

gáz áramlási sebessége (1910), majd *A földgáz termelése, vezetése és értékesítése* (1911) címen, mely művét a M. M. É. E. a *Hollán-díjjal* tüntette ki.

Közgazdasági vonatkozású nagyobb tanulmánya, az 1923. évben megjelent *Szénellátásunk problémái*, a borsodi barnaszén értékesítését szorgalmazza. Legnagyobb és legátfogóbb munkája az 1924. évben Németh József kiadásában megjelent *Gépelemek*, amelyben három évtized gazdag tapasztalatait gyümölcösztetve, olyan klasszikus kézikönyvet adott tanítványai és a gyakorlati életben a gépszerkesztés terén dolgozó mérnökök kezébe, amelyet a hasonló művekben egyébként gazdag külföldi szakirodalom is méltán megirigyelhet. A könyv értékét nagyban emelte az, hogy olyan időben jelent meg, amikor — mint a szerző írja — a háború mélyreható változásai folytán a tanításban kettőzött hatásokra kellett törekednünk és az idegen irodalom kútforrásai elszegényedésünk következtében számunkra kiapadni kezdtek. A könyv zamatot magyar nyelven, világos okfejtéssel a legmagasabb tudományos igényeket kielégítette és a felsőbb matematikai módszereit felhasználva mégsem elvont elmefuttatások gyűjteménye, hanem a legnehezebb problémát is a gyakorlati szerkesztés tevékenységéhez hozza közel. Vezérelve a tanítást, hogy a gépelemek szerkesztésénél egy-egy elemet nem szabad mint önálló részt kezelni, hanem a legegyszerűbb feladatokat is úgy kell összeválogatni, hogy az egyes elemek mint az egésznek a

részei szerepeljenek, hogy „kerek egészet kapjunk”. Ezért a könyv lüktető életet lehel és még sok eljövendő mérnökmenzedekek fog értékes, hasznos és biztos útmutatást adni a gépszerkesztés nehéz területén és ezzel írója örök hála kötelezte az egész magyar mérnöki társadalmat. E könyv ércnél maradandóbb emléket állít az utókor előtt a tudós kutatónak és a tudását még elmúlásán túl is tanítványainak lelkébe átsugárzó szuggesztív erejű professzornak.

De nem búcsúzhatunk el *Herrmann Miksa* emléktől a nélkül, hogy róla, mint emberről is meg ne emlékezzünk. Mert pályájának legmagasabb csúcsán, hatalmának zenitjén is megértő és érző szívű ember tudott maradni. Családi köre tükrözője volt puritán keresztény világnézetének, feleségében pompás élettársra és baráttra talált és büszkén tekinthetett fiaira, akik nem a miniszteri összeköttetések, hanem saját kemény munkájuk és tehetségük révén jutottak vezető állásokba.

Az a fájó seb, amely nemes szívét Kálmán fiának ifjúsága virágában való elvesztésével érte, bizonyosan az első súlyos csapás volt, amely az 1943. nyarán jelentkező szívbjai tüneteit kiváltotta és ez év április 28-án egy nemes élet messze világító fáklyáját kioltotta.

A magyar bányász- és kohásztársadalom néma fájdalommal, de a tisztelet, szeretet és megbecsülés érzésével hódol nemes emlékének.

Pattantyús-Ábrahám Imre.

Az esztergomi szénmedence hidrológiai viszonyai és a vízveszély elleni védekezés módjai.

VIGH FERENC, okl. bányamérnök, bányagazgató (Tokod)

Zusammenfassung. Nach einer kurzen Übersicht der Tektonischen- und Wasserverhältnisse des Esztergomer Kohlenbeckens, behandelt der Verfasser ausführlich die Frage des Karstwassers, und schildert jene Beobachtungen und Messungen, welche als Ausgangspunkt zur Feststellung der Zusammenhänge zwischen den Kavernen und Wassergängen dienen. Der Verfasser gibt zum Schluss Bericht über die neu ausgearbeiteten Aufschluss- und Abwehrarten, mit besonderer Rücksicht auf die Tokoder Verhältnisse der Ung. Allg. Kohlenbergwerk A. G.

A Magyar Középhegység dunántúli részében tárgykörömet érintő három értékes eocén szénmedence van. A három szénmedence közös jellegét és egyben veszélyét az alapkőzetet képező felső triász kori földolomit és dachsteinmész-kőből előtörő karsztvíz szolgáltatja. Jelentőségben a tatabányai szénmedence vezet, ezt követi az esztergomi, míg a harmadik, a pilisvörösvári szénmedence időközben bekövetkezett kimerülés folytán, bár termelés szempontjából jelentőségét veszítette, mindazonáltal a karsztvíz kérdésének tárgyalásánál — mint későbbiekben látni fogjuk — fontos szerepet tölt be.

A karsztvíz kérdésének tanulmányozására az esztergomi szénmedence és főként annak tokodi területe a legalkalmasabb, hol a széntelep közvetlen a triász mész-kőre települt, minek folytán a jelenségek közvetlenebbül figyelhetők meg, mint a védőréteggel bíró területen.

Tanulmányomban megkíséreltem a karsztoso-

dott triász mész-kő és a benne keringő karsztvíz törvényszerűségeit kimutatni, ha ilyenről határozott formában egyáltalán beszélni lehet. Talán merészségnek tűnik fel vállalkozásom, törvényszerűséget keresni olyan területen, mint amilyen a karszt, hol abszolút tényekre nem igen támaszkodhatunk, hanem jelenségekből és elvekből kell kiindulni és azokból kell a következtetéseket és a valóságot legjobban megközelítő tényeket leszármaztatni; azonban úgy érzem, hogy kötelességet teljesítek akkor, amikor az említett eocén medencék létkérdésével foglalkozó kiváló kartársak értékes megfigyeléseit és felfogását módszeresen összefoglalva, kiegészítem negyedszázados gyakorlatom alatt szerzett tapasztalataimmal és kutatásaim eredményével, és az egészet egységes keretben igyekszem összefoglalni, melyben az egyes jelenségek magyarázatát találnak. Fejtegetéseimben tárgyilagos alapon kívánom fejtegetni az idevágó munkák megállapításait és keresem a kapcsolatot, az egységet, tehát szintézisre törekszem.

I.

Vízszinttájak.

Az esztergomi szénmedence földtani viszonyait *Hantken Miksa* alapvető munkája: „Az esztergomi barnaszén terület földtani viszonyai” (Ft. Int. Évk. I. köt. Pest, 1871.), majd *Rozlozsnik Pál*, *Schréter Zoltán dr.* és *Telegdi-Róth Károly dr.* munkája: „Az esztergomvidéki szénterület bányaföldtani vi-

szonyai" (Ft. Int. Kiadv. 1922.) teljes részletességgel tárgyalják. Ezen rendkívül értékes munkákra való utalással eltekintek a szénmedence földtani viszonyainak ismertetésétől és csak esetenként a szükséghez képest fogok egyes részeire kitérni.

Az esztergomi szénmedencében több vízszint-táját különböztetünk meg. Az egyes szinteken keringő vizek vegyileg egymástól eltérők ugyan, eredetükre nézve azonban megegyeznek abban, hogy valamennyien légköri csapadékból származnak.

A különböző kőzetekben és különböző szinteken keringő vizeket röviden alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. A felső oligocén *pectunculusos* homok és homokkőben keringő víz ez alatt, a fekvő oligocén agyagmárga felett gyűlik össze. Mennyisége a tokodi és dorogi altáróban együttesen 0,3—0,5 m³/p.

2. A felső eocén ú. n. *Nummulina Tschihat-scheffi*-mészko szintén tartalmaz nyomás alatt lévő vizet, mely kezdetben nagyobb, 2—3 m³/p mennyiséggel tör be a bányába, állandó hozama azonban rendszerint erősen megcsappan és 0,5—1 m³/p mennyiségben állandósul. A felső eocén-mészko vize az oligocén telep bányászatánál okozhat nehézségeket. Stegl¹ több ilyen vízbetörésről számol be a mogyorósi és tokodi aknában.

3. A *Nummulina striata* tartalmú márga és homokkő összletben Ódorogon és a Kecsehegy környékén a közbetelepült elegyesvízi rétegekben több padból álló fejtésre érdemes széntelep van, e széntelepes rétegösszlet a középső eocén auversien emeletét képviseli. Az auversien durvaszemű, laza homokkőben szintén tekintélyes mennyiségű víz kering, mely hatalmas úszóhomokbetöréseket okoz. A MÁK ódorogi üzemében a középső eocén telepek kb. 1 km² kiterjedésben vannak feltárva, illetve átkutatva és a fakasztott víz mennyisége átlagban 0,8 m³/p. A Salgó IX. aknájában 4 km² területen folyik az auversien telepek művelése és 2—2,5 m³/p vizet emelnek.

4. Végül a karsztosodott triász-mészko veszélyeztetési nyomás alatt lévő hatalmas vízmennyiségével leginkább az esztergomvidéki bányászatot. A triász-mészko vize a felsőbb szinti vizekhez hasonlóan szintén légköri csapadékból származik, mivel azonban tulajdonságait a triász-mészko karsztosodása szabja meg, ezért megkülönböztetül karsztvíznek nevezzük.

A különböző szinteken keringő bányavizek fizikai és kémiai tulajdonságait az alábbi táblázat szemlélteti.

Felsőgallai laboratórium.

Sorsz.	A vízminék jelzése	A víz C hőfoka	Keménység német fokokban		
			állandó	változó	összes
1	A felső oligocén homokkőből csapolt víz	14,—	3,11	11,73	14,84
2	A felső eocén mészkből fakadó víz	15,5	17,25	11,59	28,84
3	A középső eocén auversien { XII. ereszkében . . .	14,—	9,94	23,66	33,60
4	homokkőben keringő víz { XIII/a. ereszkében . . .	15,5	11,50	21,84	33,34
5	Triász-mészkből fakadó karsztvíz {	I/a. ereszkéi víz . .	18,5	2,29	21,45
		IV/b. ereszkéi víz . .	18,5	3,19	20,33
		V. ereszkéi víz . .	18,—	4,93	21,28
				21,28	26,21

¹ Karl Stegl: Die Wasserverhältnisse des Graner Braunkohlenreviers. Österreichische Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen, 1907. ápr. 27.

Az eocén-kőzetekben keringő vizek is sokszor súlyos nehézségeket idéznek elő, melyekről Székely L.² a Bányászati és Kohászati Lapokban részletesen beszámolt. Ezen munkára való hivatkozással eltekintek a védekezés módozatának ismertetésétől és mivel a bányászatra tulajdonképpen a triász-mészkből fakadó karsztvíz a legveszélyesebb, a továbbiakban a vízveszélyes bányászat létkérdését képező karsztvíz-kérdéssel fogok részletesen foglalkozni.

A triász-mészko karsztosodása már az eocén előtti szárazulat idején vehette kezdetét, teljes kifejlődése azonban csak az oligocén- és miocénkori üledékek lerakódása után bekövetkezett végleges szárazulat idején fejlődhetett ki. A tektonikai zavargások a mészko-ban összefüggő repedéshálózatot létesítettek, amelybe a külszíni csapadékvíz utat találva, elkezdte romboló munkáját. A csapadékvíz oldó hatását a levegőből felvett széndioxid, továbbá a növényzet és talajból felvett széndioxid és húmuszsavak biztosítják, de nem hagyható figyelmen kívül — különösen kezdetben — a nem régen kialakult vetők mentén feltörő juvenilis eredetű szénsav sem. A vetők mentén összmorzsolt mészko nagy felületen érintkezve a beszívargó szénsavtartalmú csapadékvízzel, abban könnyen oldódik és amit a víz egyszer feloldott, azt el is távolítja. A csapadékvíz kezdetben a mészko repedésein keresztül függőleges irányban halad lefelé, majd amint a karsztvíz tükre eléri, vízszintes irányban mozog tovább.

A karsztvíz tükre a régi bányások veszélyes víznívónak nevezték el, mert ezen szint felett a mészko-ban víz nem található, míg alatta mindegyik vízbetöréssel kell számolni, mely igen gyakran végzetes elfulladásokhoz vezet. A veszélyes víznívó tulajdonképpen nem egészen szintes, mert a surlódások legyőzésére bizonyos vízszlop-nyomásra van szükség. Tapasztalat szerint ez a szint a Dunától dél felé kissé emelkedik, mert amíg Dorog-Tokodon +131 m tengerszín feletti magasságban ingadozik, addig Annavölgyön +133, Pilisvörösváron +135 és Tatabányán +139,5 m. Dr. Vadász³ a Vértes-hegység déli szegélyén fakadó „zámosi források” szintjét +155 m, a Bakony-hegység bodajki és fehérscurgói karsztforrásainak szintjét +145 m tenger feletti magasságúnak jelzi.

Kétségtelen az, hogy a triász-mészko-ban végbe ment tektonikai zavargások és a karsztvíz között bizonyos összefüggés áll fenn, melynek tisztázása szükségessé teszi a szénmedence tektonikai viszonyainak rövid ismertetését.

Nagy Dezső vegyész-mérnök vizsgálata alapján.

² Székely L.: Vízűs homokkőbe ágyazott széntelep feltárása a MÁK esztergomvidéki bányászatánál. B. K. L. 1938. február 15.

³ Dr. Vadász Elemér: A Dunántúl karsztvizei. 1941.

Tektonikai viszonyok.

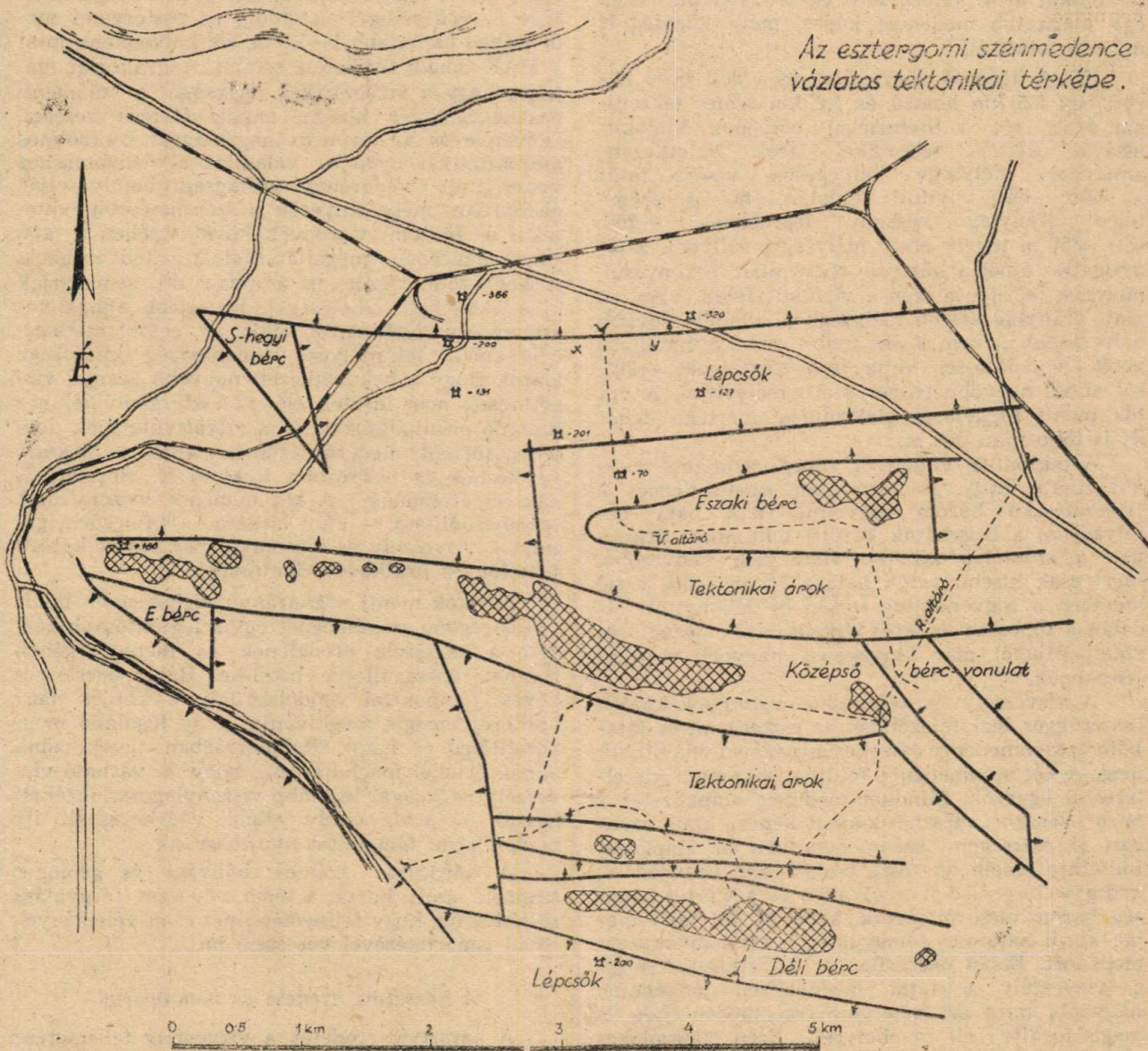
Az esztergomi szénmedence alapkőzetét a felső triász kori földolomit és dachsteinmész-kő képezi. Az alaphegységnek eredetileg vízszintes üledékei dr. Vitális I.³ szerint az alsó kréta folyamán végbe ment ausztriai hegyképződéssel kapcsolatban szét szakadoztak, függőleges irányban eltolódtak, miáltal rögök és hegyszerkezeti árkok keletkeztek, amelyekre később a paleocén, eocén és oligocén széntelepes üledékei rakódtak le. A rögvonulatok közötti tektonikai árkokban kisebb mélységű medencék képződtek, míg a rögvonulatok északi és déli nyitott oldalán hatalmas lépcsők keletkeztek (1. ábra).

