

A távlatban tervezett észak-déli regionális gyorsvasút (5. metrónál) mélyvezetésű szakaszának első mérnökgeológiai, hidrogeológiai áttekintése

Paál Tamás

FŐMTERV'TT Zrt, e-mail: t.paal@fomterv.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: Budapest északi ill. déli környezete és a Belváros közötti személyforgalom növekedése indokoltá teszi a meglévő közlekedési lehetőségek fejlesztését. A jelenlegi külső vonalak korszerűsítése után kínálkozó lehetőség ezek mélyvezetésű összekötése a város belsejében, kialakítva az 5. METRÓ-vonalat. A teljes, Szentendrétől – Ráckeveig terjedő észak-déli vonalnak jelen tanulmány csak a közbelső, bizonyosan mélyvezetésű szakaszát tárgyalja.

A talaj-, illetve kőzetviszonyok tekintetében ez a vonal alapvetően hasonló körülmények között fog épülni, mint a már megépült 3. észak-déli, valamint a most folyamatban lévő 4. délbuda-zuglói vonal. A felszíni vizek és talajvíz viszonyok is ugyanolyanok, mint az előbbieknél. Igen lényeges eltérés mutatkozik azonban a tekintetben, hogy ez a vonal megközelíti, sőt részben keresztezi azokat a gyógyvíz bázisokat, melyek érintetlensége alapvető érdek mind környezetvédelmi, mind gyógyászati, mind turisztikai, stb. szempontból. A források környezetének esetleges káros befolyásolása kihatással lenne az egész budai Dunapart menti forrás tevékenységre. Ennek megakadályozására mielőbb rendkívül körültekintő hidrogeológiai vizsgálatot kell végezni, amely kitekint az építés-technológiai viszonyokra, sőt akár esetleges nyomvonal módosításra is.

Kulcsszavak: alagútépítés, oligocén és miocén rétegek, termálforrások

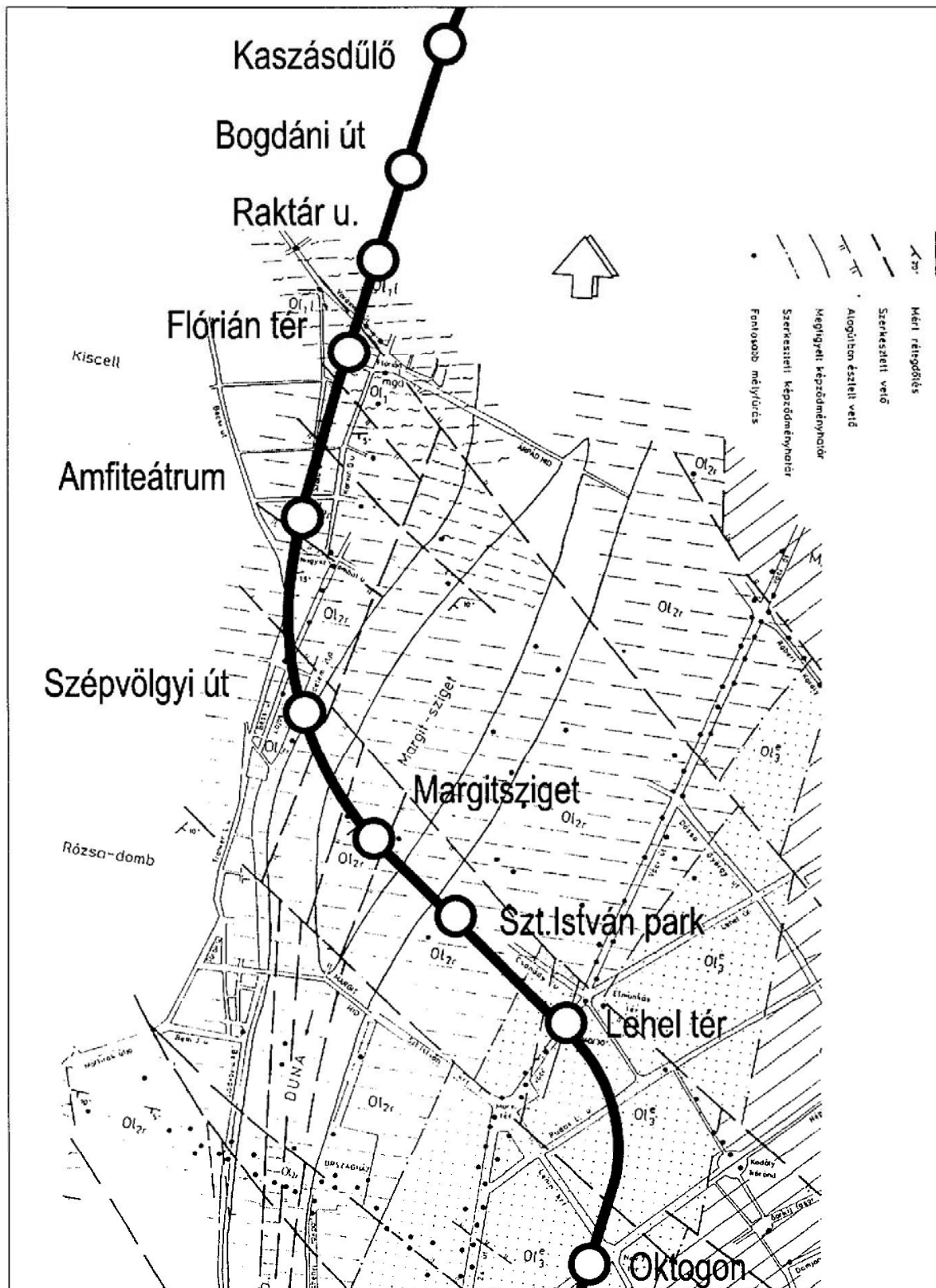
1 BEVEZETÉS

A főváros környezete az elmúlt évek adatai szerint dinamikusan fejlődik. A térség gazdasági teljesítménye nő, az egy főre jutó GDP az országos átlag feletti. A népesség növekszik, a területet a fővárosból kiköltözők határozottan előnyben részesítik. Így jelentős az ingaforgalom, de a térség a fővárosiak egyik rekreációs célterülete is.

