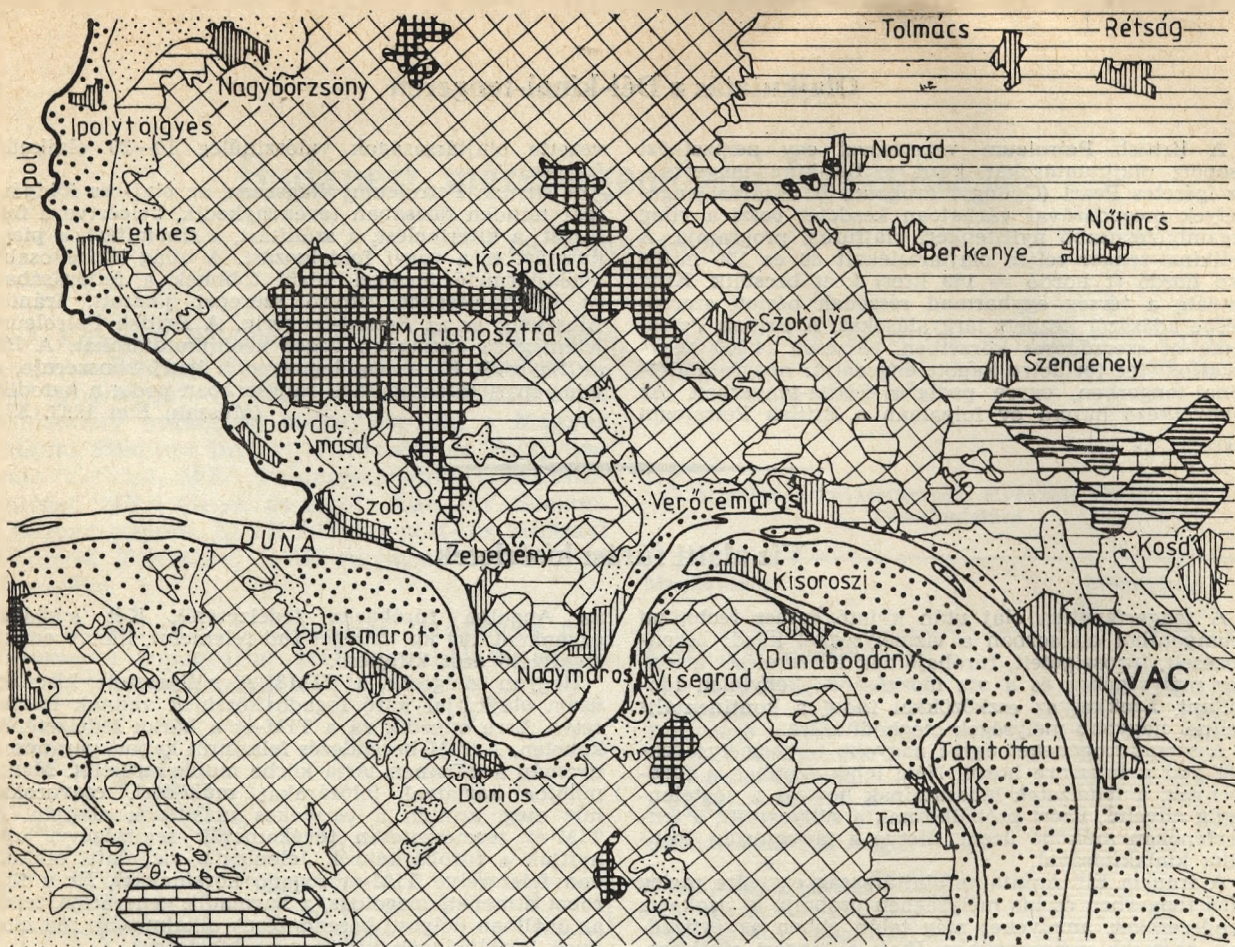
Azokban a térségekben, melyek a tömeges idegenforgalom fogadására alkalmasak — ilyen a szűkebb értelemben vett Dunakanyar —, a célnak megfelelő rendeltetésű infrastrukturális hálózatok és létesítmények rendszere jelentős mértékben kiépült, vagy épülőben van, a táji adottságokat és értékeket ugyancsak jelentős károsodás éri.

Az egyre inkább elemi szükségletként jelentkező környezetvédelemhez igazodva a környezetföldtani, felszíni szennyeződés-érzékenységi felvételeknek a szerepe is egyre növekszik (11. ábra).

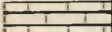
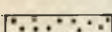
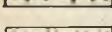
Sokoldalú és átfogó tájvédelmi intézkedésekkel együtt kell kialakítani ezen térségek fejlesztésének, rendezésének koncepcióját. Nemcsak védeni, megőrizni lehet a tájat, hanem tudatos, átgondolt munka eredményeként sokoldalúan gazdagíthatjuk is a természeti és települési táj adottságait — örvendetes módon erre is találunk példát a Pilisi Parkerdő területén.



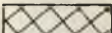
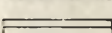
10. ábra. Eróziósan pusztuló lekopáritott agyagtérszín Solymár határában




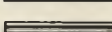
szennyeződésre erősen érzékeny

-  felszíni karsztos képződmények
-  jó vízvezetőképességű folyóvízi törmelékes kőzetek
-  jó-és közepes vízvezetőképességű eolikus kőzetek

szennyeződésre kevésbé érzékeny

-  közepes vízvezetőképességű magmás kőzetek
-  közepes vízáteresztőképességű üledékes kőzetek

szennyeződésre kismértékben érzékeny

-  vízzáró és rossz vízáteresztőképességű magmás kőzetek
-  vízzáró és rossz vízáteresztőképességű üledékes kőzetek

11. ábra. Részlet a Duna-kanyar felszín-szennyeződéserzékenységi térképéből

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Fodor T.-né: A mérnökgeológiai térképezés története és jelenlegi helyzete Magyarországon. Mérnökgeológiai Szemle 15, pp. 5—21. (1975)
- [2] Fodor T.-né szerk.: Irányelvek a 10 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképezéshez és térkép-szerkesztéshez. KFH kiadványa Budapest, 1971.
- [3] Greschik Gy.: A mérnökgeológiai térképsorozatok építésföldtani-, alapozási-, műszaki állapot-, és szintetizáló-, (illetve rayonizáló-) térképváltozatainak kritikai értékelése. Mérnökgeológiai Szemle 18, pp. 39—52. (1977).
- [4] Juhász J.: A mérnökgeológiai térképezés általános kérdései. Mérnökgeológiai Szemle 23, pp. 215—231. (1979).
- [5] Kleb B.: Eger és településcsoportjának kőkultúrája. A magyar műemlékvédelem sajátos vonásai. Egeri Nyári Egyetem. OMF kiadványa Budapest, 1980. pp. 107—117.
- [6] Kleb B.: Eger múltja a jelenben. A város alatti üregek településtörténeti és építésföldtani vizsgálata. KÖZDOK kiadó, Budapest 1978.
- [7] Kleb B.: Eger város komplex mérnökgeológiai térképezésének jelentősége a pincék megoldásának előkészítésében. Városi Pincerendszerek Konferencia Pécs, 1975. pp. 15—45.
- [8] Kleb B.: Tapasztalatok az egeri építésföldtani térképezés felhasználásával és a pincék felmérésével kapcsolatban. Mérnökgeológiai Szemle 27, pp. 69—84. (1981).
- [9] Szabó I.-né: A Duna-kanyar üdülőkörzet vízgazdálkodásfejlesztése. Vízügyi Közlemények 1, pp. 100—116. (1977).
- [10] Vitális Gy.: A Dunazug-hegység hévizeinek vízföldtana és természeti erőforrás-potenciálja. Földrajzi Értesítő XXXI. 1. pp. 67—81. (1982).
- [11] Vitális Gy.: Építő- és építőanyagipari nyersanyagprognózis térképek szerkesztése. Építőanyag XXXII. 6. pp. 214—220. (1980).

A British Petroleum vezetésével egy nemzetközi csoport olajkutatásokat kezd a Dél-kínai-tengerben, az ígéretes Pearl (Gyöngy) árokban. A feltárási engedélyek megadásával várhatóan kezdetét veszi a világ legambiciózusabb nyílttengeri olajfúrási programja. A Délkínai-tenger teljes olajtartalékait 30 és 150 milliárd hordó (1 hordó = 159 liter) közt becsülik. Kína ezidáig a térség egyharmad részének bérleti szerződésbe adásáról kezdett tárgyalásokat. A British Petroleum öt szerződéses körzetben, összesen 14 000 négyzetkilométer területre kapott engedélyt: négyre a Dél-kínai-tengerben, egyre pedig a Sárga-tengerben. Az elkövetkező három év folyamán a British Petroleum

vezette olajtársaságok valószínűleg 10–20 olajkutatás fúrnak.

A British Petroleum világszerte az olaj- és földgáz-ipar minden fázisában tevékenykedik, beleértve a feltárást, a kitermelést, a szállítást, a finomítást, a piac-kutatást és a vegyi feldolgozást. A világ legfontosabb kőolajtermelő térségei közül többnek a feltárási és kitermelésében úttörő szerepet játszott, Irántól Alaszkáig és az Északi-tengerig. A British Petroleum jelenleg 25 országban végez kőolajkutatásokat. A BP az Egyesült Királyság legnagyobb ipari konszernje, a világ ipari társaságainak rangsorában pedig a hatodik. (Műszaki Élet 1983. XI.)

Víz alatti fúrási kísérletek

A tengerfenéken olaj után kutató ember technikai szempontból elsősorban a vízmélységgel küzd; berendezéseit, fűrószigeteket, fűróhajóinak felszerelését a tenger mélységéhez és a víz mozgásához kénytelen időmítni. Ezekkel az eszközökkel indul a kontinentális szelfnél nagyobb mélységek meghódítására.

A szénhidrogéneket egyre nagyobb tergermélységekből kell a felszínre hozni. Nem lehet azonban a fűrótoronyok, a fedélzetek lábadatainak hosszát a végtelenségig növelni. Ezért próbálkoznak a süllyesztett, a tengerfenéken működő üzem, illetve a távvezérlési technika kialakításával.

A francia Elf Aquitaine olajtársaság egyelőre meleg vízi tengerben és kis mélységben próbálja ki azokat a rendszereket, amelyeket még talán ebben az évtizedben nagyobb mélységekben óhajt a tengeri olajkitermelés szolgálatába állítani. A kísérletek színhelye Gabon partjai közelében a Grondin ÉK tengeri lelőhely, Port Gentiltől 40 km-re. A kísérletek 60 méter mélységben folynak. 1979 óta búvárok alkalmazása nélkül, távvezérléssel folyik a kísérleti üzemben az olajtermelés.

A távvezérelt kísérleti üzemeltetés fontos láncszeme a TIM (Télémanipulateur d'intervention et de maintenance = távvezérlő, üzemeltető és karbantartó rendszer) nevű robotberendezés. A TIM nem az önállóan gondolkodó robotok csoportjához tartozik, hanem parancsokat hajt végre, amelyeket kábelben kap

az Angolna fűróbárka fedélzetéről. Két karjával egyenként 100 kg tömeget tud felemelni, illetve ennek megfelelő erőt kifejteni.

Hogyan dolgozik a TIM? A süllyesztett kísérleti üzem olajkútjai köré fogadó körsínek vannak felszerelve. Erre engedik rá a TIM-et a bárka fedélzetéről, kábelben. A TIM-berendezés felszínről kapott parancsok nyomán a körsínen járja körbe munkaterületét. Manipulátor karjaival tolózáraikat működtet, csavarokat húz meg, szintén a vezetékes utasítások alapján. A TIM-et természetesen tévékamerák segítségével irányítják a fűróbárkákról. Jelenleg 3 víz alatti olajkút van felszerelve TIM-et fogadó körsínekkel. Ez a félrobot átmeneti megoldás, a harmadik generációs, tehát az önállóan dolgozó berendezések alkalmazása ma még ilyen körülmények között nem lehetséges.

Grondin ÉK fűróhely süllyesztett üzeme körül természetesen nemcsak a TIM vizsgálják, hanem más olyan megoldásokkal is kísérleteznek, amelyek előfutárai lehetnek a jövő komplex süllyesztett üzemének. Például víz alatti csőillesztési próbákat végeznek, távvezérléssel. A kis mélységben létesített üzem alkalmas arra is, hogy a kétszemélyes törpe tengeralattjárók személyzete begyakorolja a jármű manipulátorkarjaival végzett víz alatti munkákat, a tolózáraik működtetését, a tengerfenéken ottfeljtett szerszámok fel-emelését.

(Műszaki Élet 1983. X.)

Mélyfúrások Grönland jégében

Egyesült államokbeli, dán és svéd kutatók befejeztek egy fúrást, mely Grönland délkeleti részén a jégen át 2038 méteres mélységben eljutott a jég alatt elterülő kőzetig. A jégminták elemzéséből adatokat remélnek kapni arra, hogy milyen volt az Északi-sark éghajlata, légkörének összetétele és a vulkanizmus az elemült százezer évben. Az ott felszínre hozott jégmintákat össze akarják vetni azokkal a mintákkal,

amelyeket az Antarktisz nyugati részén 1968-ban végzett, 2164 méter mélységű fúrásból kaptak. Ebből az összevetésből arra a kérdésre várnak feleletet, vajon az éghajlat változásai egész Földünkre, vagy annak csak egy-egy körzetére terjedtek-e ki. Az eddigi legmélyebb fúrás (1966-ban) Grönland jégén át a köves altalajig 1387 méter mélységű volt.

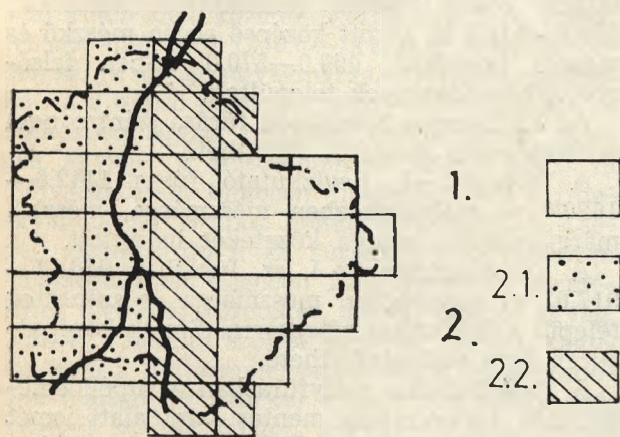
(Műszaki Élet, 1983. X.)

Budapest mérnökgeológiai térképezése

DR. TÖRÖK ENDRE

A Központi Földtani Hivatal 1970-ben kidolgozta, a Földtani Tanács jóváhagyta a térképezés programját. A feladatok megoldásában hat intézmény működött közre, éspedig a Magyar Állami Földtani Intézet, Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, MTA Geod. és Geof. Kut. Int. Szeizm. Obszervatórium, ELTE Alkalmazott- és Műszaki Földtani Tanszéke, BME Ásvány- és Földtani Tanszéke.

A munkálatokhoz szükséges 1:10 000-es méretarányú topográfiai szelvényekből 28 darab fedi le Budapest területet (1. ábra).



1. ábra. Térképező munkához készített 1:10 000 ma. topográfiai szelvények elrendezése.

A Központi Földtani Hivatal által megbízott térképező munkálatokat végző fővállalkozók: 1 = Magyar Állami Földtani Intézet, 2 = Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, 2.1 = ELTE Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszék, 2.2 = BME Ásvány- és Földtani Tanszék által elkészített mérnökgeológiai célú földtani térképek területességéi.

A munkát az „Irányelvek a 10 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképezéshez és térképszerkesztéshez” c. 1971-ben kiadott kiadvány (KFH) volt hivatva elősegíteni. Megelőzően forrásmunkaként adattárakban, megjelent tanulmányokban fellelhető földtani, hidrogeológiai, nyersanyagkutatói, talajmechanikai, geomorfológiai stb. adatok, térképek gyűjtését és rendszerezését végeztük el.

1980-ig befejeződött az ország legnagyobb ilyen jellegű munkája, Budapest 1:10 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképsorozatának elkészítése. Feladatunk volt a tematikus térképek alapjául szolgáló földtani változatok, az azokhoz kapcsolódó adatgyűjtemény és magyar-azó kötetek elkészítése. Földtani észlelési, fedett, fedetlen és tektonikai térképek, illetve

térkép-vázlatok készültek a szükséges anyag- vizsgálatokkal, 1. táblázat. A térképezett terület nagysága 230 km².

1. sz. táblázat

Áttekintett kutatófúrások, elvégzett vizsgálatok összefoglalása

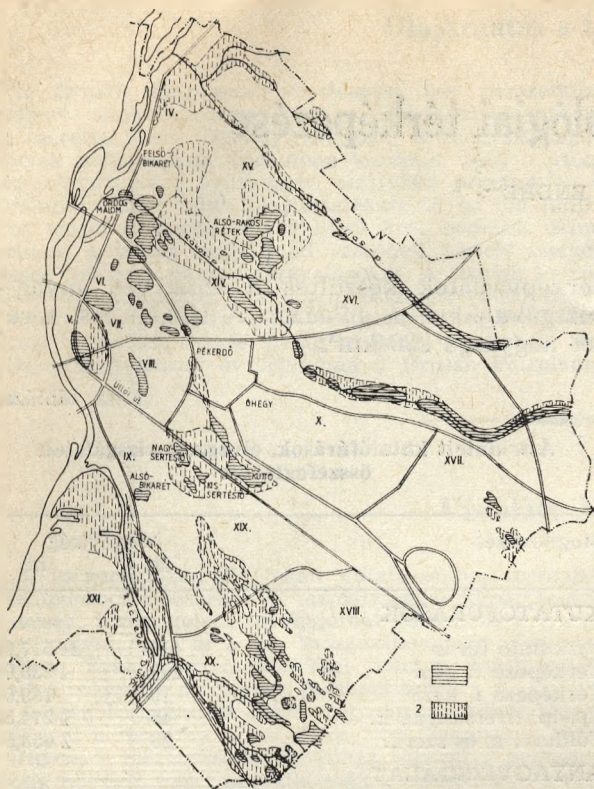
Megnevezés	Mennyiség	
	db	m
KUTATÓFÚRÁSOK		
Vízkutató fúrás	410	21 517,98
Térképező f. gépi	291	4 230,00
Térképező f. kézi	70	150,00
Ép.-ip. nyersanyag-k.	45	1 274,50
Földtani a. és szerk.	23	2 653,50
ANYAGVIZSGÁLAT		
Szemcseösszetétel megh.	2 936	db
CaCO ₃ -meghatározás	1 382	
Mikromineralógiai vizsg.	52	
Agyagásvány vizsg. DTA, DTG	227	
Kőzetkémiai vizsgálat	17	
Vékonycsiszolat kiértékelés	20	
Makro-és mikrofauna megh.	241	
Szervesanyag-tartalom megh.	13	
Víz kémia, teljes	2	
Víz kémia, részleges	22	
CPV-vizsgálatok	1 000	
Röntgenvizsg.	21	
Palynológia	6	
Homok koptatottság	46	
Makroszkópos közettani v.	5 985	
Makroszkópos K. vizsg. külső	1 240	

A kitűzött feladatot a földtani, építésföldtani adottságok, ill. alapadatok felhasználásával, a megdöntött feltárás telepítéssel és az igényes anyagfeldolgozással véltük biztosítani.

Építésföldtani vonatkozásban jelentős szerepet játszik a negyed-időszaki képződmények települése. Térképezett területen felszínközben (a felszínen is) a folyóvízi durvaszemcsés homokos kavics, kavicskőzetek települése meghatározó tömegű. Rátelepül az ugyancsak folyóvízi homok, illetve a futóhomok.

A Duna bal parti területét a mellékfolyók (Mogyoródi-, Csömöri-, Rákospatak stb.) és az azt kísérő alacsonyabban fekvő keskenyebb-tágabb völgyek, árterületek tagolják (2. ábra).

A fokozatosan betemetődött medreket és környezetüket finomszemcséjű folyóvízi törmelék kőzetek töltötték fel. Lápos réti talajok, kottus, tőzeges képződmények települnek ezeken a területeken. Vastagságuk 0,5–1,5 m között változik. Nem közömbös számunkra ezen anyagok közettani változékonyságának ismerete, továbbá fizikai jellemzőjük értelmezése.



2. ábra. Térképezett szelvények, valamint tágabb környezetben helyetfoglaló tavak, illetve mocsaras területek elhelyezkedése (Szabó J., Schafarzik F., Horusitzky H. munkái nyomán). 1 = tavak, 2 = mocsarak területe.

A térképezett terület vázlatos földtani helyzete

Alaphegységi tagozat

A legidősebb kőzetek a Budai-hegység felépítésében vesznek részt. A pesti oldalon e képződmények csak nagyobb mélységű fúrásokkal történt feltárások alapján váltak ismertté.

Triász

A Városligetben mélyült I. sz. kutatófúrás 917,02—970,48 m mélységközben felső-triász karni-nóri dolomitot, a II. sz. kutatófúrás 1246,80—1256,10 m mélységközben ugyancsak felső-triász, nóri dachsteini mészkövet harántolt.

A Paskál-malom mellett telepített kutatófúrás jelentősebb mélységközben, 1379,0—1375,0 m, tárt fel felső-triász mészkőösszletet.

A Népliget—1. hévízkutató-fúrás 1620,0—1888,0 m mélységközben dolomitos mészkövet, szaruköves mészkövet és mészmárgát harántolt.

A csepeli strandfürdő területén (Hollandi út) mélyült mélykarsztvíz feltáró fúrás oligocén-eocén, vagy oligocén-triász réteghatár közelében állhatott le.

Itt 1130,0—1143,9 m között erősen kalcitosodott agyagmárga betelepülésekkel tagolt mészkövet harántolt. A II. sz. fúrás valószínű triász-kori képződményt tárt fel az eocén fekvésében.

Jura — kréta

A földtörténeti középkor nagyobb felében, a jura és kréta időszakában lezajlott földtani ese-

ményekről a főváros területéről hiányos adatokkal rendelkezünk. Ebből az időszakból üledékek nem maradtak meg. Ez az időszak fontos földtörténeti határ, mert a korábbi tengeri üledékképződést szárazföldi időszak váltja fel, a terület kiemelkedésével, üledékipusztulással. Egyidejűleg erős tektonikai igénybevételnek voltak kitéve a korábbi üledékek. Ez így nagyban elősegítette a felszínre került összletek erőteljes pusztulását, a karsztosodás létrejöttét.

Fedő képződmények

Az erőteljes lepusztulást lassú süllyedés követett, ami egyes területeken elmocarasodást eredményezett. Ezt követően a tenger fokozatos térhódítása változatos és jelentős vastagságú üledékképződéssel járt együtt.

Eocén

A triász mészkő és dolomit összletre a mélyfúrások tanúsága szerint az eocén különböző tagozatába tartozó rétegcsoporthoz települ. A Tungsram strandfürdő területén mélyült fúrás 618,0 m-ben eocén lutéciai homokkővet harántolt, 570,0—618,0 m között középső eocén mészkő és meszes homokkő, 450,0—570,0 m-ben felső-eocén képződmények települtek.

Az Elektromos Sporttelep fúrása szintre nem bontott eocén összletre rögzíthető.

A Népliget—1. hévízkutató fúrás 1442,0—1620,0 m mélységközben mészmárga, mészkő, márgámészkő, márga kőzeteket harántolt.

A Városligetben az I. sz. fúrásban 916,17—917,02 m mélységben mészmárga és szénréteg települ a felsőtriász rétegsorra. Ennek középső-eocén kora valószínűsíthető.

A Paskál-malmi mélyfúrásban a rupéli emelet után foraminifera mentes szint alatt ismét foraminiferákban gazdag, de már csak eocén korú agyagmárga, márga kifejlődésű rétegcsoporthoz tartozik. Az 1197,0—1217,0 m közötti szakasz felső-eocén korúnak minősül. Meszes homokkő, márga, mészmárga, mészkő, amelyben 178 m-t haladt a kutatófúró. Az 1255,0—1285,0 m mélységköz a vizsgálatok alapján a felső-eocén alsó részére jellemző.

A legutolsó mintaanyag 1395,0 m-ből szintén eocén korú Foraminiferás mészkő.

Oligocén

Az oligocén emelet különböző szintjeit képviselő üledékek már általánosabb elterjedésben mutatkoznak. A térképezett területen számos kutatófúrás tárta fel, a dunai folyóvízű üledékek fekvésében. A Tungsram-fürdő fúrás-szelvényében 400,0—450,0 m között alsó-oligocén homokos márga, illetve 200 m vastagságban középső-oligocén agyagmárga, iszapos agyagmárga települ. A felső-oligocén képződmények vastagsága több, mint 180 m.

A Paskál-malmi mélyfúrás teljes oligocén rétegsort harántolt. Mindhárom emeletet finomszemű törmelékű üledék képviseli. 1070,0—1195,0 m mélységközben tárta fel a kutatófúrás az agyag, palás agyag, agyag-márga rétegsort. A rupéli foraminiferás agyagmárga fekvésében

a hárshegyi homokkő többé-kevésbé csökkent sósvízi fáciesét képviselő halpikkelyes agyag feltárt.

A foraminiferás, finomhomokos meszes agyag, agyagos homokkő rupéli rétegsor 790 m településvastagságú. A felső-oligocén katti homok, homokos agyagmárga vastagsága 100 m-re tehető.

Az Elektromos sportpálya artézi kútjában 17,7—196,2 m között tárták fel a rupéli sárga, szürke agyagot, márgát.

A pesterzsébeti sósfürdő fúrásszelvényében 177,8—330,7 m-ben szürke márgás homok, homokkő, lignit-betelepüléses felső-oligocén katti képződmények ismertek.

A városligeti I. sz. fúrás 345,66—916,17 m között harántolta az oligocén képződményeket, míg a II. sz. mélyfúrás 1206,2—1246,8 m között a latorfi halpikkelyes agyagot, 659,7—1206,2 m között rupéli foraminiferás agyagot és 436,8—659,7 m között katti alemeletbeli homokot, homokkővet, homokos agyagot. A rupéli rétegek legfelső része homokot tartalmaz. A Népliget—1. hévízfeltáró kutatófúrás az oligocén mindhárom emeletbeli kőzetcsoportját felszínre hozta. Az alsó-oligocént 1230,0—1442,0 m mélységközben sárga agyag, agyagmárga, mészmárga, mészkő-, a középső oligocént 669,0—1230,0 m mélységközben agyag, homokkő, tufás agyag, márgás agyag-, a felső-oligocént 460,0—669,0 m mélységközben oligocén finomszemcsés törmeagyagmárga, iszapos homok képviseli. A Csepeli strandfürdő I. sz. fúrása 375,0—1130,0 m mélységközben oligocén finomszemcsés törmelékes üledékes kőzeteket, agyag, iszapos agyag, homok, valamint szürke, kemény, tömött, kagylós törésű, héjtörmelékes, csillámos, finomhomokos márgát és szürke, változó szem nagyságú, kvarcos kőtésű, piritos, gyengén meszes, néhol limonitzemcsés homokkővet harántolt.

A II. sz. kutatófúrásban az oligocén 366,0—1126,0 m mélységközben homok, agyag, agyagmárga, homokkő, konglomerátum kőzetanyagú. Három foraminifera szint jelenléte mutatható ki.

Miocén

A fiatal harmadidőszaki képződmények már lényegesen kisebb vastagságban fejlődtek ki, sok helyen hiányoznak. A felszínen kapcsolódnak a keleti térségben települő üledékekhez.