Az esztergomi szénmedencében általában két, vetődési rendszer uralkodik, mégpedig K—Ny-i irányú csapásmenti és arra többé-kevésbé merőleges, keresztirányú vetőrendszer. A csapásirányú fővetők rendszerint elvágják a keresztirányú vetőket, de előfordul olyan eset is, amikor

a keresztirányú vető vágja el a fővetőt. A két irányban haladó vetők az alapkőzetet téglalakú táblákra tagolták fel, miáltal a mész-kőben összefüggő repedéshálózat keletkezett, amelynek mentén indult meg később a triász-mész-kő karsztosodási folyamata. A hegyképződéssel kapcsolatos elmozdulások a széntelepek lerakódása után is folytatódtak, minek következtében a fővetőkkel párhuzamosan több apró vető képződött, melyek a lerakódott széntáblákat még kisebb táblákra darabolták.

A szénmedencében az alapkőzetnek három kiemelkedő rögvonulata ismeretes, melyek K—Ny-i irányban helyezkednek el. (1. ábra.)

I. Az északi sasbérc, mely nyugati irányban a felszín alatt is folytatódik és ily módon kb. 2,5 km hosszú rögvonulatot képez. A rátelepült szén részben a víztükör felett fekszik, melynek kibúvásán indult meg 1853 körül a bányászat. A rögvonulattól északra a széntelepet hatalmas



1. ábra.

³ Dr. Vitális István: Magyarország szénelőfordulásai. Sopron, 1939.

vetők lépcsőzetesen vetik le a +140 m tenger feletti magasságból először -70, majd -127, illetve -201 és -320 m tengerszín alatti mélységekre. A függőleges elmozdulás mértéke tehát több mint 400 m. Mint érdekesség említhető, hogy az 1. ábrán X-Y-nal jelölt vető-részt 1920-ban Pekár Dezső és geofizikus társai a br. Eötvös-féle torziós ingával határozták meg.

II. A középső rögvonulat csapásiránya ugyancsak kelet-nyugati, de kiterjedése előbbinél lényegesen nagyobb, kb. 6 km. A rögvonulat nyugati szárnya északi irányban nyitott és a széntelepet +180 m tengerfeletti magasságból hatalmas vetők lépcsőzetesen vetik le a -131, majd -200 és -336 m tengerszín alatti mélységekre. A vetők menti függőleges elmozdulás mértéke tehát több mint 500 m. A rögvonulat keleti szárnya északi irányban már nem nyitott, mert elzárja az északi sasbérc és annak földalatti nyúlványa. A két vonulat között egy 3 km hosszú és 0,8 km széles tektonikai árok keletkezett és a rátelepült szén egy magasabb medencét képez, mely jelenleg is művelés alatt áll.

III. A középső rögvonulat és a déli bérc között egy 3,5 km hosszú és 1,2 km széles tektonikai árok, sőt a Steinriegel bérceinek kialakulásával kettős tektonikai árok keletkezett, amelynek mélysége lényegesen kisebb, mint a bérc déli nyitott oldalán, hol a széntelep aránylag keskeny lépcsőkben -200, sőt -350 m tenger alatti mélységre süllyedt. Ettől nyugatra újból a középső rögvonulat érvényesül, melynek lejtőjén a szén a víztükör felett, vagy az alatt aránylag kisebb mélységben települt, tovább délre azonban nem lévén újabb sasbérc, hatalmas vetők lépcsőzetesen vetik le a széntelepet -263, sőt annál nagyobb tenger alatti mélységre. A vetők menti függőleges elmozdulás mértéke tehát itt is több mint 500 m.

A tektonikai viszonyok rövid vázlatából megállapítható, hogy az esztergomi szénmedencét a triászmezskő három rögvonulatának háta befolyásolta, a hegyhátak közötti tektonikus árkokban a széntelep fekvése viszonylag kedvezőbb, mert csak kisebb vetők hatása érvényesült, ezzel szemben a rögvonulatok északi és déli nyitott oldalán a többszáz méteres lépcsős vetők, vízbetörés szempontjából már lényegesen nagyobb veszélyt jelentenek.

A vízveszély és tektonikai viszonyok közötti összefüggés legkifejezőbben az esztergomi és tatabányai szénmedence összehasonlításával világítható meg. A két szénmedence földtani viszonyai kis eltéréssel egyezők. Mindkét medence alapközetét a felső triász kori mészkő-dolomit képezi, amíg azonban az esztergomi szénmedencében az alapközet külszínre emelkedő része csak 2 km² kiterjedésű, addig a Gerece déli nyúlványa és a Vértés hegység három oldalról: észak, kelet és dél felől fogják körül hatalmas tömegükkel a tatabányai szénmedencét. Ebből okszerűen az következne, hogy a vízveszély a tatabányai medencében lényegesen nagyobb, mint az esztergomi szénmedencében és mégis fordítva áll a helyzet. Ezen látszólagos ellentét a tektonikai és az azzal kapcsolatos karsztosodási viszonyokkal magyarázható meg.

A hegyképződéssel kapcsolatos tektonikai zavargások az alapközetet a tatabányai medencében

is feldarabolták, azonban ott a függőleges elmozdulások viszonylagos értéke lényegesen kisebb, mint az esztergomi medencében, amennyiben a XV. akna mezejétől eltekintve, a legnagyobb elvetési magasság is csak 60-70 m, szemben az esztergomi medence többszáz méteres elmozdulásával. A tektonikai zavargások enyhébb lefolyásával kapcsolatos kisebb vetők előnye az, hogy a hidrosztatikai nyomás a tatabányai medencében megfelelően kisebb, mert amíg ott a művelés alatt álló területen (a XV. aknától eltekintve) a víznyomás általában 4-6 at, addig az esztergomi medencében egyes helyeken, mint pl. a Salgó VIII. és XII. aknában a tengerszint alatt -270, tehát a veszélyes víznívó alatt 400 m mélységben folyik már a bányászat, tehát 40 at víznyomással kell számolni. A kisebb hidrosztatikai nyomásnak viszont az az előnye, hogy a tatabányai szénmedencében a vízvédő réteg vastagsága a hidrosztatikai nyomáshoz viszonyítva nagyobb, mint az esztergomi medencében, mert amíg Tatabányán 1 at víznyomásra 3-4 m védőréteg esik, addig az esztergomi medencében legfeljebb 1-1,5 m, sőt helyenként, mint a MÁK tokodi területén, semmi. A gyakorlat igazolja, hogy a vízbetörések nagyságát a vetőmenti hasadékrendszer hossza, annak átlagos kereszt-szelvénye és az elvetési magassággal kapcsolatos hidrosztatikai nyomás, valamint a víznyomáshoz viszonyított védőréteg vastagság befolyásolják elsősorban, mely tényezők a szerencsésebb tektonikai és földtani viszonyok következtében a tatabányai szénmedencében megállapíthatóan kedvezőbbek. A kedvezőbb viszonyok azonban ott sem zárják ki a vízbetörés lehetőségét, legfeljebb annak veszélyességét csökkentik, amit az egész medencében emelt tekintélyes vízmennyiség kifejezően igazol. Hogy a bekövetkezett nagyobb arányú vízbetörések nem idéztek elő az esztergomvidékihez hasonló elfulladásokat, az a szivattyútelepek idejében történt megerősítésének, tehát a műszaki vezetésnek és elsősorban Rehling K. előrelátásának az eredménye. A két medence viszonyainak összehasonlítása — mint látható — kifejezően igazolja a vízveszély és tektonikai viszonyok közötti összefüggés uralkodó jelentőségét.

A vetők menti nagyarányú vízbetörések miatt az esztergomi szénmedence egyik legfontosabb kérdése a karsztvíz eredetének és mennyiségének meghatározása, illetve becslése. Bár a becsléshez kevés támponttal rendelkezünk, a kérdés nagy hordereje mégis megkívánja, hogy legalább megközelítőleg és nagy általánosságban igyekezzünk annak értékét meghatározni, hogy a várható vízveszély nagyságát legalább viszonylagosan értékelhessük és a vízveszély elleni védekezésnek ily módon némi támpontot nyújthassunk.

A kérdéshez számos bányász és geológus szakértő szól hozzá, a téma egységes tárgyalása megkívánja, hogy fejtegetéseimet ezen vélemények rövid ismertetésével vezessem be.

A karsztvíz eredete és mennyisége.

A karsztvíz eredetét a vízveszély felismerése óta a beszivárgó csapadékvizekben keresték és annak mennyiségéből, valamint a számításba jöhető terület nagyságából ítélték meg a barlanghálózatot tápláló víz mennyiségét.

Amikor az első villamos hajtású szivattyút 1898-ban Tatabányán felszerelték, a villamos üzem Magyarországon még olyan drága volt, hogy Ranzinger tatabányai bányagazgató jelentéseiben arra utal, hogy az esztergomvidéki bányák feltárásaival még várni kell, míg a fejlődés ezen a téren nagyobb lesz.

Ez a fejlődés gyors ütemben következett be, ami a helyzet kedvezőbb megítéléséhez nagyban hozzájárult, bár kétségtelen az is, hogy közben számos vízbetörés lefolyásának tanulmányozása szintén kedvezően befolyásolta a régi előítéleteket.

A századforduló körül bekövetkezett sorozatos akna-elfulladások egy reménytelen, letargikus állapotot teremtek, amelynek megváltoztatásáért az érdem kétségtelenül dr. Schmidt Sándort illeti meg, aki 1915-ben „Az esztergom-szászvári Kőszénbánya rt. Reimann-altáró tervezete” című munkájában határozott formában száll síkra a borúlátó előítéletekkel szemben és beigazolja, hogy a vízveszéllyel eredményesen lehet felvenni a küzdelmet.

Ugyancsak 1915-ben Ranzinger Vince is kimerítő tanulmányt nyújt be a MÁK igazgatóságához: „Die Zukünftige Kohलगewinnung im Graner Gebiet” címmel, mely munkájában a tokodi altáró 18. vízbetörésének lefolyását vizsgálva és hivatkozva az elektromosság és a centrifugális szivattyú fejlődésére, megállapítja, hogy az esztergomvidéki bányászat kifejlesztésének ideje elérkezett. A várható vízbetörés nagyságát, számítása alapján, $16 \text{ m}^3/\text{p-re}$ becsüli.

Schmidt Sándor 1920-ban „Az esztergomi szénmedence ismertetése” című tanulmányában a szénmedence területét 100 km^2 -nek veszi fel és a 600 mm -es évi átlagos csapadékmennyiség $1/3$ -át tekinti olyannak, amely a mészkőbe hatol. Ezen az alapon az állandó hozzáfolyást $38 \text{ m}^3/\text{p-re}$ becsüli és feltételezi, hogy egy központosított vízemelő teleppel, mely percnként 50 m^3 vizet emelne, a víztükör fokozatosan leszállítható lenne.

Rozlozsnik — Schréter dr. — Telegdy-Roth dr. „Az esztergomi szénterület bányaföldtani viszonyai” című értékes munkája a szénmedence vízkérdésével is részletesen foglalkozik. A víz eredetéről nézve szerzők véleménye az, hogy a terület vízbetöréseinek vizét nem lehet kizárólag a szénmedence mészkő-dolomit kibúvásain beszívargó csapadékvizéből leszármaztatni, mert annak összfelülete a szénmedence területén csak 2 km^2 -re tehető, melyből 600 mm -es évi csapadékmennyiség alapján csak $2,28 \text{ m}^3/\text{p}$ vízmennyiséget nyerünk. Nézetük szerint a vízmennyiség nagyobb része távolabbi környékről ered.

Csanády László „Bányászatunk vízveszélyessége és a vízveszély elleni óvintézkedéseink” című, 1928-ban megjelent tanulmányában a víz eredetét ugyancsak a beszívargó csapadékvizekben keresi és a számításba jöhető vízgyűjtő területet a pilisvértesi hegyek vízválasztó vonalával határolja. Ezen az alapon az állandó hozzáfolyást $95 \text{ m}^3/\text{p-re}$ becsüli.

Schmidt Sándor 1932-ben „Az esztergomi szénmedence bányászatának ismertetése” című rendkívül értékes munkájában részletesen foglalkozik a vízkérdés fejlődésével és az időközben bekövetkezett nagyarányú vízbetörések hatása alatt már lemond az 1920-ban felvetett köz-

pontos víztelenítés gondolatáról és megállapítja, hogy sokkal nagyobb vízgyűjtő medencével kell számolni, mint a percnként 38 m^3 beszívargó vizet eredményező 100 km^2 -es terület. A helyzetet mérlegelve, a vízveszély ellensúlyozására a cementálást tartja az elért mélységeknél egyedül alkalmas védekező eljárásnak.

A közölt véleményekből megállapítható, hogy a szénmedence karsztvíz kérdésével foglalkozó bányász és geológus szakértők a karsztvíz eredetét valamennyien a csapadékvizéből származtatják és nézetük csupán a víz-utánpótlás mennyiségének becslésénél tér el.

Kétségtelen az, hogy a karsztosodott triásmészkőben keringő víz a légköri csapadékvizéből származik, hisz különben magát a mészkő karsztosodását sem tudnánk megmagyarázni, de szerepet játszhatik e mellett a főtörés-vonalak mentén feltörő juvenilis víz is. Voltak ugyan ezzel ellentétes állásfoglalások is, így pl. Tschebull 1886-ban a karsztvizet a Dunával hozza összefüggésbe, melynek helytállóságát Stegl⁵ 1907-ben földtani és kémiai érvekkel cáfolta meg.

A következő fejezetben egy pontos méréssel felvett diagrammot mutatok be (3. ábra), amelyből a karsztvíz és csapadékgörbe egybevetésével világosan megállapítható, hogy a csapadék változását a karsztvíz 5 hónapos eltolódással ütemesen követi, tehát a csapadék és karsztvíz között határozott összefüggés áll fenn, ami a karsztvíz eredetét kétséget kizáróan tisztázza.

A bányamérnök azonban nem elégedhetik meg csupán a karsztvíz eredetének tisztázásával, mert a tervezésnél legalább megközelítőleg ismerni kell a veszély nagyságát, amellyel felelőssége tudatában számolnia kell. Ez a magyarázata annak, hogy a bányász a geológussal szemben tovább megy és legalább becsléssel kívánja meghatározni a vízveszély nagyságát. Az évi csapadékmennyiség a meteorológiai megfigyelő állomások mérései alapján kellő pontossággal ismeretes, a számításba jöhető terület nagysága azonban csak feltevéseken alapszik. Ez az oka annak, hogy a becslések eltérők és azok értéke az időközben bekövetkezett vízbetörések nagysága szerint változó és amint a közölt véleményekből megállapítható, általában növekedő irányzatot mutat.

A vízveszély nagyságának megítélésénél mindenekelőtt ismernünk kell a karsztvíz utánpótlását, mert ez adja meg azt a legnagyobb vízmennyiséget, amellyel a legkedvezőtlenebb esetben számolni kell. Ennek ismeretében bírálhatjuk csak el a várható legnagyobb vízbetörést, amelyet a karsztosodás foka, annak törvényszerűségei és egyéb tapasztalati tények alapján ítéltünk meg nagy általánosságban.

Nézetem szerint a karsztvíz mennyiségét nem lehet kizárólag csak a bányaterületre eső csapadékvizéből leszármaztatni és nem oszthatom teljes mértékben azt a nézetet sem, hogy a szénterület külszínét takaró lösz- és futóhomokba szüremkedő csapadékvíz nem szivároghat le a karsztosodott triásmészkőbe, mert a széntelep

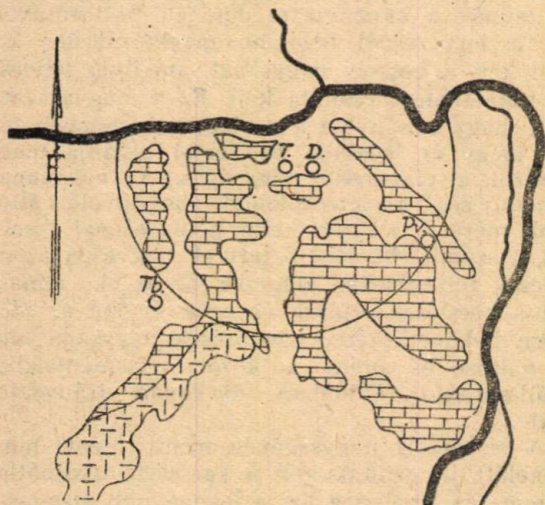
⁵ Karl Stegl: Die Wasserverhältnisse des Graner Braunkohlenreviers. Österreichische Zeitschr. für. Berg- und Hüttenwesen, 1907. április 27.

felett levő agyagmárga sorozat azt tökéletesen elszigeteli.

A vízszinttájak ismertetésénél kimutattam, hogy az auversien homokkőben tekintélyes mennyiségű beszivárgott csapadékvíz kering és vannak helyek, ahol ez a homokkőösszlet vetők mentén a triázmész-kővel közvetlenül érintkezik, pl. Ódorogon az altáró egy fővető mentén triázmész-kőből közvetlen auversien homokkőbe jutott. A nagy Gete északi lejtőjén is auversien homokkő van, amely a Gete mészköröge felé lejt. A mészkőhegyek általában úgy tekinthetők, mint a harmadkori üledékekből kiálló szigetek, ennek következtében a vízátkötés oligocén és eocén rétegek és a mészkő sokszor tekintélyes nagyságú érintkező felületén lehetségesnek tartom az átszivárgást. Természetesen ez a lehetőség nem terjed ki az egész medence területére, hanem csak annak egy részére, minek következtében az ily módon beszivárgó vizek a területre eső csapadékmennyiségnek csak kis hányadával, hozzávetőlegesen annak 10%-ával vehetők a becslésnél figyelembe.