Az agglomeráció és a periférikus kerületek, valamint a belváros közötti utazások egyre nagyobb hányada személygépkocsival történik, a tömegközlekedés szerepe jelenleg visszaszorulóban van. A jelenlegi és a várható utazási igények azt mutatják, hogy a kínálat javítása, jobb és magas színvonalú szolgáltatás szükséges, főként az agglomeráció és a főváros központi kerületei között, elsősorban a sugárirányú kapcsolatok fejlesztésével.

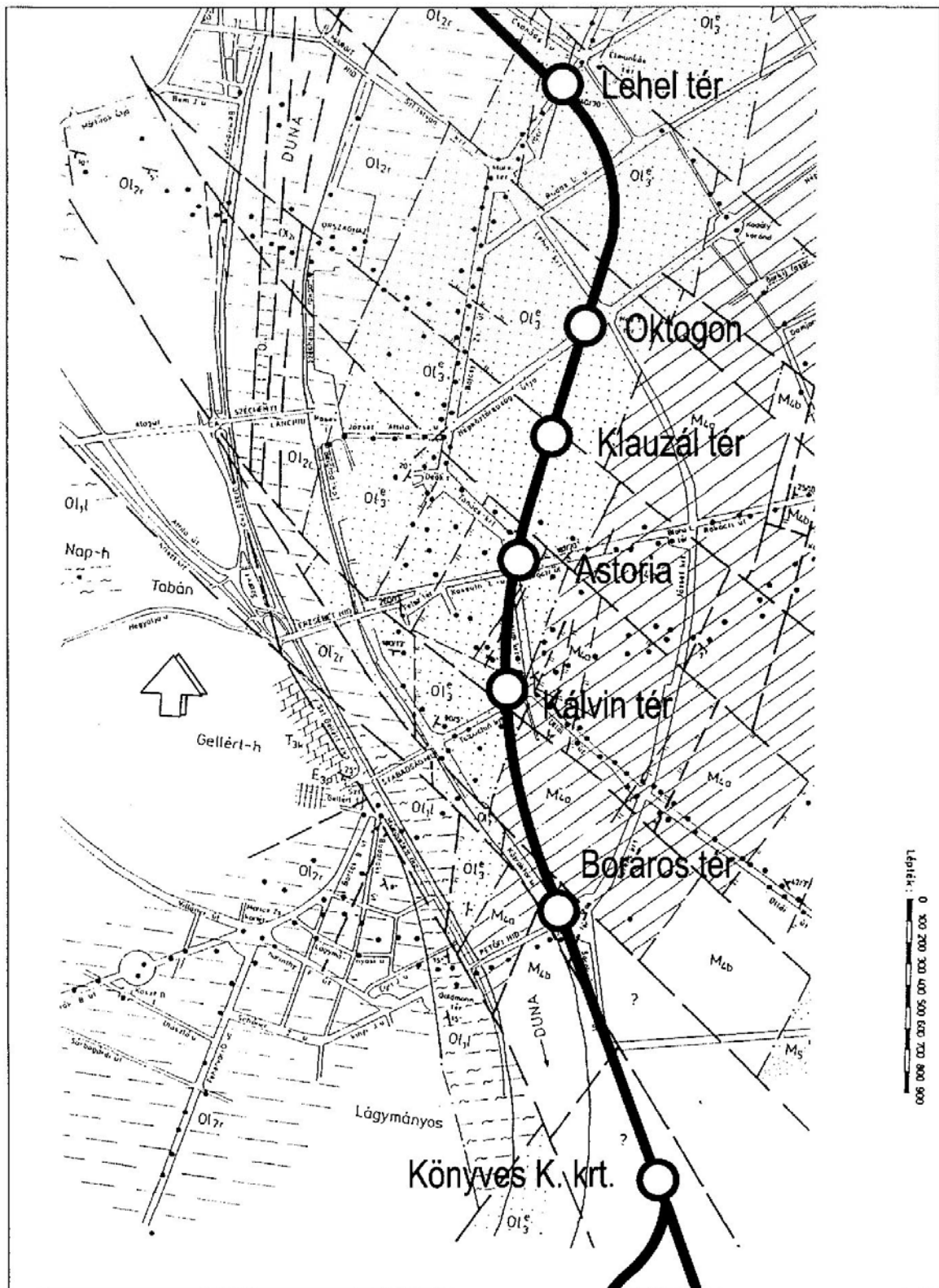
Az elvégzett vizsgálatok vezettek az *észak-déli regionális gyorsvasút* koncepciójának kialakításához. Ennek lényege a Szentendrei HÉV, valamint a Csepeli és a Ráckevei HÉV-vonalak korszerűsítése mellett, ezeknek a Belvároson átvezető új, térszín alatti összekötésével egységes rendszer, az 5. METRÓ-vonal kialakítása.

A Szentendre – Békásmegyér közötti I. ütem tervezését a FŐMTERV'TT Zrt. által vezetett REGIONÁLIS TEAM Konzorcium végezte. Ennek keretében készült a teljes vonal áttekintő geotechnikai és hidrogeológiai szakvéleménye is, melynek az 1/a. és 1/b. ábra helyszínrajzon bemutatott mélyvezetésű szakaszával foglalkozó részét ismerteti jelen tanulmány.