A Városliget I. sz. kutat előkészítő VII., XIV., VIII., II. sz. mélyfúrás szárazföldi-édesvízi alsó-miocén képződményeket tartalmaznak, kövületmentes, oxidált, lignitdarabos kifejlődésben.

A Paskál-malom melletti mélyfúrásban a miocén képződményeket helvétai és tortonai elemekkel jellemezhető fauna határoz meg. Az üledéksor mediterrán jellegű, sekélytengeri kifejlődésű.

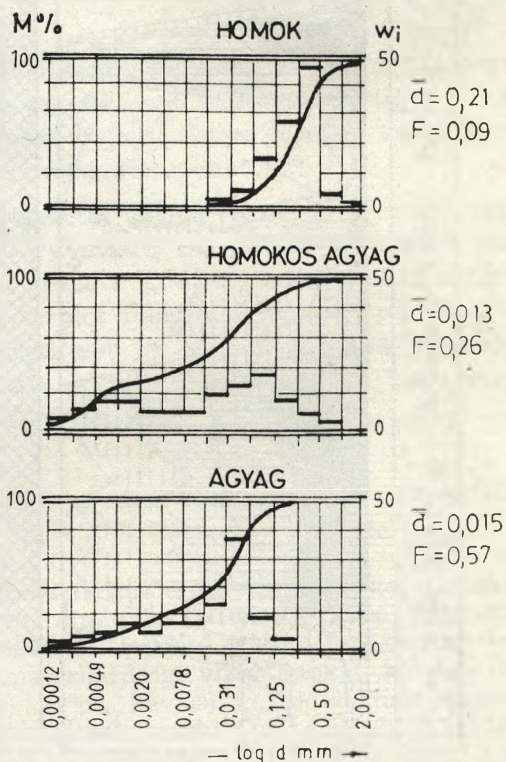
Az Üllői úti fúrásos feltárás rétegsorából ismert tufás rétegek kelet felé általánosan elterjedtek. Korukat *Schafarzik F.* a két mediterrán kor határára teszi. Pesterzsébeti jódos-sósfürdő területén felszíni kibukkanásban ismeretes a szarmata mészkő (tinyei alemelet). Pesterzsébet irányában települő szarmata mészkő kifejlődésében

felső- és alsó-szarmata képződményeket különít el *Schmidt E. R.* A felső-szarmata változó tisztaságú mészkövet meszes agyagpadok, riolittufa betelepülések, homoklencsék tagolják. Az alsó-szarmata homokos, agyagos kifejlődésű.

Pliocén

A középső-miocén végén megindult regresziót a pliocén elején transzgresszió váltotta fel, így a fiatal üledékek nagy elterjedésűek.

Az alsó-pannóniai rétegösszlet hiányzik. A felső tagozat üledékei diszkordánsan települnek az idősebb képződményekre. Felső-pannóniai képződmények (homok, homokos agyag, agyag) szemcseösszetételét a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. Felső-pannóniai képződmények szemcseösszetétele. Dunaharaszti. \bar{d} = közepes szemcsenagyság, F = a szemcsenagyság eloszlásának ferdesége (Folk, R. L.—Ward, W. C., 1957).

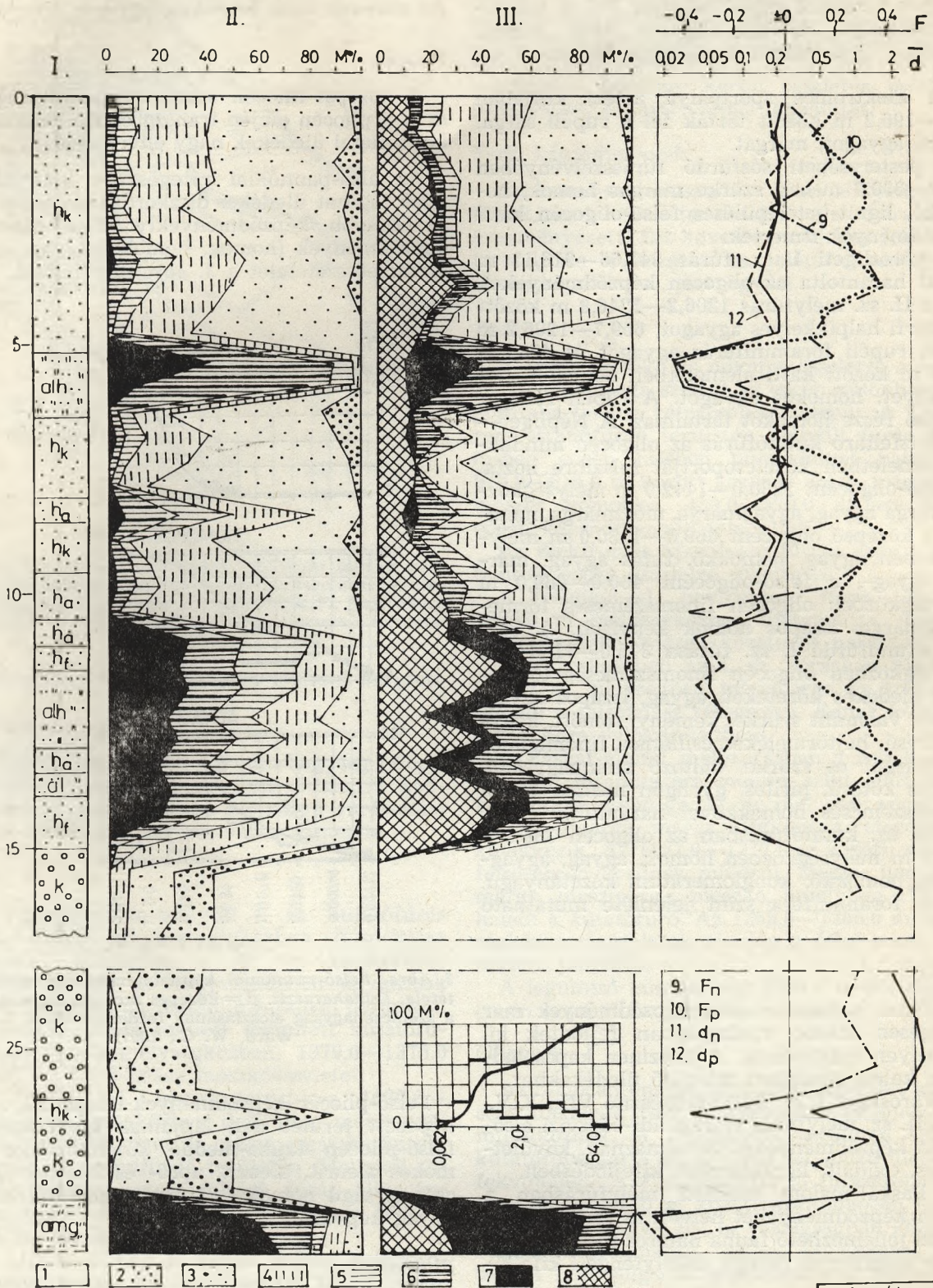
Felső-pliocén képződmények települnek a térképezett terület déli lapjainak kis részén. A felső-pliocén fauna-meddő kőzetcsoporthoz homokos aleurit, aleurit, apró- és közepes szemcsenagyságú homok és durva szemcséjű kőzetanyag képviseli.

Pleisztocén

Legdöntőbb tényező a Duna és mellékpatakjainak építő, formáló tevékenysége, valamint a szél felszínformáló szerepe. Általános a területen a dunai eredetű törmelékes kőzetek különböző vastagságú felhalmozódása. Negyedidőszaki kőzetanyag fúrásos feltárásának anyagvizsgálati szelvényét a 4. ábrán mutatjuk be.

15.sz. FURÁS ANYAGVIZSGÁLATI SZELVÉNYE

(KÁPOSZTÁSMEGYER)

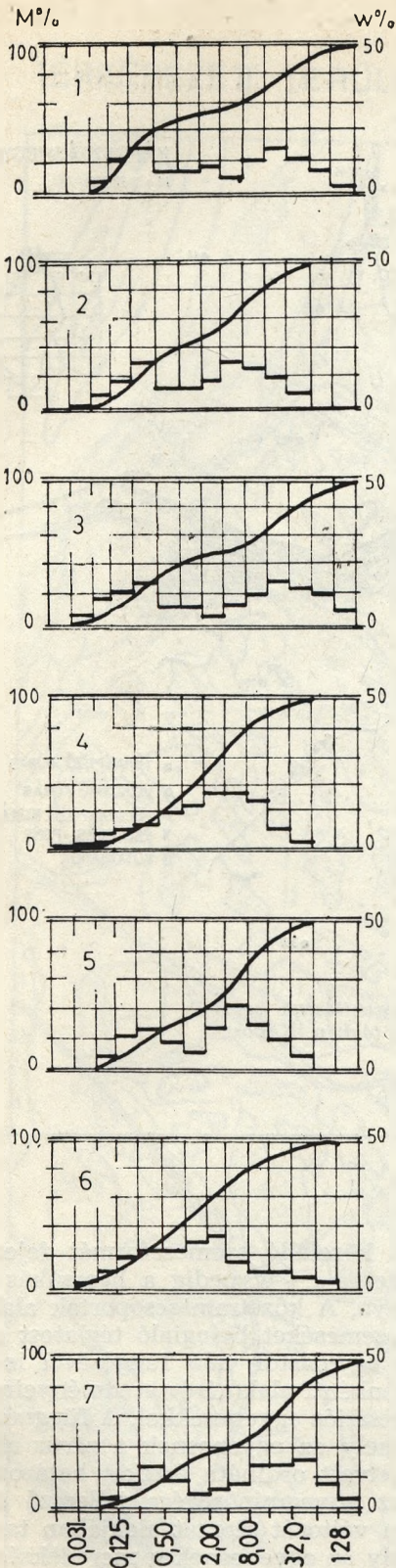


4. ábra

4. ábra. Folyóvízi kőzetanyag fúrásos feltárásának anyagvizsgálati szelvénye. Káposztásmegyer.

I. = rétegsor: k = kavics, h_k = közészemű homok, h_f = finomszemű homok, h_a = aprószemű homok, alh = aleuritós homok, al = aleurit, amg = agyagmárga. II. = folyóvízi anyag kőzetösszetétele, III. = peptizált anyag kőzetösszetétele. 1 = nagyobb 2 mm, 2 =

0,5–2,0; 3 = 0,2–0,5; 4 = 0,1–0,2; 5 = 0,06–0,1; 6 = 0,02–0,06; 7 = kisebb 0,02 mm; 8 = karbonáttartalom; 9 = szemcseeloszlás ferdesége natúr kőzetanyag esetében; 10 = szemcseeloszlás ferdesége peptizált kőzetanyag esetében; 11 = közepes szemcsenagyság natúr kőzetanyag esetében; 12 = közepes szemcsenagyság peptizált kőzetanyag esetében.



5. ábra. Felső-pleisztocén durva törmelékes üledék szemcseösszetétele. Kísszentmihály.

Minta:	1	2	3	4	5	6	7
d:	2,51	1,80	3,68	2,28	2,33	1,18	5,58
F:	-0,14	0,16	0,10	0,24	0,27	-0,20	0,32

Felső-pleisztocén durva törmelékes üledék szemcseösszetételét, jellemzőit az 5. ábra segítségével értelmezzük.

Patak völgyek és árterületek üledékekkel borított képződményei kis területen fordulnak elő. A harmadkori képződményeket a Duna mellék-patakjainak változatos, átlagosan 10–12 m összvastagságú üledékei, valamint futóhomok borítja.

A BME Ásvány- és Földtani Tanszék által elkészített földtani térképek bemutatása

Amint azt a bevezetőben említettük, nyomdai kiadáshoz 1:20 000-es méretarányú térképeket szerkesztettünk.

Káposztásmegyery elnevezésű földtani észlelési változatot (6. ábra) a következőkben mutatjuk be.

Az általunk készített valamennyi topográfiai szelvény földtani változatát pedig a 7., 8., 9., 10. ábra foglalja össze (földtani észlelési térképeket nem szerepeltetünk).

Végezetül megjegyezzük, a felvételi lapokhoz mintegy másfél ezer oldal terjedelmű magyarázó készült. Említett összefoglalás a térképezett terület földtani felépítése, rétegtan, hegység szerkezet és fejlődéstörténet fejezetekben vázolja a terület és közvetlen környezetének földtani helyzetét.

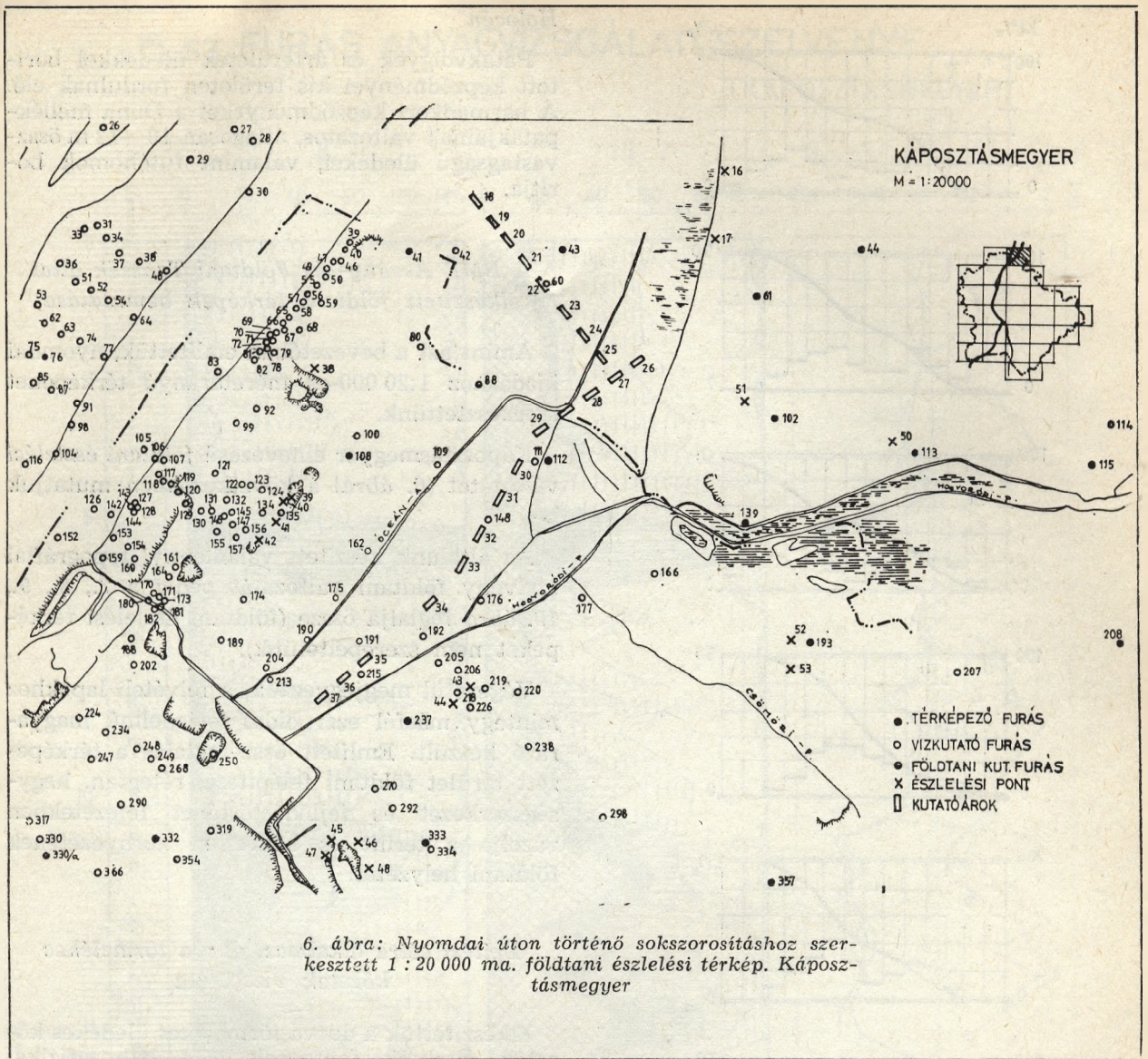
Építési célra alkalmas, durva törmelékes kőzetek vizsgálata

Elkészítettük a durva törmelékes üledékes kőzetek általunk fontosnak ítélt halmazfizikai vizsgálatát. Például Hummel-, Los Angeles-féle halmazszilárdsági vizsgálatokat, kőzetek (homokos kavics, kavics) időállóságának megítélését fagyhatással szemben, ill. különböző szulfát oldatok (Na_2SO_4 , MgSO_4) felhasználásával stb.

Mindenek előtt azon kavicsmezők településanyagát értelmeztük, amelyek ásványi nyersanyagként számításba vehetők.

A Duna hordaléka (kirakodók kőzetanyaga), felső-pleisztocén üledékek (Káposztásmegyery, Dunaharaszti, Soroksár stb.), Budapest keleti peremvidékén elhelyezkedő felső-pliocén kőzettelepülések stb. képezték a vizsgálat tárgyát.

Részletekbe menő értékeléstől kérjük itt eltekinteni, azokat egy más lehetőség kapcsán kívánjuk kifejteni. Vizsgálatainkhoz 4–32 mm-es szemcsenagyságú kőzetanyagot használtunk fel. A légszáraz állapotú 2,00 dm³ halmaztér fogatú, előzetesen meghatározott halmazsűrűségű laboratóriumi vizsgálati kőzetanyagot acélhengerbe helyeztük (MSz 18 287/3–78) és tömörítettük 5 cm ejtési magasságból asztallapra ejtve. Az acélhengert, a bemért kőzetanyaggal, hidraulikus vizsgáló berendezésre helyeztük és 1,5 perc



6. ábra: Nyomdai úton történő sokszorosításhoz szerkesztett 1 : 20 000 ma. földtani észlelési térkép. Kaposztásmezgyer

alatt fokozatosan 200 kN értékig terheltük sajtolópofa segítségével. Ennek bekövetkezése után tehermentesítettük a rendszert.

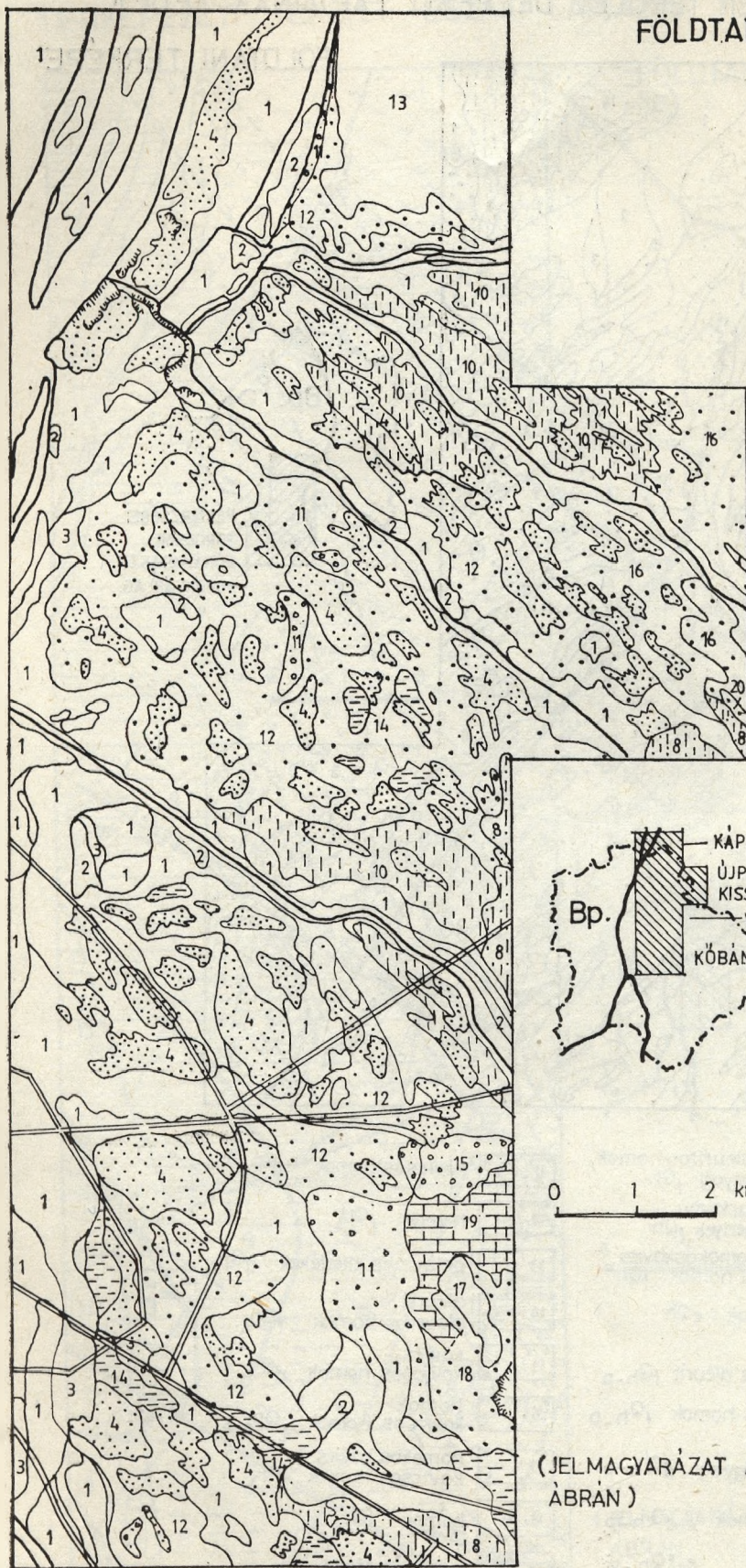
A szilárdságot, a halmaz szétmorzsolódását, a megválasztott alsó rostaméreten áthullott tömegveszteséggel jellemeztük. A szétmorzsolódás mértékét, H_a számtani középértékét, annak szórását, továbbá a tört halmaz közepes szemcse nagyságát, \bar{d}_{mm} , ill. szórását fejeztük ki, (11. ábra).

A kutatási terület felaprózódott kőzetek (a halmazban foglalt részesedésüket az oszlopdiagram szemlélteti) törmelékéből áll. Az anyagi minőség függvényében más-más alakjellemzők állapíthatók meg. A vizsgálati halmaz alakjellemzésére elvégeztük és feldolgoztuk méréseink alapján a földtani gyakorlatban használatos Zingg, Th. (1935—36) által elsőként bevezetett és alkalmazott elemzéseket. Feltüntettük az alakindex értékét, Williams, E. M. (1965). Amennyiben ez átlósan fekszik izometrikus,

gömbhöz közelálló szemcseformát fejez ki. $+w$ a lemez-, $-w$ pedig a hosszúkas értékek tartománya. A kőzetmintacsoportok alakjellemzőjét a szemcséket befoglaló téglatest oldalméreteinek egymástól való függésével is megadtuk, egyenkénti alakmérés eredményeire számított regressziós egyenesekkel. A függvény tiszta tagja, amely az egyenesnek a zérus abszcissa helyen felvett ordináta értékét határozza meg, a halmaz anyagminőségére jellemző érték. A független változót szorzat alakjában tartalmazó tag, amely az egyenesnek a meredekségét adja, elsősorban a szemalak hatását mutatja. A mindenkori két változó kapcsolatának jellemzésére alkalmas szám. Az $s = f(h)$ tengelyek igen szoros korrelációs kapcsolatban vannak, a $v = f(h)$ kevésbé, míg a $v = f(s)$ közbenső mérvű.

A regressziós és korrelációs paramétereiket, illetve együtthatókat, valamint szórásukat az ábrán ugyancsak feltüntettük. Az imént bemutatott vizsgálatoknál az ismétlések száma három volt.

