

# MÉRNÖKGEOLÓGIAI

---

# SZEMLE

---

A Magyarhoni Földtani Társulat  
Mérnökgeológia — Építésföldtani  
Szakosztályának időszakos kiadványa

**6**

Kézirat

Budapest, 1971.





6.sz. füzet

MÉRNÖKGEOLÓGIAI  
SZEMLE

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT  
MÉRNÖKGEOLÓGIA-ÉPÍTÉS-FÖLDTANI  
SZAKOSZTÁLYÁNAK IDŐSZAKOS KIADVÁNYA

Kézirat

Budapest, 1971. január hó

Kiadja: MTESZ Magyarhoni Földtani  
Társulat

Felelős kiadó: Kriván Pál

Alak: A/4

Engedélyszám: 92073-971

71. -509/MTESZ HNy. Bp. /pné.

Készült: 450 példányban

## TARTALOMJEGYZÉK:

		Oldal
Prof. Mencl, G.:	A prágai földalatti mérnök-geológiai problémái .....	5
Paál Tamás:	A tervezett káposztásmegyeri-lakótelep építés-földtani viszonyai .....	15
Szlabóczky Pál:	Mérnökgeológia Borsodban .....	19
Dr.P.B. Attewell:	A helyszíni vizsgálatok gyakorlata Nagy-Britanniában, kis mélységben vezetett alagutak esetében .....	33
Paál Tamás:	Az ujjpalotai lakótelep előzetes hidrogeológiai vizsgálata .....	51





A PRÁGAI FÖLDALATTI MÉRNÖK-GEOLÓGIAI PROBLÉMÁI<sup>x</sup>

Prof. Menci, G. (Prága)

Prága szélesebb környezetét az u. n. Barrandien képezi. Így nevezzük a közép-csehországi Algonkiumot, és korai Paleozóikumot a francia J. Barrende (1799 -1881) paleontológus tiszteletére. Ez a tudós egész életét és működését ennek a területnek szentelte. Az erre vonatkozó nagyszabású és klasszikus műve vének címe: "Systeme silurien du centre de la Boheme" (Közép-Csehország sziluri rendszere).

Prága belvárosának és ezzel a földalatti vonalainak geológiai alapjában a Barrandien hegy rendszerének csak egyetlen tagja található: gyűrődéses rétegek, amelyek az ordoviciumhoz tartoznak.

A Barrandien ordoviciumi rétegcsoportjaiban szabályosan váltakoznak vastag agyagpala rétegcsoportok, kb. éppen olyan vastag homokos rétegcsoportokkal. A pelitikus és pszamitikus üledékeknek ez a váltakozása az orcoviumi tenger felületi mozgásaira utal, ahol ezek az üledékközetek lerakódtak. A hasonló lerakódási feltételek ismétlődése okozta, hogy a prágai sziklás alapkőzet ordoviciumi rétegeiben, és ilyen módon a földalatti vonalainak hosszában hasonló spektrográfiai jellegű és nagyon hasonló műszaki tulajdonságú kőzetek ismétlődnek.

Ezek a sekély tenger üledékközetei. Csak a tenger későbbi helyi mélyüléseit a szedimentációs medence fenekének süllyedésénél kísérte tenger alatti vulkáni tevékenység. Ennek során diabázok és tufák képződtek.

A Barrandien-kőzetek lerakódását csak a felső deven kezdetén szakította meg a herciniai vagy variszkuszi hegyképződés hosszantartó orogentikai folyamata. A deven tenger visszahúzódása után a terület átalakul szárazfölddé. Azok a rétegek, amelyekből a Barrandien összetevődik, erősen gyűrődtek, és

<sup>x</sup> Elhangzott a MFT Mérnökgeológiai-Építésföldtani Szakosztálya 1970. IV. 22-én tartott ankétján.



herciniai hegységgé emelkedtek ki. Ezeket az orogenetikai folyamatokat mély vulkanizmus kísérte. Így képződött a Barrandiennel szomszédos közép-csehországi pluton. A herciniai hegység felemelkedése után közép-csehországban egy eróziós ciklus kezdődött a hegység fokozatos szétrombolásánál a perm-karbon szomszédos üledékei keletkeztek. A felület-fokozatosan teljesen lepusztult, és azután már csak egyszer árasztotta el tenger, mégpedig a felső kréta kezdetén (a tenger előnyomulása a cenománban), és így keletkeztek a cseh kréatábla vízszintes rétegei.

Ezután a lepusztulás folytatódott, és így a korábbi terciérben, az oligocén kezdetén közép-csehországban teljesen lepusztult területet találunk.

A vízfolyások eróziós tevékenysége ismét felélénkült tektonikus mozgásokkal a terciérben. Ezek a vízfolyások kezdtek bevágódni a kréta-táblába. A vízfolyások további alakulására a cseh masszívum újabb évszázados emelkedése hat, amely alapjában véve mindmáig tart. A vízfolyások eróziós ereje fokozódott, és a folyók mélyen be tudtak vágódni a sziklás alapba. Így keletkezett Közép-Csehország mai domborzata, amely Prága környékén tipikus: egyrészt fennsík található, amelyek megfelelnek az oligocén lepusztult szintjének, másrészt mély kanyonokhoz hasonló völgyek fiatal geológiai jelleggel.

Ilyen jellegű a cseh nemzeti folyó, Közép-Csehország fő folyója a Vltava. Éppen úgy mint mellékfolyói, a Moldova sem vágódott be egyenletesen az oligocén fennsíkba. A cseh masszívum minden egyes felemelkedésénél a folyó fokozott eróziós tevékenysége jelentkezett. Az emelkedések megszakítása pedig üledékek lerakódásához, vagyis új akkumulációk keletkezéséhez vezetett. Így keletkeztek a pleisztocénben a Moldva völgyében a teraszok. A teraszok kialakulásához a jelentős klimaváltozások is hozzájárultak. Ezek a klimaváltozások a jégkorszakok és a közbenső korszakok időszakainak váltakozása következtében álltak elő, és nagy befolyást gyakoroltak a folyók vízmennyiségére, még ha a tulajdonképpeni terület nem is volt eljegesedve.

Az általunk leírt természeti jelenségek magyarázzák annak a területnek a geomorfológiai viszonyait, ahol a prágai földalattit építik. Ez az ún. prágai



völgykatlan, jellegzetes rész a Moldva folyó völgyében. A Moldva kanyonja Prága felett hirtelen kiszélesedik. Ennek a kiszélesedésnek oka a folyó meanderképződésénél fellépő oldalerózió volt. Így keletkezett a prágai völgykatlan, ami megfelelő hely volt a város alapítására. A prágai völgykatlan mögött a Moldva-völgy ismét összeszűkül és a folyó meredék partok között halad. A mély erózióknak és a lepusztulásnak elsősorban a kisebb szilárdságu kőzetek estek áldozatul, vagyis a kréta-tábla kevésbé szilárd homokkövei. A Moldva ágya kezdte magát a paleozóikumból származó alulfekvő üledékrétegekbe bevágni. Az ordoviciumi rétegsor kőzeteinek változatos összetétele és szilárdsága okozta, hogy a prágai völgykatlanban gyakran szelektív erózió jelenségei figyelhetők meg. A partokat csaknem mindenütt szilárdabb rétegsorok képezik. A prágai földalatti "A" vonalán a partokat az u. n. szilárd Letna-rétegek képezik. A földalatti vonalain jelentős képződmények még a folyóteraszok és a legalacsonyabb folyóterazon a szedimentációs ciklus végéről származó iszapos áradási üledékek.

A prágai földalatti vonalai egyrészt a sziklás alapon, vagyis ordoviciumi üledékekben, másrészt a felső, folyami üledékekben haladnak. Mielőtt leírnám a tipikus helyzeteket, amelyek ebből keletkeznek, elő kívánom adni a sziklás alap kőzeteinek műszakilag fontos tulajdonságait. Mint már említettem a Barrandieni ordoviciumi kőzetek keletkezésénél geoszinklinális kifejlődéséről van szó. Ennél a fejlődésnél a szedimentációs medencébe törmelékes anyag került és rakódott le. Az üledékek jellege az egykori tenger váltakozó mélyülésével és sekélyesedésével változott.

A mély szedimentációs medencékben jelentkező szedimentációs feltételeknek monoton agyagpala rétegsorok felelnek meg. Az anyagok egy része idővel muszkovittá újra-kristályosodott. A partvonal közeledései után a hordalékos, de főképpen a homokos és adott esetben a kavicsos frakciók kerültek oda. Erre a durvaszemcsés hordalékos, főként kvarcból álló anyagra az ezt követő időszakban egy részleges ujrakristályosodási folyamat hatott. Egyes helyeken meg is szűnt az eredeti törmelékes homokkőszerkezet és egy egységes kvarcitszerkezet képződött.



Ezek az eltérő szedimentációs feltételek az ordovicium időszakában több ízben váltakoztak, és az orogentikai nyugtalanság következménye volt az egész rétegsor flis jellege. Megkülönböztethetünk tehát, függetlenül a rétegtani csoportosításuktól, hasonló keletkezési feltételekkel és azáltal hasonló petrográfiai összetétellel és hasonló műszaki tulajdonságokkal rendelkező kőzetcsoportokat. Ezek a kőzetcsoportok a következők:

- a) Kisebbfoku diagenetikus szilárdságu agyagpalák (u. n. Bohdanec-rétegek) vagy az agyag komponens magasabbfoku ujrakristályosodásával (u. n. Czernin- Liben- és Dobrotiva-rétegek).
- b) Az agyagostól törmelékesig terjedő palák (u. n. Sarka-rétegek), a törmelékestől finom homokosig terjedő palák (Chlustin-rétegek), a törmelékes, homokos és Grauwacke-palák (Letná-rétegek).
- c) A flis jellegű-rétegsorok homokkővel és kvarcittal (Skalec-, Drabová- és Kosov-rétegek).

A kőzetek mechanikai, azaz szilárdsági és deformációs tulajdonságainak vizsgálata és összehasonlítása kőzetfizikai módszerekkel történt. A kőzetek tulajdonságait laboratóriumi mintákkal vizsgálták, megvizsgálták a kőzet szerkezetét, és a nagy kőzettestek fizikai tulajdonságait is helyszíni vizsgálatokkal tanulmányozták.

Laboratóriumi minták kőzetszilárdsági vizsgálata azért fontos, mert egyike azon tényezőknél, amelyek a kőzetszilárdságot egészében véve meghatározzák. Ezen kívül közvetlenül fontos számos technológiailag fontos kőzettulajdonság megítélése szempontjából, mint pl. mennyire alkalmas a furásra vagy a nagy vágathajtó gépekkel való jövesztésre. A prágai szikla-alap kőzetei nagyjából az alábbi nyomószilárdsággal rendelkeznek:

- a) A legpuhább agyagpalák azok, amelyek a legalacsonyabb foku diagenetikus szilárdsággal rendelkeznek (Bohdanic-rétegek), nyomószilárdságuk kb. 10-20 kp/cm<sup>2</sup>, a szilárdabb agyagpalák nyomószilárdsága 150-250 kp/cm<sup>2</sup>.



- b) Az agyagostól törmelékesig terjedő paláknál (Sárka-rétegek) a nyomószilárdság kb. 200-400 kp/cm<sup>2</sup>, a törmelékes paláknál/ Chlustin-rétegek/ kb. 400-600 kp/cm<sup>2</sup>, a törmelékestől homókosig terjedő paláknál pedig (Letná-rétegek) kb. 800-1000 kp/cm<sup>2</sup>.
- c) A kvarcitok átlagos szilárdsága kb. 1400-2000 kp/cm<sup>2</sup>, tehát ezek egy kifejezett szilárd tagot képeznek a prágai sziklaalapon.

Ahogy látható a prágai sziklaalap egyes kőzeteinek szilárdsága erősen eltérő egymástól. Ez erősen bonyolítja a kőzetjövésztés megfelelő módszere kiválasztásának problémáját az alagutépítésnél. Különösen nehéz a vágathajtógép típusának megválasztása. Ezen felül az a tény is kedvezőtlen, hogy az eredetinel jelentkező törvényszerűségekkel kapcsolatban a puhább és keményebb rétegsorok a földalatti vonalainak hosszában ritmikusan ismétlődnek. A szilárdságjellemzők nemcsak a különböző rétegsorok, hanem a rétegsorokon belül az egyes rétegek között is különbözőek. A legszélsőségesebb szilárdságok az u. n. Drabov-rétegeknél fordulnak elő. Ezekben a rétegekben 1 m-es szakaszonként váltakozik a 2000 kp/cm<sup>2</sup> szilárdságú kvarcit, 150-250 kp/cm<sup>2</sup> szilárdságú pala, és 10 kp/cm<sup>2</sup> szilárdságú agyag.

A szilárdságon kívül a képlékenységi tulajdonságokat is vizsgálják. Tekintettel arra, hogy a kőzet az alagutüreg körül egy különleges szerkezetet képez, a kőzeteknél, éppen úgy, mint minden más építőanyagnál, fontos annak megállapítása, hogy csak ridegen törő anyagként viselkednek-e, vagy pedig számolhatnak-e bizonyos képlékeny tulajdonságokkal. Másrészt ezeknek a tulajdonságoknak a megkülönböztetése a vágathajtó gépek alkalmazási lehetőségeinek megítélése szempontjából is fontos, mert a korszerű marótárcsás gépek nagyon szilárd kőzetekben is képesek előrehaladni, de csak akkor, ha azok megfelelően ridegek. Ezeket a tulajdonságokat a Srejner-féle nyomóbélyegekkel állapítottuk meg. Ez a gyors laboratóriumi módszer jelenleg a legjobb módszer erre a célra. Ahogy várható volt, különösen az agyagpalák bizonyultak erősen képlékenyek, kevésbé képlékenyek voltak a keményebb kőzetek, különösen a kvarcitok.



A kőzet-tulajdonságok vizsgálatán kívül vizsgáltuk a kőzetszerkezet, mind pedig a szerkezeti szilárdság alakulását. Ilyen értelemben a prágai alap-kőzeteknél nemcsak a rétegződésük és palásodásuk, hanem egy tektonikus hatás is kedvezőtlennek bizonyult. A Barrandien-i ordoviciumi-kőzet egy posztszedi-menter tektonikus fejlődésen ment keresztül, amelyben a variszkuszi hegység kialakulása volt a legjelentősebb. A hegység kialakulása során intenzív gyűrődés következett be, de ezen kívül a különböző diszlokációs rendszerek hosszában töredezés is fellépett. Különösen fontos a nagy zavargási zóna, amit prágai törésvonalnak neveznek.

Ennek a prágai törésvonalnak a földalatti "A" vonalán való jelentkezését kb. ott tételezzük fel, ahol az erősen forgalmas "Prikopy" utca van. Feltételezzük, hogy itt az ordoviciumi medence északi része a medence középső részével szemben kb. 1000 m-rel lesüllyedt. Az eddigi nem tökéletes ismereteink szerint itt egy kb. 30 m vastag diszlokációs zóna várható, amelyet további kevésbé jelentős zavargások kísérnek. Egészében véve tehát itt egy 200 m hosszú szakasszal kell számolnunk, amelyben a kőzet intenzív tektonikus törése várható.

A kőzet tektonikus zavargásán kívül a probléma még bonyolultabbá válik azáltal, hogy egyáltalán lehetőség nyílik-e arra, hogy Prágában egy vágathajtó gépet alkalmazzanak. Ennek a gépnek ugyanis egyrészt a kvarcit rétegekben 2000 kp/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú kőzetet kellene jövesztenie, másrészt a prágai törésvonal környezetében a puhább agyagpalákban a vágatbiztosítás feladatát is el kellene látnia. A gépnek tehát egyrészt vágathajtógép-jellegűnek, másrészt azonban egy pajzsos gép jellegűnek kellene lennie.

További komplikáció a földalatti alagútjának a sziklaalapban való mélysége tekintetében hozandó döntésnél a külszin erős mállása, a sziklaalap mállott burkolata Prága középpontjában ami a pleisztocénben és holocénben képződött, egyrészt a hűvösebb jégkorszakokban, másrészt a melegebb interglaciális korszakokban. A hideg-klima idején főként mechanikus mállás fordult elő. A mechanikus mállás alatti mélyebb rétegekben a kémiai mállás befolyása hatott. A mállással megváltoznak a kőzet mechanikai tulajdonságai a mélység felől a külszin felé.



Nagyon érdekesek a helyszíni vizsgálatok eredményei, amelyekkel ellenőrizték a választott technológiát. A prágai sziklalapban végzett alagutfurásnál, az u. n. gyűrűs módszert alkalmazzák. Ennek során csak az egyvágányos vonalalagut furásáról van szó, mert a jelenleg építés alatt álló "C" vonalon minden állomást nyitott építésmóddal építik. A gyűrűs módszernél a vonal-alagutat teljes profilban hajtják előre, és a jövesztett profilt azonnal a végleges burkolattal biztosítják. Ezt a burkolatot előregyártott elemekből szerelik össze. Egyes esetekben öntöttvas-tübingeket alkalmaznak, más esetekben pedig előregyártott vasbetonrészeket. A burkolat szerelését gyűrűként hajtják végre, mégpedig egy szerelődaru (erektor) segítségével.

A gyűrűs építésmódnál az alábbi problémák merülnek fel:

- 1) Megbizunk a mintegy 5 m magas homlokfal természetes stabilitásában.
- 2) A homlokfal és az első beépített gyűrű közötti teljes lejövesztett terület biztosítás nélkül marad. Ennek a biztosítatlan felületnek még a legkisebb stabilitású kőzetekben is nagyobbak kell lennie, mint az egyes gyűrűk szélessége. Ez a szélesség öntöttvas-tübingeknél 100 cm.
- 3) A lefejtett felületnek lehetőség szerint simának kell lennie. Erre a célra kialakították a sima robbantásos módszert. Ennek a módszernek az alkalmazása nehézségekbe ütközik a palásodás, repedezettség és gyűrődés következtében.
- 4) A földalatti alagutjának a beépített külszin alatti viszonylag csekély mélységű helyzete arra kényszerít, hogy az alagutfurási munkákat csekély rezgési hatással hajtjuk végre, és a külszin süllyedését lehetőleg korlátozzuk.