1/a. ábra

Budapest belterületének földtani és tektonikai vázlata
 / részlet Bubicz I. (1978) térképéről /
 a tervezett vonal és az állomások feltüntetésével /északi rész /



1/b. ábra

Budapest belterületének földtani és tektonikai vázlata
 /részlet Bubics I. (1978) térképéről/
 a tervezett vonal és az állomások feltüntetésével /déli rész/

A nyomvonal:

a Szentendrei HÉV korszerűsített, de alapvetően nem változó vezetési felszíni vonalából a Kaszásdűlő környékén ágazik ki a regionális gyorsvasút és fokozatosan mélyülő pályaszinttel halad a Bogdáni út – Raktár utca - Flórián tér – Amfiteátrum és Szépvölgyi út budai állomásokon át. Ezt követően a Margitszigeten lesz egy állomása, majd a pesti oldalra térve Szt. István park – Lehel tér – Oktogon - Klauzál tér – Astória – Kálvin tér – Boráros tér – Könyves Kálmán körút állomásig. A jelenlegi elgondolások szerint itt ketté ágazik a vonal, az egyik ág a Csepeli HÉV-et követi, a másik pedig közelítőleg a Ráckevei-HÉV mentén halad dél felé. A Könyves K. körútnál várható a csepeli elágazás, ennek és a pesti oldali folytatódó szakaszoknak helyszínrajzi és magassági vezetése még nem kristályosodott ki. Szó van egy soroksári elágazó vonalról is.

A regionális gyorsvasút mélyvezetésű szakaszán alapvető a harmadidőszaki rétegek ismerete (Horusitzky, 1935 és 1939, Bubics, 1978, Raincsák, 2000) a fedő rétegekkel csak a megállóhelyeken építendő, felszínig érő szerkezetek kerülnek kapcsolatba.

2 FÖLDTANI, GEOTECHNIKAI ADOTTSÁGOK

2.1. A Bogdáni úttól végig a budai oldalon, a Duna és a Margit-sziget alatt, sőt csaknem a **Lehel tér** környezetéig az oligocén kor kiscelli és tardi agyagja alkotja az építésföldtani alaprteget. Meg kell azonban már itt is említeni, hogy a vonal budai szakasza erősen megközelíti a korábbi földtani korok, a triász és az eocén mészkő, valamint dolomit kőzeteit, melyek karsztvíz-tárolók s így a felszín alatti vonalat befolyásolhatják. (Az ezzel kapcsolatos kérdéseket a következő fejezet tárgyalja.)

A **középső oligocén kiscelli agyag**: szürke, kékesszürke, (közel) vízzáró, fő tömegében rétegzetlen, vastagpados, mintegy 300 m öszsvastagságú, tulajdonképpen agyagmárga. Mélyebb részein kevesebb, felfelé több aleuritot (homokliszt frakciót) tartalmaz. Kalciumkarbonát tartalma 10-35 % közötti. Jellemző, hogy olykor szabad szemmel is felismerhetők a piritkristályok, melyek finom eloszlásban a kőzet kékesszürke színét adják. Repedések mentén gyakoriak a gipsz kristályok is. A térkép ezt az anyagot **Ol_{2r}** jellel jelöli és **rupéli aleurit fáciesnek** nevezi. A kőzet homogén, tömött, általában vízzáró tulajdonságú. Felszínközépen a vasszulfid oxidálódik, ezt jelzi a kőzet színének sárgás-barnára változása is, de más ásványok is elbomlanak, a szemcséket vas-hidroxid-hártya vonja be. Ez az agyag felhasználásával jár, ezáltal a kőzet vízvezetővé válik az átalakult zónában, de víz juthat a vetők, repedések mentén is a kőzettestbe. A rétegcsoport átlagos dőlése ÉK-i irányban 30-40°.

A Dél-Buda – Rákospalotai irányú 4. METRO előzetes geotechnikai vizsgálatai (Horváth et al. 2000) szerint a mélyvezetésű szakaszon a szürke kiscelli agyagban három zónát lehet megkülönböztetni és felülről lefelé fokozatos átmenet alakult ki. Ezt az átmenetet a felsőbb részeken gyakrabban és dúsabban mutatózó homok, homokliszt előfordulása is elősegíti:

- mállott és töredezett expandált zóna (~10-16 m felszín alatti mélységben)
- expandált, repedezett zóna (~16-25 m között),
- expandációs határ alatti, gyakorlatilag eredeti állapotú zóna (~25 m alatt).

A kiscelli agyag egyes zónáiban a következő nyírószilárdsági paraméterekre lehet számítani:

| | Súrlódási szög | Kohézió |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| | φ (fok) | c (kN/m ²) |
| Mállott, töredezett expandált zóna | 28 | 150 |
| Expandált, repedezett zóna | 31 | 350 |
| Expandációs határ alatti zóna | 35 | 400-600 |

Az **alsó oligocén tardi agyag (Ol_{1t})**: szemcseméret tekintetében átlagosan nem különbözik a kiscelli agyagtól, de 10 %-nál kevesebb karbonát tartalma és lemezes szerkezete megkönnyíti a kétféle oligocén agyag megkülönböztetését. A laminációt finomabb és durvább szemcsékből álló, fehér és sötét lemezek ritmikus váltakozása okozza. A lemezes szerkezet a nagyobb tengermélység és az oxigénhiány következtében jött létre. A fehér lemezek biogén eredetűek, mészvázakból állnak, míg a sötétek agyagosak. A lemezek lapjain gyakoriak a halpikkelyek, levélnyomatok.