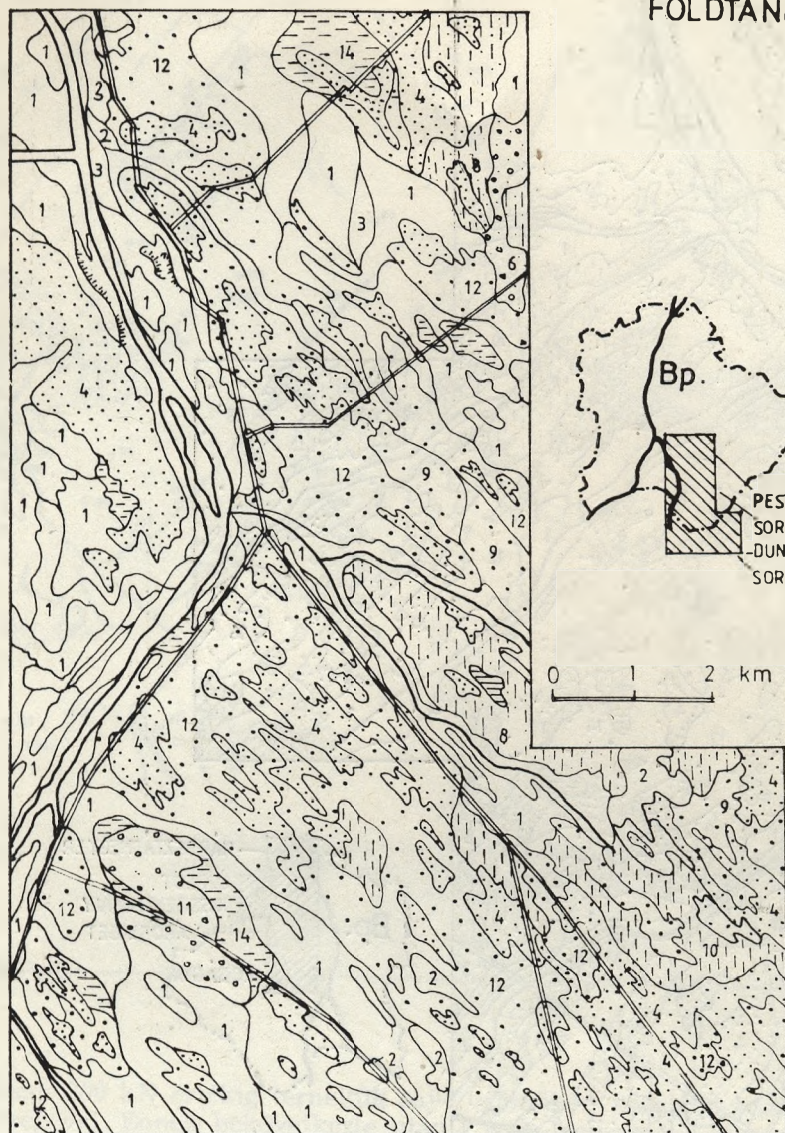
FÖLDTANI TÉRKEPE



7. ábra

TÉRKEPEZETT TERÜLET DÉLPESTI LAPJAINAK FEDETT

FÖLDTANI TÉRKÉPE

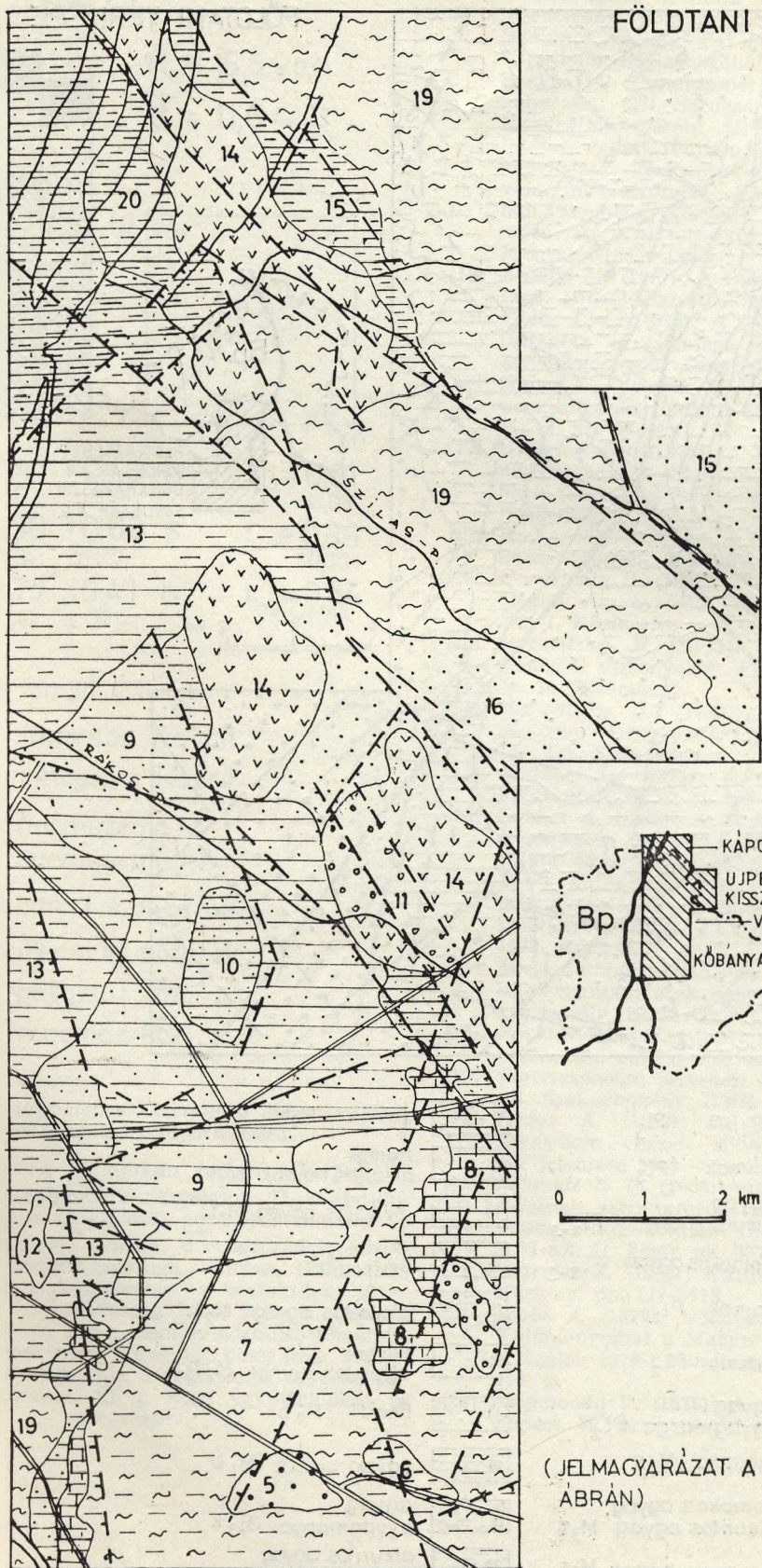


1	homok, aleuritos homok, aleurit, agyag fQh	11	kavicsos homok fQP_4
2	szerves tartalmu képződmények fQh	12	homok fQP_4
3	kavics, homokos kavics, kavicsos homok fQh	13	deluviális üledékek dQP_4
4	futóhomok eQh	14	aleurit, aleuritos homok fQP_2
5	aleurit, homokos aleurit $fQh-p$	15	kavics, kavicsos homok dQP_4
6	kavicsos homok $fQh-p$	16	homok kavicsos homok fQP_{3-4}
7	aleurit, agyag $dQh-p$	17	homokos kavics, kavicsos homok Pl_3
8	lepelhomok $e-dQh-p$	18	homok Pl_2
9	homok, aleuritos homok $e-fQh-p$	19	meszko M_3S
10	kötött futóhomok eQP_4	20	homok, aleuritos homok M_2h

8. ábra

TÉRKEPEZETT TERÜLET ÉSZAKI LAPJAINAK FEDETLEN

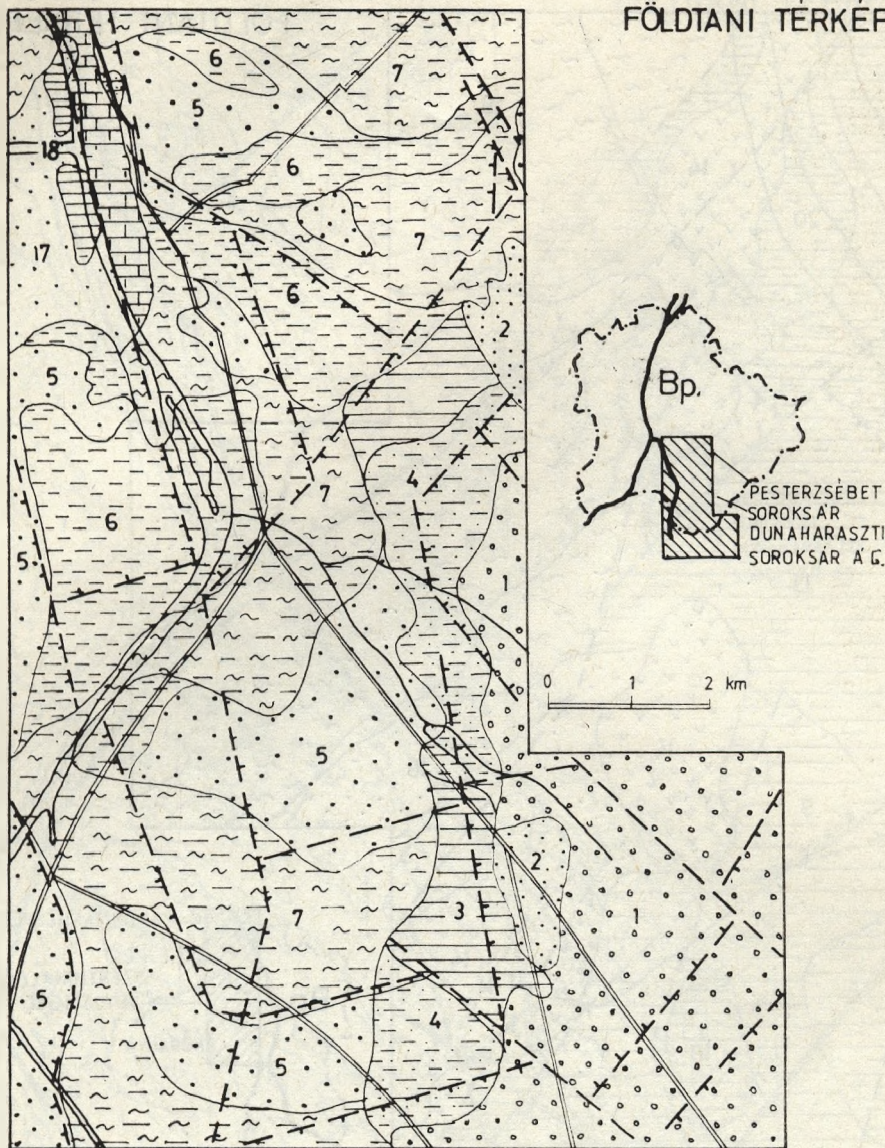
FÖLDTANI TÉRKEPE



9. ábra

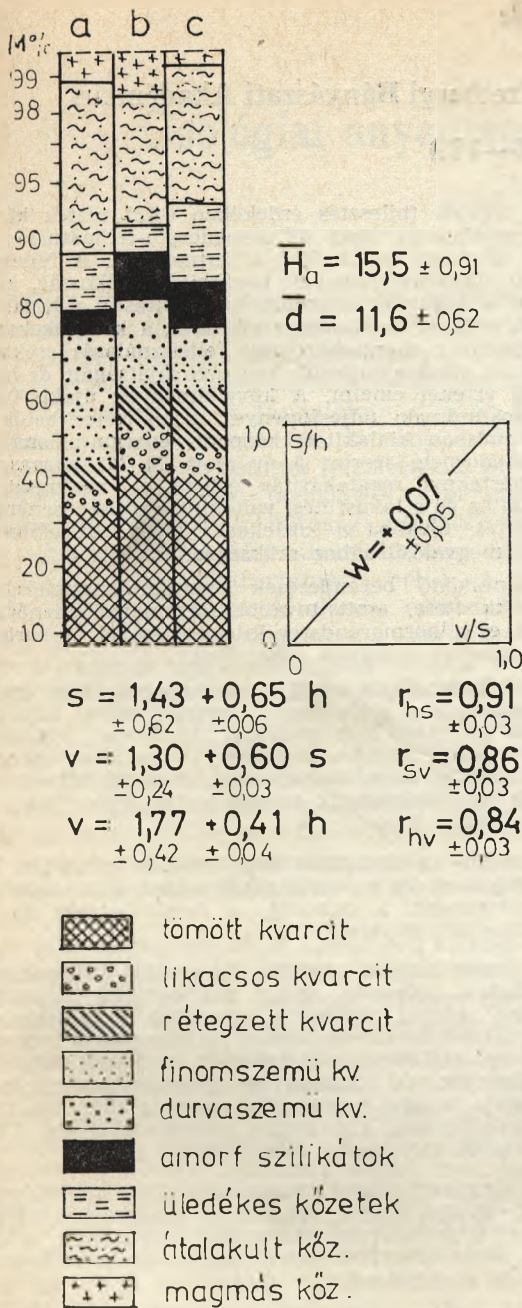
TÉRKÉPEZETI TERÜLET DÉLPESTI LAPJAINAK FEDETLEN

FÖLDTANI TÉRKÉPE



1. kavics Pl_3	11. kavics M_2t
2. homok Pl_3	12. homok aleuritos homok M_2t
3. agyag aleuritos agyag Pl_{2-3}	13. aleuritos agyag M_2t
4. homokos agyag Pl_{2-3}	14. tufa M_2t
5. homok Pl_2	15. aleuritos agyag M_2h
6. aleurit Pl_2	16. homok aleuritos homok M_2h
7. agyag agyagmarga Pl_2	17. homok M_1b
8. mészkő M_3s	18. agyag, aleurit M_1b
9. homokos agyag, aleuritos agyag M_3s	19. agyag agyagmarga O_3k
10. agyagos homok M_3s	20. aleuritos agyag homokos aleuritos agyag O_2r

10. ábra



11. ábra. Durva törmelékű kőzetanyag halmazszilárd-sági jellemzőinek csoportosítása.

Oszlopdiaagramm = a halmazban foglalt kőzetösszetevők. a, b, c = megismételt vizsgálatok. \bar{H}_a = statikus nyomás hatására bekövetkezett aprózódás mértéke és a mérési eredmények szórása. d = aprózódott kőzetanyag közepes szemcsenagysága, szórása. Halmazban foglalt szemcsék alakjellemezése: w = alakidex, s/h = laposság, v/s = hosszúkasság (ahol h = a szemcse legnagyobb főmérete, s = a szemcse közbülső főmérete, v = a szemcse legkisebb főmérete: hosszúság, szélesség, vastagság. Feltüntetjük a regressziós egyenes paramétereit, szórásukat, ill. a korr. együttthatókat és szórásukat.

[1] *Badinszky P.—Bohn P.* (1969): A Paskál-malmi termálkút. Földtani Kutatás, 2. pp. 64—70.

[2] *Boda J.* (1974): A magyarországi szarmata emelet rétegtana. Földtani Közlöny, pp. 249—260.

[3] Budapest építésföldtani térképezésének terepi felvétele, teljes földtani anyagvizsgálata 1:10 000 méretarányú dokumentációval. Elkészült Budapest áttekintő vázlata alapján: Káposztásmegyér (2), Újpest (5), Kísszentmihály (6), Városliget (9), Kőbánya (14), Pesterzsébet (20), Soroksár (25), Dunaharaszti (27), Soroksár ÁG (28), elnevezésű és topográfiai méretű térképek földtani észlelési, földtani fedett, földtani fedetlen és szerkezeti térképvázlata, kézirat, — tusrajzos és színezett, valamint sraffozott — katonai és nyílt változatokban. Megbízó: Központi Földtani Hivatal, Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat. BME. ÁFT. Kézirat, (1965—1978).

[4] *Erdélyi M.* (1967): A Duna-Tisza közének vízföldtana. Hidrológiai Közlöny, pp. 331—340.

[5] *Fodor T.-né* (1975): A mérnökgeológiai térképezés története és jelenlegi helyzete Magyarországon. Mérnökgeológiai Szemle, 15. pp. 5—21.

[6] *Göbel E.—Németh L.* (1972): Kőbánya városközpont műszaki földtani adottságai. Földtani Kutatás, 4. pp. 34—45.

[7] *Greschik Gy.* (1975): A harmadkori üledékek genetikájának az építésföldtani tulajdonságokra kiható szerepével kapcsolatos megfigyelések. Mérnökgeológiai Szemle, 15. pp. 81—85.

[8] *Hámor G.—Jámbor Á.* (1971): A magyarországi középsőmiocén. Földtani Közlöny, pp. 91—102.

[9] *Horusitzky H.* (1932): Budapest székesfőváros geológiai viszonyairól. Földtani Közlöny, pp. 207—209. I. Közlemény.

[10] *Horusitzky H.* (1933): Budapest székesfőváros geológiai viszonyairól. Földtani Közlöny, pp. 20—40. II. Közlemény.

[11] *Horusitzky H.* (1933): Budapest székesfőváros geológiai viszonyairól. Földtani Közlöny, pp. 117—157. III. Közlemény.

[12] *Jámbor Á.* (1971): A magyarországi szarmata. Földtani Közlöny, p. 103—106.

[13] *Lenkei A.* (1959): A Budapest-rákosi középső- és felsőmiocén időszak rétegek üledékföldtani vizsgálata. Szakdolgozat, ELTE, Kézirat.

[14] M-3 autópálya budapesti bekötő szakaszának mérnökgeológiai vizsgálata, 4 + 572—10 + 140 km szelvények között. FTV Mérnökgeológiai Osztály, 1970. Kézirat.

[15] M-3 autópálya felül- és aluljáróhoz készült talajmechanikai szakvélemény. FTV talajmechanikai osztály, 1970. Kézirat.

[16] *Pávai—Vajna F.* (1933): Igazi sósfürdő Pesterzsébeten. Hidrológiai Közlöny, pp. 145—150.

[17] Pesterzsébeten tervezett hévíztermelő mélyfúrásról. Szakvélemény, BME. ÁFT. 1956. Kézirat.

[18] *Rónai A.* (1959): Az Ócsa—Bugyi—Majosháza környéken végzett síkvidéki térképezés. MÁFI évi jelentése 1955—56-ról, pp. 299—316.

[19] *Schmidt E. R.* (1939): Adatok a Csepelsziget É-i részének sztratigráfiai, tektonikai és hidrológiai viszonyaihoz. Földtani Intézet Évi jelentése, 1933—35-ről. II. kötet, pp. 987—1020.

[20] *Schréter Z.* (1916): Kútúrás Törökőrön. Földtani Közlöny, pp. 112—113.

[21] *Szabó J.* (1879): Budapest geológiai tekintetben. Különlenyomat a Magyar Orvosok és Természetvizsgálók 1879-i Vándorgyűlésének munkálataiból. 116. p.

[22] *Zsigmondy V.* (1878): A városligeti artézikút. Budapest, 86. p.

XXXIV. Bányászati-kohászati napok a Freibergi Bányászati Akadémián

(1983. június 14—17.)

Az 1983. évi Bányászati-kohászati napokon — a kérdés egyre növekvő jelentőségére való tekintettel — az energetikai nyersanyagok kitermelésének és feldolgozásának problémáit, valamint a nyersanyag-hasznosítás és a szerkezetanyag-technika időszerű kérdéseit tűzték napirendre.

Előadóként vagy a tudományos program rendezőjeként kerekén 700 fő jelent meg. Az összes résztvevők száma megközelítette az 1400 főt. A résztvevők több, mint 1/4 része külföldről érkezett. Jelentős volt a SzÜ, a LNK és a CsSzSzK delegációja, a MNK, a BNK, a RSzK és a JSzSzK küldöttsége ez alkalommal kisebb volt az eddiginél. Magyar részről a bányászati résztvevők számának csökkenése volt igen jelentős. A nem szocialista országokat Európából az NSzK, Ausztria, Franciaország, Belgium és Finnország, a tengerentúlról az USA, Kanada, Japán és Egyiptom szakemberei képviselték.

Az ünnepélyes megnyitáson — a nagyrészt hagyományos bányászruhában megjelent díszvendég bevonulása után — a Bányászati Akadémia Collegium musicuma Schubert G-dúr nyitányát adta elő. Ezután az akadémia rektora, majd Freiberg város polgármestere üdvözölte a meghívottakat. A megnyitó előadás Prof. Dr. SCHELER, W., az NDK Tudományos Akadémiájának elnöke részéről hangzott el „Az alap kutatás és a termelés kölcsönhatása” címmel. Az ünnepséget Cherubini D-dúr szimfóniájának 3. (Minueto) tételével, végül az ünnepélyes kivonulással zárta. Az eseményről a napi sajtó és a tv-híradó tájékoztattott.

A másnapi plenáris előadást, a szakmai előadásorozat bevezetéseként, ZIERGIEBEL, H. államtitkár, az NDK minisztertanácsa mellett tevékenykedő energiaracionalizáló munkacsoport vezetője tartotta. „Gazdaságos energiefelhasználás — az NDK szocialista energiapolitikájának jellemző vonása” t. előadásában rámutatott arra, hogy az energiagazdaság folyamataira történő gyors és eredményes reagálás a társadalom próbaköve és a további fejlődés egyik jelentős előfeltétele. Beszámolt arról, hogy az NDK-ban már az 1980-as évek elején magas szintű irányító-koordináló testület alakult az energiefelhasználás racionalizálására, amely azóta kialakította munkamódszereit, sikeresen működik és elősegíti a nem energetikai nyersanyagok hasznosítását és általában az anyagtakarékosságot is. Jelentős műszaki fejlesztések és teljesítmények eredményeként emelkedett a hazai nyersanyagok, elsősorban a barnaszén hasznosításának mértéke, valamint hatékonyabb átalakítás és feldolgozás útján nagyobb lett a termékek használati értéke. Az elmúlt két évben (1981—82.) 140 000 racionalizáló intézkedést vezettek be, a ráfordítások azóta megtérültek. A termelés 1980 óta gyakorlatilag változatlan energia- és anyagfelhasználás mellett emelkedett. Az eredmények elérését széles körű társadalmi összefogás, a hivatali szervek, a vállalatok és az érintett dolgozók eredményes együttműködése tette lehetővé. Az állami szervek elősegítették a racionalizálást, de nem csökkentették a vállalatok felelősségét. A műszaki fejlesztés újfajta berendezések és eszközök, valamint megalapozott tüzeléstechnikai ajánlások kialakításával járult hozzá az eredményekhez, amelyekből a műszaki fejlesztés költségei megtérültek. Hatékony eszköznek bizonyult a tervezés-gazdálkodás, amely a vállalatok és intézmények belső komplex energia- és anyagmérlegei alapján, valamint normák és kontingenciális segítségével irányította és ellenőrizte a felhasználást. A kiváló eredményeket elérő szervezetek munkáját — így többek között a Freibergi Bányászati Akadémia energetikai tevékenységét — kitüntetéssel és jutalommal ismerték el. A túlfogyasztásnak viszont hátrányos következményei voltak. A pénzbeli büntetés egyes szervezeteknél elérte a túlfogyasztás értékének 10-szeresét.

A további fejlesztés érdekében célul tűzték ki azt a követelményt, hogy az alapenergia-felhasználás kisebb ütemben emelkedjék a termelésnél. A fejlesztés egyéb alapkövetelményei: további takarékoság, különösen a szekunder energiák hasznosítása; a hazai ellátást a hazai barnaszénre alapozni, a köszénkoksz és a folyékony energiahordozók felhasználását csökkenteni; az energiahordozók kedvező sajátosságait és használati értékét emelni. A követelmények újabb tudományos-műszaki teljesítmények útján teljesíthetők. A közelmúltban kialakított központi energiaracionalizálási koncepció szerint 5 év alatt 70 Mt barnaszén-egyenértéknyi megtakarítás érhető el, nagyrészt az átalakítás és a lakásfűtés, valamint a villamosenergia-fejlesztés, továbbá a közlekedés terén. Az előirányzatok megvalósításához szükséges:

- a működő berendezések energiefelhasználásának csökkentése, amit további folyamatos ellenőrzéssel és a normarendszer kiterjesztésével és karbantartásával kívánnak elősegíteni;
- a felhasználásra kerülő energiahordozók optimális hasznosítása, elsősorban az energiaigényes folyamatok energetikai-technológiai felmérése (rendszer-szemléletű folyamatlemezése), valamint az energia- és anyagáramok szabályozása, továbbá hőhasznosítók és hőszivattyúk fejlesztése és széles körű elterjesztése útján;
- energia- és anyagtakarékos ipari és háztartási berendezések és eszközök alkalmazása, a fajlagos teljesítmények, a minőség, a megbízhatóság és az élettartam növelese;
- a nemzetközi színvonalú, folyamatos tudományos-műszaki fejlesztés, amely nagymértékű felkészültséget igényel, főként a következő területeken: a földtani-műszaki kutatás és csatlakozóan a termelés és az átalakítás eljárásainak és berendezéseinek fejlesztése; új források (geotermikus energia, termálvíz, biogáz) hasznosítása; energiatakarékos ipari alpműveletek kidolgozása, energiatakarékos építkezés és építmények megvalósítása stb.

Végül a nemzetközi munkamegosztás, különösen a KGST-együttműködés, valamint a gazdasági kérdések (értékelési módszerek, megtérülési kalkulációk, árkedések, érdekeltségi-ösztönzési rendszerek) jelentőségére hívta fel a figyelmet.

A szakmai program 5 előadásorozatból, illetve 16 kollokviumból állt. Összesen kerekén 390 témát (előadást) ismertettek, részben posztereken, a következő részletezés szerint:

- az első sorozat „Energetikai nyersanyagok kitermelése” témakörben kiemelten az NDK föld alatti gáztárolóival, a MNK energiarendszerével és a BNK lignittermelésével, valamint a barnaszénbányászat és fluid energiahordozó-termelés és -tárolás létesítményeinek és technológiáinak kérdéseivel, továbbá a mélyművelésű bányák munkahelyein fellépő környezeti ártalom problémáival foglalkozott (51 előadás);
- a második sorozatban „A barnaszén-feldolgozás vegyészeti és eljárás-technikai feladatai” címen kiemelten tárgyalták a szén várható szerepét a nyersanyagellátásban, a fát alkotó anyagok hóbomlását a vegyipari hasznosító eljárások szempontjából, valamint a darabos koksz előállításakor észlelt anyag-átalakulást és fizikai jelenségeket. Ismertették a barnaszén-feldolgozás, továbbá az olajshomok-hasznosítás (Alberta, Kanada) legújabb eredményeit (27 előadás);

(Folytatás az 50. oldalon!)

Geológiai anyagmodell a kőzetmechanikában

DR. GÁLOS MIKLÓS

Hiszem és vallom, hogy az építőmérnöki tevékenység a társadalom számára alapvető és mint ilyen, meghatározó jelentőségű. Tudatos emberi cselekedetsorozatával kapcsolatot biztosít a természet és a társadalom között. Ez a kapcsolat szakáganként hol látványosabb, hol rejtettebb, de szerkezeteink létesítésénél minden fázisban a beruházási javaslattól a beruházási programon, tervezésen, hatósági egyeztetéseken, kivitelezésen keresztül az üzemeltetésig, tehát a szerkezet „teljes élettartamán” belül az egyik legfontosabb tényező. Általános értelemben a szerkezet és a környezet, azaz a szerkezet és a kőzetkörnyezet együttműködéséről kell beszélünk. Sokszor hajlamosak vagyunk erről megfeledkezni, ami előbb-utóbb pénzben is megjelenő műszaki nehézségekhez vezet.

A szerkezet kifejezést általános értelemben használtam, felhíva ezzel a figyelmet arra, hogy a létesítmény körüli kőzetkörnyezet viselkedése — anyagi tulajdonságai alapján — számítható és így a méretezési munkába be lehet és be kell vonni.

A kőzetkörnyezet mint szerkezeti anyag mérnöki szemléletünk szerint alapvetően abban különbözik a többi — szerkezeteinkben használt — anyagtól, hogy anyagi tulajdonságait csak nagyon kis mértékben tudjuk megváltoztatni.

Egyéb szerkezeti anyagoknál, adott határok között tudunk jobb, vagy rosszabb minőséget előállítani ill. kiválasztani. Például; meg tudjuk tervezni a kívánt betonminőséget, meg tudjuk választani a szerkezethez használt acél, vagy alumínium minőségét. Sőt, a szerkezeti anyagot a szerkezet jellegének, a szerkezetet érő hatásoknak és a választott szerkezeti rendszernek megfelelően tudjuk alkalmazni. (Meg tudjuk választani a szerkezet ún. statikai vázát.)

Ezzel szemben a létesítmény kőzetkörnyezetének minden tulajdonsága keletkezésének és a keletkezése óta őt érő hatásoknak a függvénye. Mindkét tényező tőlünk független; számunkra — a megismerés filozófiai törvénye szerint — a tulajdonságok és tulajdonságváltozások meghatározása alapján, minőségileg magasabb rendű absztrakt gondolkodáson keresztül, a kialakított ismeretek gyakorlatban történő ellenőrzésén át kell eljutni a megismert tulajdonságok számításbavételéhez.

A létesítmény kőzetkörnyezete bonyolult fizikai rendszer, amely számtalan tulajdonság és tulajdonságváltozás hordozója. E tulajdonságok és tulajdonságváltozások közül kell kiválasztani azokat, amelyek a létesítmény és a létesítmény-nyel „együtt élő” kőzetkörnyezet kölcsönhatását meghatározzák.

Ismeretanyagunkra támaszkodva *modellalkotásnak* nevezett gondolati elvonatkoztatást (absz-

tahálást) kell végezni azzal a biztos tudattal, hogy a modell nem azonos a vizsgált rendszerrel és nem tükrözi annak összes tulajdonságát, de magán viselei az objektív anyagi világban meglévő geológiai felépítés fontos ismérveit és így alkalmas a szerkezet és a kőzetkörnyezet együttműködéséből adódó döntő törvényszerűségek feltárására és szemléltetésére. A helyes modellalkotás elősegíti áttekintőképességünk fejlesztését, meggyőzően bizonyítva azt, hogyan halad a megismerés a relatív igaz ismeretén keresztül a valóság mind hívebb visszatükrözése felé, miként közelíti meg az abszolút igazságot.

Az egyes tudományágak az általuk tárgyalt rendszerek és jelenségek leírására különböző modelleket idealizáltak. Olyan tudományágban, mint a kőzetmechanika, amely a kőzetkörnyezetben lejátszódó mechanikai folyamatokkal foglalkozik, a modellalkotás összetett feladat, hiszen a modellben egyesíteni kell az elméleti és kísérleti mechanika, valamint a litoszféra modellezésének elveit.

A kontinuummechanika anyagmodelljei

A létesítmények és a kőzetkörnyezet kölcsönhatása időben változó folyamat, amely a rendelkezésre álló teret folytonosan kitöltő, végtelen sok szabadságfokú, anyagi rendszerben játszódik le.