A karsztvíz becslésénél tehát kétféle terület jöhet számításba: az első és egyben a legfontosabb a kiemelkedő mészkő-dolomit alaphegység, a második az azt környező harmadkori üledékek területe.

Ha figyelembe vesszük azt, hogy az esztergomi szénmedence 2 km²-t kitevő mészkő kibúváásával szemben kelet, nyugat és főként déli irányban a terület több mint felét mészkő és dolomit



2. ábra.

képezi (2. ábra), úgy nyilvánvaló, hogy a karsztvíz csak erről a területről származhatik. A hegyképződéssel kapcsolatos zavargások ezt a területet sem kímélték meg a feldarabolástól és feltételezhető, hogy a hatalmas hosszanti és harántvetők mentén kifejlődött karszt vízjáratai a mélyben egymással többé-kevésbé közlekednek.

A következő fejezetben a kavernák közötti összefüggést tárgyalom. A leírásból és a hozzátartozó karsztvízállás-diagrammból megállapítható, hogy vízálasmérőink a pilisvörösvári Solymár-aknában 1939. augusztus 30-án bekövetkezett 21 m³-es vízbetörést jelezték. Bár egyetlen esetben még nem lehet általánosítani, a megfigyelés mégis megerősíti azon feltevésünket, hogy a vetők men-

tén kifejlődött karszt vízjáratai nagy távolságra közlekednek egymással. Ha ezen észlelést más adat hiányában, elfogadjuk becslésünk alapjául, úgy a 2. ábrán feltüntetett félkör 700 km²-es területét tekinthetjük olyan felületnek, amelyre eső csapadékmennyiség beszivárgó része táplálja az esztergomi szénmedence barlanghálózatát. A térképről megállapítható, hogy a szóbanlevő terület 57%-a, tehát kerekén 400 km² triázmész-kő és dolomitból áll. Ha feltételezzük, hogy a mészkő-hegyekre eső csapadék egyharmada és a harmadkori üledékeknél pedig csak 10%-a szivárog be, akkor 600 mm-es dunántúli átlag csapadékkal számolva, 400 km² mészkő felületen évenként 80 millió m³, a fennmaradó 300 km²-es területen 18 millió m³, összesen tehát 98 millió m³ csapadékvíz szivárog évenként a mészkő kaverna-hálózatába, ami 186 m³/p víz-utánpótlásnak felel meg.

Első pillanatra túlzottnak tűnik a becslés, azonban ha megfontoljuk, hogy a Gerece nyugati peremén kilépő tatai karsztforrások összvízmennyisége Rozsnyó—Schréter—T. Róth⁶ szerint 138—174 m³/p-re becsülhető és ahhoz hozzászámítjuk Tatabánya, Dorog és Tokod 63 m³/p-es vízemelését, akkor megállapítható, hogy a két szénmedence részére még további vízgyűjtő területet kell bevonni a hiány pótlására. Az általunk körülhatárolt területtel szervesen összefügg a Tatabánya közelében délnyugati irányban húzódó Vértess-hegység hatalmas mészkő-dolomit összelete, melynek törésvonalai mentén szintén vannak kilépő karsztvizek; ez a terület tehát minden valószínűség szerint szintén hozzátartozik legalább is a tatabányai medence vízgyűjtő felületéhez. Becslésünkönél nem vettük figyelembe a törésvonalak mentén feltételezhető juvenilis eredetű vízhozófolyást sem, melynek lehetőségét a karsztvizek különböző hőfoka, a víz kénhidrogén tartalma, valamint a feltárt kavernák falain észlelhető és juvenilis eredetre valló aragonitos bekérgezések és kalcit telérek valószínűsítik.

Egyébként külföldi példára is hivatkozhatunk, hol nagy kiterjedésű területen a bányák becslésünket megközelítő vízmennyiséget emelnek. A felső-sziléziai beutheni medence bányái Michael⁷ szerint együttesen 150 m³/p vizet emelnek, ez a mennyiség az ismételt végrehajtott összehasonlítás alapján 3—5-szöröse a beutheni medencére eső csapadékból várható vízmennyiségnek, a vízgyűjtő terület tehát legalább 3—5-szöröse a beutheni medence számításba jöhető felületének. E mellett a felső-sziléziai iparvidék vízellátását biztosító négy vízmű triázmész-kőbe mélyített fúrólukakból további 45 m³/p vizet szolgáltat. A felhozott példa vízvesztési szempontjából csak annyiban tér el az esztergomi viszonyoktól, hogy ott triázmész-kő és dolomitból fakadó fedűvizekről és nem fekűvizekről van szó. Az említett hasonló példa igazolja tehát egyrészt a karsztosodott triázmész-kő hatalmas víztartalékát és utánpótlását, másrészt azt is, hogy a vízgyűjtő terület rendszerint többszöröse a szénmedence felületének. E példa alapján az esetünkben megejtett becslés és a vízgyűjtő területnek a bányaterületen túlmenő kiterjesztése nem tekinthető túlzásnak.

⁶ I. m. 120. old.

⁷ R. Michael: Die geologische Position der Wasserwerke im Oberschlesischen Industriebezirk.

Megejtett becslésünk a karsztvíz utánpótlására vonatkozik, bányászati szempontból azonban annak a megállapítása birna rendkívüli fontossággal, hogy a 186 m³/p-re becsült vízutánpótlás, milyen legnagyobb vízbetörést okozhat. Erre vonatkozólag határozott választ adni nem lehet, kétségtelen azonban az, hogy a becsült vízmennyiség egy vízbetöréssel még a legkedvezőtlenebb viszonyok között sem csapolható meg, erre vonatkozó vizsgálatainkról külön fejezetben fogok beszámolni. Az esztergomi szénmedencében bekövetkezett nagyarányú vízbetörésekből és a becsült vízutánpótlásból annyit mindenesetre következtethetünk, hogy nagy területen megosztva az eddiginél nagyobb vízemeléssel lehet, sőt kell is számolni, de az egyes bányák által emelendő vízmennyiség a felszülézi bányák hasonlósága alapján épp a megoszlás miatt, de a vízjáratok szűk szelvénye következtében sem emelkedhetik — egyes kirívó esetektől eltekintve — általában elviselhetetlen értékre.

Annyit mindenesetre megállapíthatunk, hogy mivel a tatabányai medence földtani, tektonikai és ezzel kapcsolatban karsztosodási viszonyai is kedvezőbbek, vízveszély szempontjából az esztergomi szénmedence van erősebben veszélyeztetve. Te-

kintve azonban azt, hogy a tatabányai bányászat idővel Németegyháza irányában fejlődve kedvezőtlenebb földtani és tektonikai viszonyok közé kerül, valószínű, hogy a későbbi jövőben a lecsapolásból mindkét szénmedence egyenlő eséllyel fogja kivenni a részét.

A karsztvíztükör változása.

Mint ismeretes, a karsztvíz az esztergomi szénmedencében +131 m tengerfeletti magasságban foglal helyet. Ez a szint azonban nem állandó, hanem bizonyos változásnak van alávetve. A változás oka kettős: az egyik a külszíni csapadék, a másik a vízemelés hatására vezethető vissza.

A külszíni csapadék hatására a víztükör bizonyos ütemes mozgást végez. Tapasztalati tény, hogy esős időszakok után a karsztvíztükör emelkedik, míg száraz évszakok után süllyed. Az esztergomkörnyéki csapadékviszonyok és a karsztvíztükör ingadozás közötti összefüggés megvilágítására az alábbi táblázattal néhány jellegzetes év csapadékeloszlását közlöm a Meteorológiai Intézet igazgatóságának szives adatszolgáltatása alapján mm-ben:

Év	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jun.	Jul.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Évi csapadék
1914	15	7	95	17	101	92	120	28	171	40	6	42	734
1918	21	15	7	36	54	82	75	146	214	100	50	34	664
1919	35	34	51	70	48	39	31	16	34	52	89	59	558
1933	16	32	19	13	114	88	23	53	32	77	123	28	618
1934	7	21	12	33	42	149	17	43	67	42	58	33	523

A karsztvíz ingadozása az esztergomi szénmedencében a csapadék mennyiségétől függően általában 60—80 cm, legnagyobb értéke 1,4 m-t is elért, melyet az 1919. évben a MÁK Ágnes-aknai alapközlén tapasztaltunk. Az alapközele a +132,4 m-es szinten, tehát a víznívó felett van kihajtva és 1919 tavaszán az alapközlén víz jelentkezett, mely egy hónap múlva megszűnt. A rendellenes magas vízállást a fenti csapadékeloszlási adatokból következtetve az 1918. év második felében bekövetkezett erős csapadék okozta. Dr. Schmidt a közeli Ferenc-lejtőszakában 1914-ben tapasztalt ugyancsak 1,4 m-es víznívóemelkedést, mely az 1914. évi 734 mm-es szokatlan nagy csapadékra vezethető vissza.

A karsztvíztükör tehát a csapadékviszonyok hatására, vízszivattyúzás nélkül is bizonyos határok között ingadozik. Kifejezően szemlélteti ezt a 3. ábra, melyen a karsztvízgörbe óraműves jegyzőkönyvvel lett felvéve, míg a csapadékgörbe adatait a Meteorológiai Intézet szolgáltatta (1. az előző táblázatot). A diagramm szerkesztésére olyan időszakot választottunk, amikor a MÁK területén a víztükör alatti bányászat szünetelt és a Salgó bányáinál sem fordult elő jelentékeny vízbetörés, hogy ezáltal a víztükör változása kizárólag a csapadékviszonyok hatására keletkezett vízállásingadozást tüntesse fel.

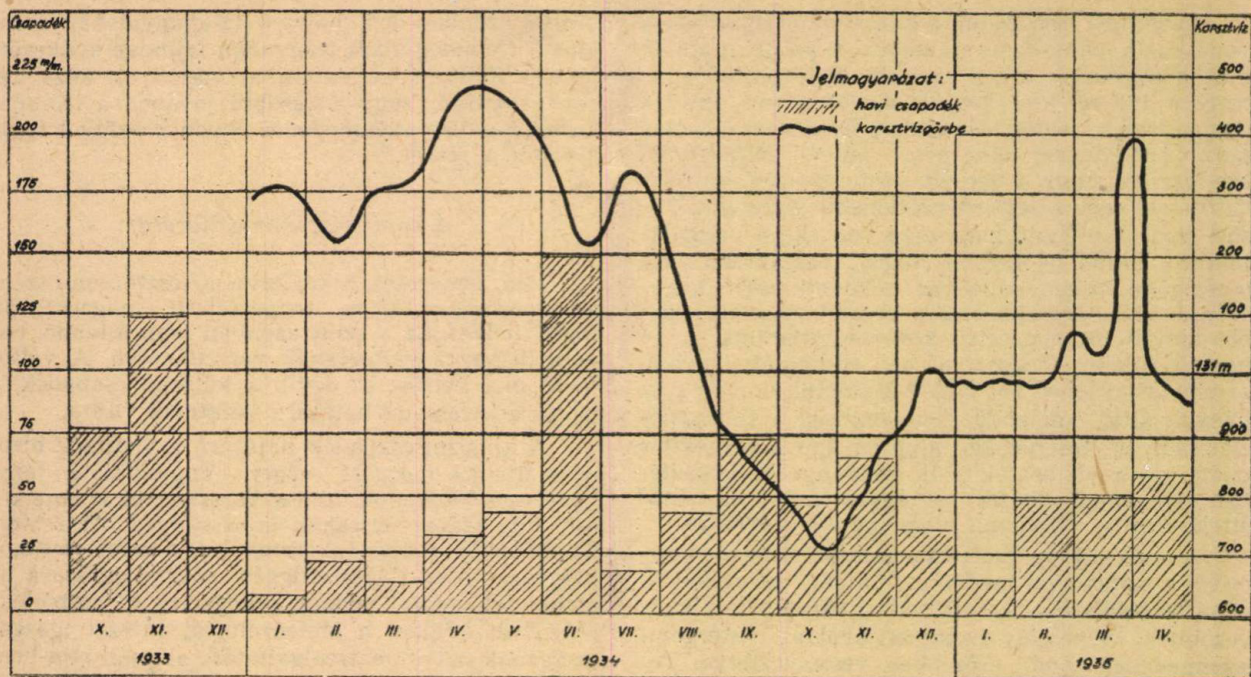
A karsztvíz ingadozása és a csapadék közötti összefüggést a diagramm szemléltetően ábrázolja. Az 1933. évi nagyobb őszi csapadék hatására a

víztükör 1934 első felében emelkedni kezd és a novemberi csapadék csúcsának 1934 májusában, tehát 5 hónap múlva egy jelentékeny víztükör emelkedés felel meg. Az ezután következett fél évig tartó gyenge csapadékmennyiségnek — hasonló idő eltolódással — fél évi víztükørsüllyedés felel meg, mely októberben éri el legnagyobb értékét. Az 1934 júniusi nagyobb csapadék hatására a víztükör novemberben — tehát ismét 5 hónap múlva — emelkedni kezd és maximumát 1935 március havában éri el. Az áprilisi maximum és az októberi minimum között 77 cm-es szintkülönbség van.

A boszniai és dalmát Karszton a karsztvíz ingadozása ennél lényegesen nagyobb. Grund⁸ szerint a kameniti-ponor csapadék okozta karsztvíz ingadozása 40 m. Az összehasonlításnál azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni azon körülményt, hogy az említett karszt a teljes csapadékmennyiséget nyeli el és az évi csapadékmennyiség a dunántúlinak kb. háromszorosa. Ugyanakkor a karsztvíz a csapadékváltozást már két-három hét múlva követi, miáltal a kettő közötti összefüggés még erősebben jut kifejezésre, mint nálunk.

A közölt diagramm pontos mérések alapján készült s így kétségtelenül igazolja a szórványos megfigyelésekből már ismert tényt, hogy az esztergomi szénmedencében a külszíni csapadék változását bizonyos késéssel a víztükör ütemes vál-

⁸ A. Grund: Die Karsthydrographie.



3. ábra.

tozása követi, ezt a késést diagrammunk alapján 5–6 hónapban állapíthatjuk meg. De igazolja a diagramm egyben a karstvíz eredetét is, mert ha a csapadék és karstvízállás között ilyen határozott összefüggés áll fenn, akkor a karstvíz minden kétséget kizáróan a csapadékvizekből származik.

A karstvízállás ingadozását, mint bevezetőben említettem, a csapadékon kívül a vízemelés is jelentősen befolyásolja. A vízemeléssel előidézett víztükörsüllyedés megismerése bányászati szempontból rendkívüli fontossággal bír, mert abból következtetést vonhatunk a különböző vetők mentén fekvő kavernák közötti összefüggésekre. Ranzinger pl. Schnetzer feljegyzései alapján arra következtet, hogy csak az egy vetődés mentén fekvő kavernák állnak egymással összeköttetésben és általában sokáig ez a felfogás uralkodott. A régi, rendszerint szóbeli közlés alapján utólag összeállított feljegyzések nem nyújthattak elég biztos támpontot arra, hogy azokból általános érvényű következtetéseket lehessen levonni, megbízhatóbb módszerre volt tehát szükség a karst bonyolult hálózatának megismeréséhez.

A kérdés tisztázása alapos megfontolást, sok megbeszélést és hosszú kísérletezést kívánt, amelyekben Vizer dr., Schnetzer és Csanády vitték az irányító szerepet. A kavernák közötti összefüggést kezdetben vízfestéssel igyekeztünk megállapítani, majd amikor ez nem vezetett eredményre, rendszeres víztükör mérésre tértünk át, mégpedig 1927-től napi mérés és jelentéssel, majd 1932-től óraműves jegyzőkészülékkel. A diagramm karstvízgörbéje tehát jegyzőkészülékkel, a vízmennyiséggörbe pedig a két vállalat pontos mérései alapján készült és e helyen fejezem ki köszönetemet a Salgó igazgatóságának és Róth K. bányaigazgatónak, hogy a kért adatokat a cél érdekében készséggel bocsátották rendelkezésemre. 16 év diagrammban lefektetett tapasztalata alapján

most már teljes határozottsággal állíthatjuk, hogy a szénmedence valamennyi kavernája és kavernarendszere összefüggésben áll egymással. Ez a diagramm a karstvízkérdés megítélésénél hézagpótló szerepet tölt be, mert a szűkebb körben mozgó régi megfigyelések és szórványos feljegyzésekkel szemben, biztos alapot nyújt a kavernák közti összefüggés kérdésének végérvényes tisztázására (4. ábra).

A diagramm 1927 augusztus havában +130,8 m-es víztükörmagassággal kezdődik, mivel akkor a MÁK területén a háború utáni gazdasági válság miatt a víztükör alatti bányászat szünetelt.

1927 szeptember 20-án a Salgó Augusztaknájában 43 m³/p-es vízbetörést kaptak, mely a betörési helytől légvonalban 2 km távolságra fekvő Ágnes-aknai kavernában elhelyezett vízmérőállomáson 130 cm-es víztükörsüllyedést idézett elő. A vízbetörés a bányát elfullasztotta, mire a karstvíztükör lassan emelkedni kezdett és 20 nap múltán az eredeti magasságot érte el.

Az Augusztaknai vízbetörés kavernája és az Ágnes-aknai kaverna, két különböző vetődés mentén fekvő kavernarendszerhez tartozik és ennek ellenére a kavernák közötti összefüggés mégis megállapítható volt.

(Folyt. köv.)

HIREK.

Hazai hírek.