Az összlet felső részén az agyagos kifejlődés, alsó szakaszán az agyag-homokkő egyensúlya és tufás betelepülések jellemzők. A 200-250 m vastagságú rétegsort kőzetlisztes agyagos aleurit, agyagos aleurit és aleurites agyagmárga építi fel, melyek között helyenként palás homokkő padok, valamint tufa és tufit rétegek, elvéve bitumenes mészkő jelenik meg. A kőzet jó teherbírású, közel vízzáró, de vízveze-

tó képessége a lemezekkel párhuzamosan, illetve azokra merőlegesen számottevően eltérő. Szilárdsági jellemzői a kiscelli agyag alsó zónájához hasonlóak, némileg alacsonyabb súrlódási szöggel és magasabb kohézióval. A tardi agyagban található bitumenesedett szervesanyag-tartalom miatt gyakran fordul elő **metán**, ami a kőzet repedés hálózataiban tározódhat és a rétegek az alagútépítés során történő megnyitáskor munkavédelmi problémát okozhat.

Az alapkőzetet ÉNy-DK-i, és arra közel merőleges vetők tagolják, helyenként vető mentén érintkezik a tardi agyag, valamint a kiscelli agyag, de azonos anyagon belül is sok vető fordul elő. Figyelemre méltó, hogy a kiscelli és tardi rétegek a Duna két partján ellentétes dőlésűek.

Az oligocén legvégén a Budai-hegység területe függőleges mozgások révén kiemelkedett. Zömmel ekkor alakultak ki a vetők. A korábban összefüggő agyag réteg így önálló tömbökre, táblákra tagolódtott. A miocénban kezdődött meg a budai és a pesti oldal közötti földtörténeti különválás. Az eddigi nyomvonal szakaszon a miocén üledékek hiányoznak.

Az alapkőzet erodált felszínére a Duna alulról fölfelé finomodó szemnagyságú (görgeteges kavics, kavics, homokos kavics, kavicsos homok, homok, stb.) max. ~ 15 m vastag folyóvízi üledéket rakott, a sort helyenként áradmányos talajok zárják. A felszínt változó vastagságú, heterogén feltöltéssel formálták (lásd még: Hegyi et al. 1981, Farkas et al. 1999 és Horváth, 2004).

2.2. A Lehel tér környezetétől a Boráros tér környezetéig a vonal erősen megközelíti és végig követi két képződménynek a rendelkezésre álló térképek által eltérő módon ábrázolt határvonalát. /Az itt bemutatott Bubits (1978) térképtől a MÁFI (1984) térképei némileg másképpen ábrázolják az oligocén – miocén határt./ Feltehetőleg az alagút mindkét anyagot érinteni fogja. E határvonal Ny-i oldalán a felső oligocén, **egerien** homok – a rétegsor alján gyakran homokkőves, – homokos agyag, agyag található, K-i oldalán a középső miocén kőzetlisztes agyag, agyagmárga, a **bádeni tarka rétegcsoport**. Már itt is megmutatkozik a főváros földtani felépítésének legjellemzőbb vonása: sorozatos vetők mentén K-felé egyre mélyebbre zökkentek az idősebb földtörténeti korú rétegek (a Gellért-hegy felszíni dolomitja a Városligetben kilométeres mélységben van) s a vonal budai részén említett oligocén agyagok is egyre mélyebbre kerültek. Részben a vetők, részben a rétegek pár fokos általános DK-i irányú, nagy átlagban 25°-os dőlése következtében a lesüllyedt rétegek fölött egyre fiatalabbak következnek az alaprétegek sorában, bár mind magasabb abszolút szinten.

A **felső oligocén egerien**(O_{13e}): homok, homokos agyag, agyag rétegek a kiscelli agyaghoz hasonlóan tengeri üledékek, melyek a fokozatosan sekélyedő partmenti sávban jöttek létre, s ezért egyre homokosabbak, felső részük már kavicsos homok, kőzetlisztes homok és homokkő. A heterogenitást jellemzi, hogy egymáshoz – mind vízszintesen, mind magassági értelemben – viszonylag közel váltják egymást a durva szemcsés és az agyagos rétegek.

Ennek megfelelően a talajfizikai jellemzők igen változatosak a rétegen belül:

| | Súrlódási szög | Kohézió |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| | φ (fok) | c (kN/m ²) |
| Kavicsos homok | 30-35 | 0 |
| Kőzetlisztes homok | 27-30 | 0 |
| Iszapos homok | 25-27 | 50 |
| Iszap | 25 | 100 |
| Sovány agyag | 23 | 150 |
| Közepes agyag | 20 | 200 |
| Erősen kötött aleurit | 32 | 100-500 |

A **középső miocén bádeni** (M_{4a}) rétegek keletkezésüktől eredően a laza kohézió nélküli rétegektől a puha agyagokon át a tömör agyagig, agyagmárgáig terjedő anyagúak. Ez a változatos felépítés még az egyes mintákon belül is tapasztalható, vagyis egy agyagnak nevezhető mintán belül mind színben, mind tulajdonságokban igen eltérő pár cm-es vastagságú homok, homokliszt, vagy iszap közbetelepülés is mutatkozik. Kisebb mértékben ugyan, de hasonló a helyzet a homokos rétegeknél is, vagyis a réteg nemcsak összességében, hanem mikro-méretben is heterogén. A felső részben pár tíz méter vastagságban túlnyomórészt zöld, zöldesszürke színű agyag-, homok-, kavicsos homokrétegek váltakoznak. (Ritkán vékony mészkő betelepülések is észlelhetők.) A 200 m-t meghaladó összvastagságú barna, sárgásbarna, zöldesszürke, zöld, szürke tarkaagyag, szürke és sárga-barna tarka homok 0,1–3,0 m vastag rétegei váltakoznak, s ezek között elvéve megjelennek vékony, halványszürke bentonit betelepülések is. A rétegcsoport, melynek átlagos dőlése 8-16°, jelentős szög és eróziós diszkordanciával települ a felső-oligocén rétegeken.

