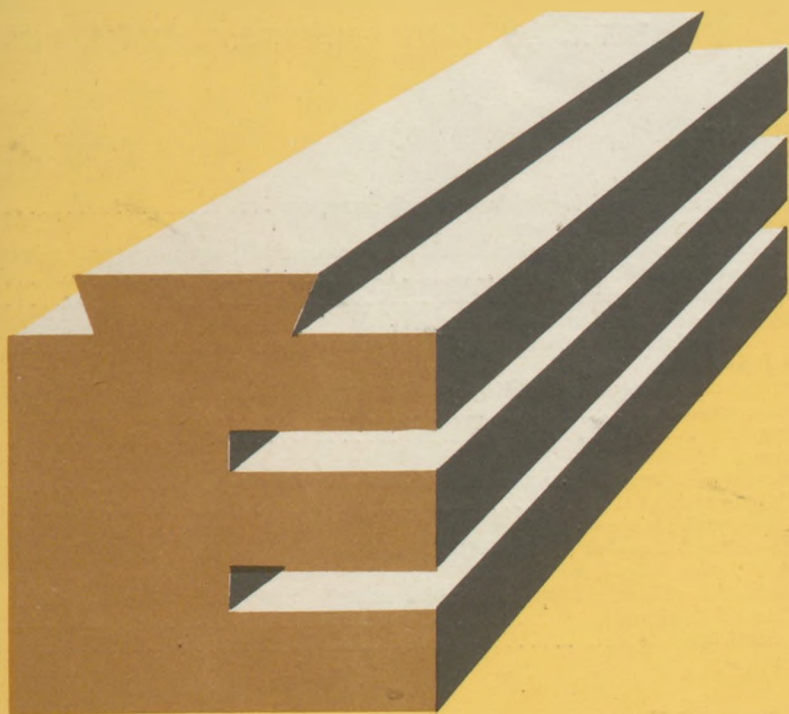


302 935' 4



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

8

XXX. ÉVFOLYAM
BUDAPEST 1978. AUGUSZTUS
EPITAA 30 (8) 281—320 (1978)

ÉPÍTŐANYAG

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá-, a cserép- kő-kavics- és betonipar, a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság

elnök:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Csizi Béla

Erdély Imre

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Hinsenkamp

Alfréd

Dr. Jilek József

Dr. Kovács Róbert

Kováts Jenő

Lenkei György

Dr. Lócsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony

Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

XXX. ÉVFOLYAM, 1978. 8. SZÁM, AUGUSZTUS

TARTALOM

<i>Pritz Tamás – Zakar Pál</i>	
Bitumenek dinamikai viszkoelasztikus jellemzői	281
<i>B. Szabó László – Illés Ágnes</i>	
A mélyfúrású geofizikai paraméterek és a cementipari nyersanyagok minősége közötti összefüggésről	292
Köszöntjük Erdély Imrét	297
<i>Szűcs Jenő – Nádler Gyula – Chmara András</i>	
Adatok a feedercsatornában történő üvegszínezéshez	298
<i>Tóth Pálné – Gódor Jenő</i>	
Üvegolvasztó kemence tüzeléstechnikailag optimális körülmények közötti üzemeltetésének problémái	301
Lapszemle	303
<i>Kazimír, Julius</i>	
Karbonátos betonadalékanyag kémiai állandóságának vizsgálata	304
Kitüntetettjeink	306, 315
<i>Puskásné Hőgyes Irén</i>	
A dunántúli dolomitok alkalmassága építési célra	307
<i>Végyvári István – Gallyas Miklós</i>	
Üvegek bórtartalmának meghatározása neutronabszorpciós módszerrel	316
A világ szilikátiparából	320
Pályázati felhívás	320

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Приту, Т. — Закар, П.:</i> Динамические вязко-эластичные характеристики битумов.	281
<i>Б. Сабо Ласло — Иллиш, Агнес:</i> Геофизические параметры глубокого бурения и их влияние на качество сырьевых материалов цементной промышленности	292
<i>Сюч, Е. — Надлер, Д. — Хмара А.:</i> Данные, касающиеся окраски стекла в канале фидера	298
<i>Том, Палме — Годор, Е.:</i> Проблемы эксплуатации стекловаренных печей в оптимальных с точки зрения техники ведения огня условиях	301
<i>Казимир, Я.:</i> Испытание химической стойкости карбонатных бетонных заполнителей	304
<i>Пушкашине, Хедеш К.:</i> Пригодность дунантульских доломитов для строительных целей	307

INHALT

<i>Pritz, Tamás — Zakar, Pál:</i> Dynamische viskoelastische Charakteristiken von Bitumina	281
<i>B. Szabó, László — Illés, Ágnes:</i> Über Zusammenhänge zwischen geophysikalische Parameter von Tiefbohrungen und der Qualität der Rohstoffe der Zementindustrie	292
<i>Szűcs, Jenő — Nádler, Gyula — Chmara, András:</i> Angaben zur Glasfärbung im Speiserkanal	298
<i>Tóth, Pálné — Gódor, Jenő:</i> Betriebsprobleme bei feuerungstechnisch unter optimalen Bedingungen arbeitenden Glasschmelzöfen	301
<i>Kazimír, Julius:</i> Untersuchung der chemischen Beständigkeit karbonatischer Betonzuschlagstoffe	304
<i>Frau Puskás Hőgyes, Irén:</i> Verwendbarkeit transdanubischer Dolomitgesteine für Bauzwecke	307
<i>Végyvári, István — Gallyas, Miklós:</i> Bestimmung des Borgehaltes von Gläser mit dem Neutronenabsorptionsverfahren	316

CONTENTS

<i>Pritz, Tamás — Zakar, Pál</i>	
Dynamic Viscoelastic Characteristics of Bituminous Materials	281
<i>B. Szabó, László — Illés, Ágnes</i>	
Connexions between Borehole Geophysical Parameters and the Quality of Cement Raw Materials	292
<i>Szűcs, Jenő — Nádler, Gyula — Chmara, András</i>	
Experiments with Glass Coloration in Feeder Channels	298
<i>Tóth, Pálné — Gódor, Jenő</i>	
Problems of Operation of Glassmelting Kilns under Optimum Thermotechnical Conditions	301
<i>Kazimír, Julius</i>	
Examination of Chemical Resistance of Carbonaceous Concrete Aggregates	304
<i>Hőgyes, Irén (Mrs. Puskás)</i>	
Application of Dolomites from the Transdanubian Region for Building	307
<i>Végyvári, István — Gallyas, Miklós</i>	
Determination of Boron Content of Glasses by Neutron Absorption	316

Bitumenek dinamikai viszkoelasztikus jellemzői

PRITZ TAMÁS – ZAKAR PÁL

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az aszfalt útburkolat rugalmas viselkedését a bitumen kötőanyag rugalmas tulajdonsága alapvetően meghatározza. Ezért szükséges a bitumen ezen tulajdonságával foglalkozni. Ismeretes, hogy az útburkolatban levő bitumen egyidejűleg rugalmas és viszkózus tulajdonságokkal is rendelkezik, tehát viszkoelasztikus anyagnak tekinthető. Ezen bitumen hőigénybevételnek és az esetek többségében dinamikai erőhatásnak van kitéve, amelynek jellege a járműforgalomtól függ.

A dinamikai erőhatásnak kitett viszkoelasztikus anyagok rugalmas tulajdonságainak jellemzésére a komplex rugalmassági modulus és a komplex viszkozitás fogalmak honosodtak meg, amelyeket összefoglalóan dinamikai viszkoelasztikus jellemzőknek nevezünk. Ezek jelentős mértékben függnak a hőmérséklettől és a dinamikai erőhatás frekvenciájától. A bitumenek dinamikai viszkoelasztikus jellemzőit is ezért a hőmérséklet és a frekvencia függvényében kell vizsgálni, és pedig legalább abban a tartományban, amely az út igény-

bevételének megfelelő. Indokolt azonban a szélesebb hőmérséklet- és frekvenciatartományban való vizsgálat is, mert csak így kaphatunk teljes képet a bitumen dinamikai viszkoelasztikus tulajdonságáról.

Ezen a területen kutatásokat végeztünk az utóbbi években a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben. Ez alkalommal egy, a magyar útépitésben használt bitumen dinamikai viszkoelasztikus jellemzőit ismertetjük. A vizsgálatokat az út használati hőmérsékletének megfelelő tartományban ($-20 \dots +20 \text{ }^\circ\text{C}$), a 20 Hz... 2000 Hz frekvenciasávban végeztük.

2. A dinamikus viszkoelasztikus jellemzők fogalma

(A komplex rugalmassági modulus és a komplex viszkozitás)

Ismeretes, hogy ha egy viszkoelasztikus anyagot a linearitás határán belül időben változó erőhatásnak vetünk alá, akkor a keletkező feszültség és a deformáció, valamint azok időszerinti deriváltjai arányosak egymással, azaz [1]

$$\sum_i A_i \frac{\partial^i}{\partial t^i} \sigma(t) = \sum_i B_i \frac{\partial^i}{\partial t^i} \varepsilon(t) \quad (1)$$

ahol

$\sigma(t)$ a feszültség időfüggvény,
 $\varepsilon(t)$ a deformáció időfüggvény,
 t az idő, továbbá
 A_i és B_i az anyagtól függő állandók és
 i 0, 1, 2, ... n

Változzon a feszültség és a deformáció is szinuszosan, ekkor

$$\frac{\partial}{\partial t} = j\omega$$

ahol

$\omega = 2\pi f$; f a frekvencia Hz-ben és

$j = \sqrt{-1}$ a képzetes egység.

Ezzel az (1) egyenlet

$$\sum_i A_i (j\omega)^i \sigma = \sum_i B_i (j\omega)^i \varepsilon \quad (2)$$

Rugalmassági modulusnak definíciószerűen a feszültség és a deformáció hányadosát nevezzük, amely a fenti egyenletből

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sum_i B_i (j\omega)^i}{\sum_i A_i (j\omega)^i} \quad (3)$$

Mivel a (3) kifejezés számlálójában és nevezőjében is komplex kifejezések állnak, ezért hányadosuk, a rugalmassági modulus is komplex mennyiség. Ez annak a fizikai ténynek a matematikai kifejezése, hogy az anyagnak a rugalmasságán kívül viszkózus tulajdonsága is van. Írható tehát, hogy:

$$E = E_d + jE_v \quad (4)$$

A komplex rugalmassági modulus valós részét dinamikai rugalmassági modulusnak (E_d) nevezzük és ez az anyag tisztán rugalmas tulajdonságára jellemző. A képzetes rész a veszteségi modulus (E_v), amely az anyag viszkózus tulajdonságával kapcsolatos. A komplex rugalmassági moduluszt gyakran abszolútértékével és fázisszögével adják meg, azaz

$$E = |E| e^{j\delta} \quad (5)$$

ahol

$$|E| = \sqrt{E_d^2 + E_v^2} \quad (6)$$

és

$$\delta = \arctg \frac{E_v}{E_d} \quad (7)$$

A veszteségi és dinamikai modulus hányadosát veszteségi tényezőnek (η_E) nevezzük.

$$\eta_E = \frac{E_v}{E_d} \quad (8)$$

Ezzel a komplex rugalmassági modulus az alábbi formába írható

$$E = E_d(1 + j\eta_E) \quad (9)$$

A viszkoelasztikus anyag viszkózitása az ismert módon van definiálva, azaz mint a feszültség és a deformációsebesség hányadosa, azaz [2]

$$\mu = \frac{\sigma}{\frac{\partial}{\partial t} \varepsilon} = \frac{\sigma}{\dot{\varepsilon}} \quad (10)$$

ahol $\dot{\varepsilon}$ -tal jelöljük a deformációsebességet. Szorítkozzunk ismét szinuszos változásokra és vegyük figyelembe, hogy a fenti összefüggésben szereplő feszültség és deformáció hányadosa a (3)-mal definiált komplex rugalmassági modulus. Ezért

$$\mu = \frac{\sum_i B_i (j\omega)^i}{\sum_i A_i (j\omega)^{i+1}} \quad (11)$$

Ebből látható, hogy a viszkózitás is komplex mennyiség, ami annak a következménye, hogy az anyag nemcsak viszkózus, hanem rugalmas tulajdonságokkal is rendelkezik. Tehát

$$\mu = \mu_d + j\mu_v \quad (12)$$

A komplex viszkózitás valós részét dinamikai viszkózitásnak (μ_d) nevezzük, amely az anyag tisztán viszkózus tulajdonságára jellemző. A képzetes rész (μ_v) pedig a rugalmas tulajdonságokkal kapcsolatos. A komplex viszkózitás abszolútértékének és fázisszögének meghatározásához írjuk fel a modulus és a viszkózitás összefüggését. Ezt a (3) és (11) összefüggésekből kapjuk

$$\mu_d + j\mu_v = \frac{E_d + jE_v}{j\omega} \quad (13)$$

amelyből

$$\mu_d = \frac{E_v}{\omega} \quad (14)$$

és

$$\mu_v = -\frac{E_d}{\omega} \quad (15)$$

A viszkózitás abszolútértéke tehát

$$|\mu| = \frac{|E|}{\omega} \quad (16)$$

és a fázisszöge

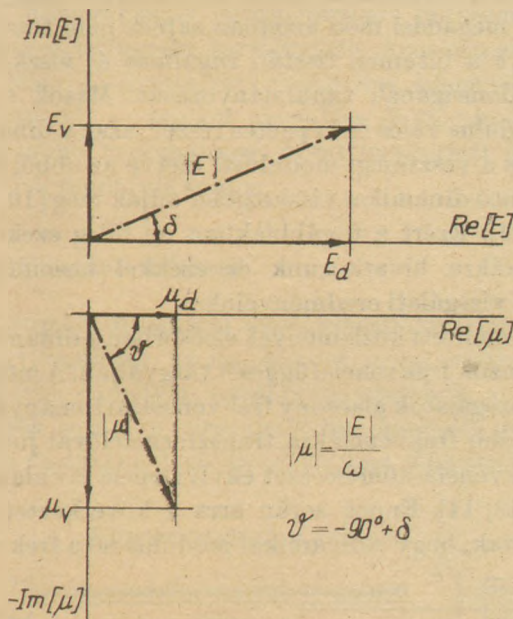
$$\theta = -\frac{\pi}{2} + \delta \quad (17)$$

Ezekkel

$$\mu = |\mu| e^{i\varphi} \quad (18)$$

A (14) és (15) összefüggések világosan mutatják azt, hogy a rugalmassági modulus képzetes része az anyag viszkozitásának, a viszkozitás képzetes része pedig a rugalmasságnak a következménye.

A rugalmassági modulust és a viszkozitást, mint komplex számokat ábrázoló vektorokat az 1. ábrán vázoltuk. A (13)-ból látható, hogy a visz-



1. ábra A komplex rugalmassági modulus és a komplex viszkozitás vektorok

kozitás vektorokat a modulus vektorokból kapjuk $-\pi/2$ szöggel történő elforgatással és $1/\omega$ -szorosára történő nyújtással.

Ismeretes, hogy mind a komplex rugalmassági modulus, mind a komplex viszkozitás jelentős mértékben függ a frekvenciától és a hőmérséklettől. A linearitás tartományán túl pedig a deformáció amplitudójától való függés is megfigyelhető.

A fentieket összefoglalva megállapíthatjuk tehát, hogy egy viszkoelasztikus anyag dinamikai rugalmas és viszkozus jellemzőit megadhatjuk akár a komplex rugalmassági modulussal, akár a komplex viszkozitással. Ezeket összefoglalóan dinamikai viszkoelasztikus jellemzőknek nevezük. A tisztán rugalmas és viszkozus tulajdonságokat a fenti két jellemző valós részével, a dinamikai rugalmassági modulussal és a dinamikai viszkozitással lehet jellemezni. A továbbiakban – a bitumen viszkoelasztikus viselkedésének vizsgálatánál mi is ezeket használjuk.

3. A szakirodalomban imertetett vizsgálati módszerek és eredmények

A bitumen dinamikai viszkoelasztikus jellemzőinek vizsgálata az utóbbi években előtérbe került [3]. A vizsgálatra ezideig több különböző módszert és berendezést dolgoztak ki, de ezek közül még egy sem jutott el a szabványosíthatóság állapotába. A módszereket, és a berendezéseket alapvetően két nagy csoportba lehet sorolni. Az egyik csoportba tartozókat csak egyes szerzők használták és az ezekkel végzett vizsgálatokról nem jelentek meg részletes beszámolók [4–7]. Ezeket itt külön-külön nem ismertetjük. A másik csoportba tartozó módszerek és berendezések általánosabbak, több laboratóriumban is használatosak, melyekkel rendszeres, részletes vizsgálatokat végeztek. A berendezések elsősorban a vizsgálati módszer elvében, valamint a frekvencia- és hőmérséklettartományban térnek el egymástól.

Az utóbbiak közül elsőként kell említeni a „Weissenberg-rheogoniometert” („cone and plate rheometer” vagy „torsion rheometer”) amelyben a bitumen periódikus nyírásnak van alávetve egy kúp palástfelület és egy síklap között [8, 9]. A berendezéssel igen alacsony frekvenciákon, de széles tartományban, kb. $10^{-3} \dots 10$ Hz között lehet meghatározni a dinamikai jellemzőket a kb. $-20 \dots +40$ °C hőmérséklettartományban [10–12]. Kb. ugyanezen a frekvenciákon ($10^{-4} \dots 10$ Hz) de valamivel szélesebb hőmérséklettartományban ($-20 \dots +70$ °C) végeztek vizsgálatokat a Franklin Intézetben kidolgozott ún. „Vibration Tester”-rel [2, 13, 14]. Ennél a bitumen próbatest két koaxiális henger palástfelülete között van nyírásnak kitéve. Más szerzők húzó-nyomó igénybevételek alávetett henger alakú bitumen próbatesteken vizsgálták a modulust, a $3 \cdot 10^{-2} \dots 30$ Hz frekvencia és a $-10 \dots +10$ °C hőmérséklettartományban [15]. Az utóbbi években több olyan vizsgálati eredményt közöltek, amelyeket a kereskedelemben is kapható ún. „Balance-Rheometer”-rel kaptak [16, 17]. Itt a bitument szintén periódikusan nyírják egy félgömb alakú csésze és egy abba illeszkedő gömb között [18]. A vizsgálatot ugyancsak igen alacsony frekvenciákon, bár széles tartományban lehet végezni (kb. $10^4 \dots 10$ Hz.) Sajnos az irodalomban közölt eredmények csak a pozitív hőmérséklettartományra korlátozódnak, az alsó hőmérséklet határ nem kisebb, mint $+25$ °C [16, 17]. Az előző három berendezéshez képest keskenyebb frekvenciatartományban való vizsgálatot tesz lehetővé az ún. „kúpos rheometer” („cup and cone rheometer” vagy „microelastometer”).

Ez a berendezés is periódikusan nyírja a bitument két különböző nyílásszögű kúp palástfelülete között [19, 20]. A vizsgálat frekvenciatartománya ennél nem nagyobb mint két dekád [kb. $1 \dots 10^2$ Hz], amely viszont jobban megfelel az út dinamikai igénybevételének mint a fenti berendezések frekvenciatartománya. A hőmérséklettartomány szintén a gyakorlati szempontból érdekes kb. -20 °C-tól \dots $+60$ °C-ig terjed [21–23].

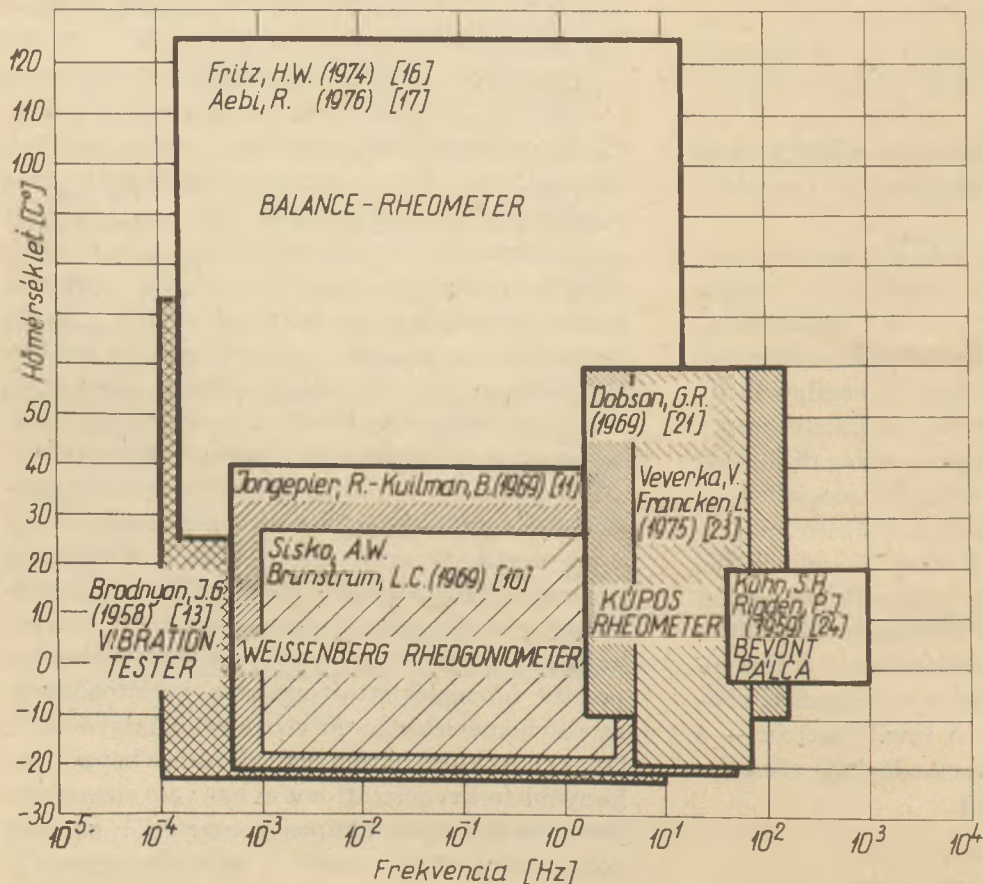
Az eddig felsorolt berendezések frekvenciatartományát tekintve érthető, hogy a bitumenek dinamikai viszkoelasztikus jellemzőiről közölt vizsgálati eredmények zöme az igen alacsonyfrekvenciás tartományra korlátozódik. (Az alsó frekvenciahatár gyakran 10^{-4} Hz-ig terjed). Ezzel szemben csak egy-két módszer és berendezés ismeretes a szakirodalomból a nagyobb frekvenciákra való vizsgálatra és ezekkel is csak néhány esetben végeztek részletes vizsgálatokat [5, 14, 24, 25]. Ezek közül első helyen kell említeni az ún. bevont pálcamódszert, amellyel 40 és 1000 Hz között vizsgálták bitumenek dinamikai jellemzőit a $-2,5 \dots +20$ °C hőmérséklettartományban [24]. A módszernél egy csupasz fém- és bitumennel bevont pálcát hajlító rezgéseinek vizsgálatával határozzák meg a bevonat dinamikai jellemzőit.

Az áttekinthetőség kedvéért, a 2. ábrán össze-

foglaltuk a „Vibration Tester”-rel, a „Weissenberg rheogoniometer”-rel, a „kúpos-” és a „Balance-Rheometer”-rel, valamint a bevont pálcamódszerrel végzett vizsgálatok frekvencia és hőmérséklettartományát.

Az irodalomban közölt vizsgálati eredményeket tekintve megállapíthatjuk hogy a szerzők gyakran a komplex rugalmassági modulus abszolútértékét és fázisszögét [11, 12, 15, 21], a modulus abszolútértékét és a dinamikai viszkozitást [16, 17], vagy csupán a modulus abszolútértékét adják meg [23]. Ez a megadási mód azonban sajnos nem teszi lehetővé a bitumen tisztán rugalmas és viszkózus tulajdonságának tanulmányozását. Mások ezért a modulus valós és képzetes részét, azaz a dinamikai és a veszteségi modulus, illetve az ebből számítható dinamikai viszkozitást adják meg [10, 13, 14, 24]. Ezért a továbbiakban mi főleg ezekre a munkákra hivatkozunk és ezekkel hasonlítjuk össze vizsgálati eredményeinket.

Az említett közlemények elsősorban a dinamikai jellemzők frekvenciafüggését tárgyalják. A műszeres vizsgálatok alacsony frekvenciatartományából nagyobb frekvenciákra transzformációval jutnak a frekvencia-hőmérséklet ekvivalencia elv alapján [10, 13, 14]. Ennek során arra a következtetésre jutottak, hogy a dinamikai modulus nő a frekven-



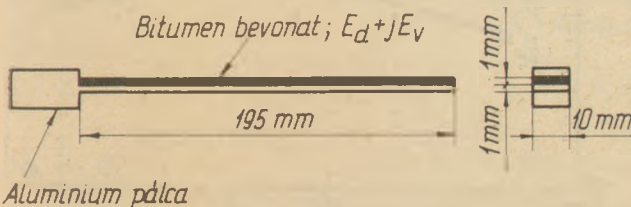
2. ábra A szakirodalomban ismertetett vizsgálatok frekvencia- és hőmérséklettartománya

ciával és nagyfrekvencián határértékhez tart [10, 13, 14], ahogy azt számos kísérleti munka [24–27] is igazolja. Hasonló következtetést vontak le a veszteségi modulus frekvenciafüggéséről is, amit viszont kísérletileg kellőképpen nem ellenőriztek [10, 13, 14]. Vizsgálataink sem támasztják alá ezt az állítást, ahogy ezt a továbbiakban megmutatjuk.

Megemlítjük továbbá, hogy a fenti munkákban a szerzők mindegyike a dinamikai jellemzőknek csupán a frekvenciafüggését adja meg. Bár a közölt, hőmérséklettel paraméterezett görbesereg a hőmérsékletfüggést tartalmazza, azonban ennek – főleg a dinamikai viszkozitás hőmérsékletfüggésének – explicit megadása és tanulmányozása mind tudományos, mind gyakorlati szempontból rendkívül fontos.

4. A vizsgálati módszer

A bitumen dinamikai viszkoelasztikus jellemzőinek vizsgálatát az ún. bevont pálca módszerrel végeztük, amelyet továbbfejlesztettünk a vizsgálatok során. A vizsgálatokhoz használt próbapálca vázlatát a 3. ábrán adjuk meg. Ennek a mód-



3. ábra. Bitumennel bevont alumíniumpálca a dinamikai viszkoelasztikus jellemzők vizsgálatához.

szernek az a lényege, hogy a bitumennel egyenletes vastagságban bevonjuk egy négyszögkeresztmetszetű fémpálca egyik oldalát és méréssel meghatározzuk előbb a fém- majd a bevont pálca dinamikai rugalmas jellemzőit. E kettő ismeretében a bitumen dinamikai jellemzőit meg lehet határozni. A vizsgálatot úgy végezzük, hogy a pálcát hajlító rezgésre gerjesztjük és a gerjesztő jel frekvenciájának változtatásával megkeressük és megmérjük a fém- majd a bevont pálca rezonanciafrekvenciáit, valamint az utóbbi veszteségi tényezőjét. A dinamikai jellemzőket a mért mennyiségek és a pálca egyéb adatai ismeretében számítjuk.