Az igénybevételek hatására deformált anyag mechanikai állapotát a feszültségi (\underline{F}) és alakváltozási tenzor (\underline{D}), valamint a belőlük időszertinti differenciálással levezetett feszültségváltozási ($\underline{\dot{F}}$) és alakváltozássebesség ($\underline{\dot{D}}$), gyorsulás ($\underline{\ddot{F}}$; $\underline{\ddot{D}}$) tenzorok írják le.

Mind a feszültségmező, mind az alakváltozásmező a hely koordinátája (r) mellett az idő (t) függvénye:

$$\underline{F} = \underline{F}(r, t)$$

$$\underline{D} = \underline{D}(r, t)$$

A feszültség- és alakváltozás állapot közötti kapcsolatot az *anyagtörvények* fejezik ki, amelyeket a mechanikai változások folytonos függvényeivel, azaz az állapotegyenletekkel, más szóhasználattal az anyagegyenletekkel írunk le. Ezek lényegében olyan energiaátalakulásokat fordítanak le a matematika nyelvére, amelyek vagy karakterisztikus mechanikai változókkal, vagy közvetlenül energiaformákkal a termodinamika fő tételeiből levezethetők.

A vizsgált anyagra tett homogén és izotróp feltétellel, valamint a feszültségtenzor feszültségdeviátorra (T) és gömbtenzorra (T_0), az alakváltozás alakváltozás deviátortenzorra (E) és

gömbtenzorra (E_0) való felbontásával a mechanikai változók között — a törési állapotot el nem érő alakváltozások tartományában — a függvénykapcsolat:

$$f(\underline{T}, \underline{\dot{T}}, \underline{\ddot{T}}, \dots, \underline{E}, \underline{\dot{E}}, \underline{\ddot{E}} \dots) = 0$$

$$f_0(\underline{T}_0, \underline{\dot{T}}_0, \underline{\ddot{T}}_0 \dots, \underline{E}_0, \underline{\dot{E}}_0, \underline{\ddot{E}}_0 \dots) = 0$$

A tenzorok közötti kapcsolatot első közelítéssel lineárisnak tekinthetve és az elsónél magasabbrendű differenciálhányadosokat elhagyva, ségre jutó munkáját a feszültségi és alakváltozássebességi tenzorok tenzoriális szorzatával tudjuk megadni, tehát:

$$\frac{dU}{dt} = \underline{F} : \underline{\dot{D}} = (\underline{T} + \underline{T}_0) : (\underline{\dot{E}} + \underline{\dot{E}}_0)$$

Ha ezt torzulási és térfogatváltozási munkára különítjük, azt kapjuk, hogy:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dU'}{dt} + \frac{dU_0}{dt}$$

Ennek megfelelően két tenzor-differenciálegyenlet áll előttünk

$$\frac{dU'}{dt} = \underline{T} : \underline{\dot{E}}$$

$$\frac{dU_0}{dt} = \underline{T}_0 : \underline{\dot{E}}_0$$

amelyek megoldása a kőzetmechanika szakirodalmában több helyen megtalálható az alábbi formában:

$$f \equiv C_0 + C_1 \underline{T} + C_2 \underline{\dot{T}} + C_3 \underline{E} + C_4 \underline{\dot{E}} = 0$$

$$f_0 \equiv \underline{T}_0 + C_5 \underline{E}_0 = 0$$

Az összefüggésekben négyféle konstans különböztethető meg:

rugalmassági	$C_1 = 2G$; $C_3 = -3K$
viszkozitási	$C_4 = 2\eta$
relaxációs	$C_2 = -\tau$
C_0 képlékenységi tenzor	

ahol

G a csúsztató rugalmassági modulusz (MPa)

K az összenyomhatósági modulusz (MPa)

η a viszkozitási együttható (MPa h)

τ relaxációs idő (h)

C_0 konstans (képlékenységi tenzor) (MPa)

$C_1 = -1$

A fenti lineáris állapotegyenletek, a mechanikában átrendezett formában, Hohenemser—Práger reológiai modellként szerepelnek

$$\underline{T} = 2G\underline{E} + 2\eta\underline{\dot{E}} - \tau\underline{\dot{T}} + \underline{C}_0$$

$$\underline{T}_0 = 3K\underline{E}_0; \underline{\dot{T}}_0 = 3K\underline{\dot{E}}_0$$

tenzoregyenletekkel.

A Hohenemser—Práger modell magába foglalja azokat az anyagmodelleket, amelyeket a mérnöki gyakorlatban használunk (I. táblázat).

Ha az anyagmodellek tenzoregyenleteit végignézzük, azt láthatjuk, hogy ha élünk a homogén, izotróp, lineáris feltétellel, akkor csupán

a csúsztató rugalmassági moduluszt
az összenyomhatósági moduluszt
a viszkozitási együtthatót
a relaxációs időt és a
képlékenységi tenzort

kell megismernünk és értelmeznünk a kőzetkörnyezet viselkedésében, hogy ezt a viselkedését számításainkban az anyagtulajdonságoknak megfelelően tudjuk figyelembe venni.

A kőzetkörnyezet modellje — a mérnökgeológiai kőzetmodell

A litosztratigráfiai osztályozás alapegysége a földtani formáció. A formációban a keletkezés fő feltételei azonosak; a kőzettani, geokémiai, geofizikai tulajdonságok meghatározottak és összefüggőek. A formáción belül változatos kifejlődésű, de azonos keletkezési fázishoz tartozó kőzetek helyezkednek el. A különböző formációk egymáshoz fokozatos átmenettel, vagy éles határral kapcsolódnak. Általában egy formációból kell kijelölni azt a térbeli egységet, amelyre létesítményünk hatása kiterjed, amelyet *együtt-dolgozó (reaktív) kőzettömegnek* nevezünk. A kijelölés folyamata a már említett tudatos mérnöki tevékenység eredménye. Ritkábban fordul elő az az eset, hogy az együtt-dolgozó kőzettömeg nem egy, hanem két, vagy több formációra terjed ki.

A formáció földtani értelemben homogén, azt egy domináns kőzetfajta, vagy egy meghatározó földtani folyamat körülményei jellemzik. Kőzetmechanikai szempontból azonban nem tekinthető homogénnek. A benne kijelölt kőzettömeget a feladat megoldása szempontjából egységes viselkedésű részekre kell bontani.

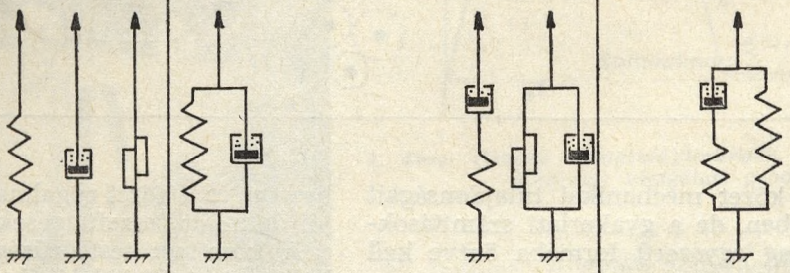
A kőzettömeget olyan egységekből — *kőzettestekből* — állítjuk össze, amelyek egységes viselkedésűek. A kőzettest mindig egyetlen földtani keletkezési egységhez tartozik és benne egységes változási hatás tételvezhető fel. A kőzettestet kőzettömbökre osztó *tagoltság* lehet a kőzetképződés folyamatának, vagy a kőzettömeget utólagosan érő hatásoknak az eredménye.

A kőzettest tagoló felületekkel közrefogott egysége a *kőzettömb*. Ez összefüggő tagoló felületekkel át nem metszett térelem. A kőzettömb a kőzetmechanika alapegysége. A kőzettömb tulajdonságait a kőzettani homogenitás jellemzi. Összetétele azonos, benne az anyag azonos anyagszerkezeti rendszerben jelenik meg. A kőzettömb tulajdonságai — különösen pedig a tulajdonságváltozások — akkor elemezhetők és értékelhetők, ha a kőzetanalóg homogén kőzettömb belső felépítését tovább vizsgáljuk. A kőzettömb e szempontból közvetlenül megfelel a *kőzet* „kőzet” fogalmának. Mégpedig annak a háromfázisú általánosított kőzetfoglalomnak, amelyet a hazai és külföldi szakirodalom egyre gyakrabban használ.

A kőzetet a szilárd kőzetalkotók és a pórusok mint kőzetalkotók — a keletkezési körülményeknek megfelelő nagyság és alak szerinti kialakulásában, egymáshoz anyagszerkezeti, vagy időleges kötéssel kapcsolódva, tehát határozott és jellegzetes térbeli rendszerben, azaz szöveti rendszerben — alkotják.

Az általánosított kőzetben a szilárd fázist a kristályos vagy alkattalan kőzetalkotók a folyékony és légnemű fázist a póruskitöltések jelentik.

Mechanikai jelleg	Modell megnevezés	Tenzoregyenlet
Homogén izotrop anyag lineáris állapotegyenlete	Hohemser - Prager	$T = 2GE + 2\eta\dot{E} - \tau\dot{T} + C_0$
Tökéletesen / lineárisan / rugalmas	Hooke	$T = 2GE$
Tökéletesen viszkózus	Newton	$T = 2\eta\dot{E}$
Tökéletesen képlékeny	Saint-Venant	$T = C_0$
Rugalmas viszkózus / viszko-elasztikus	Kelvin - Voigt	$T = 2GE + 2\eta\dot{E}$
Rugalmas relaxációs		$T = 2GE - \tau\dot{T}$
Rugalmas képlékeny		$T = 2GE + C_0$
Viszko - elasztikus	Maxwell	$T = 2\eta\dot{E} - \tau\dot{T}$
Viszko - plasztikus	Bingham	$T = 2\eta\dot{E} + C_0$
Rugalmas-viszkózus-képlékeny		$T = 2GE + 2\eta\dot{E} + C_0$
Rugalmas relaxációs	Poynting - Thomson	$T = 2GE + 2\eta\dot{E} - \tau\dot{T}$
Elastoplasztikus		$T = 2\eta\dot{E} - \tau\dot{T} + C_0$



A mérnökgeológiai kőzetmodell felépítését a II. táblázat szemlélteti.

Kőzetmechanikai anyagjellemzők meghatározása

A kontinuummechanikai anyagmodell és a kőzetmodell együttes alkalmazásakor két ellen-
tétes követelményt kell kielégítenünk:

között határozzuk meg a kőzetméreg tulajdon-
ságait. Mindkét esetben a mérés érvényességi
határát ki kell jelölnünk. Vizsgálati tervhez kö-
tött méréssorozat esetén a kőzettömeget alkotó
kőzettestek határa jól megadható.

A kőzetmechanikai anyagjellemzőkkel az
akusztikus mérések hozhatók közvetlen kapcsola-
latba, mert a rugalmas hullámok terjedési se-

2. sz. táblázat

A mérnökgeológiai modell elemei

A KŐZETMODELL EGYSÉGEI				HATÁRELEMEK	TULAJDONSÁG - ÖSSZEFÜGGÉSEK
KŐZETMECHANIKAI ELEMÉK	száiban álló kőzet	földtani formáció		kőzet-határ	$T_M = f(T, T_T)$
		reaktív (együtt- dolgozó) kőzettömeg		tagoltság	T_T
		kőzettest T_M		kötés	T_k
ALAPELEMEK		kőzetalkotó		anyag- szerkezet	$T = f(T_a, T_s)$
		atomhalmaz	T_m	T_s	T_a

- egyrészt a kőzet mechanikai tulajdonságait legsokrétűbben, de a gyakorlati számításokhoz lehetőleg egyszerű formába öntve kell figyelembe vennünk,
- másrészt a földtani felépítés bonyolult szerkezeti rendszerét a valósághoz híven kell vizsátükröznünk.

A két követelmény összeegyeztetésénél olyan optimumot kell megvalósítani, amely lehetőség szerint egyszerű matematikai eszköztárral, jól megválasztott kőzettest-kijelöléssel, az anyagjellemzők reális sorát adja.

Az anyagjellemzők meghatározása a kőzetmechanika egyik nagy részterülete. Az eddig mondtakból következik, hogy helyszíni vizsgálatokkal a kőzettest tulajdonságait, laboratóriumi vizsgálatokkal a kőzettömb tulajdonságait tudjuk meghatározni.

A helyszíni — ún. in situ — vizsgálatok választéka egyre bővülő, de a rendszeresen mért paraméterek közül a legtöbb a kőzet mechanikai tulajdonságaitól független fizikai jellemző, amelyekből különféle elméleti, vagy gyakorlati, esetleg statisztikai úton meghatározott összefüggés segítségével számoljuk ki a geomechanikai adatokat.

A helyszíni vizsgálatokkal vagy egy pontsorból álló vonal mentén, vagy két mérési pont

bessége és a kőzet rugalmas tulajdonságai között jól definiált összefüggések állnak fenn.

A kőzettest testsűrűségéből (ρ_T), a nyirási hullám terjedési idejéből (t_L) és a nyomóhullám terjedési idejéből (t_c) — azaz a tranzverzális (v_L) és a longitudinális (v_c) hanghullám terjedési sebességéből — Poisson-szám (m) és csúsztató rugalmassági modulusz (G) határozható meg:

$$m = \frac{2 \left[1 - \left(\frac{v_L}{v_c} \right)^2 \right]}{1 - 2 \left(\frac{v_L}{v_c} \right)^2}$$

$$G = \frac{v_L^2}{\rho_T}$$

Ha teljesül a feltétel, hogy

$$2 \leq m < \infty$$

akkor a rugalmassági modulusz (E):

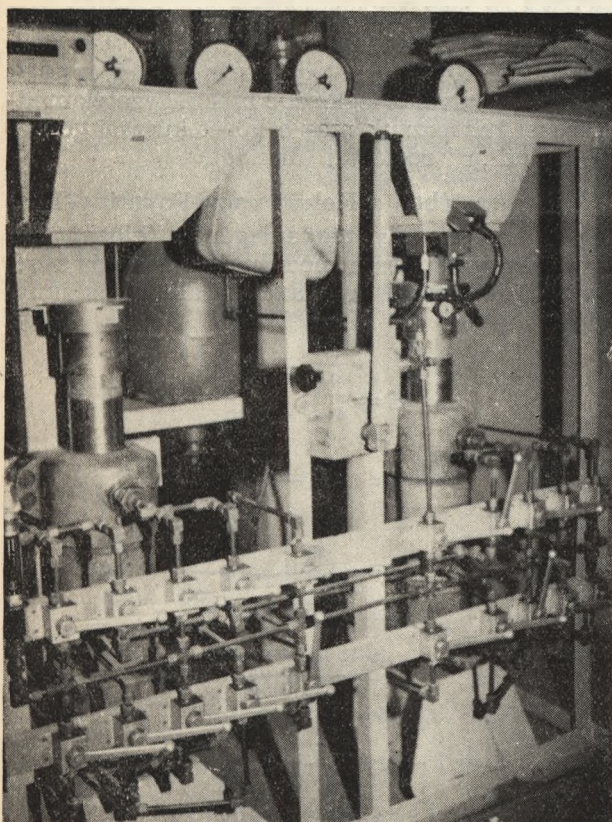
$$E = 2G \frac{m + 1}{m}$$

A geofizikai mérések eredményeit azonban fenntartással kell kezelnünk részben azért,

mert kizárólagosan a rugalmas feltételezésen alapulnak és a reológ anyagtulajdonságokat nem veszik figyelembe, részben pedig azért, mert a geofizikai módszerek vertikálisan is, térfogatilag is átlagolnak és az átlagolás a kijelölt kőzet-test-határok közelében meghamisítja az anyagjellemzőket. További nehézséget jelent a tranzverzális hangsebesség meghatározásának módszere, amely nem közvetlen mérési eredménye a szelvényezési munkának.

A laboratóriumi kőzetmechanikai vizsgálatokkal a kőzet — és így a kőzettömb anyagjellemzői a választott mechanikai modell alapján meghatározhatóak. A laboratóriumi vizsgálatok alkalmasak arra, hogy a kőzetfizikai állapotot, ill. a kőzetfizikai állapotváltozás hatását is figyelembe vegyünk. Ezekkel a vizsgálatokkal a kőzet reológiai tulajdonságait meg tudjuk határozni, ha a kőzetmodell kőzettömb elemét alkotó anyagra a mechanikai feltételezéseinket érvényesnek tekintjük.

A feltételezések érvényességét az elméleti megfontolások mellett laboratóriumi vizsgálatokkal kell igazolni. Ezekhez a vizsgálatokhoz építettük meg a BME Ásvány- és Földtani Tanszékének kőzetfizikai laboratóriumában az 1. ábrán látható négy mérőhelyes reológiai vizsgálóberendezést, amely jelenlegi kiépítésében kúszási vizsgálatok elvégzésére alkalmas.



1. ábra. A BME Ásvány- és Földtani Tanszék kőzetfizikai laboratóriumában lévő reológiai vizsgáló berendezés (REOSZ)

A vizsgálatok értékelésére a Poynting-Thomson ún. standard anyagmodellt használjuk, mivel az egyszerű modellek közül ez egyesíti a

könnyen kezelhetőség és az anyagtulajdonságok sokoldalú figyelembevételének igényét.

Egytengelyű feszültségállapotban a Poynting-Thomson anyagmodell I. táblázat szerinti tenzoregyenletéből következik, hogy

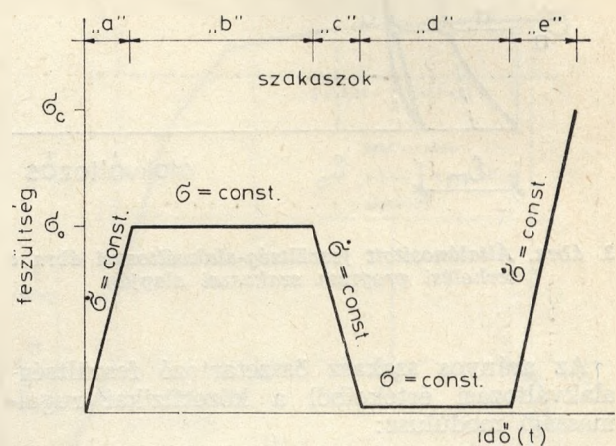
$$\sigma = E\varepsilon + \lambda\dot{\varepsilon} - \vartheta\dot{\sigma}$$

ahol a feszültség (σ), és feszültségi sebesség ($\dot{\sigma}$), valamint az alakváltozás (ε) és alakváltozási sebesség ($\dot{\varepsilon}$) mellett

λ a lineáris viszkozitási tényező

ϑ a relaxációs állandó.

Így az egytengelyű nyomószilárdsági vizsgálatok megfelelő terhelési program alkalmazásával jól használhatók pillanatnyi és reológ anyagtulajdonságok meghatározására. A legegyszerűbb terhelési programot a 2. ábra mutatja be, amely szerint:



2. ábra. Reológ anyagtulajdonságok meghatározására alkalmas vizsgálati program

„a” szakasz — gyors felterhelés a kívánt feszültségi szintig

„b” szakasz — kúszási vizsgálat a vizsgálati terv szerinti időtartamban

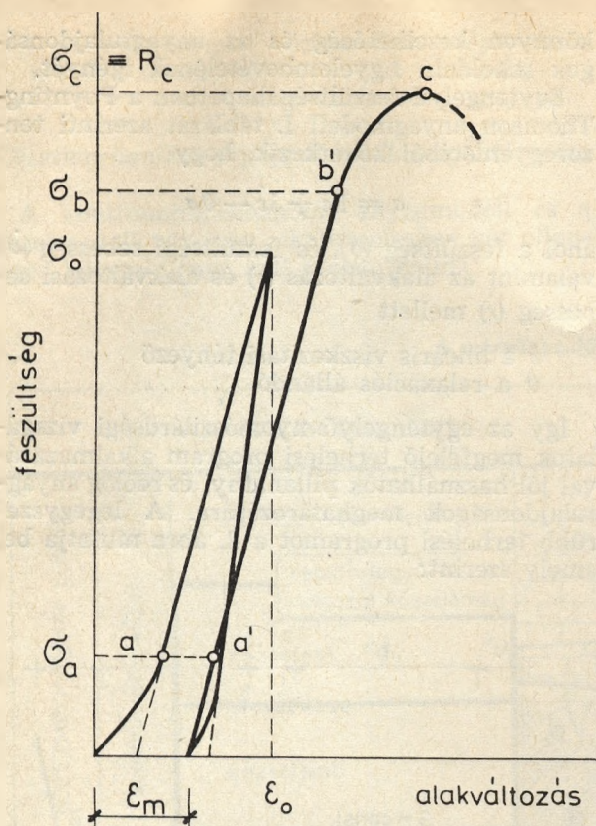
„c” szakasz — leterhelés egy nullának tekinthető feszültségi alapértékre

„d” szakasz — feszültségi alapértéken tartás a vizsgálati terv szerinti időtartamban

„e” szakasz — szabvány szerinti terhelési sebességgel a törés előidézése.

Az egyes szakaszokon mért, összetartozó feszültség-alakváltozás, ill. alakváltozás-idő értékekből a 3. és 4. ábrán látható görbék vehetők fel.

A terhelési program „a”, „c”, „d” és „e” szakaszából a 3. ábra szerinti feszültség-alakváltozási görbe — $\dot{\sigma} = \text{const.}$ és $\sigma \rightarrow \infty$ — feltételezés mellett a pillanatnyi állapothoz tartozó anyagjellemzők meghatározására alkalmas.



3. ábra. Általánosított feszültség-alakváltozási ábra a terhelési program szakaszai alapján

Az arányos szakasz összetartozó feszültség-alakváltozási értékeiből a közetfizikai rugalmassági modulusz:

$$E_K = \frac{\sigma_{b'} - \sigma_{a'}}{\varepsilon_{b'} - \varepsilon_{a'}}$$

ami nem azonos a $\sigma \rightarrow 0$ feltételezéssel meghatározandó rugalmassági moduluszsal.

Az egytengelyű nyomószilárdság a tönkremenetelt előidéző feszültségi határérték:

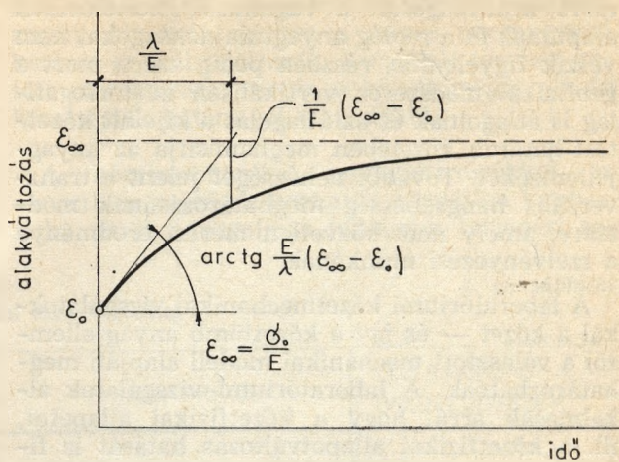
$$R_c = \sigma_c$$

A terhelési program „b” szakasza a közet kúszási görbéjének 4. ábra szerinti felvételét eredményezi. A kúszási görbe egyenlete a Kelvin vagy Poynting-Thomson anyagmodell szerint:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\sigma_0}{E} - \left(\frac{\sigma_0}{E} - \varepsilon_0 \right) e^{-\frac{E}{\lambda} t} = \\ &= \varepsilon_\infty - (\varepsilon_\infty - \varepsilon_0) e^{-\frac{E}{\lambda} t} \end{aligned}$$

Az értékelés nehézségét az jelenti, hogy ε_∞ értékét nem ismerjük. Ezt az értéket egy t_v vizsgálati terv szerinti „vizsgálati idő” alatt felvett kúszási görbeszakaszból kell meghatározni.

A reológiai vizsgálóberendezésben készült méréseim azt bizonyították, hogy közeteknél a kúszási görbe jól megadható a



4. ábra. Általánosított kúszási görbe a terhelési program alapján

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + r \ln(1 + t)$$

összefüggéssel, ahol r a közetre jellemző anyagállandó.

Az összefüggés előnye, hogy a mérnöki létesítmény tervezett élettartama szerint tudjuk t_∞ -t helyettesíteni és ε_∞ -t számítani

$$\varepsilon_\infty = \varepsilon_0 + r \ln(1 + 1_\infty)$$

szerint.

A kúszási kísérleteket a közet viselkedésétől függően $t_v = 1000$ – 2000 óra hosszan végezzük és az összetartozó alakváltozás — időértékek felhasználásával a legkisebb hibanégyzetek módszerével határozzuk meg a közet kúszási görbéjét és az „ r ” reológiai állandót.

ε_∞ ismeretében a Kelvin vagy Poynting-Thomson modell anyagegyenlegének felhasználásával a rugalmassági modulusz, a lineáris viszkozitási tényező és a relaxációs állandó számítható:

$$E = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_\infty}$$

$$\lambda = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_\infty} \frac{T}{\ln a}$$

$$\vartheta = \frac{T}{\ln a} \frac{\varepsilon_\infty - \varepsilon_0}{\sigma_b} \frac{\sigma_0}{\varepsilon_\infty}$$

ahol

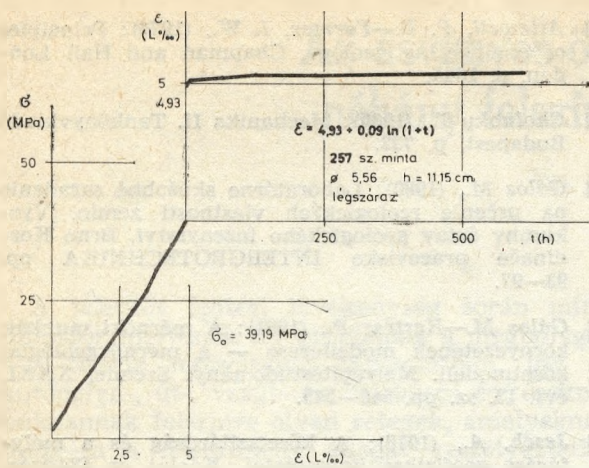
$$a = \frac{\varepsilon_\infty - \varepsilon_0}{\varepsilon_\infty - \varepsilon_1}$$

$$b = 1 - \exp\left(-\frac{\sigma_0}{\sigma} \frac{\ln a}{T}\right)$$

$$T = t_1 - t_0$$

ε_1 ; t_1 összetartozó érték, amely a kúszási görbe vizsgálati időn belüli kiválasztott pontját jelenti (általában $t_1 = t_v$).

Példaként az ismertetett laboratóriumi vizsgálatokkal meghatározott anyagjellemzőket mu-



5. ábra. Andezit (Recsk) feszültség-alakváltozási és kúszási görbéje (légszáraz kőzetfizikai állapotban)

tat be a III. táblázat, amelyben recski andezitre és balatonrendesi homokkőre vonatkozóan szerepelnek a rugalmas és reológ tulajdonságjellemzők. Az 5. és 6. ábrán a két kőzet feszültség-alakváltozási és kúszási görbéit ábrázoltam.