Halálozások. Liha Bertalan m. kir. bányaiügyi főtanácsos, a Rimamurány-Salgótarjáni vasmű rt. nyug. bányaigazgatója, egyesületünknek 1903. óta rendes tagja, 64 éves korában, 1944. július 3-án Budapesten elhunyt. Július 5-én temették a Farkasréti temetőben. — Utolsó Jószerencsét!

Az esztergomi szénmedence hidrológiai viszonyai és a vízveszély elleni védekezés módok.

VIGH FERENC, okl. bányamérnök, bányagazgató (Tokod)

(Folytatás.)

1927-ben a MÁK területén a víztükör alatti bányászat az V. ereszke mélyítésével újból elkezdődött. Az ereszke egy kedvezőtlen, vetőre települt meredek szénteletet tárt fel, hol sorozatos vízbetöréseket kaptunk. Az ereszke már mélyítés alatt $3 \text{ m}^3/\text{p}$, majd 1928 februárjában zsonpkihajtás közben $10 \text{ m}^3/\text{p}$ vizet fakasztott, minek következtében a víztükör fokozatosan 60 cm -t süllyedt a $+130,2 \text{ m}$ -es szintig. 1928 június 1-én az alapközle $2,8 \text{ m}^3$, majd 1929 januárjában ugyanott újabb $1,8 \text{ m}^3/\text{p}$ víz tört be, az ereszkéből emelt vízmennyiség ekkor $12,5 \text{ m}^3$ -t tett ki, melynek hatására a karsztvíztükör $129,5 \text{ m}$ -re süllyedt. 1929 augusztusában az alapközle nyugati szárnyán tört be $6,5 \text{ m}^3/\text{p}$ víz, mellyel a vízhozam $19 \text{ m}^3/\text{p}$ -re emelkedett, a karsztvíztükör pedig $+128,9 \text{ m}$ -re süllyedt. 1930 januárjában az alapközle mindkét vízbetörését elgátoltuk, a vízhozam erre $7,5 \text{ m}^3/\text{p}$ -re csökkent, a víztükör pedig fokozatosan $130,4 \text{ m}$ -re emelkedett. 1930 májusában a II. mélyszinten 2 m^3 -es és augusztusban ugyanott 21 m^3 -es vízbetörést kaptunk, mellyel a vízhozam $30,5 \text{ m}^3$ -re emelkedett. Ennek hatására a víztükör $1,8 \text{ m}$ -rel tovább süllyedt és $+128,9 \text{ m}$ -ben állapódott meg. Ekkor elkezdtek az ereszke leszerezését és a szivattyúkat fokozatosan magasabb szintre helyezték, míg egy alkalmas helyen az ereszkét bauxitcementből készült gáttal elzártuk. A diagramm szépen mutatja a fokozatos visszavonulást, mellyel kapcsolatban a karsztvíztükör lassan $131,6 \text{ m}$ magassáig emelkedett.

1932 július 16-án a Salgó Reimann-aknában hatalmas vízbetörést kaptak, melynek nagyságát a nyitott vágatok alapján $66 \text{ m}^3/\text{p}$ -re becsülték.

Az ekkor már óraművel működő jegyzőkészülék $2,1 \text{ m}$ -es víztükörsüllyedést jelzett (4. ábra), mivel azonban a bánya elfulladt, a víztükör süllyedése $130,2 \text{ m}$ magasságban megállt és közel ugyanolyan sebességgel újból felemelkedett, ami szintén a vízbetörés hatalmas arányát igazolja. A vízbetörést álló vízben Schmidt-féle cementáló eljárással elfojtották, mely alkalommal más. kisebb forrásokat is elcementáltak, melyeket folyó vízben eddig nem sikerült elzárni. A bányát újrainyitva, a karsztvíztükör 132 m magassáig emelkedett. A Reimann-aknai vízbetörés helye a mérőállomás kavernájától légvonalban $2,2 \text{ km}$ távol fekszik és ugyancsak más vető mentén fekvő kavernarendszerhez tartozik, ennek ellenére a diagramm a kavernák közötti összefüggést szépen jelezte.

1934-ben a MÁK területén a víztükör alatti bányászat újból kezdetét vette a IV/a. számú ereszkével. Az ereszke mindössze $0,5 \text{ m}^3/\text{p}$ vizet fakasztott, melynek nem volt lényeges kihatása a víztükör süllyedésére.

1936 december 25-én a Salgó Reimann-aknájának XIX. számú ereszkéjében a -101 m -es szinten $10 \text{ m}^3/\text{p}$ -es vízbetörést kaptak. A vízbetörés — bár a betörési hely a vízmérőállomás kavernájától $2,3 \text{ km}$ távolságra fekszik — mérőállomásunkon $2,1 \text{ m}$ víztükörsüllyedést idézett elő, mely némileg

emelkedett, amint ez ereszkében a vízszintet a cementálás sikere érdekében felemelték. A különböző vetődési rendszer mentén fekvő kavernák közötti összefüggés tehát ez esetben is megállapítható volt.

1936-ban a MÁK területén az I/a. ereszke le-mélyítésével egy második, víztükör alatti feltárás vette kezdetét. 1937 március 27-én az alapközle kihajtása alkalmával $16 \text{ m}^3/\text{p}$ víz tört be, mely a 12 m^3 vízemelésre berendezett szivattyúkamrát és vele az ereszkét is elfullasztotta. A vízbetörés a mérőállomás kavernájának vízszintjét csak 30 cm -rel süllyesztette, mert az elfulladás hamar bekövetkezett. Az ereszke elfulladás után a karsztvíztükör újból felemelkedett, sőt magasabbra, mint az I. a. ereszkei vízbetörés előtt állt. A túl-emelkedés a Reimann-akna XIX. ereszkéjének részleges víz alá eresztésére és az azzal kapcsolatos vízhozam csökkenésre vezethető vissza, amelyet a cementálás sikere érdekében eszközöltek. Az I/a. ereszke vízmentesítését május hóban kezdtük és július 1-re fejeztük be, amikor az állandó vízhozáfolyás $14 \text{ m}^3/\text{p}$ -t tett ki. A vízemelés hatása folytán a karsztvíztükör rohamosan süllyedt és $+129 \text{ m}$ tengerfeletti magasságban kisebb-nagyobb ingadozással megállapodott. A vízbetörés és a mérőállomás kavernája ez esetben is két különböző vető mentén és egymástól $1,9 \text{ km}$ távolságban fekszik, ennek ellenére a víztükör változása a két kaverna közötti összefüggést kétségtelenül igazolja. Az I/a. ereszkei vízbetörés vízhozama az állandó vízemelés folytán lassú apadásnak indult, ugyanakkor a Salgónál is csökkent a vízmennyiség és ennek tudható be a karsztvíztükör lassú emelkedése, míg a későbbi erőteljesebb emelkedés a Reimann-aknai vízbetörés 1938 augusztus 1-én befejezett elgátolására és ily módon álló vízben történt elcementálására vezethető vissza.

1939 szeptember 3-án egy érdekes jelenséget tapasztaltunk. A vízállásmérő egy jellemző vízbetörést és elfulladásat jelzett, holott ez időben sem a MÁK, sem a Salgó bányáiban vízbetörés és elfulladás nem volt. A jelenséget vizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy a vízállásmérő a pilisvörösvári Solymár-akna hatalmas vízbetörését jelezhetette. Solymár-akna állandóan $4 \text{ m}^3/\text{p}$ vizet emelt, ez a mennyiség 1938 július 15-én egy vízbetörés folytán 9 m^3 -re, majd augusztus 30-án $21 \text{ m}^3/\text{p}$ -re emelkedett. A vízbetörés a -3 m -es szinten volt, mely az akna alsó szakaszát a $+1$ -es szintig elfullasztotta. A víztükört ezen a szinten 1939 szeptember 3-ig tartották, míg a mentési munkát elvégezték, utána az aknát feladták, amikor a víz lassan a $+131 \text{ m}$ -es szintig emelkedett. A vízbetörés lefolyását a mérőműszer négynapos eltolódással egvezően jelezte, ami szintén a mellett szól, hogy a víztükör süllyedését és újbóli felemelkedését a Solymár-aknai vízbetörés okozhatta. A négynapos eltolódás a nagy távolság miatt állhatott elő (légvonalban 22 km), ugyanis ennyi

időre volt szükség, hogy a víztükör ilyen távolságban megmozduljon és lassan újból visszaálljon. Ha ezen egyetlen észlelés alapján nem is lehet határozott és általános érvényű következtetést levonni, a jelenség mégis némi támpontot nyújt arra, hogy a földalatti karszt bonyolult hálózata vidékünkön ilyen nagy távolságra is terjedhet, amely körülmény főként a vízgyűjtő felület nagyságának becslésénél jöhet számításba.

1939-ben a MÁK területén a IV/b. ereszke lemélyítésével egy újabb, víztükör alatti feltárás vette kezdetét. 1940 májusában az ereszkébe $1 \text{ m}^3/\text{p}$ víz tört be, melynek hozama újabb forrásokkal fokozatosan $2,2 \text{ m}^3/\text{p}$ -re emelkedett. Az ereszkében fakasztott víz a karsztvíztükörre nem hatott ki lényegesen, mert az I/a. ereszkei nagy vízbetörés hozama az állandó vízemelés folytán időközben kb. ugyanannyival csökkent, miáltal az összvízmennyiség nem változott lényegesen.

1940 március 17-én Reimann-akna „F” mezejében kaptak $4,5 \text{ m}^3/\text{p}$ -es vízbetörést, majd 1941 július 18-án az „S” mező —67-es szintjén $5,5 \text{ m}^3$ és november 20-án a „D” mező —56-os szintjén $3,5 \text{ m}^3$ víz tört be. A megkísérelt cementálás folyó vízben nem vezetett eredményre, sőt a vízhozam — amint azt az emelt vízmennyiség görbéje mutatja — rohamosan növekedett, ezért 1942 május havában a „D” mezőt víz alá eresztették, hogy a cementálást nagyobb sikerrel végezhesék el.

A MÁK területén ugyanezen időben fejeződött be az I/a. ereszke mezejének lefejtése és időszerűvé vált az ereszke víz alá eresztése, amit megfelelő gátolás után a szivattyúk váltakozó átszerelésével fokozatosan végre is hajtottunk.

A „D” mező és az I/a. ereszke kikapcsolódása folytán a szénmedencében 17 m^3 -rel csökkent percenként az emelt vízmennyiség. A karsztvíz-görbe süllyedése és a víz alá eresztéssel kapcsolatos emelkedése szépen jelzi az említett területek vízbetöréseinek lefolyását és a vízzel elárasztás hatását, jelölül annak, hogy a különböző vetők mentén bekövetkezett vízbetörések kavernái mind összeköttetésben állnak egymással.

A karsztvíztükör és a kiemelt vízmennyiség görbéjének egybevetéséből megállapítható, hogy $30\text{--}40 \text{ m}^3/\text{p}$ -es vízemelés sem volt képes a karsztvíz tükrét $2,3 \text{ m}$ -nél mélyebbre süllyeszteni, jelölül annak, hogy a karsztvíz-utánpótlás az emelt vízmennyiségnél lényegesen nagyobb, másrészt, hogy a vízjáratok átlag keresztiszelvénye oly szűk, hogy a szénmedence tekintélyes számú vízbetörése sem csapolhatta meg a teljes hozzáfolyást.

Megvizsgálva diagrammunk alapján 16 év jelentékenyebb vízbetöréseinek lefolyását és azok kihatását a víztükörre, statisztikai adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a nagyobb vízbetörések a kaverna víztükrét erősebben, a kisebbek alig észrevehetően, de minden esetben kivétel nélkül befolyásolták. A kisebb betörések hatását gyakran észrevehetetlenné teszi a külszíni csapadék folytán bekövetkező víztüköringadozás, ez az oka annak, hogy számos, időközben történt kisebb betöréssel és elzárással nem foglalkoztam, mert azok alig észrevehető hatása zavarólag és elhomályosítólag hatott volna a nagyobb vízbetörésekből levonható következtetésekre.

Az előadottakból látható, hogy évtizedes

megfigyelő és kutató munkára volt szükség ahhoz, hogy a sejtett, de rendszeres méréssel eddig meg nem állapított összefüggéseket kétséget kizáróan kimutathassuk, melynek alapján teljes határozottsággal állíthatjuk, hogy az esztergomi szénmedence összes kavernái, függetlenül attól, hogy egy és ugyanazon, vagy különböző vető mentén fekvő kaverna-rendszerhez tartoznak, kisebb-nagyobb mérvben mind összeköttetésben állnak egymással.

Mindkét megállapításunk egyaránt súlyos, akár a vízmennyiségre, akár a kavernák összeköttetésére vonatkozik, azonban a technika mai állása mellett nemcsak jogunk, hanem egyenesen kötelességünk, a helyzetet a maga rideg valóságában feltárni, mert jobb ismerni és vállalni a harcot, mint a vakszerencsében bízni. A derűlátásból is csak akkor fakad áldás, ha a jó mellett a rosszat is meglátjuk, s annak tudatában, mondhatni, annak ellenőrzése mellett, látjuk a jót és ítéljük meg a kedvezőt. A kedvezőtlen megállapítások mellett — mint későbbiekben látni fogjuk — több kedvező tapasztalatra is hivatkozhatunk, melyek ismeretében kellő műszaki felkészültséggel, szívós harcokszésséggel és tetterővel a vízeszélytel eredményesen vehetjük fel a küzdelmet.

A kavernák közötti vízjáratok szelvényének vizsgálata.

A triázmészkö vetődései mentén számos barlang, hasadék, tömlő és lencse alakú üreg található, melyek keletkezéséről előzőkben már megemlékeztem és rámutattam arra is, hogy ezek a kavernák egymással kisebb-nagyobb mérvben összefüggésben állnak. Vizsgáljuk már most a kavernákat összekötő vízjáratok keresztiszelvényét, hogy abból a vízbetörések várható nagyságára következtethessünk.

Kétségtelen az, hogy a karsztvíz mindenütt a víztükör alatti H mélységnek megfelelő hidrosztatikai nyomás alatt áll. A hidrosztatikai nyomás nagyrésze az összekötő vízjáratok felületén elszorított sűrűlódások, irányváltozások és többszörös szelvénycsükkületek veszteségeire emészthető fel és csak a fennmaradó rész hatása bír jelentőséggel a betörő víz mennyiségére. A sűrűlódások, irányváltozások és szelvénycsükkületek hatását azonban nem lehet számításban megállapítani, mert nem ismerjük a kavernák szelvényváltozásait és azok bonyolult hálózatát, ennek következtében az összekötő vízjáratok keresztiszelvényét sem lehet számításban közvetlenül meghatározni, hogy azonban mégis fogalmat alkothassunk a vízjáratok átlag szelvényéről, közvetett eljáráshoz fordulunk.

A vízjáratok valódi keresztiszelvénye helyett módunkban áll az azzal egyenértékű keresztiszelvényt meghatározni, amelyen a H hidrosztatikai nyomás ugyanazon mennyiségű vizet képes átnyomni, mint amennyit az ellenállások figyelembevételével a vízjárat átlagos keresztiszelvényén valóban átnyom. Az ily módon meghatározott egyenértékű szelvényből már következtetést vonhatunk a vízjárat átlagos keresztiszelvényére, közvetett úton tehát legalább is fogalmat alkothatunk magunknak a kavernák közötti vízjáratok méreteiről.

Az egyenértékű szelvényt az alábbi egyszerű áramlási képletből határozhatjuk meg:

$$Q = F \cdot v = F \sqrt{2gH} \quad \text{amelyből}$$

$$F = \frac{Q}{\sqrt{2gH}} \quad \text{ahol } Q \text{ a másodpercenkénti}$$

vízmenyiséget jelenti.

Ha néhány vízbetörés adatait behelyettesíthetjük, úgy pl. az

I/a	ereszkei	14 m ³ /p	vízbetörésre	F = 0,00832 m ²
I.	„	3,2 m ³ /p	„	F = 0,00231 „
III.	„	4,6 m ³ /p	„	F = 0,00398 „
IV.	„	1,8 m ³ /p	„	F = 0,00148 „

stb. szelvényt nyerünk és ha feltételezzük, hogy a vízjárat magassága pl. csak 1 m, ami a valóságban az elvetési magasság miatt lényegesen nagyobb is lehet, akkor az egyenértékű szelvény szélességére I/a ereszkénél 8,32 mm-t, az I. ereszkénél 2,3 mm-t, a III. ereszkénél 3,98 mm-t és a IV. ereszkénél 1,48 mm-t kapunk eredményül.

Bár kétségtelen az, hogy a felvett esetekben a vízjáratok valódi szélessége a sűrűlódási veszteségeknek megfelelő értékkel nagyobb, mégis legalább általánosságban azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a kavernák közötti vízjáratok csak néhány mm szélességű vetőmenti repedésekből állnak, tehát olyan vízmennyű csatornákról, amellyel a becsült egész vízmennyiség megcsapolható — amint az a dalmáciai karszton tapasztalható — szenterületünkön nem beszélhetünk.

Ezen következtetésünket gyakorlati tapasztalatok is igazolják.