Ezt a módszert és a számításhoz szükséges összefüggéseket OBERST dolgozta ki a rezgésállító viszkoelasztikus anyagok vizsgálatához [28]. Azóta a módszert széleskörűen alkalmazzák az akusztikai laboratóriumokban. Az OBERST módszer elterjedését az is elősegítette, hogy a Brüel-

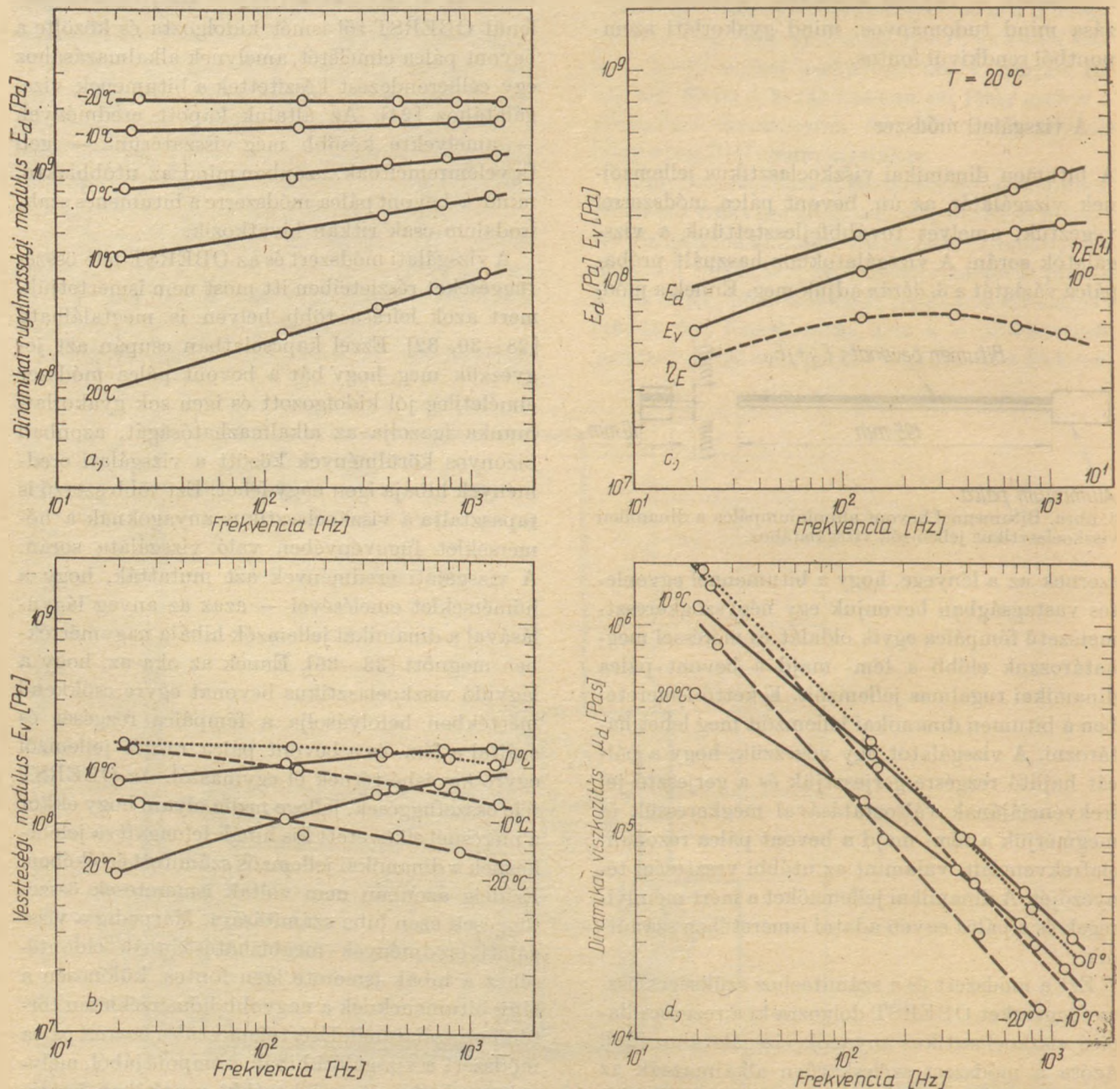
Kjaer cég a vizsgálatához kifejlesztett és jelenleg is forgalmaz egy célberendezést (Complex Modulus Apparatus) [29], sőt mi több a módszert ma már szabvány is rögzíti. Érdekes, hogy ezideig a bitumenek dinamikai jellemzőinek kutatásával kapcsolatban nem közöltek olyan eredményeket, amelyeket a berendezés alkalmazásánál határoztak meg, bár ez az ilyenfajta viszkoelasztikus anyagok vizsgálatára jól megfelel. Ez annál is érdekesebb, mert OBERST-tel kb. egyidőben, de tőle függetlenül VAN OORT is közölte a bevont pálca módszert, amelyet alkalmazott is a bitumen vizsgálatára [31]. Az általa levezetett összefüggések azonban – amelyek OBERST-étől eltérőek – nem terjedtek el. Később KÜHN és RIGDEN függetlenül OBERST-től ismét kidolgozta és közölte a bevont pálca elméletét, amelynek alkalmazásához egy célberendezést készítettek a bitumenek vizsgálatához [24]. Az általuk kapott eredmények – amelyekre később még visszatérünk – igen figyelemreméltóak, azonban mind az utóbbiakra, mind a bevont pálca módszerre a bitumenes szakirodalom csak ritkán hivatkozik.

A vizsgálati módszert és az OBERST-féle összefüggéseket részleteiben itt most nem ismertetjük, mert azok leírása több helyen is megtalálható [28–30, 32]. Ezzel kapcsolatban csupán azt jegyezzük meg, hogy bár a bevont pálca módszer elméletileg jól kidolgozott és igen sok gyakorlati munka igazolja az alkalmazhatóságát, azonban bizonyos körülmények között a vizsgálati eredmények hibája igen nagy lehet. Ezt több szerző is tapasztalta a viszkoelasztikus anyagoknak a hőmérséklet függvényében való vizsgálata során. A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy a hőmérséklet emelésével – azaz az anyag lágyulásával a dinamikai jellemzők hibája nagymértékben megnőtt [33–36]. Ennek az oka az, hogy a lágyuló viszkoelasztikus bevonat egyre csökkenő mértékben befolyásolja a fémpálca rezgését és ezáltal a fém- és a bevont pálca rezgés jellemzői egyre kevésbé térnek el egymástól. Az OBERST féle összefüggések, jellege pedig olyan, hogy ekkor a mérésnél elkövetett kis hibák felnagyítva jelentkeznek a dinamikai jellemzők számított értékében. Ezideig azonban nem voltak ismeretesek összefüggések ezen hiba számítására. Márpedig a vizsgálati eredmények megbízhatóságának eldöntéséhez a hibák ismerete igen fontos, különösen a lágy bitumeneknek a nagyobb hőmérsékleten történő vizsgálatánál. Ezért elemeztük a bevont pálca módszert a vizsgálati hibák szempontjából, melynek eredményeit egy korábbi munkában ismertettük [37]. A hibaanalízis során nyert összefüggé-

sek lehetőséget adnak továbbá olyan bevont pálcá tervezésére, amellyel a dinamikai jellemzőket megbízhatóan lehet vizsgálni [38].

A bitumenek dinamikai viszkoelasztikus jellemzőinek vizsgálatához a dán Brüel-Kjaer cég fentiekben említett berendezését használtuk (Type 3930). A készüléket klimakamrában helyeztük el a hőmérséklet függvényében való vizsgálathoz. A vizsgálatnál használt négyzetkeresztmetszetű pálcá alumíniumból készült, amelynek egyik oldalát vontuk be bitumennel, a fémmel kb. azonos vastagságban. A pálcá egyik végét mereven rögzítettük a készülékben, míg a másik vége szabad volt. A rezgésre gerjesztéshez és érzékeléshez egy-

aránt Brüel-Kjaer gyártmányú, MM 0002 típusú mágneses átalakítót használtunk. A gerjesztő átalakítót a pálcá szabad végénél, az érzékelő átalakítót pedig a befogott véghez közel helyeztük el. A gerjesztő átalakítót hanggenerátorral állandó effektív értékű, szinuszos hangfrekvenciás árammal tápláltuk. A gerjesztő jel nagyságának beállításánál ügyeltünk arra, hogy ne lépjük túl a bitumen linearitásának határát. A frekvenciát digitális frekvenciamérővel mértük. Az érzékelő átalakító jelét pedig erősítés után indikátor műszerre, illetve szintíróra vezettük. A jelalakot kétsugaras oszcilloszkóppal ellenőriztük. A mérési eljárás során a frekvencia változtatásával megkerestük



4. ábra. Dinamikai viszkoelasztikus jellemzők a frekvencia függvényében

a) dinamikai rugalmassági modulus, b) veszteségi modulus, c) dinamikai és veszteségi modulus, veszteségi tényező, d) dinamikai viszkozitás

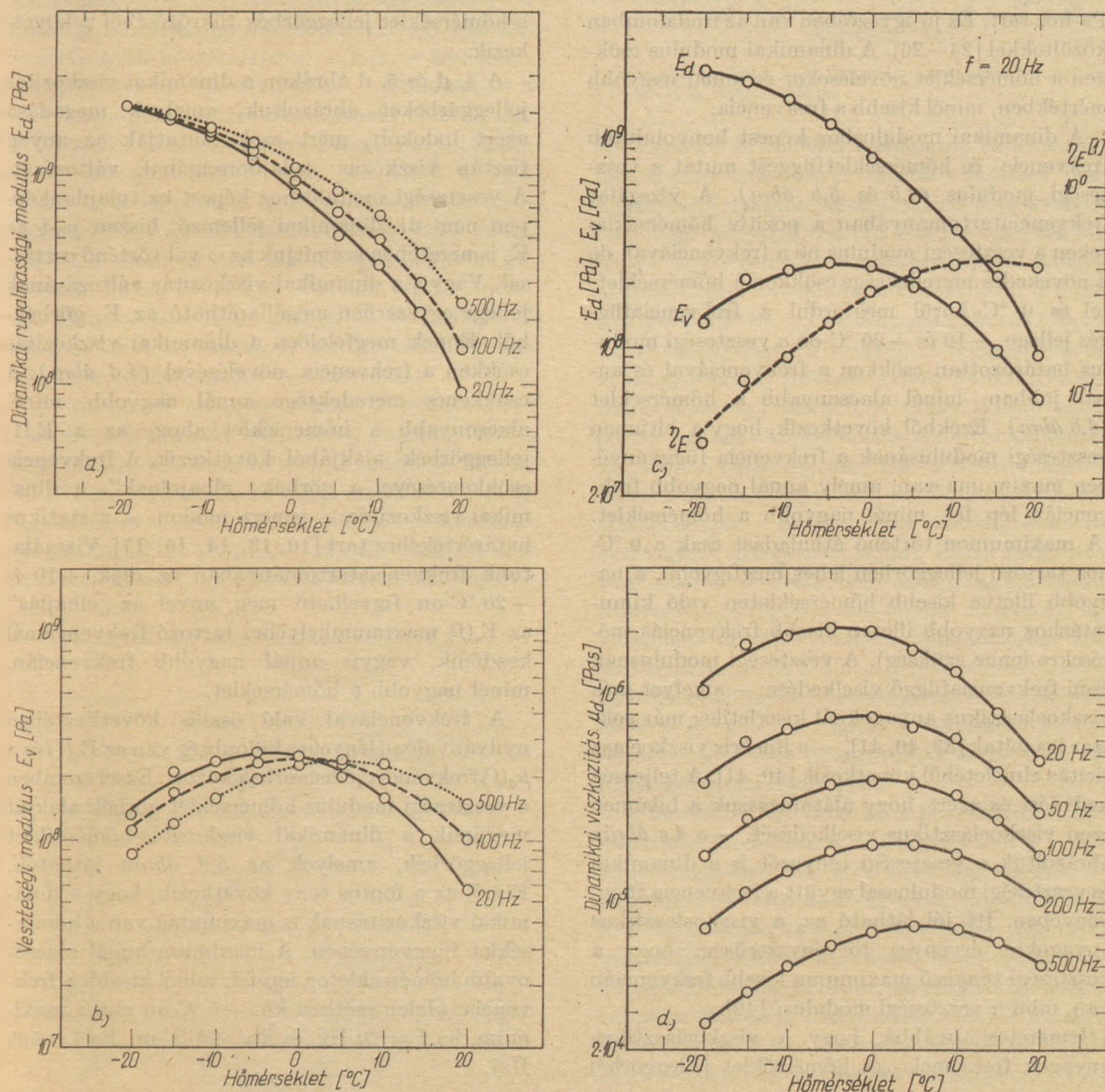
és megmértük előbb az alumíniumpálca, majd a bevont pálca rezonanciafrekvenciáit és az utóbbi esetben a rezonancia-sáv szélességeket. Méréseket a pálca első öt rezonanciáján végeztünk, így a kb. 20 Hz...2000 Hz frekvenciatartományban kaptunk öt különböző frekvencián vizsgálati eredményeket. A méréseket a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklettartományban végeztük el.

5. Vizsgálati eredmények

Az elmúlt évek során megvizsgáltuk több különböző útépitési bitumen dinamikai jellemzőit a

frekvencia és a hőmérséklet függvényében [39]. Ezek közül a B-55 típusú magyar bitumenre vonatkozó eredményünket ismertetjük, amely jellemző a megvizsgált bitumenek többségére és amelyen jól tanulmányozhatók a viszkoelasztikus viselkedés jellegzetességei.

A méréseket az előző pontban ismertetett módon végeztük, amelynek eredményei ismeretében számítottuk a dinamikai jellemzőket, a 2. pontbeli összefüggésekkel, elektronikus számítógép segítségével, nagy pontossággal. A dinamikai jellemzők közül a dinamikai és veszteségi modulust, valamint a dinamikai viszkozitást adjuk meg a frekvencia és a hőmérséklet függvényében a 4. és



5. ábra. Dinamikai viszkoelasztikus jellemzők a hőmérséklet függvényében
a) dinamikai rugalmassági modulus, b) veszteségi modulus, c) dinamikai és veszteségi modulus, veszteségi tényező, d) dinamikai viszkozitás

az 5. ábrán. A frekvencia és hőmérséklet jelleggörbéket tekintve az alábbi következtetéseket vonhatjuk le a megvizsgált bitumen dinamikai viselkedésére vonatkozóan.

A dinamikai modulus nő a frekvenciával és a növekedés meredeksége annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérséklet (4.a ábra). Kb. $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt a modulus értéke mind kevésbé függ a frekvenciától. Ez jól látható az 5.a ábrán is, amelyen a dinamikai modulus hőmérsékletfüggését adjuk meg a 20, 100 és 500 Hz frekvenciákon. Ennél – és az összes többi általunk megvizsgált bitumennél is – jól megfigyelhető az, hogy a hőmérséklet csökkentésével a dinamikai modulus a frekvenciától független állandó értékhez, kb. $1 \dots 3 \cdot 10^9$ Pa-hoz tart. Ez jó egyezésben van az irodalomban közöltekkel [24 – 26]. A dinamikai modulus csökken a hőmérséklet növelésekor és annál nagyobb mértékben, minél kisebb a frekvencia.

A dinamikai modulushoz képest bonyolultabb frekvencia- és hőmérsékletfüggést mutat a veszteségi modulus (4.b és 5.b ábra). A vizsgálat frekvenciatartományában a pozitív hőmérsékleteken a veszteségi modulus nő a frekvenciával, de a növekedés meredeksége csökken a hőmérséklettel és $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül megfordul a frekvenciafüggés jellege. -10 és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a veszteségi modulus határozottan csökken a frekvenciával és annál jobban, minél alacsonyabb a hőmérséklet (4.b ábra). Ezekből következik, hogy a bitumen veszteségi modulusának a frekvencia függvényében maximuma van, amely annál nagyobb frekvencián lép fel, minél nagyobb a hőmérséklet. (A maximumon történő áthaladást csak a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -hoz tartozó jelleggörbén lehet megfigyelni, a nagyobb illetve kisebb hőmérsékleten való kimutatáshoz nagyobb illetve kisebb frekvenciás mérésekre lenne szükség). A veszteségi modulusnak ezen frekvenciafüggő viselkedése – amelyet más viszkoelasztikus anyagoknál kísérletileg már sokszor igazoltak [33, 40, 41], – a lineáris viszkoelaszticitás elméletéből következik [40, 41]. A teljesség kedvéért és azért, hogy alátámasszuk a bitumen ezen viszkoelasztikus viselkedését, – a 4.c ábrán ábrázoltuk a veszteségi tényezőt is a dinamikai és veszteségi modulussal együtt a frekvencia függvényében. Itt jól látható az, a viszkoelasztikus anyagokra érvényes törvényszerűség, hogy a veszteségi tényező maximuma kisebb frekvencián van, mint a veszteségi modulusé [40].

Ismeretes továbbá, hogy a viszkoelasztikus anyagok frekvencia- és hőmérséklet jelleggörbéi

egymásnak tükörképei [40]. (Ezt láttuk a dinamikai modulus jelleggörbéinek vizsgálatánál is). Ebből következik az, hogyha az $E_v(f)$ görbéknek maximuma van, akkor hasonlóan maximuma van a veszteségi modulusnak a hőmérséklet függvényében is. Ezt egyértelműen igazolják az 5.b ábrán vázolt hőmérséklet-jelleggörbék. Látható, hogy a maximum helye az alacsonyabb hőmérséklet felé tolódik el a frekvencia csökkentésével, de a maximum értéke lényegesen nem változik. Az 5.c ábrán ismét együtt ábrázoltuk a három dinamikai jellemzőit, de most a hőmérséklet függvényében ($f = 20$ Hz). A veszteségi tényező maximuma nagyobb hőmérsékleten lép fel, mint a veszteségi modulusé, ahogy az a frekvencia – és a hőmérséklet jelleggörbék tükrözéséből is következik.

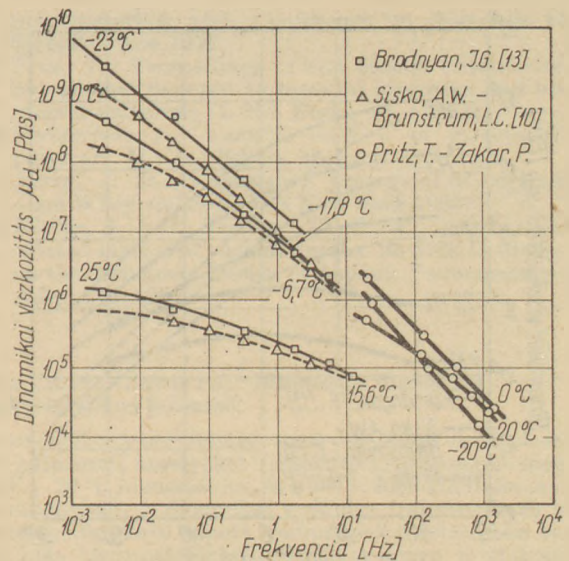
A 4. d és 5. d ábrán a dinamikai viszkozitás jelleggörbéket ábrázoltuk, amelyek megadása azért indokolt, mert ezek mutatják az anyag tisztán viszkózus tulajdonságának változását. A veszteségi modulushoz képest ez tulajdonképpen nem új dinamikai jellemző, hiszen μ_d -t az E_v ismeretében számítjuk az ω -val történő osztással. Vagyis a dinamikai viszkozitás változásának jellege egyszerűen megállapítható az E_v görbékéből. Ennek megfelelően a dinamikai viszkozitás csökken a frekvencia növelésével (4.d ábra). A csökkenés meredeksége annál nagyobb, minél alacsonyabb a hőmérséklet, ahogy az a $E_v(f)$ jelleggörbék alakjából következik. A frekvencia csökkentésével a görbék „elhajolnak”, a dinamikai viszkozitás – ismert módon – a statikus határértékéhez tart [10, 13, 14, 16, 17]. Vizsgálatunk frekvenciatartományában ez csak $+10$ és $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on figyelhető meg, mivel az „elhajlás” az $E_v(f)$ maximumhelyéhez tartozó frekvenciánál kezdődik, vagyis annál nagyobb frekvencián, minél nagyobb a hőmérséklet.

A frekvenciával való osztás következtében nyilvánvalóan lényeges különbség van az $E_v(f)$ és a $\mu_d(f)$ frekvencia jelleggörbék között. Ezzel szemben a veszteségi modulus-hőmérséklet görbék alakját megőrzi a dinamikai viszkozitás-hőmérséklet jelleggörbék, amelyek az 5.d ábrán láthatók. Ebből az a fontos tény következik, hogy a dinamikai viszkozitásnak is maximuma van a hőmérséklet függvényében. A maximum annál alacsonyabb hőmérsékleten lép fel, minél kisebb a frekvencia. (Jelen esetben kb. $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on van a maximum, ha $f = 20$ Hz, és kb. $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, ha $f = 500$ Hz).

6. A vizsgálati eredmények értékelése és megvitatása

A 3. pontban, a szakirodalom áttekintése során megállapítottuk, hogy a bitumenek dinamikai jellemzőiről közölt vizsgálati eredmények zöme az igen kisfrekvenciás tartományra vonatkozik. Kevés vizsgálatot végeztek az út tényleges igénybevételének megfelelő frekvenciatartományban, amely a közlemények szerint kb. 0,1...100 Hz-nek felel meg [42]. Az ennél nagyobb frekvenciákra vonatkozó eredmények pedig csak elvétve találhatók, bár a bitumen dinamikai viselkedésének helyes leírásához ezekre is szükség lenne. A dinamikai jellemzők nagyfrekvenciás viselkedésére a kutatók többsége úgy következtet, hogy kisfrekvencián több hőmérsékleten is mér és transzformálja ezeket az eredményeket, — felhasználva a frekvencia-hőmérséklet ekvivalencia elvét. (Ezeket a széles frekvenciasávot átfogó ún. általánosított jelleggörbékét a mért görbékből állítják össze, azok vízszintes- és függőleges irányú eltolásával [41].) Az általánosított frekvencia jelleggörbékét azonban csak akkor fogadhatjuk el helyesnek, ha azokat nagyfrekvencián végzett mérések is igazolják. Ilyen jellegű alapos, ellenőrző vizsgálatokat tudomásunk szerint azonban nem végeztek a bitumenekre vonatkozóan.

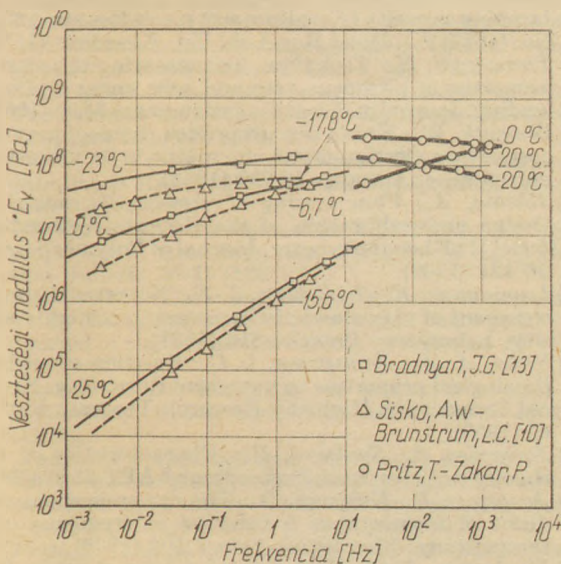
A vizsgálati eredményeinket összehasonlítva más szerzők korábbi munkáival, megállapítható, hogy a dinamikai modulus frekvencia és hőmérsékletfüggő viselkedésére vonatkozó kísérleti megfigyelések és elméleti következtetések jó összhangban vannak [10, 13, 14, 24, 25]. Ez azonban nem állítható a veszteségi modulus frekvenciafüggésé-



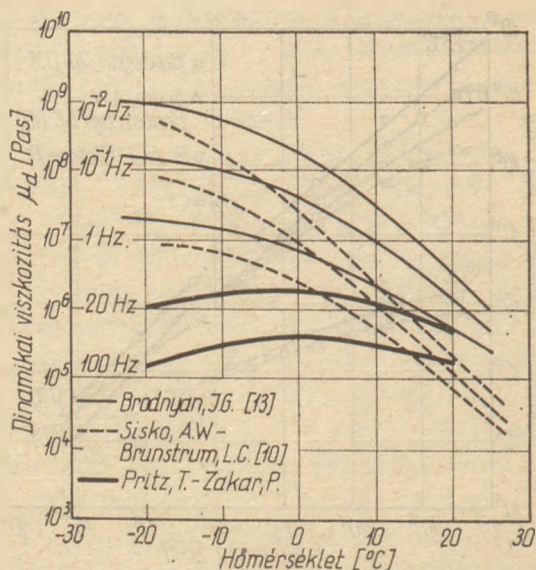
7. ábra Három különböző bitumen dinamikai viszkozitása a frekvencia függvényében

ről. Kísérleti és elméleti vizsgálatok során korábban ugyanis arra a következtetésre jutottak, hogy a veszteségi modulus kezdetben nő a frekvenciával, majd nagyfrekvencián állandó értékhez tart [10, 13, 14]. Ezen következtetés alapjául szolgáló kisfrekvenciás mérési eredmények közül a 6. ábrán mutatunk be egy néhány jellegzeteset [10, 13]. Ezekre alkalmazva a frekvencia-hőmérséklet ekvivalencia elvét, valóban a fent említett, nagyfrekvencián egy állandó értékhez simuló jelleggörbét kapunk. Vizsgálataink azonban azt mutatják, hogy a veszteségi modulus csökken a nagyobb frekvenciákon, ahogy az a 6. ábrán látható. Ezt alátámasztják a bevont pálca módszerrel korábban végzett vizsgálatok is [24]. Ebből pedig nyilvánvalóan következik, hogy az $E_v(f)$ általánosított frekvencia-jelleggörbe sem tarthat mindvégig egy maximális értékhez, hanem annak elérése után csökkenni kezd. (A 6. ábrán megadott eredmények különböző bitumenre vonatkoznak és a hőmérsékletek sem azonosak. Ezért a számszerű értékek természetesen nem hasonlíthatók össze, de a változás jellege azonban igen).

A fentiekből továbbá az is következik, hogy a veszteségi modulusnak maximuma van a hőmérséklet függvényében is és ugyanígy viselkedik a dinamikai viszkozitás is. Érdekes, hogy a korábbi közleményekben általában nem adják meg sem a veszteségi modulus, sem a dinamikai viszkozitás-hőmérséklet jelleggörbékét, bár ezek a hőmérséklettel paraméterezett frekvenciagörbékből könnyen kiolvashatók. A fent idézett két szerző [10, 13] által mért viszkozitás-frekvencia jelleggörbék közül egyeseket összehasonlítjuk a 7. ábrán a saját eredményeinkkel. Ezeken is jól felismerhetők a $\mu_d(f)$



6. ábra. Három különböző bitumen veszteségi modulusa a frekvencia függvényében



8. ábra Szakirodalmi adatok alapján szerkesztett [10, 13] és vizsgálattal meghatározott dinamikai viszkozitás – hőmérséklet jelleggörbék

görbék tárgyalásánál az előző pontban ismertetett jellegzetességek. Felhasználva ezen szerzők $\mu_d(f)$ jelleggörbéit, megszerkesztettük azokból a dinamikai viszkozitás hőmérsékletfüggését. Ily módon kisebb frekvencián végzett vizsgálatok eredményeivel is összehasonlíthatjuk és alátámaszthatjuk eredményeinket. A 10^{-2} , 10^{-1} és 1 Hz-hez tartozó jelleggörbék a 8. ábrán láthatók, ahova berajzoltuk saját eredményeink közül a 20 Hz és 100 Hz-hez tartozókat. Az ábra igazolja azt a megállapításunkat, hogy a dinamikai viszkozitásnak a hőmérséklet függvényében maximuma van, amely annál alacsonyabb hőmérsékleten lép fel, minél kisebb a frekvencia.

7. Összefoglalás és következtetések

Ismertettünk egy módszert, amellyel a bitumenek dinamikai jellemzőit vizsgálni lehet a kb. 20 Hz . . . 2000 Hz frekvencia- és a $-20 \dots +20$ °C hőmérséklettartományban. Az általunk vizsgált bitumenre kapott eredmények a dinamikai modulus frekvencia és hőmérsékletfüggése tekintetében összhangban vannak más közleményekkel. Ezzel szemben vizsgálataink nem igazolják korábbi közlemények megállapítását a veszteségi modulus frekvenciafüggéséről, amelyet elméleti úton a kisfrekvenciás eredmények transzformációjával határoztak meg. Vizsgálataink szerint a veszteség modulusnak maximuma van a frekvencia és a hőmérséklet függvényében is. Hasonlóan maximummal rendelkezik a dinamikai viszkozitás is a hőmérséklet függvényében.

A közlemények alapján megállapíthatjuk, hogy a bitumenek dinamikai jellemzőinek vizsgálatára kidolgozott berendezéseket kb. azonos hőmérséklet-, de különböző frekvenciatartományokban lehet használni. A frekvenciatartományok kisebb-nagyobb szakaszokon átlapolják egymást. Ennek alapján célszerűnek látszik nemzetközi együttműködés keretében meghatározni a bitumen dinamikai jellemzőit a lehető legszélesebb frekvenciasávban. Egy ilyen széles sávban végzett vizsgálat eredményeként teljes képet kaphatnánk a bitumen dinamikai viselkedéséről. Az elméleti ismeretek gyarapításán túlmenően a vizsgálatnak közvetlen gyakorlati haszna is lenne. Ez ugyanis hozzásegíthetné a szakembereket a bitumen olyan anyag-modelljének megalkotásához, amely közvetlenül felhasználható a mérnöki számításoknál.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Betonútépítő Vállalatnak és az Aszfaltútépítő Vállalatnak a fenti munkák elvégzésének lehetővé tételéért, továbbá Horváth Lászlónak a mérések gondos elvégzéséért.

I R O D A L O M

- [1] *Snowdon, J. C.*: Vibration and shock in damped mechanical systems. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1968.
- [2] *Physical Acoustics. Vol. II. Part B. Properties of polymers and nonlinear acoustics.* Ed. by *W. P. Mason*. Academic Press, New York and London 1965.
- [3] *Zakar, P.*: A bitumen kutatások jelenlegi irányairól. Mélyépítéstudományi Szemle 24 348 (1974).
- [4] *Lonsdale, T., Wilson, J. S.*: Der Steifheitsmodul von Bitumina und Bitumenfüller mischungen. Asphalt und Teere, Strassenbau Technik. 42 252 (1942).
- [5] *Jones, R.*: Dynamic modulus of elasticity and the damping capacity of medium soft pitch. Research Note No. (1687) R.J., Road Res. Lab. Un. Kingdom (1952).
- [6] *Thrower, E. N.*: Technique for measuring the elastic properties of bitumens, tars and soils under dynamic loading. Journal of Scientific Instruments 38 69 (1961).
- [7] *Bismuth, W.*: Étude des propriétés rhéologiques des corps visco-élastiques par une méthode de vibrations entretenues. Acustica 13 290 (1963).
- [8] *Jobling, A.*: Flow testing of viscoelastic materials. Design and calibration of the Roberts-Weissenberg Model R8 Rheogoniometer. Journal of Polymer Science 36 421 (1959).
- [9] *Lammiman, K. A., Roberts, J. E.*: Notes on the measurement of viscoelasticity in materials of high viscosity. Laboratory Practice 816 (1961).
- [10] *Sisko, A. W., Brunstrum, L. C.*: Relation of asphalt rheological properties to pavement durability. National Cooperative Highway Research Program Report 67 (1969).
- [11] *Jongepier, R., Kuilman, B.*: Characteristics of the rheology of bitumens. Proceedings AAPT 38 98 (1969).
- [12] *Jongepier, R., Kuilman, B.*: The dynamic shear modulus of bitumens as a function of frequency and temperature. Rheologica Acta 9 102 (1970).
- [13] *Brodnyan, J. G.*: Use of rheological and other data in asphalt engineering problems. Highway Research Board Bulletin 192 1 (1958).

