



60. ÉVFOLYAM
1. SZÁM

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI SZEMLE

2010. JANUÁR

FELELŐS KIADÓ:
Kerékgyártó Attila főigazgató

FELELŐS SZERKESZTŐ:
Dr. Koren Csaba

VENDÉGSZERKESZTŐK:
Apáti-Nagy Mariann
Németh M. Tibor

SZERKESZTŐK:
Fischer Szabolcs
Dr. Gulyás András
Dr. Petőcz Mária
Rétháti András

A CÍMLAPON:
Az északi pajzs is megérkezett a
Fővám térre, 2009. augusztus
Fotó: Vanik Zoltán

A BORÍTÓ 2. OLDALÁN:
Építészeti látványterv a Tétényi úti
állomásról (Palatium Stúdió Kft.)

KÖZLEKEDÉSEPÍTÉSI SZEMLE
Alapította a Közlekedéstudományi
Egyesület.
A közlekedésepítési szakterület
mérnöki és tudományos havi lapja.

HUNGARIAN REVIEW OF
TRANSPORT INFRASTRUCTURE
INDEX: 163/832/1/2008
HU ISSN 2060-6222

KIADJA:
Közlekedésfejlesztési
Koordinációs Központ
1024 Budapest, Lövőház u. 39.

SZERKESZTŐSÉG:
Széchenyi István Egyetem,
UNIVERSITAS-Győr Nonprofit Kft.
9026 Győr, Egyetem tér 1.
Telefon: 96 503 452
Fax: 96 503 451
E-mail: koren@sze.hu, petocz@sze.hu

DESIGN, NYOMDAI MUNKA,
HIRDETÉSEK, ELŐFIZETÉS:

Press GT Kft.
1134 Budapest, Üteg u. 49.
Telefon: 349-6135
Fax: 452-0270;
E-mail: info@pressgt.hu
Internet: www.pressgt.hu
Lapigazgató: Hollauer Tibor
Hirdetési igazgató: Mező Gizi

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki és nem feltétlenül azonosak a szerkesztők véleményével és ismereteivel.

A lap tartalomjegyzéke és a korábbi lapszámok kereshető formában elérhetők itt: <http://szemle.lrg.hu>

TARTALOM

KLADOS GUSZTÁV	
Gondolatok a metró célszám margójára	1
PINTÉR LÁSZLÓ	
Miért van szükség a 4-es metróra?	3
ERŐ ZOLTÁN	
A 4-es metró állomásainak építészet	6
DR. HORVÁTH TIBOR	
Geológiai, hidrogeológiai és geotechnikai viszonyok a 4-es metró I. szakaszán	12
ADAMIS GÉZA	
Az épített és a természeti környezet védelme a 4-es metrónál	17
PAP ZSUZSANNA	
Monitoring rendszerek működése a 4-es metró építése során	20
GAUDI EMŐKE – KÉTHELYI BARNA	
A Bocskai út állomás	27
PŐCZ BÉLA ISTVÁN – SKUBLICS MÁRK	
A Móricz Zsigmond körtér állomás	30
APÁTI-NAGY MARIANN – JUHÁSZ IMRE	
A Fővám tér állomás	33
PETHŐ CSABA – TELEKI ZSOLT	
A Kálvin tér állomás	36
JUHÁSZ IMRE – PUCHMANN GÁBOR	
A Népszínház utca állomás	39

GONDOLATOK A METRÓ CÉLSZÁM MARGÓJÁRA

KLADOS GUSZTÁV¹

Örömteli és egyben megtisztelő, hogy a Közlekedésépítési Szemle célszámban, sőt rögtön két szám terjedelemben² is foglalkozik a 4-es metró beruházással. Köszönjük ezt a lehetőséget! Sajnos meglehetősen ritkán adódik olyan alkalom, hogy a beruházás tervezésében, kivitelezésében, mindennapi dolgaiban részt vevő kollégáim a lényegről írhatnak. Félretéve a politikai adok-kapok mindennapos csatározásait, elmesélhetik, mi is történik valójában Budapest alatt, mikor és hogyan kezdődött el az ország és a főváros jelenleg legnagyobb beruházása, milyen elgondolások alapján, hogyan zajlik a kivitelezés, milyen mindennapos problémákkal kell szembenéznünk, és azokat hogyan próbáljuk meg legjobb tudásunk szerint megoldani.

E sorok írásakor úgy érzem, a 366 milliárd forintos összköltségvetésű, 7,4 km hosszú első szakasz építése végre „sínen van”. A 7,4 km-ből az állomások hosszát és a bányászati módszerrel épült alagútszakaszokat levonva 5,6 km épül pajzsos módszerrel, amiből közel 4,1 km mára elkészült, ráadásul nagyon jó minőségben. A tíz állomás építése jó ütemben halad, és az építéssel már remélhetőleg nem is lesznek komoly gondok. Bár voltak természetes és gerjesztett félelmek, sikerült a Duna alatti alagutakat gond nélkül, a Szent Gellért téri hőforrásokat is megóvva megépíteni. A pajzsok mára elhagyták a Kálvin tér állomást, gond nélkül elhaladtak – mindössze másfél méterre – a 3-as metró vonala felett, jelenleg a Rákóczi tér állomás felé tartanak. A szerződéses vitákat folytatjuk a vállalkozókkal, ez azonban nem hungarikum: a világ minden nagy, komplikált, sokszereplős projektjén hasonló viták folynak, folytak. Az alagút- és állomásépítéseken túl idén végre megkezdődhetett a járműtelep építése is. A felszíni munkálatoknál a lezárások helyett végre elkezdhattuk szűkíteni a munkaterületeket, utakat, forgalmi sávokat, megújított villamospályát adtunk vissza, és egy új játszóteret is átadtunk a gyerekeknek.

Az Európai Unió a Kohéziós Alapból jelentős összeggel, mintegy 181 milliárd Ft „adománnyal”, a várható költségek mintegy 50%-ával támogatja a projektet. Bízom benne, hogy a belső beépítés, a vágányépítés, a hírközlés, az automata vonatirányító-, biztosító-, áramellátó- és egyéb rendszerek, sőt a járművek is időben elkészülnek majd, és a sikeres rendszerélesztést követően 2012 végén megkezdhetjük a próbaüzemet az I. szakaszon.

Budapest új metrója a tévhitekkel ellentétben nem negyven éve – bár Dél-Buda–Rákospalota (DBR) vonalként 1978-ban tervezték megkezdeni az építést –, csupán három és fél éve épül, és a 2006-os alapkövetelést óta a teljes beruházás mára több mint 60%-os készültséget ért el. A szemle készülő különszámai lehetőséget adnak sok műszaki kérdés, módszer, technológia autentikus bemutatására, éppen ezért – és a fent említett vagy ahhoz hasonló tévhitek eloszlátása, az anomáliák feloldása miatt – engedjek meg, hogy bevezetőmben – hasonló nagyprojektek építésén előlött majdnem harminc év után térve vissza Magyarországra – megosszam önökkel első projektigazgatói évem során szerzett tapasztalataimat.

Meglepő, de a 4-es metró beruházás támogatottsága – rendkívül rossz sajtója ellenére – a közelmúltban készült lakossági felmérések szerint több mint 80%-os: tíz budapestiből nyolc ma is támogatja az új vonal építését. Persze egy kérdést sokféleképpen lehet feltenni, itt általánosságban van szó a támogatottságról. Nagyon sok vitát váltott ki többek között a nyomvonal, az állomások közötti távolság vagy a különleges építészeti állomások kérdésköre. A hosszú távú közlekedésfejlesztési tervbe jól illeszkedik a vonal, hiszen a belváros autóforgalmának tehermentesítését is szolgálja, az intermodális csomópontokhoz való kapcsolódása, a vonal bővíthetősége, a P+R parkolók pedig mind-mind a főváros külső területein élők mindennapjait fogják megkönnyíteni.

Nyilvánvaló, hogy egy történelmi városmagban nem lehet az útfelületet növelni, behajtó autó pedig csak akkor lesz kevesebb, ha korlátozzák a városba jutást és ezzel egyidejűleg alternatív közösségi közlekedést biztosítanak, ennek pedig az egyik legjobb módja új metróvonalak építése. Ezt persze mások már régen felismerték. Nem véletlen, hogy világszerte az alagút- és ennek részeként a metróépítés az építőipar egyetlen olyan ága, amelyet alig érintett a recesszió. A média nem látszik felismerni ezt a világszerte érvényes trendet és szinte csak negatív híreket hoz, néha kreál vagy az ellenérvekről beszél. Ennek talán az lehet az oka, hogy a média hírekből él, a jó hír pedig sajnos nem hír! Azt hiszem, mindenki ismeri a postás és a kutya esetét.

Az elmúlt években számos olyan támadás érte a beruházást, amelyek később alaptalannak bizonyultak. Az újságírók közölhetnek ellenőrizetlen értesülést véleményként vagy feltételezésként írva le, a DBR Metró Projekt Igazgatóság azonban csak megfelelő vizsgálatokat követően cáfolhat meg felelősségteljesen egy állítást. Közben napok telnek el, és akkorra a negatív hír már bejárja a teljes sajtót, a cáfolat pedig csak marginálisan kerülhet be a médiába. Furcsa eset – de tökéletes szemléltető példa –, amikor néhányan kiálltak a Fenekeetlen tóhoz vödörrel, elkezdve az apadó Fenekeetlen tóba vizet tölteni, a sajtónak közben nyilatkozva, hogy szerintük „feltehetően” a metróépítés miatt apad a tó, és a 4-es metró építése teszi tönkre a XI. kerület egyik legszebb értékét. A két hét alatt készült négy független szakértői vizsgálat egyöntetűen megállapította, ami bárkinek józan ésszel is világos volt, hogy a metróépítésnek nincs köze az apadáshoz, az eltelt két hét után azonban már szinte alig volt kíváncsi valaki a cáfolatunkra.

Mérnökemberként nehezen tudom elfogadni, hogy a média nem ellenőrzi az információk forrását, hitelességét, és megalapozatlan állításokat már-már tényként közöl, ellenben a néhány órával, esetleg nappal később megjelenő, körültekintő vizsgálatokra alapozott cáfolat már csak a lapok hátsó oldalán kap helyet. Rengeteg embert félretájékoztatnak, pedig joguk lenne a tények és nem az álhírek alapján megítélni az ország legnagyobb beruházását.

¹ Projektigazgató, BKV Zrt. DBR Metró Projekt Igazgatóság

² A további cikkeket előreláthatólag a márciusi számunkban közöljük.

A két leghangsúlyosabb – és korrekciós kísérleteink ellenére ma is folyamatosan napirenden lévő – tévhit, hogy a 4-es metró költségvetése megháromszorozódott az elmúlt tíz évben, illetve hogy szinte valamennyi hasonló külföldi beruházásnál drágábban épül. Sűrűn hallani azt is, hogy a 4-es metró első szakaszának építése 530 milliárd Ft-ba kerül. A minap már 600 milliárdot is emlegettek! Az 530 milliárd Ft a teljes II. szakasz: a Keleti pályaudvartól a Bosnyák térig további 3,7 km vonal és négy állomás, hét új négykocsis vonat, valamint a Thököly út teljes felújítását és közműcserejét is tartalmazza! A II. illetve III. (Kelenföld–Örmező–Virágpiac) szakasz építéséről pedig még nem született döntés, ennek megfelelően nem is szerepeltethetők az összköltségvetésben, félrevezető tehát megháromszorozódásról, illetve 530 milliárd Ft-ról beszélni.

Ha a tíz évvel ezelőtti költségbecslést hasonlítjuk össze a mai, valós költségekkel, nem szabad a költségnövekedés igazi okait elfelejteni. A tíz évvel ezelőtti becslést csak az I. szakasz költségeit tartalmazta a szerelvények, a járműtelep, a kapcsolódó beruházások költségei, a később előírt tartalékok és értelemszerűen a később felmerült többletköltségek nélkül. Nem helyes azt a mai valós költségvetéssel – különösen nem a két szakasz együttes összköltségvetésével – összehasonlítani. 1999-ben a 4-es metró I. szakaszának költségeit 180 milliárd Ft-ra becsülték. Ma, 2009-ben ugyanennek – az egyetlen jelenleg épülő – szakasznak az összköltségvetése mintegy 366 milliárd Ft, azaz valamivel több, mint kétszerese a tíz évvel ezelőttinek. A tíz évvel ezelőtti költségbecslés sem ismeretlen és átláthatatlan okok miatt kétszereződött meg mára: megváltozott a műszaki tartalom; a projekt számos elemmel bővült, belekerültek a projekt költségvetésébe a kapcsolódó felszíni beruházások, a szerelvények, a járműtelep és az európai uniós projekt tartalékkeret is. Mindenki tudja, hogy az elmúlt tíz évben mekkora volt az infláció, és mekkora az euró-forint-árfolyamváltozás, melyek, mint minden beruházásra, a 4-es metró projektre is jelentős hatással voltak. A metró összköltségvetése megkétszereződött tehát az elmúlt tíz évben, de ha csak az inflációt, az árak drágulását és az euró-forint árfolyamváltozását nézzük, akkor az infláció miatti költségnövekedés 60 milliárd (33%) volt tíz év alatt, az összköltségvetés 180 milliárdról 240 milliárd Ft-ra nőtt és a műszaki tartalom változása miatt, a bekerült pluszelemekkel lett 366 milliárd forint.

Végül hadd ejtsek néhány szót a metróberuházások költségeinek összehasonlíthatóságáról. A teljes körű összehasonlítás szinte lehetetlen, hiszen nincs két egyforma metróépítés. Az egyes metrók, gyakran elővárosi vasúti funkciókat is ellátó, részben felszíni kötőpályás közlekedési rendszerek részletes elemzés nélkül, általánosságban nem hasonlíthatók össze. Az árak, a beruházás véghatáridejére nagyon sok műszaki összetevő van hatással. Nem mindegy, hogy a felszínen, közvetlenül a felszín alatt kéregvasútként vagy mélyvezetésben épülnek a vonalak és állomások! Minél változatosabb a geológia, esetleg egy folyamat is keresztes a vonal, minél mélyebbre kerül, minél nagyobb a felszíni beépítettség, minél öregebbek az épületek, minél több „kapcsolódó” felszíni beruházás kerül bele a projektbe, minél nehezebb megtervezni és kialakítani az állomásokat az épített környezetben, annál drágább egy beruházás. Ugyanígy drágító tényező az is, ha bázisvonal (I. szakasz járműteleppel) épül, és a korábbiaktól eltérő, új automata vonatirányítást és ennek megfelelő rendsze-

reket kell tervezni, ha nincs kezdetben egy már tapasztalt szakembergárda, ha felkészületlenül éri a projekt az engedélyeztetési mechanizmusokat, vagy az alkalmazandó jogszabályok nem mindenben alkalmasak a felmerülő problémák gyors kezelésére. A más projektekkal történő összehasonlításakor valamennyi felsorolt tényezővel számolni kell.

A DBR Metró Projekt Igazgatóság részletesen megvizsgált néhány külföldi példát, melyek kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy szerepeljenek azok a beruházások, amelyeket gyakran emlegetett a sajtó az elmúlt egy évben és szerepeljenek azok is, amelyek aktuálisak, nemrég fejeződtek be, jelenleg zajlanak vagy most fognak indulni, hogy legalább valamelyest összehasonlíthatók legyenek. Felületes elemzés eredményeként a budapesti 4-es metró a kilométerenkénti átlagár szempontjából a 15 vizsgált beruházás között a középmezőny felső harmadában, azaz a drága metrók között végezne. Egy metróépítés összköltségvetésébe azonban nem mindenhol számolják bele a járművek, a járműtelep, a kapcsolódó beruházások költségét, de a tartalékokat sem szokás feltüntetni. Nem jegyzik az építés közben a vállalkozók által kiharcolt többletkövetelések értékét sem. Ahhoz, hogy a valósághoz legalább közelítő képet kapjunk, azaz összehasonlíthassuk a fajlagos költségeket, ki kellett vennünk mindenhol a járulékos költségeket. Ezután számos – geológiai, hidrogeológiai, épített környezeti, gazdasági és egyéb – mutató még mindig eltért az egyes projektek tekintetében, de az így keletkezett, realitásokhoz közelítő, a valós műszaki tartalmakat összehasonlító listában a budapesti metróépítés árban már a nemzetközi középmezőny alsó harmadába került: öt beruházás volt olcsóbb, míg kilenc drágább a mi metróunknál.

A hazai sajtóban sokat emlegetett madridi metró meghosszabbítását azért említem meg külön is, mert – bár műszaki értelemben egyszerűbb beruházás és valóban a legolcsóbb átlagáron épül – a kérdésünkre, melyben megpróbáltuk megfejtetni, hogy mi a legnagyobb titkuk, csak annyit feleltek: „Nálunk mindenki akarja ezt a metró”.

SUMMARY

NOTES TO THE METRO SPECIAL ISSUE

Although the construction of the fourth metro line in Budapest was planned to start in 1978, it has been under construction for only three and a half years, and since the foundation stone was laid in 2006 the completion level of the entire project has exceeded 60%. This special edition provides the opportunity to authentically present several technical issues and methods. In this introductory paper the author shares his experience on costs, gained in the first year as Project Director, a position taken when returning to Hungary after almost 30 years spent on similar large-scale construction projects abroad.

Despite the efforts to correct public views, a major misbelieve still on the agenda is that the budget for the Metro 4 Line tripled in the last 10 years, and that this line is more expensive than almost any of the similar foreign projects. The paper shows the real costs and their comparison against the plans.

MIÉRT VAN SZÜKSÉG A 4-ES METRÓRA?

PINTÉR LÁSZLÓ¹

A kérdés első pillanatban értelmetlennek tűnik: egy több éve épülő, szerkezetét tekintve 70%-os készültségű vonalnak, melynek berendezései már gyártás alatt vannak, nem szokás megkérdőjelezni a létjogosultságát. A felvetés azonban nálunk ennek ellenére indokolt. Az elmúlt tíz évben ismétlődően megjelennek olyan vélemények, amelyek vitatják a vonal koncepcióját, sőt szükségességét is megkérdőjelezzik. Az ellenzők érvei egyértelműen mutatják, hogy a vonal létesítésével kapcsolatos indokokat nem (még a szakmai közvélemény sem) ismerik kellő mértékben. Így azután könnyen érvényesülhetnek azok a – többnyire megalapozatlan vagy téves adatokból kiinduló, gyakran demagóg – megnyilvánulások, melyek a közvéleményt félretájékoztatva hozzájárulnak a negatív közhangulat kialakulásához. Ez pedig elkerülhetetlenül a döntéshozók elbizonytalanodásához vezet.

Elsőként tekintsük át, mi indította el a 4-es metró létesítésének ötletét! A kiinduló tényező mennyiségi jellegű: a forgalmi igény és a kiszolgálásához szükséges kapacitás egyensúlyának megbombolása. A forgalom kinőtte a felszíni eszközök szállítóképességét.

Budapesten – mint minden kétmillió körüli lakosú városban – kialakult 10-12 olyan – sugárirányú – ún. főforgalmi folyosó, melyekben egyenként naponta több százezer utazás bonyolódik le. Ilyenek kiszolgálására épült a 70-es években létesült két metróvonal is. Már akkor köztudott volt, hogy ezektől alig marad el a Dél-Buda-városközpont folyosó forgalma. Ráadásul e forgalom a rákövetkező húsz évben – két nagy lakótelep építése nyomán (Örmező, Gazdagrét) – jelentősen meg is nőtt. A folyosó kiszolgálását nehezíti, hogy a terepadottságok miatt (Gellérthegy ill. Duna) egyetlen kerülő nélküli út, a Bartók Béla út áll rendelkezésre. Az itt tömegközlekedéssel elszállítandó utasmennyiség több mint kétszerese a villamossal elszállíthatónak. A villamos főirányú szállítóképességét ráadásul mintegy 30%-kal csökkenti a Közép-Buda felé, mellékirányba elforduló szerelvények kieső férőhelye. A többletet részben egy – a célszerű alkalmazhatóság határát messze meghaladó terhelésű – autóbúsvonal szolgálja ki, melynek viszont jelentős környezetszennyező hatása van. (A 7-es „autóbúsvonal” napi áthaladó járműmennyisége nagyobb, mint a 90-es években Magyarországon áthaladó kamionmennyiség, amely ellen erőteljes tiltakozások voltak.) Emellett jelentős utasmennyiség – kényszerűen – csak több km-es kerülőút megtételével tud céljához eljutni (Alkotás u.–2-es metró vagy Petőfi híd–Ferenc körút). A főirányban közlekedő eszközök – immár több évtizede érzékelhető – folyamatos zsúfoltsága egyértelműen igazolja, hogy az utazóközönség a kiegészítő útvonalakat szükségmegoldásnak tekinti, s a közösségi közlekedés színvonalának javítását elsősorban a főirányban igényli.

A felszíni eszközök kapacitásnövelésének határt szabnak a technikai lehetőségek. A villamos a Bartók Béla úton a lehetséges legnagyobb járatsűrűséggel közlekedik, további sűrítése a rendszer rohamos lelassulását eredményezné (erre volt példa a 60-as években). A szerelvények férőhelybővítését a Szabadság híd terhelhetősége korlátozza. A főirányú kapacitásbővítés egyetlen lehetősége a mellékirányba közlekedő szerelvények rovására történő

átcsoportosítás. A közép-budai hálózat fontosságát figyelembe véve azonban valójában ez sem tekinthető járható útnak.

Az autóbúsvonal kapacitásának növelését elsősorban környezeti hatása zárja ki, de a mai – összességében 1 perc körüli – járatsűrűség növelése az autóbúsvonal is a rendszer folyamatos lelassulását eredményezné.

A másik – a 4-es metró létesítését indokoló – tényező a minőségi követelmények előtérbe kerülése. A közlekedéspolitika elsődleges céljának tekinti a gépkocsihaszna-
lat növekedésének megállítását (de legalább észrevehető lassítását), a közlekedők személygépkocsiról való visszavonásának megkezdését. A gépkocsiforgalom helyigényét már egyre nehezebb követni, környezetszennyező hatását pedig elviselni. A visszavonás alapfeltétele, hogy az utazók által legfontosabbnak ítélt tulajdonságok feleljenek meg az elvárásoknak. Több felmérés eredménye mutatja, hogy az utazóközönség által legjobban értékelt tulajdonságok a következők:

- minimális eljutási idő
- megbízhatóság
- biztonság
- kényelem

Arra nincs esély, hogy a közösségi közlekedés valamennyi tulajdonság tekintetében versenyképes legyen a gépkocsival, de – főleg csúcsidőszakban, a torlódásoktól sújtott területeken – eljutási idő és megbízhatóság tekintetében már jelentős számú körzetbe célszerűbb közösségi közlekedéssel elindulni. Az azonban jogos elvárás, hogy egyéb tulajdonságok tekintetében is elfogadható színvonalat érjen el. Versenyképes eljutási időt – városi, beépített környezetben – csak elkülönített pályán közlekedő eszköz tud biztosítani. A minden egyéb forgalomtól elzárt pályán a metró – 80 km/h menetsebességgel – eléri a 32 km/h utazási sebességet, ami kétszerese (több körzetben háromszorosa) a felszíni forgaloménak. A zárt pálya lehetőséget ad a menetrend másodperc pontosságú betartására.