A MÁK területén évtizedek óta folyik víztükör alatti bányászat olyan területen, ahol a széntelep közvetlen a triázmészskőre települt, ahol tehát a karsztosodás közvetlenül megfigyelhető, annál is inkább, mert a főfolyosókat a fenntartási költség megtakarítása céljából általában mészkőben hajtjuk ki. A több km hosszú mészkőfolyosókkal csupán 7 kavernát tártunk fel, ezektől eltekintve a mészkő általában tömörnek bizonyult és csupán a vetők mentén lőttünk karsztosodott hasadékokat, ezek azonban csakhamar pár mm széles repedésekbe mentek át, amelyekből kaptuk rendszerint a vízbetöréseket. Tapasztalat szerint tehát a kavernaképződés aránylag ritka, de nagy ürtartalmú, ezzel szemben a vetőmenti repedések kiterjedése inkább a vetők csapása és dőlése irányában jelentékeny, szélességi méretük rendszerint csak pár mm-t tesz ki, tehát alakjukat elsősorban tektonikus eredetű határozza meg, amelyen a karsztosodás csak kisebb mérvben változtatott. A megnyitott kavernáknál is azt tapasztaltuk, hogy kiterjedésük inkább a vetők csapása és dőlése irányában nagy; a vetőre merőleges, tehát szélességi irányban rendszerint keskenyek, de csapásirányban is csakhamar összehűkülnek és néhány mm széles repedés jelzi csak, hogy a kaverna vetőmenti repedés formájában tovább folytatódik, hogy esetleg újból kiáguljon. A vízbetörés állandó hozzáfolyását általában nem a kavernák méretei, hanem a kavernákat összekötő vízjáratok átlagos keresztmetszvénye szabja meg, melyek úgy tapasztalat, mint számítás alapján csak néhány mm széles vetőmenti repedésekből állnak. A repedések fojtó hatása teszi lehetővé — amint azt a védekező módokat

tárgyalásánál látni fogjuk — a karsztvíztükör helyi süllyesztését és egy bizonyos nagyságú körzet lecsapolással való víztelenítését, de biztosítékot nyújt egyben arra is, hogy egy vízbetöréssel nem lehet az egész kavernahálózatot tápláló vízmennyiséget megnyitni, hanem annak csak egy hányadával kell számolni. Ezen megállapítást egyébként a víztükör alatt lefejtett szenterületek is igazolják, amennyiben eddig 350.000 m² közvetlen triázmészskőre települt MÁK-szenterületet fejtettünk le 34 millió q szénmennyiséggel 40 m víztükör alatti mélységig, javarészt 2—3 m³/p vízmennyiség emelésével és csak a közvetlen vetőre települt I/a és V. ereszkei szénmezőben fakasztottunk nagyobb vízmennyiséget, hol a vágatokkal a vető kavernahálózatát csapoltuk meg közvetlenül.

Fentiekből arra is következtethetünk, hogy a vízbetörések nagyságát elsősorban a vízjáratok átlagos keresztmetszvénye határozza meg és a betörési hely mélysége azt csak másodsorban befolyásolja. Ezzel magyarázható, hogy voltak nagy vízbetörések aránylag kis mélységben és viszont kisebb vízbetörések aránylag nagy mélységben.

A vízbetörés kezdeti mennyisége rendszerint nagyobb, mint a későbbi állandó hozzáfolyás, ami azzal magyarázható, hogy a vízbetörés kezdetben az állandó hozzáfolyáson felül még a kavernának a betörési pont feletti vízmennyiségét is megcsapolja, esetleg még egy-két közeli kavernáét is és csak ezután következik be az állandó hozzáfolyás, melynek mennyiségét már a vízjáratok átlagos keresztmetszvénye, a hidrosztatikai nyomás és a sűrűlódási ellenállás együttes hatása szabja meg. A kezdeti legnagyobb és az állandó hozzáfolyás közötti különbség a MÁK területén a IV. ereszke 7. emeleti és a III. ereszke 6. emeleti vízbetörésénél volt a legnagyobb, előbbinél 2,5-szeres, utóbbinál 1,7-szeres, a többi vízbetörésnél ez a különbség már nem volt ilyen jelentékeny. Dr. Schmidt S. a Salgó területén ötszörös különbséget is észlelt. A vízbetörések említett lefolyására a szivattyútelepek tervezésénél kell különösen figyelemmel lenni és ez az oka annak, hogy a szivattyútelepek teljesítményét biztonságból rendszerint túlméretezzük és azokat bizonyos esetekben elzárható kivitelben készítjük. Az ily módon felmerülő többkiadás csak elenyésző része annak a károsodásnak, amely elfulladás esetén előállhat.

Az állandó hozzáfolyás tulajdonképpen szintén csak viszonylagos érték, mert a vízemelés hatására további változásnak van alávetve. A gyakorlatban alkalmazott ezen elnevezés tehát nem fedi teljesen a tényleges helyzetet.

Az állandó vízemelés hatása a vízhozamra.

A vízbetörések lefolyásának beható tanulmányozása ahhoz a kedvező tapasztalathoz vezetett, hogy állandó vízemelés mellett a vízhozam kivétel nélkül minden betörésnél apad. Szórványos megfigyelésekből eddig is ismert volt ez a tény és az irodalomban is találkozunk egyes esetekre vonatkozó hasonló megállapítással, azonban az összes vízbetörésekre kiterjedő rendszeres vizsgálat még nem erősítette meg annak általános jellegét.

A rendszeres vizsgálat bevezetéséhez az ösztönzést a III. ereszke 1909-ben elgátolt 6. emeleti vízbetörésének 1920-ban történt újranyitása adta

meg. A megnyitott víz a 4. emeleti forrással együtt $4,6 \text{ m}^3/\text{p}$ -et tett ki, mely az állandó vízemelés folyamán apadni kezdett. A félévénként végzett pontos vízmérés tanulságos eredményét az alábbi táblázat szemlélteti.

Mérés ideje	Mért vízmennyiség l/p	Mérés ideje	Mért vízmennyiség l/p
1920 júl. 1.	4570	1923 júl. 1.	2950
1921 jan. 1.	4480	1924 jan. 1.	2690
1921 júl. 1.	4200	1924 júl. 1.	2450
1922 jan. 1.	3 40	1925 jan. 1.	2110
1922 júl. 1.	3610	1925 júl. 1.	1970
1923 jan. 1.	3250	1926 jan. 1.	1860

Ez a kedvező tapasztalat készítetett arra, hogy az elődök jelentéseiből a vízbetörésekre és vízmérésekre vonatkozó adatokat a MÁK víztűkör alatti bányászatának kezdetétől felkutassam és azokat feldolgozzam. Az egyes ereszkékben bekövetkezett vízbetörések lefolyását az 5. ábra diagramja szemlélteti, melyből a vízbetörések nagysága és a vízemelés hatására bekövetkezett apadás általános jellege világosan megállapítható. A legrégibb vízbetöréseket, melyek elfulladásra vezetnek, mint az „A” és „B”-aknai, valamint az ebszönyi vízbetörést a diagrammon nem tüntettem fel, mert azokból a vízhozam csökkenésére egyébként sem lehet következtetni.

Vizsgálat alá véve a diagrammon feltüntetett vízbetörések lefolyását, azokból az alábbi következtetések vonhatók le:

I. *ereszke.* A II. mélyszint 1908-ben $3,6 \text{ m}^3$ -es vízbetörés miatt elfulladt. Az I. mélyszintig víztelenítve $2 \text{ m}^3/\text{p}$ volt a vízhozáfolyás, mely 7 év alatt fokozatosan $1 \text{ m}^3/\text{p}$ -re csökkent, az apadás tehát 50% -os, az átlagos évi csökkenés pedig $7,1\%$.

III. *ereszke.* Az elgátolt 6. emeleti forrást újrainyitva a vízhozam $4,6 \text{ m}^3/\text{p}$ -et tett ki, ez a mennyiség 6 év és 3 hónap alatt $1,86 \text{ m}^3/\text{p}$ -re csökkent. Az az apadás tehát 60% -os, az évi átlagos vízhozamcsökkenés pedig $9,5\%$.

IV. *ereszke.* A 7. emeleti vízbetörés az ereszkét elfulladásztotta. Víztelenítés után a vízhozam $1,8 \text{ m}^3/\text{p}$ volt, mely 2 év és 3 hó alatt $1,3 \text{ m}^3$ -re apadt. A csökkenés mérve tehát 28% és évi átlaga $12,5\%$. 1916 novemberében a 9. emeleten újabb $1,3 \text{ m}^3$ vizet fakasztottak, az összvíz ekkor egyéb apróbb forrásokkal $3,1 \text{ m}^3/\text{p}$ -et tett ki. Ez a mennyiség 4 év és 3 hó alatt $2,2 \text{ m}^3$ -re csökkent. Az apadás tehát 29% és évi átlaga $6,8\%$.

Vizsgálat alá véve a vízveszély szempontjából lényegesen kedvezőtlenebb ódorogi V. és tokodi I/a. ereszkei vízbetörések lefolyását, mindenekelőtt meg kell jegyezni, hogy mindkét ereszke lépcsős vetők által feldarabolt, meredek dőlésű széntelepet tárt fel, hol a széntelep védőréteg nélkül közvetlen a triázmészsző lépcsős vetőinek terraszaira települt és a vágatok ily módon a vetőmenti vízjáratokat közvetlen csapolták meg.

V. *ereszke.* Az V. ereszke I. mélyszinti műveletei $18\text{—}19 \text{ m}^3/\text{p}$ vizet fakasztottak, mely mennyiség aránylag rövid ideig tartó szivattyúzás után jelentékenyen apadt. A nagyobb vízbetöréseket három ízben elgátolva a 18 m^3 mennyiséget másutt újból megnyitottuk. Ugy látszik, hogy az I.

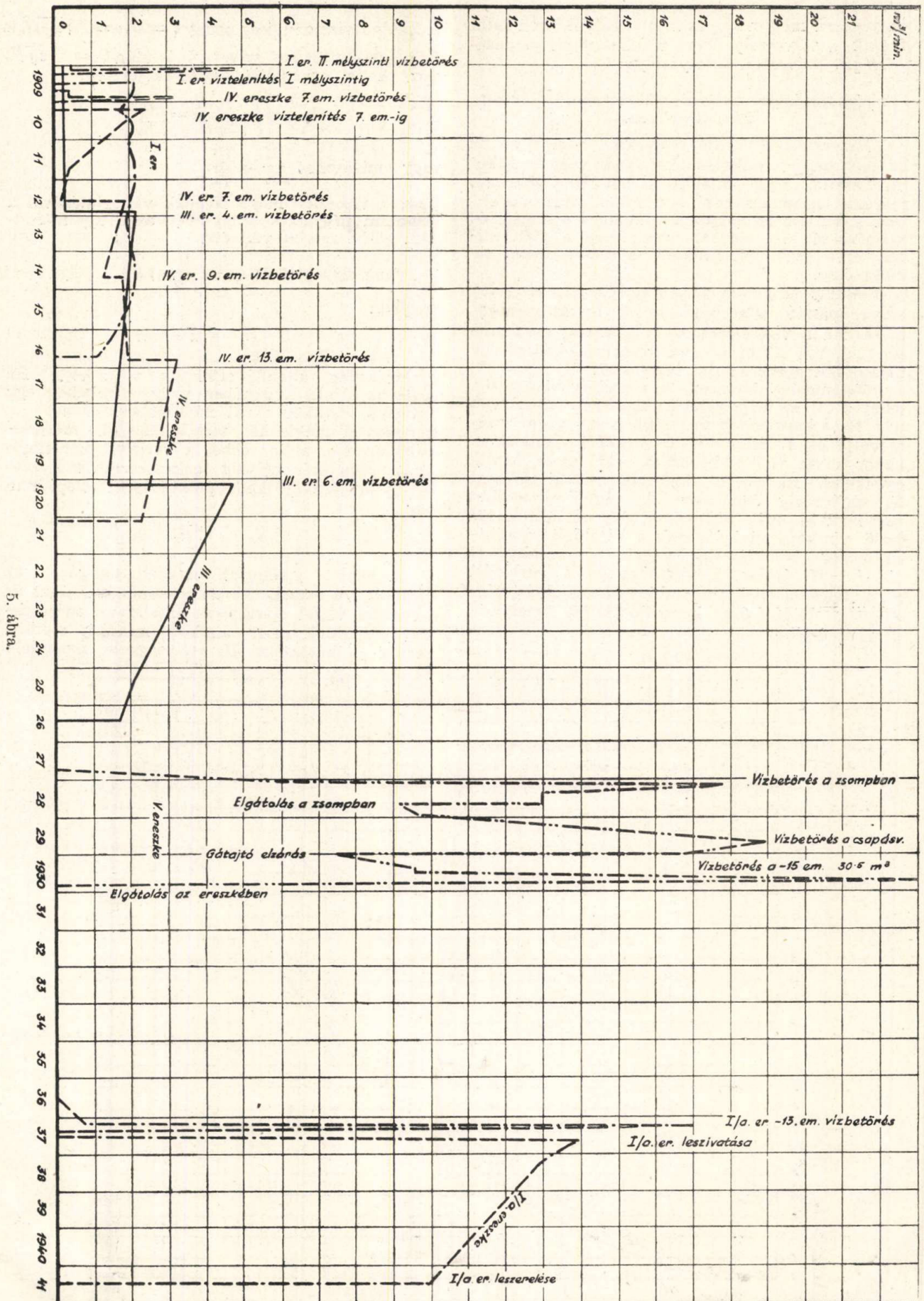
mélyszintig 18 m^3 -es állandó hozzáfolyás felelt meg a vízjáratok átlagos keresztiszelvényének, melyet ha elgátolás nélkül emelünk, úgy a hozzáfolyás bizonyára apadásnak indult volna. Erre valí egyébként az aránylag rövid ideig tartó szivattyúzás után bekövetkezett jelentékeny apadás. A kedvezőtlen viszonyok indokolta ismételt elgátolás miatt az V. ereszkében ily módon nem állt módunkban a vízemelés hatását részletesen tanulmányozni, azonban három esetben — ha rövid időre is — mégis tapasztalhattuk apasztó hatását, mégpedig 1928 februárjában, mikor a szivattyúzás hatására a víz 18 m^3 -ról 12 m^3 -re csökkent, mivel azonban a vizet közben elgátoltuk, a megfigyelést tovább nem folytathattuk. Ugyanezen év májusában az alapközlén megnyitott új forrásokkal a víz újból 12 m^3 -re emelkedett, mely a szivattyúzás folytán rövid idő alatt 10 m^3 -re apadt. Végül 1929 augusztusában, újabb betörések folytán, az összvíz ismét 19 m^3 lett, mely a szivattyúzás következtében rövidesen 17 m^3 -re csökkent. A szivattyúzás apasztó hatása tehát itt is megnyilvánult, azonban annak mérve az ismételt gátolások miatt nem volt megállapítható.

Az I/a. *ereszkei* 14 m^3 -es vízbetörés állandó szivattyúzással $3,5$ év alatt 10 m^3 -re csökkent. Az apadás tehát 28% , az évi átlagos vízhozamcsökkenés pedig $8,2\%$.

Ha összegezzük a szivattyúzás hatását a diagrammon feltüntetett vízbetöréseknél, úgy arra az eredményre jutunk, hogy a vízbetörés vízhozama állandó szivattyúzással $30\text{—}60\%$ -kal csökkenthető és évi $7\text{—}10\%$ -os apadással lehet számolni.

A szivattyúzással kapcsolatos vízhozamcsökkenés három okra vezethető vissza. Először a vízbetöréssel megnyitott kaverna és esetleg még egy-két szomszédos kaverna vízmennyiségének lassú lecsapolására. Ugyanis, ha a megcsapolt kaverna és a következő kaverna közötti vízjárat átlagos keresztiszelvénye nagyobb, mint a második kaverna utáni vízjáraté, akkor fokozatosan a második kaverna is lecsapolódik, ennek megtörténte után az állandó hozzáfolyás a második kaverna utáni vízjárat kisebb keresztiszelvényének és a meghosszabbodott vízjárat nagyobb surlódási ellenállásának megfelelően csökken. Ez azonban egyarában még nem magyarázza meg teljesen a gyakran tekintélyes méretű vízhozam csökkenést, szerepet játszhatik ebben másodszor a vízjáratok eldugulása is. A vízjáratok szelvényének vizsgálatánál kimutattuk, hogy a kavernák közötti vízjáratok csak pár mm -es vetőmenti repedésekből állnak, elképzelhető tehát, hogy ezeken a repedéseken a nagytömegű víz milyen sebességgel halad keresztül. A mozgásba jött nagy sebességű víz magával ragadja a vetők által összemorzolt mészkődarabkákat, melyek a repedések szelvényét lassan leszűkítik és ezáltal a vízátfolyást megfelelően csökkentik. Végül harmadik okként említhető meg a kisebb jelentőségű, de azért számításán kívül nem hagyható $2\text{—}3 \text{ mm}$ -es víztűkörsüllyedés is, melyet a vízbetörés a kavernavíztűkörnél előidézik. A $2\text{—}3 \text{ mm}$ -es víztűkörsüllyedés következtében csökken a hidrosztatikai nyomás és ennek megfelelően a vízhozáfolyás is.

A vízbetörések lefolyásának tanulmányozásából nyert kedvező tapasztalat gyakorlati szempontból rendkívül nagyjelentőségű, mert a vízbetörések eredményes leküzdésének kilátásait



5. ábra.

lényegesen megjavítja és mint későbbiekben látni fogjuk, a vízvesztély elleni védekezésünk gazdaságosságát kedvezően befolyásolja.

A vízhozáfolyás változása karsztvízzel előtöltött bányaterekben.

Vízvesztéllyel küzdő bányáknál nem ritka az az eset, hogy a vízbetörés az aknát vagy ereszkét elfulladásztja, még mielőtt a betörés vízhozama mérésel megállapítható lett volna. Ilyen esetekben a vízbetörés nagyságát utólagos mérésel és számításal kell meghatározni, hogy a víztelenítés terve és annak kivitele a biztos alapot ne nélkülözze.

Előtöltött aknáknban, vagy ereszkékben a vízoszlop súlya apasztó hatást gyakorol a forrás vízhozamára. Ha a vízoszlopot szivattyúzással csökkentjük, akkor a vízhozam nem lineárisan, hanem egy másodfokú görbe szerint növekszik.