- [14] *Brodnyan, J. G. et. al.*: The rheology of asphalt. III. Dynamic mechanic properties of asphalt. Transactions of the Society of Rheology 4 279 (1960).
- [15] *Verga, C. et. al.*: Asphalt cement improvement: the influence of a carboxylated SBR elastomer investigated by means of viscoelastic parameters. Proceedings AAPT 366 (1975).
- [16] *Fritz, H. W.*: Rheologische Kennwerte von Bitumen aufgrund dynamischer Versuche. Bitumen, Teere, Asphalte, Peche 25 6 (1974).
- [17] *Aebi, M. R.*: Charakterisierung von Strassenbaubitumen durch viskoelastische Kenngrößen. Strass und Verkehr 6 265 (1976).
- [18] Balance - Rheometer. Contraves Bulletin T 302 d 708
- [19] *Labout, J. W. A.*: The Micro-Elastometer. A micro-device for measuring the modulus of „stiffness” of small samples of thermoplastic materials. Rheologica Acta 1 186 (1958).
- [20] *Dobson, G. R.*: An apparatus for measuring the dynamic elastic properties of bitumens. Journal of Scientific Instruments 44 375 (1967).
- [21] *Dobson, G. R.*: The dynamic mechanical properties of bitumen. Proceedings AAPT 38 123 (1969).
- [22] *Dobson, G. R.*: On the development of rational specification for the rheological properties of bitumens. Journal of Institute of Petroleum 58 559 (1972).
- [23] *Veverka, V., Francken, L.*: Proposition d'une methode de caractérisation des bitumes routiers sur la base d'un essai dynamique. Proceedings of the Second International Symposium devoted to tests on bitumens and bituminous materials. I. 219. Budapest, 1975.
- [24] *Kühn, S. H. - Rigden, P. J.*: Measurement of viscoelastic properties of bitumens under dynamic loading. Highway Research Board Proceedings 38 431 (1959).
- [25] *Wada, Y., Hirose, H.*: Glass transition phenomena and rheological properties of petroleum asphalt. Journal of the Physical Society of Japan 15 1885 (1960).
- [26] *Van der Poel, C.*: A general system describing the viscoelastic properties of bitumens and its relation to routine test data. J. Appl. Chem. 4 221 (1954).
- [27] *Золотарев В. А., Исаев А. И., Виноградов Г. В.*: Вязко-упругие свойства битума при непрерывном и циклическом деформировании. Инженеро-физический Журнал 29 332 (1975).
- [28] *Oberst, H. - Frankensfeld, K.*: Über die Dämpfung der Biegeschwingungen dünner Bleche durch festhaftende Beläge. Acustica 2 AB 181 (1952).
- [29] Complex Modulus Apparatus, Büel-Kjaer Type 3930. Instructions and Applications 1968.
- [30] DIN 53 440 Blatt 3. Biegeschwingungsversuch, Bestimmung von Kenngrößen schwingungsgedämpfter Mehrschichtsysteme (1971).
- [31] *Van Oort, W. P.*: Eine Methode zur Messung der dynamisch-mechanischen Eigenschaften kleiner Proben plastischer Stoffe. Microtechnic 7 246 (1953).
- [32] *Skudrzyk, E.*: Simple and complex vibratory systems, The Pennsylvania State University Press, University Park and London, 1968.
- [33] *Oberst, H. - Bohn, L. - Linhardt, F.*: Schwingungsdämpfende Kunststoffe in der Lärmekämpfung. Kunststoffe 51 495 (1961).
- [34] *Nashif, A. D.*: New method for determining damping properties of viscoelastic materials. Shock and Vibration Bulletin 36 37 (1967).
- [35] *Dudek, T. J.*: Damping-material effectiveness measured by the Geiger-plate and composite-beam tests. The Journal of the Acoustical Society of America 46 1384 (1969).
- [36] *Nashif, A. D.*: Materials for vibration control in engineering. Shock and Vibration Bulletin 43 145 (1973).
- [37] *Притц Т.*: Погрешности измерения при исследовании динамических упругих характеристик хибропоглощающих материалов. IX Всесоюзная Акустическая Конференция К 83 Москва 1977.
- [38] *Fritz, T.*: Design of thickness ratio of coated beam used for investigating the dynamic properties of damping materials. 16th Conference on Acoustics 267. Strbske Pleso 1977.
- [39] *Fritz, T.*: Proceedings of the Second International Symposium devoted to tests on bitumens and bituminous materials II. 267. Budapest, 1975.
- [40] *Perepechko, I.*: Acoustic method of investigating polymers. Mir Publishers, Moscow 1975.
- [41] *Ferry, J. D.*: Viscoelastic properties of polymers. John Wiley and Sons, Inc. New York 1969.
- [42] *Klomp, A. J. G., Niesman, Th. W.*: Observed and calculated strains of various depths. 2nd Int. Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements. Ann Arbor 671. 1967.

Fritz Tamás-Zakar Pál: Bitumenek dinamikai viskoelasztikus jellemzői

Ismertetjük egy útépitési bitumen dinamikai viskoelasztikus jellemzőit, amelyeket vizsgálatokkal határoztunk meg a $-20 \dots 20^\circ\text{C}$ hőmérséklet, és a $20 \dots 2000$ Hz frekvencia-tartományban. A dinamikai modulus frekvencia- és hőmérsékletfüggésére kapott eredmények összhangban vannak más közleményekkel. Ezek szemben a vizsgálati eredményeink nem igazolják korábbi közlemények elméleti megállapítását a veszteségi modulus frekvenciafüggéséről. Vizsgálataink szerint a veszteségi modulusnak maximuma van a frekvencia és a hőmérséklet függvényében is. Hasonlóan maximummal rendelkezik a dinamikai viszkozitás is a hőmérséklet függvényében.

Притц, Т.—Закар, П.: Динамические вязко-эластичные характеристики битумов

Приводятся вязко-эластичные характеристики одного битума дорожного строительства, определенные при температурах $-20 \dots 20^\circ\text{C}$ в интервале частот $20 \dots 2000$ Герц. Данные, полученные для зависимости „динамический модуль частоты — температура”, хорошо согласуются с литературными данными. В противоположность этому результаты испытаний не согласуются с теоретическими литературными выводами, касающимися зависимости модуля потерь от частоты. Согласно испытаниям, проведенным авторами, модуль потерь имеет максимум в зависимости от частоты и температуры. Аналогичный максимум имеет также и динамическая вязкость в зависимости от температуры.

Fritz, Tamás-Zakar, Pál: Dynamische viskoelastische Charakteristiken von Bitumina

Die durch Untersuchungen im Temperaturbereich von $-20 \dots 20^\circ\text{C}$ und im Frequenzbereich von $20 \dots 2000$ Hz bestimmten dynamischen viskoelastischen Charakteristiken eines Straßenbaubitumens werden angegeben. Die für die Frequenz- und Temperaturabhängigkeit des dynamischen Elastizitätsmoduls erhaltenen Ergebnisse sind mit jenen anderer Veröffentlichungen im Einklang. Demgegenüber bestätigen die erhaltenen Ergebnisse die theoretischen Feststellungen früherer Mitteilungen hinsichtlich der Frequenzabhängigkeit des Verlustmoduls nicht. Den durchgeführten Untersuchungen nach hat der Verlustmodul nicht nur in Abhängigkeit der Temperatur, sondern auch der Frequenz ein Maximum. Gleichsam zeigt sich ein Maximum der dynamischen Viskosität in Abhängigkeit der Temperatur.

Fritz, Tamás-Zakar, Pál: Dynamic Viscoelastic Characteristics of Bituminous Materials

A roadbuilding bitumen was tested for dynamic viscoelastic properties in the temperature range of $-20 \dots 20^\circ\text{C}$ and frequency range of $20 \dots 2000$ C/s. Loss modulus vs. frequency and loss modulus vs. temperature plots both show maxima; dynamic viscosity, on the other hand, only as a function of temperature. The temperature and frequency dependence of the dynamic modulus correlates well with earlier results, the frequency dependence of the loss modulus however contradicts several earlier theoretical suggestions.

A mélyfúrási geofizikai paraméterek és a cementipari nyersanyagok minősége közötti összefüggésről

B. SZABÓ LÁSZLÓ – ILLÉS ÁGNES

Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat

A Szilikátipari Központi Kutató Intézet a Központi Földtani Hivatal megbízásából kutatást kezdeményezett agyag és mészkő kutatási területek geofizikai szelvényeinek ismételt feldolgozására azzal a céllal, hogy korrelációs összefüggések származtatását kíséreljük meg a cementipari jellemzők és a mélyfúrási geofizikai paraméterek között [1].

A feladatban szereplő nyersanyagok: nagykómászsai mészkő (HCM) és csoznyatetői agyag (HCM), valamint nagyszáli mészkő (DCM) és a gombási anyag (DCM).

Irodalmi előtanulmányaink alapján [3], [4] magunkévá tettük azt az alapelvet, amely szerint a „kondíciók három fő területre koncentrálhatók, mint az ásványi nyersanyagok kémiai összetétele, makrostruktúrája és mikroszerkezete, melyek együttesen határozzák meg gyártástechnológiai alkalmasságukat”.

A fúrásokat 1965–1967., majd 1970–1972. években mélyítették, méréseink ezekből az évekből valók. Az agyagterületeken természetes potenciál (SP), elektromos fajlagos ellenállás (R1, R3) és természetes gamma aktivitás (TG); a mészkőterületeken természetes gamma (TG), gamma gamma (GG) és neutron gamma (NG) aktivitás szelvények álltak rendelkezésre. A mészkő-kutató fúrásokban az öblítő közeg részben vagy teljesen megszökött, így ezekben elektromos szelvények nem készültek.

Az akkori értékelés szerint a feladat a következő volt: a csoznyatetői és a gombási fúrásokban megvonni az agyag, agyagos iszap, iszapos kőzetliszt, homok, homokkő és durvaszemcsésű frakciók, törmelékek közötti képződményhatárokat: a nagykómászsai és a nagyszáli fúrásokban meg kellett határozni a karbonátos összetétel szennyező agyagos, repedékes szakaszokat, a kavernák he-

lyét, és a homokkő betelepülések mélységét. Ezt a feladatot megoldottuk.

Újszerű és haladó gondolat volt ezek után a Szilikátipari Központi Kutató Intézet kezdeményezése, mely szerint – a már ismert eredményekből kiindulva – végezzük el a szelvények revízióját, két részletben, először a technológiai átlag minták, majd az ún. réteg átlag minták elemzési adataival összefüggésben. Agyagoknál a szilikátmódulust (SM) és az osszalkáliát ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ %) vizsgáltuk, a mészköveknél a CaCO_3 -tartalmat, a MgO mennyiségét és az örölhetőséget (Hardgrove-szám). Tekintettel arra, hogy a radioaktív szelvények jelentős része öblítő iszap nélküli fúrásban készült, másrészt mivel csak kvalitatív kalibrációval látták el a szelvényeket, ezért szükségképpen utólagos kalibrációt végeztünk; ún. viszonylagos egységeket képeztünk a következőképpen:

$$A_I = \frac{I_{\text{átlag}}^{\text{(TG, GG, NG) mintázott szakasz}}}{I_{\text{átlag}}^{\text{(TG, GG, NG) harántolt teljes hossz}}}$$

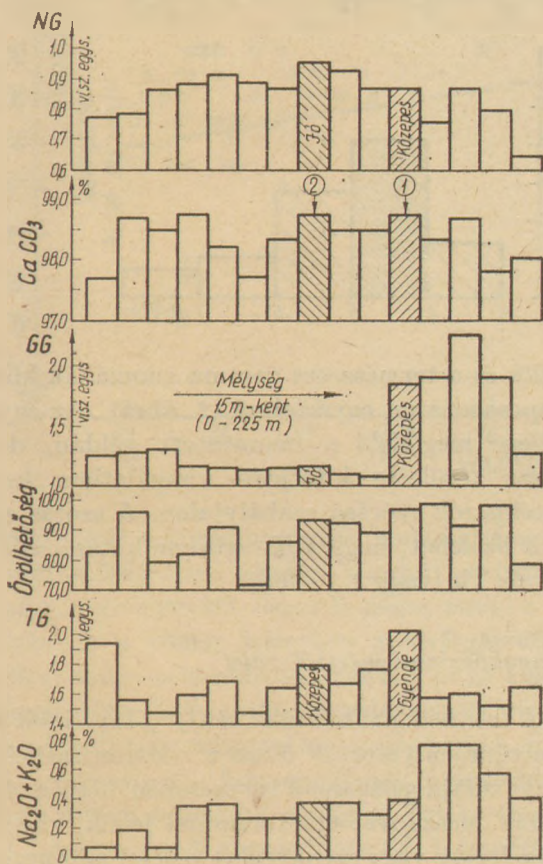
ahol:

A_I a viszonylagos radioaktív intenzitás
 $I_{\text{(TG, GG, NG)}}$ a mintázott szakaszra átlagolt intenzitás, a különböző szelvényekből sorra...

Ez a módszer akkor vezethet sikerre, ha egyik fúrás átlaga jól egyezik a másikkal, vagy a „vezérretegként” választott tömör mészkő minősége állandó, – azaz a lelőhely minősége horizontális irányban keveset változik.

Az öblítéses magfúrás során a mészkövekből nyert, felszínre hozott minták többnyire az üde, zavartalan kőzetből valók. A zúzott, tektonizált zónákból a magnyereség gyengébb. A vízöblítés hatására a repedések, üregek agyagtartalma részint kimosódik. Emiatt, véleményünk szerint

– ha például a CaCO_3 tartalmat nézzük – a magminták a valóságosnál jobb nyersanyag minőségre utalnak. 100 m-es haszonanyag vastagságot feltételezve, a 80–90%-os magkihozatalú nagykőmázsai fúrásokból 10–20 m hosszú minta hiányzott. Ezért az elemzési eredményeket összehasonlító oszlopdiagramokon ellentmondások is vannak, (1. ábra, a. jelű mélységköz).



1. ábra A nagykőmázsai V-7 sz. fúrás elemzési eredményeit összehasonlító oszlopdiagramm

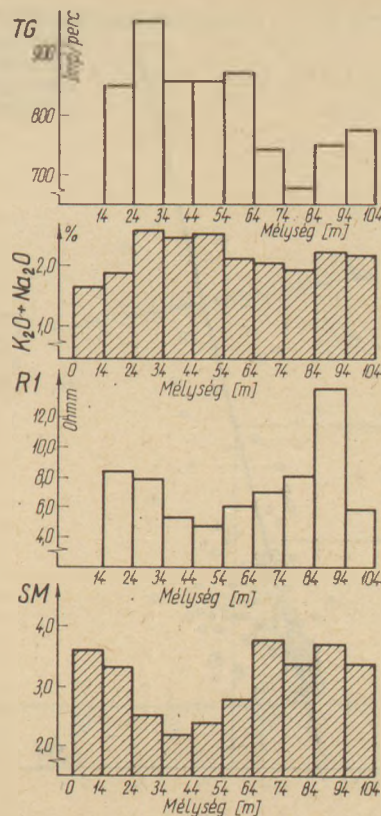
A vizsgálat eredményei

Elméleti megfontolások alapján a geofizikai paraméterek és a laboratóriumi elemzések értékeit a következő párosításban vetettük össze: mészkőkutató fúrásokban NG-karbonáttartalom, GG-örölhetőség és TG-összalkália (1. ábra).

Agyagkutató fúrásokban R1-szilikátmodulus (SM) és TG-összalkália ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). Az oszlopdiagramok összehasonlítása csupán az R1–SM korrelációnál mutatott biztató eredményt (2. ábra), a többi paraméter esetében a korreláció gyengébbnek ígérkezett.

Csoznyatetői agyagterület

A fajlagos elektromos ellenállás (R1) szelvények és a technológiai minták szilikátmodulusának (SM)

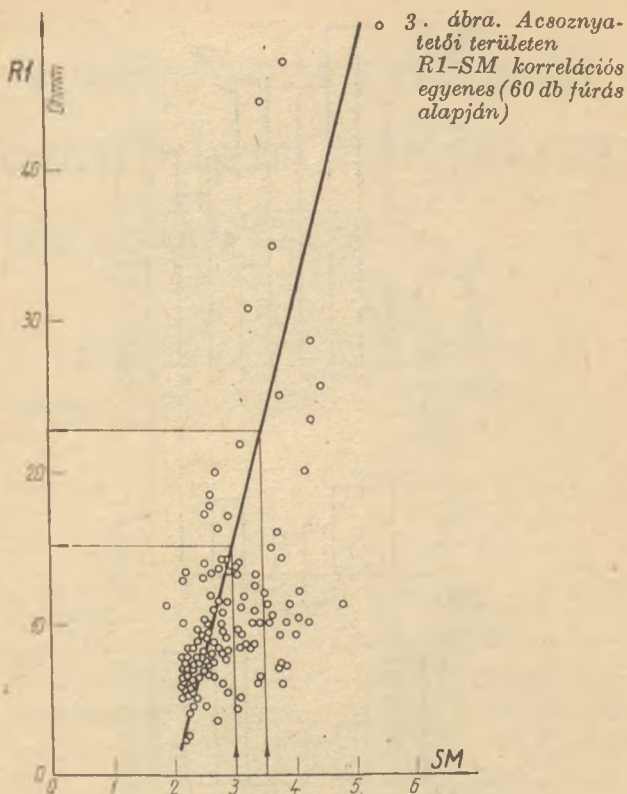


2. ábra. A csoznyatetői XIII-2 sz. fúrás elemzési eredményeit összehasonlító oszlopdiagramm

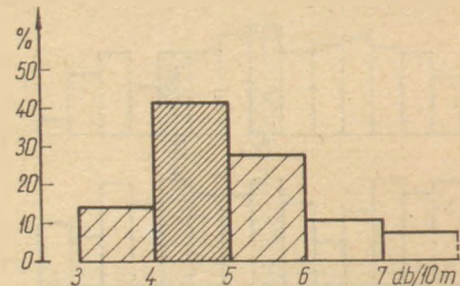
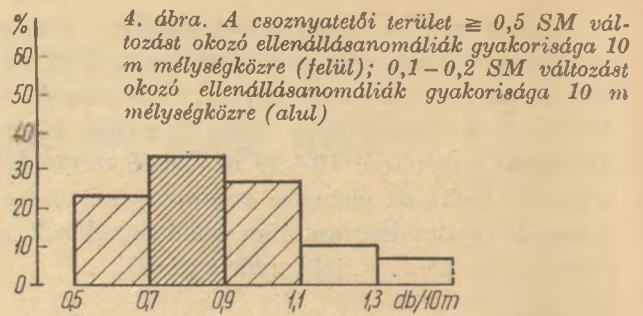
összehasonlításakor az 1:200 mélységi léptékű szelvényekre felhordtuk az SM értéket is. A kétféle diagram paralell lefutás arra mutatott, hogy a szilikáttartalom növekedését jól követi az elektromos ellenállás. Ezt követően 60 fúrás R1–SM értékpárjait diagramon ábrázoltuk (3. ábra). Az R1–SM értékpárok zöme 5–15 ohm és 2–4 SM közt helyezkedik el. A geofizika gyakorlata szerint tehát az agyag, iszapos – kőzetlisztes agyagminták számbeli túlsúlya figyelhető meg. Figyelembevéve a homokminták pontjait (25 ohm fölött), közelítő egyenest húzunk be. Észert a szilikátmodulus egységnyi változásához 15 ohm fajlagos ellenállásváltozás tartozik. A rétegminták hasonló jó eredményt adnak.

A 3. ábrából olyan következtetés vonható le, hogy állékony fúrásban a jól kivitelezett ellenállásmérésből jó közelítés adható az agyagkomponens várható SM értékére. Az itt leszarmaztatott összefüggés nem általános érvényű, egy-egy kutatási területen mindig helyileg szükséges meghatározni.

A nyersanyag homogenitását, egyöntetűségét az egyenletes lefutású karotázis görbék mutatják. Változatos szemcseösszetételnél a görbék csipkézettek, azaz a görbék alkalmasak arra, hogy a nyersanyag homogenitását ellenőrizni tudjuk. A rétegzettség szaporaságát egy bizonyos hosz



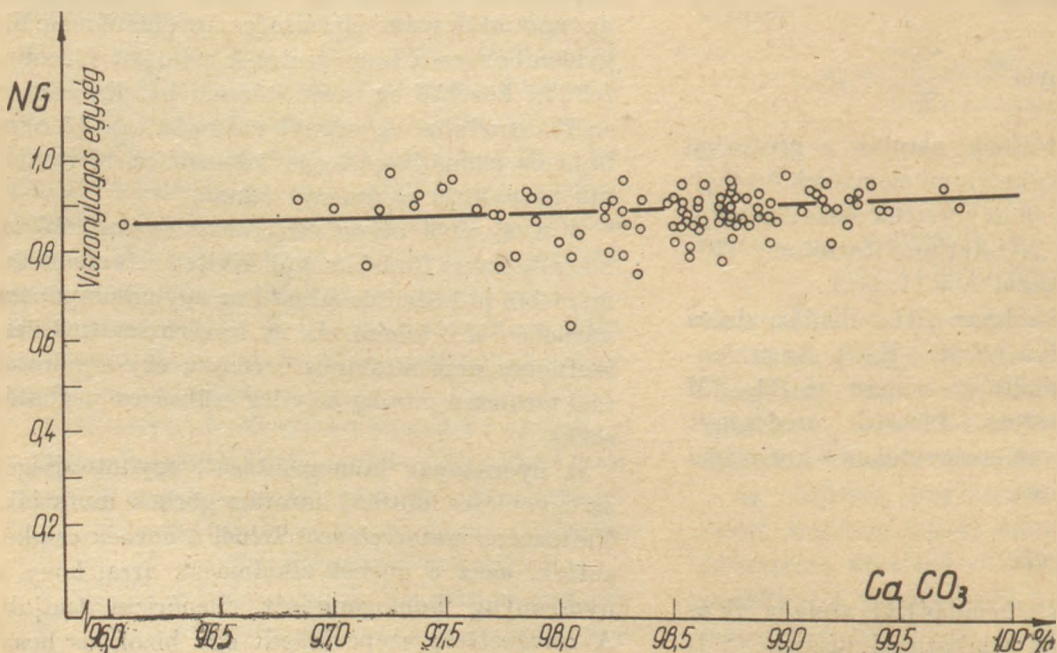
szúságra (pl. 10 m mélységű szakaszok) esőanomáliák számával lehet érzékeltetni. A 3. ábra alapján 0,5 SM változás 6–8 ohm ellenálláskülönbséget okoz és 0,1–0,2 SM változás pedig 1,2–2,5 ohm-t. Az ilyen méretű anomáliák fúrásokénti megszámlálásával nyertük a 4. ábra eloszlás diagramját. Ebből kiderül, hogy például egy 50 m mélységű fúrásban legalább 80% annak a valószínűsége, hogy a 0,55 SM értékű rétegváltozások száma 2,5–5,5 közé esik, illetve a 0,1–0,2 SM értékűeké 15–30 helyen várható. Az összal-



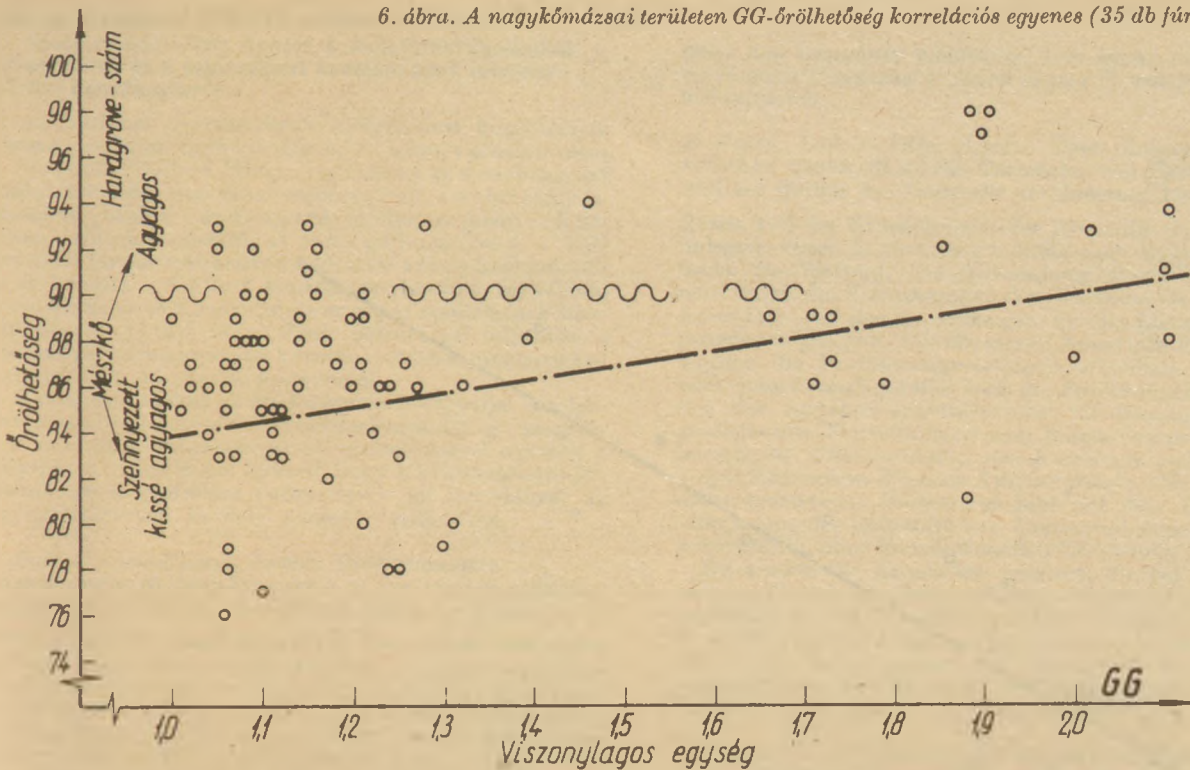
kália és a természetes gamma anomáliák közötti kapcsolat nem egyértelmű (2. ábra). Az egyezés jellege megfelelő a bemutatott példán, de az egész területre kiterjedő vizsgálatban kapott értékpárok szórása szabálytalan. A szórás egyik oka az lehet, hogy a K-tartalom hatását egészen kevés Th (vagy U) lefedi.

Nagykőmázsai mészkőterület

A technológiai minták CaCO_3 %-tartalmát a NG szelvényvel vetettük össze a neutron szelvények azon tulajdonságainak ismeretében, hogy a tömör, tiszta mészkövet maximummal jelzik, viszont a repedezett, vagy szennyezett kőzetet minimum ma (5. ábra).



6. ábra. A nagykovácsai területen GG-őrölhetőség korrelációs egyenes (35 db fúrás alapján)



98% fölött a korreláció jobb, alatta gyengébb. Az őrölhetőséget az 1. ábrából kiindulva a gamma gamma szelvényekkel vetettük össze, mivel a GG szelvények a tömör kőzetben a térfogatsúlyal fordítva arányos lefutásúak. Tehát a kőzet kisebb térfogatsúlya porózusabb, repedezettebb szerkezete a Hardgrove számmal van arányban (6. ábra)

A cementipari konvencióknak megfelelően $H > 90$ esetén a mészkő agyagos. Ezt az értéket az 1,7-nél nagyobb viszonylagos GG intenzitások haladják meg a pontthalmaz trendje szerint. Ebből következik, hogy a GG mérések alkalmazhatók lehetnek a mészkő vagy a dolomit őrölhetőségének becslésére. Továbbmenve, feltételezésünk szerint a GG szelvényekkel – in situ térfogatsúly mérésekkel – a nyersanyaggal kapcsolatos reakciókinetikai megfontolások is tehetők azáltal, hogy a porózus, finom szerkezetű (nagy fajlagos belső felületű) kőzetszakaszokat felismerjük.

Vác, gombási agyagterület

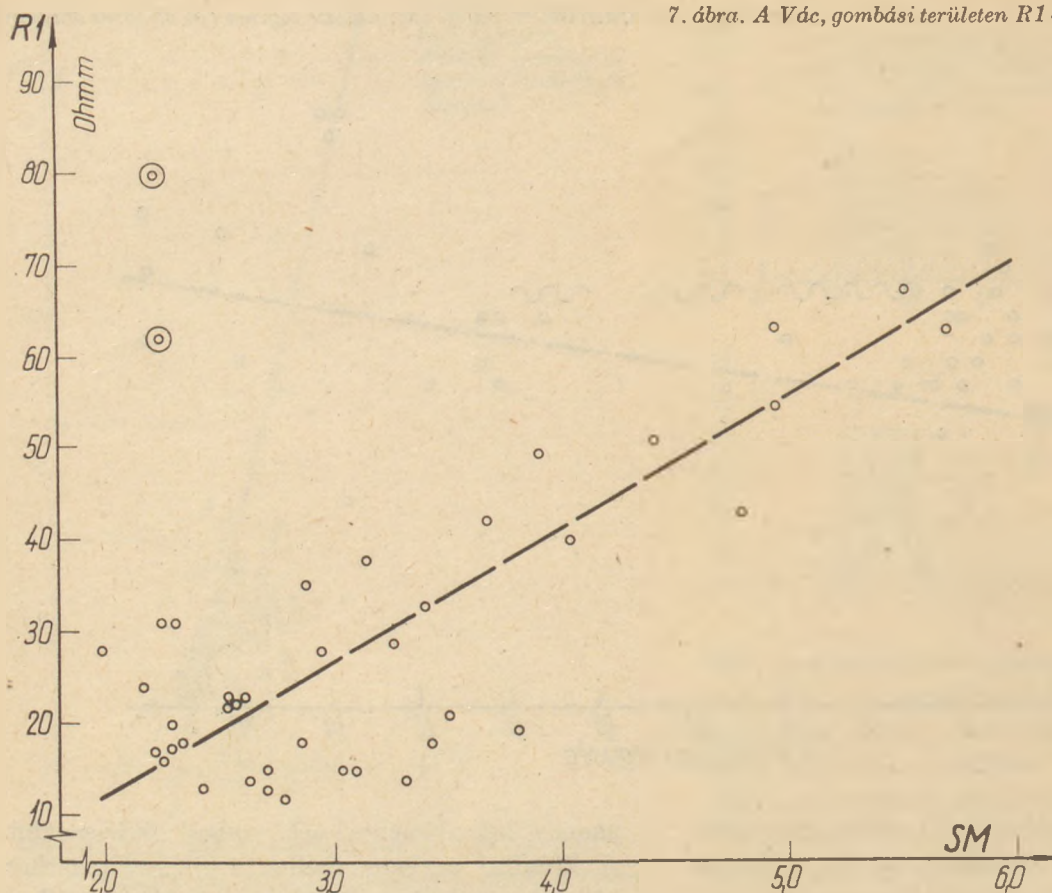
Az ellenállásszelvények és a szilikátmodulus hasonló lefutása alapján készítettük el az R1 – SM diagramot (7. ábra).