A problémákat kísérleti robbantásokkal vizsgáltuk. Ezeket a vonal tipikus helyein hajtottuk végre. A legérdekesebb felismerésekként a kísérleti alaguthajtásnál azokat tekintem, amelyek az alagutfurás feletti fellazult zóna terjedelmének a méréseire vonatkoznak.



A méréseket egy furólyukháló segítségével hajtottuk végre. A furólyukakat a külszinről furtuk, és azok a még nem kihajtott alagut főtéjéig hatoltak. A furólyukakba szereltük be a horgonyokat, amelyeket a furólyukfalakon feszítettünk ki. Ezután következett a kísérleti alaguthajtás. A jövesztett felület feletti fedőrétegek egy részének a fellazulásánál a horgonyok függőlegesen eltolódtak, és az eltolódásokat egy acélhurral vittük át a külszinen lévő mérőberendezésekhez. A külszin pontos szintezésével együtt ezek a kísérletek lehetővé tették a lazulási zóna magasságának meghatározását, mégpedig különböző tényezők, többek között az alagut nem burkolt szakaszainak hossza függvényében.

A következőkben néhány tipikus geológiai helyzetet kívánok bemutatni, amelyekben a prágai földalattit építik.

Jelenleg építés alatt áll a prágai földalatti u. n. "C" vonalának egy része. A mélységi helyzetét jelentősen befolyásolja az eredeti, de ma már végleg elutasított kéregvasut-elgondolás. Az első vonalszakaszt a főpályaudvar- és muzeum-megálló között nyitottan építették, mégpedig résfalak segítségével.

A muzeum-megálló mögötti szakaszt a gyűrűs építésmóddal a sziklás alapon alagutfurással hajtották végre, mégpedig öntöttvas-tübingburkolattal. A sziklás alapon zavargásos zónák vannak, és a kőzet erősen tektonizált. A talajvíz felszine összefüggő tükröt képez a teraszos üledékek alapján, és helyenként a víz beszivárog a sziklás alap mállott rétegeibe. A víz átáramlik a sziklás alap repedéseiben, és zavargásos zónáin is. Ez a víz gyakran erősen ásványos. Egyes ordoviciumi rétegsorban ugyanis finom szemcsés pirit van szétosztva jelen. Ez a pirit az időjárás hatására könnyen felbomlik vashidroxiddá és szulfátokká. A szulfátok a réteg- és repedésfelületeken bevonatot képeznek, amit az áramló talajvíz felold, és amitől ásványossá válik.

A további szakaszban a vonal alagutak viszonylag kis mélységben haladnak, azonban a viszonylag szilárd Letná rétegekben hajtják ki azokat.



A Botic patak kb. 50 m mély völgye felett a vonal egy hidon halad át. A további szakaszban a csekély mélységű vonal a folyó terrasza laza üledékein halad át, és az alagút-furási munkákat egy kézi pajsza segítségével végzik. A vonal további részei az elővárosokon haladnak át, és a mi szempontunkból nem túl érdekesek.

Sokkal érdekesebb az ez idő szerint előkészítés alatt álló "A" vonal geológiai helyzete. A hossz metszete egyúttal Prága belső kerületein keresztül végzett jellegzetes geológiai metszet. Ha azt mondom, hogy a geológiai feltételek érdekesek, úgy természetesen az alagútépítésnél fellépő nehéz feltételeket értem.

Az "A" vonalat a Királyi Szőlők elnevezésű városrészből az újvárosra és az óvárosra keresztül Letná körzetében és tovább a Dejvice elővárosba vezetik. A vonalnak tehát Prága központi területéről, a prágai medence völgy szintjéről magasabban fekvő folyami terraszkra a Királyi Szőlők irányába kell felemelkednie. Az ellenkező irányban még egy akadályt is le kell küzdenie, mégpedig a Letná-i hegyet. Ez a hegy a prágai medence fölé nyúlik a szelektív erózió hatására, aminek a viszonylag szilárd Letná palák ellenálltak.

Az így keletkezett magasságkülönbség már önmagában is komplikálja a vonal magassági vonalvezetését. További komplikáció keletkezik azonban a vonal mély fekvésének hatására a prágai medence felszine alatt.

Az eredeti elképzelés az volt, hogy a vonal az óváros és az újváros alatt sekély mélységben fog haladni. A vonal alagutakat és az állomásokat nyitott építögödörben kívánták építeni. Itt korábban a berlini építési móddal számoltak. Ez után a résfalas építésmód alkalmazásáról gondolkodtak. Ezzel a módszerrel akarták a prágai földalatti vonalalagutjait és állomásait építeni.

Ezeket az alagutakat a külszín alatt max. 15 m mélységben kívánták vezetni, hogy ne nyuljanak bele a sziklás alapkőzetbe. Ezzel egy súlyos probléma adódott. A Moldva völgyterrasza homokos kavicsból áll, magasabb



homokrétegekkel és homokos beágyazásokkal. A völgyterasz felületén holocén eredetű fiatal lerakódások találhatók. A már régóta lakott ó-városban ezek a lerakódások váltakoznak művelt talajjal, homokkal és feltöltésekkel. A Moldva alacsony partjai ugyanis nem nyújtottak védelmet az árvizek ellen és a város lakói igyekeztek a település magassági szintjét feltöltések segítségével megemelni. Az ó-városban a feltöltések magassága 6-7 m-t ér el. Ezenkívül a talajvíz a homokos kavicsban egy összefüggő tükröt képez és párhuzamosan áramlik a Moldva folyóval. A Moldva vize ugyanis ezáltal lerövidíti az útját mégpedig ott, ahol a Moldva nagy ívben megkerüli az ó-várost. A talajvizet ebben az áramlásában a vízfelületek magasság-különbsége támogatja, ami a Moldva zsilipek hatására jön létre. Ezek a zsilipek duzzasztják a folyóvizet és hozzájárulnak a prágai Hradsin pompás panorámájához a Moldván keresztül.

A vonal sekély fekvése a leírt geológiai feltételek mellett veszélyeztette az ó-város sűrű és történelmileg különösen értékes beépítését.

Az ez idő szerint még összes részleteiben nem tökéletesen kidolgozott jelenlegi végleges megoldás az "A" vonal mély vezetésével számol ezeken a helyeken. A vonal alagútjának mélysége több 10 méter mélyen lesz a külszín alatt és az alagutakat a sziklás alapkőzetben fogják vezetni. Az alagútépítés módját ez idő szerint még nem határozták meg véglegesen, mert a geológiai vizsgálat még nincs befejezve. Ez a mélyen történő vezetés is komoly problémákat vet fel. Az első probléma az ordoviciumi kőzetek már leírt tulajdonsága. A második probléma abban áll, hogy vigyázni kell az értékes történelmi épületekre, amelyek alatt az alagutakat vezetik.

Minden családnak meg van a maga életében a maga sajátos problémája. Ugyanigy az alagútépítés nagy családja is számos problémával küzd meg, amikor egy földalatti vasutat építenek egy nagy városban. A prágai földalatti vasút építésének mérnöki-geológiai jellegzetességeit igyekeztem megmagyarázni.



## A TERVEZETT KÁPOSZTÁSMEGYERI-LAKÓTELEP ÉPÍTÉSFÖLDTANI VISZONYAI

Paál Tamás

Már évek óta folyamatban van a Főváros általános rendezési tervének felülvizsgálata. Ennek keretében a Budapesti Városépítési Tervező Vállalat megbízása alapján a Fővárosi Mélyépítési Tervező Vállalat végezte a tervezett 42 db lakótelep és 10 db ipari terület mélyépítési - többek között talajmechanikai - vizsgálatát. Néhány területen már konkrét feltárások is készültek; ezek közül kerül most röviden bemutatásra az egyik előzetes vizsgálat.

A főváros tervezett lakótelepei közül nagyságával kiemelkedik a káposztásmegyeri, melynek lélekszáma az előirányzatok szerint meg fogja haladni a 100 ezret. (Összehasonlításként: Szeged összes lakossága mintegy 120 ezer fő.) A csaknem 28 ezer lakás és a szükséges egyéb létesítmények megvalósítási ideje még nem véglegesen meghatározott, mivel több más mellett - a városközponttól való nagy távolsága miatt - a földalatti vasút tervezett észak-déli vonala építésének is függvénye.

A tervezett lakótelep erdősávval elválasztott két területre tagozódik. A nagyobbik, mintegy 1,6 km<sup>2</sup>-nyi terület a Mogyoródi-patak Ny-i oldalán terül el, a Szilas-patak és a főváros határa között. A terület tengelyében húzódik az Óceán-árok. Ezen kívül több vízlevezető árok szeli át a területet. A felszín kis mértékben esik a Duna felé, de a kisebb terephullámok között rendszeresen belvíz jelentkezik sok hat jelentő felületen. A terület részben mezőgazdasági művelés alatt áll. A kisebb, kb. 1,2 km<sup>2</sup> területű rész a Káposztásmegyeri ut Rákospalota felőli K-i oldalát foglalja el a váci vasutvonalig. Mivel ez a rész már a Farkaserdő dombjának Dunával ellentétes oldalára esik, itt a felszín is eltérő az előzőtől, kb. DK-i irányba lejt. A terep magasabban helyezkedik el, ezért itt belvíz nincs. A területet jelenleg bulgárkertészet foglalja el.

A közel 3 km<sup>2</sup>-es terület talaj- és talajvízviszonyainak feltárására meglehetősen korlátozottak voltak a lehetőségek. Összesen 16 db furás készül-



hetett, melyből az előzetes tájékozódás szerint kedvezőtlenebb nagyobbik területen a Dunára közel merőlegesen három ÉNy-DK-i irányú szelvény, a kisebbik területen egy É-D-i irányú szelvény készült. (1. 1. ábra) Az egyes szelvényekben 3-5 db furás helyezkedik el.

Földtani szempontból a terület viszonylag nyugodt felépítésűnek mondható. Mindkét területrészen negyedkori üledék fedí az idősebb képződményeket. Szerkezetileg jellegzetes, hogy a nagy-kevélyi törésvonal irányával a Duna balpartján megegyezik a Szilas-, Mogyoródi- és Csömöri-patak lefutása, ami a törések folytatódására utal. Az alapréteg a miocén korban keletkezett; a helvétii - emelet agyagos, helyenként homokos rétegei és a tortonai-emelet középső riolitufa szintje jelentkezett a feltárásokban. Efölött először a Duna durvább, majd fokozatosan finomabb üledékei találhatók.

Részleteiben azonban a két terület talajviszonyai és főleg talajvízviszonyai eltérők. A Duna felőli nagyobb területrész változatosabb, egyenlőtlenebb felépítésű, mint a Rákospalota felőli kisebb területrész. Ez utóbbi területen a 2. ábrán közölt rétegszelvény szerint az alapréteg és a kavicsréteg felszíne közel vízszintes. A homokos kavics vastagsága 5-6 m, s felette 3-5 m között változó vastagságú a homokréteg. Legfelül 0,5-1 m vastag a homok humuszos része. A talajvíz szintje a homok-kavics réteghatár körül volt a feltárás idején.

A nagyobbik területen már az alapréteg felszíne is igen változatos (a terep alatt 7 m a legmagasabb szintje és van, ahol 20 m-ig sem jelentkezett). E réteg összetételében is heterogén, helyenként homok, máshol homokkő, néhol iszap, vagy agyag. A felette lévő kavicsréteg jellegzetessége mindhárom szelvényben, hogy vastagsága a Duna felőli 4-11 m-ről a Mogyoródi patak vonaláig 1-2 m-re csökken le. Ez a különbség elsősorban a kavicsréteg felszínében mutatkozik, s itt a felette lévő homokréteg kivastagodása észlelhető. Valószínű, hogy a kavics elvékonyodása egy régi Duna-ág helyét jelzi, amely kiero-dálta a kavicsot és helyére homokot rakott le. Ezáltal a homokréteg vastagsága is nagyon változó (0,5-7 m), sőt egyes furásokban teljesen hiányzott is. A ho-



mokot e területen homoklisztes iszap illetve iszapos homokliszt követi 1-4 m vastagságban, melynek felszínközeli része itt is humuszos. A Mogyoródi patak mentén a felszín alatt 4 m vastag fekete és szürke, növényi rostokat tartalmazó tőzeges iszapot tárt fel az egyik furás. A talajvíz a legtöbb furásban 1 m-en felül, illetve akörül volt (a legnagyobb mélység egy dombos részen -2,2 m). E terület egyik jellegzetes rétegszelvénye a 3. ábrán látható.

A talajvíz járására vonatkozóan adatok gyakorlatilag nem állnak rendelkezésre. A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat kezelésében lévő két talajvízszintészlelő kutat a közelmúltban telepítették, így annak eddigi adatsorából még nem lehet messzemenő következtetéseket levonni. A jelenlegi helyzet különben is csak a Rákospalota felőli kisebb területen maradhat fenn bolygatatlanul, a Duna felőli nagyobb területen patakrendezésre és nagyarányú feltöltésre kell sor kerüljön, ami kihat a talajvízviszonyokra is. Most még csak az becsülhető, hogy a kisebbik területen a talajvíz maximális szintje kb. 1 m-rel haladhatja meg az észlelt szinteket.

A talajvíz agresszivitása 15 db furásban 100-360 mg/l  $\text{SO}_4$  érték között mozgott, egyetlen helyen jelentkezett 710 mg/liter  $\text{SO}_4$ -tartalom. Ennek alapján tehát a talajvíz általában nem agresszív. A várható feltöltés viszont - csaknem biztosan - nem teljes egészében természetes talajjal, hanem törmelékkel, salakkal, esetleg szeméttel is fog történni, ezért a talajvíz agresszivitása is alighanem emelkedni fog.

A tervezett beépítés még nem ismeretes. Az építkezés volumene, a viszonylag kis terület és a III. Budapesti Házgyár közvetlen szomszédsága alapján azonban biztosra vehető, hogy az épületek zöme legalább középmagas (10 emeletes), vagy ennél magasabb lesz. Ennek figyelembe vételével a várható alapozási lehetőségekről a következők állapíthatók meg:

A homok és kavicsréteg felszín alatti mélységét és az Óceán-árok melletti terület várható feltöltését figyelembevéve látható, hogy a Rákospalota felőli kisebbik területrész igen kedvező magas beépítésre is. Ezen a részen a nagyterhelésű, magas épületek is a felszín közelében, talajvíz felett, sikalapozással megépíthetők.



Az Óceán-árok melletti nagyobb területen a homok és a kavicsréteg felszín alatti mélysége már feltöltés előtt is átlag 2,8 m (maximum 4,2 m) s e mélység általában csak folyásodásra hajlamos vizalatti rétegeken keresztül érhető el. A nagyvastagságu szemcsés rétegek miatt a sikalapozás esetén szükséges víztelenítés során igen nagy vízmennyiségre kell számítani. A nehéz körülmények között végzendő nagytömegű földmunka elkerülésére célszerű ezen a területen a nagyterhelésű épületeket mélyalapozásra állítani. Alapozás szempontjából figyelemre méltó, hogy a Duna felőli oldalon a kavicsréteg lényegesen vastagabb és általában magasabban is helyezkedik el, mint a Mogyoródi-patak közelében.

A mélyalapozások megválasztásánál tekintettel kell lenni a házgyári technológiának a felszerkezet építése során várható tulsulyára, ami iparosított alapozást is igényel. Így a cölöpalapozások közül elsősorban Franki cölöp jöhet szóba, s ezen kívül előregyártott vert vb. cölöp. A résfalas technológia a közeljövőben várható elterjedése következtében valószínűleg szintén jelentős részt fog képviselni a mélyalapozási módszerek között (bár egyesek a résfal alapot "mélyített sikalapnak" tekintik). Kis alapterületű, különösen nagy terhelésű -torony-szerű - épületek esetén sor kerülhet viz alatti kotrással mélyített kut-, vagy szekrény-alapozásra is.

Fel kell még hívni a figyelmet arra, hogy a patakok és árkok mentén tőzeges rétegek várhatók, ezért ezek közelében az alacsonyabb épületek alapozása is jelentős többletköltségekkel járhat. A magas talajvíz miatt ezen a területen alapincézett épületek építése nem gazdaságos, illetve csak teknőszigeteléssel lehetséges.