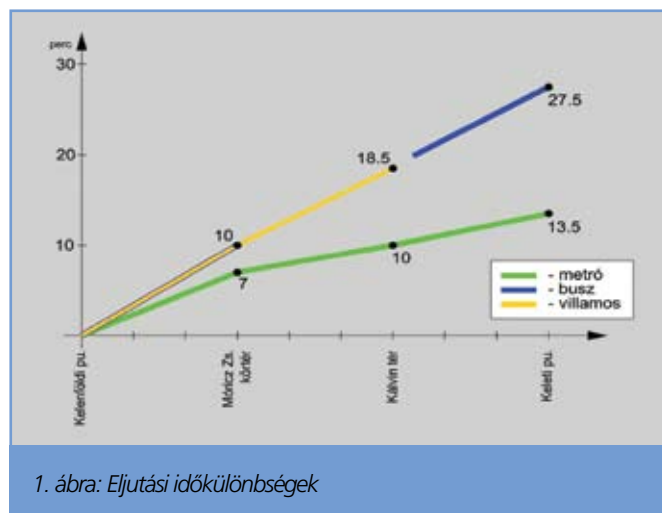
A felszíni eszközök e tulajdonságok tekintetében a zárt pályás eszközöket meg sem tudják közelíteni: a KRESZ által megengedett 50 km/h maximális menetsebesség mellett az utazási sebesség – egyéb zavaró tényezők nélkül is – 20 km/h alatt marad. Ezt az egyéb forgalom jelenléte tovább rontja, az utazási sebesség gyakorlatilag 15-16 km/h körüli, és ez az érték a torlódások forgalomlassító hatását még nem is tartalmazza. A mostanában előtérbe került intézkedések (védett villamospálya, buszsáv) elsősorban az utóbbi hatások kiküszöbölésére szolgálnak. Az utazási sebesség felszínen való növelésének jelentős korlátai vannak. A maximális menetsebesség 50 km/h fölé emelésének feltétele a pálya legalább részbeni elkülönítése, amelynek felszíneltávolító hatását azonban a lakosság nehezen viseli el. Másik használatos eszköz a tömegközlekedés előnyének biztosítása a jelzőlámpás csomópontokban, ennek hatékony módszere – a jármű által vezérelt program – viszont csak olyan külső útvonalakon használható, ahol a közösségi közlekedés ritka (gyakorlatilag 5 perces járatsűrűségig). Ilyen csomópont azonban a 4-es metró első szakasza körzetében nem található. Sűrűbb közlekedés esetén

¹ Szakfőmérnök, Főmterv Zrt. e-mail: forgalom@fomterv.hu

a keresztirányú forgalom ellehetetlenül, ráadásul a jelzőlámpás csomópontok nagy részét keresztirányú közösségi közlekedés is használja, amely értelem szerűen ugyancsak működésképtelenné válik. A módszer leginkább a csomópontokban a megállóhelyről való indulás segítésére alkalmas, a párhuzamos közúti forgalom rovására. Ez azonban csak a csomóponti torlódások hatását küszöböli ki, az utazási sebességet érdemben nem növeli.

Az utazási sebességet tekintve a metró ellenzők sok téves információval rendelkeznek: jellemzően alábecsülik a metró, és túlbecsülik a felszíni eszközök által elérhető értéket. Ebből eredően a kis eljutási sebességkülönbség miatt kevesebb utas metróra való átpártolását lehet prognosztizálni, könnyebben indokolható a metró utashiány miatti feleslegessége. Sajnos az utastájékoztató menetrend is alapot ad ezen megnyilvánulásoknak: a 173E autóbusz menetrend szerint a Bosnyák térről 4 perc alatt ér el a Keleti pályaudvarig, ami a 3,2 km-es távon 48 km/h utazási sebességet jelent. Ezzel valóban nem tud konkurálni a metró, de legalább egyszer igazolni kellene a menetrendi érték realitását.

Reális eljutási lehetőségeket az 1. ábra mutat.



1. ábra: Eljutási időkülönbségek

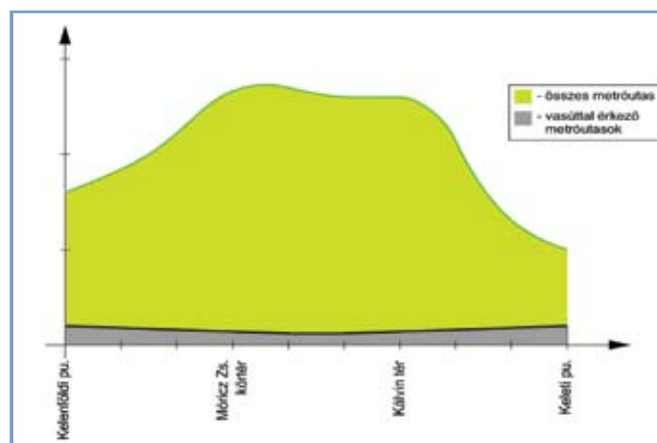
Gyakran találunk a metróellenzők érvei között a „metró helyett gyorsvillamost” követelést. Arra a kérdésre azonban ennek felvetői soha nem adnak választ, hogy az a bizonyos villamos mitől lenne gyors. A megengedett menetsebesség csak az egyéb forgalom kizárását biztosító elkülönítés esetén növelhető, „látra vezetés” mellett a járművezető bármilyen (akár távolabbi) akadály felmerülése esetén is szükségszerűen fékezéssel reagál. A csomópontokon való elsőbbségadás problémái a gyorsnak nevezett villamosnál is megmaradnak.

Az ún. gyorsvillamos olyan külső területeken jöhet szóba, ahol a beépítettség megengedi a sebességkorlátozás feloldását, és minimális a közúti forgalommal való találkozás lehetősége. Ilyen területen viszont nem merül fel metróépítés. Legújabbban a 4-es metró Keleti pu.–Újpalota szakaszán emlegetik a gyorsvillamost. A körvasúton belüli, közel 5 km hosszú szakaszon azonban a villamospálya melletti egy forgalmi sávot nehéz lenne elkülönítetté tenni, így sebességnövelésre kevés esély van. Azt viszont a metró ellenző villamos-pártiak soha nem említik, hogy a metró Újpalotáról a Keleti pu.-ig 10 perccel hamarabb, megbízhatóan beér, mint a villamos.

Érdemes áttekinteni a folyósót használó utascsoport összetételét. A metró koncepcióját bírálók egyik leggyakoribb érve, hogy nem szolgálja ki az elővárosi utazásokat, az elővárosi utasokat átszállás-

ra kényszeríti. Ennek megszüntetése érdekében születnek azok a koncepciók, amelyek a 4-es metró különböző vasútvonalakkal összekötve próbálják az elővárosi közlekedés szolgálatába állítani. Ez azonban csak akkor volna indokolt, ha az elővárosi utasok többségben volnának, vagy az elővárosi utasok preferált kiszolgálása nem érintené hátrányosan a többséget kitevő utascsoportot. Az adatok ezzel kapcsolatban a következőket mutatják.

A 4-es metró utasbecslése a Kelenföldi pályaudvaron felszállók 10-12%-át várta a vasútról (ez háromszorosa a jelenleg is elővárosi vonatokkal érkező utasoknak.) A növekmény nagyobb része abból származik, hogy a metró megjelenése több, eddig a vasút végállomásáig továbbutazót leszállásra készítet, és csak a kisebb részt teszik ki az új utasok. Nagyobb mennyiségű új utas megjelenését a vasútvonalak kapacitása korlátozza, amelynek növelésére – belátható időn belül – reálisan nem lehet számítani (nem véletlen, hogy a három érintett vasútvonalon a távlati tervek is legfeljebb 15-20 perces ütemes elővárosi közlekedést irányoztak elő). A vonal másik, a vasúthálózattal a Keleti pályaudvarnál találkozó végén hasonló a kívülről érkezők aránya. Az ide érkező négy vasútvonal jelentős távolsági forgalmat bonyolít le, ám ennek a – Keleti pályaudvart használók 50%-át kitevő – utascsoportnak eleve közömbös az elővárosi vonatok vonalvezetése. A maradék 30 ezer körüli (két irány/nap) utas pedig megoszlik a 2-es és a 4-es metró, a keresztirány és helyi célforgalom között. A 4-es metró belvárosi iránya felé a közvetlen kapcsolatot legfeljebb napi 10 ezer utas venné igénybe (a teljes utas-mennyiség 5%-a) (2. ábra).



2. ábra: Vasúttal érkező utasok aránya

Ezek az adatok egyértelműen igazolják, hogy a XI. kerület és a városközpont közötti folyósó utasainak döntő többsége városon belüli, utazását a városhatáron belül kezdi és fejezi be. Ezen utazások kiszolgálásának nyilvánvalóan legcélszerűbb eszköze a városi gyorsvasút, azaz a metró, ami rendelkezik mindazon tulajdonságokkal, melyek a mennyiségi és minőségi követelményeket kielégítik, ugyanakkor jól illeszkedik a város közlekedési rendszerébe, biztosítja a kapcsolatot az érintett hálózati szereplő vonalakkal.

Az elővárosi forgalmat lebonyolító vasútvonalakkal való összevonás viszont rontja a városi forgalom lebonyolítására kiépített metró tulajdonságait. Kelenföldön a MÁV-vágányok felé való elfordítás – közel 1 km-re – kitolja a Tétényi úti állomást a városrészközpontból, valamint kizárja a tervezett hosszabbítást Gazdagrét–Virágpiac felé (ahol a vasút által hozott metróutasok többszöröse használná a metró). A Keleti pályaudvarnál az elágazó műtárgy megépíthetősége is kétséges, a két ág működésének összehangolása pedig elkerülhetetlenül egyenetlen járatsűrűséghez vezet, ami rontja a szolgáltatás színvonalát (egyes vonatok túlterhelése vagy felesleges megállások).

A metró helyett leggyakrabban felmerülő koncepció tehát a városi utasoknak egyértelműen gyengébb színvonalú szolgáltatást biztosít, nem beszélve az – elsősorban a csatlakozó vasútvonalakon jelentkező – költségtöbbletről (tervezés nélkül ennek csak nagyságrendje becsülhető, de többtízmilliárdos tételről van szó).

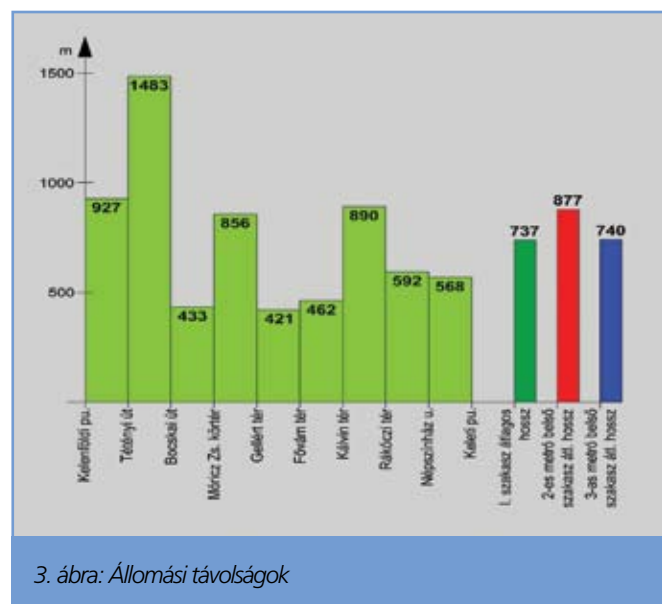
Még kedvezőtlenebb a városi utazások szempontjából az a koncepció, amely a metró helyett az elővárosi vasutak város alatti átvezetését javasolja. Ez a megoldás a hosszabb szerelvények következtében óhatatlanul ritkább megállóhely-kiosztást eredményez, így több városi kapcsolat nem biztosítható. A koncepció a városi utazások szempontjából gyakorlatilag értéktelen. Számításokkal igazolható, hogy a két – az elővárosi utazásokat preferáló – koncepció milyen mértékben csökkenti a városi utazások metróval elérhető időmegtakarítását.

Gyakran felmerül még a metró különböző villamosvonalakkal összekötni kívánó, vegyes üzemű működést feltételező koncepció. Ezeknek az az alapvető hibája, hogy nem elégítik ki a mennyiségi igényt. Olyan hosszúságú szerelvényekkel, amelyek a felszíni forgalomban nem elkülönített pályán is közlekedni tudnak, a szükséges kapacitás nem biztosítható, így meg kell hagyni a kiegészítő, párhuzamos autóbusszonalat, annak környezetszennyező hatásával együtt.

Rendszeres vitatéma a vonalvezetés is. A főirányt (Dél-Buda–Városcsúcs–Újpalota) már kevesen vitatják, de a dél-budai és városközponti nyomvonal helyett gyakran merülnek fel más megoldások. Gyakran hallható észrevétel, hogy a metró tervei elavultak, a 70-es évek igényeit szolgálják ki. Ezt a budai nyomvonal változásai jól láthatóan cáfolják.

A 70-es évek tervei szerint a vonal a Mórícz Zsigmond körtérnél a Fehérvári úton át Budafok felé fordult, mivel a fejlesztésre kijelölt területek ebben a körzetben helyezkedtek el. Az új nyomvonal már a Kelenföldi pu.–Gazdagrét–Virágpiac irányába vezet, az időközben kiépült két lakótelep (Örmező, Gazdagrét), valamint az erős agglomerációs forgalom kiszolgálása érdekében. Ismétlődően felvetődik a Boráros tér felé való elfordítás is. Ennek legnagyobb hátránya, hogy Dél-Buda központját és a városközpontot egyaránt elkerüli, a legnagyobb utascsoportot kerülőre és többlettátszállásra kényszeríti.

A városközponti szakasz (Kálvin tér, Rákóczi tér, Keleti pu.) elfogadott vonalvezetését elsősorban a városközpont széthúzásának városépítészeti szempontú igénye indokolta.



3. ábra: Állomási távolságok

A metró legvitatottabb eleme az állomástávolság, a koncepciót vitatók kivétel nélkül sűrűnek tartják az állomásokat. Ennek igazolására teljesen valótlan adatokat használnak, gyakran előfordul még a 300 m-es átlagos állomástávolság emlegetése is. A valóságban a két legrövidebb távolság a Szent Gellért tér–Fővám tér (421 m) és a Bocskai út–Mórícz Zsigmond körtér (436 m). Az I. szakasz átlagos állomástávolsága 740 m, ami közel megegyezik a 3-as metró belső szakaszával (Nagyvárad tér–Lehel tér) és 130 m-rel kisebb a 2-es metró belső szakaszánál (Déli pu.–Keleti pu.) (3. ábra).

Az állomáskiosztásnál azonban nem a minél nagyobb állomástávolság elérése az elsődleges cél, hanem a lehető legtöbb utas gyorsvasúti kapcsolatának biztosítása és a legnagyobb utasidő-megtakarítás elérése. A metrónak – amely a hálózat gerincvonalának minősül – a hálózat adottságaihoz kell igazodni, a hálózat pedig a városszerkezet függvénye. Minden kísérlet, ami ki akarja szakítani a metróvonalat a hálózat szerkezetéből, jelentős idővesztéseket, jelentős utasvesztést okoz. Ez számítással igazolható: egy állomás elhagyása áthaladó utasonként 45 másodperc időmegtakarítást eredményez, az állomást használó utasok számára viszont átlag 5-6 perces veszteséget. A számítások eredménye eddig minden felmerült állomáselhagyás esetén jelentős utasidő-vesztéseget mutatott.

Ide sorolhatók az állomások összevonását követelő ötletek is. Leggyakrabban a Fővám tér–Kálvin tér, a Mórícz Zsigmond körtér–Bocskai út és a Szent Gellért tér–Fővám tér (Duna alatti állomás) összevonása merült fel. Ezen ötletek azért nem életképesek, mert kihúzzák a felszíni kapcsolatokat a csomópontokból, ezáltal az átszálló utasokat 150-200 m gyaloglásra vagy mozgójárdára kényszerítik, ami utazásonként 4-5 perc veszteségidő (ráadásul a Duna alatti állomás költsége sem lett volna kisebb a két parti állomás költségénél).

Végül meg kell említeni a vonal ütemezésével kapcsolatos véleményeket. Az ellenzők jellemző megnyilvánulása, hogy a kijelölt I. szakaszon számon kérik a teljes vonal által nyújtott előnyöket. Mivel ezt nyilvánvalóan nem teljesíti, az egész metró feleslegesnek nyilvánítják. A helyette eddig ajánlott pótmegoldások egyike sem tudja azonban a metró által nyújtott szolgáltatást megközelíteni. Egyes megoldások kapacitás, mások eljutási idő szempontjából nem képesek a felmerült igényeket kiszolgálni. A felmerült ötleteket jellemzően az olcsóságra való törekvés motiválja, ez azonban önmagában kevés a közösségi közlekedés vonzóvá tételéhez.

SUMMARY

WHY DO WE NEED THE METRO 4 LINE?

During a preparation of a new metro line the main part in the focus of the design are the line, and the stations. However the most important task is to integrate the new mass rapid system element into the urban structure. The „interface” between the new line and the city has to ensure the high level of service connection between different modes of transport and the formation of the public areas has to attract people to public transport and are important tools of land development. The most important elements are: Integration into the existing public transport network – formation of junctions, development of P+R system, increasing prestige of public areas with architectural tools and high level of service areas to „pull” mode change from private car use as well as general measures are covering traffic calming, reorganisation of surface road traffic, development of non-motorised transport modes infrastructure, reorganised parking management in certain areas. The above measures together can ensure to maximise the benefit of the new and expensive element of the public transport system.

A 4-ES METRÓ ÁLLOMÁSAINAK ÉPÍTÉSZETE

ERŐ ZOLTÁN ¹

Köztudott, hogy a nagy infrastrukturális beruházások a világon mindenütt olyan magas presztízsű munkák, amelyek az építészet és a városépítészet legjobbjait mozgatják meg. Olyan városépítészeti vagy akár tájépítészeti koncepciókat hívnak életre, melyek idővel az építészettörténet fontos lapjaira is rákerülhetnek. Gondoljunk akár csak a vasútépítés hőskorának – vagy mai reneszánszának – kiemelkedő létesítményeire, a repülőterekre vagy éppen a városi vasutak egy-egy jellegzetes építészeti megoldására.

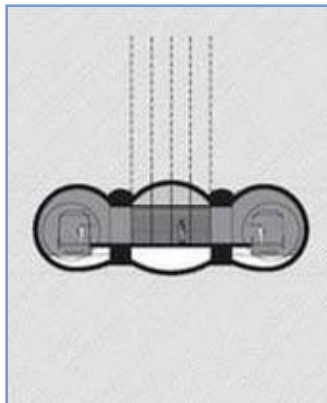
A 4-es metró létrehozása olyan léptékű nemzeti beruházás, amely a budapesti városfejlesztési programokban kiemelkedő szerepet kapott. A metróvonal létesítésének egyik legfőbb célja, hogy a korszerű közösségi közlekedés versenyképes maradjon az egyéni közlekedéssel, amit csak magas szolgáltatási színvonalal lehet biztosítani – ebbe fel fogásunk szerint feltétlenül beletartozik a magas szintű városi épített környezet is.

A tervezés során mégis csak viszonylag későn jutott figyelem az állomások építészeti kérdéseire, a felszíni kapcsolatok optimális, a városi környezetet is fejlesztő kialakítására. Ez részben érthető: a vasúthatósági engedélyezési tervek (VET) készítése során elsősorban a nyomvonalevezetés, a geológiai kérdések megoldása, az építéstechnológiai feladatok kérdésköre került előtérbe. Míg ezek a tervek már az 1990-es évek végén jórészt elkészültek, a felszín kialakításával kapcsolatosan a részletes tervezés – az ún. „előrehozott felszíni rendezés”-hez kapcsolódóan, vagy egyes szabályozási tervek megrendelésével – csak 2000 végén kezdődött.

A megbízó meghívásos építészeti pályázatot írt ki egyes helyszínekre, majd rövidesen több budai helyszínen – elsősorban a Bartók Béla út vonalán – el is készült a felszín megújítása. A szabályozási tervek készítése a Kálvin tér–Fővám tér térségében komoly politikai egyeztetési folyamatot indított meg a kerületek és fővárosi önkormányzat között, miközben a projekt koncepcionális kérdéseiben is alapvető döntéseket hozott meg és később a Budapest Szíve köztér-rehabilitációs program iniciatív erejévé vált.

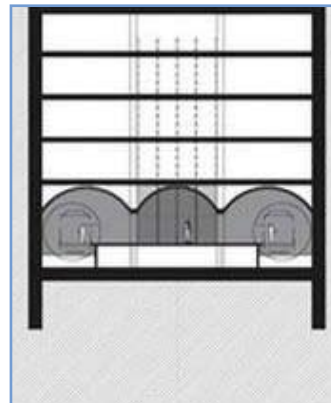
Az állomások tervezésére kiírt országos nyilvános titkos építészeti pályázatot 2004-ben a Palatium Stúdió Kft. csapata nyerte meg. Az engedélyezési tervek készítése a Palatium generáltervezői feladataként 2005 legelején kezdődött meg, a II. helyezett Budapesti Építésműhely és a III. helyezett Puhl Antal Építész Irodája Kft. bevonásával. Több állomás építészeti tervezését a Gelesz és Lenzér Kft., valamint a Sporaarchitects Kft. vállalta. A mérnök szakági tervezők a VET tervezői, a Főmterv–Uvaterv–MottMacDonald Konzorcium munkatársai voltak.

Az 1a–1e. ábrásor az állomások koncepciójának kialakulását mutatja.



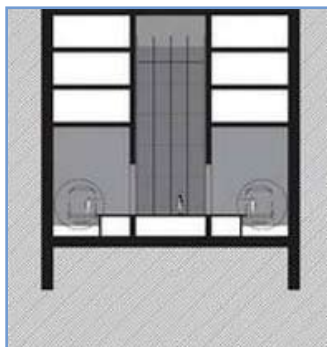
1/a ábra: A megszokott állomások

A hagyományos metróállomásokra az építési technológia eredményeképpen az alacsony belmagasság, a síkmennyezetes és a csőszerű terek ad-hoc kapcsolata, az áttekinthetetlen, szabdalt terek a jellemzők



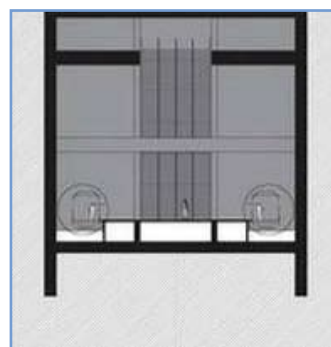
1/b ábra: A VET-állomások

A vasúthatósági engedélyezési tervben (VET) szereplő állomások réselt dobozszerkezetét pillérváz, sokszintes szerkezet jellemezte. Miközben a szinteken jelentős méretű felesleges terek jöttek létre, az utasterekét álmennyezetek tették hasonlóvá a megszokott állomásokhoz.



1/c ábra: A pályázat állomások

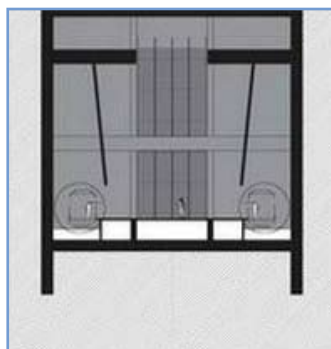
Az építészeti pályázat során több pályázó is megkísérelte a dobozszerkezetek előnyeit kihasználni, a tereket felszabadítani. A pillérváz megtartása jellemzően háromhajós, sok helyen bazilikális tereket hozott létre.



1/d ábra: A koncepcióterv állomások

A kötöttségek és a lehetőségek részletesebb elemzése alapján javasolható az állomások nagy fesztávú lefedése, az állomási terek felszabadítása a pillérsortól, ami a terek nagyvonalúságát, átláthatóságát hozza magával. A terekben ugyanakkor meghatározó elemmé válik a vízszintes kitámasztó sorok látványa.