A kieső pontok – ahol kis szilikátmodulushoz nagy ellenállás tartozik – mésszel cementezett homokkőhöz tartoznak. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy ezt a korrelációt is csak kőzettanilag

azonos képződményeknél szabad felhasználni. A közelítő egyenes szerint 1 SM változáshoz 15 ohmm különbség tartozik, elég jó egyezésben a csőnyatetői vizsgálattal. Tekintve az ellenállásmérések nagy felbontóképességeit elérhető, hogy 0,05 SM nagyságú változást észlelni tudjunk. (Ha a réteg átlagmintákat vesszük figyelembe.) A mérési anyag áttekintéséből azt a tapasztalatot szűrtük le, hogy a nyersanyag minősége hosszú fúrási szakaszon egyöntetű.

Vác, nagyszáli mészkőterület

A nagyszáli mészkő a nagykovácsainál bonyolultabb földtani körülmények közt települt. A karotázs szelvények által kimutatható üregek, repedezettség és agyagos kitöltések mellett dolomitos szakaszok és homokkő betelepülések is találhatóak. A dolomitosodásról a földtani anyagfeldolgozás és a kémiai összetétel tanúskodik. A karotázs szelvények sikeresen alkalmazhatók a mészkő és a homokkő, a repedezett, kavernás szakaszok kijelölésére, valamint az agyagos repedéskitöltések kimutatására. A dolomitosodott szakaszokat a karotázs szelvények nem jelzik. Ez az oka annak, hogy a radioaktív szelvényeknek a CaO/MgO értékkel való összevetése szórt pontthalmazt eredményezett. Ezen a területen a karotázs szelvények csak leíró jellegű értelmezést tettek lehetővé.



A mélyfúrás geofizika távlati lehetőségei a cementipari nyersanyagok kutatásában

E lehetőségek kiaknázásához az szükséges, hogy az előző fejezetben bemutatott eredményeket kiteljesítsük, azaz jobb, pontosabb korrelációt találjunk a laboratóriumi és geofizikai paraméterek közt.

A megvalósítás a következő tényezőktől függ:

- megoldható-e a fúrások öblítő közeggel való feltöltése a mérés időtartamára,
- korszerűbb technikai – módszertani felkészültség a geofizika részéről.

Az első feltétel teljesítése önmagában is jelentős, alapvető kérdés, amelynek teljesülése utat szab a mészkő- és az építőkö mélyfúrás geofizikája fejlesztésének, tekintettel arra, hogy ha országos vagy országgrésznyi szinten folynak ilyen kutatások, érdemes kidolgozni, illetve kidolgoztatni a száraz fúrásban alkalmazandó karotázs technikát.

Tapasztalataink alapján, valamint szakirodalmi előrejelzések figyelembevételével a második feltétel teljesítésének megközelítését a következőkben látjuk:

- Az ellenállásméréseket mészkőkutatásban is el kell végezni, lehetőleg fókuszált áramterű módszerrel.
- A radioaktív mérések értelmezéséhez elengedhetetlen a lyukbősségmérés, segítségével a duzzadó

lyukszakaszokat (montmorillonitos agyag) is ki lehet jelölni.

- A radioaktív módszerek további fejlesztésével mód nyílna a különböző agyagásványfélések felismerésére. Ebben a tekintetben a neutronaktívációs gamma eljárás ígér a legtöbbet. Ennek egyik speciális fajtájával – a Mg bizonyos feltételek melletti felaktiválásával – a dolomitnak a mészkőtől való megkülönböztetésére is kísérletet tehetünk.
- További lehetőség a „mészkő komponens” minőségének vizsgálatában az az értelmezési eljárás, melyet az angolszász irodalom cross plotting-nak nevez. Ilyenkor egymástól független két vagy több módszerrel porozitásmeghatározást és térfogatsúlymérést végeznek, s az összetartozó értékpárok alapján homokkő – mészkő – dolomit mezőket különítenek el a kiértékelő diagramokon.

I R O D A L O M

- [1] *Hegyiné Pakó J.*: (1968): Lábatlan környéki kötőanyag-ipari nyersanyagok vizsgálata. Földtani Kutatás, XI. évf. 3–4. szám.
- [2] *Hegyiné Pakó J.* – *Vitális Gy.*: (1977): Cementipari nyersanyagaink és kutatásuk módszertana. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [3] *Székely I.* (1977): A cementipari nyersanyagkutatással szemben támasztott követelmények. Földtani Kutatás, XX. évf. 1. szám.
- [4] *Talabér J.* (1966): Cementipari kézikönyv, III. fej. (121–152. old.), XI. fej. (655–679. old.) Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

B. Szabó László—Illés Ágnes: A mélyfúrású geofizikai paraméterek és a cementipari nyersanyagok minősége közötti összefüggésről

A cementipari nyersanyagok mélyfúrású kutatásának része a geofizikai szelvényezés is. E módszer alkalmazását a Központi Földtani Hivatal rendeletei és a szelvényező Vállalatok belső utasításai szabályozzák. Az első célkutatásról napjainkig a szelvényezés módszerei jelentős fejlődésen mentek keresztül, és ezzel párhuzamosan a vele szemben támasztott adatszolgáltatási követelmények köre is bővült: a földtani képződményhatárok kijelölésén kívül *feladattá vált a mészkő és az agyag minőségének közéletű becslése fizikai úton*. Ezen újszerű cél teljesítése a cementipari nyersanyagok kutatása esetében még nem halad járt úton, nincsenek konvenciói.

A dolgozat azokat az eredményeket tárgyalja, amelyeket az utóbbi 12 év szelvényezési anyagának új szempontok szerinti feldolgozásával és értelmezésével nyertek a szerzők. A vizsgálatból kiderül, hogy a laboratóriumi jellemzők és a geofizikai paraméterek jól korrelálnak az agyagterületeken, kevésbé a mészkőterületeken.

Б. Сабо Ласло—Иллеш, Агнеш: Геофизические параметры глубокого бурения и их влияние на качество сырьевых материалов цементной промышленности

Частью исследования сырьевых материалов цементной промышленности методами гудубокого бурения является создание геофизических профилей. Правила применения этого метода нормированы указаниями Центрального Геологического Управления и внутренними инструкциями соответствующих предприятий. Метод создания геофизических профилей получил значительное развитие и одновременно с этим расширились также требования в отношении данных, которые должны быть обеспечены этим методом. Так, помимо определения геологических границ образований, необходимо провести примерную качественную оценку известняка и глины геофизическим методом. Эта новая цель, и ее выполнение при исследовании сырьевых материалов цементной промышленности пока еще находятся в самой начальной стадии. В статье обобщены данные, накопленные в течение 12 лет при обработке профильных материалов с точки зрения новых требований, а также дается их оценка. Делается вывод, что имеется хорошая корреляция между лабораторными характеристиками и геофизическими парамет-

рами для глиняных площадок, в то время как для известняковых площадок такой хорошей взаимосвязи не наблюдается.

B. Szabó, László—Illés, Ágnes: Über Zusammenhänge zwischen geophysikalische Parameter von Tiefbohrungen und der Qualität der Rohstoffe der Zementindustrie

Einen Teil der Erkundungen der Rohstoffe der Zementindustrie durch Tiefbohrungen bildet auch die geophysikalische Profilierung. Die Anwendung dieses Verfahrens wird durch die Verordnungen der Zentralen Geologischen Amtsstelle und den Anweisungen der profilierenden Unternehmen geregelt. Seit der ersten derartigen Erkundung wurden die Profilierungsverfahren erheblich weiterentwickelt und damit parallel auch die Forderungen hinsichtlich der Angaben erweitert: über die Bestimmung der geologischen Formationsgrenzen hinaus wurde auch die *annähernde Gütebeurteilung der Kalksteine und Tone auf geophysikalischem Wege als Aufgabe gestellt*. Die Erfüllung dieser neuartigen Zielsetzung geht auf dem Gebiet der Erkundung der Rohstoffe der Zementindustrie vorläufig schwerfällig, ohne konventionellen Erfahrungen vor sich.

Es werden die Ergebnisse erörtert, die bei der, nach neueren Gesichtspunkten erfolgten Bearbeitung und Interpretierung von Profilierungsarbeiten der letzten 12 Jahre erzielt wurden. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß die im Labor bestimmten Charakteristiken und die geophysikalischen Parameter bei Tonvorkommen gut, bei Kalksteinvorkommen weniger korrelieren.

B. Szabó, László—Illés, Ágnes: Connexions between Borehole Geophysical Parameters and the Quality of Cement Raw Materials

The raw materials for the cement industry are prospected — according to the recommendations of national authorities — by geophysical methods too. These include not only the determination of the deposit boundary, but also an estimation of the quality of limestone and clay from the point of cement manufacture. No forerunners of such tests exist, so new methods were elaborated. After 12 years of site tests it was found that the correlation between laboratory quality tests and certain geophysical parameters of clay deposits is fair, but less close in case of limestone deposits.

Köszöntjük Erdély Imrét

85. születésnapja alkalmából sok szeretettel és tisztelettel köszöntjük Erdély Imrét, lapunk munkatársát, Egyesületünk régi tagját.

Erdély Imre pályafutását fiatal mérnökként 1926—27-ben a Zalahalápi kőbányában kezdte, ahol a kőbánya gépesítésénél működött közre. 1931-től a kőbányászattal kapcsolódó útépités területén dolgozott, majd a háború után a Mérnökök és Technikusok Szakszervezete kecskeméti részlegének vezetője volt.

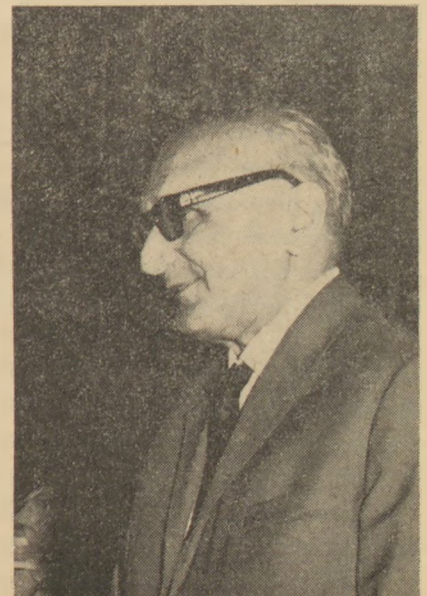
1950-től a Kőbányaiipari Nemzeti Vállalat beruházási osztályvezetője, később a Kő- és Kavicsipari Beruházási Vállalat műszaki igazgatója, majd az Építőköfejtő Vállalat főmérnökeként tevékenykedett. 1957. évi nyugdíjazását követően a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben dolgozik, mint tudományos tanácsadó.

Erdély Imre 1949. óta tagja a Szilikátipari Tudományos Egyesületnek. Munkaköréhez kapcsolódóan a kőkavicsipar területén végzi odaadóan, példamutatóan társadalmi tevékenységét. Nagy tudását és tapasztalatait mindenkor készséggel adja át fiatalabb munkatársainak, az Egyesületben tevékenykedő szakembereknek. Rendszeresen ír lapunkban, melynek szerkesztésében, gondozásában nagy lelkesedéssel és pontossággal vesz részt.

Magasszínvonalú műszaki és ismeretterjesztő tevékenységéért több magas kitüntetésben részesült: Szocialista Munkáért Érdemérem, Építőipar Kiváló Dolgozója, Szilikátiparért Emlékérem, Szocialista Kultúráért.

85. születésnapja alkalmából a Szilikátipari Tudományos Egyesület, az Építőanyag szerkesztő bizottsága és olvasói nevében jó egészséget, további jó munkát kívánunk Imre bácsinak, és azt, hogy minél tovább legyen segít-

ségünkre az Egyesület munkájában, lapunk szerkesztésében.



Adatok a feedercsatornában történő üvegszínezéshez

SZÜCS JENŐ—NÁDLER GYULA—CHMARA ANDRÁS

Üvegipari Művek, Sajószentpéteri Üveggyár

Az üvegipar gépesítése a nagy szériák előállítását követeli meg ahhoz, hogy gazdaságosan lehessen termelni. A nagy szériák alkalmazása viszont az áruválasztékban bizonyos egyhangúságot eredményez. Ez az egyhangúság különböző technológiák alkalmazásával a nagy szériák fenntartása mellett is csökkenthető. Egyik ilyen technológia a feedercsatornában történő üvegszínezés.

A feladat megoldására a Pennberty Elektromelt Co. technológiát és berendezést dolgozott ki, ami megvásárolható [1]. A keverő feedercsatornával kapcsolatban pedig több szabadalom is megjelent már az irodalomban. [2]. A korábbi években mi is végeztünk eredményes kísérleteket a téma megoldására a sajószentpéteri üveggyárban. [3] Ezen kísérletek néhány problémáját, és azok megoldását vázoljuk fel az alábbiakban, gondolatébresztési szándékkal.

A federszínezésnél a színesanyag bevitelére általában két módszer ismeretes; a koncentrált színes anyagot hideg fritt, vagy olvadék alakjában juttatják be az üzemelő feedercsatornába, ahol azután a két olvadt üveg homogenizálása mechanikus keverés és konvekciós áramlás útján valósul meg.

Mi hideg fritt alakjában jutattuk be a koncentrált színes anyagot, bár a későbbiek folyamán egy gáz-elektromos kemencét is konstruáltunk a színes üveg olvasztására. [4] Az adagolásra egy nagyon egyszerű és a gyakorlatban jól bevált adagoló berendezést fejlesztettünk ki, mely a mintegy másfélhónapos üzem alatt kifogástalanul működött.

A 0,5–5,0 mm szemcseméretű fritt adagolását egy meghajtott tengelyen levő üreges homlokléletű acéltárcsásor végezte.

A tárcsák egymástól való távolsága közepén kisebb volt, mint a két szélén. Ezt az a feedercsatornában levő parabolikus eloszlású üvegáramlás tette szükségessé. A tárcsák forgási sebességének

változtatásával (1–30 ford/perc) a beadagolt fritt mennyisége változtatható volt 3–30 kg/óra között.

A megolvadt fritt bekeverése 4 ill. 6 db Coppers keverővel történt a feedercsatorna mélyebb részén.

Ma, amikor a nagyteljesítményű feedercsatornáknál általában széles körben alkalmazzák a mechanikus keverést, nem jelent problémát a szükséges keverő rendszer elkészítése. Az alkalmazott frittek összetétele viszont kevésbé tisztázott és elvi megfontolás alapján is nehezen megoldhatónak látszott. Első pillanatban az tűnt járható útnak, hogy olyan koncentrált színes üveget készítsünk, amelynek hőtágulási együtthatója megegyezik az alapüvegével, de a feedercsatorna hőmérsékletén könnyen, tökéletesen megolvad. Ez a feladat ilyen formában megoldható volna, de csak drága anyagokkal (Pb_3O_4 , H_3BO_3 , ZnO , TiO_2 , Li_2O stb.)

Az anyagszükséglet csökkentése azáltal, hogy nagyon koncentrált színes üveget alkalmazunk, csak egy bizonyos mértékig oldható meg, mert egyrészt az adagolás egyenletességét teszi bizonytalanná a kismennyiségű anyag, másrészt mennél kisebb a mennyiség a színes anyag, homogén elkeverése annál bizonytalanabb, nehezebb lesz. Egy következő szempont továbbá; ha az alapüveg és a színes fritte hőtágulási együtthatója meg is egyezne, a keverési folyamat alkalmával ellenőrizhetetlen viszonyok alakulnak ki, és inhomogén slirek keletkeznek. A fenti okok miatt ezt az utat eleve elvetettük és a hőtágulási együttható azonosságára nem is törekedtünk a kísérlet folyamán. Ennek megfelelően célunk az volt, hogy olyan koncentrált színező anyagot tartalmazó üveget állítsunk elő, mely az alábbi követelményeknek megfelel;

1. a feedercsatorna hőmérsékletén tökéletesen, gyorsan olvadjon meg

2. az alapüveggel elkeveredve, abban másodlagos hólyagosodást ne okozzon
3. az alapüveggel jól keveredjen el
4. a felmelegítés alatt vagy a keveredés folyamán ne kristályosodjon ki

Előnyösnek tartottuk továbbá, hogy fajsúlya lehetőleg nagyobb legyen, mint az alapüvegé, mert ez szintén a jobb keveredés irányába hat. A fenti követelmények biztosítása érdekében alkalmaztunk viszonylag nagy mennyiségben a fritt üvegekben folypátot, bórsavat, hamuzsirt.

Mielőtt a frittek keverék-összetételét megadnánk, összefoglaljuk a kísérletekre vonatkozó fontosabb adatokat:

Alapüveg összetétele:

SiO ₂	73,30 – 73,60%	MgO	4,10 – 4,30%
R ₂ O ₃	0,20 – 0,60%	Alk.ox.	15,50 – 15,70%
CaO	6,00 – 6,20%	SO ₃	0,10 – 0,20%

Fizikai adatok:

Littleton pont:	696 °C
Dilatometrikus lágyuláspont:	560 °C
Hőtágulás együttható:	90 · 10 ⁻⁷

A feeder csatornára vonatkozó fontosabb adatok:

A feeder hőmérséklete a beszórás helyén 1260 °C

A feeder hőmérséklete a keverőtérben: 1220 °C

Az üvegréteg vastagsága a beszórás helyén: 50 mm

Az üvegréteg vastagsága a keverőtérben 200 mm

Az üvegréteg vastagsága a feeder többi részén: 140 mm

A feeder csatorna teljesítménye a kísérlet alatt: 3–400 kg/óra olv. üveg. A feeder csatorna földgáz tüzelésű és mechanikus Emhart rendszerű cseppadagolóval volt ellátva. A fritt beszórása a feeder teljes szélességében történt.

A kísérlet folyamán a színes feederen egy Mitchell, majd egy APP présautomata dolgozott. A Mitchell 160–180, az APP automata 240–300 g súlyú prés poharakat gyártott.

A Mitchell géppel legyártottunk és a kereskedelmi forgalomnak átadtunk mintegy 150–200 000 db színes poharat. A gyártott poharak a hőlökést megfelelően bírták, általában kávéspoharakként nyertek alkalmazást.

A kísérletek folyamán alkalmazhatónak minősült frittek keverék összetételei a következők:

F–38

Homok	100,00 kg
Dolomit	26,64 kg
Szóda	38,85 kg
Salétrom	8,32 kg
Folypát	16,65 kg
Kobaltoxid	1,66 kg

F–40

Homok	100,00 kg
Szóda	34,90 kg
Dolomit	24,93 kg
Folypát	16,62 kg
Bórsav	2,77 kg
Hamuzsír (80%-os)	13,85 kg
Na ₂ Cr ₂ O ₇ –7H ₂ O	3,20 kg

F–41

Homok	100,00 kg
Szóda	34,94 kg
Dolomit	24,96 kg
Folypát	16,64 kg
Bórsav	2,08 kg
Hamuzsír (80%-os)	13,73 kg
Nikkeloxid	5,41 kg
Kobaltoxid	0,62 kg

F–53

Homok	100,00 kg
Bórsav	14,285 kg
Mészliszt	28,570 kg
Szóda	34,284 kg
Hamuzsír (80 %-os)	34,284 kg
Krómércepor	4,999 kg
Kobaltoxid	0,214 kg

F–74

Homok	100,00 kg
Szóda	50,00 kg
Salétrom	44,00 kg
Dolomit	3,00 kg
Nátriumklorid	7,00 kg
Folypát	1,00 kg
Vasreve	70,00 kg

A felhasznált alap- és segédanyagok kémiai összetétele és szemcseeloszlása megfelel az üvegi ipari előírásoknak.

A fritt-üvegek olvasztása 50 kg-os fazékban, ill. 2 m²-es földgáztüzelésű napi kádkemencében történt. A kemencén gyakorlatilag hőregeneráció nem volt, egy injektoros és egy kényszerlevegős földgázgőz szolgáltatva a kemence fűtését. A fritt üvegek 1350–1400 °C-on 1–3 óra alatt tökéletesen leolvadtak.

Természetesen az F–40 és F–53 esetén fennáll a krómaventurin képződésének a veszélye, különösen az F–40 esetén, ezért az F–53 összetétel alkalmasabbnak látszik.

Az olvasztásnál az F–40 és F–53 üvegnél arra kell vigyázni, hogy a tökéletes olvadás és tisztulás befejeztekor a kiszedést megkezdjük és lehetőleg gyorsan végezzük. Ezeket az üvegeket ajánlatos fazékban olvasztani.

Az F–36, F–41 és F–74 olvasztása semmilyen problémát nem okozott.

A kimerített üveget vízben fritteltük és utána levegőn szétterítve, légnedves állapotig szárítottuk. A szárítás után 5 mm-es lyukméretű rostákon átszitáltuk, a szitamaradékot kengyeles törővel addig törtük, amíg az 5 mm-es szitán a teljes mennyiség át nem ment. Az aprított és átszitált frittet 0,5 mm-es szitán ismét átengedtük és a 0,5–5,0 mm közötti szemcseméretű frittet használtuk a feederbe történő színezésre.

A színes frittet 3–25 kg/óra mennyiségben adagoltuk a feedercsatornába az alábbi táblázat szerint, és a készáruban a táblázatban megadott színező-oxid mennyiségeket találtuk elemzéssel. (kerekített értékek)

Fritte jelölése	Beadagolt fritte kg/óra	Max. színező-oxid tartalom a készáruban %
F-38 (kék)	3–20	0,1
F-40 (zöld)	10–20	0,03
F-41 (szürke)	5–15	0,10
F-35 (zöld)	10–25	0,03
F-74 (zöld)	20–25	0,80

A gyakorlat bizonyította, hogy a fent megadott teljesítmény és alapüveg-fritt arány mellett megfelelő minőségű présárut lehet gyártani.

A kísérlet folyamán más összetételű fritteket is kipróbáltunk. Ennek folyamán a beadagolt fritt mennyisége több alkalommal az alapüvegre számítva a 15%-ot is elérte. Ilyen mennyiségű fritt is leolvadt, látszatra elég homogéven bekeverhető volt, azonban ezeknél a termékeknél már jelentkeztek hibák a hőlökésállóságnál.

Megkíséreltük barnaüveg előállítását is. Két típusú frittet állítottunk elő, az egyiket vas-mangánszulfid, a másikat $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MnO}_2$ alapon. Mint az elvileg várható volt, a vas-mangánszulfidos frittel kaptunk ugyan megfelelő sötét színárnyalatú barna üveget, de olyan mértékű másodlagos hólyagosodást tapasztaltunk, ami az üzemszerű gyártást lehetetlenné tette. A $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MnO}_2$ alapú frittel sárga ill. halvány amber színt tudtunk elérni, de a poharak a hőlökést kevésbé bírták. A kísérleti fritt keverékösszetétele;

F-76			
Homok	100 kg	Salétrom	46 kg
Bórsav	56 kg	Polirruzs	125 kg
Szóda	55 kg	Mangán dioxid	100 kg
		Dolomit	5 kg

A frittel mintegy 0,6–0,8% Fe_2O_3 tartalmú sárga üveg volt előállítható a feedercsatornában. A fritt-üveg olvasztásnál arra kell törekedni, hogy a mangán mennél magasabb oxidációs állapotban maradjon meg az üvegben, tehát az olvasztásnál

oxidáló atmoszférával kell dolgozni. Az olvasztást csak addig kell folytatni, amíg a homokszemcsék feltárodnak, a tisztulást nem kell megvárni, ugyanis a feederben való újra olvasztásnál a mangán oxigént ad le, ami biztosítja az üveg belsőjében a vas számára szükséges oxidáló viszonyokat.

A felszabadult oxigén nagy diffúziós sebessége következtében rendkívül gyorsan eltávozik az üvegből még a feedercsatorna hőmérsékletén is. Ez a megfigyelés alapot adott arra, hogy az esetleges újabb fritt összetételek kidogozásánál a mangánnak ezt a feederszínezés szempontjából előnyös tulajdonságát kihasználjuk, és ennek a kísérletnek ez egy lényeges eredménye.

A gyakorlat bizonyította, hogy a fentiekben említett színekben és koncentrációkban a probléma eredménnyel megoldható. Az eredményeket azonban nem szabad olymértékben túlbeesülni, hogy ezzel a módszerrel sötétzöld, vagy barna csomagoló üveget lehet gyártani, ez a technológia csak halvány színárnyalatok előállítására alkalmas.

IRODALOM

- [1] Prospektus, Pennberty Elektromelt Co.
- [2] Szabadalom. Ref: Glastechn Ber. 33 (1960) 1. Heft. P 2
- [3] Kutatási jelentés Ü.M. Sajószentpéteri Üvegyár 1971.
- [4] Kutatási jelentés Ü.M. Sajószentpéteri Üvegyár 1972.

Szücs Jenő – Nádler Gyula – Chmara András: Adatok a feedercsatornában történő üvegszínezéshez.

Kísérletet folytattunk feedercsatornában történő üvegszínezésre. A koncentrált színező anyagot fritt alakban juttattuk be a feedercsatornába és ehhez megfelelő adagoló berendezést fejlesztettünk ki. Zöld, kék, szürke és barna szín előállítására alkalmas fritteket készítettünk. A berendezéssel több héten keresztül üzemszerűen termeltünk kereskedelmi minőségű árút.

Сюч, Е. — Надлер, Д. — Хмара А.: Данные, касающиеся окраски стекла в канале фидера

Были проведены эксперименты по окрашиванию стекла в канале фидера. Эксперименты по окрашиванию стекла в канале фидера. Концентрированное красящее вещество подавалось через канал фидера в виде фритты, для чего было сконструировано специальное дозирующее оборудование. Были подготовлены фритты, пригодные для получения зеленого, синего, серого и коричневого цветов. С помощью этого оборудования в течение нескольких недель изготовлялись в заводских условиях товары торгового качества.

Szücs, Jenő – Nádler, Gyula – Chmara, András: Angaben zur Glasfärbung im Speiserkanal

Es wurden Versuche zur Färbung des Glases im Speiserkanal durchgeführt. Das konzentrierte Färbemittel wurde in der Form von Fritte in den Speiserkanal eingeführt und dazu eine entsprechende Dosiereinrichtung entwickelt. Es wurden zur Erzielung von grüner, blauer, grauer und brauner Farbe entsprechende Fritten angefertigt. Mit dieser Einrichtung wurden mehrere Wochen hindurch betriebsmäßig Erzeugnisse handelsüblicher Qualität hergestellt.

Szücs, Jenő – Nádler, Gyula – Chmara, András: Experiments with Glass Coloration in Feeder Channels

Concentrated color bodies were added as frits into the feeder channel via a special chute. The frits were prepared in green, blue grey and brown colors. Manufacture of commercial ware was successful in medium-term (several weeks) experiments.

Üvegolvasztó kemence tüzeléstechnikailag optimális körülmények közötti üzemeltetésének problémái

TÓTH PÁLNÉ – GÓDOR JENŐ

Egyesült Izzólámpa és Villamossági rt. Nagykanizsai Fényforrás és Üveggyár

Minden kemence üzemeltetésénél nagy hangsúlyt kell fektetni a gyakorlati tüzeléstechnika alapfeltételeinek megteremtésére.

Ezek a következők:

1. Elegendő időt kell biztosítani ahhoz, hogy a kémiai reakciók végbemenjenek.
2. El kell érni, hogy kis légfelesleg mellett megfelelőképpen keveredjen a tüzelőanyag az oxigénnel.
3. Biztosítani kell a szükséges hőmérsékletet, hogy a tüzelőanyag a különböző bomlási fázisokon keresztül menjen.
4. A hőátadás minél tökéletesebb, a rendszer kezelése könnyű, a veszteség pedig csekély mértékű legyen.

A tüzeléstechnikai mutatószámok és jellemzők az alapfeltételek biztosítása esetén is a körülményektől függően eltérhetnek egymástól.

Az Egyesült Izzó Nagykanizsai Üveggyár Gyáregységében első ízben 1972-ben épült üvegolvasztó kemence. Ez a kemence, melynek feladata burauveg előállítására, négy égőszájas, kereszttüzelésű, regeneratív hővisszanyerésű kád-kemence volt. A kádkemence két oldalához azonos méretű, álló helyzetű regeneratív kamrák kapcsolódtak. Mi ennek a kemencének üzemét, tüzeléstechnikai jellemzőit kísértük figyelemmel és az alábbiakban megpróbáljuk összegezni a tapasztalatainkat.

A regenerátorok a füstgáz melegének jó hatásfokú hasznosítására készültek. Gazdaságos működésük szempontjából legfontosabb a térfogatuk nagy részét elfoglaló rácsrendszer helyes kialakítása, anyagának és szerkezetének kiválasztása.