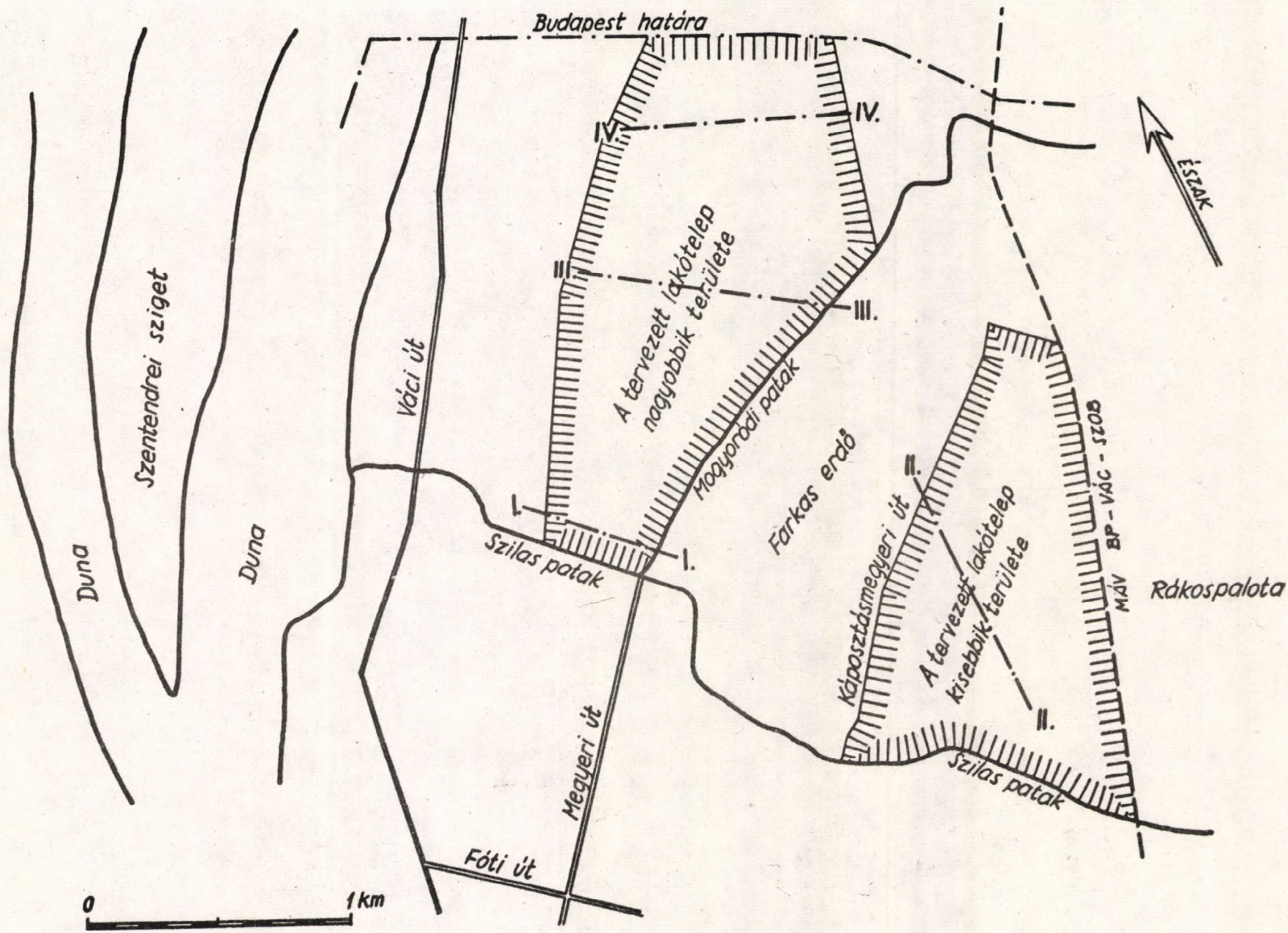
Összefoglalva a vizsgálat eredményeit megállapítható, hogy a tervezett lakótelep két területrésze közül a Rákospalota melletti

kisebbik terület kedvező  
a beépítés szempontjából. Az Óceán-árok körüli

nagyobbik terület alkalmas

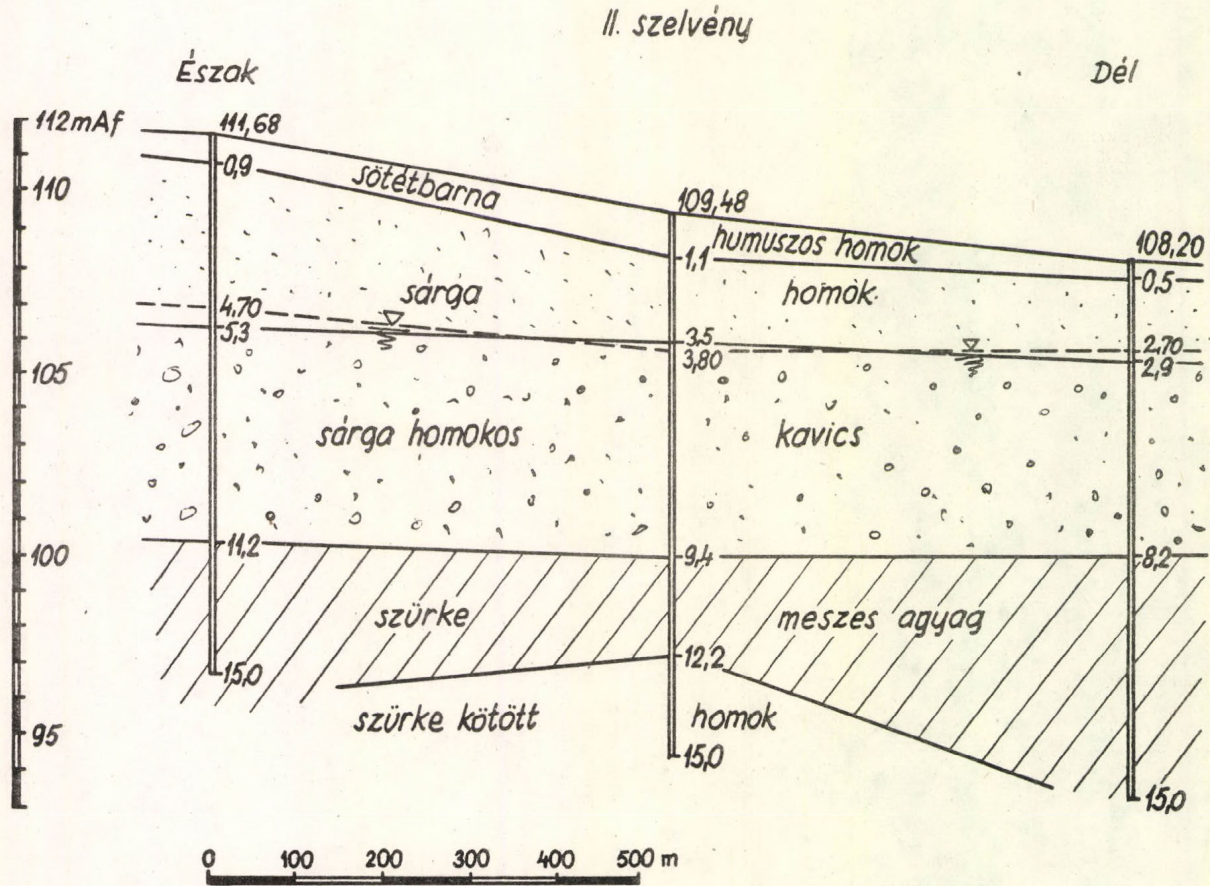
beépítésre, a szükséges előmunkálatok után, az ismerttetett körülmények között.



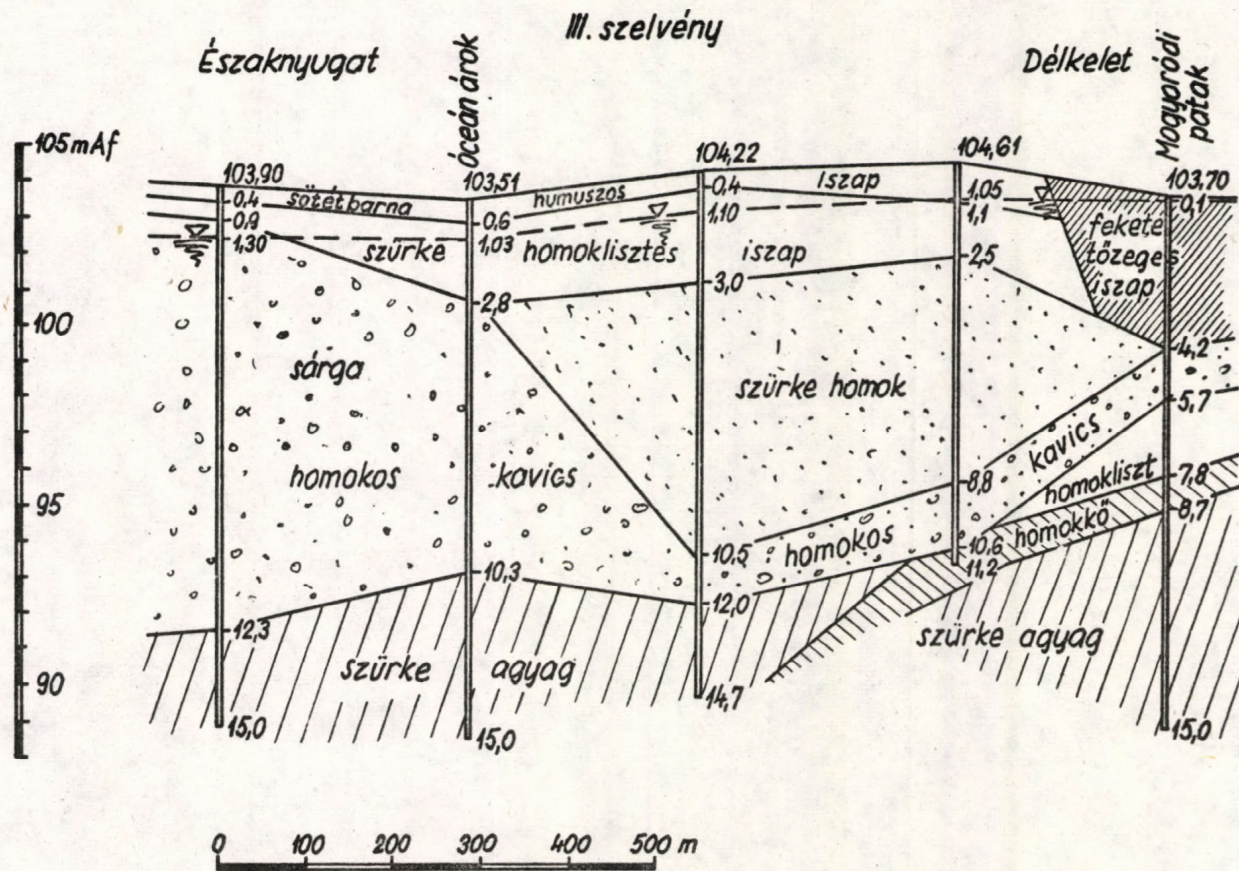


1. ábra Helyszínrajz









3. ábra





## MÉRNÖKGEOLÓGIA BORSODBAN

Szlabóczky Pál \*

"Jólétünk, nemzeti vagyonosodásunk, s minden további ebből fakadónak alapját képezi, hogy kellőleg felhasználjuk és értékesítsük mind azt, amit az anyaföld nekünk juttat."

(Böck János: Előszó Schafarzik F: "A magyarországi kőbányák"-hoz)

## E L Ő Z M É N Y E K

Az ásványi nyersanyagkutatás, mélybányászat célszerű csökkentésével felszabaduló földtani kapacitás lehetővé tette, hogy - követve a környező országokat - nálunk is fejlődésnek induljon az építést és külszíni bányászatot kiszolgáló műszaki földtan. Ez az irányzat nem új keletű, a magyar földtan kibontakozásának hajnalán a földtani és mérnöki tudományok közel álltak egymáshoz. Az egykori geológus nagyságok mint Szabó József, id. Lóczy Lajos, majd később Cholnoky Jenő mérnöki végzettséggel rendelkeztek.

Szabó József munkássága, amely a modern magyar földtan kibontakozását jelentette, nem "bányászati" kérdéseket is érintett. A Tokaj-hegységi térképezését a Tokaj Hegyaljai Bormivelő Társaság megbízásából végezte, amely során talajfizikai kérdésekkel is foglalkozott. A káposztásmegyeri vízmű létesítésében alaposan résztvett.

A századfordulón a vízművek alapítói, igazgatói még legtöbbször bányamérnökök voltak. (Wein János, Zsigmondy Vilmos, Pazár István). De a Magyar Állami Földtani Intézet geológusai is gyakran foglalkoztak építési célu, sokszor egészen gyakorlatiasan kidolgozott kérdésekkel, mint pl. a későbbi világhírű talajmechanikus Terzaghi (egy belső karszt síkság keletkezésével Horvátországban,) Schréter Z. (a miskolci Avas pince beomlásaival), Balogh K. (A DIMÁVAG forrásfoglalásaival).

\* Országos Földtani Kutató és Furó Vállalat, Miskolc



Az 50-es években fellendülő nehézipari nyersanyagkutatás szinte teljesen lekötötte a földtani erőket, s erre profilozta a szakmai szemléletet, amely jellemzője volt: a hálózatos- furásos mélykutatás, az ásványi haszonanyagok geológiájának fejlődése.

Ebben az időben a vízbányászat, az építőanyag kutatás és az építési földtan gyakorlatilag az általános és építőmérnöki pályák területére csuszott át. (Ugyanigy "vált le" az agrogeológia is, amely művelői a vegyészek lettek). Ez az áttolódás ezen szakágak precizizozását, de ugyanakkor a hatékony földtani szemlélet kiszorulását jelentette a műszaki előmunkálat vonaláról. Legfeljebb néhány (főként fővárosi) intézmény egy-egy kiváló mérnöke, vagy geológusa igyekezett saját erejéből a műszaki-földtani szemléletet alkalmazni, mivel azt egyébként a rohamos építkezések igényelték.

#### A MŰSZAKI FÖLDTAN ELTERJEDÉSE

A 60-as években az előző évek hagyományos bányászatától egyre több földtani kutatási erő szabadult fel, amely lehetővé tette, az építést kiszolgáló műszaki-földtan előretörését. Ebben néhány fővárosi (főként tervező) vállalat járt elől.

Vidéken először a geológusmérnök képzés otthonában Miskolcon létesült kifejezetten mérnökgeológiai munkahely 1964-ben, az Északmagyarországi Vizügyi Igazgatóságnál. Ez a csoport alapozással (talajmechanikával) mindenféle víztározással (völgyzárógátas, árvédelmi, szennyvízelhelyezési), vízbányászattal és építőanyag bányászattal foglalkozott tervezői és kivitelezői szinten.

Ebben az időben a mérnökgeológia még teljesen ismeretlen volt a szakkörnyezetben, ezért esetenként ingyenes társadalmi munkában végeztünk el egyes feladatokat a MTESZ keretein belül a Borsodi Szénbányászati Tröszttel és a Nehézipari Műszaki Egyetem hallgatóival együttműködve, megmutatva munkánk gyakorlati, építési jelentőségét.



Ettől az időtől kezdve az északi országrész többi földtani munkahelyein is megindultak a nem hagyományos bányászati célú földtani munkák. Ezek kifejtését sokszor nehezítette, hogy megrendelő és geológus nem értették meg teljesen egymás igényeit, illetve nyelvezetét, valamint az újszerű feladatok megoldása legtöbbször a hagyományos nyersanyagkutatás szemléletén kívülálló ismereteket, fiatalabb földtörténeti események ismeretét igényelték.

A természetes fejlődést az apró nehézségek nem akadályozhatták meg; a 60-as évek második felében az ország észak-keleti részében egyre több építési kérdésben segített a geológia, meggyökerezett a műszaki-földtan. Ezt prezentálta az 1967. őszén az MTESZ rendezésében megtartott "Kerekasztal konferencia", amely építőanyag bányászati, építésföldtani térképezési és vízföldtani szekciókat is tartalmazott, melyeken belül jelentős, azóta megvalósítás alatt álló javaslatokat hozott.



A mérnökgeológiai szakágazatok kapcsolata

(A gyakorlati feladatok összefüggése.)

Természet  
tudományok ←

Műszaki -  
földtan

→  
Műszaki  
tudományok

Fő földtani anyag:		"SZILÁRD" (KŐZET)		"FOLYADÉK" (VIZ)	
Tevékenység:		Fő-	Kényszer-	Fő-	Kényszer-
		- célja		- célja	
- jellege	"ODA - HELYEZŐ"	Alapozás		Tárolás	
		Műtárgy	Hulladék	- természetes: folyómederben - mesterséges: völgyzárógáttal	
	Kül - : és	Épület	Meddő	Viztároló	Szennyvítő
	Mély - : szinten	Akna	Meddő	Dusítás Öntözés	Szennyviz- szikkasztó
	"ELVEVŐ"	Bányászkodás		Vizbányászat	
		Nyersanyagot	Építési meddőt	Felhasz- nálásra	Vizteleni- tésből
Kül - és	Külfejtésből	Munkagö- dörből	Felszíni vizből Vizműnél		
Mély - szinten	Mélyművelés- ből	Alagútból	Mélyépítés- ből Bányászatból  Felszínalatti vizből		



## MIT NYUJT A MŰSZAKI-FÖLDTAN ?

A műszaki alkotás korszerű feltétele: a biztonság és a gazdaságosság, csak a "természet" és a "belehelyezett" műszaki létesítmény zavartalan együttműködésével elégithető ki. Ezt a kapcsolatot a műszaki és természettudományok határán kifejlődő szakágak, elsősorban a műszaki-földtan biztosítja. Tapasztalataink szerinti felosztását az 1. számú táblázat mutatja be. Ebből látható, hogy függetlennek látszó szakágak kölcsönösen tanulhatnak egymástól. Pl. a szennyvizszikkasztás nem más mint "inverz vízbányászat"; a földmű építés tapasztalatait a bánya meddő alapozás hasznosíthatja; a mélysintű üreg, alagut, vagy külfejtés munkagödrének feszültségjátékában sok az analógia.

A műszaki munkák (építés, bányászat) megoldhatók műszaki-földtani segédlet nélkül is, de az így készülő műszaki létesítmények elsősorban túlméretezettek, feleslegesen drágák, másfelől még így sem kellő biztonságuak, a természeti reakció-erőkkel szemben, ezért nem is igen nevezhetők a szó szoros értelmében mérnöki létesítményeknek, mivel ezek elkészítése így csak pénzkérdés, nem pedig mérnöki szintű munka eredménye, mint pl. egy gyönyörű középkori váré. Gyakran előfordul, hogy a túlméretezés nem magán az elkészült létesítményen jelentős mértékű, hanem a kivitelezés módja tartalmaz sok felesleges folyamatot.

A műszaki tervezés és kivitelezés általános koncepciójának alapvető hibája, hogy csupán az erőjáték egyik oldalán a létesítmény felőli terhelés kidolgozásánál törekszik tökéletességre. A newtoni axióma értelmében mindig meglévő reakció oldalt (szűkebb értelemben a különféle földtani viszonyok visszahatását) szinte teljesen figyelmen kívül hagyják. A fejlődés jelenlegi fokán szükségszerűen elterjedt rutin talajmechanika legtöbbször a "talaj teherbíró feszültségét" adja meg a reakció oldalról, holott az (a talajminta törési feszültsége) csak a legkritikusabb esetben jut elsődleges szerephez. Az épület és a talaj közös erőjátékát más földtani paraméterek alakítják ki. Pl. a talaj vízháztartásának időbeli változása, rejtett diszlokációk újraéledése, az eredeti talajfizikai és talajkémiai állapot megváltozása, stb.