A rétegek összefoglalóan három csoportba sorolhatók:

- homokos és homok rétegek,
- agyagos homok rétegek
- agyag, bentonitos, mészmárgás rétegek.

| | Súrlódási szög | Kohézió |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | φ (fok) | c (kN/m ²) |
| Homokos és homok rétegek | 26-32 | 100-150 |
| Agyagos homok | 26-30 | 0-100 |
| Agyag (bentonitos, mészmárgás) | 32-34 | 150-300 |

Itt érdemes kitérni arra az alaprétegeket érintő egyik legfontosabb tulajdonságra, hogy a különböző geológiai korú rétegek eltérő mértékben túlkonzolidáltak. Ez azt jelenti, hogy a nagy mélységben és vastag rétegben leülepedett anyagok, pl. az oligocén korban keletkezett kiscelli agyag, a rá nehezedő terhek hatására erősen összenyomódott, a továbbiakban már csak viszonylag kis összenyomódás következhet be. A későbbi geológiai időkben a réteg felszínközelbe kerülve bizonyos mértékben expandált ugyan a csökkenő terhelés hatására, de alapvető tulajdonsága megmaradt (Szlabóczky, 1989). A későbbi, a miocén – pliocén korok üledékei egyre kevesebb terhet viseltek, egyre kevésbé túlkonzolidáltak, lazábbak, nagyobb összenyomódásra képesek. Ebből következően az oligocén anyagoktól felfelé haladva egyre gyengébb, kisebb szilárdságú anyagokra kell számítani, nem is beszélve ezen rétegek gyakran erősen homokos voltáról, ami a víztelenítési nehézségeket okoz.

2.3. A Boráros tér környezetétől kezdődő szakasz az alaprétegek tekintetében az eddigieknél összehasonlíthatatlanul változatosabb és bonyolultabb felépítésű, mind a rétegek egymásutánját, mind a törésvonalak sűrűségét illetően és mind abban, hogy ezek mennyire megközelítik a vonalat.

A Boráros térnél található a vonal a nagy dunai törésvonal-rendszer K-i vetőjével s ennek mentén fut tovább. A törésvonal jelentős hosszban különböző geológiai korú képződményeket választ el, majd anyagában egységes, de mégis törött zónával megbontott anyagokban halad, ami vízvezetés szempontjából is jelentős.

A már tárgyalt **középső miocén bádani (M_{4a})** homokos és agyag, agyagmárga rétegek még folytatódhatnak mintegy a Könyves Kálmán körútig azzal, hogy a gyakorlatilag a vonalra eső vetőzóna Ny-i oldalát az ugyancsak említett **felső oligocén egerien (O_{13e})** homok, homokos agyag, agyag rétegek borítják. Valószínű, hogy az alagút mindkét képződményt érinteni fogja. A korábban már szerepelt rétegeket itt nem kell újra részletezni.

3 VÍZVISZONYOK

A talajvíz a közel vízzáró alapkőzet felett, a szemcsés rétegekben áramlik általában a Duna felé. A folyó mindenkori vízállása jelentős befolyást gyakorol a parthoz közeli térség talajvizére: a tartós, magas vízállásnak duzzasztó, míg az alacsonynak leszívó hatása van. A talajvíz szintjét nagymértékben befolyásolják a város életével kapcsolatos emberi hatások is (Paál, 1982, 1984, 1987). A talajvíz mellett az alagutat befolyásolhatják a mélységi vizek is, melyek a nyomvonal mentén több helyen forrás formájában törnek a felszínre, máshol mélyfúrású kutak tárják fel azokat. Akár egyik, akár másik változat fordul elő az alagút közelében, tekintettel kell rá lenni.

3.1 Felszíni vizek

Az egész vonal végig követi a Dunát. A Vigadó téri mércén mért B.103,64 m-es LNV szintnél az Árpád híd vonalában mintegy 3 dm-rel, a Margit-hídnál mintegy 15 cm-rel magasabb, míg a Déli összekötő vasúti hídnál mintegy 3 dm-rel alacsonyabb szint várható.

A Duna árvízi kihatása a budai északi vonalszakaszon meghaladja a 600 m-t a parttól számítva, a pesti oldalon 700 – 900 m, azaz közelítőleg a Váci út, Bajcsy Zsilinszky út, Kiskörút vonaláig, tovább az Üllői út – Nagykörút keresztezéséig terjed.

3.2 Talajvíz

A talajvíz uralkodó áramlási iránya mindkét oldalon a folyam felé mutat, de ezen kívül van a Duna folyásirányába mutató komponense is és a mellékvízfolyásoknál vannak helyi anomáliák is. A pesti ol-

dal kelet felé fokozatosan emelkedő terasz-rendszerének sajátossága, hogy déli irányban a teraszok magassága csökken, ami szintén módosítja az áramlást. A talajvíztükör esése nem egyenletes: a teraszok belsejében általában kicsi, 1-2 ‰-re is lecsökken, sőt pangó vizek is előfordulnak. A teraszhatáronál a talajvíz esése általában nagyobb, néhol a 20 ‰-et is meghaladja (Pécsi, 1958).