A regenerátorokkal szemben támasztott általános követelmények a következők:

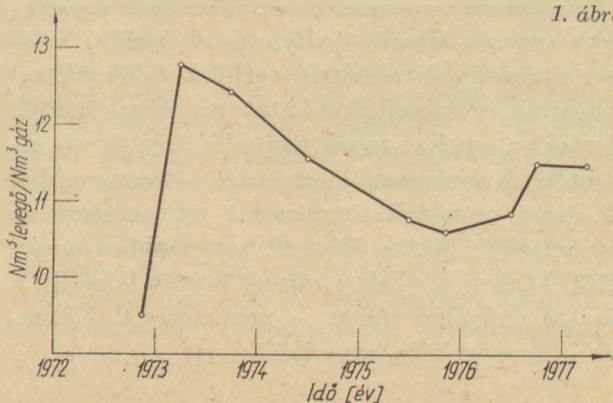
Anyagukra vonatkozóan:

- jó hővezetőképesség
- nagy hőtárolóképesség

- megfelelő tűzállóság és lágyuláspont
 - ellenállás az üvegalapanyagok, porok korróziós hatásaival szemben
- Szerkezetükre vonatkozóan:
- nagy hőátadó felületet biztosítson
 - a rendelkezésre álló kamratérfogatot jól használja ki
 - az áramlási ellenállás kicsi, és üzem közben állandó maradjon

Mi az előzőekben említett generátorokban szilika Stella GG típusú téglából építettük meg a rácsot. Ez a szilika téglák más gyárak tapasztalatai alapján jó rács alapanyagának bizonyult, nálunk azonban két évi üzemelés után akadtak problémák, amire később visszatérünk. A függőlegesen álló rácsosatornák kosárfonásszerű rakásmódban készültek. A regenerátorok hibája, hogy égőszájként nem lettek kamrákra bontva. Így az esetleges hibák kiküszöbölése csak az üzem leállításával lehetséges. A kemencében a tüzelés iránya 20 percenként (tüzelési ciklusonként) változott. Egyirányú tüzelésnél a füstgáz leszívás oldalán a regenerátor rácsai felső részén 1273–1473 °K-ra, az alsó részén 973–1073 °K-ra melegedtek fel. A távozó füstgáz hőmérséklete 623–673 °K volt. A tüzelésváltás után az égéslevegő a melegrácsokon keresztülhaladva felmelegedett 1273–1473 °K-ra.

1. ábra



Dátum	Gázfelhaszn. Nm ³ /nap	Fűtőérték kJ/Nm	1 kp üveg megolv. hoz szüks. hőm. kJ/kp	Fajlagos hőterhelés kJ/m ² h	Tüzeléstechn. hatásfok %
1973.	28800	36,8 × 10 ⁶	10,03 × 10 ⁶	552 × 10 ⁶	35
1974.	29200	38,1 × 10 ⁶	10,00 × 10 ⁶	578 × 10 ⁶	31
1975.	32000	37,3 × 10 ⁶	10,17 × 10 ⁶	621 × 10 ⁶	28,2
1976.	34600	37,3 × 10 ⁶	10,47 × 10 ⁶	671 × 10 ⁶	28,2

Aknavágás a regenerátor kamrákban

1976. vége	31900	37,7 × 10 ⁶	9,67 × 10 ⁶	626 × 10 ⁶	30,8
1977. eleje	32400	37,3 × 10 ⁶	9,96 × 10 ⁶	629 × 10 ⁶	30,3

Így, mielőtt a gázzal keveredett volna, tekintélyes melegmennyiséggel rendelkezett, amit magával vitt a kemencébe. Ezt a melegmennyiséget a továbbiakban nevezzük el az égéslevegő saját melegének.

A kemence energiahordozója zalai földgáz volt, amelyet meghatározott mennyiségű levegővel kevertünk. Az égéslevegő mennyiség változását az 1. ábra szemlélteti. A diagramból kitűnik, hogy az indulási szakaszban – kb. 1/2 évig – amíg az égést megfelelőképpen be nem állítottuk, a szükségesnél nagyobb mennyiségű levegőt használtunk. 1975 végén, 1976 elején a regenerátorok állapotának romlásával nőtt az égéslevegő és a gázfelhasználás is. Ezt a görbe emelkedő ága szintén jól tükrözi.

A tüzelés jellemző adatai 1973-ban a következők voltak:

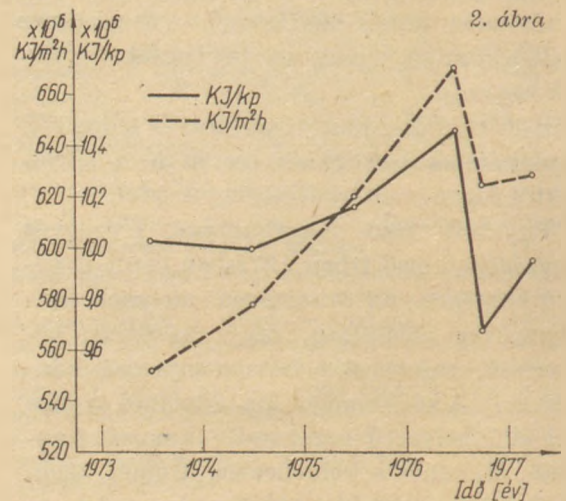
Órákenti gázfogyasztás	1200 Nm
A gáz fűtőértéke átl.	36,8 × 10 ⁶ J/Nm
Felhasználás hőértékben	44,2 × 10 ⁹ J/h
Tüzeléstechnikai hatásfok	35%
Technológiai hatásfok	11%

A kemence üzemeltetése során a technológiai jellemzők megváltoztak. (1. táblázat és 2. ábra)

1976-ban a kemencével le kellett állni, a következő probléma miatt.

A füstgázok a regenerátorokban magukkal sodorták a keverék kisebb fajsúlyú részeit (szóda), amelyek a rácsokon lerakódtak, a szilika téglákat meg rongálták, elroncsolták és lefolyva a rácsok közötti járatokba, azokat mind nagyobb mértékben eltömítették. A rendszeres salakégetés – amely abból áll, hogy egyoldali tüzeléssel a regenerátort az üzemeltetési hőmérsékletnél magasabbra melegítik, közben a salak a rácsok között lefolyik, a járatok szabaddá válnak – nem segített. A kamrák hőhasznosítása leromlott.

A regenerátor nem tudta ellátni azt a feladatát hogy a beáramló hideg égéslevegőt felmelegítse. Az egyre nagyobb mennyiségű égéslevegő nagy sebességgel és ezért alacsonyabb hőfokon áramlott az égőfejekhez. Több gázt kellett elégetni ahhoz, hogy a levegő hiányzó „saját” hőjét is pótolni tudjuk. A gázfelhasználás függvényében nőtt a fajlagos hőterhelés, a fajlagos hőfelhasználás és csökkent a tüzeléstechnikai hatásfok. Ezeket az adatokat a 2. ábra és az 1. táblázat tartalmazza.



A fokozott tüzelés és a keverék korróziós hatása úgy megrongálta az egyes és kettes kiváltóíveket, hogy fennállt a boltozat beszakadásának veszélye. Fel kellett tehát újítani a kiváltóíveket és az égőnyakakat. Ezzel egyidőben az eltömődött rácsjáratok helyett aknákat kellett vágni.

A kemence tűzálló anyagainak elhasználódása, valamint a regeneratív kamrák állapota 1977. II. negyedévében szükségessé tették a felújítást. Mivel a gyárral szemben támasztott hazai és exportigények nagymértékben megnöttek, szükségessé vált a ballongyártó sorok számának megnövelése.

2. táblázat

	1973. I. n. é.	1977. III. n. é.
Energiahordozó	zalai földgáz	alföldi földgáz
Fűtőérték (kJ/Nm ³)	36,8 × 10 ⁶	34,8 × 10 ⁶
Óránkénti gázfelhaszn. (Nm ³)	1200	1500
Égéslevegő menny. (Nm ³ /óra)	15000	21000
Fajlagos hőterh. (kJ/m ² h) 1 kp üveg megolvastásához szükséges hőmennyiség (kJ/kp)	552 × 10 ⁶	448 × 10 ⁶
Fajlagos olvasztási telj. (t/m ² nap)	10,03 × 10 ⁶	6,7 × 10 ⁶
Tüzeléstechnikai hatások	1,35	1,8
	35%	58,5%

Olyan nagymennyiségű üveget kellett a gyártósorok számára biztosítani, amelyre a régi, kisméretű kemence már nem lett volna képes, ezért növelni kellett méreteiben is a kemencét. A kemence most hatégőszájjas. Aapterülete, térfogata az előzőnek kb. másfélszerese. Üzemeltetését négy évre terveztük. A regenerátorok csak részben újak. A rács MMF-2 típusú magnezit téglából készült. Ez a téglá számos jó tulajdonsággal rendelkezik. Porozitása kisebb, fajsúlya nagyobb a szilikéénál. A regenerátor most sincs kamrákra választva.

Hasonlítsuk össze a jelenlegi kemence tüzeléstechnikai jellemzőit az 1972-73-as induló adatokkal (2. táblázat)

1977-ben az üzemeltetéséhez szükséges gáz és levegőmennyiség nem nőtt olyan mértékben mint

3. táblázat

	Gázfelhasználás		1 to üveg megolvastásához szüks. gázmenynyiség Ft
	mill. Nm ³ /év	mill. Ft/év	
Négy égőszájjas kemence	11,0	17	372
Hat égőszájjas kemence (várható felhasználás)	13,5	21	287

az újjáépített kemence térfogata. A gázfelhasználás alakulása a 3. táblázatban található. A 3. táblázat mutatja, hogy a megnövelt kemencénél az 1 to olvasztásához szükséges gázmenynyiség csökkent. Az idetartozó költségekben ez 85 Ft/tonnát jelent. A táblázat igazolja azt az ismert tény, hogy a kemencebővítés gazdaságossági szempontból hasznos.

A hatégőszájjas tüzeléstechnikai cikk megírása-
kor alig 1/4 éves kemence fentiekben leírt technológiai és tüzeléstechnikai jellemzői induló adatok. Az elkövetkező idő feladata, hogy az előző kemence üzemeltetése során szerzett tapasztalatokat továbbra is hasznosítsuk.

Tom, Палнее—Годор, Е.: Проблемы эксплуатации стекловаренных печей в оптимальных с точки зрения техники ведения огня условиях
Tóth, Pálné—Gódor, Jenő: Betriebsprobleme bei feuerungstechnisch unter optimalen Bedingungen arbeitenden Glasschmelzöfen
Tóth, Pálné—Gódor, Jenő: Problems of Operation of Glass-smelting Kilns under Optimum Thermotechnical Condition

Lapszemle

AMERICAN CERAMIC SOCIETY BULLETIN, Columbus, 1977. 12. sz.

Deminet, Cz.—Beverly, W. D.: Üvegből készült napenergia gyűjtő 1058—1059. old.

Fémmentes, tisztán üvegből készült lapos napenergia-gyűjtő előállítás. Vákuumcellás szerkezetű üvegelemek, a cellák között folyadékjáratok vannak, amelyekben a többféle célnak megfelelően különböző típusú munkafolyadékok alkalmazhatók a napenergia különböző tartományának abszorbeálására. Pl. üvegházakon a 2,5%-os réz-klorid oldat a fotoszintézishez szükséges fényt átengedi, míg a növényeket károsító sugarakat elnyeli. Az elemek előállítása folyamatos üvegfor-

mázó eljárással megy végbe, szállítószalag segítségével.

Eppler, E.A.—Hyde, R.L.-stb.: Porcelán mázak ellenállása vizes közegben. I. Kísérleti eredmények. 1064—1067. old.

Porcelán mázak kémiai ellenállásának vizsgálata széles pH, idő, és hőmérséklet tartományban. Különféle kereskedelmi minőségű mázak, különösen a forróvizes tartályok bevonására alkalmazott mázak vizsgálata. Módszerek, kénsav-, citromsav-oldatba, forróvízbe, tetra-nátriumpirofoszfát oldatba mártás, ill. 65—96 °C-on történő 6 órás kezelés után mérték a máz súlyvesztését. Kétféle oldódási mechanizmus, az egyik a savas, a másik a lúgos közegben dominál.

Eppler, E.A.: Porcelán mázak ellenállása vizes közegben. II. A mázak tartósságát leíró egyenletek. 1068—1070 old.

A mázak adott pH, hőmérséklet és idő után, adott körülmények közötti kémiai ellenállóképességére vonatkozó összefüggéseinek levezetése. Az egyenletekkel kapott értékek összevetése a kísérleti súlyvesztési adatokkal. A korrelációs állandó 0,9-nek adódott. Az egyenletek levezetésénél a feltételezett folyamat az alkáliák hatására bekövetkező ionsere és felületi oldódás, míg savas közegben, ill. desztillált vízben csak ionsere játszódik le. Nyomás alatti vízben mindkét folyamat végbemegy.

Karbonátos betonadalékanyag kémiai állandóságának vizsgálata

KAZIMIR, JULIUS

VUIS, Bratislava

Bevezetés

A tömör karbonátos adalékanyagból előállított betonoknak csehszlovák és magyar tapasztalatok szerint nagyon jó tulajdonságai vannak, (1–6) bár a tiszta karbonátos adalékanyaggal készített betonútburkolatok erősen polírozódnak, és ezért autópályák és országos főközlekedési utak építésére nem alkalmasak (7.) Ugyanakkor az agyagos-kovács komponenset tartalmazó tömör karbonátos kőzetek adalékanyaga nemcsak a betonkészítés szempontjából kedvező, hanem elég nagy a polírozódási tényezője is (8). Ezért a betonadalékanyag előállítására szívesen használnak ilyen kőzetfajtákat.

Karbonátos adalékanyag kémiai állandósága a betonban

Az Amerikai Egyesült Államokban és Kanadában szerzett tapasztalatok rámutatnak arra, hogy egyes nagyobb agyagos-kovács-komponens tartalmú dolomitos mészkő kőzetek olyan betonadalékanyagot szolgáltatnak, amely alkálidús cement alkalmazása esetén betonszerkezetekben hosszabb idő után káros repedezést okoz (9–10). Ilyen kőzetek az NSZK-ban, Lengyelországban, Irakban és máshol is találhatóak (11, 12, 13).

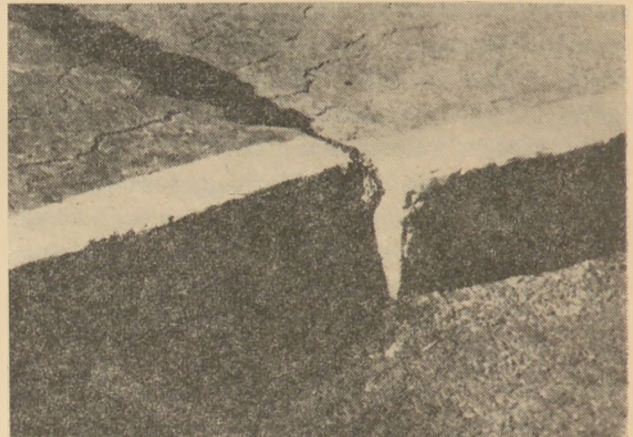
Nem állandó reaktív karbonátos adalékanyag által okozott károsodások két csoportba sorolhatók:

1. Betonduzzadás
2. Betonszilárdság és kohéziócsökkenés

Duzzadás

A kutatások eredményei szerint egyes nagyobb agyagos-komponens tartalmú paleozoikus dolo-

mitkőzet típusai alkálidús cement alkalmazása esetén duzzadnak. Az 1. ábrák látható betonszerkezetek károsodása létesítésük után 1–3 évvel jött létre.

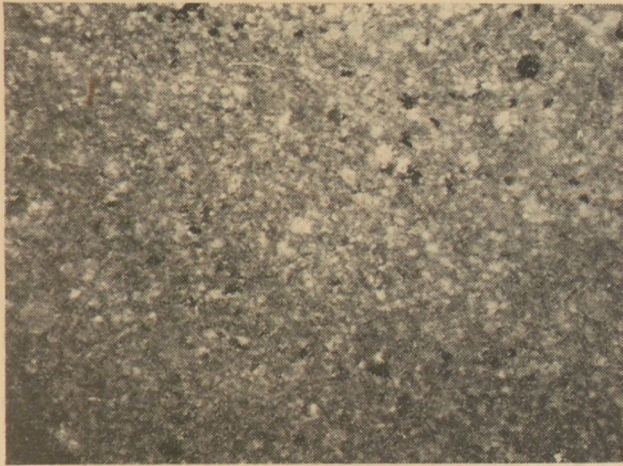


1. ábra. Duzzadó agyagos dolomitos mészkő által okozott károk a beton útpályaburkolaton. Kingstone, Ontario-Kanada (Swenson-Legget, 1960)

Duzzadó kőzeteknél a savban felbonthatatlan rész leggyakrabban 5–30% volt. A kalcit:dolomit arány ~ 1 . Az ilyenfajta duzzadó kőzetek szerkezete az agyagpala és a rejtettkristályos kalcit alapanyagába foglalt dolomitásvány mikrokristályos romboédereivel jellemezhető, amint ezt a 2. ábra szemlélteti.

A nem duzzadó dolomitkőzeteknél a felbonthatatlan rész mennyisége 3–5% és nagyon kisértékű a kalcit:dolomitarány is. A kőzetszövetük mozaikszerű [14].

Az egyes agyagpalakőzetek fajtáiból előállított dolomitadalékanyag duzzadásának okáról több magyarázat létezik. Legvalószínűbb a Gillott-féle ismérv [15]. E szerint a kőzet duzzadását az agyagos komponens és cement alkáliák között létrejövő kémiai-fizikai reakciók okozzák. Lényegében ioncséréről és adszorpcióról, valamint egyidejűleg az agyagásvány részecskék felületén irányított



2. ábra. Duzzadó agyagos dolomitos mészkő mikrofelvétele. Pittsburgh, Kingston. Világos dolomit romboéderek a sötét agyagpala és kalcit anyagban (Ryznárová, 1975)

kettősrétegű vízmolekulák keletkezéséről van szó (litifikált illit egyes fajtái és hasonlók).

A dolomit magnéziumvesztése, azaz alkáli-hidroxidok hatására a dolomit bomlása brucitra ($Mg(OH)_2$) és kalcitra rendszeresen nem oka a duzzadásnak, hanem csak a duzzadási reakciók kezdeményezője és gyorsítója.

A vizsgálati módszerek közül legmegbízhatóbb a durva adalékanyag vizsgálata a nagyobb alkálimennyiség tartalmú cementtel előkészített betonban. Duzzadó adalékanyagra mutatnak azok a betonok, amelyek duzzadása nedves térben több mint 0,02% 84 nap alatt és 0,03% 336 nap alatt.

További megbízható vizsgálat, melynek eredményei korrelálnak a betonban való vizsgálattal, a kis kőzetminták ($10 \times 10 \times 30$ mm) duzzadásának vizsgálata 1 mol $NaOH_2$ -ban laboratóriumi hőmérsékletnél. Ezt a vizsgálatot az ASTM C 586 szabvány rögzíti. Duzzadásra hajlamosak azok a kőzetek, melyek több mint 0,1%-ot duzzadnak 84 nap alatt. Egyes ún. „lassan duzzadó kőzeteknél” a duzzadás több mint 0,2% 672 nap alatt. Ez a módszer szintén hosszadalmas (3. ábra)

Kutatómunkánk során az ASTM C 586 szerinti vizsgálatot sikerült autokláv alkalmazásával néhány órával rövidíteni. Ezt az eljárást részletesen leírja az új CSN 72 1160 „Karbonátos terméskő és építőkök alkálidús duzzadásának megállapítása” című csehszlovák szabvány (jelenleg nyomdában). E gyorsított vizsgálatnál az állandóság kritériuma dolomitonál 0,3%-os és a többi karbonátos dolomit-mészkő kőzeteknél 0,5%-os duzzadás [14].

A betonszilárdság és kohéziócsökkenés

USA-ban és Kanadában egyes duzzadó kőzetekhez nagyon hasonló dolomitos mészkő kőzetfajták másféle károsodást okoztak a betonokban. Ez a károsodás repedések és kohézióvesztés formá-

jában jelent meg főleg a betonútpályákon 5–15 év múlva megépítésük után. Duzzadást nem észleltek (9–16).

Kutatási eredmények bebizonyították, hogy az ilyen reaktív adalékanyagból előállított betonok lassúbb szilárdságnövekedést, kisebb végszilárdságot, ill. hosszú idő után szilárdságcsökkenést mutatnak.

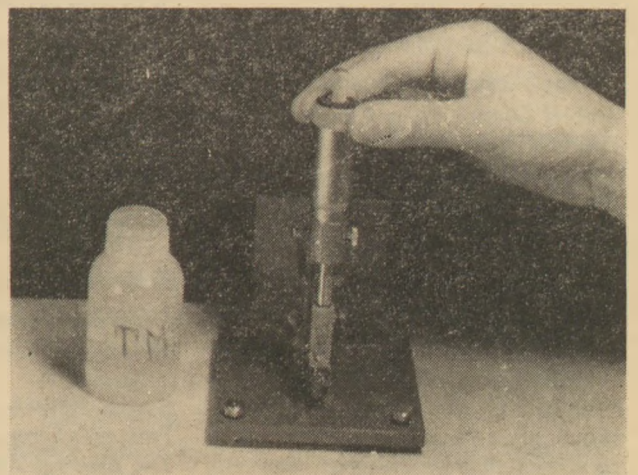
Az ilyenfajta dolomitos mészkő adalékanyagok ugyanúgy jellegzetessége az agyagos komponens jelenléte. Azonkívül, ha a betont szétvágjuk és kicsiszoljuk, az ilyenfajta adalékanyag szemcséin színezéssel különböző peremréteg észlelhető. Savas maratás után ez a peremréteg nehezebben oldható, mint a szemcse közepe és szabad szemmel látható domborzatot alkot.

Bebizonyult, hogy ez a réteg nagyobb mennyiségű szilíciumdioxidot tartalmaz. Tehát mesterséges kovásodásról-szilicifikációról van szó.

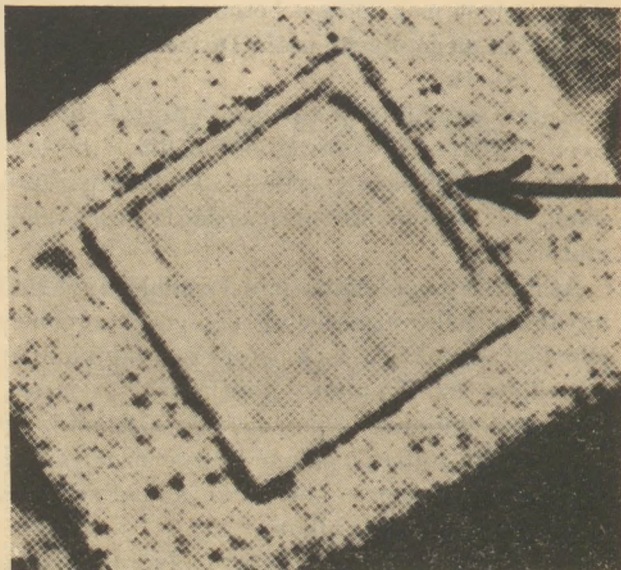
A Lemish [16] féle feltevés szerint e réteg keletkezésének oka a szilíciumdioxid vándorlása közepéről a szemcse peremére, ahol az lecsapódik (fixáció) az agyagos szemcséken. A szemcsék peremén kovásodott réteg csökkenti a cementhabarcsokhoz való kohéziót, ami a gyakorlatban kisebb betonszilárdsággal és kohézióval jár.

Az olyan kőzetek vizsgálására, amelyek kőszemcséikben peremkovásodást mutatnak ki, csak egy megbízható, Hadley [9] által kifejlesztett módszer létezik.

A kőzetmintákat, pl. 15 mm élhosszúságú kockákat cementhabarcsba ágyazunk és 56 napig nedves térben 40 °C hőmérsékleten tároljuk. Azután a habarcsmintákat szétvágjuk, kicsiszoljuk és savval maratjuk. A kőzetmintákon keletkező domborzat vegyileg nem állandó karbonátos kőzetet jelez. Ez a vizsgálat autoklávban jelentősen meggyorsítható [17].



3. ábra Duzzadásmérés dolomitkőzetek mintáin ASTM C 586 szabvány szerint (Kazimír 1969)



4. ábra. Cementhabarcsba ágyazott peremszilicifikációt mutató agyagos dolomitkőzet mintája savas maratás után. A nyíl a kidomborodó, nehezen oldódó rétegre mutat (Hudley, 1964)

Összefoglalás

A betonadalékanyag előállítására alkalmazott egyes agyagoskovás dolomitos mészkő típusok cementalkáliakkal reagálhatnak és betonduzzadással károkat okozhatnak. Más hasonló, a szemcsék peremkovásodására hajlamos dolomitfajták csökkenthetik a betonszilárdságot és kohéziót.

Mielőtt sor kerülne az ilyen kőzetfajták felhasználására adalékanyag előállítás céljára, ajánlatos

Kitüntetettjeink

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

erdményes munkájuk elismerésekén, *Drescher Károlynak*, az ÜM Ajkai Üveggyára műszaki igazgatóhelyettesének és

Tóth Ferencnek, a FIM Hollóházi Porcelángyára igazgatójának a

MUNKA ÉRDEMREND ezüst fokozata,

Stikkel Lászlónak, a Finomkerámia ipari Művek osztályvezetőjének a

MUNKA ÉRDEMREND Bronz fokozata

kitüntetést adományozta.

Az Építésügyi és Városfejlesztési Miniszter

erdményes munkájáért, a Haldenslebeni Szaniterárugyár megvalósításában kiemelkedő munkát végzett *Lanzerits Márton* irányító tervezőt (Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet)

ÉPÍTŐIPAR KÍVÁLÓ DOLGOZÓJA kitüntetésben részesítette;

nyugállományba vonulása alkalmából — eredményes munkájáért *Titkos Ferenc* csoportvezetőt (Finomkerámiaipari Művek)

KÍVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntető jelvényben részesítette; hazánk felszabadulásának 33. évfordulója alkalmából, eredményes munkájukért — az alábbi dolgozókat részesítette az

ÉPÍTŐIPAR KÍVÁLÓ DOLGOZÓJA

kitüntetésben:

Dr. Fekete Sándor igazgatót (DÉLKŐ Déldunántúli Kőbánya Vállalat),

Sipos Domokos vezérigazgató helyetteset (Üvegipari Művek),

Dr. Kausay Tibor tudományos csoportvezetőt (Szilikátipari Központi kutató és Tervező Intézet),

alkalmassági vizsgálatot végrehajtani az előbbieken felsorolt módszerek szerint.

Így lehet megelőzni a betonszerkezetek károsodását, főleg alkálidús cement alkalmazása esetén.

IRODALOM

- [1] *Jirsák M.*: Stavivo, 34, 1956: 36.
- [2] *Biheller E.*: Stavivo, 45, 1967: 394.
- [3] *Horák I.*: Inžinierske Stavby, 22, 1974: 584.
- [4] *Ocsvar R.*: Magyar Építőipar, 2, 1953: 293.
- [5] *Bálint T., Karpov L.*: Építőanyag, 28, 1976: 203.
- [6] *Kalmár I.*: Építőanyag, 28, 1976: 212.
- [7] *Procházka M.*: Stavivo, 52, 1974: 329.
- [8] *Gray J. E., Renninger F. A.*: HR. Record 1966, N° 120 HRB. Washington D.C.
- [9] HR. Record 1964, N° 45, HRB. Washington D.C.; TR. Record 1974, N° 525, TRB. Washington D.C.
- [10] *Swenson E. G.*: Performance of concrete. Univ. of Toronto Press 1968: 181.
- [11] *Trojer F., Blümel O.*: Zement-Kalk-Gips, 22, 1969: 175.
- [12] *Penkalu B.*: Zeszyty Naukowe, B-5, 1978: 75. Politechnika Swietokrzyska, Kielce.
- [13] *Alsinawi S. A., Murad S.*: Proc. Alkali Symposium, Fulmer Grange, 1976: 255.
- [14] *Kazimír J.*: Stavivo, 54, 1976: 101; 55, 1977: 358.
- [15] *Gillott J. E.*: Cannad. J. Earth Sci., 1, 1964, N° 1.: 121.
- [16] *Lemish J.*: Proc. 4-th. Intern. Symposium Chem. Cem. NBS Monograph N° 43, Vol. II.: 796. Washington D.C. 1962.
- [17] *Lemish J., Bisque R. E.*: Proc. Iowa Acad. Sci. 66, 1959: 210.

Казимир, я.: Испытание химической стойкости карбонатных бетонных заполнителей
Kazimír, Julius: Untersuchung der chemischen Beständigkeitskarbonatischer Betonzuschlagstoffe
Kazimír, Julius: Examination of Chemical Resistance of Carbonaceous Concrete Aggregates

Kovács Ferenc szakosztályvezetőt (Tégla- és Cserépipari Tröszt),
Mikola Ferenc robbantásvezetőt (DÉLKŐ Déldunántúli Kőbánya Vállalat),

Pecz Sándor tudományos munkatársat (Építésgazdasági és Szervezési Intézet),

Pintér József üzemvezetőt (Cement- és Mészművek)

Sey Pongrác műszaki igazgatóhelyetteset (Somogy — Zala megyei Tégla- és Cserépipari Vállalat)

Száder Rudolf műszaki tanácsadót (Üvegipari Művek)

Szentmarjai Gábor üzemvezetőt (ÉSZAKKŐ Északmagyarországi Kőbánya Vállalat)

Szijártó Tibor főművezetőt (DÉLKŐ Dunántúli Kőbánya Vállalat)

Vajda László osztályvezetőt (DÉLKŐ Déldunántúli Kőbánya Vállalat)

A kitüntetteknek gratulál és további sikeres munkát kíván a

Szilikátipari Tudományos Egyesület Vezetősége

A dunántúli dolomitok alkalmazása építési célra

PUSKÁSNÉ HÖGYES IRÉN

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

A kőbányaiparban az 1978 évvel kezdődő időszakot a karbonátos kőzeteket feldolgozó új bányák létesítése és a meglévők termelésének fokozása jellemzi. A karbonátos ásványvagyron készlet növekvő építőipari felhasználást az eruptív kőzetekkel való takarékoság szükségessége, a zúzottkővet adó bányaüzemek területileg egyenletesebb elosztása és a homokos kavics anyagok fokozottabb helyettesíthetősége indokolja. A karbonátos kőzetek nagyobb tömegű kitermelésének nincs különösebb akadály, mert a nyilvántartott műrevaló mészkőkészlet 150 millió, és a dolomitkészlet 300 millió tonna.