Összefoglalás

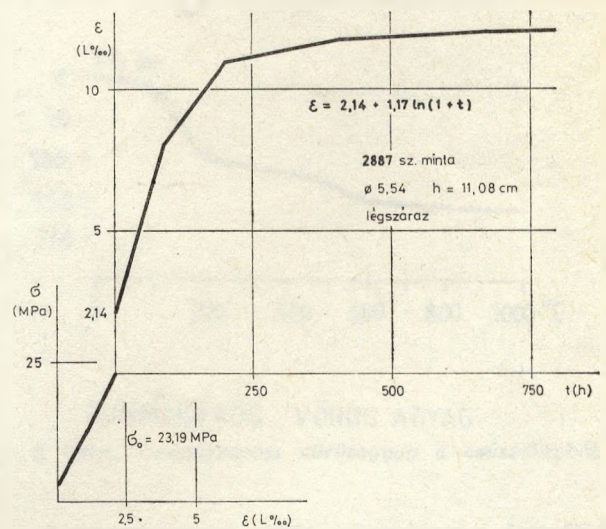
A létesítmény kőzetkörnyezetéből ki kell jellemezni a létesítménnyel kölcsönhatásban levő (reaktív, együttműködő) kőzettömeget, amelynek alapegységei a kőzetmechanika elvei és általánosításai szerint anyagtulajdonságaikkal a méretezési munka számára jellemezhetők. Mérnöki létesítményeknél alapegységnek a tagoltságmentes kőzettömböt tekintjük.

Kőzetmechanikai szempontból a kőzettömböt lineárisan rugalmas, reológ anyagként modellezzük. Ez a modellezés kielégíti azt az igényt,

hogy a szerkezet és a kőzetkörnyezet feszültségi és alakváltozási állapotát ne csak t_0 időpontban ismerjük. Alkalmazása közel áll a méretezési munka általános gyakorlatához, mivel tartalmazza a rugalmas, ún. Hooke tagot. Nagy előnye továbbá az, hogy egyszerű és kevés számú anyagállandót használ.

A kőzettechnikai szempontból modellezett kőzetkörnyezet anyagi tulajdonságai laboratóriumi vizsgálati módszerekkel jól meghatározhatóak. Felhasználásukat elsősorban az határozza meg, hogy ezek a vizsgálatok milyen mértékben reprezentálják a kőzettömbökből álló kőzetesteket. Ez a tény felhívja a figyelmet a mintavétel fontosságára.

Befejezésül szeretném kiemelni; *oktatási szempontból nagy jelentőséget tulajdonítok* annak, hogy a létesítmény és a kőzetkörnyezet



6. ábra. Homokkő (Balatonrendes) feszültség-alakváltozási és kúszási görbéje (légszáraz kőzetfizikai állapotban)

III. táblázat

Rugalmas és reológ tulajdonságok (andezit, Recsk; homokkő, Balatonrendes)

		Andezit (eocén)	Homokkő (perm)
Testsűrűség	ρ_0 kg/m ³	2540	2300
Nyomószilárdság	σ_c MPa	89,74	52,02
Húzószilárdság	σ_t MPa	7,06	8,85
Brinke-féle szám	$\left(\frac{\sigma_c}{\sigma_t}\right)$	12,71	5,88
Nyírószilárdság	τ MPa	19,80	14,36
Alakváltozás t_0	ε_0 L/100	4,93	2,14
Alakváltozás $t_\infty = t_{G360}$	ε_∞ L/100	5,69	12,39
Lineáris viszkozitási tényező	λ GPa·h	5176	256
Relaxációs állandó	ϑ h	750	69
Rugalmassági modulusz	E MPa	6890	1870

együttműködését általánosított formában a földtani és kőzetmechanikai ismeretekre támaszkodva, a tudatos mérnöki munkát hangsúlyozva, modellelemekhez kötötten lehet tárgyalni, ami jól segítheti a széles látókörű építőmérnök-képzést.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Asszonyi Cs.—Richter R., (1969): Rheologische Untersuchung von mechanischen Feldern in der Umgebung der Strecken. Bergbauwissenschaften Vol. 16. No. 19. pp. 326—333.
- [2] Asszonyi Cs.—Kapolyi L., (1976): Kőzetek mechanikai jellemzőinek laboratóriumi meghatározása. VEAB, Veszprém.
- [3] Asszonyi Cs.—Huszár I.—Richter R., (1979): Determination of rock characteristics using relaxation tests. Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica Acad. Sci. Hung. 14. pp. 361—377.
- [4] Attewell, P. B.—Farmer, I. W., (1976): Principles of engineering geology. Chapman and Hall London, p. 1045.
- [5] Cholnoky T., (1966): Mechanika II. Tankönyvkiadó Budapest, p. 732.
- [6] Gálos M., (1980): Laboratórne skúšobné zaradenie na určenie reologických vlastností zemin. Vyzkumny ústav geologického inženýrství, Brno Kordinace pracovisko INTERGEOTECHNIKA pp. 93—97.
- [7] Gálos M.—Kertész P., (1981): A mérnöki munkák környezetének modellezése — a mérnökgeológiai kőzetmodell. Mélyépítéstudományi Szemle, XXXI. évf. 12. sz. pp. 540—545.
- [8] Jesch, A., (1976): A kőzetzilárdság és a mélyfúrás geofizikai kapcsolatai. Kőolaj és Földgáz, 9. (109). 6. sz. pp. 171—178.
- [9] Kaliszky S., (1975): Képlékenységtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 503.

Az ásványos összetétel befolyása néhány felszínközeli mozgásra

DR. BIDLÓ GÁBOR

A jelentős építési tevékenység során mind többször merülnek fel problémák a megbolygatótt felszín mozgásával kapcsolatban. Így az autópálya-, út-, vasút- és lakótelepi építéseknel bukkannak felszínre olyan rétegek, amelyeknek mozgása a létesítmény állagát veszélyeztetik; a bekövetkező mozgás által okozott kár helyreállítása pedig tetemesen megemeli az építés költségeit.

A mozgásokat előidéző rétegek felderítése — még az előtervezési szakaszban — már régen gondot okozott és igyekeztek több oldalról is tisztázni ezek keletkezését és kimutathatóságát.

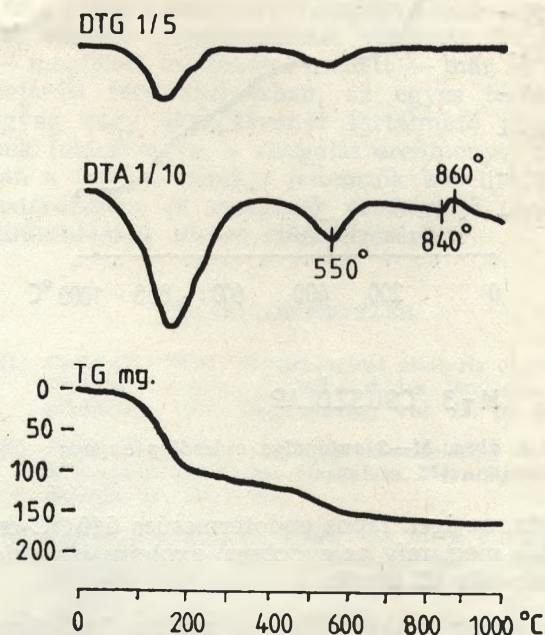
A Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének professzorai közül elsőnek *Schafarzik F.* foglalkozott a kérdéssel, sajnos kézírásos szakvéleményei nagy része az idők folyamán megsemmisült. Vizsgálatai elsősorban a rétegek települési viszonyainak tisztázására irányultak. *Vendl A.* szedimentpetrográfiai módszerrel a rétegek genetikáját igyekezett felderíteni, az ásványos összetétel meghatározására a polarizációs mikroszkóp nyújtotta lehetőségekre támaszkodott. Vizsgálatainak tudományos feldolgozása több közleményben jelent meg (1929., 1930., 1931., 1932.).

Posewitz A. G. műegyetemi tanársegéd korában a szemcseeloszlási elemzések eredményeivel igyekezett a mozgások okait felderíteni.

Mind ezek a vizsgálatok azonban nem hoztak megoldást, mert a leglényegesebbet, a mozgást előidéző agyagásványokat nem tudta felderíteni. Az agyagásványok vizsgálatánál igen jelentős szerepet játszó röntgendiffrakciós vizsgálatok a csúszólapokból származó mintákról készült felvételen igen vonalszegény, így meghatározhatatlan anyagot jeleztek.

Jelentős előrelépést hozott a termoanalitika a kérdés tisztázásában. Már a legelső felvételek igen jellegzetes endoterm és exoterm csúcsokkal rendelkező anyagot mutattak ki.

Egyik jellegzetes előfordulás volt a dunaújvárosi nagy csúszás csúszólapja. Az elvégzett termoanalitikai (derivatográfus) vizsgálatok már azokat a görbéket mutatták, amelyekkel később is találkoztunk (Bidló G. 1971., 1980.). Ugyanakkor a röntgendiffrakciós felvételen a bázis-reflexiók hiányoznak és csak 0,256 mm-nél és 0,150 mm-nél jelentkezik egy-egy diffúz vonal. A derivatográfus felvételen viszont a kezdeti nagy vízvesztés után 550 °C-nál és 840 °C-nál endoterm, míg 860 °C-nál lapos exoterm csúcs alakul ki. Az 550 °C-nál lévő csúcs-hoz 3,0%-os súlyvesztés is járul (1. ábra).



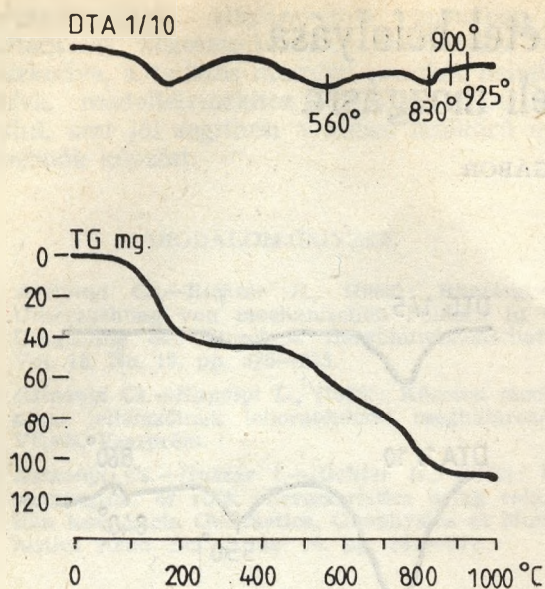
DUNAÚJVÁROS VÖRÖS AGYAG

1. ábra. Dunaújvárosi vörösagyag a csúszólapból

A dunaújvárosi réteg, hasonlóan a dunaföldvárihoz, a pannon-pleisztocén réteghatáron alakult ki, a korai Gilbert korszakban keletkezett, esetleg párhuzamosítható a Villányium-Csarnótánum korrall (Pécsi 1982., Kretzói-Pécsi 1979.). Azonos jellegű görbét mutatott a hasonló korú agyag az M1-es autópálya Kukoricahegyi (Tatabánya mellett) csúszásánál és az M3-as autópálya 32 + 500 km-es szelvényében. Mindezek jellegzetes vörös színű agyagok voltak és röntgendiffrakciós felvételen azonosítható agyagásványt nem tartalmaztak.

Felső-pannon réteg mozgását vizsgáltuk az M3-as autópálya 38 + 220 km szelvényében, ahol szürke mozaikos kövér agyag felszínén alakult ki a csúszólap. A derivatográfus felvételen a vízleadás igen lapos, elnyújtott. A rácsbomlást jelző endotermcsúcs 565 °C-on jelenik meg, szintén igen lapos. A görbe magas hőmérsékleti szakaszán 900 °C és 930 °C-nál találjuk meg az endoterm-exoterm inverziót (2. ábra). Az összefüggés plasztikus index és az agyagásvány-tartalom között lineáris. (Farkas J.—Nagy Z. 1980., 1982.)

Ugyancsak az M3-as autópálya mentén, Hatvan közelében, pannon korú szürke agyag felszínén keletkezett csúszás a sárga agyagban. A kialakult csúszólapról készült felvételen a DTA-



M-3 CSÚSZÓLAP

2. ábra. M-3 autópálya csúszólap anyaga

görbén, az igen lapos endotermcsúcs 540 °C-on jelenik meg, míg az endoterm-exoterm inverzió szintén 900 °C körül.

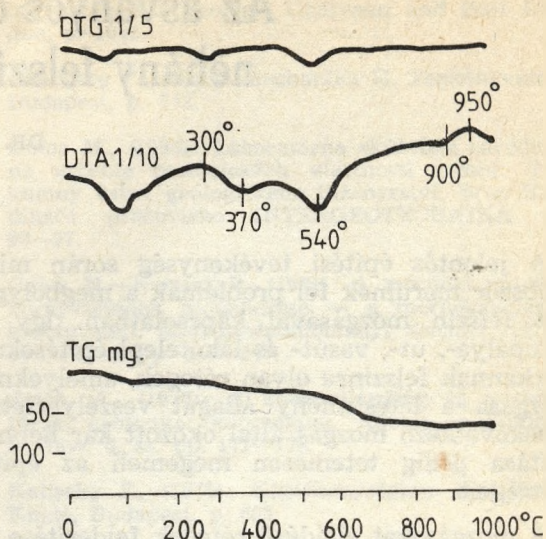
Az agyag fizikai jellemzői szintén lineárisan változnak az agyagásvány-tartalommal (Farkas J.—Bardóczy A. 1982.).

Alsó miocén korú, tufa mállásából képződött agyagban alakult ki erős mozgás Saglótárjánban a Pécskő dombon. (Kézdi, et. al. 1976.). A csúszólap a szürke és a sárga agyag határfelületén képződött.

A két mintáról készült derivatográfus felvétel igen sok egyezést mutat. Jelentős vízleadás után; a sárga mintában 370 °C-nál endoterm csúcs is van; a rácsbomlást jelző endoterm csúcs 540 °C-on jelenik meg. 870—930 °C-on találjuk meg az endoterm-exoterm inverziót (3. ábra.).

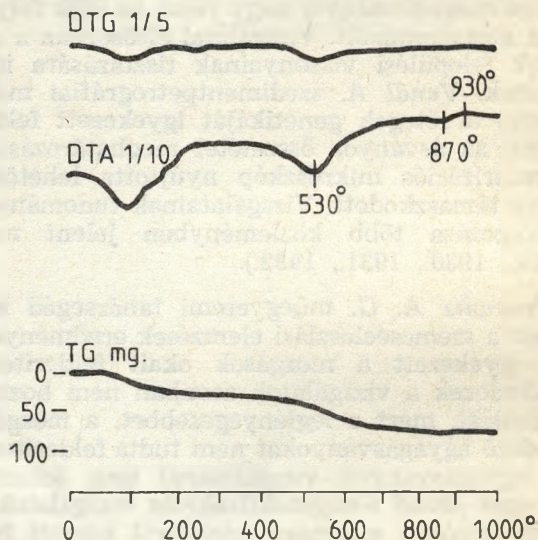
A Gyöngyösvisonta környéki Thorez külfejtés felső-pannon korú lignit bányászatában jelentős nehézséget okoznak a rétegek fedőjében és a rétegek között feltárt agyagcsíkok. Ezek több csúszást is okoztak. Megvizsgálva a csúszólapokból vett mintákat, egyöntetűen jelzik a jellegzetes derivatográfus képet (4. ábra). A rácsbomlást jelentő endoterm csúcsot 545 °C-on, az endoterm-exoterm inverziót 880—910 °C-on találjuk meg a DTA-görbén. A TG-görbén mérhető súlycsökkenés a csúszólap esetében (4. ábra, b) görbe) 5,5%, ami jelentős agyagásvány „gyarapodást” jelez, (mintegy 80%!) az eredeti szürke agyaghoz viszonyítva.

Áttekintve a vizsgált mintákat, egyöntetű DTA-görbék jelennek meg a különböző korú agyagokból készült felvételeken. Az Ajka, továbbá Komló, Orfű, Abaliget, Sátoraljaújhely, Csaroda környékéről származó minták szintén a jellegzetes görbét adják.



SALGÓTÁRJÁN SÁRGA AGYAG

a)

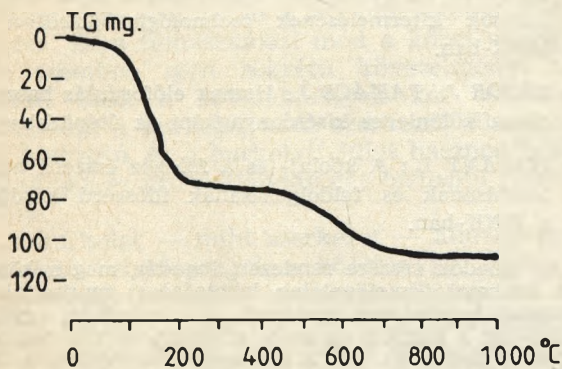
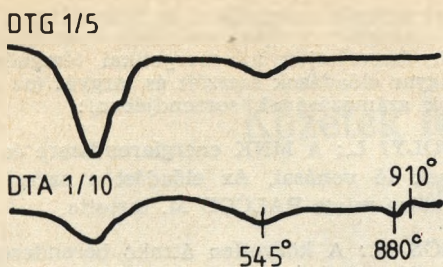


SALGÓTÁRJÁN SZÜRKE AGYAG

b)

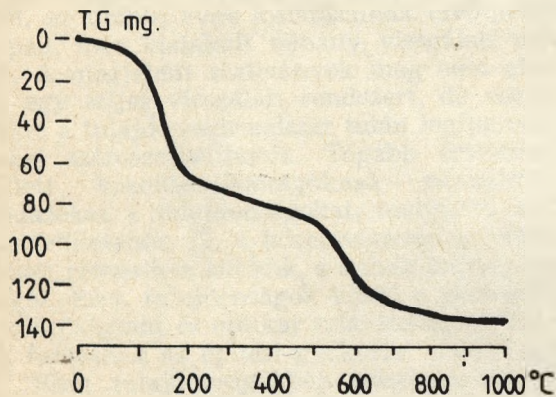
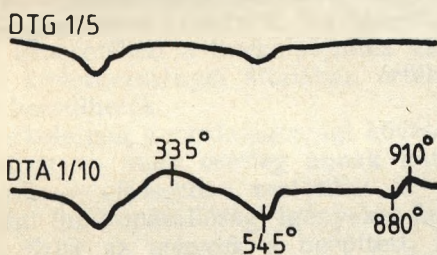
3. ábra. a) Sárga agyag a salgótárjáni Pécskődombról
b) Szürke agyag a salgótárjáni Pécskődombról

Az elvégzett vizsgálatok alapján a mintákban található agyagásvány nem azonosítható egyik ásványcsoporttal sem. Jellegzetesen röntgenamorfok, ugyanakkor a derivatográfus felvételen jellegzetes görbét adnak. Jellemző, hogy légszáraz állapotban a tapadó vízük 5—6% körül van, a rácsbomlást jelző endoterm csúcs rendszerint aszimmetrikus és 860—900 °C körül endoterm-exoterm inverziót mutatnak, amihez már súlycsökkenés nem járul. Az ásványok mennyiségét a TG-görbén mért súlyvesztéséből (400—1000 °C között, ha karbonátmentes az agyag) számítani lehet.



VISONTA ALSÓ SZÜRKE

a)



VISONTA CSÚSZÓLAP

b)

4. ábra. a) Szürke agyag a visontai külfejtésből
b) Sárga agyag a visontai külfejtésből

A talajmechanikai jellemzők az agyagásvány-tartalommal arányosak, így a folyási határ:

$$W_L = a \cdot \text{agyagásvány } \% - \text{CaCO}_3 \% \quad (1)$$

összefüggés vezethető le (Bidló G. 1971.), amiben az a az agyagásvány összetételtől függő állandó (Simon—Bidló 1976.). Hasonló összefüggést talált Farkas J. (1982.) is a különböző korú agyagokra.

Az eddigi tapasztalatok alapján a derivatográf-fal végzett termoanalitikai vizsgálat alkalmas — megfelelő mintavétel mellett — már az első, bejárési terv szakaszban, az egyes területek agyag vagy agyagásványt tartalmazó rétegeinek felderítésére, a vizsgálat eredményei alapján a talajmechanikai jellemzők közelítő meghatározására és mozgások ásványtani okainak kimutatására, illetve előrejelzésére.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bidló G., (1971): Mineralogical analysis of Duna-újváros pleistocen drilled samples. Periodica Polytechnica, Civil Engineering, Vol. 15. pp 3—11.
- [2] Bidló G., (1980): Néhány közfelfszíni mozgás anyagának ásványtani vizsgálata. Mérnökgeológiai Szemle, 26. pp 9—17.
- [3] Farkas J.—Nagy L., (1980): Az M—3 autópályán bekövetkezett egyik rézsűcsúszás vizsgálata. Mélyépitéstudományi Szemle, 30. pp 454—460.
- [4] Farkas J.—Nagy L., (1982): Investigation of a Slopeslide on the Motorway M—3. Periodica Polytechnica, 26. pp 199—212.
- [5] Farkas J.—Bardóczy A., (1982): Az M—3 autópálya hatvani bevágásának csúszásvizsgálata. Mélyépitéstudományi Szemle, 32. pp 217—223.
- [6] Farkas J., (1982): Agyagok réteghatárán meglévő anomáliák szerepe a hazai rétegcúszások kialakulásában. Kandidátusi értekezés, Bp. 1982. p. 68.
- [7] Kézdi Á.—Farkas J.—Kabai I., (1976): Csúszás a salgótarjáni Pécskődombon. Mélyépitéstudományi Szemle, 26. pp 116—124.
- [8] Kretzói M.—Pécsi M., (1979): Pliocen and pleistocene development and chronology of the Pannonian Basin. Acta Geologica, 22. pp 3—33.
- [9] Pécsi M., (1982): The most typical loess profiles in Hungary. Quaternary studies in Hungary. pp 145—169. INQUA 1982.
- [10] Posewitz A. G., (1933): Súvadások a Rókushegyen. Hidrológiai Közöny, 13. pp 91—99.
- [11] Posewitz A. G., (1935): A Rókus-hegy geológiája, különös tekintettel a súvadásokra. Bölcsészdoktori értekezés, Bp.
- [12] Simon A.—Bidló G., (1976): Correlation between mineral content and Atterberg-limits in the soils of South-Cameron. Proc. 5th Conf. on Soil Mech. and Found. Eng. 1956. Bp. pp 161—166.
- [13] Vendl A., (1929): Rutschungen in lössbedeckten Tongebieten im III Bezirk von Budapest. Geologie und Bauwesen 1. H. 2. S. pp 1—20.
- [14] Vendl A., (1930): A budapesti agyagterületek csúszamlásai. Magyar Mérnök és Építész Egylet Közönye. 1930. febr. 16. 64. pp 65—72.
- [15] Vendl A., (1931): A kiscelli agyag mállása. MTA Mat. Term. tudü Ért. 48. pp 237—255.
- [16] Vendl A., (1932): A kiscelli agyag. MFI Évkönyve, 29. pp 97—154.

- a harmadik sorozatban a „Részecske technológia” témakör került napirendre. Szó volt a szemcsés anyagok fizikai sajátságairól és azok meghatározásának mérés-technikai lehetőségeiről, az ömlesztett anyagok mozgásáról és tárolásáról, valamint az örvénylő rétegek technikájáról. Összefoglaló előadáson ismertették a részecske-technológia tudományos vonatkozásait, a nagyságeloszlás folyamatos mérésénél fellépő eljárás-technikai nehézségeket, a gáz — szilárd fázisú örvénylő rétegek matematikai modellezésének problémáit, valamint a fluidágyas széntüzelés lehetőségeit (68 előadás);
- a negyedik sorozat a „Szerkezeti anyag-technikát” választotta témául. Részleteiben a szerkezet és felépítés vizsgálatát, a vizsgálati módszerek fejlődését, az anyagkárosodások okainak felderítését, valamint az új ismeretek technológiai hasznosításának feltételeit; az előállítási technológia hatását a félvezetők minőségére, meg a szervezetben nem fémes szerkezeti anyagok alkalmazásának és fejlesztésének lehetőségeit; továbbá egyes ásványi nyersanyagok hasznosításának és sajátágainak kapcsolatát vitatták meg. Megemlékeztek végül FERSMAN munkásságáról születésének 100 éves évfordulója alkalmából (202 előadás);
- az ötödik sorozatban „A bányászat ipari fejlesztésének gazdasági és társadalmi problémái” volt a témák címszava. A hazai nyersanyagok gazdaságos hasznosításának és feldolgozásának problémáit, valamint a bányászati vállalatok vezetésének és tervezésének folyamatait elemezték. Alkalom nyílt a földtani-műszaki-gazdasági kapcsolatok és a szervezeti-vezetési formák nemzetközi összehasonlítására, valamint a kutatóhelyek és az ipari szervezetek együttműködésének megismerésére (28 előadás);
- a 3. AGRICOLA-kollokviumon GEORGE SPACKELER (1883—1960) tevékenységét méltatták és leplezték a volt lakóházán elhelyezett emléktáblát.

Magyar szerzők energetikai és rokontárgyú (5), valamint szerkezeti anyag-vonatkozású (14) előadásokat tartottak. Ismertetjük az energetikai témakörbe tartozó magyar előadások szerzőit és tárgyát (az előadás-sorozatok számozásának sorrendjében):

- KAPOLYI L.: A MNK energiarendszere és fejlesztésének fő vonásai. Az előadást a szerző akadémizációja miatt PALÓCZ M. tartotta.
- ÖKRÖS M.: A közvetlen átrakó berendezés alkalmazásának legújabb tapasztalatai és eredményei a Thorez-külfejtésen, Visontán, a MNK-ban.
- GYÖRGY S., SZABÓ I.: Több telepes lignit-előfordulások kitermelésének technológiai kérdései a MNK-ban.
- SÉBOR J., TAKÁCS J.: Homok előfordulás hasznosítása különleges kísérőanyagként az útépitésben.
- POGÁNY L.: A kőolaj- és a földgáz ésszerű hasznosításának és feldolgozásának időszerű kérdései a MNK-ban.

Az előadók részére rendezett fogadás, meg a kötetlen szakmai összejövetelek lehetőséget nyújtottak a szakmai kapcsolatok ápolására. A nemzetközi együttműködést a külföldi és hazai szakemberekkel készített interjúk segítették elő. A freibergi tartózkodást a társasági rendezvények: a dómkoncert (Bach: Kunst der Fuge, a Drezdai Filharmónia kamarazenekarával), a bányász—kohászbál (artistabemutató, tánczenekar), a kiállítások és múzeumok megtekintése, meg a szokásos alkalmi bélyegek beszerzése tette változatossá.

A következő évben (1984. június) ismét teljes körű nagyrendezvényre kerül sor.

Pogány László

Közetek felületi tulajdonságai

DR. MAREK ISTVÁN

Az építési kőanyagok felhasználásának egyik, talán leginkább szembetűnő módja a diszítőkőként való felhasználás. A mai építészet e felhasználáskörben elsősorban a lapburkolatokat alkalmazza. Ez a felhasználási mód a kőzet anyagával szemben igen sokrétű követelményt támaszt. Ezek a követelmények két csoportra oszthatók; a burkolat mint szerkezet állandóságát biztosító, és a burkolatfelület hasznos tulajdonságait és azok állandóságát biztosító jellemzőkre.

A burkolat — mint szerkezet — állandóságát biztosító tulajdonságok a kőzetanyag, aljzat és a felerősítő (kapcsoló) szerkezet jellemzőiből tevődik össze és bizonyos mértékig méretezhető, ha ismert a kőzet és a többi szerkezeti elem szilárdsági, testsűrűségi, hőtágulási stb. tulajdonsága. A kőanyag vonatkozásában ezen tulajdonságok meghatározására már többé-kevésbé megfelelő szabványos vizsgálati módok állnak rendelkezésre. Ezek a tulajdonságok elsősorban a kőanyag teljes térfogatát jellemzik, s a kőzettani adatok függvényében egy-egy kőzettípusra meghatározott (ill. meghatározható) összefüggésrendszert képeznek. Az összefüggésrendszer ismeretében a burkolatépítés várható gazdasági következményei általában értékelhetők vagy becsülhetők.