A becsült maximális talajvíz az FTV (1988) és egyéb adatok alapján az alábbi szinteken várható:

| | |
|----------------------------------|------------|
| Bogdáni útnál | B.102,8 m, |
| Flórián téri állomásnál | B.102,0 m, |
| Szép völgyi úti állomásnál | B.102,7 m, |
| Lehel téri állomásnál | B.102,0 m, |
| Oktogon állomásnál | B.101,6 m, |
| Kálvin téri állomásnál | B.101,0 m, |
| Boráros téri állomásnál | B.102,0 m, |
| Könyves Kálmán körüti állomásnál | B.101,0 m, |

3.3 Mélységi vizek

A mélyvezetésű szakaszt érintően figyelembe veendő, hogy a Margit-sziget É-i részén több mélyfúrású kútból történik hévíz kivétel. A sziget É-i csúcsa közelében a folyószabályozás alkalmával megszüntetett ún. Fürdőszigeten törtek fel források, melyek később szökevényforrásként a mederben működtek és a Dagály-fürdő kútjának lefúrásakor elapadtak. Voltak források a Margit-sziget É-i végénél a budai meder-ágban is (Alföldi, 1979).

További szökevényforrás csoportok ismeretesek a Margit-hídtól D-re eső mederszakaszon, valamint a Gellérthegy keleti lábánál a Szabadság hídtól környezetében (Scheuer és Szlabóczky, 1984). Fúrásokkal tártak fel sasbérceket a Petőfi-hídtól D-re és a Kvassay-híd mellett, melyek szintén hévizet hoznak fel, ha nem is a felszínre.

A jelenleg tervezett nyomvonal az ismert mélyfúrású kutakat és szökevény-forrás csoportokat elkerüli, de reális feltételezni, hogy vetők, törésvonalak mentén máshol is előfordulhatnak vízbetörések, amire már előzetesen fel kell készülni, illetőleg többfelé lehetnek különböző anomáliák. A legközelebbi fúrt kút – mert a források még távolabb esnek –, a Margitsziget állomástól mintegy 300 m-re délre eső Margitsziget II. sz. un. Magda-kút (a volt Úttörő-stadion É-i végénél), amely vékony jelenkori és oligocén, majd vastag eocén márga harántolása után 228,4 m-en érte el a hasadékos eocén hévízadó mészkövet, s ebben 310,7 m-ig mélyült. Viszont a valamikori póló-pálya környékén az 1868-73 években fúrt 260 m-es meddő hévízkutató fúrás azt bizonyítja, hogy a hegyszerszerkezeti erősen igénybevett területeken is számolni lehet vízáramlás-mentes övezetekkel.

A nyomvonal és a források közötti látszólag nagyobb távolság nem szabad megtévesztő legyen, mert mint Schafarzik et al. (1964) írja „Már Stocker Lőrinc 1721-ben 'Thermographia' c. munkájában említést tesz arról, hogy amikor a Császár-fürdő melletti ... Malom-tavat lecsapolták, a Gellérthegy körüli források vízszintje is lecsökkent. Azóta ezt a jelenséget többször megfigyelték és leírták”. (Kiemelés: PT)

A tó és a források közötti kapcsolatban az külön is rendkívül figyelemre méltó, hogy a közel háromszáz éve leírt jelenség nem egyedi: 1832-ben Linczbauer Ferenc, 1858-ban Molnár Ferenc, 1896-ban Böck János, 1927-ben Ferenczy István és Pálffy Móric, 1943-44-ben Vendl Aladár és Papp Ferenc számoltak be hasonló észleletekről (Horváth J. 1968).

Ugyanő leír egy 1959-60-ban, mintegy kilenc hónapig tartó szisztematikus vizsgálatot a Malom-tó leeresztésének hatásaival kapcsolatban. Ennek összefoglalásaként megállapította, hogy „a karsztot különböző helyen és mélységben (20, 109, 137, 500 m-en) megcsapoló kutak és források összefüggnek, vagyis vizüket horizontálisan és vertikálisan is egységes vízadó-rendszerből kapják. Az utánpótlódás mértékét meghaladó, fokozott igénybevétel általános vízszintcsökkenést okoz.”

Hasonló eredményre jutott Böcker (1967) a Paskál-malmi kút kompresszorozásával végzett vizsgálata során, bár ekkor csak a hévízkutakat vizsgálták s nem tértek ki a forrásokra. A kutakban észlelték világosan bizonyították, hogy egy nagy, összefüggő karsztvíz-rendszerrel kell beszélnünk, nem pedig elszigetelt, a nagyszerkezeti vonalak által határolt kis egységekről. A pesti oldalon regisztráltak értelemszerűen érvényesek a budai oldalra is, mert a budai és pesti oldal karsztos közeteinek összefüggését sok tapasztalat igazolta.

A távolhatás érzékelésére képies hasonlattal és a jelenséget nagyon leegyszerűsítve képzeljük el egy tálat, melynek peremén egyforma bevágások vannak. Ha a tálba folyamatosan annyi vizet vezetünk, amennyi a bevágásokon eltávozik, a rendszer egyensúlyban van. Ez modellezi a források évezredek alatt kialakult egyensúlyi helyzetét. Amennyiben valamelyik bevágást mélyítjük, vagy nagyobbítjuk –

ami egy munkagödör víztelenítés, vagy alagútfúrás analógiájának tekinthető –, akkor az egész tál vízszintje lesüllyed és az eredeti bevágásokon kevesebb, vagy éppen semmi víz nem tud már kilépni.

Nem hallgatható el, hogy ebben a kérdésben Lorberer (2002) (p.77.) rendkívül markánsan fogalmaz:

„a szentendrei HÉV-vonal további süllyesztése É-felé, ... **alagutak létesítése ... a Margit-szigeten át Angyalföldig ... a gyógyvíz-bázisok károsítása nélkül nem valósíthatóak meg.**” (Kiemelés: PT)

A budapesti termál-karsztvízkészlet már eddig is veszélyes túlfogyasztására mutat rá Sárváry (1992) és a hévízkincs hasznosításának korlátaira Lorberer Á. (2008), tehát a mélységi vizekből még viszonylag kis többlet kivételt is feltétlenül kerülni kell.