¹ Építésztervezők: Erő Zoltán, Antal Máté, Balázs László, Brückner Dóra, Csapó Balázs, Dajka Péter, Dékány Tibor, Dévényi Tamás, Finta Sándor, Hatvani Ádám, Herczeg Tamás, Kosztolányi Zsolt, Németh Krisztina, Róhr Anita, Szepesi Zoltán, Takács Orsolya, Vadász Orsolya, Varga Péter István
Építész generáltervező, Palatium Stúdió Kft; e-mail: studio@palatinumstudio.hu



1/e ábra: Az engedélyezési terv állomárai

A szellőzési rendszer kiforrása kapcsán a térben nagyméretű füstelvezető csatornák és köténnyelalak jelentek meg a vonatok felett. Ezek az építészeti tér megjelenését döntően meghatározzák.

AZ ÁLLOMÁSOK KONSTRUKCIÓJÁNAK FŐ ELEMEI

A VET lényegében eldöntötte az állomások pontos helyét, felszíni kapcsolatainak legfőbb jellemzőit, lényegében kiválasztotta az alkalmazható építési technológiát:

- az alagutak fúrópajzzsal (TBM)
- az állomások alapvetően a felszínről épített résfalas szerkezettel
- az állomások egyes kiegészítő szerkezetei bányászati módszerrel, löttbeton biztosítású alagútként készülnek.

Adottságnak kellett tekinteni a közlekedőrendszer fő elemeit:

- a mozgólépcsők a fő menekülési útvonal (fő menekítési eszköz),
- a vonal minden állomásán az akadálymentes megközelítés érdekében a peron és a felszín között két felvonót kell kiépíteni,
- az állomási terekben a felszín és a legalsó szint között füstmentes lépcsőházat kell kiépíteni, ezt kell tekinteni a tűzoltóság fő elérési útvonalának, ezek a lépcsők a menekítésben nem kapnak szerepet (2. ábra).

Ugyancsak adottságnak kellett tekinteni az üzemi helyiségek építési programját, valamint a főszellőzés meghatározott rendszerét. Ez utóbbi a különösen nagyméretű szellőzőcsatornák és szellőzőgépházak, zajzárok kiépítése, valamint a kürtők felszíni kivezetése miatt jelentett nehéz tervezési feladatot. Ennek fő elemei:

- a vonali szellőzőrendszer az állomások két végén külön gépházzal, 2x20 m² keresztmetszetű légcatornával, a vonali alagutak között összekötő csatornákkal,
- az állomási szellőzőrendszer a peron alatti befúvó- és a vágány feletti, 16 m² keresztmetszetű elszívócsatornákkal, a vágányok feletti füsttároló terekkel.

A szellőzőrendszer ilyen összetett kiépítését a tüzesetek hatékony kezelésének követelményei indokolták, de természetesen az állomások építészeti kialakítását mindezek döntő mértékben befolyásolták.

A FŐ TARTÓSZERKEZETEKSEL KAPCSOLATOS MEGFONTOLÁSOK

Az ezekkel kapcsolatos döntéseket a tervezők külföldi előképek tanulmányozása alapján hozták meg. Míg a VET-ben és az építészeti tervpályázaton a résdobozokon belül hagyományos magasépítési módszerekkel készülő épületvázak szerepeltek javaslatként, a tervezők már a tervezés korai stádiumában az újabb bécsi, müncheni vagy koppenhágai mélyállomásokon megfigyelhető egyetlen fesztáv alkalmazását javasolták az utas-peronok hosszában. (Az üzemi terekben továbbra is a cellás rendszerek alkalmazása a célszerű.) A 18 m-es vágánytengelytávolság mellett ez kb. 22 m fesztávolságú szerkezetek alkalmazását jelentette. E megoldás számos igen komoly előnnyel bír – még ha egyes konkrét körülmények (pl. az aluljárószintek kialakításának igénye) korlátozták is ezen előnyök teljes kihasználását. A legfontosabb előnyök a következők:

- a „kvázi milánói” módszer alkalmazásának lehetősége: a résfalak elkészítését követően a legfelső födém készülhet el leghamarabb, a munkák ez alatt folynak tovább, így a felszín mielőbb visszaadható a forgalom számára,
- a födémek, ill. a vízszintes kitámasztó szerkezetek az építés során kialakuló talaj síkjára zsaluzhatók,
- elkerülhető (minimalizálható) az ideiglenes vízszintes támaszok alkalmazása,
- az állomások utasforgalmi terei áttekinthetővé, „egyterűvé” válnak, ami alapvető változást jelent az eddig megszokott mélyállomások nyomott tereihöz képest.

Az építésztervezők számára a fenti kötöttségek elfogadása, a bonyolult térbeli rendszerek kialakítása önmagában is valódi kihívást jelentett – az építészeti terek alakítása, formálása ennek tudomásul vételét követően kezdődhetett csak meg.

Sokszor visszatérő kérdés, hogy készüljenek-e a biztonság fokozására a peron éle mentén zárható ajtók. Mivel ez automatikus vonatvezérlés esetén sem feltétlenül szükséges, a megbízó a rendszer meghibásodásának veszélye miatt ezt a megoldást elvetette. Amennyiben a tervek eleve ennek figyelembevételével készülnek, az a szellőzés/füstelvezetés vagy a tartószerkezeti tervezés filozófiáját is érinthette volna, így akár megtakarítást is jelenthetne, utólagos betervezése esetén azonban ezek az előnyök elmaradnak. A jelentős többletköltség és a célszerűtlenség miatt a megbízó erről végleg lemondott.

AZ ÉPÍTÉSZETI NYELV

Annak ellenére, hogy a tíz állomás tervezése öt különböző irodában folyt, a tervezők hasonló értékrendjének köszönhetően a közös munka során viszonylag gyorsan sikerült azt az egységes építészeti gondolkodásmódot, nyelvezetet megtalálni, amely az állomások eltérő megformálása mellett is biztosítja a vonal egységének egységes karakterét. A közösen elfogadott elveket az alábbiak szerint lehet összegezni:

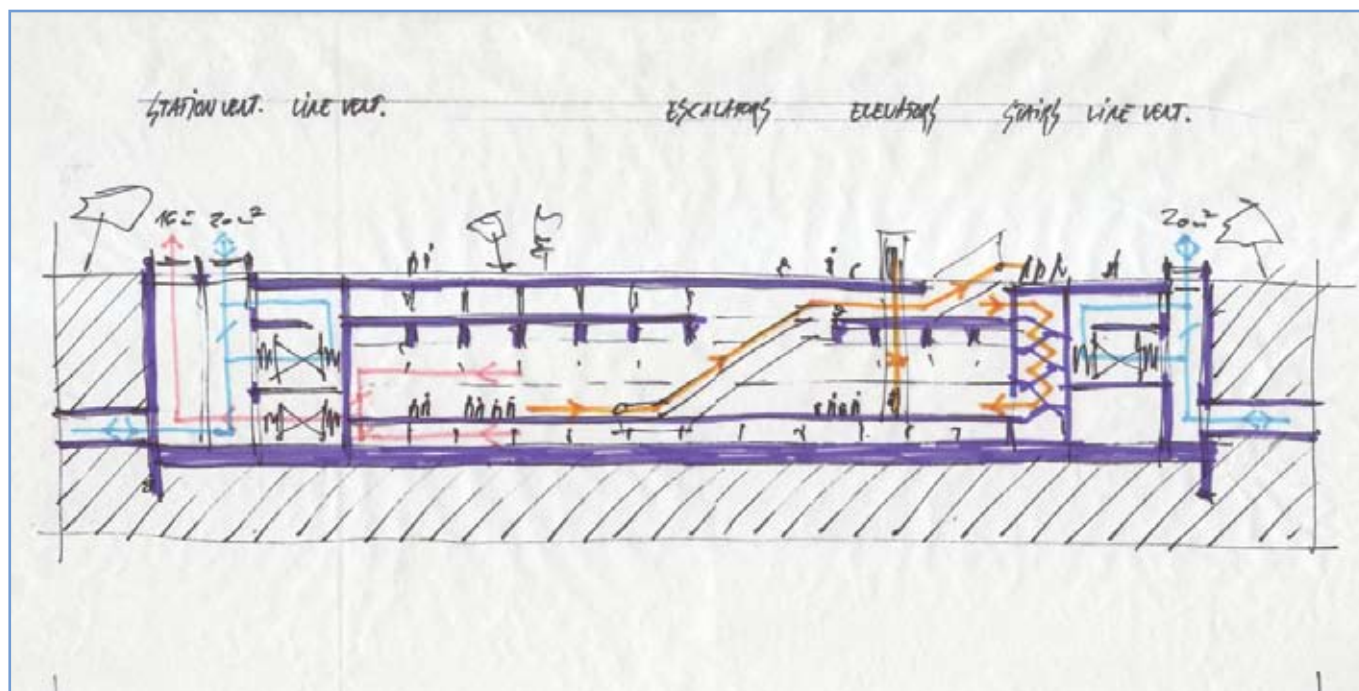
- az utasforgalmi terek egységes terének megőrzése, a résdobozos technológia lehetőségeinek kihasználása „egyterű” állomások építésével,
- az állomások fő építészeti „attrakcióját” a fő tartószerkezeti elemek bemutatása és azok megformálása adja,
- az állomások alapvetően funkionalista, puritán téralakítással készüljenek,
- alapvetően meghatározó anyag a magas minőségű látszóbeton és az üveg, (3. ábra)
- ahol lehetséges, a természetes fény jusson be az állomások terébe, a mesterséges fények is kapjanak téralakító szerepet (melynek érdekében Bányai Tamás személyében külön fénytervező kapcsolódott a munkába),
- az utastéri felszerelési tárgyak, bútorok egységes kialakítással készülnek.

Amint azt az eredmények mutatják, az építész tervezőknek a fenti alapelvek elfogadása mellett is lehetőségük maradt karakteres, egyedi állomástereket alkotni.

AZ EGYES ÁLLOMÁSOK FŐ ÉPÍTÉSZETI VONÁSAI

Az állomások mindegyike tehát sajátos, egyéni karakterrel bír, amelyet elsősorban az adottságok, másodsorban az építészeti alkotó szándék alakított.

A Tétényi út állomás a Bikás domb park sarkán épül, viszonylag kis mélységben, így kiváló lehetőség adódik az állomás „felnyitására”: jellegzetessége az üvegkupola, mely a mozgólépcső-



2. ábra: Az állomások tipikus struktúrája: nagyméretű szellőzők és üzemi helyiségek a réselt doboz két végén, egybefüggő utascsomok, a mozgólépcső a fő menekítési eszköz, felvonók az akadálymentes használat érdekében, füstmentes lépcsőház



3. ábra: A látszóbeton felületek strukturált megjelenéséről többféle zsalumatríca próbafelületi használata alapján döntöttünk



4. ábra: Földkiemelés a nagyfeszítávú alulbordás földem alatt (Tétényi út)

csoport körül hatalmas elliptikus nyíláson engedi le a fényt az utasperonra (4. ábra).

A Bocskai út állomás a peron két végén, a mozgólépcsők körül és a végoldalon kialakított sajátos üvegfelületek által válik egyedivé. (5. ábra)

A két kijáratos Móricz Zsigmond körtér állomás a vágány feletti terek színesen megvilágított konzoljaira támaszkodó, ferde síkú tartófalai az aluljárószint megtámasztásában statikai szerepet kapnak. (6. ábra).

A Szent Gellért tér és Fővám tér állomások a Duna két partján lévő testvérek, mindkettő jellemzője a vegyes, résdobozos és alagutas szerkesztés és az oldalirányból érkező mozgólépcső-lejtakna. Az állomásokon a vízszintes támaszok szerepét sajátos, „csontszövet” struktúrában áttört földem tárcsák alkotják (7. ábra).

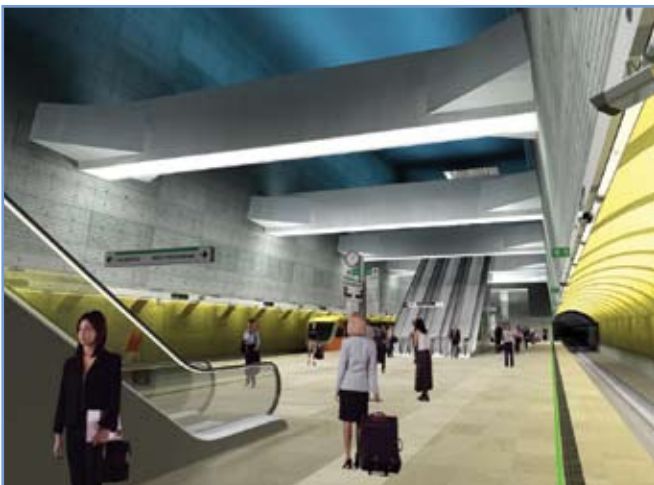
A Kálvin tér állomás – ami egyben átszállást biztosít a 3-as, majd a leendő 5-ös metró irányába – törtvonalú mozgólépcsőiről, íves kitámasztó gerendáiról ismerhető fel. Az íves gerendák a résfalak megtámasztását több szinten is megoldják, miközben magukba rejtik a hosszanti szellőzőcsatornákat is.

A Rákóczi tér állomás ugyancsak vegyes szerkezettel készül, ahol a résdoboz vízszintes megtámasztását a földem tárcsában kialakított gyűrűszerkezet biztosítja. A felszín kialakításakor kiemelt figyelmet kellett fordítani a park ősfáinak megőrzésére és a vásárcsarnok előtti tér racionális rendezésére.

A Népszínház utca állomás tere a belső kitámasztó gerendák pozícióinak sakktábla-szerű elrendezésétől válik érdekessé. (8. ábra)



5. ábra: A felszíni terület szűkössége miatt a Bocskai út állomás mozgólépcsőcsoportja a peron végére került



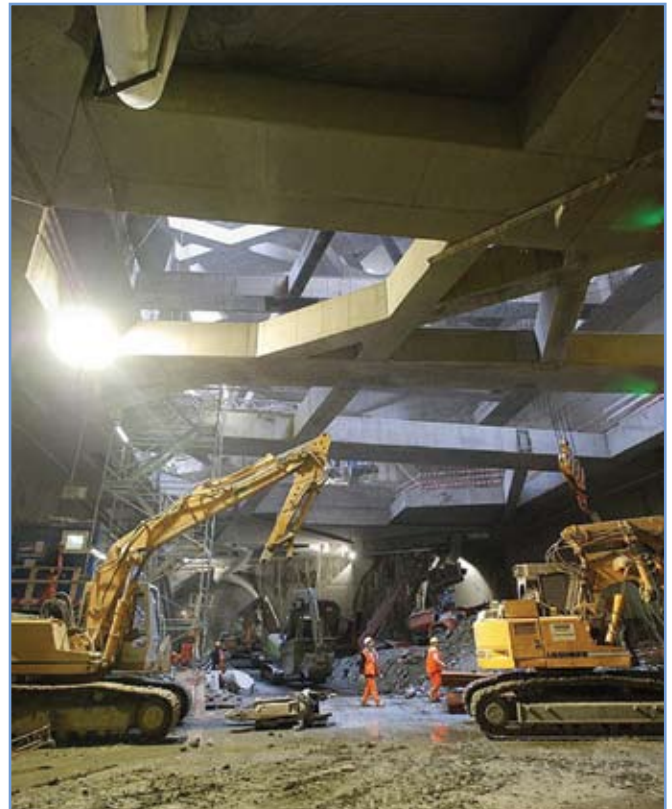
6. ábra: A két kijáratos Móricz Zsigmond körtemi állomás befelé dőlő falai a szellőzőrendszer határoló szerkezetei, és egyben az aluljárószint szerkezet támaszai is

A Keleti pályaudvar kétkijáratos állomása a felső szakaszon az aluljáró nyitott teréből kap közvetlen természetes bevilágítást.

A legnagyobb feladatot Kelenföld állomás funkcionális kialakítása jelentette. Az állomás szerkezete lehetőséget ad arra, hogy a metró és a vasúti peronok közötti átszállás minél kedvezőbben legyen megoldható, ugyanakkor az új utaselosztó tér kapcsolatot ad az Etele tér és Őrmező irányába, a városi és az elővárosi buszok állomásaihoz. A metróállomás terét a szellőzőcsatornákat is magukba foglaló szellemes födémrendszer határozza meg. (9. ábra) A tervezők a munka kezdetén e helyen valódi intermodális csomópont létrehozásában, a nagyléptékű városfejlesztés és az infrastruktúra-építés koordinált megvalósításáról álmodtak – amint azt Európa vasútállomás-rekonstrukciós projektjeiben láthatjuk –, a folyamat szétforgácsolódása azonban egy ilyen komplex szemlélet érvényesülését ellehetetlenítette.

TANULSÁGOK

Az állomások részletes tervezése, ill. az elmúlt időszakban zajló kiviteli tervezési munka számos tanulsággal szolgált, mindennek előtt a mélyépítési szakemberek számára: ma már egyértelműbb, melyek a költséghatékony módon megvalósítható szerkezetek, melyek a kockázatok, melyek a koordinációs folyamat buktatói.



7. ábra: A talaj kitermelése a vízszintes kitámasztó födémek alatt (Fővám tér)



8. ábra: A Népszínház utcai állomásban a kitámasztó gerendák két szinten, váltakozó pozícióba kerültek

Ez a tudás egy korábbi időszakban az állomási tervek is kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatta volna (pl. pajzsáthúzás és szerkezetépítés optimalizálása).

Újra és újra át kellene gondolni, hogy olyan forgalmas és közművekkel zsúfolt csomópontokban, mint a Kálvin tér vagy a Móricz Zsigmond körtem, érdemes-e az állomásokat mindenáron felülről, résfalas módszerrel építeni, mert a közműkiváltások, a felszíni forgalom jelentős korlátozása igen súlyos hátrányokat is okoz.

Nagyon fontos tanulság, hogy a projekt – léptékénél és összetettségénél fogva – olyan nagy tehetetlenséggel bír, ami ellehe-



9. ábra: A Kelenföld állomáson a vasúti vágányok híd szerkezei alatt magas minőségű látszóbeton felülettel készül a peron feletti, épített szellőzőkkel kombinált aluljárófödém

tetleníti a visszacsatolásokat a részletes tervezési folyamat eredményei felől (pl. a felszíni utasáramlás kedvezőbb kialakítása, az optimális megoldás elérése több helyen a vonalvezetés módosítását, az eredeti tervek korrekcióját tette volna szükségessé), amit azonban az építési folyamat már nem engedett meg. Ennek alapján elmondható, hogy a hasonló jelentőségű projektek a tervezés során nagymértékben igénylik a városépítési és építészeti szempontok integráns érvényesítését, a projekt folyamatba eleve beépített rugalmasságot, a visszacsatolás lehetőségét.

Bízunk abban, hogy ezeket a tanulságokat a 4-es metró további szakaszainak tervezésekor, az 5-ös metró tervezésekor a megbízó hasznosítani tudja – az építész tervezők ezúton is felajánlják nehéz áron szerzett tapasztalataikat ennek érdekében.

ÖSSZEFOGLALÁS

Bár a szakmai közvéleményben gyakran felmerül, hogy a budapesti 4-es metró költségei a nagyvonalú építészeti megoldások miatt emelkedtek meg, a fentiekben megpróbáltuk bemutatni, hogy az építészeti megoldások többsége alapvetően a meghatározónak tekintett építéstechnológiai, üzemviteli technológiai megoldások alapján, azok lehetséges optimalizálásával született.

Az építésztervezők bíznak abban, hogy az ország egyik legnagyobb beruházásának végeredményeként az épített környezet is magas színvonalú lesz, s ezzel a közösségi közlekedés gondolatát szolgálja, annak vonzerejét növeli.

SUMMARY

ARCHITECTURE OF BUDAPEST METRO 4'S STATIONS

The architectural competition issued in 2004 for preparing the architectural design of the stations was won by the design team of Palatium Stúdió Ltd. While originally building structures constructed within the diaphragm wall boxes by conventional building engineering method were recommended in the Railway Authorization Design and the architectural competition, based on foreign examples in the initial design phase the architects proposed to have single-span structures in the passenger areas. Despite that the design of the ten stations was carried out in five different offices, due to the similar scale of values represented by the designers, a uniform architectural concept, language could be found in a relatively short time, which ensures a uniform character for the entire line despite the various station designs.

KÖZLEKEDÉSI FOLYOSÓK INTEGRÁLT IRÁNYÍTÁSA

INTEGRATED CORRIDOR MANAGEMENT

BRIAN CRONIN, STEVE MORTENSEN AND DALE THOMPSON

PUBLIC ROADS, VOL. 71, NO. 5, MARCH/APR 2008, [HTTP://WWW.TFHRC.GOV/PUBRDS/08MAR/05.HTM](http://www.tfhrc.gov/pubrds/08mar/05.htm)

Az USA Közlekedési Minisztériuma a közelmúltban nyolc torlódásos helyen kezdeményezte a közlekedési folyosók integrált irányítását. A megelőző jellegű intézkedésektől a személy- és teherforgalom hatékonyabb lebonyolódását várják. Egy átlagos amerikai ingázó évente 38 órát tölt feleslegesen forgalmi dugókban. Az integrált irányítási módszer lényege, hogy együttesen kezeli a gyorsforgalmi utakat, a városi úthálózatot és a közforgalmú közlekedést az adott folyosóban. A sikeres megoldáshoz egyrészt az intelligens közlekedési technológiák alkalmazása, másrészt az érintett szervezetek együttműködése szükséges. Sok esetben úgy tűnik, hogy ez utóbbi az igazán fontos és megoldandó probléma. Az intelligens közlekedési megoldások valós idejű információt biztosítanak az utazási időkről, lehetővé téve akár utazás közben is az útvonal vagy a közlekedési mód megváltoztatását. Az állami és a helyi közutak irányító szervezeteinek szorosan együtt kell működniük egymással és a közforgalmú közlekedési

vállalatokkal. Az úthálózat jobb kihasználása először a balesetek és más torlódást kiváltó események kapcsán került előtérbe. Az integrált irányítás segítségével a közlekedési folyosó teljes kapacitása kihasználható. 2006-ban kiválasztottak nyolc jellemző helyszínt a javasolt rendszer gyakorlati bevezetésére: Dallas, Houston és San Antonio városok Texas államban, Oakland és San Diego városok Kaliforniában, Minneapolis város Minnesota államban, Montgomery megye Maryland államban, valamint Seattle város Washington államban. Valós idejű jelzőlámpás forgalomirányítás, expressz buszok közlekedtetése, magas kihasználtságú járművek külön sávon vezetése jellemző ezeken a helyeken. A megalapozó kutatás és stratégiai modellezés után 2008–2011 között kerül sor a gyakorlati megvalósításra. Az elméleti és gyakorlati tapasztalatokat összegyűjtik, és technológiaátadás céljára közzéteszik a <http://www.its.dot.gov/icms/> webhelyen.