Örvendetes érdekesség, hogy a földtani vonaltól függetlenül egyes mérnökök is az előbbi megállapításra jutottak, túllépve az épített szerkezetek egyoldalú vizsgálatán.

Az alábbi adatok a túlméretezés jelentőségét mutatják, néhány évvel ezelőtti Központi Földtani Hivatali közlés szerint.

Az összes építési, beruházási költségekből százalékosan befektettek:

	Magyarországon	Szomszéd államokban
- Előmunkálatra	0,25 %	1,3 %
- Alapozásra	<u>9,00 %</u>	<u>4,0 %</u>
Összesen:	9,25 %	5,3 %

Tehát nálunk az előmunkálat kevesebb, ezért az alapozás a fel nem tárt bizonytalanságok miatt túlméretezést, többletköltséget igényel, ami a kettő összegét már közel duplájára emeli a szomszéd államokhoz viszonyítva.

Az előmunkálati (pl. feltárási, furási) költség emelése önmagában még nem biztosítja a műszaki-földtan teljes értékű hatékonyságát. Ahhoz elsősorban a létesítmény terhelésére reagáló földtani jelenségek közül ki kell választani a legfontosabbakat és ezek kvalitatív vizsgálata (a kerületi feltételek tisztázása) után meg kell kísérelni a földtani hatás matematikai követését. Ezt a munkamenetet nem helyettesíti sem a létesítménynek, sem a feltárásnak semmilyen mértékű túlméretezése.

Különösen lényeges, ha a reagáló földtani jelenségeket már a beruházás elindításakor ismerjük, amikor a feltárási keret mindég elégtelen mennyiségű, így a környező földtani képre és a felszíni jelenségek földtani gyökerére támaszkodva kell véleményt alkotni, esetleg jelentős módosításokat kikarcolni.

Ebben nagy segítséget nyújt a műszaki megfogalmazású geomorfológia és negyedkor földtan.



Nem véletlen, hogy az ösztönös ősi település fejlődés mindig követte a műszaki-geomorfológiai viszonyok változását.

#### GYAKORLATI PÉLDÁK:

Egyes építésföldtani (geotechnikai, vízbányászati) kérdések nem is oldhatók meg a földtani helyzet ismerete nélkül. Ennek egyik legtipikusabb hazai példája a pleisztocén pliocén határ építési jelentősége, a települési és bányászati szempontból igen exponált dombvidék-peremi kifejlődésben. (1. ábra)

A fedő változóan talajosodott lösz (talajmechanikailag sovány agyag), az aljzat lagunáris pannon összlet, amely esetleg szintén agyaggal kezdődik, tehát látszólag éles talajfizikai változás a korhatáron nincs is.

A kétféle agyag közötti hasonlóságot növeli, hogy mindkettő (a lösz és a pannon tető) meszes. A hézagtenyezőjük szintén hasonló, mivel az eredetileg lazább lösz a talajosodás és a leszivárgó vizek kapilláris feszültsége tömörítette, a pannon térszint viszont az eróziós terhelés csökkenés és a krioturbáció fellazította. Kis átmérőjű (5 cm) furás mintaanyagában első ránézésre hasonló lehet a talajosodott, szoliflukciós lösz és a krioturbált, eróziós pannon agyag. A két átmenete olyan vékony, hogy karotázssal sem mutatható ki. A korhatár jelentősége viszont nagy. A határfelületen erős a kémiai cementáció és esetleg néhány cm vastag szemcsés réteg is települhet. A kétféle eredetű agyag nagy tömegében lényegesen eltérően viselkedik, rugalmasságtani szempontból.

A dombi térszinre hullott lösz a talajosodás és lassu mozgása ellenére is megtartja függőleges hézagrendszerét, amely a kioxidálódott vegetáció és a kapillaritás eredménye. A felszíni beszivárgás lejut a függőleges szerkezeten a korhatár rétegre, amely esetleg nem is egy önálló réteg, hanem a két összlet határán kialakuló görbe felület változó, de folyamatos nyílással, önállóan orientált szerkezettel. Az egykori eséscsökkenések helyein vékony szemcsés kőzetüledék lencsége található. Ez a korhatár felület a függőlegesen leszivárgott vizet most már oldalirányba vezeti az esésnek megfelelően. Ennek két következménye van.



A pleisztocén-pannon határon szivárgó vizek a dombvidékek magasan fekvő tájainak szinte egyedüli felszinközeli vizbeszerzési lehetőségét adják, mivel a pannon aljzat, regressziós eredetének megfelelően, lefelé egyre agyagosabbá válik, így mélységi vizbeszerzésre alkalmatlan. (Pl. csereháti, szerencsi dombvidék)

Építési szempontból viszont komoly veszedelmek hordozója a pannon-pleisztocén határ. Az ilyen felépítésű területek csuszólapjai elsősorban ezen alakulnak ki. A földalatti műtárgyakat előnetheti az időszakosan itt szivárgó víz, ha ez az előmunkálat furásaiban éppen nem jelentkezett az akkori száraz időszaknak megfelelően, és így a szigetelés indokolatlannak látszott.

A határ képződményben szivárgó és tárolódó víz bejuthat az agyagos pannon aljzatba, ha azt nagy felületén megbontjuk (külfejtés, utépités), mivel az oldalirányú terhelés csökkenés következtében szétnyíló Mohr-féle sikok (litoklázisok) függőleges vízvezetővé válnak. Ez a pannon összletben kialakított rézsük stabilitását rontja.

Egy másik kérdéscsoport a völgyekben mutatja a műszaki földtan igényét. Ez a pleisztocén-holocén képződmények rétegtani kapcsolata.

A würm 3 glaciális elején, óceáni klimánál lerakódott völgytalpi kavicsréteg és az ezt elborító, kontinentális klimát jelző infuziós lösz közel sik térszínét megbontotta a jégkorszak végi allerőd felmelegedési fázis, folyóviz bőségének laterális eróziója. A szerte ágazó mederágak belekaptak a kavicsrétegbe is és annak felső részét elhordták, áthalmozták, aprították, lösz eredetű bemosott iszappal keverték, mintegy "tál" rétegeket mélyítve az eredeti würmi kavics tetejébe. A víz levonulását követő időben a (Borsod megyében) észak-kelet felől süvöltő szél homokot fujt ki a szárazon maradt zátonyos partokról. A driás 2 lehülési fázisban kevés lösz hullott a megbolygatott térszínre, amelyet többé-kevésbé elmosott a későbbi pluviáció, elfujta az eolikus defláció.



A hullámos völgytalpi térszín mélyedéseiben a meleg, csapadékos óholocén végi "tölgy" fázisban mocsarak képződtek, szerves (réti) agyagot, mélyebben tőzeget hagyva hátra, fosszilis talajként. Az árvizek, az általános erózió és az emberi tevékenység ezeket a szerves rétegeket helyenként betakarta néhány dm. vastag feltöltéssel.

A pleisztocén- holocén átmenet körüli évezredekben lezajlott földtörténeti jelentőségek hozták létre az alföld-perem fő völgyeinek műszaki szempontból nagyon lényeges felszíni, geomorfológiai szerkezetét. Az alleröd-tölgy fázisok bevágódásos - feltöltődéses mélyedéseiben puha szerves réteg kerül el az ut és sikalapozás terhelési mélységében.

Nyíltviztartásos mélyépités esetén a mély vonulatok környezetében a kötött (többnyire szerves) fedőréteg és a mélyebb kavics között vastagabb folyósodásra hajlamos homokréteggel kell számolni.

Talajviztermelésre az alleröd-tölgy időszakban kialakult mélyedések általában alkalmatlanok, mivel az ezekben pangó felszíni vizek, a legeltetésből idekerülő állati ürülékkel és más idemosódott szennnyel együtt fertőzik a talajvizet. A humuszban gazdag szerves rétegen átszivárgó viz savas lesz, amely így oldja a kavics tetején huzódó kriocementációs pad vas- mangán vegyületeit. Ez kémiai vizromlást jelent. Ha a talajviztároló kavicsréteg fekéje közel vízszintes, akkor a fenti keletkezésű mélyedések alatt a kavicsréteg vékonyabb, mint a környező völgytalpi würmi háta alatt. Ha a felső áthalmozott és ezáltal iszaposabbá vált szemcsés "tál" réteget is leszámítjuk, akkor ez felére is csökkentheti a szomszédos rétegvastagságot.

Vizrendezési szempontból lényeges, hogy a víztelenítő csatornák a felszíni mélyvonal követése mellett a fedőréteg szerkezeti mélyvonalait is kövessék. Így a víz nemcsak a felszínen, hanem a rétegen keresztül is bejuthat a csatornába. Ezáltal a felemelkedő talajviz kevésbé jut a talajfelszín közelébe és így nem rontja annak mezőgazdasági, közlekedési értékét. Az alleröd-tölgy fázisban kialakult mélyvonulatok a felszínen könnyen felismerhetők. Ezáltal értékes felszínközeli műszaki-földtani adatokat kapunk, amelyeket a feltárásokkal tulajdonképpen már csak bizonyítani kell.



A műszaki geomorfológia egyik igen izgalmas, de alig használt lehetősége az epirogén helyi mozgások felszíni, földrajzi változásokat okozó hatásának tanulmányozása. Ezek a süllyedések, emelkedések - sok évtized átlagában - évenként néhány mm-t jelentenek, ami néhány évszázad alatt már több méteres szintkülönbséget és több ezrelékes esésváltozást okoz, néhány km<sup>2</sup>-nyi, peremi területrészek között.

Miskolc-Szirma közelében feltételezve, hogy az eltakart alaphegység magasan fekvő részei ma is emelkednek, mélyfekvésű területei süllyednek, azt látjuk, hogy a süllyedő részek alatt a kavicsfekü mélyebben huzódik és így a kavics vastagabb, mint az emelkedő alaphegységi rész felett. (1. ábra) Az emelkedő területek fölötti vízfolyások az elmúlt évszázadokban elhagyták medreiket, még a süllyedő terület felszínén napjainkban is víztelenítési problémák jelentkeznek. A helyi jellegű mozgások ismerete a felszíni kihatásai miatt elengedhetetlen a szakszerű vízrendezés tervezésénél, mivel ezek a hatások még néhány évszázad alatt is jelentős vízrajzi változásokat okoznak.

## MI KELL A MŰSZAKI FÖLDTANI LEHETŐSÉGEK HATÉKONNYÁ TÉTELEHEZ ?

Az eddigiek alapján nyilvánvaló, hogy a földtani kutatás "kezdetből fogva" kapcsolatban volt az építési, mérnöki szakterületekkel és sok ilyen jellegű kérdés "mérnöki szintű" megoldásánál nélkülözhetetlen.

Mégis jelenleg a magyar földtan a hagyományos bányászati profilja mellett nem éri el az építési kapcsolat lehetséges és szükséges kiteljesedését. Milyen átfogó (hatósági) intézkedésekre van szükség a potenciális lehetőségek érvényesítéséhez ?

1.) Mindenekelőtt: a településfejlesztéssel érintett legkülönbözőbb szakágak és szakmák hatósági, joghatározati szinten szólnak bele a tervezési és kivitelezési munkába, a vízügyektől kezdve az építészetten és egészségügyön keresztül a tűzrendészetig és tovább. Egyedül a földtani tudományok közreműködő képviselőinek nincs jogérvényes, határozati beleszólása a településtervezésbe, legfeljebb csak javaslatokkal élhet "talajmechanikai szakvélemény" formájában.



Kivételt képezhet esetleg néhány nagyobb építkezés, ha a tervekhez a Központi Földtani Hivatal jóváhagyását is kéri, bár ilyen ritkán fordul elő.

Viszont éppen a földtan oldaláról lehet a legtöbb "befektetés nélküli megtakarítást elérni a településfejlesztésnél, ha a műszaki földtani szempontokat már a helykijelöléseknél, elrendezéseknél, a beruházási program kidolgozásánál figyelembe veszik, nem pedig létesítményenkénti "talajmechanikai szakvéleményre" redukálják azt, szinte kizárva a létesítmény áthelyezésének lehetőségét.

A műszaki földtan elsődleges feladata nem az, hogy egy megtervezett létesítmény adott elhelyezéséhez előírja a "talajmechanikai javaslatokat", hanem az, hogy megadja az adott természeti viszonyokhoz illeszthető célszerű építési tevékenységet. A természeti viszonyok már eleve adva vannak, tehát kézenfekvő, hogy ehhez alakítsuk a mérnöki létesítményeket, mivel így a felesleges "természet átalakítási" költségek elkerülhetők. Minél olcsóbban akarunk építeni, annál jobban alkalmazkodni kell a természeti viszonyokhoz. (Tágabb értelemben ez a földtani szempontokon kívül az éghajlat, mezőgazdaság, sőt életmód figyelembevételét is jelenti.)

Az előbbiek érvényre juttatásához nem elegendők az esetenkénti szellemes műszaki-földtani közreműködések, vagy ennek elmulasztásából származó hibák emlegetése, hanem a földtani munka hatósági szintre emelése, a műszaki földtani vélemény határozati érvényűvé tétele szükséges, csak úgy mint a többi közreműködő szakmánál !

Vajon mi okoz nagyobb kárt a népgazdaságnak, vagy üzemeknek: ha időnként (talán az esetek néhány ezrelékében) az üzem kigyullad, vagy valami fertőzés lesz - ami jelentős kár, de csak egy-egy ritka esetben - vagy ha sok-sok üzemet úgy telepítünk, hogy a kivitelezési, alapozási, vizellátási költségek jelentősen megnövekednek a rossz helyzetű telepítés, vagy a felesleges túlméretezés miatt, ami önmagában véve nem az előbbiekhez hasonló esetenkénti katasztrófát, hanem összegében jelentős népgazdasági vagy üzemi kiadást jelent. Továbbmenve, közismert sok olyan eset, amikor a műszaki-földtan figyelmen kívül hagyása katasztrófális károkat okozott, amit még utólag sem lehetett biztonságosan elhárítani.



A műszaki földtan alkalmazásában jelentős javulás várható a Központi Földtani Hivatal által szervezett területi földtani hatóságok megalakulása után, ha ezek hatósági jogkörrel fognak rendelkezni.

2.) Mindenféle műszaki munkának meg vannak a fejlődést követően folyamatosan kiegészülő műszaki előírásai, szabványai, segédletei, dijszámításai, stb. A műszaki-földtannak ilyen előírásai nincsenek, legfeljebb néhány részletben támaszkodhat a társszakmák hasonló anyagaira.

Kétségtelen, hogy a műszaki-földtani munka nem olyan egyértelmű, mint pl. a geodézia, vagy a vizkémia, de bizonyos szabadossággal itt is készíthetők ilyen alapidokumentációk. A műszaki ügymenet nem nélkülözheti ezeket.

A különféle műszaki szakágak tervezési, kivitelezési segédletei is nem a ritka nagy feladatok megoldásához készülnek, hanem a mindennapos rutinmunka meggyorsítására és biztonságossá tételére.

Egy műszaki-földtani segédlet (kézikönyv) végre bizonyos koordinációt adna a tipikus feladatok egységes megoldásához és főleg áttekintést nyernének a kapcsolatos szakmák művelői, hogy konkrétan, esetenként mit is tudunk nekik segíteni. Igen sok olyan mindennapos műszaki probléma van, amiről nem is gondolják a kollégák, hogy a megoldást a műszaki földtan adja.

3.) A településfejlesztés által érintett táj egységekről általános, kisléptékű feldolgozásokat kellene készíteni a meglevő adathalmazok alapján. Ennek költsége igen minimális, km<sup>2</sup>-ként néhány ezer Ft, de csak ezek alapján bontakozhatnak ki a beruházók felőli nagyobb igények.

Borsod megye mérnökgeológia táj egységeit, a 2.sz. ábra mutatja. Ezen tájegységek különböző műszaki-földtani tulajdonságait ma már jól ismerjük, azok könnyen összegezhethetők és reprezentatívan dokumentálhatók.

4.) A területi földtani szervezetek egyik feladata volna, hogy a legkülönfélébb építési feltárásokat rendszeresen dokumentálnák, mivel ezek legtöbbször reprodukálhatatlan rétegtani eredményeket adnak. Egy terasz peremet átszelő több méter mély szennyvizcsatorna munkaárok feltárási eredményeit



nem pótolják az ugyanezen szelvényben mélyített furások, vagy geofizikai szelvényezés.

5.) A műszaki-földtan határterületi tudomány, ezért különféle szakágainak művelői a legkülönbélebb végzettséggel rendelkező autodidakták: vízépitő-, utépitő-, építész-, geológus-mérnökök, geológusok. Az egységes és legcélszerűbb terminológiák kialakítása érdekében mindezek számára időnként szakmérnöki tanfolyamokat kellene tartani. Ettől függetlenül minden évben többnapos országos mérnökgeológiai találkozót kellene rendezni, ahol előzetes pályázat alapján szerepelnének a mérnökgeológia minden ágát érintő előadások, széleskörű vita kíséretében.

Az előbbieken felsorolt intézkedések központi végrehajtása jelenleg a legfontosabb feladat a nehézipari nyersanyag kutatásból felszabaduló földtani kapacitás építési célú lekötésére. A különféle kiadványok végre széles körben ismertté tennék munkánk lehetőségeit, a laikus műszaki-földtani érdeklődők előtt, kizárnák az ezen a "szabad területen" eléggé elterjedt szakmai sarlatánkodást.

Másfelől nagy segítséget, biztosítékot adnának a műszaki földtan - egyelőre eléggé elszigetelten működő - szakszerű képviselőinek.

A szükségesnek tartott intézkedések minden - a műszaki-földtanhoz hasonló feladatokat megoldó - önálló szakmában már régen megtörténtek, tehát így csak hiánypótlásról van szó.