A kőburkolatnak a gazdaságossági követelmények mellett — vagy esetleg annak háttérbe szorításával — elsősorban esztétikai és egyéb célszerűségi (pl. kopásállóság) igényeket kell kielégíteni. Ezek az igények a beépített, látszó kőzetfelülettel, ill. a felület tulajdonságrendszerével kapcsolatosak. A rendszer elemeinek mérésére az építési kőanyagok szabványrendszerén belül, az utóbbi évek kutatásainak eredményeképpen, már kialakult néhány vizsgálati módszer. A megjelent szabványok még nem alkotnak egy teljes vizsgálati rendszert, de segítségével a tulajdonságrendszer talán legfontosabb elemei számszerűsíthetők. Tágabb értelemben felületi kőzettulajdonságoknak nevezhetjük mindazokat a tulajdonságokat, melyek a kőzet határfelületéhez, ill. a kőzet viszonylag vékony felületi rétegeihez kötődik, s annak jellemzésére szolgál. Ezen tulajdonságok közül a geometriai, a szilárdságtani és optikai tulajdonságok látszanak fontosnak az építési gyakorlat szempontjából. Ezen tulajdonságokban meghatározó szerepet játszik a felület kőzettani összetétele, szövete, az egyes kőzetalkotók tulajdonságai, valamint az alkotók közötti kötés. A felület kőzettani tulajdonságain — mint kőzetadottságon — kívül a felület kialakítási technológiája lényeges összetevő. Nyilvánvalóan más tulajdonságokkal rendelkezik egy ugyanazon kőzetből kiképzett hasított vagy fényezett felület.

Az eltérés elsősorban a felület geometriai tulajdonságaiban van, s ez hatással van más jellemző tulajdonságokra (pl. fényesség) is. Geometriai tulajdonságok vonatkozásában csak a beépíthető köelemek megengedett alak- és méreteltérései (tűrései) szerepelnek az MSz 18294—79-es szabványban, melyeket egyszerű mérőeszközökkel ellenőrizni lehet, de a felület egyéb geometriai tulajdonságainak jellemzésére alkalmas mérőeszköz tudomásom szerint a kőfaragóiparban nem működik.

A fémipari megmunkálás területén az MSz 9655—81-es szabvány F1 függeléke táblázatban foglalja össze az ún. egyenetlenségeket. Egyenetlenségnek nevezve a valóságos felületnek egy célszerűen választott — ráfekvő felülettel párhuzamos — névleges felülethez viszonyított kiemelkedéseit és bemélyedéseit, ill. az eltérések méreteit. A valóságos felület egyenetlenségeit a névleges felületre merőleges metszetekben, ún. profilokban vizsgálja.

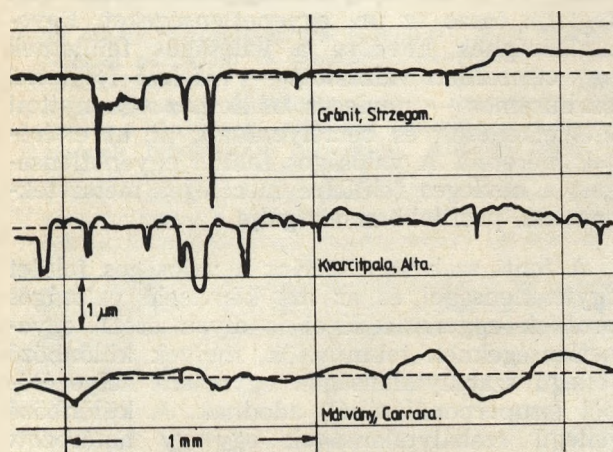
A fenti szabvány szerint a valóságos felület egyenetlenségei és az azt képviselő valóságos profilok egyenetlenségei is olyan eredő egyenetlenségeknek tekinthetők, melyek különböző jellegű szabálytalanságok egymásra helyezéséből (szuperponálásából) adódnak. A különböző jellegű szabálytalanságok egy-egy határozott hullámhossz-tartománnyal jellemezhetők és egy-egy tartomány vizsgálatakor a többi tartományba eső szabálytalanságok hatását figyelmen kívül kell hagyni. Így válik lehetővé azok — megfelelően választott makro- vagy mikrogeometriai vizsgálattal — alakeltérésként, hullámosságként vagy érdességként való értékelése.

Alakeltérés esetén egyszerű mérőeszközökkel (pl. sablon) megállapítható az eltérés mértéke, s hullámhossza a megmunkált felület méretének nagyságrendjébe esik. A hullámosság már mikrogeometriai jellemző, s elsősorban periodikusan megjelenő eltérésekre vonatkoztatható. Az érdesség — e fogalomkörben — szintén mikrogeometriai jellemző, de csak a hullámossági átlagfelülettől vagy profiltól való, többnyire szabálytalan (zajszerű), eltéréseket tartalmazza. Tehát ha van is esetleg jellemző hullámhossza, az nagyságrendekkel kisebb a hullámosságénál. Ez vagy fokozatosan, vagy lépcsőzetesen csökkenő hullámhossztartomány szerint jelentkezhet a rácsméret nagyságrendjéig a mikroérdességig.

Kőzetfelületek esetén ez a jellemzési elv közvetlenül felhasználható. Itt is jelentkezhet alakeltérés, hullámosság, érdesség, de ezeket a tulajdonságokat a megmunkálás módja mellett a

kőzet szövete és ásványos összetétele lényegesen jobban befolyásolja, mint a fémek esetében. Még a leggondosabban kialakított fényezett kőzetfelületek is tartalmaznak kiemelkedéseket és bemélyedéseket. Ezek az eltérések a kőzet anyagi, szilárdsági, kopásállósági inhomogenitásának következményei.

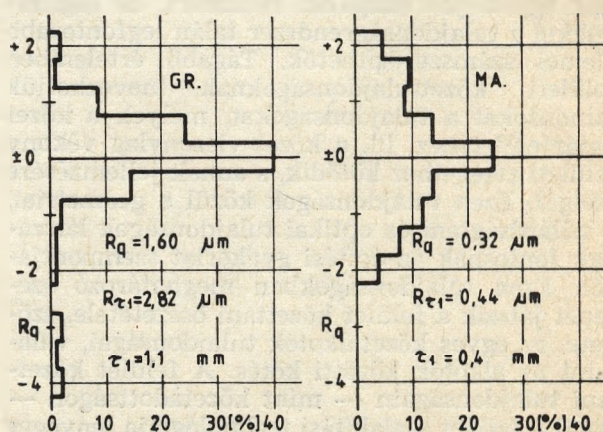
Ez az inhomogenitás jelentkezik a kőzetalkotók kötési mentén, valamint egy kőzetalkotó helyi diszlokációinak megfelelően is. A ráeső fényes fénymikroszkópos felvételek igen jó szolgálatot tesznek a mikrogeometriai jellemzők illusztrálására és kvalitatív meghatározására, de általában azok mennyiségi értékelésére nem alkalmasak. Erre a fémipar gyakorlata különböző elveken működő (elektromechanikus, optikai, pneumatikus stb.) műszereket alkalmaz. A BME Gépgyártástechnológia Tanszéken működő metasztappintós, elektromechanikus berendezés által fényezett kőzetfelületekről felvett néhány profilszakaszt mutat az 1. ábra. Meg kell je-



1. ábra. Néhány kőzet fényezett felületének jellemző profilgörbeszakasza. (BME Gépgyártástechnológiai Tanszék vizsgálata)

gyezni, hogy e módszerrel a felvett profil a tényleges profilnak egy burkológörbéje, mivel a profilpontok letapogatása egy $3 \mu\text{m}$ átmérőjű gömbtüvegsúccsal rendelkező gyémánttűvel történt. A három kőzet profilgörbéje jellegzetesen eltérő. Mindháromban jelentkezik eltérő gyakorisággal egy igen rövid hullámhosszú, viszonylag nagy amplitudójú eltérés, melyet a felület hasadozottságának is nevezhetünk. Mindhárom görbén észlelhető az eltérő, vagy csak más helyzetű kőzetalkotók mikrogeometriai hatása. A Gépgyártástechnológiai Tanszék metasztappintó berendezése a helyettesítő profil felrajzolásán kívül elektronikus úton közvetlenül digitális mikrogeometriai jellemzőket is szolgáltat az észlelt profilról. Közvetlenül adja a felületi profil átlagos érdességét (R_a) és maximális egyenetlenségét (R_m). Ezen mérőszámok definícióit — több más mellett — a MSZKGSZT 1156—78-as szabvány tartalmazza. Eszerint az átlagos érdesség a valóságos profil pontjainak a középvonaltól mért átlagos távolsága. A maximális egyenetlenség az alaphosszon belül a középvonaltól mért legnagyobb kiemelkedés és

legnagyobb bemélyedés méretének összege. A többi felületjellemző mérőszám megállapításához az analóg profilt digitalizálni kell. A vizsgálatok feloldóképessége tulajdonképpen a profil teljes hosszúságától és a leolvasott profilmagasságok egymástól való távolságától függ. E vizsgálatosorozatban kb. 10 mm-es hosszúságú profilok álltak rendelkezésemre, a profilmagasságokat $\Delta x = 0,1 \text{ mm}$ -es távolságonként határoztam meg. A további felületi jellemzőket e pontok adataiból számítottam. A Δx távolság további csökkentése a feloldóképességet erősen növeli, de a meghatározott jellemzők megbízhatóságát nem változtatja lényegesen. Erre a szelvényhossz növelése lenne célszerű, de az alkalmazott berendezés ezt nem tette lehetővé. A középvonaltól lefutását célszerű a regresszióanalízis módszereivel meghatározni. Ez a függvényalak legtöbbször lineáris a mérési hosszban belül, de a kézi alakítású, viszonylag kisfelületű próbatestjeink esetében a felület kismértékű íveltsége miatt másodfokú parabolát alkalmaztam. A profilpontok e vonal, mint középérték körüli szórása tulajdonképpen a profil simasági mérőszámát (R_q) adja. Ha az eltéréseket e mérőszámmal osztjuk és a kapott hányadosokat gyakorisági hisztogrammal ábrázoljuk, a felületeltérések jellegére igen jellemző ábrát kapunk. Célszerű a normalizált gyakorisági görbe használata, mert így különböző jellemző eltéremérettel rendelkező profilok alakjellege is jól összehasonlítható. Könnyen belátható például, ha a profil egy fűrészfogszzerű periodikus egyenesekből áll, akkor az eloszlástípus egyenletes lesz. A szinusz függvényhez hasonló lefutású profil egy kétmaximumos gyakorisági görbét ad a középvonaltól gyakorisági minimummal. Mély, szűk völgyekkel szabdaltnak, különben egyenletes profil gyakorisági görbéje erőteljes asszimetriát mutat. Különböző magasságokban túlnyomórészt a középvonallal közel párhuzamos profilszakaszokat tartalmazó görbe többmaximumú lesz. Természetesen a gyakorlatban ezek az alapesetek egymással kombinálódhatnak, s ez sokszor megnehezíti az alakjelleg tisztázást. Ilyen jellemző normalizált gyakorisági hisztogramokat mutat a 2. ábra.



2. ábra. Gránit (Strzegom) és márvány (Carrara) fényezett felületének normalizált mikrogeometriai magasságtérségeinek gyakorisági hisztogramja

A strzegomi gránit görbéje aszimmetrikus, s jól elkülönül a kvarc, földpát és a színes elegyrészek szintje. A carrarai márvány közel szimmetrikus görbét mutat. Úgy néz ki, mintha a szinuszos jellegű görbe kombinálna a közép-vonal szintjén lévő egyenesekkel. Ha meggondoljuk a kőzet heterogenitásának és a nemez-alapon való kézi fényezési technológiájának következményeit, a kapott gyakorisági görbék mások nem is igen lehetnek.

Az eddig ismertett mérőszámok csak a közép-vonaltól való eltérésre, az eltérések átlagos vagy maximális mértékére nyújtanak információt. A normalizált eltérésgyakorisági hisztogram a profil alakjára és lefutásjellegére ad támpontot, de nem tartalmaz semmiféle infor-

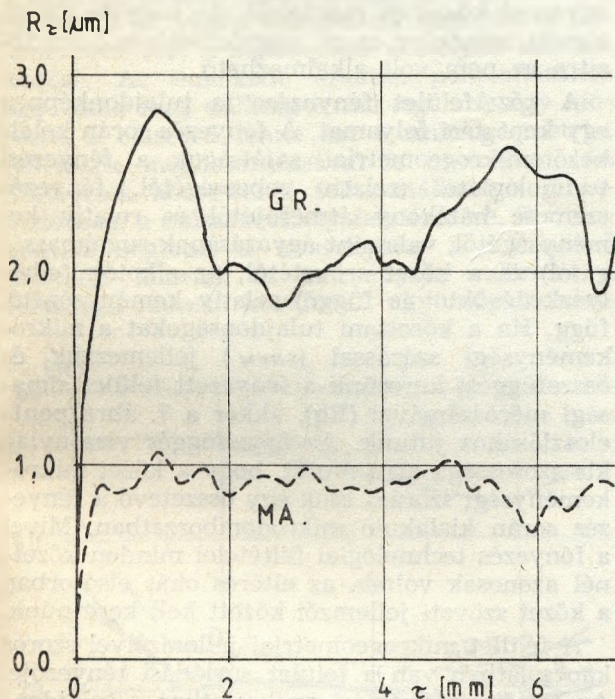
mációt az azonos magasságú ill. magasságeltérésű pontok egymástól való távolságára, az esetleges periodicitás kimutatására. Ezt a feladatot az MSz 9655—81 szabvány F2 függeléke egy ún. autokorrelációs függvényvel, illetve annak Fourier-transzformáltjával oldja meg. Ez az autokorrelációs függvény igen érzékeny a periodicitásra, de szorzatösszeg-jellege miatt ordinátaértéke nem szemléletes. Ezért a kőzetfelületek hasonló jellegű jellemzéséhez a geostatistikában szokásos variogram alkalmazását javaslom. Ez abban tér el az autokorrelációs függvénytől, hogy ordinátaértékei (R_τ a következő összefüggés szerint számíthatók:

$$R_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^m (y_x - y_{x+\tau})^2}{m}}$$

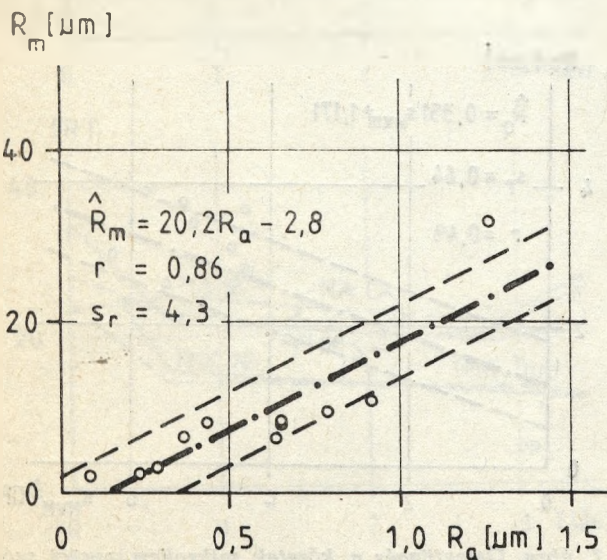
ahol $(y_x - y_{x+\tau})$ az egymástól τ távolságra lévő pontok magasságkülönbsége, és „m” a vizsgálatba bevont pontpárok száma. Ilyen érdekes variogramot mutat be a 3. ábra. Mivel a variogram első szakasza a megbízhatóbb, ezért célszerű annak első maximumát (R_{τ_1}) és maximumhelyét τ_1 külön mérőszámként kezelni, mivel ez az a legrövidebb félhullámhossz, ahol a legnagyobb valószínűséggel fordul elő a maximális magasságkülönbség. A variogram görbéjének további szakasza egy érték körül ingadozik. Az ingadozás mértéke a periodikus jellegű, míg az ingadozás alsó szintje a zajszerű magasságkülönbségekkel arányos. Az ábrán jól látható, hogy a strzeomi gránit periodikus magasságeltéréseinek hullámhossza, kb. 4,5 mm, míg a carrarai márványnál ez az érték csak 0,5—0,7 mm között van.

Az eddig ismertett felületjellemző mérőszámok természetesen egymással is kapcsolatban vannak, hiszen mindegyik ugyanazon fényezett kőzetfelület jellemzésére szolgál. Ilyen összefüggést mutat a 4. ábra, mely a fényezett felületek átlagos érdessége és maximális egyenetlensége között fennálló kapcsolatot mutatja be. A reziduális szórás sávból a forrásvízi mészkő felfelé tér el. Ezen eltérés feltehető oka viszonylag kis gyakoriságú, de nagyméretű pórus, míg a többi tömött kőzet pontjaira — úgy tűnik — egy kisebb meredekségű egyenes illelne jobban.

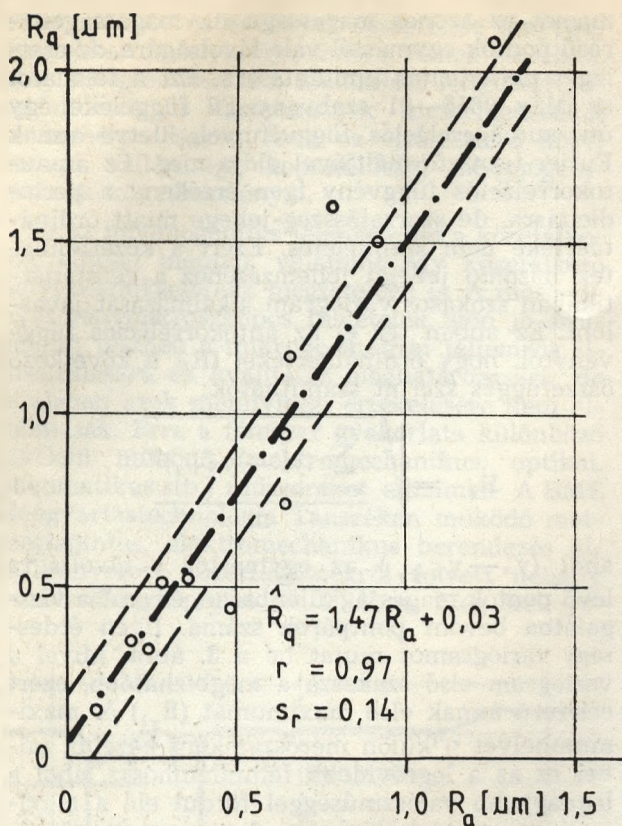
Az előbbinél jobb korrelációs együtthatóval jellemezhető az 5. ábrán bemutatott összefüggés. Ez természetes, mivel ugyanazon magasságeltérésekből számítható mind az átlagos érdesség (R_a), mind a simasági mérőszám (R_q). Ezen összefüggésből jól látható, hogy a viszonylag kis gyakorisággal előforduló, nagy amplitudójú eltéréseket a simasági mérőszám érzékenyebben jelzi, s így használata a fényezett kőzetfelületek jellemzésére előnyösebb. Majdnem egyértelmű függvénykapcsolatot jelent a 6. ábrán bemutatott simasági mérőszám (R_q) és mikrogeometriai variogram első maximuma (R_{τ_1}) közötti összefüggés. Ez a nagymértékű szorosság a kiinduló adatok azonosságának és az értékszámítási mód hasonlóságának következménye.



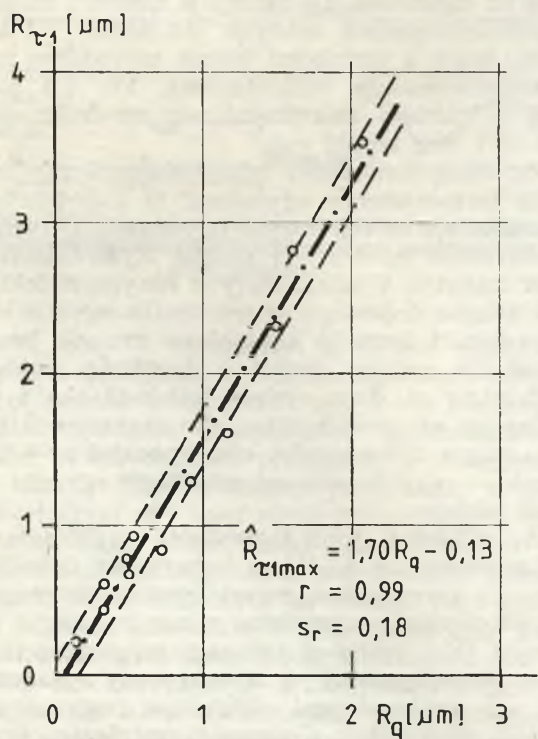
3. ábra. Gránit (Strzegom) és márvány (Carrara) fényezett felületének mikrogeometriai variogramja



4. ábra. Összefüggés az átlagos érdesség (R_a) és a maximális egyenetlenség (R_m) között



5. ábra. Összefüggés az átlagos érdesség (R_a) és a simasági mérőszám (R_q) között



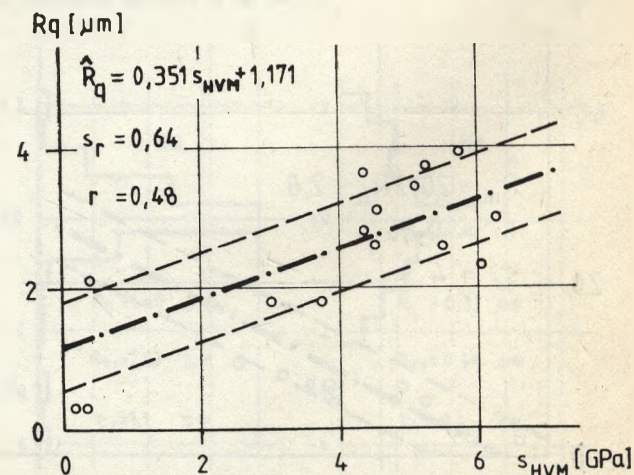
6. ábra. Összefüggés a simasági mérőszám (R_q) és a mikrogeometriai variogram első maximuma (R_{τ_1}) között

A bemutatott összefüggések a fényezett kőzetfelület geometriai jellemzőinek kapcsolatát jelezték. Hasonló vizsgálatot elvégeztünk hasított kőzetfelületeken is. Ezen kísérletekből kiderült, hogy hasonló módszerekkel a mérés és ér-

tékelési folyamat elvégezhető. Az eltérés a profilértékelés során az alapvonal-felvételben van. A hasítás során a kőzetben lévő és a feszültség emelkedésével szaporodó mikrorepedések növekedéséből és összenyílásából következnek be a törés. Ezért a töreti felület alapgörbéje tulajdonképpen több egymást metsző, ill. közös érintővel kapcsolódó ívszakasz kombinációja. Ennek természetesen szintén lehet esetleg egy statisztikailag jellemző hullámhossza és amplitúdója, de statisztikai meghatározásához egy viszonylag hosszú profil szükséges. Rövid profilvonal esetén az ívszakaszok kijelölése igen nagy gyakorlatot kíván. Természetesen a szükséges profilhossz az adott kb. 5,5 cm-es próbatestméretek esetén a kőzet szövetétől erősen függ. Kvarcitpala (Alta) hasított felülete esetén a sík (ill. egyenes) közelítés megfelelő, de kagylós törésű tömött mészkőre és pl. nagykristályos labradoritra az nem volt alkalmazható.

A kőzetfelület fényezése is tulajdonképpen egy koptatási folyamat. A fényezés során keletkező mikrogeometriai sajátságok a fényezési technológiától (relatív sebességétől, fényezőszemcse hatékony átmérőjétől és relatív keménységétől, valamint ágyazásának rugalmasságától) és a kőzet szövetétől, az alkotók (elhelyezkedésüktől is függő) relatív keménységétől függ. Ha a kőzettani tulajdonságokat a mikro-keménységi szórással (S_{HVM}) jellemezzük és összefüggést keresünk a fényezett felület simasági mérőszámával (R_q), akkor a 7. ábra ponteloszlásához jutunk. Az összefüggés viszonylag kis szorossága arra mutat, hogy a kőzet mikro-keménységi szórása csak egy összetevő a fényezés során kialakuló mikrodomborzatban. Mivel a fényezés technológiai feltételei minden kőzetnél azonosak voltak, az eltérés okát elsősorban a kőzet szöveti jellemzői között kell keresnünk.

A felület mikrogeometriai jellemzőivel szoros kapcsolatban van a felület súrlódási tényezője. Az építőipari kutatási gyakorlatban e tulajdonság mérésére az SRT-inga terjedt el. A tanszék javaslatára a METROBER és a Kőfaragó V. áldozatvállalásával a Kálvin téren, a 13. jelű lép-

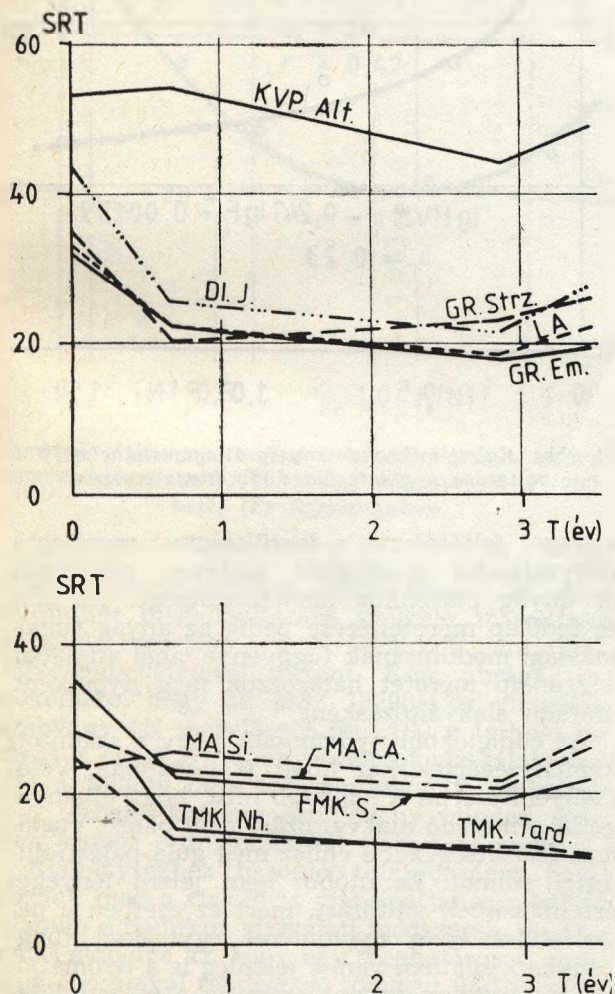


7. ábra. Összefüggés a kőzetek mikro-keménységi szórása (S_{HVM}) és fényezett felületük simasági mérőszáma (R_q) között

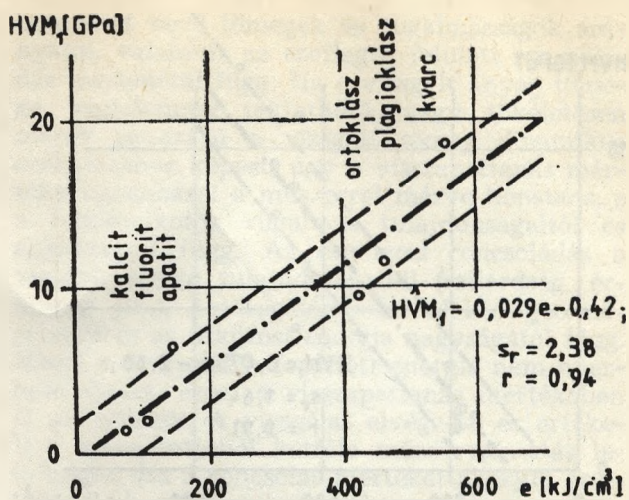
cső és csatlakozó aluljárószakaszon több kőzetből álló kísérleti szakasz készült. Az aluljárószakasz kőzetlapjain a KÖTUKI — részben társadalmi munkában is — SRT súrlódásméréseket végzett.