G. A.

GEOLÓGIAI, HIDROGEOLÓGIAI ÉS GEOTECHNIKAI VISZONYOK A 4-ES METRÓ I. SZAKASZÁN

DR. HORVÁTH TIBOR¹

1. A FÖLDTANI, GEOTECHNIKAI KUTATÁS TÖRTÉNETE

A tervezést megelőzően a metró nyomvonala által érintett területek geológiai-geotechnikai feltárása és vizsgálata 1967-ben kezdődött el. A fúrások legnagyobb része 1973–77 között mélyült, ekkor a budai oldalon 64, míg a pesti és Duna alatti szakaszon 97 fúrás készült, átlagosan 40 m-es mélységgel. A folyamatos magfúráshoz duplafalú magcsövet használtak. Az elfogadott nyomvonalhoz az 1998–2000. közötti időszakban 23 további kutatófúrás készült, folyamatos magfúrással, háromfalú Geobor S magcsővel, Wire Line technológiával. A geotechnikai laboratóriumi vizsgálatokon túl közet-preszióméteres mérések, hidrogeológiai és geofizikai (downhole-crosshole, karotázs és elektromos) mérések támogatják a komplex kutatómunka sikerességét. Az előírásoknak megfelelően elkészült a metróvonal földrengés-veszélyeztetettségi vizsgálata is.

A tender kiírásához 2005-ben készült Összefoglaló mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvélemény (Geovil Kft. 2005) részletesen tárgyalja a nyomvonal által érintett terület földtani felépítését, tektonikai viszonyait, az egyes rétegek talaj- és kőzetfizikai tulajdonságait, a talaj-, réteg- és karsztvíz tartók hidrogeológiai, hidraulikai adatait és egyéb jellemzőit. A geotechnikai kockázatelemzésen túl építéstechnológiai javaslatokat és megfontolásokat is adott a kivitelezők részére.

Az alagutak és az állomások tendereinek nyertes vállalkozói feladata volt a részletes kiviteli tervek elkészítése, és ennek megfelelően a kiviteli terv szintű geológiai és geotechnikai feltárások elkészítése és értékelése. A kivitelezés során általában minden állomáshoz újabb fúrások, szakvélemények készültek, a vonalalagutak és műtárgyak tervezéséhez a geotechnikai tervezési paramétereket a kivitelező szakértője határozta meg. A kivitelezés során készített vizsgálatok, mérések során közetnyomás, önbefúró preszióméter, in situ horizontális közetnyomás, inklinométeres mérések támogatják a tervezés és kivitelezés biztonságát és gazdaságosságát.

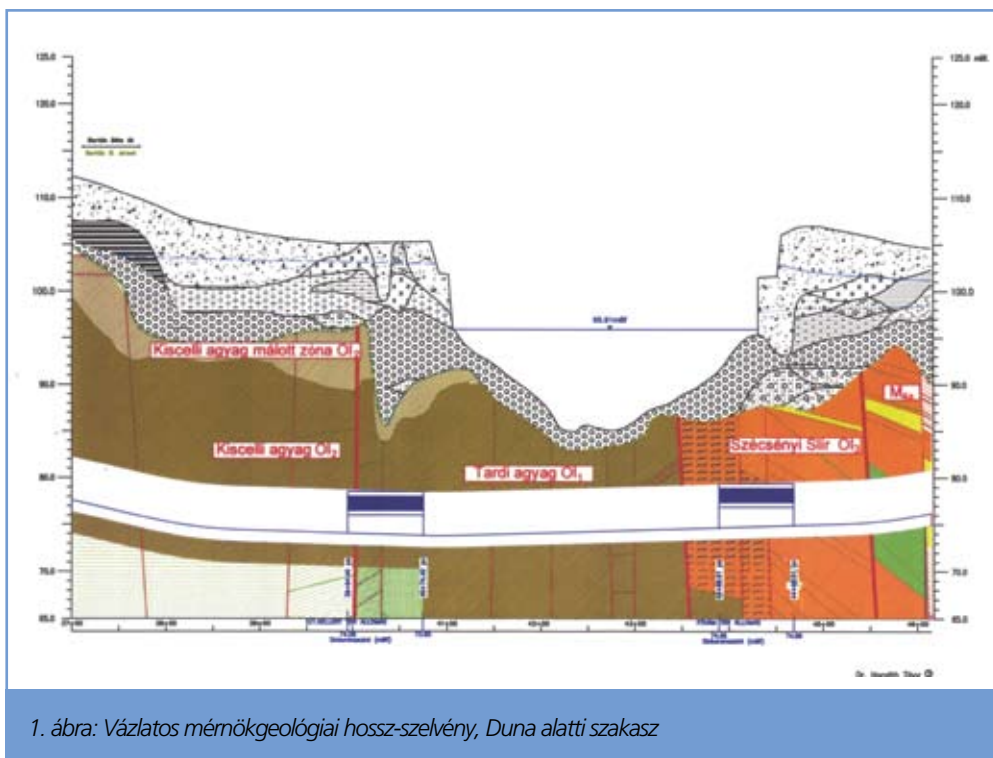
2. GEOLÓGIAI ÉS GEOTECHNIKAI ADOTTSÁGOK A NYOMVONAL MENTÉN

Az építéstechnológia megválasztásához a nyomvonal – a földtani felépítés, a mérnökgeológiai adottságok és a hidrogeológiai viszonyok alapján – alagútépítés szempontjából három szakaszra bontható:

- Budai oldal, A jelű szakasz:
Kelenföldi pályaudvar állomástól a Szent Gellért tér állomásig;
- Duna alatti átvezetés, B jelű szakasz:
Szent Gellért tér állomástól a Fővám tér állomásig;
- Pesti oldal C jelű szakasz:
Fővám tér állomástól a Keleti pályaudvar állomás végéig.

2.1. A BUDAI OLDAL MÉRNÖKGEOLÓGIAI ADOTTSÁGAI

Olyan jelentős építési nehézség, amelyet az előre nem jelzett, nem várt kedvezőtlen geotechnikai viszonyok okoztak, nem fordult elő. Mind az állomások, mind a vonali alagutak építésénél előfordult építési nehézségek alapvetően nem a geológiai-geotechnikai viszonyok miatt következtek be. A jellemző vázlatos geotechnikai hossz-szelvényt a budai oldalról és a Duna alatti keresztezésről az 1. ábrán adjuk meg.



1. ábra: Vázlatos mérnökgeológiai hossz-szelvény, Duna alatti szakasz

¹ Okl. bányamérnök, mérnökgeológus, Geovil Kft.; e-mail: geovil@geovil.hu

2.1.1. PLEISZTOCÉN RÉTEGEK

A felszín alatt 4–8 m vastagságú szemcsés Ős-Duna-üledékek (homok, kavicsos homok) és lejtőtörmeléből képződött képlekeny vagy plasztikus iszap, homokliszt rétegek találhatók, amelyekben áramlik és tározódik a helyenként magas agresszivitású talajvíz. E rétegekben épült meg az állomási mozgólépcsőknak egy része és az utaselosztó csarnokok.

2.1.2. HARMADIDŐSZAKI RÉTEGEK (TARDI AGYAGMÁRGA, KISCELLI AGYAGMÁRGA ÉS SZÉCSÉNYI SLÍR)

Az oligocén rétegek vastagsága a tervezett nyomvonal mentén átlagosan 300 m-nek vehető, ennek megfelelően a mélyebb rétegek érdektelenek az alagútépítés szempontjából. A metróvonal földtani kutatása mutatott rá a kiscelli agyagmárga és a tardi agyagmárga alábbi geotechnikai tagozódására (Horváth T., 2000):

- 1. zóna: mállott és tört, expandált kőzetmátrix;
- 2. zóna: expandált, repedezett kőzetmátrix;
- 3. zóna: expandációs hatáson túli kőzettömeg.

A vonali és az állomási alagutak építése (a feszültségek átrendeződése) többnyire az 1. és 2. zónában történt.

Mállott és tört, expandált zóna (1)

A pleisztocén rétegek fekvésében megjelenő pleisztocén eróziós bázis felszín, vagyis a kiscelli agyagmárga plasztikus agyagként jelenik meg. E zónának jellegzetessége a világosbarna szín és a plasztikus vagy ahhoz közeli állapot. A budai oldali állomások és az alagutak főtéje felett e kőzettípus helyezkedett el, általában néhány m-es távolságban, kivéve a Szent Gellért tér állomást és az az előtti szakaszt, ahol a jellemző kőzettípus a fentebb adott 2. illetve 3. zónában épült meg. Az 1. mállott zóna (6–16 m-ig felszín alatt, vastagsága 2–3 m) jellemző kőzetmechanikai paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Kőzetfizikai paraméterek, 1. zóna

I_c	ρ_t t/m ³	E	ϕ°	C kPa
>1	2,1	0,4–0,68	28	146

Expandált, repedezett zóna (2)

A laboratóriumi vizsgálatok e kőzettípusban arra mutattak rá, hogy ha egy kb. reziduális állapotú talaj újra megtámasztást kap, ismét teherbíró és terhelhető lesz. Alagútépítés szempontjából megfogalmazva, a reziduális állapotú kőzet vagy eredetileg is töredezett kőzet kellő merev megtámasztás esetén jelentős nyírószilárdsággal bír. Újraterhelése esetén rugalmasan viselkedik, a biztosítószerkezet beépítése után (befogás, megtámasztás) az ép kőzetmátrixhoz (3. zóna) közel hasonlóan viselkedik kőzetmechanikai szempontból.

Az alagútépítés során az ún. konvergenciamérések a laboratóriumi mérések eredményeit igazolták. Kiváló esettanulmány a Swie-

2. táblázat: Kőzetfizikai paraméterek, 2. zóna

I_c	ρ_t t/m ³	E	ϕ°	C kPa
>1,2	2,2	0,32–0,40	31	420

telsky–Obayashi Kkt. által épített Bocskai úti szellőzőalagút, ahol az alagút környezetében lévő kőzettömeg elmozdulási vektora és annak nagysága (konvergenciája) a fentebb leírt módon reagált az üregnyitásra és a biztosítószerkezet beépítésére. A 2. expandált zóna (a felszíntől 9–18 m-ig, vastagsága 8–15 m) jellemző kőzetmechanikai paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

Expandációs hatáson túli zóna, kőzettömeg (3)

A budai oldalon megépült alagutakban e kőzettömeg az alagút szelvényében kis százalékban, általában egyáltalán nem vagy az alagút alsó harmadában és az alagúttalp alatt jelent meg. A 3. expandált zóna (16–25 m terepszint alatt) jellemző kőzetmechanikai paramétereit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Kőzetfizikai paraméterek, 3. zóna

I_c	ρ_t t/m ³	E	ϕ°	C kPa
>1,3	2,3	0,18–0,32	35–42	400–1200

2.2. MÉRNÖKGEOLÓGIAI TAPASZTALATOK A MEGÉPÜLT BUDAI OLDALI SZAKASZON

A budai oldalon az alagútépítés és az állomások szerkezeti kivitelezése jórészt befejeződött, minden műtárgyról elkészült a geotechnikai zárójelentés. A kivitelezés során számos geotechnikai tapasztalat gyűlt össze, amelyekből – a teljesség igénye nélkül – néhány tapasztalat már most levonható.

A vonali alagutak, vonali és állomási műtárgyak kiscelli agyagmárga formációban épültek meg. E kőzetkörnyezet nyírószilárdsági és rugalmassági paramétereit miatt nagymértékben alkalmas a kőzettel együtt dolgozó olyan löttbetonos szerkezetek építésére, amelyek a helyesen megválasztott építési sorrenddel, fejto- és építőgépekkel, biztosítószerkezettel sikeresen megépültek, anélkül, hogy a kőzetkörnyezet rugalmas tönkremenetele bekövetkezett és teherbírása jelentősen lecsökkent volna. Ahol lehetőség volt, kerülték a lapos és nagy feszítávolságú tárok, alagutak egyidejű megnyitását (pl. Kelenföldi pályaudvar állomás kihúzó alagútja, vagy a Bocskai út állomás szellőzőalagútja). A tervezők és kivitelezők – figyelembe véve a geotechnikai paramétereket – törekedtek a technológiai lehetőségek szerint legkisebb szélességű, álló ellipszis-szerű „csúcsíves, szilvماغ” alakban történő üregnyitásra, illetve a műtárgyaknak ilyen elemekből való megépítésére. Az egyszeri fogáshossz legtöbb esetben 1 m-es volt, helyenként a süllyedés csökkentése érdekében 0,8 m-es fogáshosszt is alkalmaztak. A fejtés általában háromlépcsős (kalott–mag–invert), míg a kalott és az invert fejtése közötti távolság 2–4 m között váltakozott.

Az üregnyitás előtt a homlok (általában 3–4 m hosszúságú) fúrt/vert előtűzések jelentősen korlátozták a főtepon süllyedését és ennek megfelelően a felszíni süllyedéseket is. A legtöbb bányászati módszerrel és löttbetonos biztosítással épített alagútnál a felszíni süllyedés csak elvétve haladta meg a 20 mm értéket. Kivétel ez alól a Szent Gellért tér állomás, ahol a résfalas munkagödör és a bányászati módszerrel épülő állomásrészek építése miatt a BME CH épületén helyenként 56–60 mm nagyságú süllyedés alakult ki. A jelenség okát a szakemberek a mai napig vitatják.

A résfalas munkagödör-határolás hatására a környezetben kialakult süllyedések a terveknek megfelelő mértékűek voltak.

A geotechnikai kutatások, laboratóriumi vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a geológiai történések következtében a kiscelli agyag

jelentősen túlkonsolidált, melynek egyenes következménye, hogy a résfalakra és alagutakra ható földnyomás nem számítható a talajmechanikában szokásos módon, hanem a hazai gyakorlattól, felfogástól kissé eltérően veendő figyelembe. Az önbefúró presszióméter (a Hídepítő Zrt., a Geovil Kft. és a Swietelsky Magyarország Kft. által támogatott) kutatási program, továbbá a helyszíni kőzetnyomásmérések (Kálmán E. 2007) bebizonyították, hogy a horizontális kőzetnyomás átlagosan másfélszerese a függőleges kőzetnyomásnak. E kérdés mindenképpen további kutatásra, vizsgálatra és tervezői figyelemre érdemes.

A geotechnikai tervek megállapításai szerint a kiscelli agyagmárga vízzáró, még akkor is, ha erősen repedezett, töredezett. Az üregnyitás miatti feszültségátrendeződés hatására az in situ állapotban vízzáró repedezett kőzetmátrix vízvezetővé vált, és kisebb-nagyobb kivitelezési problémát is okozott (Tétényi út és Szent Gellért tér állomás).

3. DUNA ALATTI ÁTVEZETÉS SZAKASZA

A tervezett metróvonalnak több szempontból is közérdeklődésre számot tartó szakasza volt a Duna medre alatti átvezetés. Az egyik ok a hévízforrások közelsége, másik maga a folyómeder és a Duna folyam.

A nemzeti kincsnek számító Gellért téri hévízforrások (a karszt-rezervoár) védelmét a jelentős számú kutatófúrás és geofizikai vizsgálat alapján kialakított nyomvonal, a kellő vastagságú oligocén vízzáró agyagtakaró mint természetes védőréteg jelenléte biztosította. A terület földtani felépítését röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze. A Gellérthegy, a Budai-hegység délkeleti, felszínen lévő része a Duna-mederben lépcsős vetődések mentén mélyebbre zökkent. Legidősebb képződménye a hegy fő tömegét adó, a felszínen is megtalálható triász dolomit. Általában tömött, igen kemény és meglehetősen rideg kőzet, amely a hegyképző mozgások hatására repedezett, töredezett. A hegység lábátánál nagyszerkezeti vetők, törések szabdalják össze a rétegeket, melyekben és mentén a hévíz a felszín felé áramlik. A hévízrezervoár nyomása mindig magasabb 0,7–1,2 m-rel a Duna pillanatnyi vízállásánál. (Geovil Kft. 2002)

A dolomitra a Gellérthegy déli oldalán a fiatalabb eocén korú szaruköves törmelékkőzet, mészkő és márga települt. A kőzetek kemények és helyenként szakaszosan a hévizekből kivált kovával átitatottak. Az eocén korú márga kőzet fokozatosan vált át egy fiatalabb oligocén korú agyagos márga rétegbe, az ún. tardi agyag formációjába, majd az e fölé települő kiscelli agyagmárgába. Ez a lagúnás, édesvízi, esetleg elegyes vízi partközeli eredetű képződmény, amely a földtani időkben és hatásokra mai állapotában tömör, kedvező szilárdságú és kifejezetten vízzáró képződménnyé vált. Földtani szerkesztésekből és a geofizikai mérésekből ismeretes volt a karsztvízrezervoár védelmét biztosító oligocén rétegek térbeli kiterjedése. Az alagutak a karsztos határfelülettől, barlangoktól vízvédelmi szempontból is megfelelő távolságra helyezkednek el. (Horváth T. 2002)

A tardi agyagmárga ritmusosan finomsávós-lemezes, ennek ellenére vízzáró kőzet, amelynek jellemzői kőzetfizikai paramétereit a 4. táblázatban adjuk meg.

A Duna alatti szakasz 350 m hosszúságú szakaszán az alagutak mintegy 250 m hosszban az alsó oligocén tardi agyag formációjában haladtak. A pesti oldal felé közeledve az alagút környezetében igen nagy keménységű, hidrotermálisan kovasavval átitatott, több helyen széles vetőzónával töredezett Kiscelli agyagmárga jelent meg. A déli alagútépítő géplánc több hetes leállítását feltehetőleg e kőzetmátrix okozta. A pesti rakpart környezetében, egy markáns vetőzónát követően, CaCO_3 kötőanyagú és jelentős, de kötött homokot tartalmazó felső oligocén agyagos kifejlődése (aleurit, szécsényi slír) települ az alagút környezetében.

4. táblázat: Kőzetfizikai paraméterek, tardi agyagmárga

Szélsőérték	ρ_t t/m ³	e	c kN/m ²	ϕ°	Összenyomódási modulus MPa
Minimum	2,18	0,27	1700	6	756
Maximum	2,44	0,40	5500	22	9848

5. táblázat: Kőzetfizikai paraméterek, kötött homokos, agyagos aleurit

I_c	ρ_t t/m ³	e	ϕ°	c kPa
0,8–1,3	1,9–2,1	0,35–0,40	33	100–800

A pesti oldal közelében megjelenő felső oligocén korú, kötött homokos, agyagos aleurit kőzetfizikai jellemzőit az 5. táblázatban adjuk meg. Az alagút környezetében megjelenő oligocén rétegek vastagságának nagysága a földtani felépítéstől függően 30–300 m között váltakozik.

A Duna alatti kőzetekben a széles vetőpászták és ezek mentén mélységi vizek befolyási veszélye miatt gyors reagálású, aktív megtámasztású pajzs alkalmazása indokolt volt. Kiemelt figyelmet kellett fordítani a mederszakasz közepén az alagutak feletti, 3-3,5 m-es agyagtakarás kis értékére.

A Fővám tér állomás a geotechnikai kockázatok és a kivitelezés szempontjából talán az egyik legérdekesebb állomás. A markáns vetőzónák, erősen töredezett kőzetanyag, a vékony agyagtakarás és a Duna jelenléte komoly kockázat mérlegelésre készítette a tervezőt és a vállalkozót. A kockázatok csökkentése érdekében az állomás Duna alatti szakaszán kőzetfagyasztást alkalmaztak. A kőzettömeg térbeli mozgását vízszintes és függőleges inklinométerekkel és extenzométerekkel, a porúsvíznyomás változását valós idejű geotechnikai monitoring rendszerrel ellenőrizték. (Geovil Kft. 2007) Az állomás építése sikeres volt, jelentősebb építési nehézség, nagy mértékű kőzetmozgás, veszélyes helyzet nem alakult ki.

4. PESTI OLDALI SZAKASZ

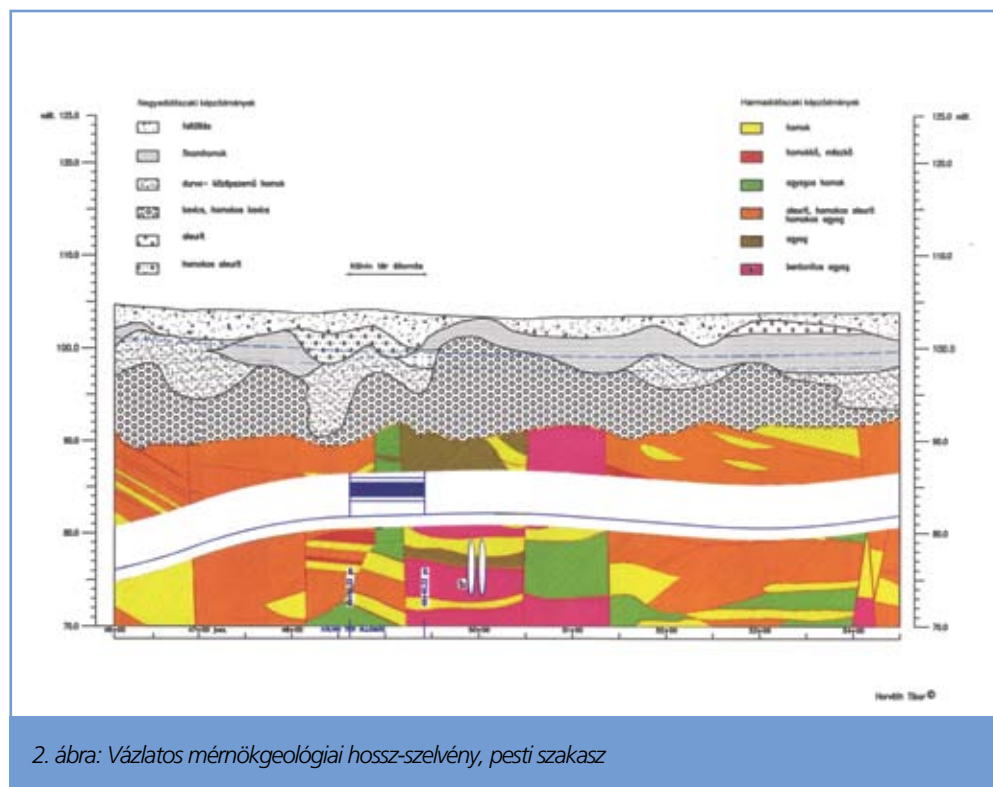
Az alagútfúró pajzsok a sikeres Duna alatti áthaladást és az É–D-i metróvonal keresztezését követően (Kálmán tér) folytatják az alagutak építését. A jellemző geológiai rétegsor a felszín alatt megjelenő, Ős-Duna által lerakott pleisztocén kori szemcsés rétegek fekéjében a miocén kori tengerparti és sekély tengeri üledékek. A pesti oldalról a mérnökgeológiai hossz-szelvény a 2. ábrán látható.

4.1. PLEISZTOCÉN RÉTEGEK

E rétegekre jellemző a lefelé durvuló szemcsenagyság (finom homoktól a kavicsos homokig). A felszíntől 4-5 m mélységben megjelenő talajvíz e rétegben áramlik, a Duna közeli szakaszokon a folyó mindenkori vízállása határozza meg a talajvíz szintjét. A talajvíz nem agresszív. A tervezett aluljárók és állomások doboz-szerkezeteinek felsőbb részei e rétegben épülnek meg.

4.2. MIOCÉN RÉTEGEK

A harmadidőszaki miocén korú rétegek keletkezéséből eredendően a laza, kohézió nélküli rétegektől a puha agyagokon át a



2. ábra: Vázlatos mézőkeológiai hossz-szelvény, pesti szakasz

tömör agyag és mészmárgaig terjedően találhatók kőzetek. E változatos felépítés még a mintákon belül is jelentkezik, azaz egy agyagként leírt mintán belül is nemcsak színben, de tulajdonságban, viselkedésben is jelentősen eltérő, néhány cm-es vastagságú agyag vagy homok, homokliszt, iszap lelhető fel. Így e minták legtöbbször elmondható, hogy még mikrométerben sem tekinthető homogénnek. Bár kisebb mértékben, de ugyanez az inhomogenitás jellemzi a homokos (szemcsés) összleteket is, különösen a cementált kötész, homokkőves rétegeket.