Valamennyi kaverna a veszélyes víztükörig, tehát +131 m tengerfeletti magasságig vízzel van tele. Ha a kavernát H mélységben egy vágat megcsapolja és a vízbetörés az ereszkét elfulladásztja, akkor a víz az ereszkében is +131 m-es szintig emelkedik. Ha ezt a vízoszlopot szivattyúzással H_x mélységig lesüllyesztjük, úgy változatlan nagyságú kifolyási keresztmetszeleny mellett a kiömlő víz mennyiségét csak a kétoldali vízszintkülönbség befolyásolja, vagyis a mindenkori $H - h = H_x$ értéke. H vízoszlop — a surlódási ellenállásoktól eltekintve — bizonyos kifolyási végsebesség előidézésére használódik fel, melynek elméleti értéke

$$v = \sqrt{2gH}$$

A kifolyó vízmennyiség pedig $Q = F \cdot v = F \sqrt{2gH}$ és H_x mélységig történő szivattyúzás után $Q_x = F \sqrt{2gH_x}$ lesz. A két egyenletet egymással osztva:

$$\frac{Q}{Q_x} = \frac{F \sqrt{2gH}}{F \sqrt{2gH_x}} = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{H_x}}$$

vagy ami azonos $\frac{H}{H_x} = \frac{Q^2}{Q_x^2}$

tehát a vízoszlop magasságának változtatásával a vízhozam négyzetes arányban, azaz egy másodfokú görbe szerint változik.

$$\text{Fenti egyenletből } Q_x = \frac{Q}{\sqrt{H}} \cdot \sqrt{H_x}$$

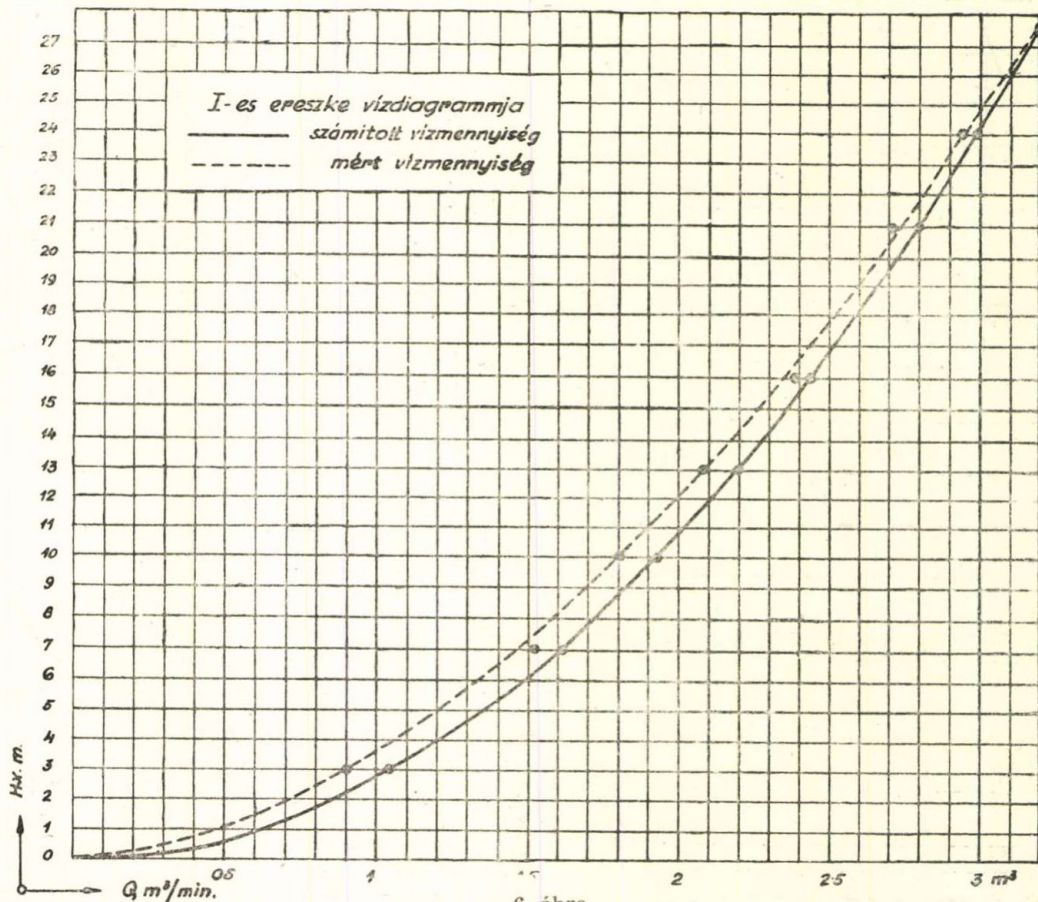
melyben

$$\frac{Q}{\sqrt{H}} = \alpha$$

gyakorlatilag állandó értéknek tekinthető. Ha tehát az elfulladt aknában vagy ereszkében egy bizonyos víztükör alatti mélységben sikerül a mélységnek megfelelő vízhozáfolyást mérésel megállapítani, akkor ebből a várható vízmennyiség a vízbetörés helyéig tetszésszerű mélységben gyakorlatilag kellő pontossággal állapítható meg,

$$Q_x = \frac{Q}{\sqrt{H}} \cdot \sqrt{H_x} = \alpha \sqrt{H_x} \text{ alapján.}$$

A képlet gyakorlati használhatóságáról az elfulladt I/a ereszke víztelenítésénél, valamint az I. ereszke vízzel elárasztása alkalmával mérésekkel győződünk meg, amikor mindkét esetben mértük a különböző H_x mélységnek megfelelő



6. ábra.

vízmenntiséget és azt az elméletileg számított értékkel hasonlítottuk össze. Az I. ereszkében nyert eredményt a 6. ábra diagrammja szemlélteti, melyből megállapítható, hogy a mérések által szolgáltatott eredmények kis eltéréssel fedik az elméletileg számított értékeket. Az eltérés oka részben a vágat oldalain fellépő surlódásokra, másrészt a gátmérés elkerülhetetlen pontatlanságára vezethető vissza.

A számítási eljárás — mint előbb említettem — csak változatlan nagyságú kifolyási keresztmetszet mellett ad gyakorlatilag használható eredményt, rég elfulladt aknáknál vagy ereszkék-nél, ahol a vízbetörés keresztmetszete duzzadás vagy omlás következtében megváltozott, már nem nyújt megfelelő eredményt.

Fentiekben igyekeztem a karsztosodott triázmész-kő és a benne keringő karsztvíz törvényszerűségeit összefoglalni és kimutatni. Fejtegetéseimben igyekeztem a valóságot a következtetések-től lehetőleg szigorúan elválasztani, bár ez egy olyan területen, mint amilyen a karszt, tökéletesen nem vihető keresztül, mindenesetre csak adatokkal alátámasztott és gyakorlati tapasztalatokkal igazolt elméleteknek adtam helyet.

II.

A vízveszély elleni védekezés módzatai.

A vízveszély elleni védekezésről egy époszban talán könnyebben beszámolhatnánk, mint egy tárgyilagos műszaki leírásban. Különösen kezdetben, amikor elégtelen technikai eszközökkel kellett felvenni a harcot, a reménytelen küzdelem emberfeletti munkát követelt. A küzdelmek, reménységek és csalódások ismertetését mellőzőm és fejtegetésemben csupán a bevált védekezési módzatokat fogom ismertetni.

A gyakorlatban a vízveszély elleni védekezésnek három módzata fejlődött ki: 1. a gátolás, 2. a cementálás és 3. a lecsapolás.

E három módzat vagy külön, vagy vegyesen nyer alkalmazást aszerint, amint a települési viszonyok és a helyzet azt megkívánják. Más a védekezés módja akkor, ha a széntelep közvetlenül a triázmész-kőre települt, mint pl. a MÁK tokodi területén, és ismét más, ha a széntelep és a triázmész-kő között egy kellő vastagságú vízhatlan agyagmárga védőréteg fejlődött ki, mint a Salgó dorogvidéki területén és a MÁK szénterületének egy részén.

A védőréteg magában még nem nyújt teljes biztonságot a vízbetörés ellen egyrészt azért, mert a kavernák vetők mentén képződtek és a vízbetörés úgyszólván attól függ, hogy az érintett vető zárt vagy nyitott kifejlődésű; de az elvetési magasság is szerepet játszik, mert már egy közepes vető mellett is előfordulhat, hogy a vágat szénből triázmész-kőbe kerül; végül a mészkő alakulata is befolyásolhatja a vízveszélyt, mert a triázmész-kő a mélyben éppoly szeszélyes alakulatú, mint a külszínen, bércek és völgyek váltakoznak és egy-egy bérc a védőréteget elvékonyíthatja, sőt teljesen meg is szüntetheti. Utóbbi eset, vagyis a triászberc magábanvéve nem olyan veszélyes, mint a vető, mert a mészkő viszonylag vízhatlannak tekinthető, azonban bizonyos esetekben a mészkőrétegek közötti repedések, vagy az azokat kitöltő agyagrétegek mentén a kavernák

nyomás alatt álló vize, ha kisebb mértékben is, de mégis betörhet a bányába. A legközvetlenebb és legnagyobb a veszély mindenesetre ott, ahol a szén közvetlenül a triázmész-kőre telepszik. A MÁK esztergomvidéki szénvagyónának jelentékeny részénél ez a helyzet áll fenn, ezzel magyarázható az egyébként különösnek tekinthető jelenség, hogy ugyanazon szénmedencében a vízveszély elleni védekezés a két vállalatnál eltérő.

A védekezés módzatainak tárgyalásánál fejlődési sorrendben először a gátolással foglalkozunk.

1. A védekezés legrégibb módja a gátolás. Célja az, hogy a betört vizet a műveletektől elzárja és legalább azt a szénmenntiséget, amely víz nélkül fejthető, mentesítse a vízemelés költségétől. A gátolás azon a tapasztalaton alapuló elgondolásból fejlődött ki, hogy a vízbetörések a vetők mentén elkarsztosodott mészkőből származnak, egyébként maga a mészkő viszonylag vízhatlan, úgyszintén a szén is, kellő pillér visszahagyása mellett. Tehát, ha vízbetörés helyét elgátoljuk, a terület egy része vízmentesen fejthető le. Az eljárást régebben kellően indokolta a magas áramár és a centrifugális szivattyúk akkori rossz hatásfoka. A bánya e miatt nem a víz emelésére, hanem a víz elzárására rendezkedett be és mivel a víz másutt újból betört, az eredmény sorozatos elfulladás lett. Az aknák elfulladása viszont a tőkét riasztotta el az újabb befektetés-től és ennek tudható be, hogy a századforduló körül az esztergomvidéki bányászat hanyatlásnak indult.

A gátak a viszonyokhoz képest különböző kivitelben készülnek, mint falazott gát, beton ék, vagy gömbgát, nagyobb nyomásnál esetleg vasbetongát, sőt az eljárás gyorsítása céljából újabban bauxitcement-gátat is alkalmaznak. A gátolás manapság is jelentőséggel bír, célja azonban csak az időleges elzárás, tehát az emelendő víz szabályozása addig, míg a terület lefejtésére sor kerül, célja lehet továbbá egyes szénterületeknek egymástól való elzárása is, hogy a lefejtett és víz alá kerülő részekből a víz az új mezőbe át ne jusson, végül bizonyos esetekben cementálásnál is alkalmazták nyugvó vízszín előállítására, a cementálás sikere érdekében,

2. A cementálás újabb keletű védekezési mód, dr. Schmidt Sándor eljárása, melynek célja hasonlóképpen a víz elzárás, azonban nem a szénben, hanem a triázmész-kő üregeiben, cementes homokkal való beiszapolással.

A cementálás főként olyan területen eredményes, ahol a triázmész-kő és a széntelep között nagyobb vastagságú agyagmárga védőréteg fejlődött ki, az agyagmárga ugyanis kellő védelmet nyújt a felette lévő széntábla lefejtésénél, így veszélyt csupán a nagyobb vetők menti kavernák jelentenek. A kavernák becementálása után a következő széntábla az agyagmárga védelme mellett megint kellő biztonsággal fejthető.

Más azonban a helyzet olyan területen, hol a szén közvetlen a triázmész-kőre telepszik. Bár vízbetörés szempontjából itt is a vetők menti kavernák veszélyesek, azonban a veszély hatványozott, mert a védőréteg hiánya miatt a legkisebb vető is veszélyt jelent. A nagyobb vetők közötti számos apró vető következtében a mészkő sakktáblaszerűen van feldarabolva és olyan bo-

nyolult és szövevényes repedéshálózat fejlődött ki, hogy némi túlzással a mészkő ezen a területen vízzel telt érhálózathoz hasonlítható. Ennek a szövevényes repedéshálózatnak mélyfúrással való felkeresése annyi fúrást igényelne, hogy az a cementálás gazdaságosságát tenné kétségesse, ezért védőréteg nélküli területen általában a harmadik védekező módozatot, a lecsapoló eljárást alkalmazzuk. Védőréteg nélküli területen is előfordulhat azonban olyan különleges eset — pl. elfulladásal járó nagyarányú vízbetörés, amelynél a szivattyúzási kilátások kedvezőtlenek — hogy a vízbetörés cementálással előnyösebben küzdhető le, mint szivattyúzással, ez esetben természetesen a cementáló eljárásnak biztosítunk előnyt. A MÁK bányászata védőréteg nélküli területen ezidő szerint 40–50 m víznívó alatti mélységben mozog és évtizedek múlva is csak 100 m mélységig fog lejutni. Ily, aránylag kis mélység mellett a lecsapoló eljárás előnyösen alkalmazható és mint későbbiekben látni fogjuk, gazdaságos és üzembiztos eljárásnak bizonyult.

A cementálás maga költséges eljárás, azonban bizonyos mélységen túl, hol nagy vízbetörésekkel kell számolni és a vízemelés költsége már a gazdaságosságot veszélyeztetni, hatásos eljárás a vízveszély leküzdésére, mit számos nagyarányú elfulladásal járt vízbetörés sikeres elfojtása igazol. A mélység növekedésével a költségek is megfelelően növekednek, de ugyanakkor a vízemelésnél is, szerencsére a természet gondoskodása folytán a nagy mélységű medencefenéken és oldalakon helyenként oly vastag védőréteg fejlődött ki, mely emberi számítás szerint, a vízveszéllyel szemben elegendő védelmet biztosít.

A cementálás értékes gyakorlati eredményein felül, a vízveszély nagyságának megítéléséhez is támpontot szolgáltatott azáltal, hogy a beiszapolt cementes homok mennyiségéből a kavernák ürtartalmát is megismerhettük. Míg a legtöbb kaverna ürtartalma 5–6000 m³-t tett ki, akadtak olyan kavernák is, melyek 100–200.000 m³ iszapot is elnyeltek, pl. a VI. akna melletti fúrólukba 240.000 m³ homokot iszapoltak be és attól 150 m-re telepített fúrólukba további 110.000 m³-t, Annavölgyön egy fúrólukba ugyancsak 110.000 m³-t iszapoltak. Ha elmélkedünk ezeken az óriási méreteken, akkor fogalmat alkothatunk magunknak a karsztvíz hatalmas munkájáról és arról az idegőrlő bányásmunkáról, amelynek ily nagy veszedelmekkel kell eredményesen megküzdeni.

A cementálás részleteivel e helyen nem kívánok foglalkozni, részben azért, mert szerzője azt irodalmilag részletesen feldolgozta, másrészt mert értekezésemben főként a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. esztergomvidéki bányászatának viszonyait és védekezési módozatát szándékozom részletesebben ismertetni.

3. A védekezés harmadik módja a lecsapolás, amelynél a betört víz szivattyúzásával helyi víztűkőr süllyesztést idézünk elő.

Az előzőekben kifejtettük, hogy bár a vetők mentén nagy kavernákkal kell számolni, mégis mivel a kavernákat összekötő vízjáratok csak vetőmenti repedésekből állnak, vízbetörések alkalmazásával nem a hidrosztatikai nyomásnak megfelelő teljes karsztvíz mennyiséggel, hanem annak csak egy hányadával kell számolni. A megcsapolt kaverna kiürítése után az állandó hozzáfolyást

kell emelni, mely részben az egymással összekötetésben lévő kavernák lassú kiürítése, másrészt az összekötő vízjáratok, illetve repedések betömése folytán idővel apadásnak indul. Ez a tapasztalati tény vezetett bennünket fokozatosan a védekezésnek harmadik módozatához, a vízszivattyúzással való lecsapolás alkalmazásához.

Védőréteg nélküli területen vízveszély szempontjából teljesen mindegy, hogy a főfolyosók szénben, vagy mészkőben vannak kihajtva, mert a betört vízmennyiség mindkét esetben teljesen ugyanaz. Ezen gyakorlati tapasztalatból kiindulva, Hozmann kezdeményezésére a főfolyosókat, mint a szállítóereszkét, alapközlét, zsonpot és esetleg a szivattyúkamarát is mészkőbe helyezték azzal a céllal, hogy ha már a triázmészkö hátrányát, a vízveszélyt viselni kell, akkor legalább annak előnyét a tetemes fenntartási költséget megtakaríthassuk. Hozmann és később Schnetzer elgondolásának is az alapja az volt, hogy a mészkővágatokkal megnyitott vízbetörések a mészkőben könnyen elzárhatók és ily módon a vízveszély könnyebben leküzdhető, a hangsúly tehát a vízbetörés könnyebb elgátolásán volt. Az V. ereszkéi tapasztalatok azonban azt igazolták, hogy a mészkőben való vízelzárás nem vezet kielégítő eredményre, mert a víz más helyen mindig kitör, miáltal a bánya állandó üzembiztarnak van kitéve. Kétségtelen az, hogy védőréteg nélküli területen a vízjáratok átlagszelvényének megfelelő vízmennyiség megnyitása el nem kerülhető, ezért helyesebb, ha a veszéllyel kellő megfontoltsággal szembeszállunk és a megnyitott vizet emeljük. Az I/a. ereszkéi 14 m³-es vízbetörés emelése során, 1939-ben jutottunk arra az értékes tapasztalatra, hogy a betört vízmennyiség szivattyúzásával a karsztvíztűkőr helyileg süllyeszthető. Ezen gyakorlati tapasztalatból fejlődött ki fokozatosan a harmadik védekezési eljárás: a vízszivattyúzással való lecsapolás. Ez a módszer sem nélkülözheti teljesen a gátolást, azonban azt csak az emelendő víz szabályozására alkalmazza, amíg a területre szifejtésére sor kerül.