Az eddigi mérési eredmények egy feldolgozását mutatja a 8. ábra. Az SRT-értékek változásának menete elég egyveretűnek látszik. A kiinduló érték nyilvánvalóan a felületi megmunkálás függvénye. A koptatószemcse az utcai por, és ennek megfelelően egy viszonylag rövid időszak után általában az SRT-értékek lassú csökkenési tendenciát mutatnak. A lassú csökkenési szakaszt idővel a súrlódás emelkedése követi.

Ez a súrlódásváltozási folyamat feltehetően a mikrogeometria változásának következménye, mert a 3. év végén már szabad szemmel is felismerhető volt a keményebb ásványok kiemelkedése. Az emelkedő szakasz pontosításához úgy tűnik még szükség lenne legalább egy mérésre, s célszerű lenne azt a mikrogeometriai jellemzők meghatározásával is összekötni. Az SRT-érték közvetlenül felhasználható a járásbiztonság, a csúszásveszély felmérésére. E szempontból legjobb a kvarcítapala, a különböző mélységi kőzetek és márványok, valamint a forrásvízi mészkő körülbelül ugyanolyan tulaj-



8. ábra. Különböző kőzetek SRT értékeinek változása a kísérleti aluljárószakaszon (KÖTUKI mérési eredményeinek feldolgozása.)



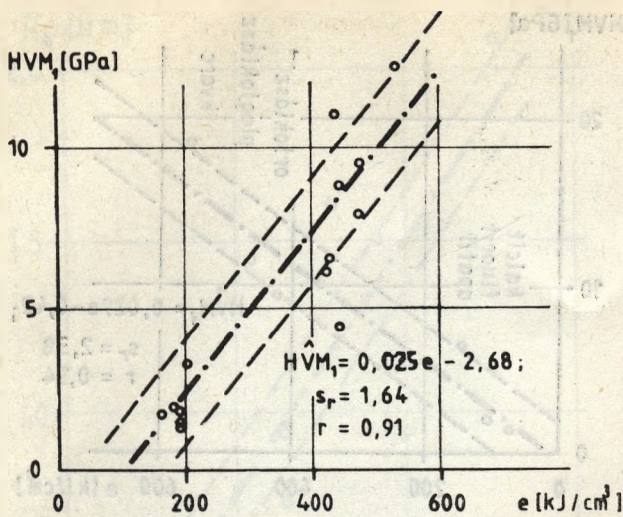
9. ábra. Összefüggés az ásványok számított fajlagos kötési energiája (e) és mikrokeménysége (HVM) között

donságúak. A tömött mészkövek a legkedvezőtlenebbek, s ezeknél még a súrlódásnövekedési szakasz sem észlelhető.

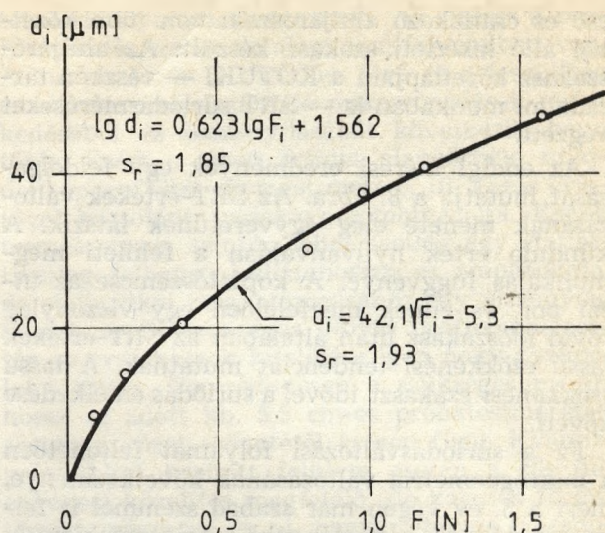
Az eddig tárgyalt geometriai jellegű tulajdonságok — mint a 7. ábra összefüggésénél is tárgyaltuk — összefüggésben vannak a kőzetalkotók mechanikai tulajdonságaival és a kőzet szövetével. A felületek mechanikai tulajdonságainak megállapítására is különböző módszerek terjedtek el. Ezen vizgálatosorozatban a mikrokeménység meghatározásával és összefüggésrendszerével foglalkozom. A Vickers-gúlával végrehajtott mikrokeménységvizsgálat az ún. keménységvizsgálatok közül a statikus, alaktestbenyomásos csoportba sorolható. Az építési kőanyagok szabványrendszerében már szabályozott a vizsgálat végrehajtásának módja, de a vizsgálati eredmény felhasználása vonatkozásában az adatgyűjtés stádiumában vagyunk.

Ha kiszámítjuk egyes kőzetalkotó ásványok ideális kristályára vonatkozó fajlagos kötési energiátartalmat, s megvizsgáljuk ugyanazon ásványok reális kristályain a mikrokeménységet, úgy az értékpárok sora a 9. ábrához hasonló egyenessel jellemezhető. Ezen az ábrán az is kiderül, hogy a hasadó ásványok a várható értéknél kisebb felületi keménységgel rendelkeznek, ellentétben a nem hasadó ásványokkal. Az apatit és kvarc esetében a vizsgált sík a „c” kristálytani tengelyre merőleges volt, míg a többi ásványnál egy-egy hasadási lapon vizsgáltuk a mikrokeménységet.

Az ideális ásványok fajlagos kötési energiátartalmából számítható a kőzettani összetételnek megfelelően egy-egy meghatározott, teljesen kristályos kőzet fajlagos kötési energiája. A számítási módszer már az ideális kristályok esetében is csak közelítő, s ez a közelítés még durvább a kőzetek esetén, de a 10. ábrán jól látható a mikrokeménység összefüggése a kőzet fajlagos energiájával. Az energia szempontjából a ponthalmaz két csoportra oszlik, a karbonátos kőzetek és a szilikátos kőzetek csoportjára. Mikrokeménység szempontjából ez az elkülönülés nem olyan éles, mert a kőzetalkotók mállottsá-



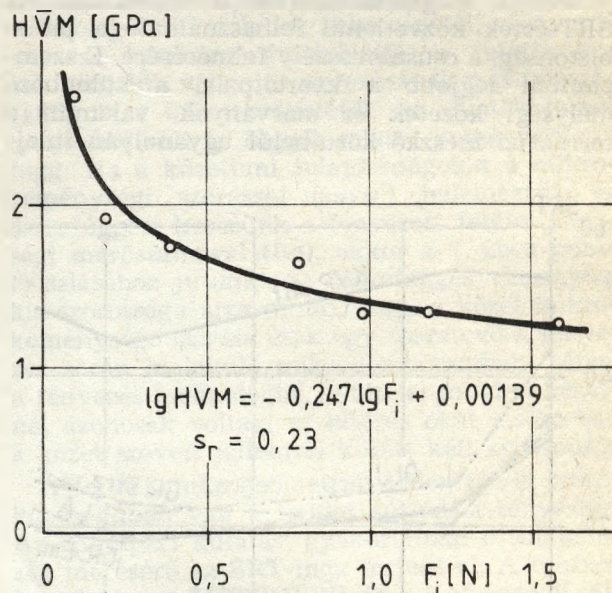
10. ábra. Összefüggés a kőzetek számított fajlagos energiataralma (e) és mikrokeménysége (HVM) között



11. ábra. Összefüggés a gúlaterhelés (F) és az észlelt benyomódás átlója (d) között, kalcit mikrokeménység-vizsgálata esetén

ga az átlagos mikrokeménységértéket igen erőteljesen befolyásolja.

A statikus keménységérték tulajdonképpen a felület ellenállása egy merev tárgy behatolásával szemben. A mikrokeménység vizsgálatánál ez a tárgy egy Vickers-gyémántgúla, s a keménység értéke az alkalmazott terhelés és a keletkezett nyomfelület (palástfelület) hányadosa, tehát feszültség jellegű mérőszám. A tényleges Vickers-féle keménységtől lényegében a terhelés nagyságában különbözik, s ennek következtében a keletkezett nyom csak mikroszkóppal észlelhető és mérhető. A keletkezett észlelhető nyom felületét a nyomátlóból számíthatjuk azzal a feltételezéssel, hogy a nyom geometriája azonos a szabványos Vickers-gúla geometriájával. Az irodalomból régóta ismeretes az a tény, hogy egy azonos anyagra megállapított keménységérték függ az alkalmazott terheléstől, s a keletkezett nyomátló logaritmususa a terhelés logaritmusának lineáris függvénye. Ezt az utóbbi függvényt az irodalomban „Meyer-egyenesnek” nevezik. Ilyen terhelés (F), nyomátló (d) összefüggést mutat a 11. ábra kalcit vizsgálata esetén. Az ábrán feltüntetünk a Meyer-egyenes mellett egy más lehetséges közelítő függvényalakot is. A Meyer-egyenes meredeksége és metszéke a vizsgált anyag tulajdonságaitól függ, tehát nem kezelhetők vizsgálati konstansként. A 11. ábrán feltüntetett terhelés-nyomátló összefüggésből következik, hogy a kalcit észlelt mikrokeménysége a terhelés függvényében a 12. ábra szerint alakul. Ez a viszonylag szoros függvényszerű kapcsolat azt bizonyítja, hogy a mikrokeménység értelmezésében ill. számítás-módjában elvi hiba van. Tény az, hogy a gúla terhelése egy meghatározott erővel történik, a keletkezett maradó nyom plasztikus alakváltozás következménye. A vizsgálat során általában nem észlelhető az alakváltozásnak az időtől való függése, ezért feltételezhetjük, hogy az alakváltozási feszültségek, ill. a kialakuló feszültségtest a terheléssel egyensúlyba kerül. Ez az egyensúlyi feszültségtest képlékeny feszültségeket és a nyomkerület mentén rugalmas feszültségeket tartalmaz. Ideálisan rugalmas-képlékeny



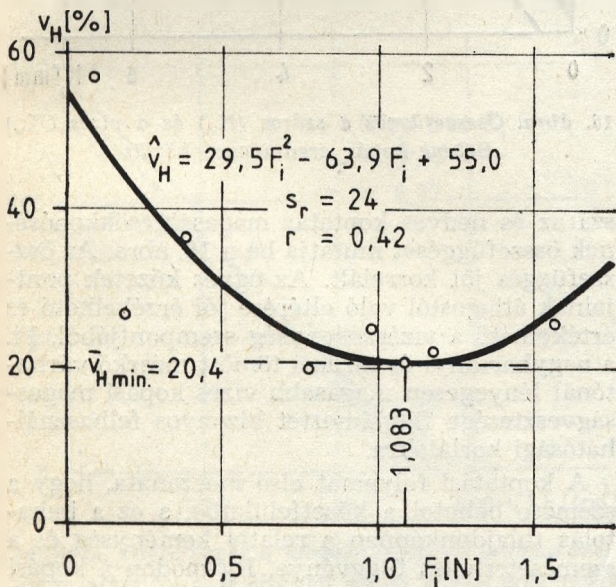
12. ábra. Kalcit mikrokeménység-átlagértékének (HVM) változása a gúlaterhelés (F) függvényében

anyagot feltételezve a feszültségtest merőleges, négyzetalapú csonkagúla, melynek magassága az anyag plasztikus határfeszültsége. Az alap és fedőlap méreteltérése pedig az anyag rugalmassági modulusának függvénye, ahol általában a fedőlap méretét határozzuk meg nyomként, maradó alakváltozásként.

Az eddigiekből nyilvánvaló, hogy a számított keménységérték két hibát is tartalmaz. Véleményem szerint a nagyobb hiba, hogy elhanyagolja a maradó alakváltozást nem okozó, rugalmas feszültségeket s ehhez még gúla-palástfelülettel számol. Ez utóbbi nem jelent lényeges értelmezésbeli változást, mert ez esetben a palástfelület és a nyomméret egymással függvénykapcsolatban van, s jelenleg is a nyomátlóból e függvény szerint számítja a palástfelületet. A terhelés-nyomátló összefüggés elvi függvénykapcsolatának felállítása elvezethet a keménységnek — mint empirikus összehasonlító

eredménynek — új értelmezéséhez, az anyagra vonatkozó ismereteink fejlődéséhez.

A vizsgálat gyakorlati végrehajtása során különböző mérés technikai hibák lépnek fel. Az anyag keménységéhez viszonyítva kis gúlaterhelést alkalmazva a keletkezett nyomméret olyan kicsi, hogy méretének meghatározásakor előforduló hibák és a terhelőberendezés hibái is halmozottan jelentkeznek. Túl nagy terhelés alkalmazásával ugyan a méretmeghatározás relatíve pontosabb lehet, de az alakváltozások túlléphetik az anyag helyi alakváltozási határát, s helyi felhasadozások jöhetnek létre, főleg a viszonylag merev, hasadó ásványok vizsgálata esetén. Másrészről a plasztikus zóna határán lévő rugalmas feszültségek a teljes nyomot szinte szétrobbanthatják (kvarc). Tehát a mérési hibalehetőség újra növekszik. Vizsgálatokat végeztünk reális ásványokon (talk, gipsz, kalcit, fluorit, apatit, ortoklász, plagioklász, kvarc), hogy hogyan változik a keménységérték varianciája a terhelés függvényében. A 13. ábra

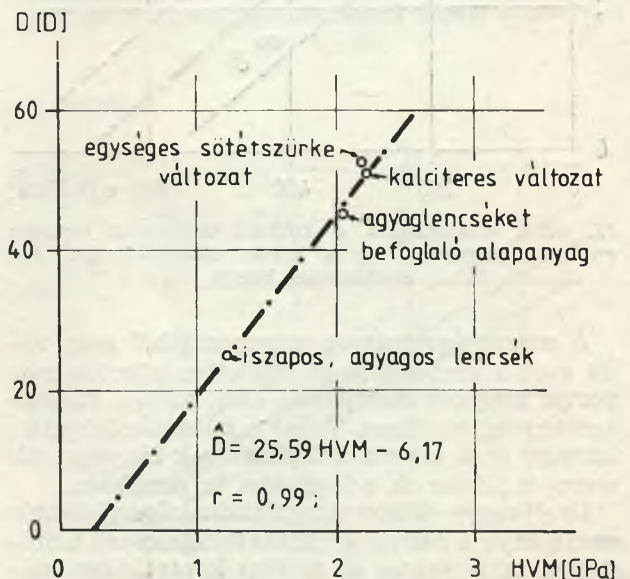


13. ábra. Ásványok (talktól a kvarcig) átlagos mikro-keménység-varianciájának (V_H) változása a gúlaterhelés (F) függvényében

csak a varianciaértékek átlagát tünteti fel, de a minimum megállapítására szolgáló másodfokú parabola illesztése a fenti ásványok pontjainak figyelembevételével történt. Ezen ábrával indokolható, hogy az MSz 18290/4-es vizsgálati szabvány 1N terhelőerőt (kb. 100 g terhelő tömeg) ír elő. Kőzetalkotó ásványok vizsgálata esetén a fellépő hiba valószínűsége itt optimális, s a terhelés-keménységfüggvény minden esetben azonos ordinátaértékét határozza meg.

Keménységhez hasonló tulajdonságot határoznak meg a rugalmas visszapattanás mérésén alapuló dinamikus vizsgálati módszerek. A vizsgálat alapelve az, hogy egy meghatározott mozgási energiával rendelkező tömeget ütköztetünk, vagy közvetlenül vagy alaktesten keresztül közvetve a felülettel, s mérjük a visszapattanás mértékét. A visszapattanás mértéke az ütközés-

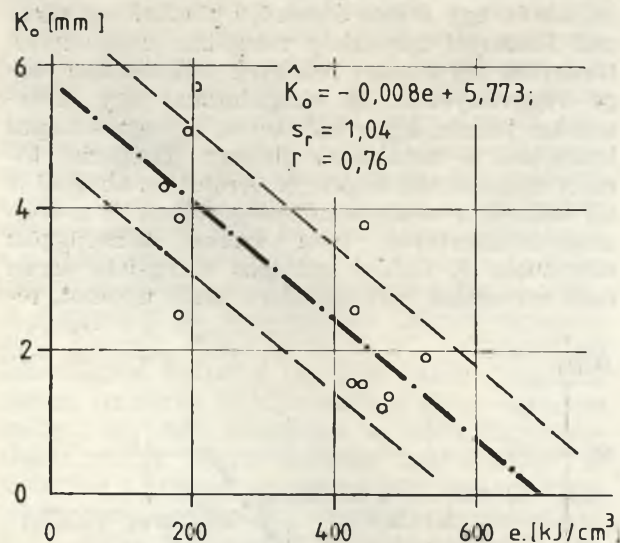
ben részt vevő tömegek és rugalmasságok arányától, valamint az esetleges felületi roncsolódás mértékétől függ. Ha a vizsgált anyag tömege végtelennek tekinthető, vagy tökéletesen merev ágyazású a vizsgált tömeg dinamikus erőhatásához képest, úgy a visszapattanás mértéke ugyanazzal a műszerrel mérve konstans, s a felületalkotók rugalmas tulajdonságaitól és ágyazásától függ. Az esetleges roncsolódás a vizsgált anyag tulajdonságaitól (szilárdság, érdesség stb.), a vizsgálóműszer alaktestgeometriájától és az ütközési energia nagyságától függ. Mivel a roncsolásra fordított energia nem nyerhető vissza, ezért a visszapattanás mértékében is jelentkezik. A vizsgálat elvégzése és értékelése szempontjából kétféle műszerválasztás lehetséges. Ha a roncsolás mértékét akarjuk értékelni, akkor kifelületű alaktestet és nagyenergiájú műszert használhatunk, s az eredmény egy dinamikus keménység jellegű mérőszám. Ha a dinamikus rugalmassági tulajdonságokat akarjuk jellemezni, akkor viszonylag nagyfelületű alaktestet és kis energiájú műszert kell használnunk. E követelményeket a Duroszkóp nevű műszer igen jól kielégíti, s ha a visszapattanás mértékét nem is számítjuk át rugalmassági jellemzőkre, az közvetlenül alkalmas összehasonlításra. A vizsgálati módszer és műszer nagyon hasznos szolgálatot tehet a kőzet anyagi egyenetlenségének kimutatására, valamint konzerválási, szilárdítási feladatok esetén a szilárdítás hatékonyságának ellenőrzésére. A 14. ábrán egy 5 mm átmérőjű gömbsüvegcsúccsal felszerelt duroszkóp vizsgálati eredményeit tüntettük fel a mért felületek mikro-keménység függvényében. A vizsgálatokat egy sötétszürke, fekete, fehér kalciteres, agyagos-iszapos lencsét is tartalmazó glojenji (Bulgária) tömött mészkővön végeztük. Amint az ábrából is jól látható, a mikro-keménységértékek és a visszapattanásértékek igen szoros összefüggést mutatnak. A felület utólagos vizsgálata során nem észleltünk roncsolódásra utaló nyomot, te-



14. ábra. Összefüggés a mikro-keménység (HVM) és a duroszkóp-visszapattanás (D) között a glojenji tömött mészkő különböző változatai esetén

hát a Duroszkópos vizsgálat megfelelő geometriájú csúcs alkalmazása esetén roncsolásmentes felületvizsgálatnak tekinthető.

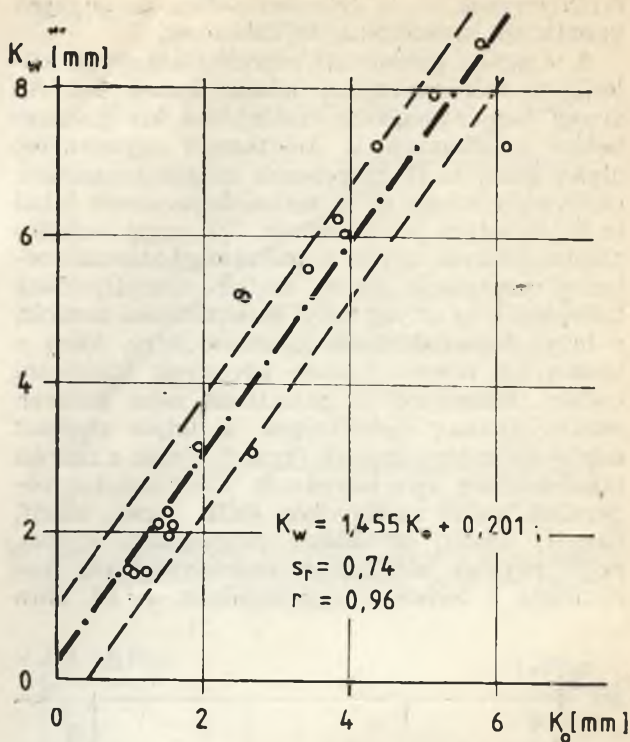
Mechanikai jellegű ellenállóképesség a felület kopásállósága. Ennek vizsgálata általában meghatározott mennyiségű, minőségű és relatív sebességű koptató-szemcsehalmazzal történik. A vizsgálat technológiája szerint a koptató-szemcse lehet megtámasztott és szabad, saját mozgási energiával rendelkező szemcse. A szemcsék megtámasztása lehet az egész halmazra közelítően egyenletes és merev (pl. a Böhme-vizsgálat), valamint helyi megtámasztású (pl. a PEI-vizsgálat). Az építési kőanyagok szabványrendszere a Böhme típusú vizsgálatot tartalmazza. A szabványkészítés előmunkálatai során dr. Kausay Tibor (SZIKKTI) nagyszámú kísérletet végzett. A kísérletsorozat eredményeit feldolgozva a régi Böhme-szabványt modern vizsgálati módszerré alakította. A továbbiakban az ő vizsgálati eredményeit használom fel az összefüggések bemutatására. A szabvány lehetőséget nyújt, hogy a kopást térfogatvesztésnek, vagy magasságcsökkenésnek értékeljük. Véleményem szerint az utóbbi a folyamat szemléletesebb kifejezése, s ezért ennek használatát célszerűbbnek tartom. Amint a 15. ábrán látható, a kopási magasságvesztés (K_o) szintén függ a felület kőzetalkotóinak fajlagos energiataralmától (e), de az összefüggést sok más tényező is befolyásolja.



15. ábra. Összefüggés a kőzetek számított fajlagos energiataralma (e) és a száraz Böhme-kopás (K_o) eredményei között

A magasságvesztés szempontjából nem válik szét a karbonátos és szilikátos kőzetek csoportja még oly mértékben sem, mint a mikro-keményesség esetében. Tehát a kőzetalkotók mállottsága és a szöveti tulajdonságok lényegesebb szerepet játszanak a koptatási folyamatban.

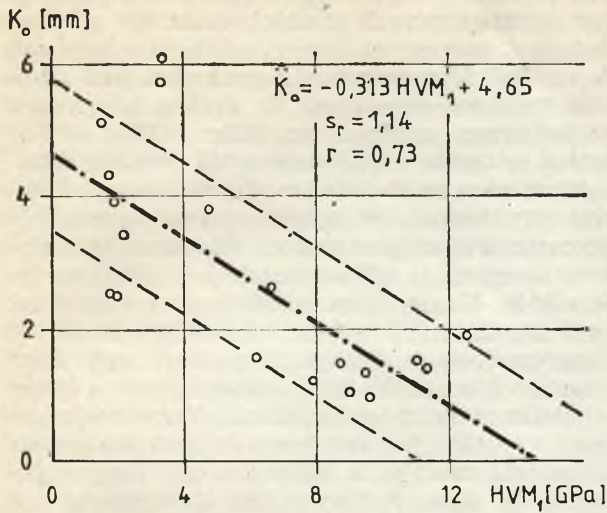
Dr. Kausay Tibor vizsgálatainak igen jelentős eredménye a nedves koptatás feltételeinek kidolgozása is. A száraz és nedves koptatás eredményeinek aránya, egy kőzetanyag ezen igénybevétel során mutatott vízerzékenységére jellemző mérőszám, s mint ilyen, időállósági jellemző. A



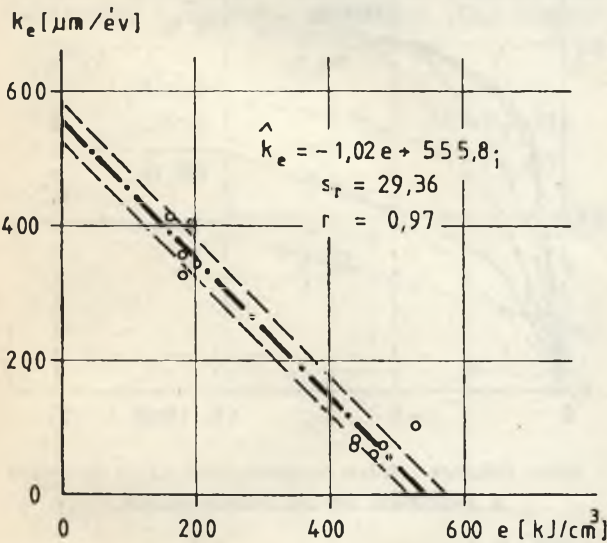
16. ábra. Összefüggés a száraz (K_o) és a vizes (K_w) Böhme-kopás eredményei között

száraz és nedves koptatás magasságcsökkenésének összefüggését mutatja be a 16. ábra. Az összefüggés jól korrelált. Az egyes kőzetek pontjainak átlagostól való eltérése jól érzékelhető és értékelhető a vízerzékenység szempontjából. Pl. a nagyharsányi és tardosi tömött mészkő várhatóan lényegesen magasabb vizes kopási magasságvesztése figyelmeztet bizonyos felhasználhatósági korlátokra.

A koptatási folyamat első mozzanata, hogy a szemcse behatol a kőzetfelületbe, s ez a behatolás tulajdonképpen a relatív keménység és a szemcseterhelés függvénye. Ily módon a kopási magasságvesztés összefüggésben van a kőzetfelület keménységével is. Ezt a tapasztalati összefüggést mutatja a 17. ábra. Az ábrán feltüntetett lineáris függvényalak feltehetően nem alkalmas a tényleges összefüggés leírására, de a pontthalmaz trendjét jól mutatja. Ezen ábrából kitűnik, hogy a mikro-keményesség értékéből csak kis megbízhatósággal becsülhető egy kőzet várható kopási magasságvesztése. Az eltérések okát szöveti és keménységeloszlási tulajdonságokban kell keresnünk. Tehát mindenesetre a kopási tulajdonságok tényleges vizsgálata nem kerülhető el, ha a burkolat igénybevétele koptatási jellegű. A koptatási vizsgálatok eredményei csak akkor használhatók fel a gyakorlatban, ha elegendő tapasztalat halmozódott fel. A tényleges burkolaton — tényleges igénybevétel hatására bekövetkező változások regisztrálását célozta a Kálmán téri kísérleti lépcsőburkolat. A lépcsőél közelében mérhető kopási magasságváltozások mérési hely és kőzetanyag szerinti regressziós vizsgálatával kőzetanyagonként meghatároztuk az évi magasságcsökkenés átlagértékét.