Végsősoron az építési célú földtan spontán kifejlődése és szervezett megszilárdítása az évszázados magyar földtan jelenlegi legfőbb feladata.







A HELYSZINI VIZSGÁLATOK GYAKORLATA  
NAGY-BRITANNIÁBAN, KIS MÉLYSÉGBEN  
VEZETETT ALAGUTAK ESETÉBEN

Dr. P. B. Attewell \*\*

Mérnök-geológiai Laboratorium, Durhami Egyetem,  
Anglia

Bevezetés

A geotechnikai vizsgálatokra vonatkozó Szabványelőírások (C.P. 2001:1957) jelenleg felülvizsgálat alatt állnak és jelenlegi formájukban az alagut-építésre kevés jellemző utalást tartalmaznak. A jövő várostervezési körülményei között az alagutak elrendezése mind a közlekedés, mind a szennyvizelvezetés szempontjából, egyre inkább fontosabbá válik. A földalatti közlekedés kényelme magától érthető és jelenleg éppen ezzel kapcsolatos az az Alagutépítési Tanácsadó Konferencia, melyet a Gazdasági Együttműködés és Fejlesztés Szervezete rendez. A konferenciát ebben az évben június 22-26 között tartjuk Washingtonban. Ami pedig Nagy-Britanniában a szennyvizelvezetést illeti, a nyersanyagoknak folyóinkba vezetése következtében némelyik tulszennyezetté vált és ez az oka, hogy ma ezt is tekintetbe kell venni.

Newcastle észak-kelet Angliában egy nagy kikötőváros és kereskedelmi köre főként Nyugat- és Kelet-Európára, valamint Skandináviára terjed ki. A nagy 40 mf-es szennyvízcsatornázási terv, mely magában foglal alagutépítést és nyitott munkagödrös eljárást egyaránt, most van kivitelezés alatt és a Durhami Egyetem Mérnökgeológiai Laboratóriuma a tervezés bizonyos koncepcióinak kialakításában résztvesz.

Nagy-Britanniában a mélyépítési vállalkozók a kivitelezésre a mérnök-szakértők helyszíni vizsgálatai alapján teszik meg ajánlataikat, akik a megbízó személyében járnak el, aki ebben az esetben a városi hatóság. A leggazdaságosabb vizsgálatok specifikálásának elősegítése céljából az Egyetem egy felmérést

---

\*\* Elhangzott a MFT Mérnökgeológia-Építésföldtani Szakosztálya 1970. IV. 22-én megtartott ankétján.



végzett, ami abból állt, hogy tipizált kérdőívet bocsátott ki kiválasztott vállalkozóknak, szakértőknek és a helyi hatóságoknak, akik rendelkeztek már városi alagutépítési gyakorlattal. Habár a felmérésből nem alakult ki a kismélységű alagutépítéssel kapcsolatos helyszíni vizsgálatokra egy átfogó és összefüggő kép, de megállapítható, hogy szabványos és nem-szabványos eljárásokat követnek Nagy-Britániában. Az előadás ezek némelyikével foglalkozik.

#### A helyszínrre vonatkozó vizsgálatok felosztása

##### a) Megelőző vonal felmérés

- 1) Topográfiai tanulmány és a tervezett alagut lejtviszonyainak vizsgálata
- 2) Az érintett építmények szerkezetének és alapozásának (pillér és ágyazat megerősítések) vizsgálata a tervezett vonal fölött és alatt.
- 3) Az építmények várható megrongálódásának felmérése.
- 4) Elektromos, telefon, gáz, víz és szennyvizcsatorna hálózat felvétele.
- 5) A számbajöhető biztosítás típusok tanulmányozása.
- 6) A furólyukak előzetes telepítése és a létesítendő alagutból kikerülő meddőanyag elhelyezésének vizsgálata.
- 7) A vonal mentén elhelyezkedő szilárd és laza rétegek előzetes felvétele a geológiai térképek alapján.
- 8) Az érintett területen korábban lefolytatott helyszíni vizsgálatok beszerzése - közvetlen kapcsolatot teremtve a kivitelező vállalatokkal, hatóságokkal, a vasutttal, privát és geotechnikai szakértőkkel, továbbá a Geológiai Tudományos Intézettel és a vízügyi hatóságokkal a kutakból a vizkivétel adataira vonatkozóan.
- 9) Ha a területen lefejtett széntelep van, a lefejtésre és terület süllyedésére vonatkozó adatok beszerzése.
- 10) Az érintett terület légi (sztereo) felvételének tanulmányozása.



b) Részletes helyszíni vizsgálatok

- 1) Furólyukak
- 2) A furólyukak közötti interpolálás céljából geofizikai felvétel - folyó alatti alagut esetén szeizmikus sparker profillozással vagy szeizmikus, ellenállás vagy mágneses traverzással szárazföldön.
- 3) Furólyuk vizsgálatok - áteresztőképesség és sűrűség meghatározás.
- 4) Laboratoriumi vizsgálatok laza és szilárd anyagokon.

c) Elemzés és tervezés

Példának okáért, a boltozat elméletet használjuk a biztonsági tényezők meghatározására, tekintettel a talp dagadására és a fedő törésére és a szükséges alagut átmérőre. Tehát egy racionális vonaltervezést kísérelünk meg, amely a féltér rugalmas viselkedését veszi tekintetbe (pl. a körkeresztmetszet deformációja elipszissé). Megkíséreljük az elmozdulási mező vizsgálatát is a rugalmas-plasztikus összefüggések alkalmazásával a véges elemek módszerével.

d) További vizsgálatok a kivitelezés alatt

Egy megelőző flexibilis tervezés természetesen változik az alagut-hajtás közben lefolytatott helyszíni vizsgálatok eredményének megfelelően - ez az u.n. Terzaghi féle "megfigyelő módszer (Peck, 1969), melyben az alagut-építés maga alakítja ki helyszíni vizsgálatok rendjét. Ennek az az elve, hogy az alagutból a tervezőhöz az információnak egy állandó visszacsatolása jön létre, de a gyakorlatban van egy kis kiegyenlítés, amely az alagut acélbiztosításához igazodik technikailag.

A tanulmány keretei

Ugy vélem, hogy ennek a tanulmánynak csupán a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok bizonyos szempontjait kell vázolni, kihangsúlyozva egy-két olyan nem-szabványos vizsgálati és analitikai módszert, amelyek a biztonságos és eredményes alagutépítést elősegítik. Amióta a legtöbb városi alagutat laza üledékekben hajtják, igen kevés tanulmány foglalkozik a szilárd kőzetek vizsgálatával.



A tervezésnél alkalmazott eljárások a tanulmány tárgykörén kívül esnek.

### Furólyuk telepítés

A furólyukak telepítése a vonal fontosságától, a külszin fedettségétől, továbbá a rétegek változatosságától függenek. A furás laza rétegekben kanalas furóval végezhető, a kavicsos agyag rétegek pedig kétágu vésővel ellátott csiga-furóval törhetőek át. Levegő vagy vizöblítés alkalmazható, de kedvezőbb a légöblítés, ha minták nyérése kívánatos szilárd kőzetben gyémántbetétes magfurást alkalmaznak.

Néhány tipikus lyuktávolság:

- 1) Dupla 4 m belső átmérőjű alagutak változó rétegekben 100-130 m
- 2) 3 m belső átmérőjű szennyvizalagut változó rétegekben 30-150 m.
- 3) Szennyvizalagutak nem változó rétegekben 300-1000 m
- 4) A szennyviz alagutak változó rétegekben általában 100 m

vagy az aknák helyén. Ahol vetők várhatóak, ott közbenső lyukak telepítendőek.

Szennyvizalagutaknál kialakult gyakorlat szerint először a vonalat 130-170 m-es távolságonként végigfurják, majd a geológiailag zavart vagy változó rétegekben közbenső lyukakat mélyítenek.

Folyó alatti alagutak esetében a furás végezhető uszályról vagy pontonról, vagy esetenként furó állványról. A Tyne alatti alagutaknál az átlagos lyuktávolság 500 m.

A furólyukakat rendszerint legkevesebb 1 1/2 alagutátmérő távolságra telepítik a vonal tengelyétől és habár azok nem esnek bele az alagut szelvényébe, gondosan tömedékelni kell, különösen, ha víztartó rétegeket furtak át. Beépített területeken és ott, ahol a furás víztároló rétegeket harántolt, betontömedék alkalmazása megkívánt, először a sullyedés megelőzése, másodsor a szeny-



nyeződések meggátolása céljából. Agyag vagy beton lezárást alkalmaznak nagy-átmérőjű lyukaknál, a kicsiknél pedig cement és homok vagy cement és őrlött hamu keverékét juttatnak besajtolással a furólyukba.

#### A geofizikai módszerek a helyszíni vizsgálatoknál

A megkérdezett brit intézmények 50 %-a alkalmazza a geofizikai módszereket a helyszíni vizsgálatoknál. Mint említettem az előbbieken, a fő alkalmazási terület a vizalatti alagutaknál a folyamatos reflexiós szeizmikus szelvény felvétele mágneses szalagra rögzítéssel a későbbi vizsgálatok céljára. Ennek a módszernek az alkalmassága a különböző szinteken a sebesség kontraszt élességétől függ, továbbá a magmintákon végzett kalibrálás helyességétől. Ha az anyag egy adott szinten nem homogén izotróp, úgy a rugalmas jellemzők és különösképpen az akusztikus impedancia, nem függetlenek az iránytól és ennek következtében a beérkezési idő és természetesen a sebesség félreértelmezhető. A geofizikai módszerek a rétegek fizikai tulajdonságairól igen kevés információt adnak, de a hullámterjedési sebességből és a sűrűségből a dinamikus rugalmassági modulusra közelítő érték nyerhető. Ökölszabályként mondhatjuk, hogy ha a longitudinális hullámterjedési sebesség kevesebb mint 2500 m másodpercenként, a jövesztés robbanóanyagok alkalmazása nélkül is lehetséges. A kisméretű szeizmikus kalapács néhány esetben használatos szabad terepen, előzetes felvétel céljából, azonban városban az akadályok és a normális közlekedés következtében előálló rázkódások következtében nem igen alkalmazható.

A proton magnetométert alkalmazzák felszínalatti üregek, mint például öreg bányamüveletek és aknák lehatárolására.

#### Magminták vétele

Zavart talajmintákat légmentesen záró edényben tárolva általában 1,5 m-es intervallumonként veszik minden változó rétegből. A talajviz mintákat a pH érték, a szulfáttartalom és az esetleges talajszilárdítási eljárásokkal szembeni reakció, továbbá az emberi bőrre való hatásának meghatározása céljára veszik. Nagyobb alaktalan mintákat általában hasonló távközönként veszik



a kohézió nélküli anyagokból, a hordalékból és az anyagos üledékekből. Az alagut szelvényéből 0,5 m hosszú  $\emptyset$  100 mm mintákat vesznek 1,5 m-ként és a réteghatároknál. Az 1. ábra a Tyne Syphon alagut építése kapcsán felvett lyukszelvények egyikét mutatja be, melyen fel van tüntetve a mintavétel mélysége, az átharántolt rétegek teljes geológiai leírása, a szabványos penetrációs és a dinamikus szondázási vizsgálatok eredményei.

Ajánljuk, hogy bizonyos intervallumonként az ép magokat a magkoronából kivétel után hasítsák ketté hosszában, és hasított magról készített fényképfelvételeket a lyukszelvényhez csatolják.

A szabványos penetrációs vizsgálat igen fontos része a helyszinre vonatkozó vizsgálati programnak, mert az önhordási kapacitás és a surlódási szög jellemző értékei mellett jó információt adhat a környezet instabilitására és a várható nehézségekre, melyek a pajzshajtás során felmerülhetnek. Az ajánlható gyakoriság, minden 3 méteres távolságban adható meg, de az alagut korona fölötti és alatti 3 méteres szakaszon 1 méterenként célszerű a vizsgálatot elvégezni.

Kőzetek harántolása esetén a Kőzetek Minőségi Meghatározás (Rock Quality Designation, R.Q.D.) értékeit állapítják meg, mert az RQD és az egytengelyű nyomószilárdság között direkt összefüggések vannak, melyek a kőzetstabilitásra előzetes információt adnak a biztosítatlan üregek mérete, a pajzshajtás, a sűrítettlevegős légtér, vagy az injektálás szempontjából. Az RQD értékeket az érintetlen magminta teljes hosszára vonatkozóan meghatározzák - mely 100 cm vagy ennél hosszabb lehet - és a teljes átfurt vastagság százalékában fejezik ki. Ha a mag a furás során vagy a kezelés közben összetörik, úgy a törött részeket összeillesztik, beleértve azt is, amelyekre az RQD értékeket meghatározták, kiadva a 100 cm-es megkívánt hosszúságot. Esetenként, fontos alagutak esetén a rétegek dőlését és orientációját is meghatározzák a furólyukba bocsátott televíziós kamerával, de lényegtelenebbeknél a költségek ezt kizárják.

Mivel a furólyukak létesítése igen költséges, a maximális információt igyekeznek nyerni általuk, és prezentálni az érdekelteknek a legkönnyebben kezel-



hető formában. Az információk prezentálásának módszereit jelenleg tárgyalják Nagy-Britanniában.

### A helyszini átteresztőképességi vizsgálatok

Amikor az alagut nyomvonal a víznívó alatt fekszik, hidrosztatikus nyomás számításakor általában a nyomás veszteségeitől eltekintenek. Ez a nyomás természetesen minden érintkező felületen merőlegesen hat, és ha egy alagutat úgy terveznek, hogy ellenálljon a víznyomásnak, a méretezésnél a hidrosztatikus felhajtóerőt kell számításba venni. A víznyomás maximális, ahol a vonalat vízzáróan képezik ki, de lehetséges egy alacsonyabb szivárgó nyomást is elérni, ha a vonalat olyan célra építik, hogy kisebb szivárgás megengedhető.

A fő probléma természetesen az, hogy a víz jelenléte csökkenti a rétegek stabilitását. És különösen, ha az alaguthajtás alatt biztosítást szükséges alkalmazni, a vizkiemelés költsége lehet nagy és az elektrooszmózis vizkizárás pedig rendszerint nem elég hatásos. Igen drága megoldás a fagyasztás, akár sóoldatot, vagy folyékony szénsavat, akár pedig folyékony nitrogént használnak, továbbá a konvencionális vagy kémiai anyagok injektálása. A kezelés nélküli anyag igen változékony állapotba juthat, ha granulált halmazból áll, továbbá ha igen finom részecskéket tartalmaz és ezeket a vízszivárgás kimossa és kiüregelődik.

Erősen gyűrt agyagok, különösen amelyek töredezetek, elvesztik a víz hatására stabilitásukat a gyűrűdések és töredeзések mentén.

Nagy-Britanniában általános gyakorlat minden alaguthajtás helyszin vizsgálatánál, a víz furólyukban való előtünésének gondos regisztrálása, továbbá megkísérlik megbecsülni a vízbeáramlás sebességét, meghatározzák naponta a furás kezdetén és befejezésekor a víz szintjét, és végül a nyugalmi-vízszintet 24 órával a furás befejezése után. Amint bármilyen kis vízmennyiséget észlelnek, a furást abbahagyják, és a szükséges regisztrálást elvégzik. A furási állásidőket a vizsgálati naplóba be kell vezetni. Természetesen a vízöblítéses furás kevésbé pontos eredményeket szolgáltat, ami jelenleg elkerülhetetlen kanalas és spirálfurók alkalmazásakor. Kőzetekben a légöblítéssel ez a nehézség leküzdhető. Igen sok esetben - a vizsgálatok 3/4 részénél - a vízszint megfigyeléseket legkevesebb 12 hónapig folytatják.



A rétegek szivárgási tényezőjét ( $k$ ) vagy vízkivétellel, vagy pedig vízbesajtolással határozzák meg. A 2. ábra ezt illusztrálja. Mindkét esetben expandáló hüvelyt (packert alkalmaznak a furólyuk szelvényének lezárására, hogy a szivárgási tényezőt különböző szinteken lehessen meghatározni. Egyszerűbb a packert azonos helyen hagyni és ahogy a lyuk mélyül, szakaszonként meghatározni az integrál szivárgási tényezőt, amiből a különbségek képzésével a permeabilitás meghatározható. A vízkivétel, vagy a vízbesajtolás alatti vízszintváltozást elektromos érzékelőkkel észlelik. A vízkiszorításos permeabilitás vizsgálat megfigyelő lyukait a fontosabb alagutépítési munkáknál úgy telepítik, hogy a kialakuló depressziós tölcser észlelésére is alkalmas legyen. A szivárgási tényezőt ( $k$ ) a szokásos hidraulikai összefüggéssel határozzák meg.

#### Laboratóriumi vizsgálatok

A szemszerkezeti analízis (szitálásos és ülepitéses módszerrel) lefolytatása szükséges, hogy a víztartalmu rétegekben alkalmazható eljárásokat számbavegyük. A szemszerkezet és az eljárások közötti összefüggéseket a 3. és 4. ábra szemlélteti. A jellemzők mindegyikét - mind a természetes víztartalmat, mind a folyási és plasztikus határt - meghatározzák, és ezekből folyási indexet számitanak. A folyási index és az alagut ortjának stabilitása között határozott összefüggés van. Ha az index nagyobb, vagy egyenlő eggyel, az anyag befolyik a munkatérbe, és instabil helyzet fog előállni. Ajánlható, hogy az index értékeit a furólyuk szelvényére felrakják, amelyből a vonal mentén várható stabilitási változások jól érzékelhetők.