Ide kapcsolódik az is, hogy a termális karsztforrások a dunai üledékeken keresztül lépnek a felszínre. Ezért ezek környezetében „talajvíz-dómkok” alakulnak ki, mivel a hévizek nyomásszintje meghaladja a kavicsos rétegben tározott talajvizét pl. a Római-fürdő környékének a mérete meghaladja az 500 m-t (Scheuer és Tóthné, 1982). A hévíz egy része természeti viszonyok között is eláramlik oldalirányban, de ha egy közeli talajvízszint-süllyesztés ezt az eláramlást még növeli is, akkor a feltörő forrás hozama csökken. Ezért okozhat problémát pl. egy viszonylag kis aluljáró építése is ilyen környezetben.

A talajvíz általában nem, vagy gyengén agresszív, de a kiscelli agyagban előforduló talajvizes részeken kiugróan magas szulfát-ion tartalomra is lehet számítani.

4 ÉRTÉKELÉS

A tervezett regionális gyorsvasút külső, felszíni szakaszainak megvalósíthatóságával kapcsolatban geotechnikai természetű nehézségek nem várhatók, hacsak a majdan meghatározandó hossz-szelvény nem igényel nagyobb bevágásokat (amire inkább a déli külső szakaszon van esély). Hidrogeológiai problémák adódhatnak még ott is, ahol esetleg aluljárók épülnek források környezetében.

Általában az alagúti szakasz lejárati részeinél fokozottan tekintettel kell lenni a környező építményekre (cölöp-alapozású házak, műtárgyak, stb.). Ezek a részeken és a tervezett mélyvezetési szakaszokon, ahol az alagút az alapkőzet felett halad (cut-and-cover módszer), vagy az állomások területén, a felülről való építés célszerű. A résfalakat a vízzáró alapkőzetbe kell bekötni (Kovács házy és Paál, 1971). Körültekintő előtanulmányban kell vizsgálni a résfalas szakaszoknak a talajvíz áramlására kifejtett hatását (Juhász, 2000), az esetleges duzzasztás megelőzésének módozatait, hogy a hidrogeológiai körülmények ne módosuljanak károsan (víz átvezetés csápos-kúttal, vagy más módon (Paál és Prajczner 1975, Kertész et al. 1990, Kovács et al. 2008).

A mélyvezetésű szakasz a harmadidőszaki rétegekben fog haladni, melyek észak felől először oligocén agyagok, ezek kedvezőek a pajzs-hajtás szempontjából. Az ugyancsak nagy hosszban érintett miocén rétegek már nem ilyen kedvezőek, de a 3. METRÓ már ma is ismeretes és a 4. vonalnak az építés idejére már teljes egészében rendelkezésre álló tapasztalatait elővételezve nyugodtan kijelenthető, hogy alapvető probléma itt sem várható. A mélyvezetésű rész déli külső szakaszán az egyre fiatalabb és homokosabb rétegekben már kedvezőtlenebb a fejtés lehetősége, de segéd eljárásokkal a korszerű pajzsok itt is megfelelőek.

Mind az elsősorban az oligocén rétegekben alkalmazandó bányászati (NATM) módszerrel, mind a többi talajban használatos alagútfúró berendezéssel (TBM) történő építés csak akkor ajánlott, amikor a főte felett megfelelő a takarás. Mindkét módszernél ügyelni kell az alapkőzet esetleges inhomogenitására, előfúrásokkal kell pontosítani a helyszíni viszonyokat. Külön kell vizsgálni az alagútépítésnek a környezetre gyakorolt hatását (a felszín süllyedését).

Réteg- illetve szivárgó-vízre – bár kisebb mértékben – az alapkőzetben is számítani kell. A tardi rétegekben nem szabad megfelelkezni a metán-veszélyről!

Az alaprétegben számos geológiai törésvonal fordul elő. Ezek nagy része ÉNy – DK-i lefutású és ÉK-i irányba dőlő, de van számos ezekre merőleges, sőt ezen irányoktól jelentősen eltérő is. Bár a vetőket célszerű volna közel merőlegesen keresztezni, de ennek természetesen határt szab a vonalvezetés, mert pl. a Boráros tértől dél felé a nyomvonal egy jelentős vetőzónában halad. Ennek mentén kisebb szilárdságú kőzetre és víz problémákra kell számítani.

Az előző fejezetben a mélységi vizekkel kapcsolatban Schafarzik-Vendl-Papp csaknem három évszázados és ismétlődő tapasztalatot rögzít, a többi hivatkozott szerző, Böcker, Horváth, Sárváry, és Lorberer szintén a budapesti hévizek jeles kutatói, tehát mindenképpen alapos megfontolás tárgya kell legyen az alagút és a mélységi vizek kapcsolata.

Tekintettel arra, hogy nem a közeljövőben kezdődik ez az építkezés, van idő minden részlet gondos megvizsgálására, sokoldalú, körültekintő elemzésekre elvégzésére. Célszerű minél rövidebb időn belül megindítani egy részletes, alapvetően hidrogeológiai vizsgálatot, – olyan, minden szakterület magába foglaló szakértő-bizottság összehívásával – amely ki fog térni az építés-technológiai kérdésekre, és az esetleg szükséges nyomvonal módosítások szükségességére, lehetőségére is.

Az építés-technológiai kérdések között számításba kell venni az alagútépítő pajzsok eddigi és az ezután várható fejlődését, melyek már jelenleg is igen sok olyan nehézség leküzdésére képesek, melyekre pár éve még nem is gondolhattunk. A szorosan vett alagútépítési módszereken kívül szóba jöhetnek egyéb (pl. jet-grouting és más) módszerek, melyekkel a vizeket távol lehet tartani az alagúttól. Ezek kétségtelenül jelentős többlet költséggel járnak, mind a talaj szilárdítása, mind a nagyobb szilárdságú anyagban történő fejtés miatt, de mindenesetre kisebb kárral járnak, mint a hévizek, gyógyvizek (esetleg szélsőséges) hozam-csökkenése.