A habarcs, beton, aszfalt és stabilizációs adalékanyagul szolgáló karbonátos kőzetek termelése népgazdasági szinten a jelenlegi mintegy 20%-os részesedéssel szemben 1990 évig várhatóan el fogja érni az évi 10 millió tonnára tehető eruptív kőzet termelés felét. A tervezett fejlesztés 75–25%-os arányban oszlik meg a mészkő- és dolomitbányák között és elsősorban a zúzottkő termelést érinti. Ezáltal hazánkban az elkövetkező időben a dolomit adalékanyag szerepe is jelentősen megnöveszkik.

A fejlesztési tervek ismeretében érthető, hogy az eddig kevésbé használt dolomitok minőségi jellemzői és építőipari alkalmazási lehetőségei iránt megnőtt az érdeklődés. Ezért úgy érezzük, hogy nyilvánosságot érdemelnek azok a vizsgálati eredmények és alkalmazási ajánlások, amelyeket dr. Vitális György dolomit kataszterezési munkáihoz kapcsolódva a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztályán 1976 és 1977 években dolgoztunk ki. A kutatás keretében a dolomitok kőzetmechanikai tulajdonságaival és az alkáli reakció veszélyének kérdésével foglalkoztunk.

A kőzetminták származási helye

A munka során a Pilis, a Bakony, a Vértes és Gerecse hegység egyes feltáratlan, feltárt, de felhagyott, és művelt dolomit előfordulásaink tanulmányozására nyílt lehetőségünk.

A kőzetmintákat feltáratlan előfordulások esetén a felszíni kibúvásokból, feltárt előfordulások esetén a bányafalból gyűjtöttük az MSz 18 282/2 – T „Építési kőanyagok próbavétele és vizsgálati terve kőzetértékeléshez” c. szabványtervezet előírásának figyelembevételével. A minták a környező előfordulási típusokat reprezentálják, de származási helyükön sok esetben nem folytatható bányászás.

A kőzetmechanikai vizsgálatok céljára vett dolomit minták jelét és származási helyét az *I. táblázat* tartalmazza. Az arab számokkal jelölt minták megegyeznek az Intézetünkben készülő dolomitkataszter azonos jelű mintáival. Római számokkal jelölve azoknak a dolomitmintáknak a származási helyét is feltüntettük, amelyeket egyéb megbízásra alkáli reakció veszély szempontjából vizsgáltunk.

A kőzetmechanikai vizsgálatok és eredményeik

A dolomitok építőipari alkalmazhatóságának kőzetmechanikai tulajdonságok szerinti véleményezése alapjául a testsűrűség, nyomószilárdság, Böhme koptatási, vízfelvétel, fagyállóság, szulfátos kristályosítási, Los Angeles aprózódási, Deval kopási és tapadóképesség vizsgálatok eredményei szolgáltak.

A vizsgálatokat az alábbiak szerint végeztük el: Testsűrűség vizsgálat. MSz 1991 – 67 „Természetes építési kövek és kőzúzalékok vizsgálati módszerei” c. szabvány 4.321 pontja szerint 5 db légszáraz állapotú szabálytalan alakú próbatesten.

A kőzetminták származási helye

Hegység	Jel	Származási hely	
Pilis	2.	Pilisszentlélek, Feketehegy	
	13.	Pilisszaba, Telkierdő, Vadgazdaság kőfejtő	
	14.	Pilisszentiván, Antónia árok ÉK-i része	
	15.	Nagykovácsi, Felsőzsíroshegy, kőfejtő	
	16.	Nagykovácsi, Nagyszénási turistaház melletti útbevágás	
	17.	Pilisvörösvár, OÉÁ kőfejtő	
	18.	Pilisvörösvár, OÉÁ felső kőfejtő	
	20.	Pilisvörösvár, Cseresznyéshegy	
	21.	Csobánka, Csúcshegyi kőfejtő	
	22.	Űröm kőfejtő	
	23.	Csobánka, Kiskevénylő ÉNY-i kőfejtő	
	Bakony	53.	Keszthely, Várvölgy K-i oldala
		56.	Gyenesdiás, Zalavári Újidők TSz bányája
57.		Keszthely, Várvölgy, Örszertomaji TSz-k közös bányája	
61.		Sümegetapolcai út 9 – 10 km szelvény között	
62.		Öcs-pulai út mentén devecseri Tsz felhagyott bányája	
65.		Tótvázsony DK-i része	
66.		Öcs, Ny-i kőfejtő	
71.		Köveskál- Zánkai út É-i oldala	
72.		Balatonakali-dörgicsei út Ny-i oldala	
74.		Órvényes, Várpalotai TSz bányája	
77.		Balatonfüred, Öreghegyi kőfejtő	
78.		Felsőörstől É-ra, felhagyott bánya	
79.		Balatonalmádi-veszprémi út mentén, felhagyott bánya	
82.		Ugodtól DK-re, dolomit szikla	
83.		Bakonykoppány, homokbányával szembeni kőfejtő	
86.		Bakonykoppány- bakonybéli út 19 – 20 km szelv. között kőfejtő	
87.		Gyulafirátót-eplény között vasúti-közúti kereszteződés	
88.		Iszkaszentgyörgy, OÉÁ alsóbánya, alsószint	
89.		Iszkaszentgyörgy, OÉÁ alsóbánya, felsőszint	
91.		Kincsesbánya, Isztimér-iszkaszentgyörgyi útelágazás	
92.		Bodajk-balinkai út D-i oldala	
93.		Bodajk-balinkai út D-i oldala	
95.		Várpalotától 1 km-re a Veszprémi út mentén	
104.		Gúttamásitól D-re, első bográcshegyi felhagyott bánya	
105.		Iszkaszentgyörgy-gúttamási út 6 km kő	
107.		Inota, erőmtől É-ra 2 km-re	
109.		Várpalota-Inota határa, Jószerencsét TSz bányája	
110.	Öskü, Jószerencsét TSz sólyi bányája		
111.	Litér, a bánya fehér színű anyaga		
117.	Behida-vilonyai út É-i részén bányafal		
121.	Veszprém-márkói út 52 km kőtől D-re, bánya		
123.	Márkó-hárskúti út, bevágás Ny-i oldala		
125.	Szentgál-nagyvázsonyi út 20,4 km sz. hegyoldal		
126.	Szentgál-nagyvázsonyi út 21 km sz., Ny-i oldali kőfejtő		
128.	Eplény, Malomréti völgy, Eplénytől K-re 3,5 km		
129.	Fenyőtől Ny-ra a község szélén		
130.	Bakonyszűcs, Bécsi árok		
131.	Városlőd, Táncsics Mihály út 10. Hajma hegy oldala		
140.	Ujdörögpuszta-ödörögpusztai út D-i oldala		
142.	Sáska, erdészeti úti hegyomlás		
143.	Hegyese, Felsőirtásdomb		

Hegység	Jel	Származási hely
Vértesszőlős	146.	Magyaralmási bekötőtűt 2 km kő, kőfejtő
	151.	Sörédi bekötő út 3 km kő, kőfejtő
	152.	Gánt-csákberényi út Ny-i oldala, Délkő gánti bányája
	155.	Csákvár, nagyhegyi kőfejtő
	156.	Csákvár, mennyei-tói kőfejtő
	157.	Vértesszőlős, É-i kőfejtő
	158.	Körtvélyes-puszta, nagy-csákhegyi felhagyott kőfejtő
	159.	Szár, E 5 autótűt 43 – 44 km. sz közötti bevágása
	160.	Mány, Összetartás TSz strázsahegyi bányája
	162.	Zsámbék, csillagerdői bánya
	166.	Óbaroki bekötőtű menti sziklák
	167.	Nagygyháza, M 1 autópálya 47 km sz. kőfejtő
	168.	Tarján, Baglyashegy D-i szegélye
	170.	Gyermely, kőfejtő
	174.	Szomor-bajnai út ÉK-i oldalán, kőfejtő (réteges dolomit)
	175.	Szomor-bajnai út ÉK-i oldalán, kőfejtő (tömött dolomit)
	I.	Gánt, régi disznóhegyi bánya
II.	Gánt régi disznóhegyi bánya	
III.	Zsámbék, TSz bánya, második szint zsámbéki oldala	
IV.	Zsámbék, TSz bánya második szint bicskei oldala	
V.	Zsámbék, TSz bánya, második szint bicskei oldala	
VI.	Zsámbék, TSz bánya, felső szint, D-i oldala	
VII.	Zsámbék, TSz bánya, Bicske felőli második szint	

Nyomószilárdság vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 7.1 pontja szerint általában 5 db légszáraz állapotú, 5 cm élhosszúságú próbakockán.

Böhme koptatási vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 7.2 pontja szerint 3 db 7,07 cm élhosszúságú próbakockán.

Vízfelvétel vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 5.22 pontja szerint 5 db légszáraz állapotú próbatesten fokozatos vízfedéssel.

Fagyállóság vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 6.2 pontja szerint 5 db szabálytalan alakú próbatesten. A kőzetek fagyállósági csoportba sorolását ugyanezen előírás alapján végeztük.

Szulfátos kristályosítási vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 6.3 pontja szerint 5 db szabálytalan alakú próbatesten.

Los Angeles aprózódási vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 8.3 pontja szerint az V. jelű vizsgálati osztályban két vizsgálat. A vizsgálati frakciót laboratóriumi pofástörőn terméskőből állítottuk elő.

Deval kopási vizsgálat. MSz 1991 – 67 szabvány 8.4 pontja szerint terméskőből laboratóriumi pofástörőn előállított szemeken két száraz és két vizes módszerű vizsgálat.

Tapadóképesség vizsgálat. KPM ágazati szabványtervezet szerint terméskőből laboratóriumi

Hegység	Minta jele	Test-sűrűség kg/m ³	Nyomószilárdság kp/cm ²	Böhme koptatási		Vízfelvétel tömeg %	Fagyállósági csoport	Kristályosítási veszteség		Los Angeles apr. vesz. tömeg %	Deval-érték		Statikus tapadásérték	Dinamikus	
				térf. csökk. cm ³ /50 cm ²	mag. csökk. mm			MgSO ₄	Na ₂ SO ₄		száraz	vizes			
															oldatban
Fília	2.	2588	548	t	t	1,1	fv	sz	9,1	43,8	1,7	1,2	4	0	
	13.	2654	1125	t	t	2,7	fv	13,2	7,6	47,9	1,3	1,3	4	1	
	14.	2624	1679	t	t	1,1	fá	0,1	0,0	39,2	8,3	5,7	4	0	
	15.	2634	1119	t	t	1,0	ff	0,1	0,1	28,3	4,4	3,8	4	0	
	16.	2702	1731	t	t	0,7	ff	0,4	0,9	27,7	7,0	2,6	4	2	
	17.	2706	1564	t	t	0,5	ff	0,3	0,5	44,6	3,3	2,8	4	0	
	18.	2705	nv	nv	nv	sz	fv	sz	sz	48,4	1,4	1,3	4	0	
	20.	2665	384	t	t	3,0	fv	1,7	2,5	29,4	5,9	4,0	4	0	
	21.	2702	nv	nv	nv	2,5	fv	sz	sz	29,7	4,9	3,2	4	1	
	22.	2693	1761	t	t	5,6	fv	sz	sz	23,7	11,2	2,9	4	2	
	23.	2646	867	t	t	4,7	fv	sz	4,2	68,4	2,3	2,1	4	0	
	Bakony	53.	2710	1450	8,6	1,7	0,5	if	0,1	0,1	23,5	5,3	9,6	4	0
		56.	2760	750	9,8	1,8	0,9	ff	0,3	1,9	42,4	4,9	4,5	4	0
57.		2740	1172	8,0	1,3	1,3	if	0,2	0,3	29,3	3,5	6,5	4	0	
61.		2698	546	t	t	1,6	fá	sz	0,2	24,5	2,8	4,1	4	0	
62.		2820	1057	t	t	0,3	if	0,3	0,2	28,0	8,5	6,9	4	1	
65.		2729	1044	t	t	3,5	fv	sz	0,4	35,3	7,2	11,4	4	1	
66.		2770	nv	nv	nv	1,6	mf	sz	0,5	30,7	4,4	3,3	4	1	
71.		2770	nv	nv	nv	1,0	fv	sz	0,0	29,8	7,5	4,6	4	0	
72.		2690	1046	t	t	0,7	mf	sz	0,3	29,6	9,4	6,1	4	2	
74.		2780	nv	nv	nv	1,0	fv	0,0	0,0	21,6	2,8	3,9	4	0	
77.		2760	1064	8,8	1,5	1,2	mf	0,0.	0,0	17,2	4,7	4,0	4	0	
78.		2760	nv	nv	nv	0,9	mf	0,0	0,0	26,2	3,2	2,9	4	0	
79.		2690	534	1,7	0,8	0,8	fá	0,0	0,0	20,5	3,4	2,8	4	0	
82.		2690	1003	t	t	0,8	mf	2,8	0,1	16,5	7,4	5,4	4	0	
83.		2790	1079	9,2	1,6	2,2	fv	sz	0,2	27,2	2,3	2,3	4	0	
86.		2730	907	t	t	1,5	fv	1,1	0,4	20,9	6,2	5,7	4	0	
87.		2750	656	t	t	1,3	mf	0,9	0,9	25,2	5,2	3,7	4	1	
88.		2830	928	8,0	1,3	0,4	fá	0,0	0,0	39,5	6,9	4,9	4	0	
89.		2720	922	t	t	0,9	mf	2,5	0,0	19,9	4,5	4,6	4	0	
91.		2590	520	9,0	1,7	0,2	fv	sz	0,0	41,3	2,7	1,8	4	0	
92.		2750	nv	nv	nv	0,8	fv	0,3	0,1	20,0	5,9	4,0	4	1	
93.		2710	872	t	t	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv
95.		2840	1013	t	t	0,4	mf	0,2	0,0	19,0	7,6	9,3	4	1	
104.		2780	914	6,8	1,3	1,0	mf	1,1	0,4	36,8	2,9	2,8	4	0	
105.		2800	1505	8,4	1,4	0,3	fá	0,4	0,7	17,8	9,8	7,2	4	0	
107.		2790	nv	nv	nv	1,0	fv	7,9	0,9	40,5	2,0	2,2	4	0	
109.		2660	476	9,0	1,3	2,9	fv	sz	sz	77,1	0,9	0,8	4	0	
110.		2820	1616	t	t	0,4	fá	0,5	0,4	19,3	8,8	7,6	4	0	
111.	2600	594	t	t	3,3	fv	sz	11,6	42,4	1,7	1,6	4	0		
117.	2810	518	t	t	1,1	mf	0,3	0,7	21,6	4,1	4,0	4	0		
121.	2740	253	t	t	1,4	fv	1,3	1,3	30,6	1,9	2,0	4	0		
123.	2770	334	19,6	3,5	1,9	fv	2,5	0,9	21,2	7,4	5,0	4	2		
125.	2820	nv	nv	nv	1,1	mf	1,3	0,4	20,6	8,3	6,6	4	0		
126.	2800	nv	nv	nv	1,5	ff	2,6	1,1	32,3	3,0	3,5	4	2		
128.	2810	987	10,4	1,8	2,5	fv	0,4	0,6	17,6	7,7	6,0	4	1		
129.	2710	723	12,9	2,5	1,8	fv	sz	3,0	44,8	2,3	1,9	4	1		
130.	2800	811	9,4	1,7	0,8	mf	0,7	0,8	17,6	7,2	6,3	4	0		
131.	2650	997	12,4	2,7	2,7	fv	0,4	1,1	37,8	2,1	2,5	4	0		
140.	2750	nv	nv	nv	0,7	fá	0,2	0,4	21,3	6,2	5,1	4	0		
142.	2820	495	t	t	1,2	mf	0,1	0,2	21,3	3,6	3,6	4	0		
143.	2790	449	t	t	1,9	mf	0,0	0,2	29,4	2,2	2,9	4	0		
Vértos-Görecso	146.	2810	744	13,8	2,1	1,2	fv	0,9	0,3	21,5	5,6	4,9	4	0	
	151.	2800	1479	8,8	1,5	0,7	fá	0,5	0,6	19,3	6,1	6,2	4	0	
	152.	2800	1524	12,6	2,1	1,1	fá	0,6	0,5	18,3	6,8	6,1	4	0	
	155.	2810	725	t	t	0,7	if	0,5	0,1	19,9	4,9	4,6	4	0	
	156.	2820	460	19,6	3,9	3,9	fv	sz	sz	19,7	3,6	4,1	4	0	
	157.	2810	nv	nv	nv	0,8	ff	0,8	0,0	18,7	5,7	6,3	4	0	
	158.	2850	975	11,5	1,8	1,3	if	0,0	0,0	32,8	4,5	4,3	4	0	
	159.	2800	1485	t	t	1,1	mf	2,0	1,2	19,4	4,2	3,7	4	0	
	160.	2490	384	32,1	4,1	5,7	fv	sz	sz	94,1	0,9	0,7	4	0	
	162.	2860	825	t	t	2,0	fv	sz	1,0	36,1	1,9	2,4	4	0	
	166.	2820	585	16,7	2,0	1,7	fv	2,1	0,0	23,4	4,0	5,2	4	0	
	167.	2700	860	13,4	1,6	2,9	if	sz	sz	23,1	6,0	5,6	4	0	
	168.	2710	582	13,5	2,2	2,1	mf	1,6	1,6	28,8	2,5	3,3	4	0	
	170.	2590	398	16,9	2,6	0,6	if	1,3	1,0	22,2	7,6	5,8	4	0	
174.	2510	544	t	t	3,4	ff	0,7	0,4	18,8	8,1	6,4	4	0		
175.	2512	421	21,1	3,2	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	nv	

pofástörőn tört 5/8 mm-es frakción két vizsgálattal. A vizsgálathoz B 90 jelű bitument használtunk. A vizsgálatot az alábbiak szerint hajtottuk végre: 50 g mosott, desztillált vízzel öblített és kiszáritott 140 °C hőmérsékletű kőzetet 2,5 g 140 °C hőmérsékletű bitumennel egyenletesen összekevertünk. Két órai szobahőmérsékleten való állás után szemrevételezéssel meghatároztuk a kőzet-szemcsék bitumennel bevont felületének hányadát, amelyet a bevonás mértékét jelentő és statikus tapadásértéknek nevezett pontszámmal fejeztünk ki. Ezután a mintát 75 ml desztillált vízben két percen át forraltuk, majd 24 órai szobahőmérsékleten való tárolás után ismételen szemrevételeztük, és meghatároztuk a forralás utáni bevonás mértékét kifejező dinamikus tapadásértéket.

A tapadásértékek a következők:

100%-osan bevont felület	= 4 pont
90 – 99%-osan bevont felület	= 3 pont
75 – 90%-osan bevont felület	= 2 pont
50 – 75%-osan bevont felület	= 1 pont
50 % alatt bevont felület	= 0 pont

A kőzetmechanikai vizsgálatok eredményeit a 2. táblázatban tüntettük fel. A táblázat nyomószilárdság és Böhme koptatás oszlopában *nv* jelet írtunk azokhoz a mintákhoz, amelyeket ezekre a paraméterekre nézve nem vizsgáltunk, mert azokból ép terméskő hiányában szabályos alakú próbatesteket kimunkálni nem lehetett. Ugyancsak *nv* jellel jelöltük a 93. és 175. minták azon vizsgálatait, amelyeket az egy helyről származó 92. és 93. minták, valamint az ugyancsak egy helyről való 174. és 175. minták várható lényegi hasonlósága miatt nem végeztünk el. A Böhme koptatás során a repedések mentén tönkrement mintákat *t* betűvel jelöltük meg. A táblázat fagyállósági oszlopában használt betűjelek jelentése a következők: *if* = igen fagyálló, *ff* = fokozottan fagyálló, *fá* = fagyálló, *mf* = mérsékelten fagyálló, *fv* = fagyveszélyes csoportba sorolható kőzet. A vízfelvétel és kristályosítási vizsgálat oszlopában az *sz* betűjelzés azt jelenti, hogy a minta anyaga vizsgálat közben szétmállott.

A kőzetmechanikai tulajdonságok értékelése

A vizsgálati eredmények alapján a megvizsgált dolomitok általában erősen erezett és repedezett szerkezetű, a repedések mentén tovább már nem aprózódó szemcsék tartományában többnyire tömött szövetű, sok esetben kőpor előfordulású, közepes testsűrűségű, közepes nyomószilárdságú, koptató hatásnak gyengén ellenálló, esetenként mállékony, közepes vízfelvételeű, többnyire mér-

sékelten fagyálló, *c* és *d* zúzottkő csoportú, rossz tapadóképességű kőzetnek minősülnek. Ezen általánosítás alól az előfordulások különbözősége és a kőzet inhomogenitása folytán kivételek lehetnek.

A vizsgált dolomitok döntő többsége a mechanikai igénybevételek során az erek és repedések mentén tört szét. Nagyrészüket hajszálrepedésekkel átjárt, breccsás szerkezetű, a szemcsék közötti hézagokat gyakran kalcit tölti ki és a kőzet a laza kapcsolat következtében sokszor már az előfordulás helyén dolomitpor formájában található. Nem egy helyen a mállott és ép kőzet együtt fordul elő.

A testsűrűség értékek kevés kivétellel a közepes testsűrűséget jellemző 2000 – 2800 kg/m³ tartomány felső harmadába esnek.

A kővágásra alkalmas dolomitok nyomószilárdsága 10 minta kivételével túlhaladja az 500 kp/cm² értéket, de a 2000 kp/cm²-es nyomószilárdságot egy minta sem éri el.

A dolomitminták a Böhme-féle koptató vizsgálat során nem egyszer tönkrementek, vagy a koptatásnak gyengén álltak ellen.

A vízfelvétel értékek többségükben 0,5 – 5,0 tömeg% közé esenek, ezért a dolomitok közepes vízfelvételeűeknek tekinthetők.

A fagyállósági vizsgálatok önmagukban, de a szulfátos kristályosítási vizsgálatokkal együtt is változó eredményt szolgáltatottak. Igen fagyálló, fokozottan fagyálló és fagyálló a minták 35%-a, mérsékelten fagyálló 26%-a és fagyveszélyes 39%-a.

A zúzottkő csoportba sorolást az MSz 18291 – T (76.IX.) „Zúzottkő termékek” c. termékszabvány tervezet alapján hajtottuk végre a Los Angeles aprózódási, Deval kopási és a szulfátos kristályosítási vizsgálatok eredményeinek felhasználásával. Az értékelést a 3. táblázat tartalmazza. A táblázatban a szabványon kívüli minőséget kiütéssel jelöltük. Egy mintán belül a 3. táblázat eredményei közül a leggyengébb a mértékadó. Így *B* kőzetfizikai csoportú zúzottkő gyártásra a vizsgált előfordulások 1%-a, *C* csoportúéra 23%-a, *D* csoportúéra 35%-a alkalmas, míg a vizsgált dolomit előfordulások 41%-a zúzottkő gyártásra alkalmatlan.

Mint látszik, a dolomitok aprózódási és kopási ellenállása nemcsak a Böhme, hanem a Los Angeles és a Deval vizsgálat alapján is gyengének mutatkozik.

A Deval vizsgálatokkal kapcsolatban érdekes, hogy a nagyobb szilárdságú eruptív kőzetek viselkedésével ellentétben a dolomit minták 27%-ánál a vizes Deval érték a száraz Deval értékénél nagyobbra adódott. A jelenség egy összetett fo-

lyamat eredménye lehet, amelyet a gyengébb kőzetszilárdság, a nagyobb vízfelvétel következtében a vizes Deval vizsgálat közben kialakuló habarcs sűrűlődést csökkentő hatása jellemez.

A kristályosítási vizsgálat eredményei a repedezettség függvényében szélsőségesek.

A tapadás vizsgálatok eredményéből kitűnik, hogy a dolomitok rossz tapadóképességűek. Tájékoztatásul megadjuk, hogy összehasonlító kísérleteink szerint a pilisvörösvári mészkő dinamikus tapadásértéke 1, a zalahalápi bazalté 3, a komlói andezité 4, a statikus tapadásérték pedig mindhárom kőzetnél 4. Eszerint a vizsgált dolomitok 8%-ának tapadóképessége meghaladja a gyenge tapadóképességű pilisvörösvári mészkőét, de a zalahalápi bazaltét nem éri el, 15%-ának tapadóképessége azonos a pilisvörösvári mészkőével, a minták 77%-ának tapadóképessége pedig az alatt marad.

Az MSz 18 292-J (76.X.) „Terméskő termékek” c. szabvány javaslat alapján a 14, 15, 16, 17, 53, 62, 88, 105, 110, 151, 152, 158, 167 jelű dolomitminták anyaga alkalmas 800 kp/cm²-nél nagyobb nyomószilárdságú és fagyálló terméskő előállítására. A 800 kp/cm² nyomószilárdságot el nem érő, de 200 kp/cm²-nél nagyobb nyomószilárdságú és szintén fagyálló minták jele: 56, 61, 79, 155, 170, 174. Terméskő forgácsként a Deval-érték szerinti legalább C, vagy D zúzottkő csoportú és ugyanilyen kristályosítási veszteségű dolomitok használhatóak.

Az MSz 18 294-T (77.VI.) „Falazókő és díszítőkövek” c. szabványtervezet követelményeit ugyanazok a dolomitok elégítik ki, amelyekből terméskő készíthető.

Az MSz 18 295-T (77.VI.) „Kőliszt termékek” c. szabványtervezet szerint a nem mállékony és víz hatására nem duzzadó kőzetből akkor állítható elő kőliszt, ha vizes Deval-értéke eléri a száraz Deval-érték 25%-át. A Deval érték szerinti követelményt valamennyi vizsgált dolomit kielégíti.

Kőzetmechanikai minősítés

A 3. táblázatban láttuk, hogy a dolomitokból általában legfeljebb C és D kőzetcsoportú zúzottkővet lehet gyártani.

Az érvényben levő ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivielezési Szabályzat VI. kötetének előírásai szerint útépitési célra C kőzetcsoportú zúzottkővet szőrt és folytonos szemeloszlású zúzottkőalapba, makadámrétegbe, mechanikai, cementes és bitumenes stabilizációhoz, sovány beton alaphoz, bitumenes alaphoz, közepes és annál könnyebb forgalmi terhelés esetén bitumenes kötőréteg

Szárma- zási hely	Jel	Kőzetfizikai csoport				Össze- sített ered- mény	
		Los- Angeles	Deval		Kristá- lyosítás		
			száraz	vizes			
vizsgálat alapján							
Pilis	2.	D	-	-	-	-	
	13.	-	-	-	A	-	
	14.	D	C	B	A	D	
	15.	C	D	C	A	D	
	16.	C	C	D	A	D	
	17.	D	D	D	A	D	
	18.	-	-	-	-	-	
	20.	C	D	C	A	D	
	21.	C	D	C	-	-	
	22.	B	B	D	-	-	
	23.	-	-	D	-	-	
	Bakony	53.	B	D	B	A	D
		56.	D	D	D	A	D
57.		C	D	C	A	D	
61.		B	-	D	-	-	
62.		C	C	C	A	C	
65.		D	C	C	-	-	
66.		-	D	D	-	-	
71.		C	C	C	-	-	
72.		C	B	B	-	-	
74.		B	-	D	A	-	
77.		A	D	D	A	D	
78.		B	D	D	A	D	
79.		B	B	D	A	D	
82.		A	C	C	A	C	
83.		C	-	-	-	-	
86.		B	C	C	A	C	
87.		B	D	D	A	D	
88.		D	C	C	A	D	
89.		A	D	D	A	D	
91.		D	-	-	-	-	
92.		A	C	C	A	C	
95.		A	C	C	A	C	
104.		D	-	-	A	-	
105.		A	B	B	A	B	
107.		D	-	-	A	-	
109.		-	-	-	-	-	
110.		A	C	C	-	-	
111.	D	-	-	B	-		
117.	B	D	D	A	D		
121.	C	-	-	A	-		
123.	B	C	C	A	C		
125.	B	C	C	A	C		
126.	C	D	D	A	D		
128.	A	C	C	A	C		
129.	D	-	-	-	-		
130.	A	C	C	A	C		
131.	D	-	-	A	-		
140.	B	C	C	A	C		
142.	B	D	D	A	D		
143.	C	-	-	A	-		
Vértes-Gerecse	146.	B	D	D	A	D	
	151.	A	C	C	A	C	
	152.	A	C	C	A	C	
	155.	A	D	D	A	D	
	156.	A	D	D	-	-	
	157.	A	D	D	A	D	
	158.	C	D	D	A	D	
	159.	A	D	D	A	D	
	160.	-	-	-	-	-	
	162.	D	-	-	-	-	
	166.	B	D	D	A	D	
167.	B	C	C	-	-		
168.	C	-	-	A	-		
170.	B	C	C	A	C		
174.	A	C	C	A	C		

építéshez, továbbá portalanításhoz szabad alkalmazni. A vizsgált dolomitok közül ilyenek a 62,

82, 86, 92, 95, 105, 123, 125, 128, 130, 140, 151, 152, 170, 174 jelűek.