Az átglyurt anyagon végzett laboratóriumi kísérletek az alagutépítések helyszinre vonatkozó vizsgálatainál nem látszik túl népszerűnek Nagy-Britanniában, de ezek a kísérletek adhatják a legolcsóbb és leggyorsabb értékeket az anyag nyirószilárdságára, különösen akkor, ha átitatottak; továbbá a konvencionális (pórusviz nyomás alatti) triaxiális kísérlet háromtagu sorozata. Az átglyurt kísérletnek van egy nagy előnye, hogy az agyagok gyurhatóságára ad igen jó információt. A triaxiális nyomóvizsgálatot minden 3 m-es mélységből megismétlik  $\emptyset$  35 mm mintatesten, de a nyirókísérleteket, amelyeket az alagut tengelyre



vonatkozó értékelés szempontjából veszik figyelembe  $\emptyset$  100 mm mintákból alakítják ki. A konszolidációs pórusnyomásos triaxiális és a triaxiális pórusnyomás nélküli vizsgálatok drágábbak és ezért nem alkalmazzák, hacsak a tervezés számára nem szükségesek a pórusviznyomás és a konszolidációs jellemzők ismerete. Ha a vizsgált féltér rugalmas analízise szerepel a vizsgálatok programjában, úgy az alakváltozások és a feszültségek közötti összefüggések meghatározását is célul tűzik ki. A kőzetek esetén a tervezés számára az 50%-os secans /metsző/ modulust alkalmazzák általánosságban, de mállott kőzeteknél a kezdeti tangens/érintő/modulust gyakran előnyben részesítik. A mállási szint mentén a fedőréteg terhelés arányában (amely az alagut tengelyének mélységétől függ) az egytengelyű nyomószilárdság az egynél kisebb állandó érték szerint fog növekedni a külszin közelében, és egynél nagyobb nem állandó érték szerint az alagut tengelye felé. Mint ahogy az előbbieken említettem, az RQD értékkel kapcsolatban, az egytengelyű nyomószilárdságra vonatkozó értékek a stabilitásra előzetes információként alkalmasak.

Nagy-Britanniában egy egész sor kőzet és talajmechanikai vizsgálatot alkalmaznak. Ezek közül a triaxiális nyomó és húzó szilárdságvizsgálatokat a kőzetekre, a forgácsolási kísérleteket a jövesztő gépek teljesítményének meghatározására, továbbá a laboratóriumi permeabilitás vizsgálatokat kell megemlíteni. Az utóbbiakat az in-situ vizsgálatokkal összehasonlítva, az injektálás alkalmazási körülményeinek tisztázására használják. Amióta a duzzadási hatásokat és a környező rétegek konszolidációját a racionális vonaltervezésnél számításba veszik, az előbbieken vázolt vizsgálatokat, a rétegekkel párhuzamos és azokra merőlegesen kialakított próbatesteken is elvégzik. A vizsgálatokból nyert eredmények némi felvilágosítást adhatnak mederalatti vonalak építése során várható körülményekre, továbbá az alagut fölötti esetleges mozgásokkal kapcsolatban. Ajánlható a röntgendiffrakciós analízis elvégzése is a környező rétegek anyagán a duzzadó komponensek - montmorillonit és a közbetelepült illit- kimutatása céljából. A kvantitativ minerológiai vizsgálatok a Tyne térség hordalékos rétegein azt mutatják például, hogy ahogy a kvarc és az agyag aránya csökken, a nyírószilárdság annak megfelelően csökken. A Durham-i alagutépítési munkáinknál röntgen fluoreszcencia analízist végeztünk agyagon, az



alkotók kémiai összetételének meghatározására, és végzünk röntgen szerkezeti analízist is a kristály orientáció megoszlása kitüntetett irányai meghatározására és ebből az anyag síkbeli anizotropiája természetére vonunk le következtetéseket. A mikropaleontológiai meghatározás a sztratigráfiai szintek pontos azonosítására szintén hasznos lehet - amikor ez lehetséges, mint ahogy ez a Csatorna Alagut esetében volt.

Durhamban mi azt a felfogást valljuk, hogy azok a laboratorizmi vizsgálatok a legértékesebbek, amelyek az anyagok feszültség és alakváltozási tulajdonságait a legreálisabban adják az alagut homlokra vonatkozóan. Több ilyen vizsgálatot folytattunk glaciális tavi agyagon.

Először a redukáló triaxialis nyomó vizsgálatot említjük. Amikor az alaguthajtás során az orthon (homlokon) a lateralis nyomás zérusra redukálódik, a fedőrétegek nyomása viszont változatlan marad. Ez a szituáció az u. n. triaxialis cellában modellezhető azáltal, hogy vertikális terhelést és a cella támasztó nyomását a fedőrétegek nyomásával azonos értékig növelve, majd az utóbbit a zéróig redukáljuk, mialatt a vertikális terhelést az eredeti értéken tartjuk. A diagram az egyik kísérletünk eredményét mutatja be a támasztó nyomás redukálása függvényében ábrázolva az axiális alakváltozást a törésig. (5. ábra). Bár a kísérlet távol van attól, hogy valódi szituációt reprezentálja, de annál mindenestre közelebb áll, mint amit a konvencionális triaxiális kísérletek nyújtanak, ahol a támasztó nyomást tartják állandó értéken és az axiális (vertikális) terhelést növelik a törésig. A gyakorlatban van némi technikai nehézség a szükséges gyorsaság elérése terén, a redukációs triaxiális nyomóvizsgálatoknál a pórusnyomás mérése terén, de lehetséges, hogy egy személy 6 mintát megvizsgáljon és a nyert adatokat feldolgozza egy munkanap alatt.

Mindenesetre, mint ahogy a példaként bemutatott 6. ábra mutatja, mi egészen kicsi vagy egyáltalán semmi eltérést nem kaptunk a Mohr-féle ábrázolásnál a konvencionális és a redukációs triaxiális nyomókísérletek eredményei között. A feszültségeknek a két módszer szerinti előállítására a pórusnyomás értékekben sem hozott számottevő eltérést, de az utóbbi vizsgálati mód a részlegesen átitatott agyag esetére van leszűkítve, ha van permeabilitása, amely a pó-



rusnyomás változás lehetőségét biztosítja, nagyobb alakváltozási tartományok, amely előállhat gyors alaguthajtás következtében. Ilyen típusu agyagoknál a tényleges feszültségekben számottevők különbözőségek jelentkezhetnek.

Hasonló kísérleti módszer az, amikor a támasztó nyomást állandó értéken tartják és az axiális terhelést csökkentik, amíg a próbatest össze nem törik. Ez a kísérlet, amelynél az agyag axiálisan kiterjed, a talpduzzadást modellezi az alagut végén. Nagy-Britanniában Weald-agyagon végzett kísérletekről publikált eredmények (Parry, 1960) a pórusviznyomásra számottevő különbséget mutatnak, összehasonlítva a konvencionális vizsgálatokkal, amiből következik, hogy a vágás ~~másra~~ a túlkonzolidált agyagban nagy negatív porusnyomás keletkezhet, a nyomásetérés pedig egy meghatározott szilárdság-csökkenésre vezet. Mi az ilyen típusu vizsgálatokat olyan nagyméretű alagutakban végezzük csak, amelyeket nagy kiterjedésű homogén rétegekben hajtanak, vagy például ahol egy alagutat kritikus stabilitási viszonyok között épület alapok alatt hajtanak.

Az alagut kitörés fölött az egyenlő normál nyomások felülete boltozat alakban hajlik a nulla nyomások felületével, átvágva az alagut szimmetriáskját bizonyos távolságban a fedőben. Ezen a távolságon belül az anyag huzott állapotban van és a kőzetomlás lehetősége az anyag huzó és nyíró szilárdságától függ. A két közelmúltban lefolytatott huzóvizsgálat, amelyeket Hasegawa és Ikenti (1964), továbbá Bishop és Garga (1969) publikált laza kőzetekről, megkívánják a próbatest kialakítását, a különleges berendezést és a vizsgálat rendkívül gondos ellenőrzését, a költségek terén még nem igazodtak a rutin jellegű alagutépítési munkákhoz. A mi direkt huzó vizsgálatainkat egyenmő agyag és iszapközbetelepüléses agyag, hengeres próbatesteken végeztük. Az egyenmő agyagra  $54 \text{ kilonewton/m}^2 / 0,54 \text{ kp/cm}^2$  huzószilárdság értéket, a huzó és nyomó szilárdság hányadosára  $0,28$ -at kaptunk. A rétegzett anyagnál  $4 \text{ kilonewton/m}^2$  ( $0,04 \text{ kp/cm}^2$ ) volt a huzószilárdság és a huzó-nyomószilárdság hányadosára  $0,04$ . Az elhanyagolhatóan kicsi huzószilárdság az utóbbi esetben az inhomogenitással magyarázható, továbbá állítható, hogy az első anyagban általában nem várhatóak a helyi fedőmlások, hacsak a főtét nem hagyják hosszú időn keresztül biztosítatlanul. A másik esetben az alagut fedője gondos vizsgálatot igényel a kivitelezés ideje alatt.



Egy másik típusa az ajánlható vizsgálatoknak, amely a mi Durham-i munkánk eredménye, a laza kőzetek u.n. extruziós folyás vizsgálata. A folyást zavartalan magmintán állítjuk elő azáltal, hogy komprimáljuk egy olyan szilárd hüvelyben, aminek a palástján lyuk van hagyva. A vizsgálatot a 7. ábra szemlélteti. A talaj a paláston levő lyukon át folyamatosan kitüremlik. A vertikális feszültségek, az axiális deformációk és a lyukátmérő aránya, továbbá a vertikális feszültség és a folyamatos folyás értékei a 8. ábra diagramjain láthatók.

A vertikális feszültség maximumánál a tönkremenetel a folyamatos extruzióban jelentkezik. Ha a vertikális feszültség nincs maximálva, Broms és Bennermark (1967) szerint a törési (tönkremeneteli) feszültség a feszültség-deformációs görbe kezdeti és végső szakaszaihoz huzott érintők metszéspontjában van. Némelykor úgy tűnik, hogy - mint ahogy a 9. ábrán látható, - egy magasabb vertikális feszültségnél egy progresszíven növekvő szakasz van a feszültség görbén, de ez egy kevésbé konzervatív tönkremeneteli elvre vezethető vissza. Ez az eljárás - ha rendelkezünk az egytengelyű nyomószilárdság értékeivel, - alkalmas arra, hogy összeegyeztessük a nyert eredményeket, majd ezt követően meghatározzuk a tönkremeneteli vertikális feszültség és a nyomó (kohéziós) szilárdság hányadosát. Ha ez a  $\frac{\sigma_v}{C_u}$  hányados megközelíti, vagy meghaladja a 6-ot, úgy evidens, hogy a helyszíni viszonyok kritikusak lehetnek, és a valódi  $\sigma_v$  értékét az extruziós görbével kapcsolatban kell részleteiben vizsgálni abból a célból, hogy az extruzió arányához viszonyítva a potenciális anyagvesztéséget megbecsülhessük. A vizsgálatot triaxiális cellában lefolytatva és az extruzióval szemben u.n. támasztó (gátló) nyomást alkalmazva, a sűrítettlevegős munkatér jól modellezhető és a kitörés alatti levegőnyomás meghatározása lehetséges. Mi ajánljuk ezt a vizsgálati módszert, miután az alagut vonal mélységéből vett mintán a  $\frac{\sigma_v}{C_u}$  hányados már meg lett határozva, a nyírószilárdsággal és az átlagos természetes térfogatsúllyal együtt. Ha a hányados értéke eléri a hatot, úgy az extruziós vizsgálatot célszerű szabványos 100 mm átmérőjű próbatesten végezni, és a súrlódás csökkentése céljából a nyomóhengerbe előzőleg molibdén diszulfiddal burkolni az anyagot.

A mi gyakorlatunk arra enged következtetni, hogy a vizsgálati eredmény nem érzékeny a nyílásátmérőre, és az ilyen jellegű egyetlen vizsgálat ugyanolyan költséget jelent, mint a három-



tagos triaxiális gyorsvizsgálat. Mi jelenleg azt vizsgáljuk, hogy ez előbbi nyomás hányados milyen hatással van a törési szilárdságra, ahogy azt a 10. ábra mutatja.

Vizsgálataink köves és réteges agyag mintákon, melyeket egy szennyvíz alagút építése során vettek, azt mutatták, hogy az extrúzió kb.  $314 \text{ kN/m}^2$  ( $3,14 \text{ kp/cm}^2$ ) értéknél indul meg, ami egybeesik a 4,5-ös hányadossal. Igen könnyű, - mint ahogy a 11. ábra mutatja, - a biztonsági tényezőt az alagút mélység függvényében ábrázolni. Terzaghi 1942-ben egy Chicagói aluljáró építésnél az igen kis szilárdságu agyagnak a munkatérbe folyása ellen  $90 \text{ kN/m}^2$  ( $0,9 \text{ kp/cm}^2$ ) légnyomást alkalmazott, ami  $\frac{\sigma_v - \sigma_a}{C_u}$  hányadost képezve 4,2-nek felel meg. A  $\sigma_a$  a levegőnyomást jelenti.

Vertikális extrúziós kísérlet is kivitelezhető az alagút homlokán és a fedőjében előidézhető tönkremenetelt okozó túlterhelési nyomásviszonyok meghatározására (12. ábra). Az ilyen jellegű kísérleti adatok a boltozat elméleten alapuló összefüggések kalibrálásánál használhatók fel. Számítva pl. az előbbieken említett anyagra, tekintettel az első tönkrementelre, a fedő meszakadása a homlokhoz viszonyítva  $88,5\%$ -os terhelésnél következik be, és ez az elő- és utó-tönkrementeli érintő metszéspontjához viszonyítva  $92\%$ -nál helyezkedik el. Extrapolálva, a fedő első behajlása, tehát a  $\frac{\sigma_u}{C_u}$  arányt tekintve, a 4-es értéknél következik be. Ezt a számítást mutatja be a 13., 14. ábra, indikálva azt a módot, ahogyan a Terzaghi féle keresztmetszeti analízis egyszerűen módosítható a maximálisan nyitvatartható homlok meghatározására.

Az extrúziós vizsgálatok gyakorlati igazolást nyertek a külszin süllyedésére vonatkozóan a Londoni Metro Victoria vonalának építése során. Morgan és Bartlett (1969) közölte, hogy a londoni agyagban, melynek vastagsága  $12,2 \text{ m}$  és  $6,1 \text{ m}$ -es kavics fedé, egy szimpla szelvényű pajzsos alagúthajtásnál, melynek átmérője  $12 \text{ ft}$  ( $3,66 \text{ m}$ ) volt, a külszin süllyedése a vonal mentén  $6,35 - 31,75 \text{ mm}$  között változott, és a vonal tengelyétől mért  $21 \text{ m}$  távolságban 0-ra csökkent. A külszin süllyedéséből meghatározott térfogat többszöröse volt annak a számított hézagterfogatnak, amely az alagút kitorési szelvénye irányába moz-



dult el az injektálás előtt, illetve a nem tökéletesen felfekvő biztosítás mögötti üreget töltötte ki. A következtetés csak az lehet, hogy a süllyedés nagyobb részét egy belső, a homlok irányában lefolyó extruzió mozgás okozhatta az alagut hajtása alatt, és a mozgás független a hajtási sebességtől. Az alaguthajtás a Temze homokban az injektálás után nem okozott mérhető külszíni süllyedést, és előfordult Londoni Metro Viktoria Állomása alatt, hogy csak 2,44 m volt az agyag fedőréteg a régi fapillérialapokig (Morgan és Barlett, 1969), a 15. ábra szerint.

### Előzetes analízis

A szabványos gyakorlat az, hogy a javasolt alagut vonalról hosszszelvényt készítenek a furatok réteg- és vizadatai alapján, mely magában foglalja a rétegek interpolálását és a vízszinteket.

Nem rendszeres, hogy a hosszszelvény a szilárdsági adatokat, tartalmazza, de a stabilitás változás nyilván valóvá válik, ha a szelvény tengelyében a teljes terhelés aránya a nyirószilárdsághoz viszonyítva nagy. Ha ez az arány nagyobb 6-nál, az alagut homlok stabilitása kritikus. Ha nagyobb, mint 4, némi külszíni süllyedés várható. Pontosabb adatok nyerhetők a laboratoriumi kísérletekkel. Nem ajánlható, hogy a kivitelező vállalatoknak interpolált adatokat adjanak, mielőtt azok a ajánlatukat megteszik.

Adhatók nekik kötelezettség nélküli szóbeli információk, de végülis mindent saját rizikójukra kell tenniük. Nagy-Britanniában a mérnökgeológiai irodák csupán általános megállapításokat tesznek a kivitelezési módszerek lehetőségére, és a talajszilárdítás technikájára, de a választott módszer az ajánlatot tevő vállalkozók specialistáitól és azok ilyen jellegű kiterjedt gyakorlatától függenek. Előzetes tételeket tartalmaz az u.n. "Bill of Quantities" és ezek számításba vehetők a kiterjedt gyakorlat alapján.

Sok évvel ezelőtt igen sok orvosi vélemény hangzott el az u.n. keszon-megbetegedésekkel kapcsolatban és abban az esetben, ha a nyomás a munkatérben a 120 kN/m<sup>2</sup> (1,2 kp/cm<sup>2</sup>) alatt volt, úgy gondolták, hogy viszony-



lag biztonságos munka végezhető. Amikor a vízszintek és a réteg permeabilitások szükségessé teszik, a stabilizáció injektálással vagy fagyasztással, továbbá vízszintsüllyesztéssel, a külszinről vagy a víz elektro-oszmózisos megkötésével vagy sűrített levegős visszaszorításával növelhető. A 16. ábra a geotechnikailag számításba jöhető szilárdítási eljárásokat tartalmazza. A talajszilárdítás elvégezhető a külszinről és a földalatti térségből egyaránt, de egy városi környezetben a külszini épületek akadályozó tényezőként jöhetnek számításba, mind az injektálás, mind a fagyasztás esetén.