A betört víz emelésével tulajdonképpen helyi víztűkőrsüllyesztést idézünk elő, és egy lapos parabolaalakú teknőt víztelenítünk, melynek csúcspontja a vízbetörés helye, szárai pedig a vízjáratok átlagkereszt-szelvényétől és a falakon fellépő sűrűlődtől függő szög alatt emelkednek. Az ily módon víztelenített teknő felsőbb szintjein a források elapadnak, vízbetöréstől többé már nem kell tartani és a szén a lecsapolt területen szárazon fejthető.

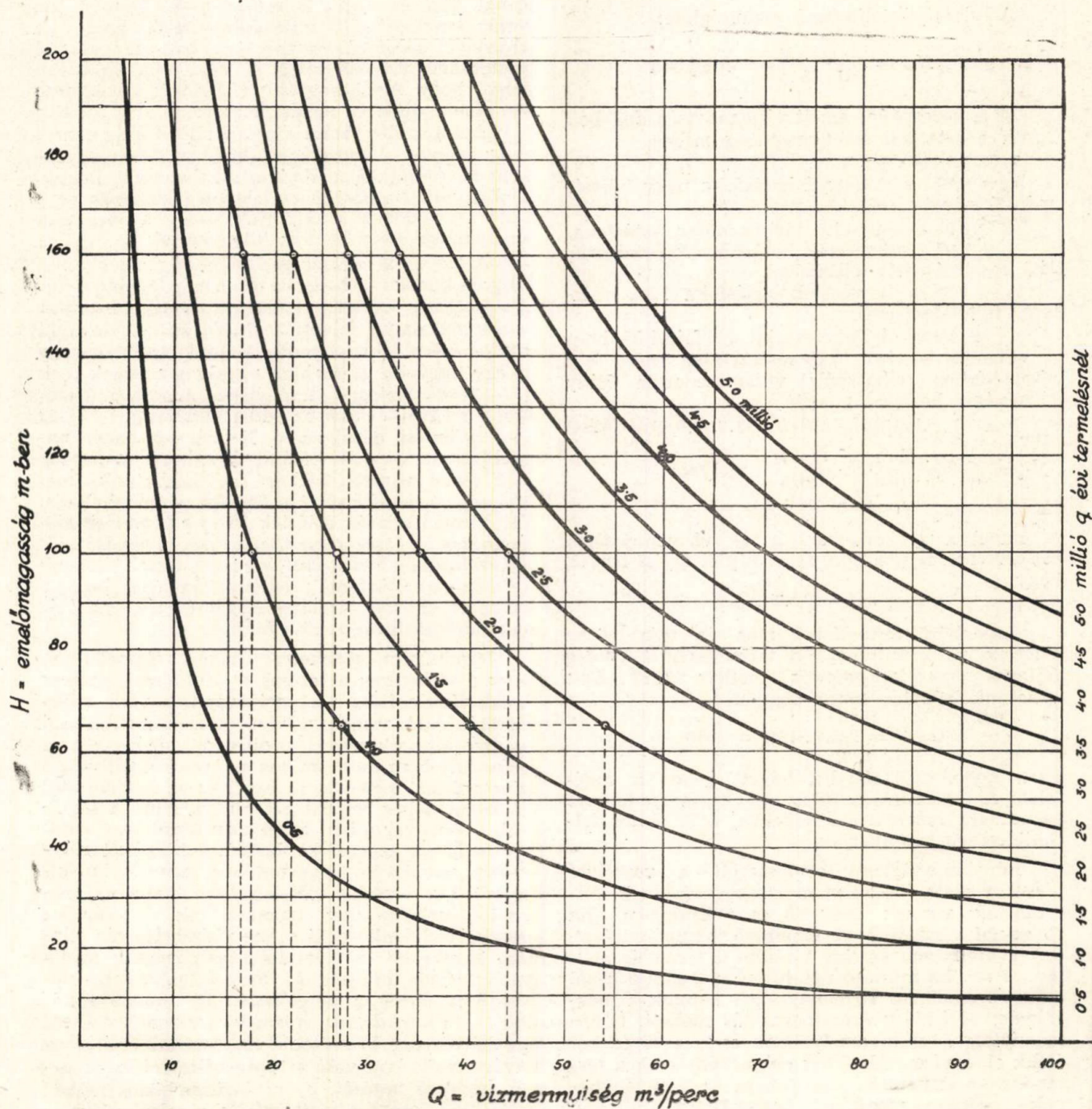
A karsztvízállás változásának tárgyalásánál láttuk, hogy a legnagyobb vízbetörés is a kavernában csak 2,3 m víztűkőrsüllyedést idézett elő, ezzel szemben az I/a. ereszke víztelenített teknőjében egy fekü harántolással a parabola felső szára mentén a triázmészkö egyik kavernáját megnyitva, abban 12 m víztűkőrsüllyedést tapasztaltunk. Ez volt az első eset, amikor a lecsapolás hatását a kaverna víztűkrének nagymérvű süllyedésén észleltük, ami egyben igazolása annak, hogy a vízbetörés szivattyúzásával a kaverna víztűkre helyileg süllyeszthető és ily módon bizonyos terület vízteleníthető. Ha Stegl és Schmidt S. elgondolása: a víztűkörnek az egész medencére kiható lesüllyesztése a vízjáratok szűk szelvénye miatt nem valószínű meg, mégis megnyugtató,

hogy bizonyos körzetre kiható, regionális víztükrösüllyesztés az I/a. ereszké tanulsága szerint lehetséges. Ez a tapasztalat a védőréteg nélküli paleocén széntelep bányászatára nézve létfontosságú kérdést tisztázott, mert alapot adott a tárgyalat harmadik védekezési módozatnak: a lecsapoló eljárásnak.

A lecsapoló eljárással egy-egy ereszkemező 400—500 m csapáshosszban vízteleníthető. Túl nagy terület lecsapolására nem célszerű törekedni, mert az emelendő vízmennyiség a terület nagyságával arányosan növekszik, e helyett inkább több, egyenként kb. 10 millió q szénvagyonnal bíró ereszkemezők elkülönített feltárására kell törekedni, és olyan fejtési rendszert bevezetni, amely

a viszonyokhoz alkalmazkodva a terület gyors lefejtését biztosítja. Az ereszkemezők feltárása esetünkben nem jelent hátrányt, mert az altáróból az egész szénterület ereszkékkel feltárható és a mozdonny szállításra berendezett altáró a szállítást összpontosítja. A lecsapoló eljárásnak előfeltétele a jól átgondolt, nagy teljesítményű szivattyútelep, amely a vízbetörés első szakaszában — mikor az állandó hozzáfolyásnál nagyobb mennyiséget kell átmenetileg legyőzni — az ereszkét elfulladás ellen védje.

Az eljárás gyakorlati alkalmazásánál ismerünk kell minden esetben, hogy a különböző mélységekből mennyi vizet emelhetünk a nélkül, hogy a fajlagos energiafogyasztás, vagyis az 1 q szénre



7. ábra.

cső energia és annak költsége a megengedhető határt túl ne lépje. Ennek mérlegelésére és gyors megállapítására szolgál a 7. ábrán feltüntetett diagramm. A diagramm szerkesztésénél abból a feltételből indultunk ki, hogy a megengedhető fajlagos energiafogyasztás legfeljebb 4 kWó/q lehet, vagyis 1 q szénre eső vízelelési költség 4 f/kWó árral számolva, 16 fillérnél ne legyen magasabb, ez az a határ, amelynél a vízelelési költség a gazdaságosságot még nem veszélyezteti. Ezen feltétel mellett szerkesztett diagrammról tetszőszerinti mélység és évi termelés mellett az emelhető vízmennyiség az abszcissza leolvasható, vagy fordítva, adott vízmennyiség és mélység mellett a termelendő szénmennyiség megállapítható.

A szivattyú teljesítményszükséglete:

$$N_{Le} = \frac{Q_1 \cdot H}{60 \cdot 75 \cdot \eta_{\sigma}} \quad \text{melyben}$$

Q_1 a percenként emelt vízmennyiség dm^3 -ben,
 H a sztatikai emelőmagasság m -ben,

$$\eta_{\sigma} = \eta_{sz} \cdot \eta_m \cdot \eta_{cs} \cdot \eta_t$$

$\eta_{sz} = 0,80$ a szivattyú hatásfoka nagy teljesítményű szivattyúnál,

$\eta_m = 0,92$ a meghajtó elektromotor hatásfoka,
 $\eta_{cs} = 0,97$ a csővezeték hatásfoka 3% csőszűrlési veszteség feltételezésével,

$\eta_t = 0,88$ a távvezeték hatásfoka 12% veszteség feltételezésével,

η_{σ} az összhatéfok e szerint azt fejezi ki, hogy a villamos központ kapcsolótábláján mért és a vízeleléshez felhasznált villamosenergia hány $\%$ -a végez hasznos munkát.

Fentiek alapján $\eta_{\sigma} = 0,80 \cdot 0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,88 = 0,628$ és

$$N_{Le} = \frac{Q_1 \cdot H}{60 \cdot 75 \cdot 0,628} = \frac{Q_1 \cdot H}{2826} \quad \text{melyből}$$

$$Q_1 \cdot H = 2826 N_{Le}$$

és mivel a gyakorlatban a Q vízmennyiséget m^3/perc -ben fejezzük ki, fenti képlet így is írható, hogy

$$Q \cdot H = 2,826 N_{Le}$$

Különböző termeléshez más és más görbe tartozik, pl. 2 millió q évi termelésnél 4 kWó/q fajlagos energiafogyasztás mellett 1242 Le-t vehetünk igénybe, ennek alapján

$$Q \cdot H = 2,826 \cdot 1242 = 3510$$

Ezen egyenletről minden felvett Q -hoz a megfelelő H -t kiszámítva és az így nyert eredményt koordináta rendszerben felrakva, a 7. ábrán feltüntetett görbét nyerjük.

Bányaműveleteink ezidőszerint a veszélyes víztükör alatt $40\text{--}50 \text{ m}$ mélységben folynak, feltárásaink vannak még 65 m mélységben. Ha 65 m -nél vizsgáljuk az emelhető vízmennyiséget, úgy a diagramm szerint 1 millió q termelés mellett 27 m^3 , $1,5$ millió q -nál 40 m^3 és 2 millió q -nál $54 \text{ m}^3/\text{p}$ emelhető vízmennyiséget kapunk a megengedett 4 kWó/q áramfogyasztás mellett. Olyan mennyiségek ezek, amelyeknek csak a töredékét értük el, a vízelelés tehát elviselhető, csak a termelésre, a szivattyúk hatásfokára és a viszonyoknak pontosan megfelelő beszabályozására kell különös gondot fordítani.

A jelenleg művelés alatt álló védőréteg nélküli területen a széntelep + 30 m tengerfeletti, tehát 100 m víztükör alatti mélységig terjed, ebben a mélységben a diagramm szerint 1 millió q évi termelés mellett 18 m^3 , $1,5$ millió q -nál 26 m^3 , 2 millió q -nál 35 és $2,5$ millió q -nál $44 \text{ m}^3/\text{p}$ víz emelhető. Mindezekből megállapítható, hogy védőréteg nélküli területünkön a lecsapoló eljárás megfelelő termelés mellett még hosszú ideig alkalmazható gazdaságos eljárás.

A nagyobb mélységben fekvő ódorogi és ebszőnyi mélyszerint -30 m tenger alatti mélységben, tehát a víztükör alatt 160 m mélyen van a széntelep, mindkét helyen $1,5$ millió q évi termelés mellett 17 m^3 , 2 millió q -nál 22 m^3 , $2,5$ millió q -nál $27,5$ és végül 3 millió q -nál $33 \text{ m}^3/\text{p}$ víz volna emelhető. Ily mélységben lévő ódorogi és ebszőnyi szénterületünkön azonban már kellő vastagságú vízvédő réteg is van, nem valószínű tehát, hogy ennél nagyobb vízbetörés következne be, amennyiben ez mégis megtörténne, az esetben a vízbetörés elfojtására a cementáló eljárás vehető még igénybe. Védőréteggel bíró területen egyébként más feltérési módozatot alkalmazunk, amennyiben a triász mészkövet lehetőleg kerüljük és a feltérést fedőben eszközöljük, hogy a vízhatlan agyagmárga védő hatását kihasználjuk.

A lecsapoló eljárás gazdaságossága még nincs teljesen kimerítve, hanem e téren még további fejlődés várható, ugyanis rendes gazdasági viszonyok között az alapul felvett 4 f/kWó áramár további csökkenésével lehet számolni. Nálunk még manapság is egy nagyobb gőzturbina egység a szénnek csak $15\text{--}17\%$ -át alakítja át tényleges munkává. Ujabban a gőzturbináknál az eddig alkalmazott $15\text{--}20 \text{ at-s}$ beömlési gőznyomást $35\text{--}50$, sőt ennél nagyobb nyomásra is emelik, úgy hogy manapság már olyan gőzerőművekre hivatkozhatunk, melyeknek szénhatásfoka a 25% -ot is meghaladja. Tatabányán szintén áttértek 35 at-s beömlési gőznyomásra és ezzel kapcsolatban nagynyomású előtét-turbina alkalmazására, és mivel áramellátásunk Tatabányáról történik, remény van arra, hogy a lecsapoló eljárás gazdaságosságát és alkalmazásának határát tovább növelhetjük.

Mindhárom védekezési módnál előfordulhat, hogy a vízbetörés az ereszkét elfulladásztja, amikor annak víztelenítése, illetve újranyitása válik szükségessé. Álló vízben a vízbetörés cementálással rendszerint sikeresen elfojtható, de gyakran előfordul olyan eset, amikor az ereszkét süllyesztő szivattyúkkal kell vízteleníteni; ez az üzemvezető általában nehéz feladat elé állítja, mert a legkisebb áramzavar újbóli elfulladászt idézhet elő, amikor nemcsak az ereszke, hanem a beépített süllyesztő szivattyúk is veszendőbe mennek. Az elfulladt $I/a.$ ereszke víztelenítése alkalmával sorozatos nehézségeket tapasztaltunk és bár az ereszke víztelenítése 14 m^3 -es vízhozáfolyás ellenére is sikerült, a tapasztalt nehézségek mégis gondolkodóba ejtették és más megoldás keresésére ösztönözték a vezetőséget. Ily módon fejlődött ki Vizer dr. és Rozinek kezdeményezésére egy lényegesen kedvezőbb víztelenítési eljárás: a bűvárszivattyúval való ereszke víztelenítése, melynek kedvező hatását, gyors és üzembiztos működését az $I.$ ereszke víztelenítése alkalmával gyakorlatilag is kipróbáltuk, és előnyeit a süllyesztő

szivattyúval szemben kétséget kizáróan megállapítottuk. A bűvárszivattyút csővezetékével együtt kerékpárokon az elfulladt ereszkébe leeresztve a szivattyúzás azonnal kezdetét veheti és a víztelepítés áramzavartól függetlenül a legrövidebb idő alatt elvégezhető.

Előadottakból megállapítható, hogy a tárgyalt védekezési módok vagy külön, vagy kombinálva nyerne alkalmazást a szerint, amint azt a települési és mélységi viszonyok megkívánják. Mindhárom védekezési mód mellett azonban bizonyos előzetes védekezésre is szükség van. Mint láttuk, vízveszély szempontjából a vetők a legveszedelmesebbek, mert a karsztosodás a vetők mentén következett be, ezért a fővetőket, amennyire lehetséges, kerülni kell. A vetők közül különösen a felvetők veszedelmesebbek, mert a szénben haladó vágat már egy közepes vetőnél is könnyen mészkőbe juthat és közvetlenül csapolja meg a vetőmenti kavarnahálózatot; ezzel szemben a levetések kevésbé veszélyesek, mert a fedőmárga rendszerint tökéletesen zárja a mészkövet, azonban kivételesen levetőnél is előfordulhat, hogy a vető nyitott, mikor a vízbetörés ugyancsak bekövetkezik.

Megelőzés céljából különösen a fővetők mentén vízvédelmi pillérek szoktunk visszahagyni, melyeket a terület lefejtése után a lehetőségekhez képest addig gyengítünk, amíg azt a fakasztott víz mennyisége megengedi.

A vízvédelmi pilléreket gyakorlati tapasztalatok alapján méretezzük a szén keménységétől és a hidrosztatikai nyomástól függően. Tapasztalati tény ugyanis, hogy 1,5–2 m vastag agyagmárga réteg 1 at víznyomás ellen már viszonylagos védelmet nyújt, szénben ez a méret — ugyancsak gyakorlati tapasztalat alapján — a szén keménységétől függően 4–5 m szélességnek felel meg. Ennek alapján a fővetők mentén visszahagyandó vízvédelmi pilléreket a gyakorlatban bevált egyszerű méretezéssel $Sz = 0,4 H - 0,5 H$ értékkel állapítottuk meg, hol Sz a teljes pillérméret és H a telep mélysége a veszélyes víztükör alatt.