17. ábra. Összefüggés a kőzetek átlagos mikrokeménysége (HVM) és a száraz Böhme-kopás (K_0) között



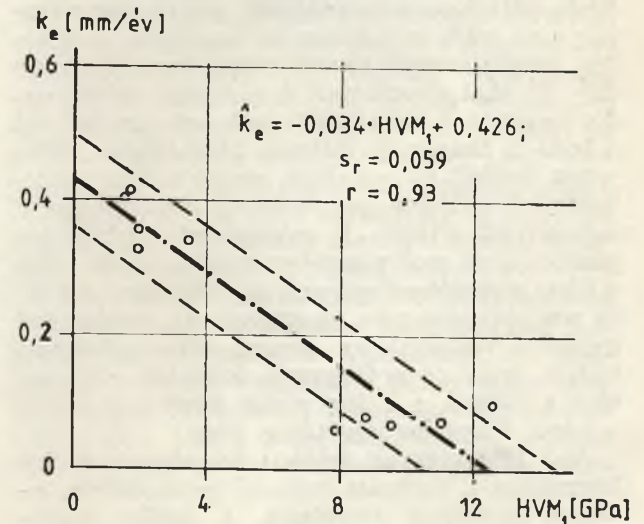
18. ábra. Összefüggés a kőzetek számított fajlagos energiatartalma (e) és a kísérleti lépcső kopási eredményei (k_e) között

A lépcsők anyagtól függő átlagos kopását (K_e) tünteti fel a kőzet energiatartalma függvényében a 18. ábra. A lépcső burkolatához felhasznált kőzetanyagok viszonylag üdék voltak, s így azok átlagos energiatartalma viszonylag jól jellemzi a kőzetet. Az ábrán mindkét szempontból jól elkülönül a karbonátos és szilikátos kőzetek csoportja. A feltehetően rossz alakú feltüntetett függvénytől leginkább a kvarcít-pala tér el. A kőzetek energiatartalma és mikrokeménységének összefüggését ismerve, természetesen, hogy a lépcsőkopás és mikrokeménység szintén összefügg egymással. Ezt az összefüggést ábrázolja a 19. ábra.

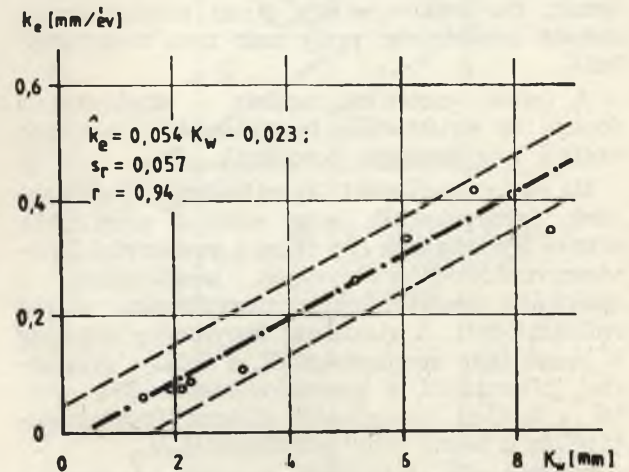
A rendelkezésünkre álló kopási adatok közül úgy találtuk, hogy a vizes koptatás magasságcsökkenése (K_w) szorosabb összefüggést mutat az évi átlagos lépcsőkopással (K_e). Ezt az összefüggést mutatja a 20. ábra. A felírt összefüggés korrelációs tényezője szoros összefüggést mutat, s a reziduális szórás értéke is viszonylag

alacsony, de a ponthalmaz szétválása miatt nem feltétlen biztos az összefüggés alakjának helyesége. A szilikátos kőzetek adott pontjainak elhelyezkedése azt sugallja, hogy a tényleges kopást egy, talán a keménységtől is függő görbe-, ill. egyenessereg jobban írná le, de ezt kellő biztonsággal ezen ponthalmazból meghatározni nem lehet. Erre további vizsgálatokra és tapasztalatszerzésre lenne szükség. A 20. ábrán feltüntetett összefüggés már alkalmas a koptatási vizsgálat eredményének a gyakorlati burkolattervezésben való felhasználására. A vizsgálatok segítségével mindenestre elkerülhetők azon burkolattervezési hibák, hogy nagyforgalmú térburkolatot lényegesen különböző kopásállóságú elemekből állítjuk össze.

A Böhme-típusú kopásvizsgálat nagyon jó szolgálatot tehet a térburkolatok várható kopásának becslésére, de az alkalmazott vizsgálati igénybevétel a tényleges koptatási hatást csak közelítően modellezi. A vizsgálati modelhatás ez esetben mereven megtámasztott, vizes vizsgálat esetében látszólagos kohézióval is rendel-



19. ábra. Összefüggés a kőzetek átlagos mikrokeménysége (HVM₁) és a kísérleti lépcső kopási eredményei (k_e) között



20. ábra. Összefüggés a kőzetek vizes Böhme-kopása (K_w) és a kísérleti lépcső kopási eredményei (K_e) között

kező, koptató szemcsehalmaz. A lehetséges koptatási modellhatások másik szélső esete, ha a koptatóhalmaz minden egyes szemcséje egyedileg fejti ki hatását. Ez a hatás a függőleges burkolatokra ténylegesen előforduló szél által szállított por koptatási igénybevételét modellezi. Ezt a modellhatást viszonylag jól valósítja meg az MSZ 112785/6—75-ös számú szabványban, a finomkerámiai gyártmányok kopásállóság vizsgálati előírásában szereplő Scott-készülék. Az Ásvány- és Földtani Tanszéken is elkészítettünk egy hasonló kísérleti berendezést. A szabványos készüléken a következő módosításokat hajtottuk végre. A halmaz állítható résszélességű kifolyónyílása helyett vibrátorral összekötött szitafelületet használtunk, hogy a vizsgálandó felületre egyenletes eloszlásban kerüljön a koptatószemcse. A próbatesttartó hajlásszögét 22,5°-ról 45°-ra növeltük, hogy a visszapatlanó koptatószemcsék statisztikusan ne rendelkezzenek függőleges mozgásmennyiséggel. Vizsgálati metodikában is eltértünk a fenti szabványtól. Meghatározott szemcsenagysághatárú és tömegű koptatóhomok helyett keményebb, KA—30-as csiszolóport használtunk, s a mintát a tartóban az irányított hatás kiküszöbölése érdekében meghatározott tömgű csiszolóporhatás után 90°—90°-kal elforgattuk. A vizsgálat jelzőtulajdonságaként a tömegcsökkenés mértéke helyett a felületi fényesség változás hányadosban kifejezett értékét választottuk, mivel ebben jelentkezett a legkisebb igénybevételi mennyiségre a legnagyobb eltérés. E módszerrel végzett kopásvizsgálati eredményeket mutatja a 24. ábra a kőzet mikrokeménysége függvényében. Az ábra ponteloszlása nem meggyőző. Az alkalmazott módszer változtatásra szorul. Kiküszöbölendő hibája, hogy csak fényezett felületek vizsgálatára alkalmas, s a fényességi hányados értéke a kőzet fényezhetőségétől is függ.

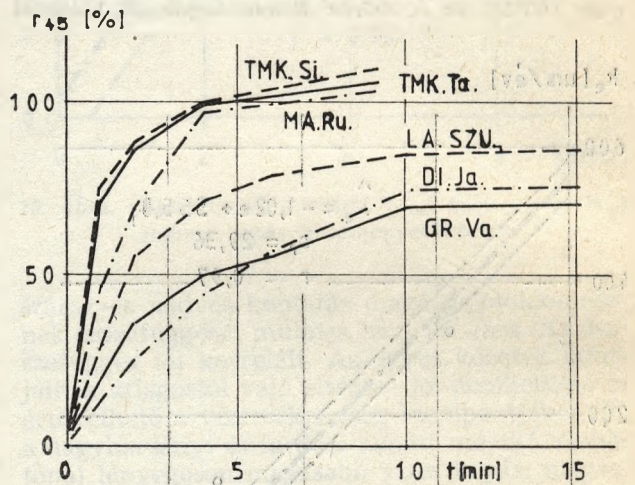
Az eddig tárgyalta felületi tulajdonságok felhasználása a burkolat műszaki tervezésében érdemel különösen figyelmet. A felület mikrogeometriai jellemzői meghatározzák pl. a járásbiztonságot, vagy a tisztíthatóságot is. A felület mechanikai tulajdonságai pl. a keménység, kopásállóság meghatározhatja a burkolat élettartamát, ha ismeretes egy olyan meghatározott méretű alakeltérés, mely már nem megengedhető.

A felület esztétikai hatását — eltekintve a formai és strukturális megjelenéstől — annak optikai tulajdonságai hordozzák.

Ha egy megvilágított kőzettelületet megfigyelünk, észrevehetjük, hogy arról a szemünkbe érkező fénysugarak egy része a geometriai fényvisszaverődés törvényeinek megfelelően, a spektrális összetételének megváltozása nélkül reflektálódott. A visszavert fény mennyisége függ a beeső fény mennyiségétől, a felület geometriai jellemzőitől, a beesési-visszaverődési szögtől, a felületi kőzetalkotók átlagos törésmutatójától és a beeső fény polarizációjától.

Tökéletesen síkfelületű, homogén anyagra a beesési szög és a törésmutató függvényében a reflektált fény mennyiségét a fényvisszaverődés Fresnel képletei fejezik ki. Kőzetek eseté-

ben általában sem a síkfelület, sem az anyagi homogenitás nem biztosított, ezért ezt a tulajdonságot mérési eredménnyel kell jellemezni. A felületi fényességmérés gyakorlatában többféle módszer ismeretes. Az építési köanyagok szabványrendszerében az MSZ 18290/2—80-as számú vizsgálati szabvány e tulajdonság meghatározására az etalonos módszert írja elő. Eszerint egy felület fényességét ugyanazon mérőgeometriával meghatározott sík, anyagában fekete üvegetalon reflexiójának százalékában fejezzük ki. Ha egy kőzettelületet síkra csiszolunk és fényezünk, a fényezési technológia és az idő függvényében a felület fényessége egy felső határértékhez tart. Ezt a határértéket a kőzet adott fényezési módszerrel való fényezhetőségének nevezzük. Néhány kőzet felületi fényességalakulását mutatja a fényezési idő függvényében a 21. ábra. A fényezéshez nemezburkolatú

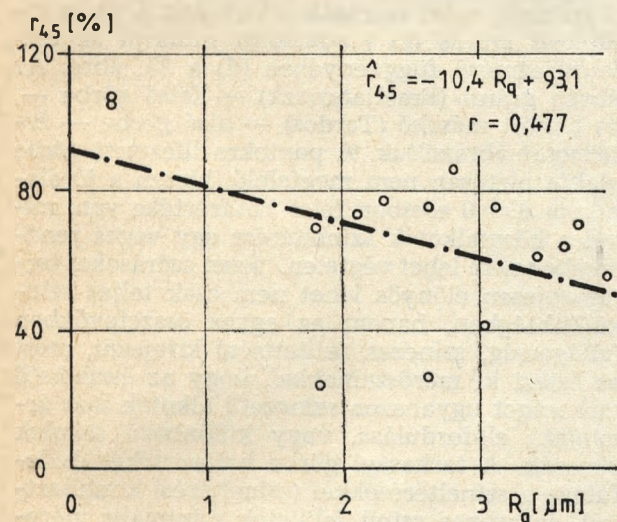


21. ábra. Kőzetek felületi fényességének (λ_{45}) változása a polírozási idő (t) függvényében

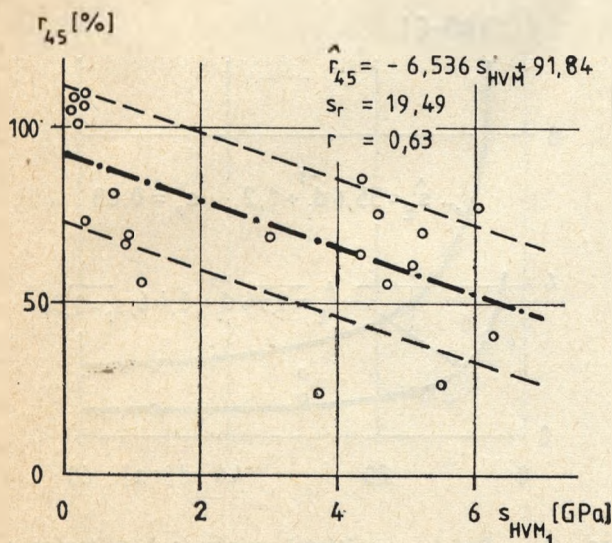
forgó acélkorongot, fényezőszemcséként heresó (kalciumoxalát) vizes szuszpenzióját használtuk, s a forgó korongra a fényezendő próbateszteket kézzel tartottuk és terheltük. Ez a vizsgálati módszer nyilvánvalóan nem szabatos, de jól érzékelhető eltéréseket szolgáltatott. Szabad szemmel is jól követhető volt, hogy egy heterogén kőzet, pl. a gránit (Vanga) fényessége kőzetalkotónként is változott az idő függvényében. Az első szakaszban a viszonylag kis keménységű kőzetalkotók fényesedtek. A fényezést tovább folytatva a keményebb ásványok relatíve kiemelkedtek a felületről. Az így kiemelkedő ásványok a megváltozott nyomáseloszlás következtében viszonylag gyorsan fényesedtek, s a mikrogeometriai magasságtérítés észrevehetően fokozódott. Ezek a tulajdonságváltozások hatásaikban együttesen jelentkeznek a fényesség-időgörbében. A puhább kőzetalkotók fényességváltozása a görbe elején meredek emelkedést eredményez. Meghatározott törésmutatójú ásvány lévén, egy meghatározott határértéknél nem lehet fényesebb, csak a fényezési folyamat során a felülete változik, egyre inkább kopik. Az így relatíve kiemelkedő keményebb ásványok nagyobb fajlagos nyomása következtében

a fényezés hatékonysága megnövekszik, tehát további felületi fényesség szuperponálódik az előzőhöz. Ezen keményebb kőzetalkotók maximális fényessége szintén korlátozott, egy felső határértékhez tart. A fényvisszaverődést mérő műszer csak a makrogeometriailag szabályosan visszaverődött fény mennyiségét méri, ez pedig csak ott jelentkezik, ahol a fényezett felület párhuzamos az átlagsikkal. Tökéletesen ép kőzetalkotók esetén csak a keménységi kontraszttal rendelkező alkotó-határokon fordul elő — csak mikrogeometriailag szabályos — fényezés. Kissé mállott, hasadozott kőzetalkotók esetén a hasadozottság fajlagos felülete fényelnyelőként — üregként — jelentkezik, s a hasadékok széleinek legömbölyödése következtében a mikrogeometriai fényezés is fokozódik. Ezek a fényvesztések a kőzet átlagos törésmutatójából számítható felületi fényességét csökkentik.

45 fokos beesés-visszaverődési szöggel meghatározott maximális felületi fényességértéket (r_{45}) mutat a simasági mérőszám (R_q) függvé-



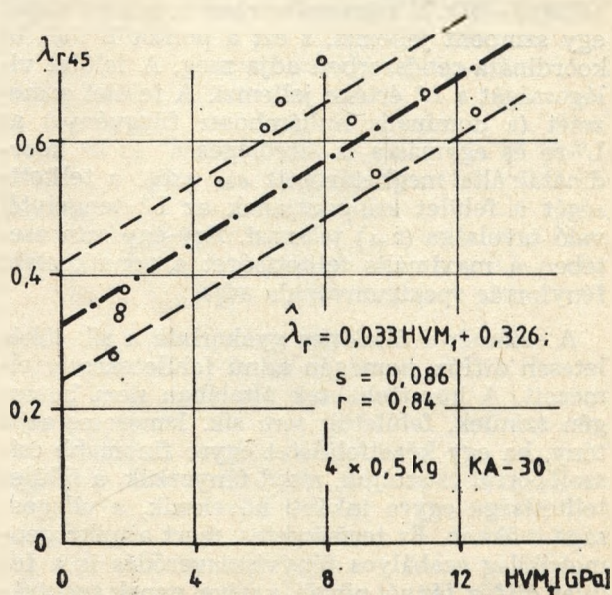
22. ábra. Összefüggés a fényezett kőzetfelület simasági mérőszáma (R_q) és felületi fényessége (r_{45}) között



23. ábra. Összefüggés a fényezett kőzetfelület mikro-keményiségi szórása (s_{HVM}) és felületi fényessége (r_{45}) között

nyében a 22. ábra. A pontthalmaz nagy szórását mutat, ez természetes, hiszen különböző alkotóösszetételű kőzetek együtt szerepelnek. Az összefüggés trendje az eddig elmondottakat igazolja. Legjobban a szobi dácit és a karancsi andezit tér el a behúzott egyenestől. Mindkét kőzet térfogatában mállott, igen nehezen fényezhető. A kőzetalkotók méretének a csökkenésével — még ép alkotók esetén is — a határokon fellépő fényezés miatt a felületi fényesség is csökken, ha a kőzetalkotók keménységi kontrasztja viszonylag nagy. A felületi fényesség (r_{45}) és a mikrokeménységi szórás (s_{HVM}) összefüggését mutatja a 23. ábra. A jelzett összefüggés csak tendenciaszerű, mert az alkotónagyságot nem veszi figyelembe.

Burkolatfelületek esetén követelmény az esztétikai hatás állandósága, s ezen belül a felület fényének tartóssága, időállósága is. Ismeretes az az általános szabály, hogy időjárási hatásoknak kitett felületek fényüket a fényességi maximum eléréséhez szükséges fényezési idővel egyenes arányban tartják. Ez természetes, mert minél keményebb alkotókat tartalmaz egy kőzet, adott technológia esetén a szükséges fényezési idő annál nagyobb. S ezt a fényt a nagyobb keménységű és legtöbbször nagyobb vegyi és sugárzási ellenállású ásványai jobban tartják. Tehát már egy fényezhetőségi görbe felvétele, ill. annak viszonyítása a többi kőzethez, már hordoz információt a fénytartósság vonatkozásában. Ez az információ nem vonatkozik a felületen megtapadó porra, annak esetleges kémiai hatására, a csapadék oldó hatására, melyet a szoláris igénybevételek növelhetnek. A fénytartósság vizsgálatára egy mechanikus koptatóhatású módosított Scott-készüléket használunk. A módszert a koptatási vizsgálatok között érintettem. A 24. ábrán feltüntetett fényességváltozási mérőszám (λ_{r45}) és a kőzet mikrokeménységének (HVM) összefüggése tendencijellegű. A pont-



24. ábra. Összefüggés a fényezett kőzetfelület mikro-keményisége (HVM) és felületi fényességének változási jellemzője (λ_{r45}) között

halmaz eloszlása a behúzott egyenestől eltérő lefutású görbét jelez. A fénytartósság szempontjából vizsgálati, ill. értékelési hibaként jelentkeznek, hogy viszonylagosan nagyra értékeli a kis felületi fényesség-maximummal rendelkező kőzeteket is. Ennek oka elsősorban a felületfényességnek, mint mérőszámoknak a lineáristól való eltérése. Célszerűnek látszik a kőzetek fényességével foglalkozó szabvány olyan jellegű fejlesztése, hogy a reflektálóképességet ne egy viszonyzámmal, hanem egy fizikai jellegű mennyiséggel, pl. egy látszólagos törésmutatóval fejezze ki. Ez elvileg felületmérési módszerrel megoldható, csak egy vizsgálati eredményhez több beesési-visszaverődési szöggel meghatározott reflektált fény mennyiségarány ismerete szükséges.

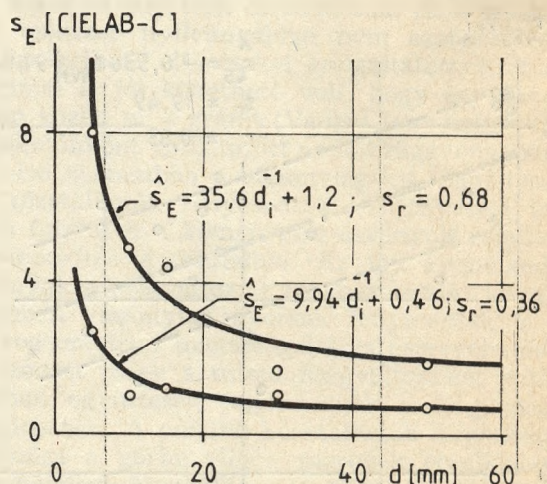
A megvilágított kőzetfelületről a geometriailag szabályos visszaverődés mellett a féltérben egyenletes eloszlású diffúz fény is kiindul. Ennek spektrális eloszlása (végeredményben a színe) a megvilágító fény spektrális eloszlásától és a felület hullámhossz-függő remissziójától függ. Olyan kőzetanyagoknál, melyek átlátszó-áttetsző ásványokat is tartalmaznak, belső felületekről is visszaverődik fény. Ennek eloszlása az alkotók spektrális áteresztőképességétől, és az esetleges iránytól függő interferenciáktól (pl. labradorit) függ. Ez a belső visszaverődésű fény általában a diffúz fény mennyiséget növeli. Együttes spektrális eloszlásuk okozza végeredményben az anyagra vonatkozó színérzetet. Az ember színérzékelése egy igen bonyolult folyamat, s ebben a fizikai inger nagysága csak egyik összetevő.

A színmérés általános gyakorlata már régóta szabályozta a megvilágító-vonatkozó-fényforrások spektrális eloszlását, s hosszas fejlődés során kialakította az érzékeléssel többé-kevésbé lineárisnak mondható CIELAB színrendszerét. Ezt a rendszert alkalmazza az építési kőanyagok felületvizsgálati szabványa is (MSz 18290/3—81). E színrendszerben a felület színét egy színpont jellemzi, s ezt a pontot L^* , a^* , b^* koordináta-rendszerben adja meg. A felület világosságát a L^* értéke jellemzi. A felület színérzetét (a domináns hullámhossz függvénye) az L^* -re és egymásra is merőleges a^* és b^* koordináták által meghatározott a_{ab} szög, a telítettségét a felület színpontjának az L^* tengelytől való távolsága (r_{ab}) jellemzi. Egy-egy szín esetében a maximális telítettséget a vonatkozó fényforrás spektrumvonala adja.

A színmérés általános gyakorlata a sík tökéletesen diffúz, homogén színű felületekre értelmezett. A kőzetfelületek általában nem homogén színűek, felületük sem sík. Ismeretes az a tény, ha egy kőzetfelületet egyre finomabb csiszolóporral csiszoljuk, majd fényezzük, a felület telítettsége egyre inkább növekszik, s világossága csökken. Ez természetes, mert a mikrogeometriailag szabályos fényvisszaverődés is a felület diffúz fényét növeli, s mivel ennek spektrális összetétele nem változik, csak a világossági fokot növeli. Ennek ellentettje is kísérletileg bizonyított, vagyis azonos felületminőség esetén

a világosabb kőzetfelületek fényességi mérőszáma nagyobb.

A különböző kőzetalkotók más és más színponttal jellemezhetők az eredeti színüknek, mállottsági állapotuknak és festettségüknek megfelelően. Az egész kőzetfelület színét a kőzetalkotók saját színe, előfordulási gyakorisága és a felületen való relatív eloszlása határozza meg. A CIELAB színrendszerben — mivel az az érzékeléssel lineáris rendszernek tekinthető — az átlagszint az egyes kőzetalkotók saját színének súlyozott számtani közepe adja, de a mérések gyakorlati kivitelezése során ezen színösszetevőket ritkán sikerül közvetlenül meghatározni. Ezért egy kőzetfelületen — meghatározott észlelési átmérő alkalmazásával — több mérést kell végezni, s ezek eredményeinek átlaga adja a kőzetfelület átlagos színpontjának koordinátáit. Az átlag körül észlelt szórás értékét a vizsgálati szabvány a kőzetanyag tarkaságára jellemző mérőszámnak tekinti. A mérési átmérő növelésével természetesen ezek a szórások egyre csökkennek, s határértékként a mérési módszer saját szórásához tartanak. Ilyen színeltérési szórás (s_E) adatsorát mutatja az észlelési átmérő függvényében (d) a 25. ábra. Az ábrán gránit (Emeljanovszk) — felső görbe —, és tömött mészkő (Tardos) — alsó görbe — értéksorát ábrázoltuk. A pontokra illesztett görbe alakja biztosan nem megfelelő, hiszen a jó alakúnak $d = 0$ esetben felső határértéke van, mivel a kőzetalkotók szmeltérése egy véges rendszerben nem lehet végtelen. Ezen szórásokat természetesen előnyös lehet nem csak teljes színkülönbségben, hanem az egyes összetevőkben (világosság, színezet, telítettség) kifejezni, mert az fejezi ki mérőszámokkal, hogy az észlehető tarkaságot ugyanazon színezetű alkotók más árnyalatú előfordulása, vagy különböző színűek okozzák. A tarkasági görbe határértékei és lefutása a színeltérésekkel (színeltérési kontrasztal), az azonos színű felületek minimális méretével és gyakoriságával vannak összefüggésben.



25. ábra. Észlelt színeltérési szórás (s_E) változása a vizsgált körfelület átmérőjének (d) függvényében emeljanovszki gránit (felső görbe) és tardosi tömött mészkő (alsó görbe) esetében

Az eddig érintett geometriai, mechanikai és optikai felülettulajdonságok egymással összefüggésben vannak, egy összfüggésrendszert képeznek. E dolgozatban ezt a rendszert kívántam felvázolni. Nem tértem ki az összfüggésrendszer minden elemére. Nem történt utalás sem a felületek adhéziós és kémiai ellenállóképességének jellemzési lehetőségeire. A kőzetfelület időállósági tulajdonságait is csak részben érintettem. Ezek a témakörök — ideértve a kőfelületek konzerválási feladatait is — külön-külön feldolgozást és végül összefoglalást igényelnének, de a vizsgálatok kis száma és sokszor kevésbé összehasonlítható adatai miatt e dolgozat keretében erre nem vállalkozhattam.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Gálos M.—Kertész P.: Kőburkolatok alkalmazásának problémái nagy forgalmú lépcsőszerkezetek-

ben. Mélyépítéstudományi Szemle. XXVIII. évf. 1978. 9. szám.

- [2] Gálos M.—Kertész P.—Kürti I.: Bericht über eine komplexe Versuchsserie zur Beurteilung von Gehwegplatten in Ungarn. Technische Informationen Zuschlagstoffe und Natursteine. Grossraeschen, 1982. 2. szám.
- [3] Kausay T.: Az építési kőanyagok Böhme kopási vizsgálata eredményeinek megengedett terjedelme. Építőanyag XXXV. évf. 1983. 1. szám.
- [4] Kántor K.—Kausay T.—Kovácsné Stáhl Á.—Molnár I.: Kőzetek fényességmérése hazai műszerrel. Építőanyag XXXII. évf. 1981. 7—8. szám.
- [5] Kertész P.—Marek I.: Les proprietes de surface dans l'evaluation des pierres decoratives. Proceedings 4th International Congress. IAEG. India 1982.
- [6] Kleb B.: Kőzetminősítés Schmidt-kalapáccsal építésföldtani térképezés keretében. Földtani Közlöny, 101. kötet. 1. füzet.
- [7] Wagner E.—Molnár Barnabásné—Mattyasovszky, Zsolnay E.: Mázas padlóburkolólapok kopásállóságának mérése. Építőanyag, XXVIII. évf. 1976. 1. szám.