A közeljövőben megjelenő új ÉK SZ lehetővé fogja tenni a *D* kőzetfizikai csoportú zúzottkövek útépítési felhasználását. Az intézkedés szerint a *D* kőzetcsoporthú zúzottkövek alkalmazási területe várhatóan a stabilizáció és az útalapozás lesz, amelyre a 14, 15, 16, 17, 20, 24, 53, 56, 57, 77, 78, 79, 88, 89, 117, 126, 142, 146, 155, 158, 159, 166 jelű dolomitok felhasználhatók.

A tapadásvizsgálatok eredményeiből kitűnik, hogy a vizsgált dolomitok tapadóképessége rossz, ezért útépítésnél való felhasználásnál ezt figyelembe kell venni. Aszfaltútépítés felhasználás szempontjából ugyanis a 3-nál kisebb statikus, vagy dinamikus tapadásértékű zúzottkő kedvezőtlen minőségű.

A dolomitok további felhasználási területe a betonkészítés. A hamarosan hatályon kívül kerülő MSZ 4720 – 61 „A betonok minőségi követelményei és minősítésük” c. szabvány előírta, hogy a betonadálkanyag nyersanyagának nyomószilárdsága legalább kétszerese legyen az előállítani kívánt beton nyomószilárdságának, de 500 kp/cm²-nél kisebb nem lehet. Emellett az adalékanyag kis vízfelvétele és fagyálló kell legyen. Ezen feltételek mellett betonadalékanyagként B 140 betonminőségig a 79, B 280 betonminőségig az 56 és 155, B 400 betonminőségig a 14, 15, 16, 17, 53, 57, 62, 88, 105, 110, 151, 152 és 158 jelű dolomitelőfordulások használhatók.

Az ÉSZKMI 19 – 77 műszaki irányelv a fentieknél lazább. Előírásának megfelelően szilárdság szempontjából B 140 betonminőségig legalább *D*, felette legalább *C* Los Angeles vizsgálat szerinti zúzottkő csoportú adalékanyagot lehet betonkészítéshez használni. Minthogy nézetünk szerint a vízfelvétel, fagyállóság, illetve a velük kapcsolatos kristályosítási veszteség sem elhanyagolható tényező, az ÉSZKMI 19 – 77 irányelvet úgy értelmezzük, hogy a *C* és *D* kőzetcsoporthú követelményt nem a Los Angeles aprózódási veszteségre, hanem a zúzottkő kőzetminősítésére vonatkoztatjuk. Felfogásunk reális, hiszen például *D* kőzetcsoporthú betonadalékanyagot is csak olyan kőzetből állíthatunk elő, amely egyébként zúzottkő gyártásra alkalmas. Ezzel a megfontolással az építési biztonság javára közelítünk az MSZ 4720 – 61 szabványhoz. Amíg az első felfogás szerint a vizsgált dolomit minták 93%-a, addig értelmezésünk szerint azoknak csak 60%-a felel meg betonadalékanyag céljára. Ez utóbbinak megfelelően legfejlebb B 140 minőségű betont a 14, 15, 16, 17, 20, 53, 56, 57, 77, 78, 79, 87, 88, 89, 117,

126, 142, 146, 155, 157, 158, 159 és 166 jelű dolomitokból, tetszőleges minőségű betont a 62, 82, 86, 92, 95, 105, 123, 125, 128, 130, 140, 151, 152, 170, 174 jelű dolomitokból lehet készíteni. Kitűnik, hogy még ez a szigorúbb felfogás is több mint kétszer annyi előfordulás anyagát tartja betonkészítésre alkalmasnak, mint az MSZ 4720 – 61 szabvány előírása.

A habarcskészítésre szolgáló kőporok minőségére vonatkozó és a közeljövőben hatályon kívül kerülő MSZ 14773 – 52 „Építési kőpor” c. szabvány a szilárdságra és fagyállóságra nem tartalmaz előírást, az MSZ 18 295 – T szabványtervezetet pedig a vizsgált dolomitminták kielégítették, tehát szabványaink szerint építési kőporok előállítására alkalmasak.

Igényesebb célra nyomószilárdságuk és fagyállóságuk miatt mégis elsősorban azokat az előfordulásokat ajánljuk felhasználni, amelyek a terméskő minőség biztosítására is alkalmasak.

Az MSZ 14 785 – 65 „Töltőanyagok aszfaltburkolatok céljára” c. szabvány a mészkőlisztekre vonatkozik és szigorúbb előírásokat tartalmaz, mint az MSZ 18 295 – T szabványtervezet. Eszerint aszfaltútépítéshez töltőanyag céljára a legalább 800 kp/cm² nyomószilárdságú és 7 feletti Deval értékkel rendelkező és véleményünk szerint fagyálló mészkövet szabad felhasználni. Ennek megfelelően a vizsgált dolomitok közül csak a 14, 16, 105 minták anyaga javasolható töltőanyag gyártásra a tapadóképességgel kapcsolatban mondottak figyelembevételével.

Vízépítési terméskőként az MSZ 1998 – 70 „Vízépítési terméskő” c. szabvány szerint 800 kp/cm² nyomószilárdságot elérő fagyálló kőzetet, tehát az MSZ 18 292 – J szabványjavaslat hasonló feltételét kielégítő dolomitokat szabad felhasználni. Ezek a terméskövek betonépítéshez úsztatottkőként is felhasználhatók.

Pince és lábazati falak, alapozások, kerítések készítésére az MSZ 18 292 – J szabványjavaslatot kielégítő dolomitok alkalmasak.

Alkáli reakció veszélye

Az alkáli reakció egyes beton- habarcs adalékanyagok és a cement hidratációs termékében levő alkáliák beépülési, vagy cserebomlása. Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények között térfogatnövekedéssel jár és a beton összeropadásához vezet. Két alapvetően különböző változata van.

Az alkáli-szilikát reakció kavasav kőzetek esetén léphet fel, ha az azokban levő alkáliérzékeny kavasavtartalmú részecskék, például az opál, vagy esetleg a kalcedon ásványok a cementkő alkáli-

hidroxidjaival alkáli-szilikátoldatok képződése mellett reagálnak.

Bennünket — a második változat — a dolomitok esetleges alkáli-karbonát reakciója érdekel. Ennek során a kalcium-magnézium-karbonát és a cementkő alkáli — hidroxidja egymásra hatásából alkáli-karbonát, magnézium-hidroxid és kalcium-karbonát keletkezik. A keletkezett alkáli-karbonát a cementkő kalcium-hidroxidjával reagálva cserebomlás útján kalcium-karbonát keletkezése mellett alkáli-hidroxiddá alakulhat vissza. A kalcium-karbonát a cementkő nátrium-hidroxidjának és a víznek a jelenlétében kalcium-nátrium-karbonáttá alakul, amit az előbbi reakciót tápláló kalcium-hidroxid keletkezése kísér. Ezáltal kedvezőtlen esetben az alkáli-dolomit reakció a teljes átalakulásig folytatódhat.

Számos külföldi szerzőtől eredő folyóirataikkal és előadás tárgyaltja a dolomit reakció folyamatát és következményeit, amelyeknek megítélése körül hazai viszonyaink tekintetében bizonytalanság tapasztalható, és ezért tanulmányozása feltétlenül időszerű.

Az alkáli-dolomit reakció veszélyének mértékét közvetlen, vagy közvetett módszerekkel lehet meghatározni. A közvetlen módszer az alkáli-dolomit reakció folyamatmodellezésében és a dolomit duzzadásának vizsgálatában áll. Az eszköz és időigényes kísérletek elvégzésére intézetünk napjainkban készült fel.

A közvetett módszerekkel végzett vizsgálat — bár csak feltételezésekre jogosít — gyorsabb eredményre vezet, amely bizonyos állásfoglalást a hazai dolomit adalékanyagokkal kapcsolatban már ma is lehetővé tesz. A vélemény alkotásnak ez a módszere a dolomitok és cementek kémiai összetételének és a külföldi tapasztalatokon nyugvó követelményeknek az összevetésében áll. Ezeknek a követelményeknek a helyességét hazai dolomitjainkra és cementjeinkre közvetlen vizsgálattal későbbi időpontban késznyerülünk eldönteni.

A CSN 72 1511 csehszlovák szabvány szerint azok a dolomitok, amelyek dolomitásvány tartalma legalább 90 tömeg % és kalcit tartalma legfeljebb 10 tömeg %, a tapasztalatok szerint minimális hajlamot mutatnak az alkáli reakcióra. Mint-hogy analitikai módszerekkel a dolomitásvány és kalcit tartalom a kőzet izzítási maradékán meghatározott kalcium-oxid és magnézium-oxid tartalomból számítható, a CSN 72 1511 szabvány megjegyzésként közli, hogy a kalcium-oxid tartalomnak 30,4 — 32,9 tömeg %, a magnézium-oxid tartalomnak 19,6 — 21,9 tömeg % között kell lennie.

Fodagjuk el mértékadónak a dolomitásvány és kalcit tartalomra megadott feltételeket és értelmezzük a származtatott kalcium- és magnézium-oxid értékek jelentését. A magnézium-oxid tartalomra vonatkozó számértékeket követelményként lehet kezelni. A magnézium-oxid tartalom 19,67 tömeg %-os alsó határértéke a dolomitásvány tartalom 90 tömeg %-os alsó határértékéhez tartozik. Ha a dolomitot 100 tömeg %-ban dolomitásvány alkotja, akkor a magnézium-oxid tartalom — mint lehetséges mennyiség — 21,86 tömeg %, a kalcium-oxid tartalom — mint kritérium értékkel nem bíró mennyiség — 30,41 tömeg %. Nincs szabályozó ereje a 90 tömeg % dolomitásvány és a 10 tömeg % kalcit tartalomhoz tartozó 32,96 tömeg % kalcium-oxid tartalomnak sem. A kalcium-oxid tartalomra azért nem lehet határértéket megadni, mert a kalcit tartalom nemcsak a kalcium-oxid mennyiségének, hanem magnézium-oxid mennyiségének is függvénye. Helyes ezért, ha a dolomit alkáli reakció érzékenységének megítéléséhez a kalcium-oxid tartalomra vonatkozóan nem hozunk feltételeket.

A 4. táblázatban feltüntettük azokat a vizsgált dolomitmintáknak a kémiai összetételét, amelyek minősége a kőzetmechanikai tulajdonságok alapján betonadalékanyag gyártás szempontjából megfelel. A kémiai összetételt Intézetünk Szilikát-kémiai Osztálya határozta meg. A 4. táblázat adatait a fenti határértékekkel összevetve megállapítható, hogy a 14, 15, 82, 86, 92, 123, 128, 158 és 174 jelű minták alkáli reakcióra érzékenyek minősülnek. Ez a körülmény arra figyelmeztet bennünket, hogy hazai dolomitjaink között is vannak olyanok, amelyek kémiai összetétele az alkáli-dolomit reakció szempontjából kedvezőtlennek látszik. Erre teljes bizonyossággal majd a közvetlen duzzadás vizsgálatok adhatnak választ. A jelenséget ugyanakkor nézetünk szerint nem elegendő csak a dolomitok oldaláról megközelíteni.

Vizsgáljuk meg ezért az alkáli-dolomit reakció másik reagensére, a cement minőségére vonatkozó feltételeket. Irodalmi adatok szerint külföldi szerzők elsősorban az alkálszilikát reakció vizsgálata során arra az eredményre jutottak, hogy a kis alkáli tartalmú cementek még alkáli reakcióra hajlamos adalékanyagokkal sem okoznak alkáli duzzadást. Kis alkáli tartalmúaknak azokat a tiszta portlandcementeket és 50 tömeg %-nál kevesebb kiegészítő anyagot tartalmazó heterogén portlandcementeket tekintik, amelyek nátrium-oxid egyenértéke a 0,6 tömeg %-ot nem haladja meg.

Hazai cementjeink — Intézetünk Szilikátké-

Dolomitok kémiai összetétele

Szárma- zási hely	Minta jele	CaO	MgO	CaMg (CO ₃) ₂	CaCO ₃
Pilis	14.	31,80	15,20	69,54	19,02
	15.	28,40	17,10	78,23	8,23
	16.	30,49	21,79	99,67	0,33
	17.	30,45	21,82	99,82	0,18
	20.	30,34	21,81	99,78	0,00
Bakony	53.	30,00	21,65	99,05	0,01
	56.	30,10	21,66	99,09	0,00
	57.	30,20	21,75	99,51	0,00
	62.	32,03	20,57	93,91	6,09
	77.	31,81	20,65	94,47	5,51
	78.	32,49	20,22	92,23	7,77
	79.	31,67	20,78	95,07	4,93
	82.	34,03	18,63	85,23	14,49
	86.	33,21	19,42	88,85	11,06
	87.	32,65	19,86	90,86	8,97
	88.	31,89	20,54	93,97	5,92
	89.	32,61	20,09	91,69	8,31
	92.	34,55	18,24	83,45	16,38
	95.	32,00	20,44	93,51	6,37
	105.	31,90	20,58	94,15	5,84
	117.	31,99	20,26	92,69	6,80
	123.	34,99	17,67	80,84	18,58
	125.	32,28	20,15	92,19	7,59
	126.	32,52	19,80	90,59	8,88
	128.	33,10	19,55	89,44	10,54
130.	32,83	19,94	90,94	9,06	
140.	32,66	20,17	91,82	8,18	
142.	32,81	19,77	90,45	9,48	
Vértess-Gerecsó	146.	31,50	20,73	94,84	4,75
	151.	31,95	20,49	93,74	6,15
	152.	31,94	20,53	93,92	6,04
	155.	32,53	20,35	92,51	7,49
	157.	32,62	20,30	92,23	7,77
	158.	33,67	19,34	87,99	12,01
	159.	32,74	20,47	92,48	7,52
	166.	32,11	20,76	94,27	5,73
	170.	32,25	20,80	94,14	5,86
	174.	34,67	18,13	82,94	16,87
	I.	32,06	20,42	93,42	6,52
	II.	32,12	20,37	93,19	6,76
	III.	32,15	20,63	93,87	6,13
	IV.	32,01	20,45	93,56	6,36
	V.	32,29	20,49	93,27	6,73
	VI.	31,99	20,49	93,74	6,23
	VII.	32,32	20,21	92,46	7,51

Cementek kémiai összetétele

5. táblázat

Cement megnevezése	Na ₂ O	K ₂ O	Nátrium- oxid egyenérték [tömeg %]
	tartalom [tömeg %]		
Bélapátfalva S - 54 350 pc	0,28	0,35	0,51
Beremend 450 pc	0,33	0,63	0,74
Beremend 350 ppc 10	0,19	0,90	0,78
Hejőcsaba 450 pc	0,28	0,62	0,69
Hejőcsaba 350 kspc 20	0,24	0,50	0,57
Hejőcsaba 350 kspc 40	0,18	0,54	0,54
Lábatlan 350 ppc 10	0,32	0,52	0,66
Lábatlan S - 54 350 pc	0,17	0,29	0,36
Selyp S - 54 350 pc	0,27	0,37	0,51
Selyp F III. 350 fehér pc 20	0,24	0,22	0,38
Tatabánya 450 - K pc	0,20	0,23	0,35
Tatabánya 350 ppc 10	0,31	0,40	0,57
Vác 450 pc	0,20	0,74	0,71
Vác 350 kspc 20	0,22	0,69	0,67
Vác 350 kspc 40	0,15	0,48	0,47

miai Osztálya által megadott – nátrium-oxid és kálium-oxid tartalmát, valamint nátrium-oxid egyenértékét az 5. táblázatban tüntettük fel. A 0,6 tömeg %-os nátrium-oxid egyenértéket kritériumként elfogadva megállapítható, hogy annak nagyságát a beremendi, hejőcsabai és váci 450 pc, váci 350 kspc 20, valamint a beremendi és lábatlani 350 ppc 10 jelű cement lépi túl, amelynek dolomit adalékanyag beton és habarcs készítéshez való alkalmazását kerülni kell. A többi cementünk kis alkáli tartalmú cementnek minősül.

Az 5. táblázatból további tanulságok is levonhatók. A cementfajtákat tekintve meg kell állapítani, hogy legkisebb nátrium-oxid egyenértéke az S - 54 jelű cementeknek és a fehér cementnek van. A tiszta portlandcementhez képest a vele azonos gyárból származó kohósalak-portlandcementek kisebb, a pernyeportlandcement nagyobb nátrium-oxid egyenértékkel rendelkezik. Ez utóbbi három cementfajta alkáli reakció-érzékenységének sorrendjét származási hely szerint összeállítva kitűnik, hogy a nátrium-oxid egyenérték a tatabányai cementek esetén a legkisebb, majd a hejőcsabai, váci, lábatlani, beremendi cementek esetén egyre nagyobb. Következtetésünk, hogy dolomit adalékanyag mellett kötőanyagként első sorban kspc 40 jelű cementet alkalmazunk, a többi cementfajtából pedig a tatabányai 450, vagy 350 ppc 10, továbbá hejőcsabai 350 kspc 20 cement jöhet számításba. Agresszív közegben épülő betonok adalékanyagául karbonátos kőzeteket használni nem ajánlatos, ezért az S - 54 jelű szulfátálló cementek alkalmazása dolomitbetonokhoz a kis nátrium-oxid egyenérték ellenére sem valószínűsíthető.

Befejezésül megemlítjük, hogy az alkáli-dolomit reakció fellépését a beton cementtartalma is befolyásolja. Irodalmi közlésekben annak adnak hangot, hogy az alkáli reakció 400 kg/m³ cementtartalom alatt nem fejlődik ki. Ez azt jelenti, hogy a dolomit kőzet – különösen, ha a cement és a dolomit megválasztásakor azok kémiai összetételére is tekintettel vagyunk – betonadalékanyagként általában B 400/280 betonminőségig jól használható.

Nézetünk szerint azok a kémiai megfontolások, amelyek értelmében a dolomit adalékanyagot nagyszilárdságú betonokhoz alkalmazni nem szabad és kötőanyaga első sorban a kisebb szilárdságú kohósalak portlandcement lehet, lényegében nem korlátozzák az egyébként is szerény kőzetfizikai tulajdonságokkal rendelkező dolomitok eredeti elképzeléseknek megfelelő építőipari hasznosítását.

Puskásné Hőgyes Irén: A dunántúli dolomitok alkalmazása építési célra

Hazánkban az elkövetkező időben előtérbe kerül a dolomitok építési alkalmazása, ami azok közetmechanikai tulajdonságainak és dolomit-alkáli reakció érzékenységének vizsgálatát tette szükségessé. Az elvégzett testsűrűség, nyomószilárdság, Böhme kopatási, vízfelvétel, fagyasztási, szulfátos kristályosítási, Los Angeles aprózódási, Deval kopási és tapadás vizsgálatok eredménye alapján arra adtunk választ, hogy melyek azok a dolomitok, amelyeket zúzottkő, terméskő, falazókő és kőliszt alakjában külön építési célra alkalmazni lehet. A dolomitok és a hazai cementek kémiai összetétele alapján megállapítottuk, hogy kevés kivételtől eltekintve a beton és habares adalékanyagként felhasználható dunántúli dolomitok alkáli reakció veszélye csekély.

Лушкаине, Хёдеш И.: Пригодность дунаптульских доломитов для строительных целей

V Magyarországon a legközelebbi jövőben széles körű alkalmazás várható a dolomitokra, ami azok közetmechanikai tulajdonságainak és dolomit-alkáli reakció érzékenységének vizsgálatát teszi szükségessé. Az elvégzett próbatérfűzés, nyomószilárdság, Böhme kopatási, vízfelvétel, fagyasztási, szulfátos kristályosítási, Los Angeles aprózódási, Deval kopási és tapadás vizsgálatok eredménye alapján arra adtunk választ, hogy melyek azok a dolomitok, amelyeket zúzottkő, terméskő, falazókő és kőliszt alakjában külön építési célra alkalmazni lehet. A dolomitok és a hazai cementek kémiai összetétele alapján megállapítottuk, hogy kevés kivételtől eltekintve a beton és habares adalékanyagként felhasználható dunántúli dolomitok alkáli reakció veszélye csekély.

Frau Puskás Hőgyes, Irén: Verwendbarkeit transdanubischer Dolomitgesteine für Bauzwecke

Da in Ungarn die Anwendung von Dolomitgesteinen für Bauzwecke in nächster Zeit erwartungsgemäß in den Vordergrund tritt, wurde die Untersuchung ihrer gesteinsmechanischen Eigenschaften und ihrer Dolomit-Alkali Reaktionsempfindlichkeit notwendig. Aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen hinsichtlich der Dichte, der Druckfestigkeit, der Wasseraufnahme, der Frostbeständigkeit, der sulphatischen Kristallisationsbeständigkeit, des Widerstandes gegen die Beanspruchungen im Los-Angeles-, sowie im Deval-Gerät, der Haftfähigkeit und der Verschleißprüfung nach Böhme wurde entschieden welche Dolomitgesteine in der Form von Schotter, Bruchstein, Mauerstein, oder Gesteinmehl zu verschiedenen Bauzwecken verwendet werden können. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung verschiedener Dolomitgesteine und einheimischer Zemente wurde festgestellt, daß die Alkalireaktionsgefahr der als Beton- und Mörtelzuschlagstoff verwendbaren transdanubischen Dolomitgesteine, von wenigen Ausnahmen abgesehen, gering ist.

Hőgyes, Irén (Mrs. Puskás): Application of Dolomites from the Transdanubian Region for Building

Dolomite is applied in increasing quantities in Hungary as concrete aggregate, therefore the rock mechanical properties and sensitivity against alkali—aggregate reaction of prospective Hungarian dolomites must be studied. Examinations included bulk density, compressive strength Böhme and Deval wear tests, water uptake, freeze-thaw behaviour, Los Angeles and adhesion tests. By these methods the dolomites suitable as crushed stone, walling stone or stone flour were and of Hungarian cements selected. The chemical composition of the studied dolomites show that there exists almost no danger in their joint application in concrete.

Kitüntetettjeink

A MTESZ végrehajtó bizottságának május 16.-i ülésén kiosztották az 1978. évi MTESZ díjakat.

MTESZ DÍJ-jal

tüntették ki

Dr. Grofcsik Elemér elvtársat, Egyesületünk főtitkárát, a fiatal műszaki és közgazdasági értelmiségnek az egyesületi munkába való sikeres bevonásáért és az egyesületi és szakosztályi tevékenység összehangolásáért.

Az 1978. évi Építők Napja alkalmából, az Építésügyi és Városfejlesztési Miniszter a

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben az alábbi egyesületi tagjainkat részesítette:

Fehér Józsefet a Somogy – Zala megyei Téglá- és Cserépipari Vállalat üzemi csoportjának elnökét, az üzem területén, valamint a megyei MTESZ elnökségben végzett munkájáért;

Dr. Jilek Józsefet, az „Építőanyag” Szerkesztő Bizottságának tagját, a Veszprém-Herend csoportban és az Építőanyag Szerkesztő Bizottságában végzett munkájáért;

Dr. Opoczky Ludmillát, a Cement szakosztály vezetőségi tagját, a Cementszakosztály vezetőségében végzett munkájáért, különösen az e területen a nemzetközi kapcsolatok fejlesztéséért,

Süslecz Jánost, az Uzsai csoportban végzett tevékenységéért és az ipar fejlesztési munkájáért;

Szücs Jenőt a Sajószentpéteri csoport elnökét, az üzemi csoportban végzett tevékenységéért és az üvepipari kutatásban végzett munkájáért.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület tagsága tisztelettel és szeretettel köszönti a kitüntetetteket, további eredményes munkát és sikereket kíván.

Üvegek bórtartalmának meghatározása neutronabszorpciós módszerrel

VÉGVÁRI ISTVÁN – GALLYAS MIKLÓS

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Boroszilikát üvegek gyártásánál a nyerskeverék, az olvadék és a végtermék B_2O_3 koncentrációja eltér egymástól. Ennek következtében az üvegek minőségét megszabó B_2O_3 koncentráció csak közelítőleg állítható be a kívánt értékre. Gyártásközi korrekcióra csak abban az esetben van lehetőség, ha gyors bórmeghatározási módszer áll rendelkezésre. A jelenlegi, hagyományos analitikai módszerek idő- és munkaigényesek. A keverék B_2O_3 tartalmának korrekciója csak hosszabb idő eltelte után végezhető el, így az adott időintervallumban gyártott üveg minősége nem éri el a kívánt szintet. Üvegek, mázak B_2O_3 tartalmának meghatározását hagyományos módszerrel úgy végzik, hogy a szilikátot $Na_2CO_3 + ZnO$ keverékkel feltárják, majd kationcserélővel eltávolítják a zavaró ionokat. Az így nyert oldat bórtartalmát semlegesítés és mannit hozzáadása után acidimetriás titrálással határozzák meg. A meghatározás ideje 80–90 perc, a módszer relatív szórása: $\pm 0,45\%$. [1].

A bórtartalom meghatározására a nukleáris analitikai módszerekkel több lehetőség kínálkozik.

Neutronaktivációs analízissel a bór csak rendkívül kedvezőtlen körülmények között határozható meg. Az (n, γ) típusú reakciók létrehozásához szükséges termikus neutronokra nézve a bór aktiválási hatáskeresztmetszete rendkívül kicsi, mindössze 0,005 barn. A $^{11}B(n, \gamma)^{12}B$ reakcióban keletkező bór-izotóp felezési ideje igen rövid (27 ms), detektálása csak jól felszerelt fejlett laboratóriumokban oldható meg. E reakció prompt γ -sugárzását vizsgálta Lobanov és 5 g Si-ban 0,1 ppm B-t tudott kimutatni. [2].

McGinley és Schweikert fémek, félvezetők és üveg B tartalmát vizsgálta deutronaktiválással, melynek során szintén ^{12}B izotóp keletkezik a $^{11}B(d, p)^{12}B$ magreakció eredményeképpen. A

változtatható energiájú deutronnyalábot ciklotronnal állították elő, a detektálást plasztik szcintillátorral végezték. A kimutatási határ bórra 2–3 ppm volt. [3]

Bórmeghatározásra a $^{11}B(n, \alpha)^8Li$ reakció is felhasználható. A keletkező 8Li rövid (0,84 s) felezési ideje miatt a detektálás csak jól felszerelt laboratóriumokban lehetséges. Neutrongenerátorból nyert termikussá lassított, $\varphi_{th} = 10^7 \text{ncm}^{-2}\text{s}^{-1}$ fluxusú neutronokkal a bór kimutatási határa 100 μg volt. [4]

Ugyanezt a reakciót használta Berger neutronradiográfiai vizsgálataiban során. A reakció prompt α -sugárzása feketedést hozott létre a minta mögött elhelyezett röntgenfilmen. Ez a módszer főleg bórfeldusulások kimutatására alkalmas. [5].

Engelman B, C, N egymás melletti meghatározására dolgozott ki módszert. Az elemek mennyiségét a keletkező ^{11}C izotóp aktivitásából számította ki. Noha a ^{11}C végtermék mindhárom elemből keletkezik, az egyes reakciók eltérő küszöbenergiái miatt a bombázó protonnyaláb energiájának változtatásával szelektív analízis válik lehetővé. [6]

A neutronabszorpción alapuló bórmeghatározás

Üvegminták bórtartalmának meghatározásánál a bórnak azt a tulajdonságát használtuk ki, hogy abszorpciós hatáskeresztmetszete a többi komponens atommagjához viszonyítva igen nagy. A termikus neutronokra ez az érték $\sigma_{absz} = 755$ barn.

Egy termikus neutronnyaláb φ_0 belépési fluxusa a vizsgált mintán való áthaladás után φ értékre csökken:

$$\varphi = \varphi_0 \cdot \exp\left(-\frac{N_{Av} \cdot \sigma}{A} \cdot d\right) \quad (1)$$

Ahol $N_{Av} = 6,0248 \times 10^{23}$, az Avogadro szám
 $\sigma = \sigma_{absz} + \sigma_{sz} = 755 + 4 = 759$ barn a bór-
 ron való abszorpció és szórás való-
 színűségére jellemző hatáskereszt-
 metszet (termikus neutronokra)
 d = a bórabszorbens vastagsága [gcm^{-2}]
 A = 10,811 a B atomsúlya

A bórtartalom meghatározása a mintákon át-
 haladó neutronok számának, illetve az azzal ará-
 nyos impulzusszámok összehasonlításával törté-
 nik. Ismert $Q_1, Q_2, \dots, Q_v, B_2O_3$ tartalmú mintá-
 kon elvégezve az abszorpciós méréseket, a számlá-
 lási sebességek rendre N_1, N_2, \dots, N_v . Az ismeretlen
 $Q_x B_2O_3$ -koncentrációnak [tömeg %] N_x számlálási
 sebesség felel meg. Az $N(Q)$ vagy $lg N(Q)$ kalib-
 rációs görbéből N_x ismeretében a keresett $Q_x B_2O_3$ -
 koncentráció grafikusan leolvasható, vagy számí-
 tással meghatározható.

Ha két, Q_x -hez közel eső, ismert B_2O_3 tartalmú
 minta koncentrációja Q_i , ill. Q_j , és $Q_i < Q_x < Q_j$,
 akkor:

$$Q_x = Q_i + \frac{N_x - N_i}{N_j - N_i} \cdot (Q_j - Q_i) \quad (2)$$

N_x , ill. N_i, N_j a minta ill. az etalonok esetén mért
 számlálási sebességek.