A MÁK és Salgó szénbirtok határán visszahagyandó vízvédelmi határpillér hatósági megállapítása Esztó Péter és dr. Vendel Miklós professzorok szakvéleménye alapján történt. Szakértők először egy biztonsági határvetést állapítottak meg, ameddig a határ veszély nélkül megközelíthető, a határpillért azután a pillér szélességét befolyásoló összes körülmények helyszíni megvizsgálása és figyelembevétele alapján méretezték.

Esztó szerint a biztonsági határvetés szélessége a határ mindkét oldalán az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$s = m + 0,4 \frac{H}{1 + \frac{h}{H}}$$

melyben H a telep mélysége a veszélyes vízszint alatt, h a kőzetvastagság a veszélyes vízszint és külszín között és m az a szélesség, amellyel a pillért növelni kell, hogy a szomszédos fejtések hatását, vagyis a pillérben előálló lazulást kiegyenlítsük; ez a szélesség elméletileg 45°-os törésszöggel, tehát a telepvastagsággal vehető figyelembe.

A vízvédelmi határpillért a széntelepben megállapított agyagos betelepülésekre való tekintettel — amelyek átnedvesedve csúszó felületet alkothatnak — elcsúszás ellen méretezték. Az elcsúszás elleni biztonság feltételül Esztó a ható erőt az elcsúszható tömeg surlódási ellenállásával veszi egyenlőnek és az egyensúlyi helyzetből vezeti le a határpillér alábbi képletét, melyet még a mérési középhiba háromszoros értékével növel meg.

E szerint a határpillér szélessége a határ mindkét oldalán:

$$v = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{H \cdot M}{1 + \frac{h}{H}}} + 3 \delta$$

amelyben M a telep vastagsága és δ a mérési középhibája. A teljes határpillér szélessége pedig $Sz = 2v$.

A határpillérre megállapított képlet — mivel a helyzet azonos — alkalmas a vetők mentén visszahagyandó vízvédelmi pillérek méretezésére is.

Kétségtelen az, hogy az Esztó-féle képlet a tényleges körülményeket pontosabban értékeli, mint a gyakorlati tapasztalatok alapján megállapított egyszerű képlet, ez kifejezésre jut abban, hogy a gyakorlati képlettel nagyobb pillérméretet nyerünk. A gyakorlatban ugyanis általában nagyobb biztonsággal méretezzük, a szakvélemény pedig a legkisebb pillérméretet adja. A szakértők értékes munkájának jelentőségét növeli az, hogy a gyakorlati mérnöknek módot ad arra, hogy a tapasztalatok alapján megállapított pillér méretét elméletileg is ellenőrizhesse.

Előadottakból láttuk, hogy a vízveszély a hegyképződéssel kapcsolatos elmozdulások folytán keletkezett vetőkkel és az azok mentén bekövetkezett karsztosodással kapcsolatos, rendkívül fontos érdeke tehát a tervszerű bányavezetésnek, hogy a vetőket és általában az alapkőzet tagozódását még a feltárások megkezdése előtt minden rendelkezésre álló eszközzel pontosan kikutassa és meghatározza. A kutatás eddig majdnem kizárólag mélyfúrással történt, ez az eljárás azonban költséges és hosszadalmas, emiatt rendszerint hiányos, és a tervező mérnöknek úgyszólván állandó gondot okoz az, hogy nem rendelkezik elegendő támponttal a feltárás és főként a vízveszély elleni megelőző védekezés üzembiztos megoldásához. A geofizikai kutatómódszerek újabb fejlődése azonban már komoly reményt nyújt arra, hogy az alapkőzet tagozódását és a vízjáratok bonyolult hálózátát a jövőben geofizikai módszerek alkalmazásával könnyebben és gyorsabban ismerhetjük meg, mint az eddig történt. E tekintetben utalok dr. Pogány Béla egyet. tanárnak a Magyar Tudományos Akadémián 1943. március 22-én tartott „Szeizmikus mérések Dorogon 1942-ben” című előadására, valamint dr. Vendel Miklósnak „Elektrische Triaswasserschürfung in Dorog” és dr. Pogány Bélának „Über Messungen der Bodenleitfähigkeit in Dorog” című értekezéseire, amelyek „A bánya- és kohómérnöki osztály közleményei” 1941. évi kötetében jelentek meg. Dr. Pogány megállapítása szerint a szeizmikus mérőműszer gyakorlatilag alkalmas és gazdaságos segédeszköz a triász-mészakő alakulatának és vetődéseinek meghatározására. Dr. Vendel M. szerint az eredeti Wenner-féle elektromos kutató módszer, mely a

fajlagos ellenállás mérésén alapszik, vízmeghatározásra alkalmas ugyan, azonban a triázmészko egyes vízjáratainak és kavernáinak megállapítására gyakorlatilag nem elegendő pontosságú, mert csak egy átlagos képet ad, nézete szerint azonban a vízjáratok felkutatásánál az elektromos ellenállásmérés még nagy szerepet fog játszani. A Schlumberger-féle javított módszer, ebből a szempontból komoly előhaladást jelent, mert az elektródák távolsága egész kicsiny is lehet, minek következtében sokkal finomabb részletek foghatók, mint a Wenner-módszerrel.

A geofizikai kutatómódszereknek a karsztvízkérdés megoldásánál nézetem szerint az esetben lehet komoly gyakorlati jelentősége, ha sikerül olyan érzékeny készüléket szerkeszteni, amellyel a triázmészko tagozódását, tehát annak vetődéseit, elvetési magasságát, rögeit és tektonikus árkait úgy vízszintes mint függőleges irányban kellő pontossággal meghatározhatjuk. Ez különösen új, vízveszélyes szénterületek és aknamezők feltárásánál bírna nagy jelentőséggel, mert az alapkőzet tagozódásának ismerete egyben a vízjáratok helyzetét is nagyjából tisztázza, tapasztalat szerint ugyanis a karsztosodás és az azzal kapcsolatos vízjáratok vetődések mentén fejlődtek ki. A hivatkozott értekezések alapján az alapkőzet tagozódása szeizmikus mérésekkel, a vízjáratok helyzete pedig elektromos ellenállás méréssel, nevezetesen a Schlumberger-féle módosított eljárással volna meghatározható.

A geofizikai kutatómódszerek fejlődése a vízveszély elleni védekezés szempontjából különös fontosságú és fokozott figyelmet érdemel. A gyakorlati alkalmazhatóság elbírálása az érdekelt vállalatok feladata, mely bizonyos áldozathozattal nem nélkülözhet.

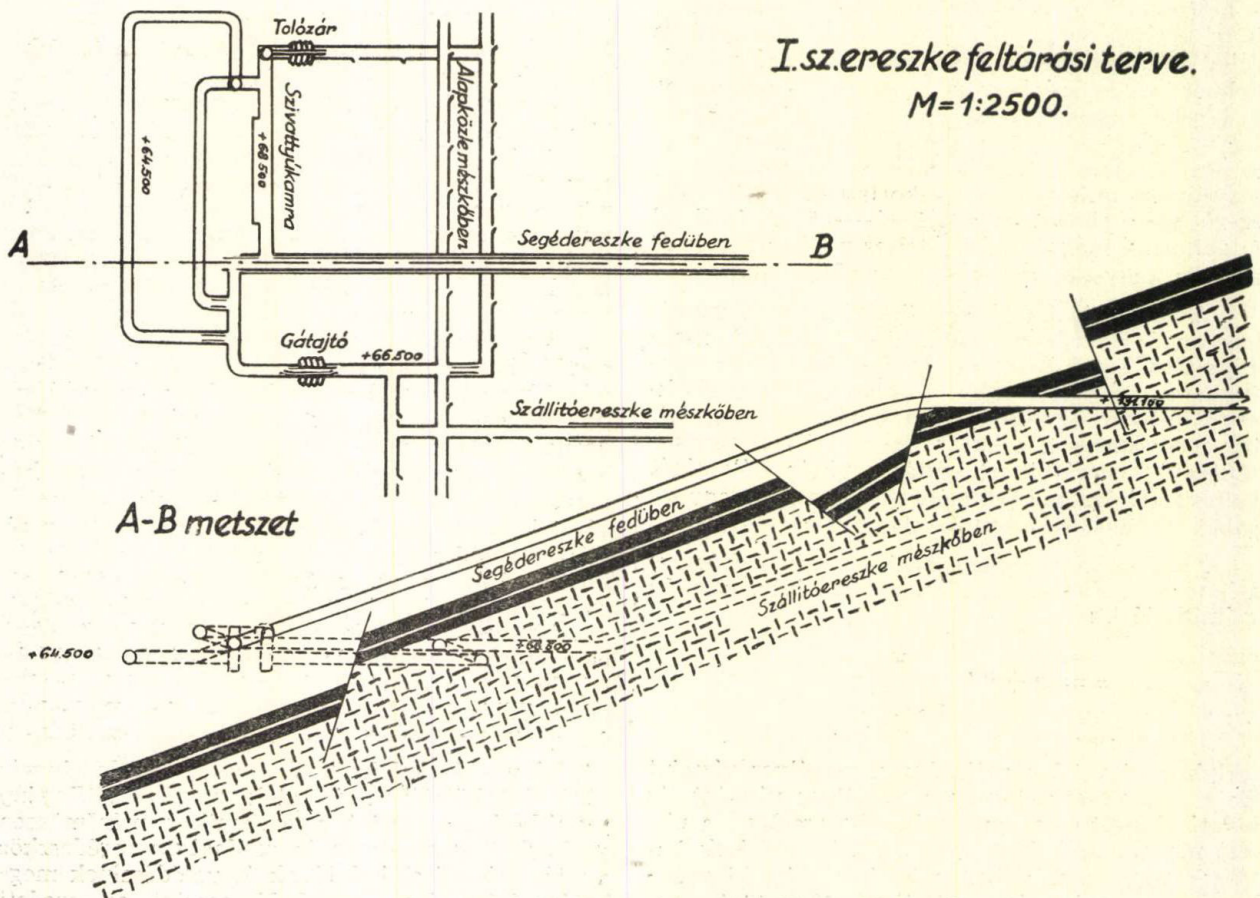
Feltérési módjaink rövid ismertetése.

Előző fejezetekben tárgyaltuk a vízveszélyt és a védekezés módjait, különös tekintettel a lecsapoló eljárásra. Befejezőül röviden ismertetni kívánom a gyakorlati kivitelezés módjait, hogy az előzőekben lefektetett alapelvek milyen bányaműszaki megoldásokat kívánnak és ennek megfelelően milyenek a településtől függő feltérési módok.

Az ereszkemezők feltérési módja a települési viszonyoktól függ; más a feltérési mód védőréteg nélküli területen és ismét más olyan mezőben, hol a széntelep alatt kellő vastagságú vízvédőréteg fejlődött ki. A két feltérési módot egy-egy példával kívánom röviden ismertetni.

Az I. ereszke feltérása.

Az I. ereszke védőréteg nélküli széntelepet tárt fel. A terület feltérását a 8. ábra szerint két párhuzamos ereszkével oldottuk meg. A feltérési mód elgondolása az volt, hogy a segédereszkét fedűben mélyítjük le, hogy mélyítés alatt vizet ne fakasszon, majd a szivattyúkamra és zsomp elkészítése és felszerelése után a széntelepet átharántolva, a főszállító ereszkét mészkőben alulról



8. ábra.

felfelé siklószerűen hajtjuk ki, hogy a mészkőben fakasztott vizek a $30 \text{ m}^3/\text{p}$ teljesítményre be rendezett szivattyútelep védelme mellett zavart ne okozhassanak.

A kivitel csak annyiban változott, hogy az időközben bekövetkezett gazdasági válság miatt a főszállító ereszkét is felülről lefelé mélyítettük, hogy kellő pillér visszahagyásával az ereszkét víz alá eresztve a válság idején a vízemelést megtakaríthassuk.

A vízveszély elleni védekezés alapját a jól átgondolt és kellően felszerelt szivattyútelep képezi, melynek igen fontos feladata az, hogy minden lehetőség ellen kellő biztonságot nyújtson.

Egyrészt a kezdeti legnagyobb vízmennyiség kiegyenlítése, másrészt az áramellátási zavarok áthidalása céljából a szivattyúkamrát elzárható kivitelben készítettük el. E célból az alapközlén egy vas-gátajtót építettünk be, amelynek elzárása által a bányamező víz alá ereszthető, azonban a fedűben kihajtott és betonnal biztosított szivattyúkamra és segédereszke az elfulladás alól mentesül. A vas gátajtó gátszékebe beépített csővezetékben és szelepen keresztül a fedűben kihajtott zompba annyi víz bocsátható, amennyit a szivattyútelep emelni képes. A kezdeti legnagyobb vízhozáfolyás leküzdése után a gátajtó újból ki nyitható. Ugyancsak a kiegyenlítés célját szolgálja azon óvintézkedésünk, hogy a szivattyútelepeket a várható állandó vízmennyiségnél nagyobb teljesítményre rendezzük be, valamint, hogy a szivattyúkamrát 2 m-rel az alapközle szintje fölé helyezzük, hogy az alapközle szükség esetén a tartalékszomp szerepét is betölthesse és hatalmas úrtartalmával a kezdeti legnagyobb vízmennyiség kiegyenlítését hatékonyan elősegítse.

A IV. ereszke feltárása.

A IV. ereszke széntelepe alatt 8–10 m vastag agyagmárga védőréteg fejlődött ki, ennek figyelembevételével a feltárás némileg módosult. Az alapközle víztükör alatt 50 m mélységben nyert kihajtást, a védőréteg tehát a fennálló hidrosztatikai nyomással szemben vízbetörés ellen viszonylagos védelmet nyújt, azonban elvékonyodásnál, vagy vetők mentén itt is vízbetöréssel kell számolni.

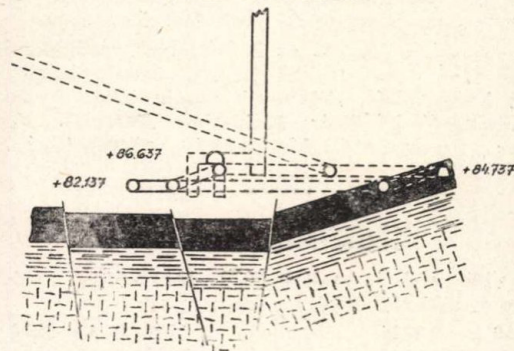
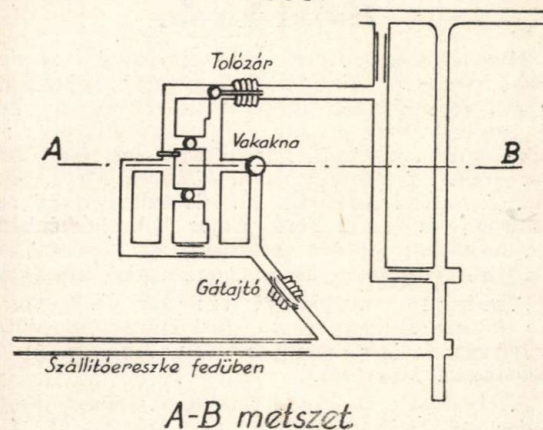
Védőréteggel bíró területen a triázmészkövet lehetőleg kerüljük és a feltárást fedűben eszközöljük. A IV. ereszke feltárását ezen elv alapján fedűben kihajtott szállítóereszkével és ugyancsak fedűben lemélyített vakaknával oldottuk meg (9. ábra). A feltárás további része tehát a szivattyúkamra kiképzése, elzárhatósága stb. az előbb tárgyalt I. ereszkei kivittel teljesen megegyezik.

Védőréteggel bíró területen nem törekszünk feltétlenül lecsapolásra, hogy az agyagmárga védőhatását kihasználjuk, azonban, hogy meglepetések ne érhessenek, a vízemelésre ugyanolyan mérvben készülünk fel, mint védőréteg nélküli területen.

Mivel a széntáblákat a védőréteg a vízbetöréstől megvédi és csak vető mentén kell vízbe-

IV.sz.ereszke feltárási terve.

$M=1:2500.$



9. ábra.

törésre számítani, a fakasztott vizet elsősorban megkíséréljük elgátolni és csak, ha az bármilyen okból kifolyólag nem vezetne eredményre, szánjuk rá magunkat az állandó vízemelésre. Védekezési eljárásunk tehát hasonlít az elődeink által védőréteg nélküli területen alkalmazott módszerhez azzal a különbséggel, hogy nemcsak a víz gátolására, hanem szükség esetén annak emelésére is berendezkedünk és a két eljárást külön-külön, vagy együttesen alkalmazzuk.

*

Fentiekben igyekeztem összefoglalni és ismertetni az esztergomi szénmedence hidrológiai viszonyait és a vízveszély elleni védekezés módjait, különös tekintettel a Magyar Általános Kőszénbánya Rt. tokodi bányászatára. Összefoglalóan tárgyaltam a karsztvízkérdést és azokat a törvényszerű megállapításokat, melyekhez több neves bányász és geológus szakértő véleménye, forrásmunkái és feljegyzései, végül negyedszázados gyakorlatom tapasztalata, kutatómunkája és megfigyelései szolgáltatták az anyagot. Ismertettem ezen törvényszerű megállapításokra felépített feltárási és védekezési módokat azzal a felfelé emelő érzéssel, hogy ezzel kötelességet teljesítek az utódokkal szemben és abban a reményben, hogy szerény munkámmal némileg hozzájárultam az esztergomi szénmedence bonyolult karsztvíz-kérdésének fokozatos tisztázásához.