Az alagútépítés szempontjából a rétegek csoportosítását elvégezve az alábbi típusos kifejlődések határozhatók meg:

- homokos típusú rétegek és homokok, kohézió nélküli és cementált kifejlődéssel;
- agyagos homok (in situ állapotban keveredett), különböző mértékben cementált megjelenéssel;
- agyagos, bentonitos, mészmárgás rétegek.

Az egyes típusok talaj- és kőzetfizikai jellemzőit a 6. táblázatban foglaltuk össze:

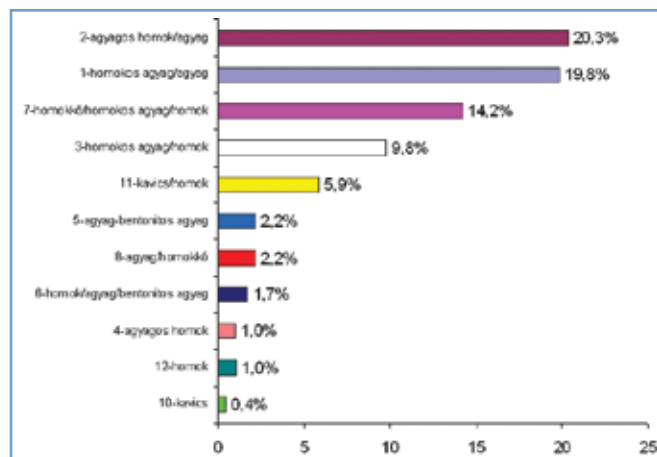
A karbonátos kötés következtében a kohézió igen tág határok között változik, a maximális kohézió finomszemű homokkőből származik. A rétegek vastagsága nem haladja meg a 0,5 m-t. A pesti oldalon az alagút függőleges tengelyében, felülről lefelé megjelenő kőzetcsoporthoz %-os eloszlását a 3. ábrán adjuk meg.

4.3. AZ ÁLLOMÁSI SZERKEZETÉPÍTÉSEK GEOTECHNIKAI TAPASZTALATAI

A cikk megjelenésének időpontjában az alagútépítő pajzsok a Kálvin teret elhagyták. A geológiai és a geotechnikai leírásban, az előzőekben bemutatott rétegekben a pesti oldalon a pajzsos alagútépítés környezete jelentősen változik. Komoly figyelmet kell fordítani a rétegvízrel telített homokrétégekre, amelyekben az alagútépítő pajzsok nem megfelelő technológia alkalmazása esetén jelentős felszínsüllyedést okozhatnak.

A Rákóczi tér állomás építése során nagy vastagságú, vízzel telített, kötetlen homokrétet találtak az állomás nyugati végén. A kiépített mélykutas víztelenítő rendszer hatása e homokrétégekben csak kevés depressziót hozott létre. A

pajzs beérkezését megelőzően e homokréteteket feltehetőleg vízteleníteni szükséges, amelynek a felszínsüllyedésre való hatását számításba kell venni és megfelelő műszaki megoldást kell kidolgozni.



3. ábra: A pesti oldalon az alagút függőleges tengelyében, felülről lefelé megjelenő kőzetcsoporthoz %-os eloszlása

6. táblázat: Talaj- és kőzetfizikai jellemzők, miocén rétegek

Talajtípus	I_c	ρ t/m ³	e	ϕ°	c kN/m ²	k m/s
Agyagos kifejlődés	0,8–1,5	1,9–2,1	0,3–0,5	32–38	181–240	1×10^{-9} – 10^{-6}
Agyagos homok	–	1,9–2,1	0,3–0,5	26–32	0–300	1×10^{-7} – 10^{-6}
Homokos kifejlődés	–	1,9–2,1	0,4–0,6	26–32	100–300	1×10^{-7} – 10^{-6}

A Népszínház utca állomást követően az alagutak magassági vonalvezetése emelkedik, és részben belemetsz a rendkívül jó vízadó, kohézió nélküli, pleisztocén korú Duna-üledékekbe. E szakaszon véleményünk szerint a pajzsok EPB üzemmódja mellett valamilyen talajkezelési technológiát is kell alkalmazni.

A 4-es metró építése során jelentős földtani, hidrogeológiai, geotechnikai és építési tapasztalat gyűlt össze, amelyek összegzése, értékelése és rendszerezése a hazai alagútépítő szakemberek jövőbeli elengedhetetlen feladata.

IRODALOM

Geovil Kft. 2005: Budapest 4. metróvonal, I. szakasz Összefoglaló mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvélemény 2005. Vonalalagutak tenderdokumentációjához mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvélemény, Geovil msz: GT 06/2005. június. (Angol nyelven: *Geotechnical Base Line Report for Bidders, Geovil Kft®*)

Horváth T. 2000: A 4. metróvonal mérnökgeológiai adottságai. Földtani kutatás, 2000. II. negyedév

Horváth T. 2002: Budapest 4. metróvonal Duna alatti szakaszának módosított nyomvonala. Földtani kutatás 2002. IV. n.é.

Kálmán E. 2007: Mérési tapasztalatok a Bocskai úti állomás szelőlőalagútjainak építése során. Mélyépítő Tükörkép, 2007/5

Kálmán E. 2008: Determination of the Earth Pressure Coefficient at Rest in Over Consolidated Clay, WTC. 2008. ITA-IATES, Delhi, India.

Geovil Kft. 2007: Budapest 4. metró Fővám tér állomás, Geotechnikai monitoring terv, Geovil msz: GT-23/2007.

SUMMARY

GEOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS AT THE FIRST SECTION OF METRO 4

According to the detailed geological and geotechnical investigation of Budapest 4 metro line, it can be divided into three well defined geological sections as follows: the Buda side section, with Middle and Lower Oligocene clay, claymarl and marl formations, covered with loose early Pleistocene – Holocene sediments; the section of the pass under the Danube, Oligocene clay, clay marl and marl complex covered by a thin layer of Danube alluvium; and the Pest side section, with a thin strip of Oligocene clay along the Danube, then Middle and higher Miocene clay, bentonite-clay, sand and carbonate rock and soils which are covered by a layer of Pleistocene and Holocene sediments which are thicker than on the Buda side. Under the tunnels construction the engineering geological and geotechnical features were proper to the geotechnical precognitions. The river cross had been finished without any unresolved problem.

ELŐREMUTATÓ KUTATÁSOK: ÚJ MEGOLDÁSOK FELÉ

EXPLORATORY ADVANCED RESEARCH: A JOURNEY TOWARD NEW SOLUTIONS

DAVID KUEHN, ARIAM ASMEROM

PUBLIC ROADS, VOL. 71, NO. 5, MAY/JUNE 2008, [HTTP://WWW.TFHR.GOV/PUBRDS/08MAY/01.HTM](http://www.tfhr.gov/pubrds/08MAY/01.htm)

Általánosságban a kutatás két fő csoportra osztható: az előremutató kutatás hosszú távú, megalapozó, magas kockázatú tevékenység, míg az alkalmazott kutatás rövid távon, kis lépésekkel haladva jól meghatározott igényeket elégít ki. 2007-ben az USA Szövetségi Útügyi Hivatala előremutató kutatási programot hirdetett meg. A felhívásra csaknem 400 kutatási témajavaslat érkezett az egyetemektől és a magáncégektől. Eredetileg 11 nagy kockázatú, de nagy előnyök elérését ígérő kutatási projektre szántak több mint 10 millió dollárt. A fő témacsoportok között az intelligens közlekedési rendszerek és az információáramlás kérdései, az új vagy újszerű anyagok, a rendszerszemlélet, beleértve a külső hatások, az externáliák elemzését, a korszerű finanszírozási módszerek, a jövőbeni demográfiai és társadalmi trendekből levezethető igények, valamint az áruszállítást segítő energia- és járműtechnológiai újítások szerepeltek. 2008. január 31-én kilenc szerződést vagy együttműködési megállapodást kötöttek meg a díjazott javaslatok alapján, melyek két fő témacsoportba sorolhatók.

1. Torlódások csökkentése új technológiákkal és korszerű közlekedésbiztonsági megoldások, ezen belül:
 - a) új generációs jelzőlámpás forgalomirányítás
 - b) integrált jármű és út rendszer
 - c) járművekben alkalmazható intelligens érzékelők
 - d) járműmozgások önálló szabályozása csomópontokban
 - e) gyalogosok érzékelése
 - f) a járművezetők vizuális információ iránti igénye.
2. A jövő közútjainak, elsősorban a gyorsforgalmú utak tervezése, építése és fenntartása, ezen belül:
 - a) repedésmentes burkolatot eredményező nagyteljesítményű, feszültségkezelő, cement alapú kompozitok
 - b) talajszilárdság-mérő eszköz fejlesztése büttyökös hengeres tömörítőgéphez
 - c) rendszerszemléletű infrastruktúra monitoring a bizonytalanságok kezelésére.

Az előremutató kutatási programot a közeljövőben tovább kívánják folytatni újabb témák bevonásával.

G. A.

AZ ÉPÍTETT ÉS TERMÉSZETI KÖRNYEZET VÉDELME A 4-ES METRÓNÁL

ADAMIS GÉZA ¹

Magyarországon A környezet védelmének általános szabályairól szóló, 1995. év LIII. tv. megjelenése óta – mely az európai uniós jogharmonizációs tevékenység egyik első eredménye – kell a környezetvédelemmel egy létesítmény tervezése és megvalósítása során tudatosan foglalkozni, bár már az 1996-ban készített Megvalósíthatósági tanulmány készítésekor is figyelembe vettek környezetvédelmi szempontokat.

A törvény a kedvezőtlen környezeti hatások megelőzése érdekében „a környezetre jelentős mértékben hatást gyakorló tevékenységek megkezdése előtt környezeti hatásvizsgálat” elvégzését írja elő. „A környezeti hatásvizsgálat elvégzéséhez kötött tevékenységek köréről és ezzel kapcsolatos hatósági eljárás részletes szabályairól” szóló 152/1995. (XII. 12.) kormányrendelet 1. sz. melléklete tartalmazta a környezeti hatásvizsgálat-köteles tevékenységek listáját, amelyben 66. sorszámmal szerepel a metrólétesítmény.

A BKV Zrt. DBR Metró Projekt Igazgatósága, illetve jogelődje által 1998-ban kiírt közbeszerzési pályázaton a Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft. nyerte az Előzetes környezeti hatástanulmány (EKHT) elkészítésének jogát. Az elkészített anyagot 1998-ban, majd a Duna alatti fúrások eredményeivel és további részletekkel kiegészítve 1999-ben benyújtották a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőségre (KÖFE).

A következő évek során a beruházó, a létesítménytervező és a környezetvédelmi tervező interaktív együttműködése vezetett az időközben megváltozott, uniós joghoz harmonizált rendelkezésekkel is összhangban lévő, végső tervezőaltal kialakításához. 2003-ban kapott környezetvédelmi engedélyt a metró I. szakasza.

A környezetvédelmi vizsgálat már az első perctől két síkon zajlott. A beruházás környezeti hatásait, a fenntarthatósági követelmények teljesülését ugyanis a teljes nyomvonalon kell és lehet vizsgálni. Bizonyos pozitív környezetvédelmi hatások csak akkor jelentkeznek, ha megépül a teljes DBR (Dél-Buda–Rákospalota) nyomvonal a Sasadi virágpiactól Rákospalotáig. Ezzel a gondolatlat összhangban készült el és kapott 2008-ban környezetvédelmi engedélyt a metró Keleti pályaudvar–Bosnyák tér közötti II. szakasza is.

A környezetvédelmi engedély kiadásával azonban nem fejeződött be a környezetvédelmi hatóság engedélyezési, ellenőrzési feladata. A vonalalagút építésének engedélyezésére szolgáló vasúthatósági engedélyezési terv (VET), valamint minden állomás és kapcsolódó létesítmény építésének engedélyezési terve tartalmaz környezetvédelmi fejezetet, amely a benyújtáskor hatályos előírások szerint készült, melyekre a KÖFE szakhatósági állásfoglalásokat adott ki.

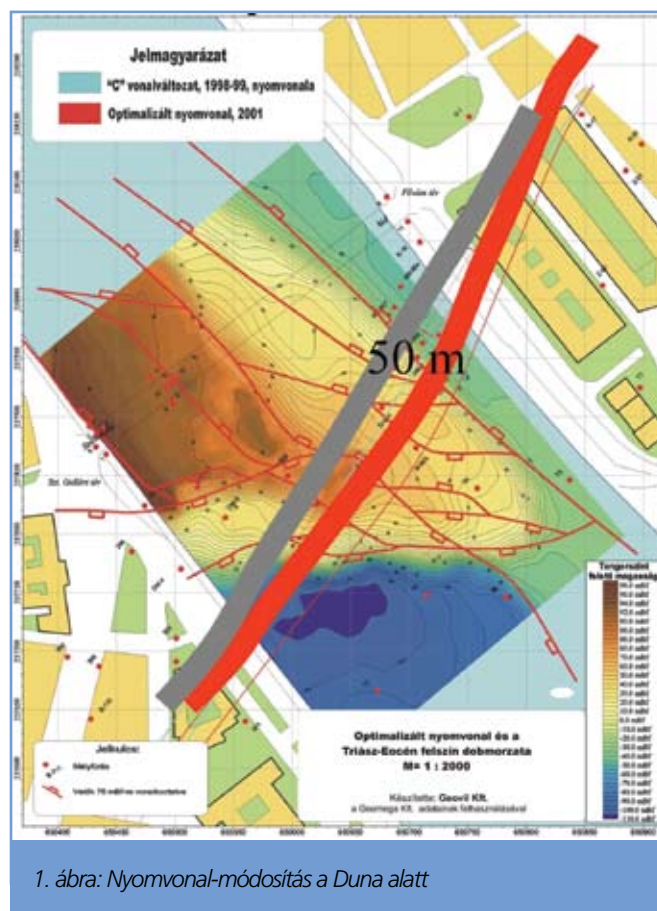
Mindezeken túlmenően a kivitelezés során a környezetvédelmi felügyelőség további ellenőrzési-engedélyezési feladatokat lát

el, amely során módjában áll a legkorszerűbb környezetvédelmi szempontok érvényesítése.

Az Európai Unió is a metróépítés támogatása kiemelten fontos alapfeltételének tekintette a fenntarthatóság elveinek érvényesülését, így a környezetvédelmi vizsgálatok lefolytatását, a környezeti elemek terhelésének korlátozását (víz, levegő, föld, élővilág), a meglévő értékek védelmét (biodiverzitás, műemlékek).

A nyomvonal eldöntése és a főbb műszaki paraméterek meghatározása után Előzetes környezeti hatástanulmányt (EKHT) kellett készíteni. A tanulmányhoz felhasználták az addig elkészült közlekedési forgalmi felmérések, geológiai, hidrogeológiai és geotechnikai kutatások, zaj- és rezgésmérések, botanikai és kertészeti vizsgálatok eredményeit.

Az EKHT-ban meghatározták az egyes környezetvédelmi szempontok szerint a metró építésével és üzemelésével érintett területek (hatásterületek) kiterjedését. Ezek különböző hatásoknál



1. ábra: Nyomvonal-módosítás a Duna alatt

¹ Okleveles építőmérnök, ügyvezető igazgató, Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft; e-mail: kulturmernoki@t-online.hu

különböző méretűek (pl. a zajhatás csak a nyomvonal közelében hat, a talajvízben vagy a levegőminőségben bekövetkező változások nagyobb területre terjednek ki).

A tanulmány bemutatta a hatásterület metró nélküli állapotát („0” állapot), az építkezés hatásait a különböző környezeti elemekre és az üzemelés során várható hatásokat.

Kiemelt feladata volt a hatástanulmánynak a Duna alatti nyomvonalépítés következményeinek vizsgálata a Gellérthegy környezetében, a budai Duna-parton feltörő hévizekre. Néhányan attól tartottak, hogy az építkezés veszélyezteti ezeket az európai hírű hőforrásokat. A vizsgálatok kimutatták, hogy aggodalomra nincsen ok, pontos tervezéssel és kivitelezéssel kiküszöbölhető minden káros hatás. Elkerülhető egyrészt a karsztvizek keveredése a Duna vízával, másrészt megelőzhető a karsztvízkészlet csökkenése, az alagútba való vízbetörés. A Duna-meder feltárásának tehát kettős célja volt, egyrészt a mederfenék alatt elhelyezkedő karsztvízbázis kőzeteinek (dolomit) pontos helyét kellett meghatározni, másrészt az alagútépítéshez lehető legpontosabb és legtöbb információt adni a környező kőzetről, talajról. A feltárás részben fúrással, részben geofizikai módszer alkalmazásával történt. A kapott információk alapján módosítani kellett mindkét alagút nyomvonalát a Duna alatti szakaszon, hogy a hidrogeológiai érzékeny területeket elkerüljék (1. ábra).

A karsztvíz (valamint a talaj- és rétegvíz) változásának nyomon követésére hidrogeológiai monitoring rendszer épült ki és üzemel (ezzel jelen számban külön cikk foglalkozik).

A környezeti zajok, rezgések és a levegőszennyezettség várható változásairól is készültek vizsgálatok. A jelenlegi állapotból kiindulva azt elemezték, hogy a metró megépülése esetén vagy a metró nélkül milyen lesz a helyzet 2010-ben. A vizsgálat kiterjedt arra is, hogy mi várható abban az esetben, ha a metró megépítését végleg elvetik.

A tanulmány részét képező vizsgálatok egyértelműen alátámasztották, hogy a metró megépítése környezetvédelmi előnyökkel jár. A tömegközlekedés/egyéni közlekedés (modal split) arányának megváltozása a tömegközlekedés javára a környezetvédelmet is szolgálja.

Kiemelt jelentőségű a klímaváltozást előidéző üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenése. Általánosságban is elmondható, hogy javulni fog a levegőtisztaság (CO_x , NO_x , szálló por), különösen ott, ahol a metró csökkenti a felszíni tömegközlekedés volumenét.

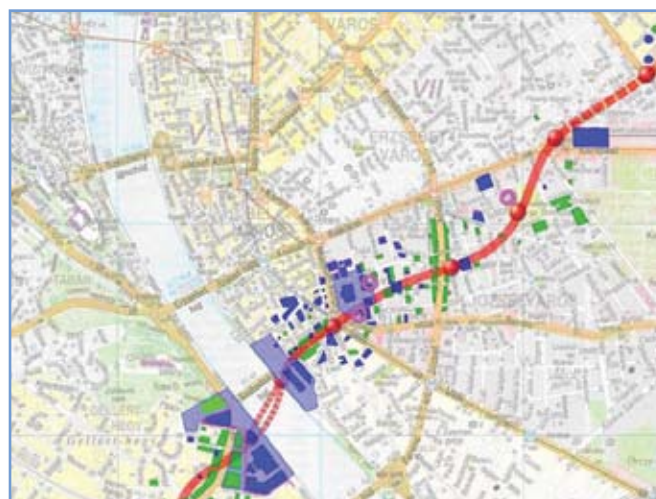
A metró pozitív környezetvédelmi hatása zajvédelmi szempontból is számottevő. Jelentősen csökken majd a zajszint a sűrűn beépített területeken, ahol más módon lehetetlen lenne javítani a kialakult helyzeten: a Bocskai úton, a Móricz Zsigmond körtéren, a Szent Gellért téren és a Kálvin téren számíthatunk jelentős csökkenésre. Kedvező lesz a hatás a rezgések aspektusában is. Az új metró nem növeli a térség rezgésszintjét, hiszen rugalmas szerkezetre épül, így az üzemeltetés során elenyésző mértékű rezgést okoz a felszínen.

A tanulmány mintegy harminc további szempontot is vizsgált. A már említett természeti, környezeti elemek mellett vizsgálták a teljes nyomvonal mellett az építési és üzemeltetés hatását botanikai, zoológiai, tájvédelmi szempontból. Megemlítjük, hogy amíg az I. szakasz fenti szempontokból degradáltnak tekinthető, a külső szakaszokon találhatók védendőnek minősített térségek (pl. a Kőérberki szikes rét területe).

A természeti értékek védelme mellett feladata volt a tervezőknek az épített környezet védelme, illetve a társadalmi hatások vizsgálata is. Az „épített környezet” magába foglalja a nyomvonal mentén lévő építményeket, épületeket, közműveket, hidakat és utakat.

Az I. szakasz nyomvonala a főváros sűrűn lakott része, nagy forgalmú főutak és közlekedési csomópontok, városközpontok területén, részben zárt beépítésű, középmagas lakóházak alatt halad. Több műemlék vagy műemléki jellegű épület, vagy funkcióját tekintve jelentős épület található köztük. Kiemelkedő közülük a Szent Gellért téren a BME CH épülete, a Fővám téren a Budapesti Corvinus Egyetem főépülete, a Vásárcsarnok, a Kálvin téri templom, a Nemzeti Múzeum, a Magyar Rádió épülete, a Rákóczi téri csarnok és a Keleti pályaudvar. Megemlítendő, hogy a Magyar Rádiót érő zaj- és rezgéshatások miatt is nyomvonal-korrekcióra került sor.

A környezetvédelmi engedélyt követően az épület- és építmény-állomány megóvása érdekében további vizsgálatok készültek (2. ábra). Minden építmény, amely az alagútépítés vagy állomásépítés hatásvonájában található, többszöri szűrésen esett át. Részben a beruházó, részben a kivitelezők hatáskörében előzetes állapotvizsgálat készült a mintegy 590 építményről, amely többek között kb. 20 ezer lakást, két felüljárót, öt meglévő gyalogos-aluljárót, vasúti vágányokat, főgyűjtőcsatornákat (József körút, Sóház utca), rakparti partfalakat foglal magába. A vizsgálatokat követően a nyomvonal mentén mozgásvizsgálati és zajvédelmi monitoring rendszer került megtervezésre és kialakításra, máig folyamatosan zajlik az üzemeltetésük.



2. ábra: Védendő építészeti objektumok (műemlékek)

Az épületállapot-felmérések eredményeként kiderült, hogy mely épületek állapota olyan, hogy nem bírja ki a várható építési hatásokat, ezeknél a kivitelezést megelőzően megerősítésre került sor. Ezek közül legjelentősebb a Kálvin téri református templom épülete.

Az egyhajós, négszögű, két végén dongaboltozatú, közepén „csegyes (félgömb) kupolával” lefedett épület 1824-ben készült el. A diagnosztikai és statikai vizsgálatok azt igazolták, hogy az építéshez felhasznált vegyes forrásból származó építőanyagok alacsony szilárdságúak (3-5 N/mm²), egyes szerkezeti elemekben jelentős túlterhelés jelentkezik, a korábbi járulékos terhek (háború, 3-as metró építése) már komoly károkat okoztak (a falakon 10-15 mm megnyílású repedések). A közvetle-

nül a templom előtt nyitandó munkagödör (peronsík–22,2 m) prognosztizált hatását – 45 mm süllyedés – az adott állapotú templom nem tudja elviselni. Részletes tervezés alapján megerősítésre kerültek az alapok, injektált „összevarrára” a fal-repedések, részben vasbetonköpenyes, részben acéltartós me-revítésre a torony stb. Időközben a metróállomás szerkezetei elkészültek. A templom „jól állta a sarat.” [3]

A Kálvin téri templom portikuszának megtámasztását a 3. ábra mutatja. Ugyancsak az épített környezet védelme, tájvédelem kategóriába tartozik a metróállomások által érintett parkok, zöldterületek vizsgálata. Zömében a közlekedésnek alárendelt foltokban, szigetszerűen fellelhető, esztétikai funkciót betöltő növényekről van szó. Kiemelkedik ezek közül, és más elbírálást igényel a Tétényi út, Rákóczi tér és Népszínház utca (Köztársaság tér) állomások által érintett parkok térsége. Ezeken a nagyobb növényállomány, a záródó lombkorona és a nagyobb összefüggő gye- és cserjefelület hatására saját – védendő – mikroklimáról beszélhetünk, amelynek városökológiai szerepe (árnyékolás, oxigéntermelés, pormegkötés) jelentős. A vizsgálat során felmérésre került a 15 cm törzsátmérőt meghaladó teljes faállomány. A tervezésnél foglalkozni kellett a fák lehetséges megmentésével, a mindenképpen kivágandó fák pótlásával. Ennek keretében a Rákóczi téren lévő, nem pótolható, 40–80 cm törzsátmérőjű platánok (4. ábra) megmentése érdekében módosították az állomás építési technológiáját.