Az említett nyomvonal módosításról ma még korai beszélni. A hidrogeológiai és építéstechnológiai vizsgálatok szintézise után lehet – szükség esetén – erre kitérni.

HIVATKOZÁSOK

- Alföldi L. 1979: Budapesti hévizek, *VITUKI Közlemények*, 102 p.
- Böcker T. 1967: A budapesti hévízkutak összefüggése, *Vízügyi Közlemények*, **II.**(3): 365-389.
- Bubics I. 1978: A budapesti metróépítés földtani eredményei, *Mérnökgeológiai Szemle* **21**: 3-87.
- Farkas J., Müller M., Horváth Gy., Móczár B., Pusztai J., Bíró V. 1999: Budapest jellemző talajviszonyai az eddigi leghosszabb vonalas feltárás tapasztalatai alapján. *Közúti és Mélyépítéstudományi Szemle*, **XLIX**(5): 199-207.
- Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat /FTV/ 1988: *Budapest építéshidrologiai atlasza*, FTV kiadvány
- Hegy L., Kiss E., Szlabóczky P. (1981): Általános földtani eredmények a budapesti METRÓ földtani kutatásaiból, *Általános Földtani Szemle*, **16**: 5-24.
- Horusitzky H. 1935: Budapest dunabalszéli részének talajvíze és altalajának geológiai vázlat, *Hidrologiai Közlemények*, **XV**. 164 p.
- Horusitzky H. 1939: Budapest dunajobbparti részének (Budának) hidrogeológiája, *Hidrologiai Közlemények*, **XVIII**. 404 p.
- Horváth J. 1968: *A budapesti hévízkutak és források közötti összefüggések vizsgálata*, in: Budapesti hévizek c. VITUKI kiadvány, 77-87.
- Horváth T. 2004: *Mérnökgeológiai és hidrogeológiai adottságok a Budapesti 4. metró vonalán*, Alagút- és Mélyépítő Szakmai Napok, Győr, 85-90.
- Horváth T., Fáy M., Sándor Cs. 2000: A METRÓ-vonal mérnökgeológiai adottságai, *Földtani Kutatás* **XXXVII**(2) 35–44.
- Juhász J. 2000: A 4. metró kutatásának hidrogeológiai eredményei, *Földtani Kutatás*, **XXXVII**(2) 25-34.
- Kertész I. Paál T. Prajczner A. 1990: *Groundwater-flow across METRO-structures*, Proc. 9th Danube-European Conf. on Soil Mechanics & Foundation Engng. 331-336.
- Kovács B., Csicsák J., Szél T. 2008: A budapesti 4-es metróvonal létesítéséhez kapcsolódó felszín alatti vizeket megfigyelő monitoring és riasztási rendszer, *Földtani Közlemények*, **138**(3): 213-228.
- Kovácsházy F., Paál T. 1971: *Gründungsfragen beim Bau der Unterirdischen Strecke der Vorortbahn Bpest.-Szentendre*, Proc. 4th Conf. on Soil Mechanics & Foundation Engng, 687-696.
- Lorberer Á. 2002: *Budapesti hévizek mérnökgeológiai szemmel*, Alagút és Mélyépítő Szakmai Napok, Eger, 71-78.
- Lorberer Á. 2008: *A fővárosi hévízkincs és hasznosításának korlátai*, (előadás a Magyar Hidrológiai Társaság Vizgazdálkodási szakosztályában, április 23-án)
- Magyar Állami Földtani Intézet /MÁFI/ 1984: *Budapest területének fedetlen földtani térképe*, MÁFI kiadvány
- Paál T. 1984: A budapesti talajvíz-változás trend vizsgálata, *Hidrologiai Közlemények*, **64**(4): 249- 255.
- Paál T. 1987: Human effects on groundwater, *IX. European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engng*, Dublin, Vol. 1.: 313-316.
- Paál T. /szerk. és szerző/ 1982: *A fővárosi talajvíz-helyzet vizsgálata*, FÖMTERV kiadvány
- Paál T., Prajczner A. 1975: *Kéreg alatti METRO-vonal hatása a talajvízre*, Metróépítési Konferencia, Budapest - Balatonfüred, 547-560.
- Pécsi M. (1958): *A Pesti síkság kialakulása*, In: Budapest természeti képe, pp. 248–282. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Raincsák Gy.-né 2000: A Budapesti 4. sz. Metróvonal és környezetének földtani viszonyai, *Földtani Kutatás* **XXXVII**(2): 4–18.

- Sárváry I. 1992: A budapesti termál-karsztvízkészlet veszélyes túlfogyasztása, *Hidrológiai Közlöny*, **72**(4):222-230.
- Schafarzik F., Vendl A., Papp F. 1964: *Geológiai kirándulások Budapest környékén*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 296 p.
- Scheuer Gy., Szlabóczky P. 1984: Új szökevény hévforrások a pesti oldalon, *Hidrológiai Tájékoztató*, okt. 23-25.
- Scheuer Gy., Tóthné N.I. 1982: Adatok Budapest dunajobbparti részének (Buda) építéshidrológiai viszonyaihoz, *Hidrológiai Közlöny*, **10**: 458-468.
- Szlabóczky P. 1989: A IV. Metró Móricz Zs. körtér – Hungária körút közötti szakaszának mérnökgeológiai jellemzése, *Mérnökgeológiai Szemle* **38**: 79–90.