Az injektálással mindég meg van a lehetősége annak, hogy a külszin valahol megemelkedik, vagy van más telepítési probléma, a fagyasztott rétegekben viszont az alaguthajtás lassu és költséges. A nagynyomásu injektálás finom szemcséjü és nagy ellenállásu rétegben a fedő rétegek emelkedését vonhatja maga után, amely az építmények alapozására kedvezőtlenül hathat. Ilyen esetben célszerű kis nyomásu bentonit-cement injektálást alkalmazni először az alapozások környezetében, majd ezt követően nagyobb nyomáson cementinjektálást olyan sorrendben, hogy szisztematikusan kiszorítsa a vizet, anélkül, hogy egyes helyeken izolált részek maradjanak meg. A fagyasztásos technika kivételével a talajszilárdítási módszerek egy egész során alkalmazták a Tyne alatti közlekedési alagut építése során. Az alagut a legkülönbözőbb rétegeket harántolta, többek között durvakavics és hamu réteget, melyet Londonból hoztak cserébe a Newcastle-i szénért, majd ezt a különböző periódusokból származó jégkorszaki üledékek követték. Lágú iszappal közbetelepült anyagok, majd ezt követően igen szilárd kékesbarna, nagyszemü kavicsokkal átjárt agyagok, de vizes lágú közbetelepülésü agyag és homok és kavicsrétegek lencsealaku szemcsékkal. A Tyne alatt, amely az alagut vonalánál 350 m széles és egy 8,5 m mély, 152 m széles kotort mederrel rendelkezik a hajózás számára, az uralkodó réteg az u. n. szén-csikos kőzetek (Coal Measure Rock), amelyek a kemény homokkötől az igen lágú éggő-paláig terjednek, gyürtek és vetőkkel szabdaltak. A 17. ábra a geológiai szelvényeket ábrázolja, melyeket az alagut mentén vettek fel. Az előalagut kavicsban haladt és 220 kN/m<sup>2</sup> (2,2 kp/cm<sup>2</sup>) levegőnyomást kellett tartani, de középtájon a folyómeder alatt mintegy 1500 m<sup>3</sup> homok és kavics ömlött az alagutba, és csak ugy



volt feltartóztatható, hogy a levegő nyomását  $344 \text{ kN/m}^2$  ( $3,44 \text{ kp/cm}^2$ ) értékre növelték. A folyómederben keletkező üreget bányameddővel töltötték fel és kiegészítésül megelőzően cement, őrölt hamu és bentonit keverékével szilárdították meg a homok, kavics rétegeket, valamint a széncsikos kőzeteket. Ezt TDN kémiai anyagok majd Comex A besajtolása követte, mint ahogy a 18. ábrán látható, hogy stabilizálják a magas fedőben levő alluviális rétegeket. A TDN drágább, de szilárdabb, mint a Comex A, egy kicsit nagyobb szilárdságot ad a rétegeknek, növeli a mechanikai kohéziót és csökkenti a permeabilitást. Lágy anyagokban folyó alagutépítésnél a mechanizált alaguthajtási technika kiválasztására az anyagok nyírószilárdsága van kihatással. A furópajzs a leghatásosabb és lehetővé teszi flexibilis vonalvezetést, de szilárd és homogén rétegek szükségesek. A normál pajzsos alaguthajtást akkor kell számításba venni, ha ismeretlen és lágyabb kőzetek vannak lakott területen. A pajzs nélküli sokszög keresztmetszetű alagutak akkor jöhetnek számításba, ha kritikus helyek nélküli stabil kőzetek vannak, a csőbélésű alagutak pedig lágyabb, egynemű homogén talajban jöhetnek számításba. Szilárd anyagban a vágópajzs eltolásához szükséges erő igen nagy lehet, de az ellenállás némiképpen csökkenthető a pajzs lemezébe furtlyukakon keresztül surlódás-csökkentő anyagok besajtolásával.

A helyszinre vonatkozó vizsgálatok analízise megkívánja a váltómélység elemzését is, vagyis azt a mélységet, amikor az alaguthajtással szemben a nyitott munkagödrös és visszatöltéses eljárás kerül előtérbe. A szokásos gyakorlat a kis mélységben vezetett alagutakra vonatkozóan Nagy Britanniában az ajánlatot tevő vállalkozókra bizzák az alagutépítés és a nyitott munkagödrös (kítakarásos) eljárás alkalmazása fölötti döntést. A mi felmérésünk szerint a váltómélység  $6 \text{ m} - 9 \text{ m}$  mélységig terjed. Beépített területeken a külszíni munkateretek kialakításának lehetetlensége, a fő közlekedési vonalak, a piszokkal és zajjal járó kellemetlenségek, a szükséges kisajátítások és létesítmények lebontása, valamint azok helyreállítása, továbbá az egyenesebb és rövidebb vonalak kialakításánál lehetősége nyitott munkagödrös eljárást  $2, 14 \text{ m}$ -ig csökkentheti.

A szilárd kőzetekben folyó alagutépítés problémáit eddig nem említettem. Ha alagutfuró gépet használunk a kőzet forgácsolási (vágási) tulajdonságának



ismerete igen hasznos. A robbantásos jövesztés lakott környezetben rongálódáshoz vezető rázkódásokat okoz, és a külszinre vonatkozó dinamikus rongálódások küszöbe ebben a vonatkozásban 50 mm/sec értékben adható meg (Langefors et Kihlström). Lehetséges egy olyan határvonalat húzni az épületek körül, amelyek - mint ezt a 19. ábra mutatja, - mindegyike egy maximálisan alkalmazható robbanóanyag mennyiséget reprezentál késleltetésben, hogy az 50 mm/sec sebességeküszöböt ne lépják át.

Ahogy az alaguthajtás egy-egy konturvonalat átlép, a robbantás ellenőrzése szükséges.

A szilárd kőzetekben folyó alagutépítés problémájával kapcsolatban megemlíteném a szénbányászat által okozott deformációkra vonatkozó analízist és azok hatását az alagutépítés módszerére és stabilitására. A bányászat széles homloku fejtésmódja a fedőkőzetekben változóan nyomott és húzott alakváltozási zónákat hoz létre.

Amikor a fejtés szünetel, reziduális alakváltozások visszamaradnak, és amikor azonos területen egy másik telepet fejtenek le, a reziduális alakváltozások szuperponálódnak. A Tyne alatti közlekedési alagut építése során a kőzetek igen töredezett volt a Tyne folyó két oldalán lefolytatott bányászati műveletek következtében előálló reziduális nyulások miatt. A víz ezekben az összetört rétegekben összegyűlik, és a kőzetek permeabilitásának értéke is a húzott zónákban kétszer-háromszor nagyobb, mint a nem zavart kőzetekre.

A Tyne menti Egyesült Szennyvíztisztítási Hivatal az új csatornázási program keretében kivitelez egy Tyne alatti szifonalagutat és U.D. mérnökgeológiai laboratóriuma elemezte a korábbiakban két széntelep leművelése következtében előállott kőzetdeformációkat az alagut vonala mentén. A két széntelep kb. 2 m vastag volt és együttesen a folyó déli részén 3,3 m-es, a déli oldalon pedig 1,65 m-es külszíni süllyedést okoztak. A műveletek geometriájából azonnal kitűnt, hogy az alagut olyan húzott zónában lesz kihajtva, mely előzőleg nem volt összenyomva. A kőzetek ezért nyitottak gyűrtek, nedvesek és nehezen injektálhatók. Mindegyik széntelepre külön végeztük el a számításokat és húzó



alakváltozások konturját az 1 mm/m alakváltozási növekmények megfelelően raktuk fel. A 20. ábra azt mutatja, hogy a számított alakváltozások hogyan oszlanak meg egyetlen telep lefejtésénél, a következő kettő pedig (21. és 22. ábra) a High Maia és a Mandlin telepek lefejtése következtében előálló alakváltozásokat szemlélteti külön-külön. Abból a célból, hogy a két telep lefejtése következtében előálló horizontális alakváltozások szuperpozíciójához jussunk, szükséges volt tekintetbe venni a nyomó alakváltozásokat azokban a leművelt zónákban, ahol a huzások kompenzációja előállhat. Ebből az egyberakott alakváltozási megoszlásból - mint azt a 23. ábra mutatja, - látható, hogy a terület huzóalakváltozása 2,7 m ezer méterenként az alagut közepén 120-360 m-ig.

A huzó alakváltozások csucsa eléri a max. 6 tized százalékot kb. 150 m-nél és 4 tized százalék 330 m körül, továbbá 2 tized százalék a Jarrow (déli oldali) szifonaknál. Az alagut hajtás ezeken a helyeken megkívánja a különleges gondosságot, mert az átlagos alakváltozások elérik a 4 tized százalékot. A brit nemzeti szénhivatal gyakorlata szerint, ha ilyen területen létesítik a csatorna részlegesen vagy teljesen tönkremegy.

Az elemzésben igen sok velejáró feltételezés volt, és a valódi alakváltozási szituáció sokkal komplexebb, de ahol alagut vonalat terveznek bányászati öregműveletek fölött, meggyőződésünk, hogy a vizsgálatoknak ez a fajtája igen fontos.



## AZ UJPALOTAI LAKÓTELEP ELŐZETES HIDROGEOLOGIAI VIZSGÁLATA

Paál Tamás

### Bevezetés

A budapesti XV. kerületben tervezett ujjpalotai lakótelepen mintegy 14 ezer lakás építését tervezik, a szükséges egyéb beruházásokkal együtt. E területen csaknem mindenhol igen magas a talajvíz, a maximális talajvízszint a legtöbb helyen 1 m-nél jobban megközelíti a felszint, sőt helyenként a terep fölé is emelkedik. A lakótelep építése során tehát viszonylag nagy a víztelenítési költség, melynek esetleges csökkenthetőségét volt hivatott elemzi a hidrogéológiai vizsgálat.

A Fővárosi Építőipari Beruházó Vállalat megbízása alapján a Fővárosi Mélyépítési Tervező Vállalat is foglalkozott a kérdéssel. A részletesebb kidolgozás érdekében a FÖMTERV megbizta a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalatot, hogy új furások és geofizikai vizsgálat alapján készítsen vízföldtani szakvéleményt (Irodalomjegyzék 9.). Beruházó kérésére a rendkívüli sürgősség miatt előzetes tájékoztatásul, kizárólag irodalmi adatok és régi furásadatok felhasználásával a FÖMTERV előzetes hidrogéológiai szakvéleményt kellett készítsen két hónappal korábban (8.). Ez utóbbi anyag kerül részben ismertetésre a következőkben.

A félreértések elkerülésére megemlítendő, hogy a most "ujjpalotai"-nak nevezett lakótelep korábbi elnevezése "páskomligeti", még előbb pedig "Gazdálkodó uti" lakótelep volt.

### Geológiai felépítés

A vizsgált terület alaprétegét miocén kori (helyét) rétegösszlet alkotja. A réteg anyaga magán viseli az e korra igen jellemző intenzív vulkáni tevékenység nyomait. A bekövetkezett tufaszórások miatt a rétegösszlet igen heterogén.



A furásokban a rétegződés változatos és az egyes rétegek horizontálisan nem mindig követhetők. Az agyag váltakozik összecementált homokkal, iszapos homokkal, iszapos homokliszttel és iszappal. A feltárt rétegek színe zöldesszürke, szürkészöld, szürke, zöldessárga és sárga. Anyagminőséget tekintve az agyag, színre a szürkészöld az uralkodó. A rétegsor általában a nem agyagos részeken is kötött, cementálódott, de vannak nem teljesen vízzáró, esetleg mérésékelten vízvezető részek is.

A miocén réteg felszíne a lakótelep környezetében nagy egyenlőtlenségeket mutat (1. ábra). Az ÉK-DNy-i szelvényen feltűnő az alapkőzet felszínének a Cservenka M. ut közelében történő igen mélyre bukása, ami egy itt most nem közölt térkép (5. atlaszában) ábrázolása szerint törésvonal helyét jelzi. A lakótelep közvetlen szomszédságában nyomozható tehát a budai oldalon felszínen is látható haránttörés-rendszer, amiből arra kell következtessünk, hogy ennek mentén esetleg mélyebb rétegek vize kommunikálhat az alapkőzet feletti talajvízzel. Előfordulhat ez annál is inkább, mivel viszonylag közel, a Szilaspatak mentén telepített cinkotai vízműutaknál beigazolódott a miocén és a fedő rétegek közötti közvetlen kapcsolat, illetve a különböző eredetű vizek keveredése (5.).

E szelvénynek jellegzetessége még az, hogy a többé-kevésbé vízzáró alapkőzet a Rákospatak felé igen erősen megközelíti a felszínt s így a lakótelep területén még 10-14 m vastagságú vízréteg a pataknál 1-2 m-re csökken.

A másik szelvény, az ÉNy-DK-i irányú, még nagyobb egyenlőtlenségeket tüntet fel az alapkőzet felszínében. A Bánkut utca közelében hirtelen felemelkedő agyag-felszín mintegy gátként zárja el a lakótelep területének talajvizét.

A miocén kori réteggösszlet felett pleisztocén kori kavics fekszik igen változó vastagságban. Ez a kavics az un. II/b. ujpleisztocén eleji teraszhoz tartozik (2. ábra), de a lakótelep K-i sarkát megközelíti a lén yegesen magasabban fekvő III. középpleisztocén terasz. A kavics gyakorlatilag iszapmentes, így igen jó vízvezető réteg. A két terasz vízvezetés szempontjából való összefüggése igen valószínű s így a kavicsban lévő talajvíz utánpótlódási iránya is ebből az irányból várható.



A lakótelep területén elvégzett próbaszivattyuzások adatai alapján a homokos kavics réteg szivárgási tényezője  $k = 5 \cdot 10^{-1} - 3 \cdot 10^{-2}$  cm/sec között változik, tehát a kavics igen jó vízvezető.

A kavics felett változó összetételű, de zömmel homokos anyagu rétegek találhatók.

### Talajvizviszonyok

A tervezett lakótelep távolabbi környezetének talajvizviszonyait vizsgálva (4.) megállapítható, hogy nem lokális jelenség az itt észlelt viszonylag magas talajvizszint. Ezt a teraszmorfológiai viszonyokkal összevetve látható, hogy a II. b. és III. terasz mentén - kisebb felszíni egyenetlenségektől eltekintve - a lakótelep környezetében és attól kb. É-ra magas a talajviz. A jó vízvezető képességű terasz kavicsokban jelentkező magas talajvizszintből nagy vízbőségre, illetve jelentős utánpótlódási lehetőségekre lehet következtetnünk.

A lakótelep közvetlen környékének talajvizi térképéből (3. ábra) jól kitűnik, hogy a három oldalon jelentős esésű talajvizi tükör itt csaknem vízszintesé válik. Ennek oka a már említett gát-szerű fekvés alakulatban keresendő, amely visszaduzzasztja a talajvizet, illetve csak minimális túlfolyást tesz lehetővé. Ez, valamint a Rákospatak a lakótelepnél lényegesen mélyebb fekvése hozta létre a talajviz nagy területre jellemző kb K-Ny-i áramlási irányának helyi megváltozását is.

Az 1. ábrával kapcsolatban már említés történt arról, hogy a Rákospatak felé is igen erősen összeszűkül a vízvezető réteg keresztmetszete, tehát a jelentős vízszintesítés ellenére is csak korlátozottan tud erre eltávozni a lakótelep területéről a talajviz.

A lakótelep K-i oldalán a talajvizi tükör jelentős mértékben emelkedik. Ez arra mutat, hogy a III. teraszból komoly vízutánpótlást kap a lakótelep területe. Feltételezhetjük a következőkben ismertetendő figyelőkut adatok alapján azt is, hogy ez a vízutánpótlódás nagyobb időegységen belül megegyezik az innen elszivárgó, illetve elpárolgó vízmennyiséggel.



A rákospalotai köztemetőben lévő 595 sz. VITUKI-talajvizfigyelőkut vizállásainak a csapadékviszonyokkal való összevetéséből megállapítható, hogy magasabb talajvizállás rendszerint a csapadékosabb periódusokat követően jött létre, illetve intenzívebb párolgás után leszáll a talajviz szintje. Szűkebb területet vizsgálva, ebből arra lehet következtetni, hogy a talajviztükrő ingadozását főleg a lakótelep területére hulló csapadék határozza meg. Az előző bekezdésben említett vízutánpótlódás miatt viszont azt kell feltételezni, hogy a lakótelep távolabbi környezetében általában ugyanakkor jelentkező csapadékosabb periódusok alkalmával az utánpótlódás is megnövekszik és e kettő együttesen hozza létre a figyelőkutban észlelt magasabb vizállást.

Az 1938 óta észlelő figyelőkutban a vízingadozás 2,0 m volt (kutperem alatti -1,3 -3,3 m). A vízszint az idő legnagyobb részében (kb. 80 %) -1,8 és -2,8 m között található, s mindössze kb. 10 %-ban magasabb, illetve alacsonyabb ennél. A vízjáték tehát meglehetősen korlátozott, ami a vízzáró gát mögött kialakuló tározótér-jelleget támasztja alá.

#### Viztelenítési lehetőségek

Elméletileg vizsgálva a kérdést két alapvető lehetőség mutatkozik:

- 1.) végleges talajvízszint-süllyesztés a lakótelep területén, vagy nagyobb környezetében,
- 2.) ideiglenes talajvízszint-süllyesztés az építés idején.

A gyakorlati megvalósítás szempontjából meg kell vizsgálni a műszaki kivihetőség, az időtényező és természetesen a gazdaságosság kérdését.

- 1.1.) Végleges talajvízszint-süllyesztés várható, ha az előzőekben ismertetettek szerint két irányban is korlátozott víz elvezetést sikerülne lényegesen megnövelni. A lakótelep területén "pangó" talajviz elvezetésének javításán az értendő, hogy elvileg megoldható volna mind a Bánkut utca környékén emelkedő agyag-gát átvágása, mind pedig a Rákospatak felé összeszűkülő vízvezető réteg keresztmetszetének



bővítése. E kettőtől együttesen feltétlenül az volna várható, hogy a tervezett lakótelep területén lényegesen leszáll a talajvíz szintje, de a kettő közül bármelyik önmagában is talajvízszintsüllyedést hoz létre.