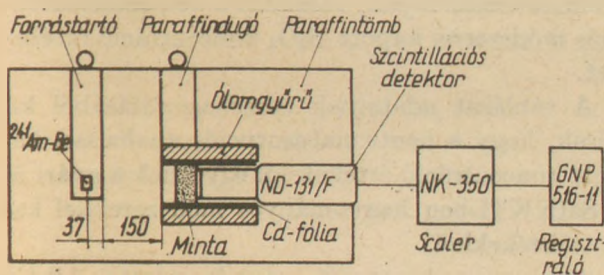
A $lgN(Q)$ függvény pontjaihoz a legkisebb négy-
 zetek módszerével egyenes is illeszthető. A gya-
 korlatban általában a grafikus leolvasás pontos-
 sága is elegendő.

Az etalonokra nézve követelmény, hogy töme-
 gük a mintákkal megegyezzen, ugyanabból az
 üvegfajtából készüljenek, időben konstans B_2O_3
 koncentrációjuk a boroszilikát üvegek 2–20%-os
 bórkoncentráció tartományába essék.

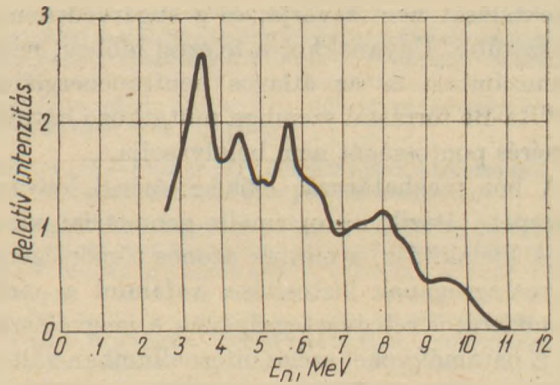
Kísérleti rész

Mérőberendezés

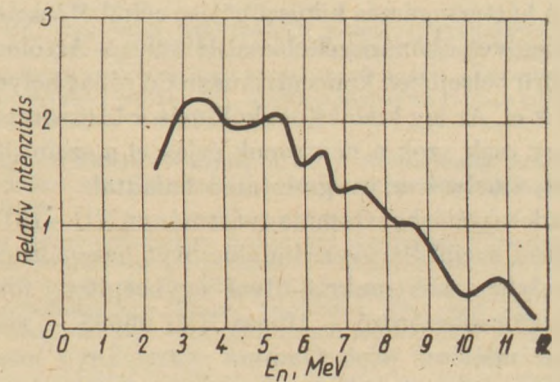
A mérőberendezés sémája az 1. ábrán látható.
 A neutronforrásból kilépő gyors neutronok a pa-
 raffinmoderátorban termikusakká lassulnak. A
 bórüvegmintán áthaladt – nem abszorbeálódott



1. ábra. A mérőberendezés sémája



2. ábra. $^{241}\text{Am-Be}$ neutronforrás neutronspektruma



3. ábra. $^{226}\text{Ra-Be}$ neutronforrás neutronspektruma

– neutronokat szcintillációs számlálósó detek-
 tálja. A detektor jeleit scaler számlálja, és hozzá-
 kapcsolt sornyomtató regisztrálja (N_1, N_2, \dots, N_x).

A neutronforrás jellemző adatai (aktivitás,
 neutronhozam, felezési idő) jelentős mértékben
 befolyásolják a neutronabszorpciós módszer ha-
 tékonyságát és pontosságát. Kísérleteinknél
 100–100 mCi aktivitású $^{226}\text{Ra-Be}$ és $^{241}\text{Am-Be}$
 forrást próbáltunk ki, amelyeknek jellemző ada-
 tait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Bór meghatározásához használt neutronforrások jellemző
 adatai

típus	reakció	felezési idő	neutron- hozam $\frac{n}{s \cdot Ci}$	átlagos neutron- energia MeV
$^{226}\text{Ra-Be}$	$^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$	1602 év	$1,7 \times 10^7$	5
$^{241}\text{Am-Be}$	$^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$	458 év	$2,1 \times 10^6$	4

A $^{241}\text{Am-Be}$ forrás neutronspektruma a 2. ábrán, a
 $^{226}\text{Ra-Be}$ forrása a 3. ábrán látható.

Az 1. táblázat adatai, valamint a 2. és 3. ábra
 alapján méréseinknél a $^{241}\text{Am-Be}$ forrás alkalma-
 zása mellett döntöttünk. A forrás kísérő gamma-
 sugárzása gyenge (~ 60 keV), így a neutronok

detektálását nem zavarja, és a sugárvédelem is egyszerűbb. Ugyanakkor a felezési időben, neutronhozamban és az átlagos neutronenergiában a ^{226}Ra -Be forrással szemben mutatkozó hátrány a mérés pontosságát nem befolyásolja.

A bór meghatározás előkészítésénél lényeges szerepet játszik az optimális geometriai viszonyok kialakítása, a minták azonos tömörségének és vastagságának biztosítása, valamint a paraffinmoderátor rétegvastagságának a megválasztása. E paramétereket széles intervallumban változtattuk, a kapott kísérleti eredmények optimalizálása után határoztuk meg értéküket.

A háttérsugárzás kiküszöbölése céljából a számlálócsövet ólomárnyékolással láttuk el. Az ólomgyűrű belsejében koncentrikusan Cd fóliát helyeztünk el. Az így kialakított kollimátor biztosította, hogy csak azok a neutronok érhék el a szcintillátort, amelyek az üvegmintán áthaladtak.

A detektáláshoz Gamma gyártmányú ND-131/F típusú szcintillációs számlálócsövet használtunk, amelyben neutronkristállyal egybeépített fotoelektronsokszorozó – típusa EMI 96565 – volt. E számlálócső jeleit Gamma gyártmányú integrált áramkörös energiaszelektív számláló (típus NK-350) összegezte, és sornyomatató (Gamma, GNP-5126-11) regisztrálta.

A minták és etalonok előkészítése a méréshez

Etalonként ismert B_2O_3 tartalmú, a vizsgált mintával megegyező üvegfajtákat, és bórtrioxiddal dúsított üvegmintákat használtunk, amelyeknek B_2O_3 koncentrációja 2–20% intervallumban változott. Az üvegmintákat (etalonokat, és ismeretlen összetételűeket) mozsárban porrá törtük, szitálás (63 μ -os szitán) után 100–100 g-ot analitikai mérlegen lemértünk, és polietilén mintatartóba helyeztük. A mintatartó átmérője 65 mm, magassága 27 mm volt. Az egyes etalonokat tömörítettük, rétegvastagságuk gyakorlatilag azonos volt.

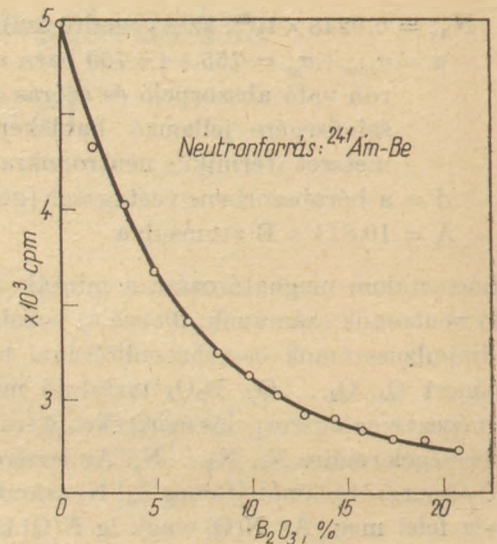
A kísérleti eredmények és értékelésük

A kalibrációs görbe elkészítése

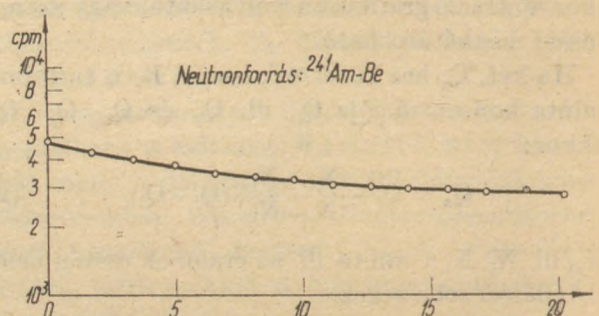
Ismert összetételű etalon üvegminták 10×1 perces mérésével felvettük az $N(Q)$ kalibrációs függvényt (4. ábra) és ennek logaritmikus megfelelőjét (5. ábra).

Az ábrákon látható, hogy a kalibrációs függvény exponenciálisan csökken. Kb. 12% B_2O_3 tartalom fölött, a számlálási sebesség csak kis mértékben változik, a szelektivitás romlik.

A 2–20%-os koncentráció-tartomány a fluxus



4. ábra N - Q kalibrációs függvény



5. ábra. $\lg N$ - Q logaritmikus kalibrációs függvény

növelésével, és más neutrondetektor alkalmazásával kibővíthető. Az 5. ábra pontjaihoz egyenes illeszthető, amelynek meredeksége és tengelymetszete a legkisebb négyzetek módszerével számolható. E két paraméter ismeretében és a keresett Q_x koncentrációhoz tartozó N_x számlálási sebesség mérésével Q_x a (2) összefüggés alapján meghatározható.

Boroszilikát üvegminták B_2O_3 tartalmának meghatározása

A vizsgáltakhoz a Nagykanizsai Üveggyár három Pirover, és egy Ergon üvegmintáját, valamint a Tokodi Üveggyár fehér, és barna boroszilikát üvegmintáit használtuk fel.

A 2. táblázatban összefoglaltuk a gyári analízis és a SzIKKTI Szilikátkémiai Osztályán végzett elemzés eredményeit, valamint a neutronabszorpciós módszerrel kapott B_2O_3 koncentráció értékeit.

A táblázat adatainak összehasonlításából kitűnik, hogy a neutronabszorpciós analízissel kapott koncentráció értékek jól egyeznek a gyári és a SzIKKTI-ben hagyományos módszerekkel kapott értékekkel.

A neutronabszorpciós mérés relatív hibája

2. táblázat

Üvegminék börtartalmának meghatározása hagyományos és neutronabszorpciós módszerrel

üvegtípus \ mérési módszer	gyári mérés [%]	SziKKTI hagyományos [%]	SziKKTI neutronabszorpciós [%]
Pirover „1”	11,1 ± 0,9	10,83	11,4 ± 0,8
Pirover „2”	8,3 ± 0,8	8,05	8,7 ± 0,7
Pirover „3”	10,7 ± 0,9	10,11	10,4 ± 0,8
Ergon	10,4 ± 0,9	10,98	10,3 ± 0,9
Tokodi fehér ü.	9,1 ± 0,9	8,85	8,9 ± 0,7
Tokodi barna ü.	8,7 ± 0,8	9,05	9,3 ± 0,7

— ± 8% — kb. azonos a másik két mérésével. Előnye, hogy a bór meghatározás ideje — a kalibrációs görbe elkészülte után, sorozatméréseknél — csupán 15 perc, és a minék előkészítése jóval egyszerűbb, mint hagyományos módszereknél (időigényes feltárás helyett aprítás).

Bár a 2. táblázat adatai szerint a vizsgált üvegminék börtartalma 8–11% között változott, a 4. és 5. ábra görbéi arról tanúskodnak, hogy a neutronabszorpciós módszerrel szélesebb koncentráció intervallumban (2–20%) is meghatározható üvegek és egyéb szilikátok börtartalma.

IRODALOM

- [1] György J.-né (1977): *Építőanyag*, 29. 194–196.
- [2] Lobanov, E. M. (1966): Proc. 1st All Union Conference, Tashkent, AEC-tr. 6639, 67–69.
- [3] McGinley, J. R. — Schweikert, E. A. (1975): *Analytical Chemistry*, 47.
- [4] De Soete, D. (1972): *Neutron Activation Analysis*, Wiley-Interscience, London
- [5] Berger, H. (1965): *Neutron Radiography*, Elsevier Publ. Co. Amsterdam
- [6] Engelman, C. (1965): *Modern Trends in Activation Analysis*. Texas.

Végyári István—Gallyas Miklós: Üvegek börtartalmának meghatározása neutronabszorpciós módszerrel

A SZIKKTI Izotóptechnikai laboratóriumában módszert dolgoztunk ki üvegek börtartalmának gyors meghatározására. A neutronabszorpciós elvén alapuló eljárásnál ²⁴¹Am-Be neutronforrást alkalmaztunk, amelynek gyors neutronjait paraffinnal moderáltuk. Az azonos mérési geometri-

ában elhelyezett, azonos vastagságú porított üvegminékön áthaladt neutronok számát, illetve az azzal arányos intenzitást szcintillációs mérőfejjel és számlálóval mértük.

Az ismert összetételű minék koncentráció-intenzitás függvényéről a vizsgált minta koncentrációja leolvasható. A módszer reletív hibája: 8%, időigényes (a kalibráló görbe elkészítése után) 15 perc.

Верапу, И.—Гальям, М.: Определение содержания бора в стеклах методом нейтронной абсорбции

В лаборатории изотопной техники СИККТИ был разработан метод для ускоренного определения содержания бора в стеклах. В данном методе, основанном на абсорбции нейтрона, в качестве источника нейтрона применяется ²⁴¹А-Ве, быстрые нейтроны которого медерируются с помощью парафина. Число нейтронов, проходящих через измельченный образец стекла с одинаковой толщиной и одинаковыми геометрическими размерами, а также пропорциональную этому числу эффективность измеряем с помощью сцинтилляционной измерительной головки и счетчика.

На основании зависимости концентрация-интенсивность для образцов известного состава может быть определена концентрация испытуемой пробы. Относительная ошибка опыта: 8%, время измерения (после снятия калибровочной кривой) 15 мин.

Végyári, István—Gallyas, Miklós: Bestimmung des Borgehaltes von Gläser mit dem Neutronenabsorptionsverfahren

Im isotoptechnischen Labor des Zentralen Forschungs- und Projektierungsinstitutes der Silikatindustrie in Budapest, wurde ein Verfahren zur raschen Bestimmung des Borgehaltes von Gläser erarbeitet. Bei dem, auf dem Prinzip der Neutronenabsorption basierenden Verfahren wurde eine ²⁴¹Am-Be Neutronenquelle verwendet, deren energiereichen Neutronen mit Paraffin moderiert wurden. Die Zahl der, durch die in der gleichen Meßgeometrie untergebrachten pulverförmigen Glasproben gleicher Dicke durchdrungenen Neutronen, bzw. die damit proportionale Intensität wurde mit einem Szintillations-Meßkopf und Zähler gemessen.

Von der Konzentrationsintensitätsfunktion der Proben bekannter Zusammensetzung, kann die Konzentration der untersuchten Probe abgelesen werden. Der relative Fehler des Verfahrens beträgt 8%, die Zeitdauer (nach der Auftragung der Kalibrierungskurve) 15 Minuten.

Végyári, István—Gallyas, Miklós: Determination of Boron Content of Glasses by Neutron Absorption

A rapid method of B₂O₃ determination in glasses was elaborated at the Central Research and Design Institute of the Silicate Industry, Laboratory of Isotope Application. The method is based on neutron absorption. Neutrons are generated by a ²⁴¹Am-Be source, rapid neutrons moderated by a paraffin wax shield. The intensity of the neutron flux, after passing through the powdered glass layer, was measured by a scintillation counter. Width and geometry of the glass layer must be kept constant. Evaluation is done by calibration, using glasses of known composition as standards. Relative error and time requirement of the method: 8% and 15 min., respectively.

A világ szilikátiparából

Ipari nyersanyagok eredményes kezelése nagy térerősségű mágnesezéssel

A Párisban 1978. március 13–15 között megtartott 3. Ipari Ásványok Nemzetközi Kongresszusán Haydn H. Murray az Indiana-i Egyetemről beszámolt nagy térerősségű mágnesezésekkel végzett nyersanyagdúsítási kísérletekről. A kaolin esetén 12–120 t/h teljesítményű berendezésekkel 0,60–6,00 \$/t üzemeltetési költséggel (amortizációval és fenntartási költséggel) eredményes vastartalomsökkentést sikerült elérni. A vastalanítást zagyolt állapotban végezték. Jó eredményeket értek el tűzállóanyag, bauxit, diatomaföld, üveghomok, kyarit, nefelinszenit és vallasztonit, bentonit dúsításával is.

(*Industrial Minerals*, 1978. 3.)

Egykomponensű, kopásálló monolit tűzállóanyag

Kao-Phos 93 néven az USA-ban nagy timföldtartalmú, egykomponensű monolitos tűzállóanyagot vezettek be, melynek alkalmazási hő-

mérséklete 1650 °C. A tűzállóanyag torkretezésre is alkalmas. Fő alkalmazási területei: csővezetékek, kopásálló bélések, nagyolvasztók, zsuorítóberendezések, stb.

(*Silikattechnik*, 1978. 2.)

Új amerikai tűzálló beton

Plicast 27-C néven nagy tűzállóságú betont dobtak piacra az USA-ban. A max. 22 mm-es szemcséket tartalmazó betontest sűrűsége 1,96–2,05 g/cm³. A beton 1315 °C-ig használható. A terméket hőkezelő kemencék fenekében, alagútke-mencék kocsiplatójában, alumínium hőntartó kemencékhez használják. Ez a betontípus hőállósága mellett ütés-, kopás- és hőlékésálló.

(*Silikattechnik*, 1978. 2.)

Angol olvasztott bazaltos szállítás Ausztráliába

A Greenbank-Cast Basalt Engineering Co Ltd (Egyesült Királyság) 22 000 láb (= 6700 m) olvasztott bazalttal bélelt cső szállítására szerződött az ausztráliai Victoria állam Energiabizottságával. A bazalt bélésű vascsövek ideálisak erőművi

pernye- és hamuizsapok szállítására. (Szerk. megj.: Európa másik üzeme, ahol olvasztott bazaltot gyártanak, a Schmelzbasaltwerk, Kahlenborn az NSZK-ban. Magyarországon olvasztott cirkonkorunddal bélelt csöveket gyártanak és exportálnak).

(*Industrial Minerals*, 1978. 3.)

Milyen lesz a világ helyzete az ipari ásványok szempontjából 2000-ben?

A 70-es évek mozgalmas időszakot jelentettek az ásványi anyagok termelésében és felhasználásában.

Jelentős változásokat hoztak a következő tényezők:

– az energiaköltségek növekedése

– a környezet- és egészségvédelem előtérbe kerülése,

– a népességszaporulat,

– az új technológiák bevezetése.

Jelenleg az USA-ban 9t ásványi anyag az egy főre jutó éves fogyasztás. Ez az érték nem fog nagyobb mértékben emelkedni mint az elmúlt években. Nagy növekedés lesz a felhasználásban a nagy népességű és ásványi kincsekben gazdag országokban, pl. Brazília, Irán.

Várható, hogy a világfogyasztás 75 billió \$ értékről (1977) 2000-re 250–300 billió \$-ra nő.

(*Industrial Minerals*, 1978. 3.)

Pályázati felhívás

AZ EÖTVÖS LÓRÁND FIZIKAI TÁRSULAT PÁLYÁZATOT HÍRDET
„KUTATÁS ÉS GYAKORLAT”

címmel.

A pályázat célja olyan új utak, lehetőségek feltárása, amelyek segítségével a Társulat, a tagjai által képviselt kutatóintézetek és más kutatócsoportok a jelenleginél aktívabban és eredményesebben vehetnek részt a vállalatok vagy népgazdasági ágazatok problémáinak megoldásában.

Mind konkrét kutatási feladatokra, mind szervezési, együttműködési formákra vonatkozó javaslatokat örömmel fogadunk.

A pályázatokat írásban az Eötvös Loránd Fizikai Társulat titkárságára kell benyújtani
1978. december 31-ig,

díjazásukra 20 000, – Ft

áll rendelkezésre, ami a maximális 3 legjobb pályázat között kerül felosztásra.

A pályázatokat jellegével kérjük beküldeni. Elbírálásukra különböző szakágazatok képviselőiből álló bizottságot kérünk fel. Döntését március 31.-én a Társulat Titkárságán tesszük közzé.

Eötvös Loránd Fizikai Társulat vezetősége

Nemzetközi Szimpozion
az építési célú szemcsés adalékanyagokról a

26 GM RILEM műszaki bizottság és a RILEM magyar tagozat szervezésében.

Budapest 1978 október 9 – 12.

A szimpozion helyszíne: a Magyar Tudományos Akadémia nagyterme, Budapest Roosevelt tér 9.

A szimpozion az adalékanyagokkal kapcsolatos: felhasználási, termelési és anyagvizsgálati kérdéseket kívánja megvitatni. Programja az alábbi: 1978 október 9.

9 – 19 beiratkozás a Szimpozionra MTA Budapest Roosevelt tér 9.

1978 október 10. 9.00 Megnyitó

9.30 – 12.30 Munkaülés. Témája: Szemcsés adalékanyagok és felhasználásuk.

Az ülés elnöke: *Dr. Nemesdy Ervin* (Magyarország)

Általános beszámoló: *G. Moraldi* (Olaszország)

Titkár: *Dr. Reznák László* (Magyarország)

14.30 – 17.30 Munkaülés. Témája: Szemcsés adalékanyagok termelési kérdései.

Az ülés elnöke: *S. G. Bergström* (Svédország)

Általános beszámoló: *C. Ottergen* (Svédország)

Titkár: *Vajda László* (Magyarország)

1978 október 11. Szerda 9.00 – 12.00 Munkaülés. Témája:

Szemcsés adalékanyagok vizsgálati módszerei.

Az ülés elnöke: *R. Hoffmann* (Luxemburg)

Általános beszámoló: *Dr. Kertész Pál* (Magyarország)

Titkár: *Dr. Nemeskéri Gézané* (Magyarország)

14.00 FÓRUM

16.00 Vitavezető: *Dr. E. M. Theissing* (Holland)

Vita partnerek: *G. Moraldi* (Olaszország) *C. Ottergen*

(Svédország) *Dr. Kertész Pál* (Magyarország)

16.30 Záróbeszéd

1978 október 12. 8.00 Üzemlátogatás az É. M. Kőbánya

Vállalat szobi kőbánya üzemében

A Szimpozion részvételi díja 2200 Ft beleértve a konferencia kiadványát és minden társadalmi eseményt.

A Szimpozion hivatalos nyelve angol és francia, magyar és német nyelvű tolmácsolást biztosítunk. A vitában magyar nyelvű felszólalásra lehetőség van.

Jelentkezési űrlap igényelhető az alábbi címen:

RILEM Szimpozion Titkársága

Építészeti Tájékoztatói Központ (ÉTK)

1400 Budapest Pf. 83. Telex: 226564 Telefon: 427-734

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9 – 11. 1073

Telefon: 221-285. Levélcím: Postafiók 223. 1906.

78/5454 Franklin Nyomda, Budapest

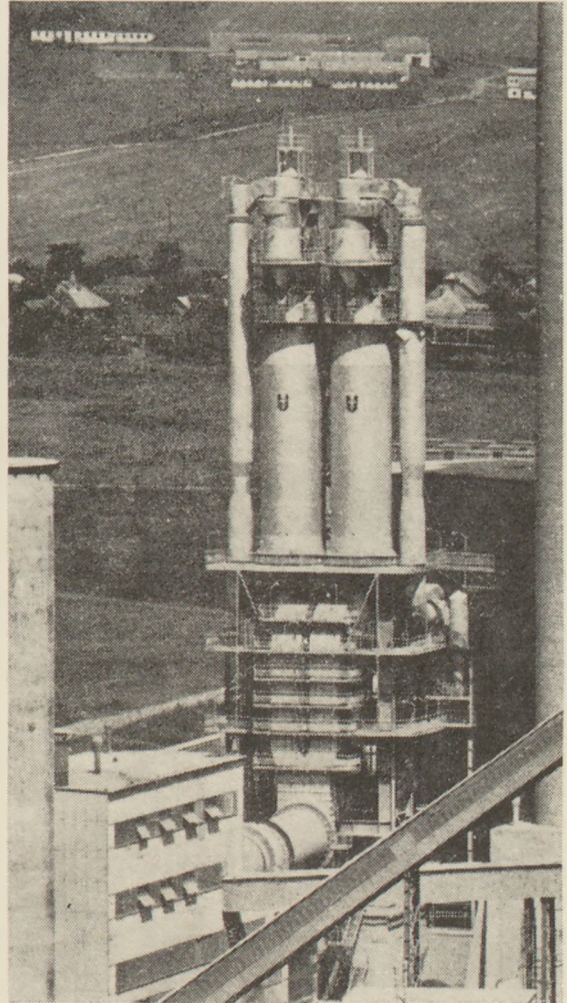
Felelős: Vágó Sándorné

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta, előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzletelben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI. Budapest V., József nádor tér 1.) 1900 közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96 162 pénzforgalmi jelzszámára. – A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P. O. B. 140 Budapest 62. Előfizetési díj: negyedévre 22,50 Ft; félévre 45, – Ft; egycs. szám ára: 7,50 Ft.

HU ISSN 0013–970 X

CÉLSZERŰSÉG
JÓHATÁSFOK
ÜZEMBIZTONSÁG
EGYSZERŰSÉG



A „Prerovské Strojirny” termelő üzem által tervezett, szerkesztett, épített, felszerelt és üzembehelyezett cementgyári technológiai berendezések előnyei.

Gyártja:



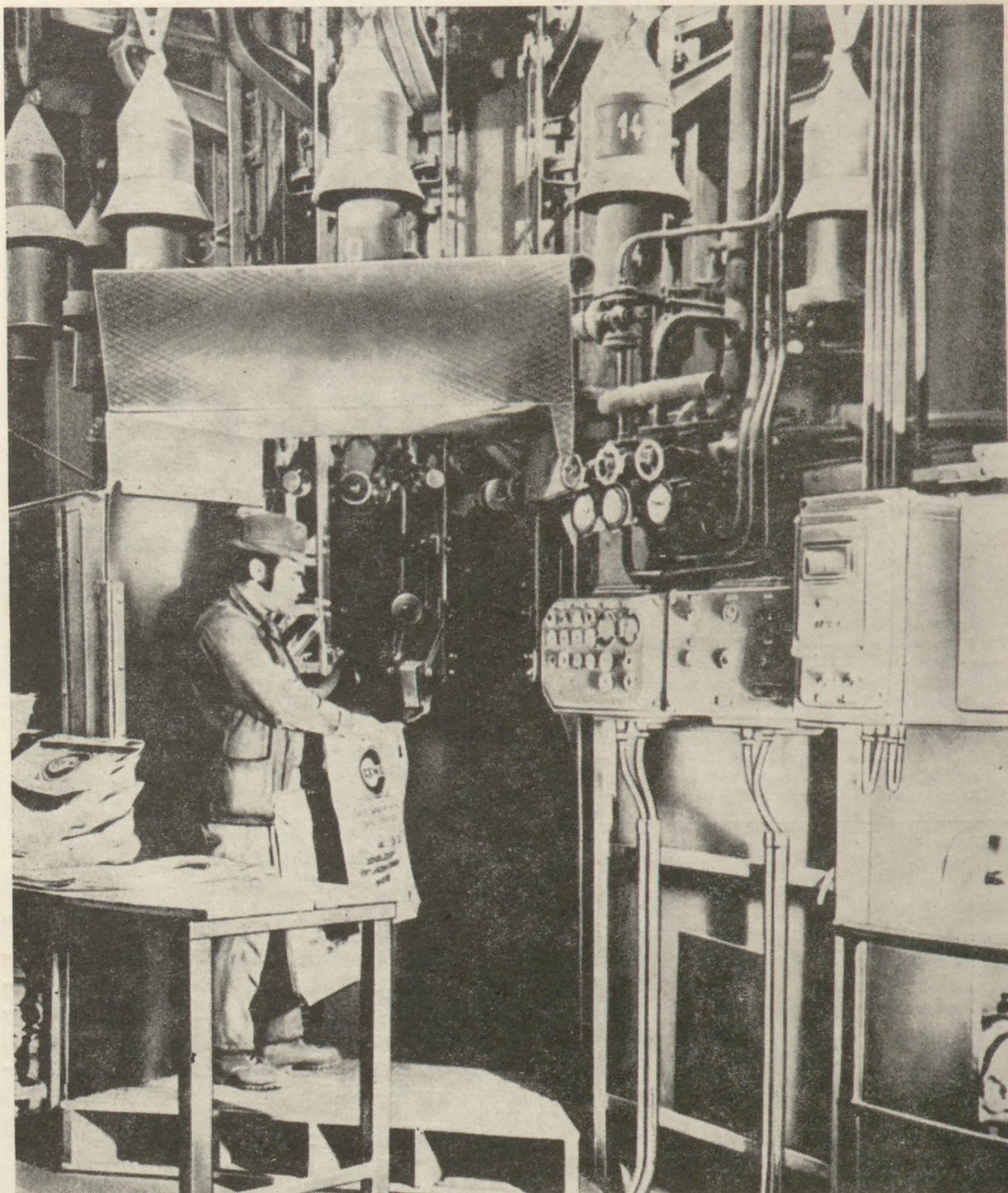
Exportálja:

pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat
18056 Praha –
Csehszlovákia

Cement, szóda és egyéb porszerű anyagok megbízható csomagolása önzáró zsákokban

FORGÓ CSOMAGOLÓGÉPEK segítségével



A csomagológépek forgó tartályból, lazító betétből, 8 vagy 14 fuvókából állnak, mérő- és ellenőrző automataival, valamint egyéb tartozékokkal.

A csomagológép teljesítménye egyszerűen szabályozható a tartály fordulatszámának változtatásával. Kisebb fordulatszám mellett az óránkénti teljesítmény 1200 zsák, a max. teljesítmény 2000 zsák/óra. A gépek könnyen kezelhetők, csekély a helyigényük és kicsi a munkaerő szükségletük.

Gyártja:

PREROVSKÉ STROJIRNY

Gépgyár

Exportálja:

pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat
180 56 Praha, Csehszlovákia