3. ábra: A Kálvin téri templom portikuszának megtámasztása

A társadalmi környezet hatásvizsgálata a metró által érintett lakosság népesedési, oktatási, gazdasági, munkaerő-piaci és egészségügyi helyzetét tárta fel, előre vetítve a metró által okozott változásokat. Ezen a téren is pozitív következményekre lehet számítani.



4. ábra: A Rákóczi téren megvédendő platánok még az építés kezdete előtt

A fentieket összefoglalva elmondható, hogy a metró a környezeti terhelés jelentős csökkenését eredményezi a megvalósítás nélküli helyzethez képest. A metró az egyéb tömegközlekedési eszközökkel és személygépjárművekkel összehasonlítva a legalacsonyabb fajlagos energiafelhasználás jellemzi, ennek megfelelően a tömegközlekedéssel járó fosszilis, illetve az ehhez kapcsolódó légszennyező anyagok (köztük az üvegházhatású gázok) emissziója arányban van a csökkentett energiafelhasználással.

Az előzetes vizsgálatok alapján az épített és természeti környezet károsítása megfelelő intézkedésekkel megelőzhető.

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a 4-es metró projekt jelentősen hozzájárul ahhoz, hogy Budapest tömegközlekedése vonzóbbá, kiszámíthatóbbá váljon, így megőrizzük európai szinten még mindig viszonylag magas részarányát a személyközlekedésen belül. Ezzel elősegítjük, hogy Budapest élhető, kedvező környezetvédelmi állapotú város legyen.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Budapest DBR 4. sz. metróvonal Előzetes környezeti hatástanulmány I. szakasz, Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft. összeállítása, Bp., 1998. Ny. sz.: 86998-4123; Bp., 2002. Ny. sz.: 320-02-4170Dr
- [2] Budapest 4-es metróvonal (Dél-Buda–Rákospalota) II. szakasz (Baross tér, Keleti pályaudvar–Bosnyák tér), Környezeti hatástanulmány, Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft. összeállítása, Bp., 2007. Ny. sz.: 702-06-4282
- [3] Lichter T., Mezős T.: A Kálvin téri református templom szerkezetmegerősítése, Magyar Építőipar, 59. évf. 2. sz./2009

SUMMARY

PROTECTION OF THE BUILT AND THE NATURAL ENVIRONMENT AT SUBWAY 4

In Hungary since the issue of Act of LIII. 1995 on the “General Rules of Environment Protection” the environmental considerations have been required to have respect in the course of design and executions of projects. The alignment of the subway – Budapest 4th Metro line – was influenced by the environmental assessment. It is declared that there is an improvement in the public transport standards of Budapest and this is a favourable impact on the environmental condition of the capital.

MONITORING RENDSZEREK MŰKÖDÉSE A 4-ES METRÓ ÉPÍTÉSE SORÁN

PAP ZSUZSANNA¹

Cikkünkben ismertetést adunk arról, hogy a tervezésen és kivitelezésen kívül milyen egyéb szolgáltatási szerződéseket kellett kötnie a megbízó BKV Zrt.-nek a budapesti 4-es metró építéséhez kapcsolódóan. Ezek a szerződések három témakört ölelnek fel: a FIDIC mérnöki feladatokat ellátó műszaki ellenőri szolgáltatást, a projekt általános biztosításával kapcsolatos szerződéseket és az úgynevezett monitoring tevékenységeket, melyeket bővebben ismertetünk.

A városi alagút-építési munkák során a talaj és a felszínen lévő építmények mozgásainak, az építéssel érintett területek geotechnikai, geológiai és hidrogeológiai viszonyainak a kivitelezéssel egy időben történő megfigyelése a sikeres és csökkentett kockázatú munkavégzés egyik meghatározó feladata.

Különös jelentőségű ez Budapesten, ahol

- a nyomvonal feletti épületek egy része még az előző századforduló környékén épült (egyenlőtlen süllyedések korlátozása),
- egyes felszíni csomópontokban már a munkák megkezdése előtt is határértékhez közeli zaj- és vibrációterhelést lehetett mérni a felszíni közlekedési terhelés miatt (alapállapot). Ennek az üzembe helyezést követő (tehermentesített) állapottal való összehasonlítása is szolgálhat tanulságokkal.
- a budai Duna-parton található fürdők és szállodák az alattuk levő termálvízkincsnek köszönhetik népszerűségüket – a felszín alatti áramlások változásai itt is kockázatot jelenthetnek.

A monitoring szolgáltatások körében teljesített műszaki adat-szolgáltatás útján vizsgálhatók tehát az építési folyamatok során a környezetben bekövetkező változások. A nemzetközi viszonylatban fele-fele arányban találunk olyan eseteket, amikor ezt a megbízó/beruházó a kivitelezőtől független szervezettel végezteti, illetve olyan szerződéseket, ahol azt a kivitelező kötelmei közé rendelik. A budapesti 4-es számú metróvonal építésénél a beruházó az előbbi változatot támogatta, melynek alapját a beruházásra kiadott vasúthatósági és környezetvédelmi engedély teremtette meg.

A Fővárosi Közlekedési Felügyelet mint illetékes hatóság az I. szakaszra kiadott létesítési engedélyében előírta a megbízó részére, hogy a nyomvonal mentén várható talajsüppedési teknő határvonalával érintett felszíni építmények állapotát az építés megkezdését megelőzően legfeljebb egy évvel tételen, minden ingatlanra kiterjedően, reprodukálható módon mérje fel. Gondoskodnia kellett továbbá olyan monitoring rendszer kialakításáról, amely a megállapított paraméterek változását az építés időszakában folyamatosan nyomon követi, és amely alapján gondoskodik a kárelhárítás érdekében szükséges megelőző intézkedések megtételéről. Az engedélyes számára az is követelmény volt, hogy ezen feladatokkal a kivitelezőtől független mérnökszervezet legyen megbízva.

A beruházónak kellett gondoskodnia az építés során a zaj- és rezgésvédelmi előírások betartásáról is, melyet a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség által kiadott környezetvédelmi engedély is: az építési területek közvetlen közelében található védendő épületek zaj- és rezgésterhelését helyszíni mérésekkel folyamatosan ellenőrizni kell.

A környezetvédelmi engedély megkövetelte továbbá az építés által érintett területeken a talaj- és rétegvizek viszonyainak ellenőrzését, illetve az építkezések által keltett hatások elemzését. Kiemelten kell vizsgálni a karsztvizek védelmét, különös tekintettel a Duna alatti hőforrások védelmére.

A megbízó a monitoring megfigyeléseket két szerződés keretében kezelte:

1. Építménymozgás-megfigyelő, zaj- és rezgésellenőrző monitoring szolgáltatások keretében a felszíni talajmozgások felügyeletéhez mérések tervezése, műszerek szállítása, elhelyezése, mérések végzése, ellenőrzés az alagútépítés és egyéb földkiemelési munkák hatásójában az építmények, közművek vonatkozásában, illetve zaj- és rezgésmérések tervezése, műszerek szállítása és elhelyezése, mérések végzése és ellenőrzése kiemelten a jelentős építési fázisok során. A környezetvédelmi engedély utóbbi feladatok közé sorolja a már üzemelő metróvonal által keltett, ún. üzemi eredetű zajok és rezgések mérését is.
2. A karszt-, talaj- és rétegvízmonitoring rendszer kiépítése és üzemeltetése, a mérések tervezése, műszerek szállítása és elhelyezése, mérések elvégzése.

A szerződéseket egy-egy, magyar és francia cégekből álló konzorcium nyerte meg, mely által biztosított volt, hogy a helyi viszonyokat jól ismerő hazai cégek szaktudását felhasználva a hasonló nagyságrendű és komplexitású nemzetközi projekteken már bizonyítottan működő geoinformatikai rendszerek kerüljenek alkalmazásra. Az építmények megfigyelését a SolData S.A.S – Hungeod Kft. végzi a Vibrocomp Kft. bevonásával. A hidrológiai monitoring rendszert a Mélyépterv–Soldata–Mecsekérc Konzorcium működteti.

A közbeszerzési törvény alapján lebonyolított nemzetközi eljárás fenti eredménye azért is előnyös volt a beruházó számára, hogy bár két külön szerződés keretében, de ugyanazon informatikai megjelenítéssel kapja az adatokat, illetve továbbítja azokat a kivitelezők felé, mivel a geoinformatikai megjelenítő szoftvert a francia SolData cég biztosítja, mindkét esetben egy saját fejlesztésű, interneten hozzáférhető felületen (GeoscopeWeb).

A monitoring cég(ek) a számukra a megbízó által szolgáltatott alapidokumentumok (geotechnikai, geológiai, hidrogeológiai jelentések, előzetes épület- és közműállapot-felmérések) alapján tervezték meg a monitoring rendszereiket. A rendszerek megfelelő rugalmasságot biztosítanak, illetve tartalékkal rendelkeznek

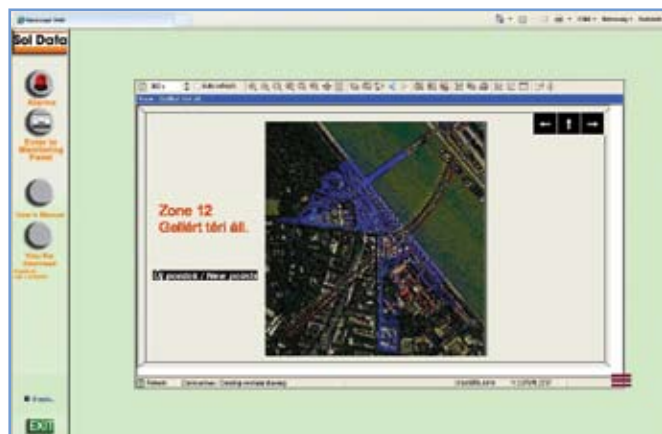
¹ Projektmérnök, Eurometro Kft.; e-mail: pap.zsuzsanna@eurometro.hu

ahhoz, hogy a kivitelezés során a kivitelezőkkel egyeztetett építési módszereknek és a fellépő nem várt eseményeknek megfelelően módosíthatók, illetve kiegészíthetők legyenek.

A monitoring cégek elsődleges feladata tehát a független mérési eredmények szolgáltatása. Az ebből következtethető eredmények levonása, és szükség esetén a riasztások kiadása már a kivitelezők felelősségi körébe tartozó feladat.

ÉPÍTMÉNYMOZGÁST ELLENŐRZŐ MONITORING

A „monitoring cég”, a megbízó és a mérnök által elfogadott mérési programjának megfelelően az építmények, föld alatti közművek, műtárgyak, az üzemelő metróalagutak megfigyelésére műszereket (inklinométereket, extenzométereket, piezométereket stb.), és mozgásmegfigyelő pontokat (szintezési falicsap, 3D-koordinátás megfigyelésre alkalmas prizmákat) telepített. Ezeket üzemelteti a megbízó/mérnök által elrendeltem, az építés előrehaladásának és állapotának megfelelő gyakorisággal mért adatokat adja át a megbízó az építést végző kivitelező szervezeteknek. A monitoring cég a fent említett adatszolgáltatását a GeoscopeWeb nevű internetes felületen biztosítja (1. ábra).



1. ábra: A GeoscopeWeb szoftver internetes felülete
(Forrás: Sol Data–Hungeod: GeoscopeWeb)

AUTOMATA GEODÉZIAI RENDSZER

Ezen automatizált rendszerek mérési elve rögzített „tükröződő” pontok távolságának és irányának bemérésén alapszik. A több célponton végzett méréseket számítógép által vezérelt utasítások és automatikus célpontfelismerés kombinációjával végzik. Az online számítások lehetővé teszik a távolsági mérések automatikus ellensúlyozását, a hőmérsékleti és légnyomási változásoknak megfelelően. Minden mérési ciklus referenciamérést tartalmaz ismert és stabil referenciaponton, a berendezés megfelelő pozicionálását biztosítandó. Minden mérési pont koordinátája online kerül kiszámításra csakúgy, mint minden pont elmozdulása.

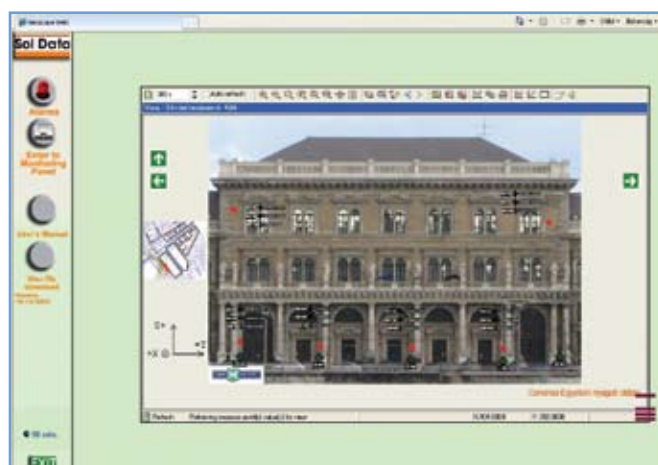
A rendszer „alapja” egy számítógép által vezérelt, automatikusan mozgó teodolit, amely az építményeken elhelyezett prizma segítségével pontosan követi a megfigyelt pontok X, Y és Z koordinátáinak változását. Az adatokat abszolút értékben adja meg, a metróvonal hatáskörén kívül telepített fixpontok segítségével. Vagyis a talaj és az építmény mozgásait, alakváltozásait folyamatosan – napi 24 órán át – nyomon követi, és így biztosítja az esetleg szükséges gyors beavatkozás lehetőségét.

Az automata műszerek elsősorban az állomások fokozott kockázatú, állandó megfigyelést igénylő környékén kerültek telepítés-

re, de ilyen berendezés figyeli a Kálvin téren a 3-as metróvonal keresztezésénél az üzemelő vonal szerkezeteinek mozgását is. (2–3. ábra)



2. ábra: Az automata mérések működési elve
(Forrás: Sol Data–Hungeod)



3. ábra: Az automata mérések megjelenítése a GeoscopeWeb szoftveren, a Budapesti Corvinus Egyetem főépületén
(Forrás: Sol data–Hungeod: GeoscopeWeb)

MANUÁLIS GEODÉZIAI RENDSZER

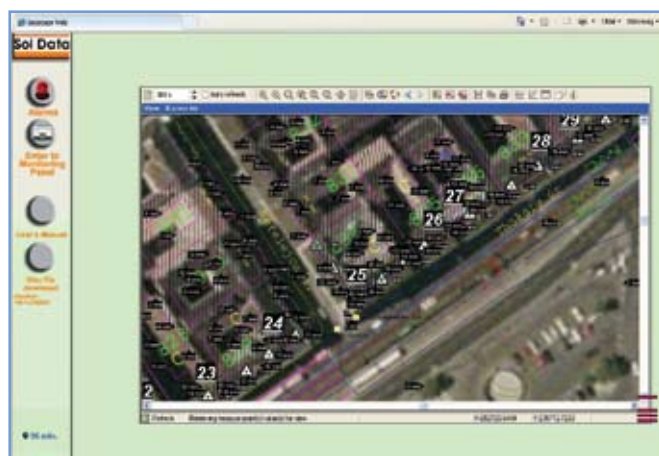
A manuális geodéziai módszerek az automata méréseket egészítik ki, illetve ott kerültek alkalmazásra, ahol az automata módszerek kiépítése sem műszakilag, sem gazdaságilag nem volt indokolt (pl. kis beépítettségű, családi házas környezet). A vizsgálati tárgypontokat az érintett épületek azon részén helyezték el, melyek szerkezetileg, illetve mozgástanilag legjellemzőbb helyeken vannak.

A rendszer működése az alap geodéziai helymeghatározáson alapul: az épületeken elhelyezett tárgypontok (jelek, csapok) mozgásvizsgálati mérésekkel meghatározott háromdimenziós összerendezőit, a vízszintes és függőleges elmozdulás értékeit abszolút és relatív értelemben is összehasonlítják a meghatározó mozgásmentes alappontokból levezetett alpmérések értékeivel.

A függőleges mozgásvizsgálati hálózatot úgy alakították ki, hogy az épületen elhelyezett tárgypontok (szintezési csapok) egy önálló hálózatot alkossanak. Az önálló hálózat alapján következtethetünk a dőlés és a torzulás mértékére. Az épület süllyedésének meghatározására ezt az önálló hálózatot kapcsolják a mozdulatlan tekintett szintezési alappontokhoz.

Az épületek vízszintes és függőleges elmozdulása alpméréseinek elvégzésére az épület közelében lévő mozgásmentes területen lévő, a feladat elvégzéséhez megfelelő pontosságú vízszintes és függőleges alappontokat használják fel. Az ismé-

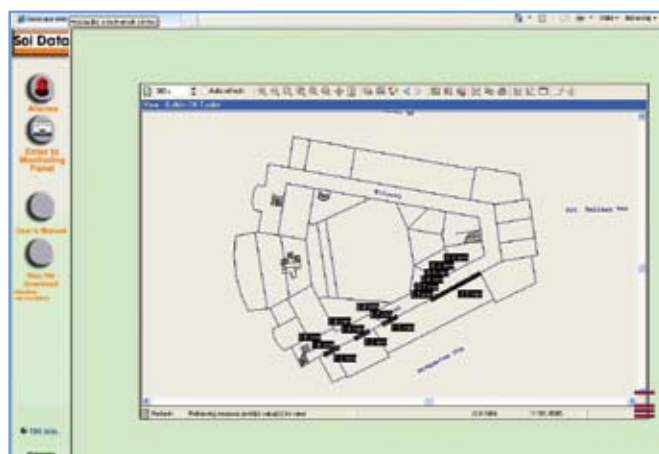
telt mozgásvizsgálati méréseknél szigorúan az alpmérések végzésénél felhasznált alappontokról kell elvégezni a szükséges vízszintes és magassági meghatározásokat. Az alpméréseknél felhasznált mozgásmentesnek vélt alappontok meghatározott gyakorisággal ellenőrizésre kerülnek, annak érdekében, hogy azok mozgásmentességét igazolni lehessen (ld. később a Rákóczi téri eset). A Keleti pályaudvarnál a manuális mérési eredményeket a GeoscopeWeb szoftveren a 4. ábra mutatja.



4. ábra: Manuális mérési eredmények a GeoscopeWeb szoftveren a Keleti pályaudvarnál (Forrás: Sol Data–Hungeod: GeoscopeWeb)

ELEKTROMOS DŐLÉSMÉRŐ (SZINTEZŐ) BERENDEZÉSEK

Ezek a berendezések az épületek belsejében, aluljárókban kerültek alkalmazásra. A dőlésmérő egy nagy precizitású szögeltérés-mérő, amely egy zárt, vízálló dobozban elhelyezkedő szögérzékelőből áll, melyben egy áramkör a tartó végeibe szimmetrikus feszültséget küld. Ezen 2 m-es gerenda elhajlásának méréséből lehet következtetni a gerenda két végpontjának relatív elmozdulására. A gerendák „láncba” kapcsolásával, illetve a kezdőpont abszolút értelmű meghatározásával egyes épületek elmozdulására lehet következtetni. Ilyen műszereket telepítettek a BME CH épületének (5. ábra), a Budapesti Corvinus Egyetem főépületének és a Kálvin Center alagsorába, illetve több budai aluljáróba. Egészségvédelmi okokból ilyen berendezésekkel figyelik a Rákóczi térenél a Nagykörút alatt futó nagytávú csatornaszakaszt is.



5. ábra: Elektromos dőlésmérők a BME CH épületének alagsorában (Forrás: Sol Data–Hungeod: GeoscopeWeb)

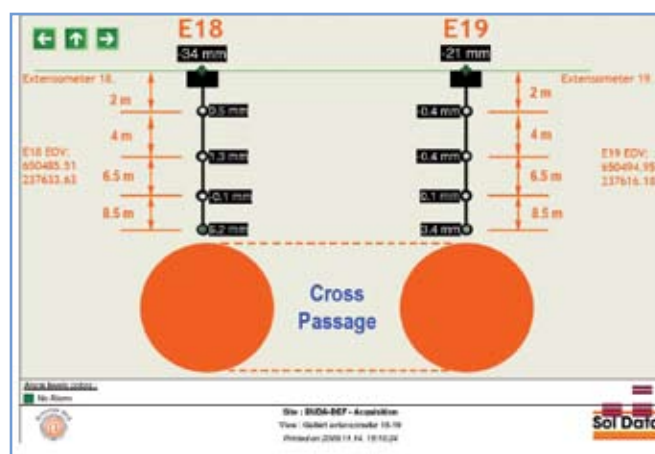
DSP KÖZMŰMEGFIGYELŐ BERENDEZÉSEK

Víz- és gázvezetékek föld alatti mozgásának/süllyedésének mérésére szolgál az úgynevezett DSP (Deep Survey Point) berendezés. Ez egy cső, melynek vége hegyben végződik és a közműcsatorna tetejéig fúrják le úgy, hogy a hegye a közműcsatorna tetejét érinti. A cső tetején lévő szintezési pontra végzett manuális szintezéssel követik a közművezeték mozgását.

A közművek megfigyelésének ez a követlen módszere sajnos nem hozta meg a várt eredményt, ugyanis a budapesti közműtérképek bizonytalansága és a felhagyott régi közművek sokasága miatt a monitoring cég által a telepítésre végzett fúrások jelentős hányada bizonyult sikertelennek: a közműtérképeken feltüntetett helyen nem volt megtalálható az adott közmű. A metróvonal mentén végzendő időigényes fúrások helyett a beruházó azon közvetett megfigyelési módszer mellett döntött, mely alapján az érintett és különösen kockázatosnak tartott közművek környékén az automata mérési módszernél már bemutatott alapon a felületet pásztázva és ezáltal annak automatikus megfigyelésével következtetnek a felület alatti közművek mozgására is.