A Bánkut utca környékén emelkedő agyag-gát átvágása ugy képzelhető el, hogy a talajvízáramlás irányába szivárgók kerülnének beépítésre. A munkaárhok célszerűen felhasználhatók lennének az e területen amugy is esedékes csatornázás megoldására is, de az átvágások érdemleges vízemésztő képességének biztosítására sokkal több szivárgó kellene, mint csatorna. Az átvágások hosszának tisztázására és a távolabbi területek ezáltal megnövekedő talajvízszintjére vonatkozóan további feltárások és vizsgálatok szükségesek.

A Rákospatak felé nemcsak a terep és a vizzáró fekü közötti keresztmetszet csökken le jelentős mértékben, hanem a legjobb vízvezetést biztosító kavicsréteg keresztmetszete is. Ebben az irányban tehát nem a vizzáró alapkőzet átvágásáról lenne szó, hanem a talajvíz alatti, nem homokos kavics anyagu rétegek cseréjéről, a jobb vízvezetőképesség érdekében. A megoldás itt is az előző bekezdésben részletezett módon történhetne. Hatásában ez alatta marad a Bánkut utca környéki agyag-gát átvágásnak, mivel ebben az irányban már jelenleg is jelentős a talajvízáramlás.

1. 2.) A víz elvezetésén kívül a víz lakótelepre jutásának korlátozása is szóba jöhetne. A csapadékviszonyok befolyásolása nem lehetséges, tehát csak a III. terraszfelől szivárgó talajvíz mennyiségének csökkentésére lehet gondolni. Mivel a talajvíz gyakorlatilag K-felől áramlik a terület felé, a lakótelep pedig éppen az egyik sarkával mutat erre, ezért mind az ÉK-i oldalon, mind a DK-i oldalon végig kellene vezetni a vízutánpótlás utját elzáró szivárgót. Mintegy 3 km hosszú szivárgót és a hozzá tartozó elvezető csatornát kellene tehát megépíteni. Már viszonylag kis mélységű szivárgó is eredményre vezethet s a mélység növelésével jelentős talajvízszintcsökkentés érhető el.



1. 3.) Műszakilag mindkét variáns lehetséges, de a kivitel mindkettőnél több évet venne igénybe és a teljesen kész létesítmény hatásának kifejtéséhez további egy év nagyságrendű idő lenne szükséges. Az építést megelőző általános talajvízszintsüllyesztés végleges jellegű beavatkozást jelent a lakótelep környezetének hidrológiai -, hidrogeológiai kérdéseibe. Mivel a fő kérdés az építési talajvízszint csökkentése, tehát viszonylag rövid időre, mindössze néhány évre szükséges az alacsonyabb talajvízszint biztosítása, ezért a végleges megoldás ilyen szempontból gazdaságtalan. A költségek nagyságrendje is több 10 millió Ft-ra rug mind az 1. 1), mind az 1. 2.) alatti megoldásnál. Az idő és gazdaságosság vizsgálata tehát egyaránt negatív eredményre vezet, így mindkét variáns elvetendő.

2. 1.) A lakótelep területén tervezett csatornahálózatnak, vagy legalább is a gyűjtőcsatornáknak a többi építést megelőző kivitele a talajvízszintjének bizonyos csökkenését hozza létre, ha a csatorna alá építési szivárgó kerül. Ebben az esetben a terület vízháztartásában egy új csökkentő tényező jelentkezik a természetes elfolyáson és a párolgáson kívül s ez feltétlenül talajvízszintsüllyesztést eredményez, ha kismértékben is.

A főgyűjtő és gyűjtő csatornák építése során a legtöbb szakaszon jelentős talajvízszintsüllyesztési munkát kell végezni. Ez 1-2 évig a területen állandó intenzív szivattyúzást jelent (a szivattyúzott víz zárt csatornában távozik el.). Egy év alatt a csatornaépítés olyan vízmennyiség eltávolítását jelenti, amely nagyságrendben megfelel a lakótelep környezetében 1 m-es talajvizingadozásból eredő víztömegnek. Amennyiben az alapozási munkák egyidejűségét illetve bizonyos eltolódással a párhuzamosságát biztosítani lehet, számíthatunk arra, hogy a csatornaépítésnél végzett talajvízszintsüllyesztés átlagos, vagy az alatti talajvízszintet biztosít.



Meg kell még jegyezni, hogy a lakótelep egészének megépítése, az általános tapasztalat szerint, nem talajvízszint-süllyedést, hanem emelkedést idéz elő. Ennek magyarázata általában nem elsősorban műszaki hibákban (csőtörések stb.) keresendő, bár van eset, hogy ez dominál. A talajvíz emelkedését főleg az hozza létre, hogy a beépített és burkolt felületek miatt a természetes párolgás lecsökken és a parkosított területek locsolása miatt pedig jelentős többlet-víz mennyiség jut a talajba. Az ujjalotai lakótelepnél a felszint erősen megközelítő vízszint miatt a párolgás eddig igen jelentős vízfogyasztó volt, tehát várható, hogy a párolgás korlátozása komoly hatású lesz.

- 2.2.) A csatorna építése során végzett talajvízszintsüllyesztés eleinte szűk területen érezteti hatását, de az építés előrehaladásával egyre nagyobb területre terjed ki. Ki kell emelni a víztelenítést igénylő építési munkák ütemezésének fontosságát. Ha megvalósítható - legalább részben -, hogy a csatornaépítés idején a mellette lévő épületek alapozása elkészüljön, akkor csupán ez önmagában igen nagy megtakarítást tesz lehetővé. Szó lehet így az alapozási mód megváltoztatásáról is. Ugyancsak ütemezés kérdése az is, bár már nehezebben valósítható meg, hogy a víztelenítést igénylő munkálatokat zömmel a várható alacsony talajvízállás idején (ősszel, tél elején) végezzék el.

Mindez költséget gyakorlatilag alig igényel, mivel csupán a víztelenítés miatt szükséges ütemezésnek esetleg más szempontból kevésbé kedvező voltából származhat esetleg kiadás.

### Összefoglalás

Az ujjalotai lakótelep területén a talajvíz erősen megközelíti a terepszintet, s így az építést jelentős víztelenítési költségek terhelik. Az irodalmi adatok és régi furásadatok felhasználásával készített hidrogeológiai vizsgálat megállapította, hogy a magas talajvízállást két fő tényező okozza:

- a.) a vízvezető réteg keresztmetszetének csökkenése miatt a Rákospatak irányában nem tud a talajvíz eltávozni a jelentős esés ellenére sem,



- b.) a vizzáró alapkőzetből a Bánkut utca környékén kialakult gátszerű forma visszaduzzasztja a talajvizet.

A terület víztelenítésére elméletileg szóba jöhet olyan megoldás, amely vagy a víz elvezetését javítja (a vízvezető réteg bővítésével, illetve a gát átvágásával), vagy a viznek a lakótelepre jutását korlátozza (pld. szivárgóval). Mindkét lehetőség igen nagy beruházást és hosszú időt igényel, tehát nem jöhet szóba.

A lakótelep főgyűjtő és gyűjtő csatornáinak építése során olyan jelentős vízkivétel történik, amely rövid időre várhatólag csökkenti a talajviz szintjét. (A kézirat lezárását követően megkezdődött a csatornaépítés kivitelezése. A kedvező csapadékviszonyok és a munkaárok talajvizszintsüllyesztése következtében nagy területre kiterjedően a korábbi minimális vízállásnál jóval alacsonyabb talajvizszint alakult ki.) A csatornaépítés és az épületalozások kellően párhuzamos ütemezésével a víztelenítés terén komoly megtakarítások érhetőek el.

(a kézirat lezárva 1969. jan. hó-ban)



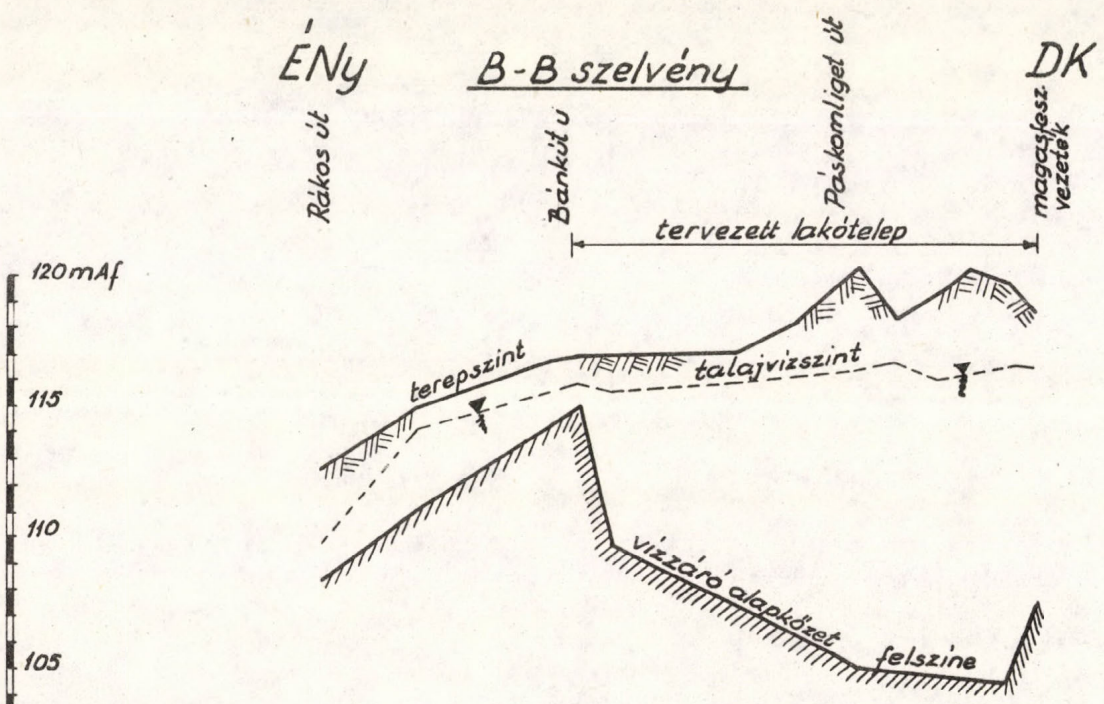
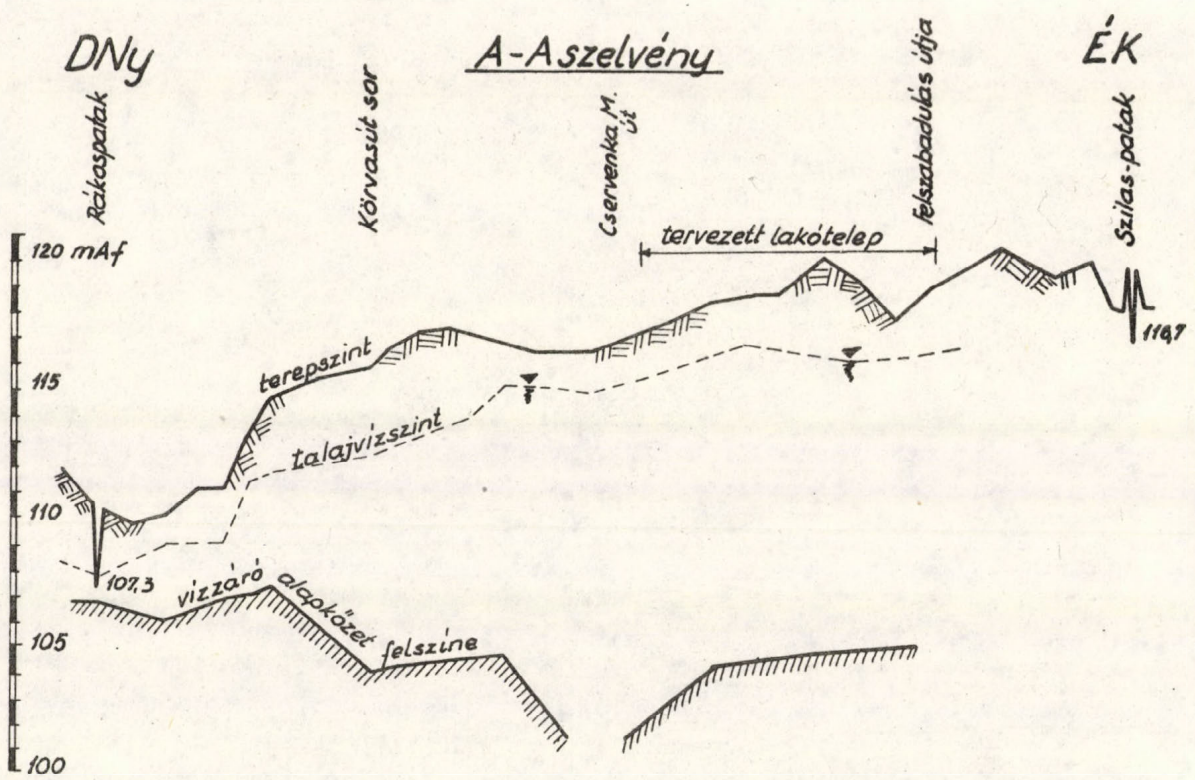
I R O D A L O M

- 1.) Rónai András: A magyar medencék talajvize, az országos talajviztérképező munka eredményei MÁFI Évkönyve XLVI. Köt. 1. füzet. 1956.
- 2.) Pécsi M. -Horusitzky F. -Mauritz B. -Schréter Z. -Szóts E.:  
Budapest természeti képe. Bp. 1958.
- 3.) Mosonyi E. -Papp F.: Műszaki földtan Bp. 1959.
- 4.) Rónai András: Az Alföld talajviztérképe.  
MÁFI kiadványa 1961.
- 5.) Schmidt Eligius Róbert és munkatársai: Vázlatok és tanulmányok  
Magyarország vízföldtani atlaszához.  
MÁFI kiadványa 1962.
- 6.) Schafarzik F. -Vendl A. -Papp F.: Geológiai kirándulások Budapest környékén. Bp. 1964.
- 7.) Jámbor Á. -Moldvay L. -Rónai A.: Magyarázó Magyarország  
200.000-es földtani térképsorozatához. Budapest  
MÁFI kiadványa 1966.
- 8.) FŐMTERV: Előzetes hidrogeológiai szakvélemény a Bp. XV. Páskomligeti lakóteleppel kapcsolatban. Tsz: 710.008. 1968.  
május 8. (Paál Tamás)
- 9.) FTV: A Páskomligeti lakótelep vízföldtani vizsgálata.  
Tsz: 68/510. 1968. július 10.  
(Aujeszky Géza - Dr. Scheuer Gyula - Dr. Karácsonyi Sándor)







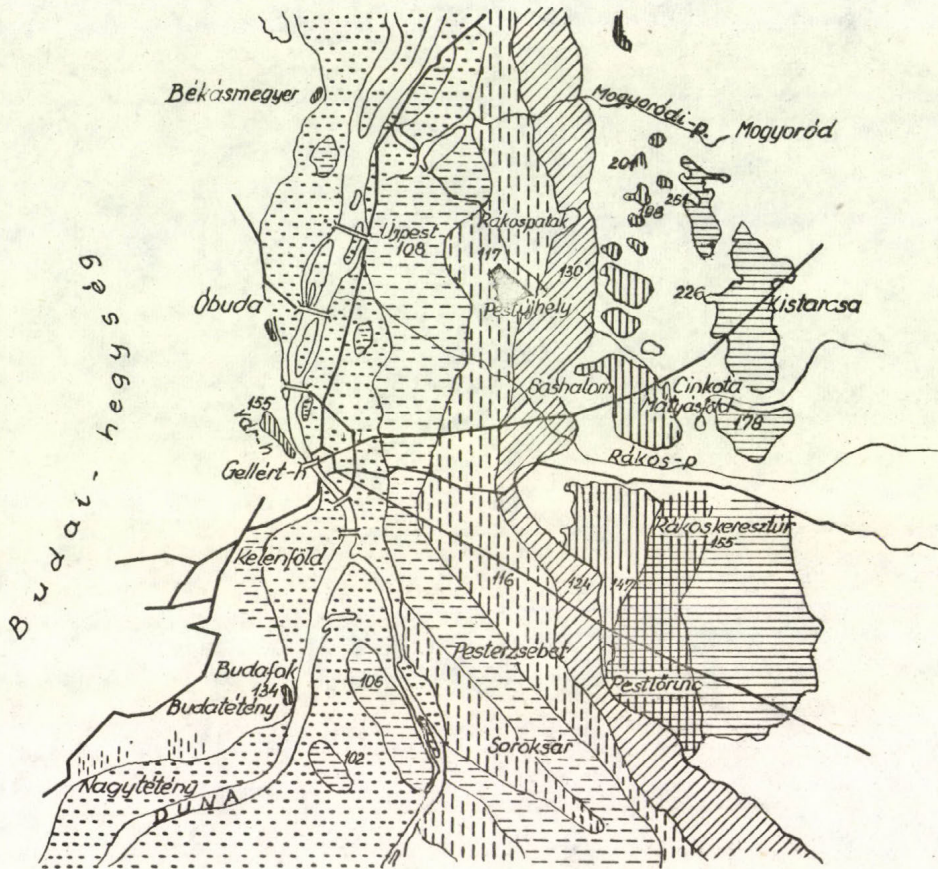


M = 1:25000  
H = 1:250

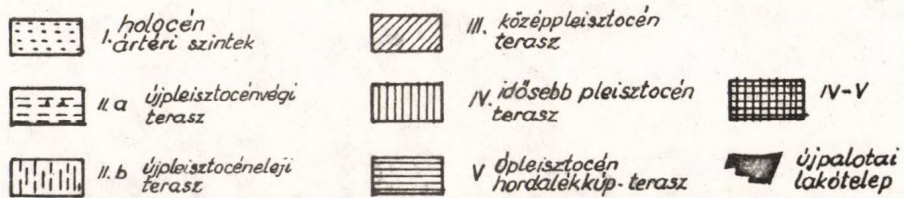
1. ábra



# BUDAPEST TERASZMORFOLÓGIAI TÉRKÉPE



## Jelmagyarázat:



0 4 5 10 km

2. ábra

Másolat  
Budapest természeti képe  
29. ábrájáról