EXTENZOMÉTEREK

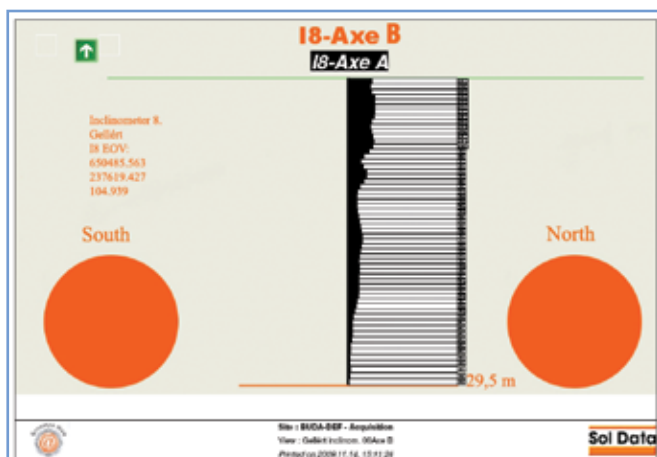
Az extenzométerek függőleges tengely mentén a tengelyirányú elmozdulásokat követik nyomon bizonyos mélységeken, miközben a metróvonal mentén bekövetkező talajmozgásokat mérik. Elsősorban a vonalalagutak felett telepítették, az azok építésével okozott talajrozkadások megfigyelésére. Az egyes furatokba 4–4 extenzométer-cső került telepítésre, mely ezáltal négy szinten vizsgálja a fedőponthoz képest bekövetkezett relatív elmozdulásokat. Az extenzométer-furat tetejére végzett manuális méréssel a mért eredmények abszolút eredményné konvertálhatók. Extenzométereket mutat a Szent Gellért tér állomás előtt a két vonalalagút felett a 6. ábra.



6. ábra: Extenzométerek a Szent Gellért tér állomás előtt a két vonalalagút felett (Forrás: Sol Data–Hungeod: GeoscopeWeb)

INKLINOMÉTEREK

A talaj függőleges tengelyhez képesti oldalirányú elmozdulásait méri. A metróépítés során az alagutak közé, a két vonalalagút függőleges tengelyében kerültek elhelyezésre. A mérés manuális úton történik, mely 0,5 m-enként ad mérési eredményt a két alagút egymáshoz viszonyított helyzetéről. Inklinométer látható a Szent Gellért tér állomás előtt a két vonalalagút között a 7. ábrán.



7. ábra: Inklinométer a Szent Gellért tér állomás előtt a két vonal-alagút között (Forrás: Sol Data–Hungeod: GeoscopeWeb)

METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS

A mérési adatok környezeti befolyásának és okainak mélyebb elemzése érdekében mind a budai, mind pedig a pesti oldalon egy-egy meteorológiai megfigyelőállomás üzemel. A berendezés légnyomásmérésre, hőmérsékletmérésre, szél erősség és szélirány, valamint csapadékmennyiség mérésére alkalmas.

REZGÉS- ÉS ZAJMÉRÉSI MONITORING RENDSZER

A bevezetőben elmondottak alapján, a környezetvédelmi engedélyben előírt kötelezettségei teljesítésére a megbízó az építést végző kivitelező szervezettől függetlenül végezteti az építkezés és a szállítási útvonalak hatáskörzetében az azok által kiváltott zaj- és rezgésméréseket (8. ábra).

Az építési technológiák függvényében állomásonként a következő munkafázisok zaj- és rezgéskibocsátásának vizsgálatát végezte el a monitoring cég a vonatkozó jogszabályok alapján:

- a közműkiváltások készítése
- a cölöpfal vagy résfal kialakítása
- a felső földem készítése
- a műtárgyépítés a felső földem alatt
- a felső földem felszínének beépítése (közművek, útpálya).

Az elvégzett vizsgálatok eredményeit tekintve Budapesten már a közúti forgalom zsúfoltságából eredő környezeti zajok és rezgések is olyan nagy mértékűek, hogy a metróépítés által kiváltott



8. ábra: Zaj- és rezgésmegfigyelés (Forrás: Sol Data–Hungeod)

tott lokális és rövid idejű környezeti terhelés nem befolyásolta jelentős mértékben az amúgy is határértékhez közeli zaj- és rezgésátlamokat. Ezért a zaj- és rezgésmérések jelentősége inkább akkor fog megnyilvánulni, amikor a metróvonal üzemeltetése megkezdődik, és mérhető-kimutatható módon lecsökkennek a környezeti zajok.

KARSZTVÍZ, TALAJVÍZ, RÉTEGVÍZ-MEGFIGYELŐ MONITORING RENDSZER

A rendszer kiépítése során 33 vízszint- és hőmérséklet-megfigyelő kút létesült, illetve már meglévő kutak és források lettek bevonva. A mérési pontok száma meghaladja az ötvenet, ezek egy része a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. tulajdonát képezi és a gyógyfürdő vízhasználatában aktív szerepet játszik. A vízszintet és hőmérsékletet megfigyelő kutakban automata adatrögzítővel folyamatos mérések történnek, mely adatok egy specializált adatbázisban az interneten keresztül elérhetők. Azokban a kutakban, ahol a vízfelhasználás rendszeres (a Gellért fürdő géptermében), automata áramlásmérőket is elhelyeztek. A monitoring rendszer célja olyan események észlelése, illetve a felszín alatti vizekben olyan jelentősebb változások megfelelő időben való kimutatása, amelyek a metróépítéshez kapcsolódnak. A nagyszámú adat és mérési pont miatt egy intelligens automata észlelőrendszer üzemeltetése és fejlesztése volt szükséges. Az adatok elsősorban az építési hatások utólagos elemzésére szolgálhatnak.

Karsztvízmegfigyelés

Budapest karsztvizeinek felügyelete kétszeresen fontos: egyrészt ellenőrizhetővé válik a metróépítés hatása a karszt- és a talajvíz viselkedésére, másrészt mód van a különböző víztartó rétegek és a Duna közötti kölcsönhatások folyamatos vizsgálatára is.

A karsztos zónából érkező termálvizet forrásfoglalásokból nyerik és egy, a Gellérthegy alatti tárón osztják szét, vezetik a Gellért, a Rudas és Rácz fürdőkhöz. Az ellátás teljes körű ellenőrzését hőmérővel kombinált piezométerek és áramlásmérők teszik lehetővé. A 100% páratartalmú és 45 °C hőmérsékletű térben elhelyezett érzékelők, valamint automatikus adatgyűjtő berendezések esetében különösen fontos a korrózió és egyéb káros hatásoknak ellenálló kivitel (extrém példa a 300 m mély fúrás alján elhelyezett kombinált szonda).

A karsztos vizek elemzéséhez a fenti fürdők kútjai, a Műegyetem és a Szent Gellért rakparton lévő kutak és kifejezetten a 4-es számú metróvonal hatásait megfigyelendő, a Szent Gellért téren telepített 300 méter mély kút adatai szolgálnak.

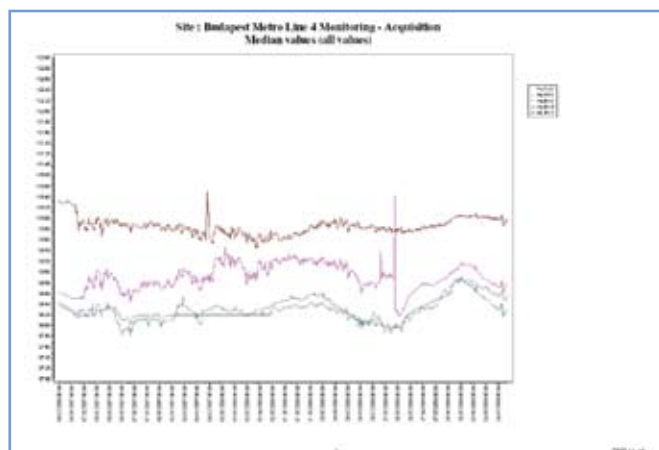
Talaj- és rétegvíz- megfigyelés

A talaj- és rétegvizek megfigyelése talajvízszint-észlelő, piezométeres kutakkal történik. Piezométernél a táróelemet úgy kell megválasztani, hogy az megfeleljen a várható maximális talajvíznyomásnak, valamint a környező talaj jellemzőinek. Általában véve a piezométereket erős légáteresztő záróelemmel kell ellátni.

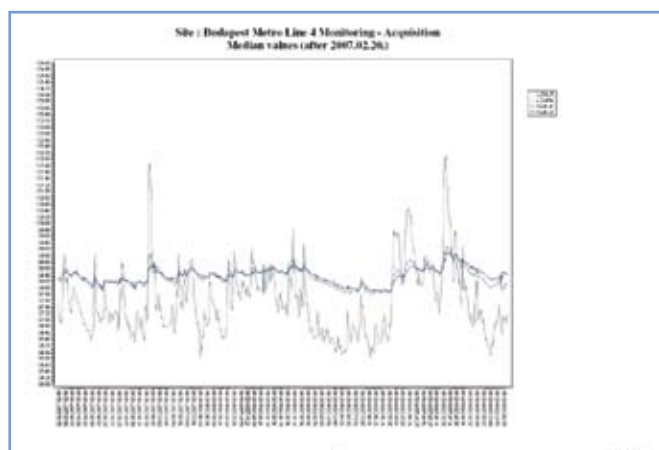
A mérési eredmények elemzése

A hidrológiai viszonyokat megfigyelő elemző rendszer a mérési pontok adatait rögzítő adatbázishoz szorosan kapcsolódik, a valós időben folyamatosan érkező adatokat dolgozza fel és előre beállított küszöb- vagy határértékek bizonyos idejű meghaladását követően jelzést ad ki.

A vízszintingadozás tekintetében a mérési pontokat két fő csoportra lehet osztani. Az első csoportban vannak azok az észlelési



9. ábra: Természetes ingadozású talajvíz kutak grafikonjai a pesti oldalon (Forrás: Mélyépterv–Mecsekérc–Sol Data Konzorcium: GeoscopeWeb-Hydro)

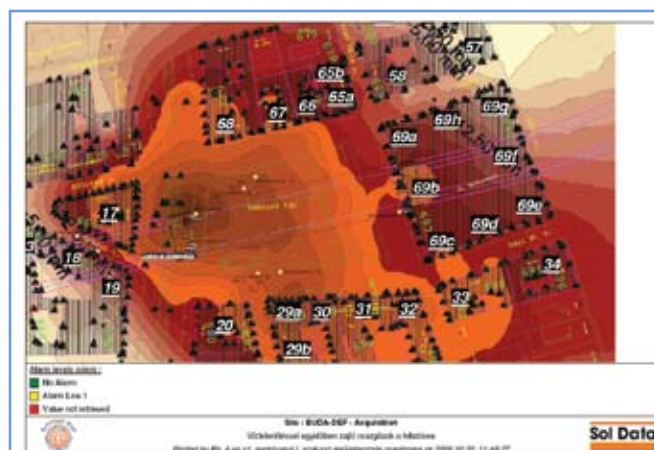


10. ábra: A Duna vízjárását követő kutak vízszintjének grafikonja (Forrás: Mélyépterv–Mecsekérc–Sol Data Konzorcium: GeoscopeWeb-Hydro)

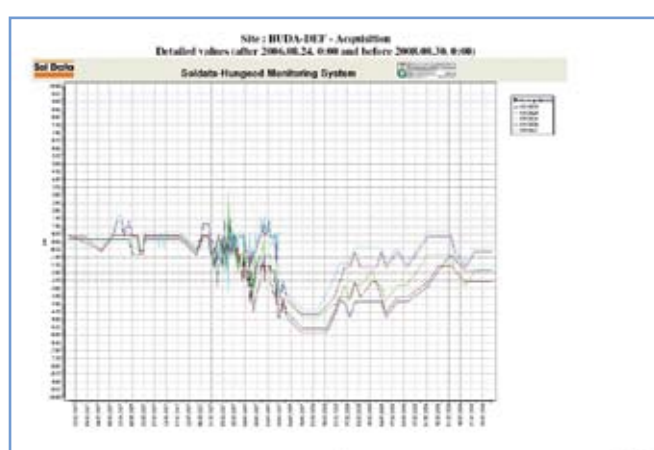
pontok, amelyek természetes vízjárására a Duna vízszintingadozása nincs vagy nincs számottevő hatással. Az áramlási viszonyok következtében, elsősorban a pesti oldalon meglévő földtani adottságok miatt, a legtöbb talajvízkútban megfigyelhető azonos lefutású természetes vízjárás, azonban ennek a természetes ingadozásnak a mértéke nem számottevő, így nincs szükség ezeket az idősorokat mentesíteni a Duna vízjárásának hatásától.

A másik csoportba sorolódnak azon kutak, amelyek természetes vízjárására a Duna vízjárása közvetlen és jelentős befolyással bír, nagyfokú természetes ingadozást okozva (9. ábra). Ez utóbbi csoportokba talaj-, réteg- és karsztvízkutak egyaránt tartozhatnak. Természetesen a Duna vízszintingadozásának jelentősebb hatása a Dunához közeli talajvíz- és (nyílt tükrű) termálkarsztvíz-figyelő kutakban van. Az ilyen nagyfokú ingadozás miatt a megfigyelő rendszerre alapuló riasztási rendszer beállításai nehezen lennének megoldhatók, így ezeknek a mérési pontoknak az idősorait mentesíteni kell a Duna hatásától, és erre az úgynevezett trendmentes idősorra illesztődik rá a riasztási rendszer. A megfigyelést és elemzést végző monitoring cégnek ezen túlmenően figyelemmel kell lennie a gyógyfürdők általi vízkivételre is.

Természetesen a rendszer matematikai háttere ennél jóval bonyolultabb, de a fentiek alapján érzékelhető, hogy milyen tényezőket kell figyelembe venni a budapesti különleges hidrogeológiai viszonyok



11. ábra: Állomási szerkezet építése során történt víztelenítés hatása a Rákóczi téren, szintvonalas térképen ábrázolva (Forrás: Sol Data–Hungeod)



12. ábra: Pajzsáthaladás hatása az épületek süllyedésére (Forrás: Sol Data–Hungeod)

mellett, hogy az építkezés hatása elemzésre kerülhessen. A Duna vízjárását követő kutak vízszintjének grafikonját a 10. ábrán láthatjuk.

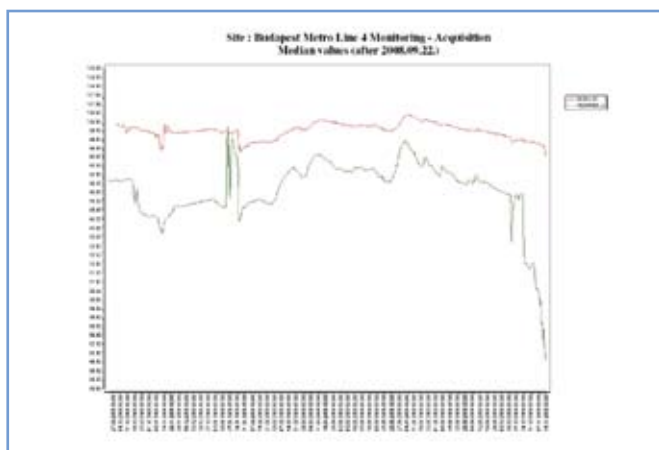
Néhány példa következik a monitoring rendszereken megfigyelhető, a 4-es metró építésével kapcsolatba hozható esetekre.

VÍZKIEMELÉS

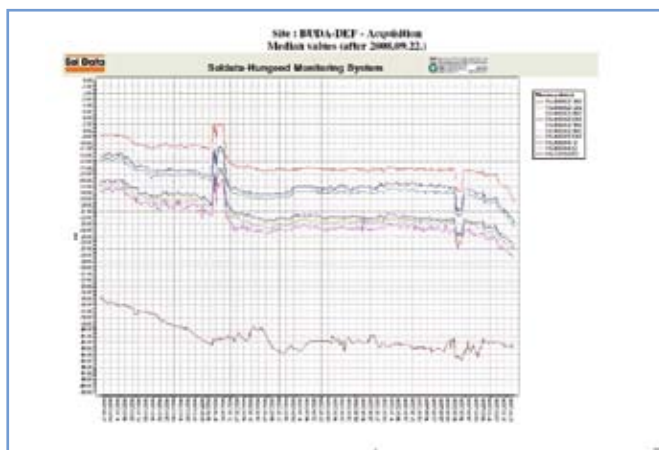
Az alábbi példa a Rákóczi tér állomási szerkezetének építése során következett be. A munkatér víztelenítése érdekében a kivi-telező folyamatosan szivattyúzta a vizet, melynek hatása jóval a munkaterület határain kívül is tapasztalható volt. A víztelenítés hatására a tér körüli épületek jelentős, de nem káros mértékű süllyedést szenvedtek. A süllyedési technő azonban olyan tág volt, hogy a süllyedés a monitoring cég mozdulatlanok tekintett alap-pontjain is érzékelhető volt. Az alaphálózatot ezt követően még távolabbi alappontokra kellett helyezni (11. ábra).

PAJZSHAJTÁS

Optimális esetben 2-3 mm volt a pajzsok áthaladása során bekö-vetkezett süllyedés a budai oldalon, az állomások közötti részen. Ez azonban úgy jelentkezett, hogy adott épülethez való meg-érkezése előtt kis emelkedés volt tapasztalható, melyet a pajzs épület alá érkezésekor hirtelen süllyedés követett. Az alagútépítő géplánc elhaladás után a konszolidáció lassú volt (12. ábra).



13. ábra: Vízbetörések a lőttbetonos alagútépítés során és ezek hatása a környező piezométeres kutak vízszintjének süllyedésére (Forrás: BAMCO Kkt., Sol Data-Hungeod)



14. ábra: Vízbetörések hatása a környező épületek függőleges irányú süllyedésére (Forrás: BAMCO Kkt., Sol Data-Hungeod)

A fent vázolt jelenséget értelemszerűen befolyásolta az adott talaj szerkezete, a pajzs haladási, mélységi, egyéb technikai paraméterei (pl. homloknyomás), vetők, felszíni épületek állaga és szerkezete (alapozás, állapot, kiterjedés, súly stb.).

VÍZBETÖRÉS

A Szent Gellért tér állomás területe a 4-es metró építésének geológiai és hidrogeológiai legvegyesebb színhelye, emellett az egyik legmélyebb és legbonyolultabb állomási szerkezet, melyhez más kapcsolódó műtárgyak (pl. vágánykapcsolati műtárgy) is csatlakoznak. Az állomási résfalas szerkezetekből kiágazó lőttbetonos alagútépítések során számos esetben következett be vízbetörés, mely a talajvíz-megfigyelő kutak vízszintjének esését és a környező épületek süllyedését vagy a süllyedés tendenciájának megváltozását okozták (13. ábra).

ÖSSZEFOGLALÁS

Amint a fentiekből kikövetkeztethető, a monitoring cég feladatahoz tartozik, hogy méréseit a helyszíni kivitelező szervezettel egyeztesse és a munka előrehaladásának megfelelő gyakorisággal mérjen, azaz kölcsönös kapcsolatot kell egymással fenntartaniuk. A projekt kockázatainak csökkentése érdekében a monitoring cégek képviselőinek a kivitelezők által szervezett kockázatértékelési értekezleteken is részt kell venniük.

Összességében elmondható, hogy mindkét monitoring cég által végzett tevékenység rendkívül hasznos és mind a kivitelezést végző cégek, mind pedig a megbízó környezeti hatásokat elemző munkáját segíti.

SUMMARY

OPERATION OF MONITORING SYSTEMS AT THE CONSTRUCTION OF METRO 4

On the basis of the data provided in the scope of monitoring services, the changes taking place in the environment during the construction activities can be evaluated. In the case of the Budapest Metro 4 Line the Investor signed two contracts with an independent organization to carry out monitoring activities.

Design of measurements, supply, installation of equipment, conducting measures in the frame of building movement, noise and vibration monitoring services, supervision in the zone affected by the tunneling and other excavation works regarding structures and utilities; and design of noise and vibration measurements, supply and installation of equipment, conducting measurements, supervision during the significant construction phases. The measurement of operational noise and vibration generated by the operating metro line is also considered as included in this scope in the environmental permit. Installation and operation of karst, ground water and confined aquifer, design of measurements, supply and installation of equipment, conducting measurements.

In Budapest this activity has a special importance since a part of the buildings above the alignment were built around 1900 (limitation of differential settlements), in certain traffic junctions noise and vibration loads approaching the limit values were detectable even before starting the construction, and comparison of these results with those in the condition following the start of operation of the line (reduced loading) may also yield some lessons to be learned, the baths and hotels on the Buda side along the Danube are popular due to the thermal waters underneath – changes in the underground flow scheme may also represent a significant risk.

A BOCSKAI ÚT ÁLLOMÁS

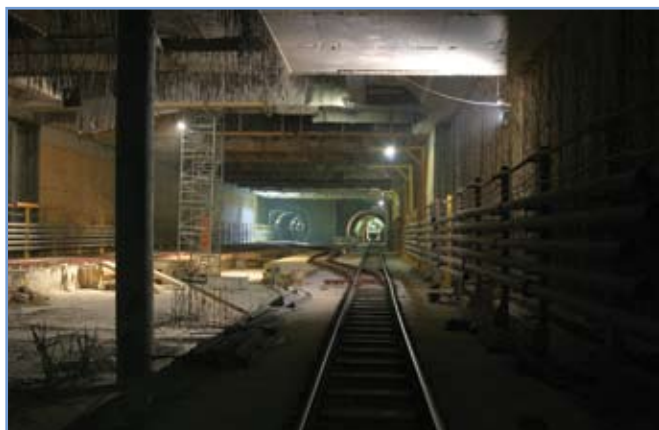
GAUDI EMŐKE¹ – KÉTHELYI BARNA²

A Fehérvári út–Bocskai út (Október 23-a utca) kereszteződésében, a korábban megépített és forgalomba helyezett gyalogos-aluljáróhoz kapcsolódva, alapvetően a Fehérvári út alatt létesült. Ez a csomópont már ma is nagy gyalogosforgalommal bír: elég csak a Fehérvári úti piacot, az orvosi rendelőt, és a napokban a Skála áruház helyén megnyílt új kereskedelmi központot említenünk. Itt van továbbá a 4-es villamos végállomása, de jelentős az átmenő buszforgalom is.

A Bocskai út állomás esetén négy, egymástól jól elkülöníthető műtárgy épült, eredetileg mindegyik cölöpfalas biztosítással volt tervezve. Maga az állomási „doboz” a Fehérvári út alatt, a felszíni kereszteződéstől délre, nagyjából az Ulászló utcáig ér, szélessége csaknem kitölti a járdaszegélyek közötti területet.

Az állomás teljes hossza 130 m, a falak távolsága 19 m. A vonal itt mintegy 15 m mélyen halad a felszín alatt. Ez a műtárgyrész ferde cölöpfallal készült volna, hogy a felszíni közművek helye biztosítva legyen. Végül a vállalkozó résfalas megtámasztást választott a Kanizsai és a Bocskai úti szellőző-, illetve az állomási „doboz” műtárgy esetén, a közművek helyét pedig egy trapéz keresztmetszetű „koporsófödém” kialakításával mindkét oldalon biztosította.

Az építészeti koncepció alapvetően nagyteret kialakítású utasforgalmi teret határozott meg, azaz a Fehérvári út alatt 13 m mélységben lévő 80 m hosszú peron fölötti rész nem épül be, megmarad a jelentős méretű légtér (1. ábra). Így az üzemi rendeltetésű helyiségek az állomási doboz végein, illetve külön műtárgyban vannak elhelyezve. Közbenső födém híján a határolófalak közbenső kitámasztására is szükség volt, ezt a feladatot a 8 m-enként beépített, tekintélyes méretű monolit vasbeton gerendák látják el a peron fölötti zónában. Az állomás két végén, a merevítő szerepet is ellátó födémek tervezésekor alapfeltétel volt, hogy az alagútépítő pajzs a már elkészült szerkezetek alatt át tudjon haladni. Ezért a vonali alagútépítés, a pajzsok áthaladá-



1. ábra: Hatalmas az állomási légtér

sa előtt csak az aluljárószint és az az alatti szint készült el, melyet „lábakra” állított a vállalkozó: négy nagy átmérőjű acéloszlop tartotta a szerkezetet.

Az állomást határoló 80 cm vastag résfalak tervezője – a Főmterv Zrt. generáltervezésében – a Vertikál 5. Kft. A geológiai adottságokat tekintve 4-5 m mélységig vegyes anyagú feltöltés, alatta iszapos homok, majd kavicsos homok, lejjebb kiscelli agyag, agyagmárga réteg jelenlétével kellett a tervezés során számolni. A résfalak hossza az állomási műtárgy esetében átlagosan 18 m. A résfalak megépítése és ideiglenes kitámasztásuk után a földmunka megfelelő mélyítését követően megépülhetett a kitámasztó gerendasor és a törtvonalú zárófödém (2. ábra) a résfalakban kialakított vállba ültetve. E fázis után – a villamospálya és a közút helyreállítását követően – a közlekedés újraindítása lehetővé vált.



2. ábra: Az elkészült zárófödém és kitámasztógerendák alatt folyik a munkagödör mélyítése

A további munkák már a födém takarásában folytak: a munkagödör mélyítése, az ideiglenes támaszok beépítése, a résfalon belüli vasbeton szerkezetek építése. A munkatér kiszolgálása a födémbe kialakított három nagyméretű technológiai nyíláson keresztül történt.

A kivitelezés ütemezése során ebben a fázisban kellett volna megérkeznie az alagútépítő gépláncnak, de a vonali alagutak építésének késedelme miatt a látszóbeton belésfalak építése is megkezdődött. Miután Magyarországon látszóbeton falak építésére ilyen mennyiségben még nem volt példa, a szükséges gyakorlatot a Kanizsai utcai szellőzőműtárgy belső falainak építése során szerezte meg a vállalkozó. Megemlítené tapasztalat, hogy a hőmérséklet 10 °C-os csökkenése már teljesen más betonadalekolást kíván a tökéletes látvány érdekében.

A pajzsok elhaladását követően több ütemben, részletekben épül tovább az állomás: elsőként az üzemi terek készültek el a mellgerenda alatti szinteken, ezt követte az állomás három sarkának be-

¹ Szerkezettervező, Főmterv Zrt.; e-mail: hid@fomterv.hu

² Projektvezető, Eurometro Kft.; e-mail: kethelyib@eurometro.hu



3. ábra: Földkitermelés az ideiglenes kitámasztás szintjéig

fejezése. Ezzel párhuzamosan megkezdődött a bányászott alagút belső héjának megépítése, végül a 4. sarok készült el. (3. ábra)

Az állomás vízzáróvá tétele szórt szigetelés alkalmazásával történt. Ez rendkívül gyorsan elkészíthető, hátránya azonban, hogy az építés utáni mozgások következtében „megszakad”, ezért a szivárgások utóinjektálást igényelnek. A nehézséget ebben az jelentette, hogy olyan roncsolásmentes injektálást kellett végezni, ami a látszóbeton felületeken nem hagy nyomot, kizárva az injektálás kellemetlen, de általában elkerülhetetlen velejáróját, a falra kifolyt anyag megjelenését. Ennek érdekében rendkívül sok szakmai konzultáció történt a forgalmazókkal, a szigetelést végző szak kivitelezővel és a tervezővel. Végül sikerült olyan anyagot találni, amely minden szempontból maradéktalanul megfelelőnek bizonyult (vízzáróság, eltávolíthatóság, alkalmazási engedély, költség).

A Fehérvári út nyugati oldalán, az állomási műtárgyat és a Kani-zsai úti szellőzőgépházat összekötő, kb. 73 m hosszú alagútszakasz nem csupán a bal vágány továbbvezetésére szolgál, hanem az állomási szellőzőcsatorna részét is képezi. A tendertervekben felszínről, nyitott módszerrel épített műtárgyként szerepelt, a kivitelezést és tervezést elnyerő vállalkozó azonban a költségek, az építési zaj- és porterhelés csökkentése, valamint a gyorsabb kivitelezés szempontjából a bányászott löttbetonos alagút építése mellett döntött.

Az alagút befoglaló mérete $9 \times 7,60$ m, a földtakarás a fötte fölt 9-10 m, ebből körülbelül 4 m az agyagréteg vastagsága. Az alagútfejtés folyamatának tervezése során figyelembe kellett venni, hogy az változó állapotú és keménységű agyagrétegben történik. A kifejtett alagútprofil löttbetonos primer biztosítást kapott. A végleges belső falazat átlag 30 cm vastagságban, zsá-luzott monolit vasbeton szerkezetként készült. Érdekessége, hogy a 4-es metró építése során ez az alagútszakasz készült el elsőként.

Az alagút keresztmetszetét egy belső falazat kettéválasztja: a nagyobbik részben a metró bal vágánya halad, a kisebbik rész pedig szellőzőcsatornaként fog funkcionálni, összekötve az állomási déli végében lévő üzemi részt a Kanizsai utcai szellőzőgépházzal.

Ennek az alagútnak a déli végéhez egy többszintes szellőzőgépház csatlakozik, elfoglalva a föld alatt a Kanizsai utca melletti játszótér egy részét, a felszínen azonban csak a szellőzőkive-
tések építménye jelenik meg.

A negyedik műtárgy a gyalogos-aluljárónak a Bocskai úti zöldsávban lévő kijáratí része, kibővíítve egy gépészeti célú helyiségeket is magában foglaló új, kétszintes résszel. Itt kaptak helyet a köz-forgalmú lifteknek az aluljárószint és a felszín közötti elemei. A helyszíni adottságok miatt ugyanis nem volt arra lehetőség, hogy a liftek a metró peronjáról közvetlenül érkezzenek a felszínre: az állomásból az aluljárószintig lehet feljutni, majd átszállás után egy másik liftcsoporttal érhető el az utcaszint. Ez a zöldsávban lévő műtárgy nem csak az aluljárószinten van összeköttetésben az állomással, hanem egy szinttel lejjebb is: mégpedig úgy, hogy az aluljáró építéskor bekészítették azokat a résfalakat, amelyek között az állomás építéskor a szellőzőfolyosó is elkészülhetett. A szerkezet méretezésénél figyelembe kellett venni, hogy a pajzs közvetlenül alatta fog elhaladni, így a végleges kialakítást többszöri egyeztetés előzte meg a vonalalagutak kivitelezőjével.

A kivitelezés során problémát okozott, hogy az aluljáró tervezése és építése során figyelembe vett alagúttengely költségtakarékos-sági okokból magasabbra került, a pajzskontúr és a megépült résfal így összemetsződött. Ennek megoldására a 2003-ban elkészült résfalak közötti föld kiemelése után a vállalkozó az érintett részfalszakasz mellé bányászott, azt elvágta, felaprította és kihordta. Egy helyen az alagúttengellyel párhuzamos résfal alá kellett bányászni és hasonló módon elbontani.

Mivel az itt lévő szellőzőalagút végleges szerkezete nem készült el a pajzsok elindulása előtt (a pajzsos alagútfejtés pedig túlnyomással történt), a felfelé ható erőket ideiglenes fadúcolattal kellett felvenni. A szellőzőalagút (4. ábra) építésének további érdekessége, hogy az aluljáró szigeteléséhez – előre nem látható okok miatt – nem lehetett csatlakozni, ezért a szellőzőalagút földmének vízszigetelését utólag kellett megoldani. Erre az aluljáró szigetelését védő beton alája felhordott szórt szigeteléssel került sor. Ezt, illetve a víznyomást megtartandó egy alulról betonozott földém készült. A két szerkezet közötti technológiai üregek cementbázisú injektáló anyaggal, a munkahézagok többször injektálható szalagjai pedig műgyantával kerültek kitöltésre.



4. ábra: A vonali szellőzőalagút építése bányászati módszerrel

Mivel a szerkezet teljes kivitelezésére 112 hét állt rendelkezésre, a munkák feszített tempóban folytak. Az állomási doboz geometriájával, az építés ütemezésével, az építés módjának megválasztásával alapvetően arra kellett törekedni, hogy a Fehérvári út számos közműve elhelyezhető legyen az út két oldalán, és a felszín meghatározott időn belül visszaadható legyen a villamosfor-galom számára. A földém elkészülte egyben lehetővé tette, hogy a közúti forgalom is – legalább részlegesen – megindulhasson az állomás fölött, melyet a Swietelsky–Obayashi Kkt. az ütemtervé-



5. ábra: A pajzs elhaladása után épülhet az üzemi tér



6. ábra: A bányászati munkáknál már „látszik az alagút vége”

től eltérően, a lakossággal való jobb együttműködés érdekében 2007 nyarán megvalósított. A végleges forgalmi rend a belső beépítés, rendszerek és vágányépítés befejezését követően áll vissza, addig a felszíni munkaterület ezen vállalkozók felvonulására és munkavégzésére szolgál.

SUMMARY

BOCSKAI STREET STATION

Four easily separable structures were constructed in the station located in the junction of Fehérvári and Bocskai Streets, connecting to the pedestrian underpass that had been completed and

put into operation. The station box itself extends approximately to Ulászló Street under Fehérvári Street, south of the surface junction, and occupies almost the entire area between the sidewalk kerbs. This section of the structure would have been constructed with tilted pile wall to ensure sufficient room for the surface utilities. The contractor however finally decided to use diaphragm wall support, similarly to the ventilation shafts under Kanizsai and Bocskai Street. The room to accommodate utilities above the station was ensured by a roof slab of trapezoid cross section. The fourth structure is the exit of the pedestrian underpass located in the green zone in Bocskai Street, supplemented by a new two-storey section comprising mechanical rooms as well. This structure accommodates the components of the public elevators between the underpass level and the surface.

A MICHIGANI KÖZLEKEDÉSI MINISZTERIUM ÉLETTARTAMKÖLTSÉG-ELEMZÉSI GYAKORLATÁNAK ÉRTÉKELÉSE

EVALUATION OF LIFE-CYCLE COST ANALYSIS PRACTICES USED BY THE MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
CHAN, A., KEOLEIAN, G., GABLER, E.

JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING VOL. 134., 2008. 6. P. 236–245., Á: 7, T: 1, H: 26.

A teljes élettartamra vonatkozó költségelemzés az USA-ban az elmúlt évtized során általános gyakorlattá vált az utépítési projektek esetében. A módszer lehetővé teszi, hogy a mérnök számításba vegye és megfelelően értékelje a hosszú távú költségeket, melynek alapján a forrásokat optimálisan lehet felhasználni. Michigan állam közlekedési minisztériuma a projektek kiválasztásában az 1980-as évek közepe óta alkalmazza az élettartamköltség-elemzést. Mindaddig nem történt meg a projektek felülvizsgálata az alkalmazás helyessége és hatékonysága szempontjából. A cikk esettanulmányok segítségével értékeli a burkolat élettartama során előrebecsült költségek pontosságát és azt, hogy valóban a legalacsonyabb összköltségű változatot választották-e. Tíz különböző michigani útszakaszt csoportosítottak négy eltérő jellemzővel rendelkező esettanulmányba. A csoportosítás szempontjai között az út kategóriája, a forgalom nagysága, az építés ideje és az építés helyszíne szerepelt. Három csoportba burkolatfelújítások,

a negyedikbe szélesítéses rekonstrukciók kerültek. Összehasonlították a becsült jövőbeni karbantartási költségeket a tényleges ráfordításokkal és az építési ideje óta alkalmazott karbantartási ütemezéssel. Az eredmények azt mutatják, hogy egyrészt a projekt kiválasztás során a teljes élettartamra vonatkozó költségelemzés helyesen mutatta meg a legalacsonyabb építési költséggel bíró burkolatváltozatot, másrészt a tényleges építési és karbantartási költségek általában alacsonyabbak voltak a becsült költségnél. Ennek oka, hogy a költség-előrebecslő modell nem veszi figyelembe a helyszíni jellemzőket, illetve a valós karbantartási ütemezés általában nem azonos az elemzéskor feltételezetttel. Az építési és karbantartási költségbecslés folyamatának javításával elérhető, hogy a teljes élettartam-költség elemzése valóban az összességében legalacsonyabb költségű burkolatváltozat kiválasztását segítse.

G. A.

A MÓRICZ ZSIGMOND KÖRTÉR ÁLLOMÁS

PÓCZ BÉLA ISTVÁN¹ – SKUBLICS MÁRK²

A Fehérvári út tengelyében telepített állomás a Szent Imre szobortól a József Attila Gimnázium épületéig húzódik, szerkezetének szélessége 27,2 m, teljes hossza 127,31 m, a belmagasság pedig meghaladja a 15 m-t, kapcsolódik a korábban megépült, Bartók Béla út alatti aluljáróhoz. Fő szerkezeti egységei: a több szintes mélyállomás, a három irányba (Fehérvári út, Karinthy Frigyes út és Bartók Béla út felé) túlnyúló egyszintes aluljárótér és az íves házak elé kinyúló szellőzőakna. Az újonnan épült aluljáróból négy helyen lehet lépcsőn a felszínre jutni. A tér központi részén, a villamosperon mellett épülő földszintes üveg-acél szerkezetű épületbe érkezik a kétaknás lift, ami közvetlen kapcsolatot biztosít a tér szintje és az állomási peron között. Mozgólépcsővel két irányból, az aluljáró északi és déli (Fehérvári úti) vége felől lehet lejutni a peronra. Az általános építészeti koncepció szerint ez az állomás is tágas utasforgalmi térrel épült, közbelső alátámasztás nélkül. A szerkezet jelentős része látszóbeton felülettel készült, azaz nem takarja burkolat a vasbeton falak, födémek felületét.

Az állomási szerkezetépítés fővállalkozója a Strabag Zrt. lett, majd a kivitelezés ideje alatt történt átalakulás miatt a belőle jogutódként kivált Strabag MML Kft. vette át és fejezte be a munkát a Főmterv Zrt. tervei alapján. A közműkiváltásokat követően a mélyépítési szerkezetek kivitelezése 2006 augusztusában kezdődött, és a belső beépítést végző vállalkozónak történt munkaterület-átadással 2009. július 6-án lényegében befejeződött.

GEOLOGIAI KÖRÜLMÉNYEK

A felső 3-4 m vastag, heterogén felépítésű, építési törmeléket is tartalmazó, finom homok anyagú feltöltés alatt 1-2 m vastag közepes illetve kövér agyag található. Ez alatt – mint a budai oldali nyomvonalon végig – több száz méteres mélységig kiscelli agyag, agyagmárga következik. Ez az összlet a mállottság és a repedezettség szempontjából három, jól elkülöníthető rétegre oszlik. A felső 4-6 m vastag mállott réteg – talajmechanikai szempontból – plasztikus agyagként minősíthető. Az alatta elhelyezkedő mintegy 6 m vastag zóna repedezett, expandált jellegű kiscelli agyagmárga, melyre jellemző a fejtés közbeni szilárd tömbökre való szétesés. Az állomási térben fellelt talajréteg következő zónája már egységesebb, kevésbé repedezett. Ebben a zónában mélyült az állomás munkagödreinek mintegy a fele.

Összefüggő, nagy mennyiségű talajvízre nem kellett számítani, csak a felszínről beszivárgott csapadékvíz és minimális mennyiségű rétegvíz jelenléte volt észlelhető, melynek agresszivitására a 2400–7800 mg/l közötti szulfátion-koncentráció és 8,1–9,9 pH-érték jellemző.

A TERVEZÉSI FOLYAMAT

A tervezési feladat nehézségét általában azok a körülmények határozzák meg, amelyek eltérnek a szokványostól. Esetünkben is akadtak ilyenek szép számmal. Elsőként említhetjük, hogy az állomás területén jelentős a terepfelszín lejtése, ami 2,5 m szintkülönbséget jelent a műtárgy hossza mentén. Emiatt a réselési lavírsíkot is szintugrással s a résfal fejezékét lépcsősen kellett kialakítani. Az aluljáró alsó- és zárófödeme ezért szakaszonként

változó hossz- ill. keresztirányú lejtéssel készült, nehezítve a tervezést.

A Móricz Zsigmond körtéren a közművek kiváltása is bonyolult feladatot jelentett, így kényszerült például egy 300-as víznyomóvezeték 500-as védőcsővel a 70 cm vastag zárófödémbe.

Az állomásszerkezet alaprajza nem lehetett téglalap, mivel a Fehérvári út felől egy lakóépület nyúlik az állomás fölé, s itt a szükséges mértékben vissza kellett ugratni az állomási hosszalat, a Szent Imre szobor felőli oldalon pedig a korábbi években elkészült gyalogos-aluljáró benyúló szerkezete miatt kellett ferdén levágott sarokkal kialakítani a műtárgyat. Mivel a fűrőpajzs csak tengelyére merőleges homlokfalról indulhat, szükségessé vált a résfal kibontásának és egy bányászati technológiával kivitelezett indítófülkének a tervezése is. A legtöbb fejtörést azonban a fűrőpajzs (TBM) állomáson történő átvezetése okozta. Mint ahogy a legtöbb állomáson, itt is a TBM-űrszelvény biztosítása, az állomásszerkezetek kivitelezési folyamatába illesztése jelentett nehézséget. A pajzskontúr ugyanis belemetsz a belésfalakba, ezért azok csak a pajzselhaladás után építhetők. Optimális eset az volna, ha az alaplemez elkészülte után azonnal érkezik, majd távozik a fűrőpajzs, s ebben a rövid időszakban leáll az állomás építése. A valóságban azonban ilyen helyzet nem teremthető, hiszen több éves kivitelezési folyamatban napi pontossággal nem hangolható össze az alagút- és állomásépítés üteme.

Az állomási szerkezetek építésének előrehaladása kompromisszumokra kényszerítette az alagút-, az állomásépítőt és a tervezőt egyaránt. Az állomásra beérkező pajzs kezdeti, a vágánytengelyhez képest 15 cm-es elhúzásán túl az állomáson belüli átvontatáskor további 19 cm-es elhúzásra volt szükség ahhoz, hogy az állomás középső szakaszán a belésfalak megépülhessenek a pajzs áthaladása előtt, a végtraktusokban azonban még így sem voltak megépíthetők a 60 cm vastag belésfalak. Ezeken a helyeken acéloszlopokkal kellett kiváltani a pajzs űrszelvényének magasságáig a belésfalakat, így a szerkezeti vastagság lecsökkenhetett a kívánt 27–35 cm-es méretre, amely mellett az alagútépítő géplánc már elfért. Az indulási oldalon, a nyomókeretek környezetében azonban egyáltalán nem volt hely alátámasztó szerkezet építésére, ezért mindkét oldalon az érintett belésfalszakaszoknak a résfalfejezékéhez történő felfüggesztésére volt szükség.

Az előzőekben ismertetett körülmények mutatják, hogy a metró műtárgyainak tervezési folyamatában a kezdetben ismert körülményeken túl tekintettel kell lenni az építés technológiájából, készségéből adódó változásokra, a beépítést végző szakágak (pl. épületgépészet, villamos rendszerek, vágányépítés) igényeire és azok ütemezésére is.

A KIVITELEZÉS TECHNOLÓGIÁJA, ÉPÍTÉSI SORRENDJE

A kivitelezés az alább felsorolt építési szakaszokra bontható, azaz a megjegyzéssel, hogy az egyes szakaszokat is több fogásban építették meg s ezek egymással egy időben és folyamatosan is zajlottak.

¹ Projektmérnök, Eurometro Kft.–NovoProject Kft.; e-mail: novoproject@eurometro.hu

² Szerkezettervező, Főmterv Zrt.; e-mail: m.skublics@fomterv.hu

Fotók: Pócz Béla István

1. A felszínen levő, az állomás munkaterületébe eső burkolatok, villamosvágányok elbontása
2. Közművek kiváltása
3. A munkagödör felső szakaszának körülzárása hézagos cölöp-fallal
4. Az munkagödör alsó szakaszának körülzárása résfallal
5. A közbenső Vierendeel tartó megépítése
6. Alaplemez és bélésfalak elkészítése
7. Az állomási földem és a szellőzőfolyosók kivitelezése
8. Az aluljáróföldem megépítése

1. Az állomás környezetének a munkaterületét a vállalkozó 2006. május 3-án vette át. Első ütemben elbontotta a 6-os villamos hurokvágányát és a területen áthaladó 18, 41, 47-es villamosok vágányait, majd az állomás alapterületére eső út- és járda-burkolatot távolította el.
2. A következő ütemben kiváltotta a közművek egy részét, illetve védelemmel látta el a Váli utca torkolatában az elektromos vezetékeket, valamint az íves házak előtt a szellőzőlagutakat keresztező elektromos vezetékeket és a távhővezetékét.
3. Az állomás munkaterületének kerületén CFA-technológiával készült, 10,5-12,0 m hosszú, egymás között 15 cm hézagot hagyva, 0,6 m átmérőjű cölöpökből készült hézagos cölöpfall biztosította a munkagödör felső szakaszát, s ezzel a környező öt-hatszintes épületek állékonyságát is. A „gomba” épülete és a Szent Imre-szobor közötti szakaszon elégséges volt egy löttbetonnal védett rézsús megtámasztó szakasz. A cölöpfall a munkagödör nagy részén ideiglenes szerkezetként szerepel, csak a déli aluljáró Váli utcai, a körtéri és a Karinthy Frigyes úti feljáróknál, valamint az utóbbinál az aluljárószakaszban tervezték löttbetonnal kombinált végleges szigetelést tartó szerkezetként.
4. A hézagos cölöpfall védelmében alakították ki a réselés munkaszintjét a terepszinttől átlag 6 m mélységben. A réselés Liebherr típusú, hidrolánctalpas darura szerelt, 2,8 m pofanyílású, 1,2 m vastagságú résfal kivitelezésére alkalmas köteles rés-markolóval történt (1. ábra). A 6,1–9,8 m széles réstáblákat két-három fogásban markolták ki. A lejtős terep miatt 25,5 és 28,0 m hosszú réstáblák 2,0–2,8 m széles, hosszában egybeszerelt armatúráinak súlya 8,2–14,9 t volt. A pajzsok alagútból való be- és kitörésének helyén betonacél helyett azonos méretű, üvegszállal erősített műanyagbetétes rudakból álló armatúrával szerelt szerkezetet készítettek, melynek nyírószilárdsága olyan kicsi, hogy a pajzs gond nélkül áthatolhatott a résfalakon. A résfalra fejerenda került, melyet 6 m-enként áttámasztottak a szemközti oldalhoz 914 mm átmérőjű spirálvarratos acélcsővel, ezzel ideiglenesen kitámasztották egymáshoz a résfalakat. Ennek a kitámasztásnak a védelmében emelték ki a földmunka következő ütemét, egészen a Vierendel tartó ágyazatának alsó síkjáig.
5. Az így kialakított munkaszinten építették meg a később végleges szerkezetként működő Vierendeel tartót. Ezt a tartót a résfal vasszerelésébe helyezett acéllemezre hegesztett, 400 mm magas I tartó csomjait és a résfal fejerendájához 6 m-enként 45 fokban szögben felhegesztett, 457 mm átmérőjű acélcsövek tartották a helyén, amíg az alátámasztását is szolgáló bélésfalak és a velük együtt épített íves konzolok megépültek. A tartó szerkezete az állomásvégeken tömör, a középső szakaszon 12 m-es kiosztásban 1,3×1,6 m keresztmetszetű gerendák kötik össze a mindkét oldalon végigfutó, cca. 5,5 m széles lemezmezőket (2. ábra). A gerendaközökben a lemezmezőket három-három, 2,5×2,5 m méretű szellőzőnyílásokkal látták el.
6. Az utolsó lépcsőben az alaplemez alatti ágyazati réteg alsó síkjáig termelték ki a kiscelli agyagot. Az ágyazat és a vasalt szelölöbeton beépítése után került sor a dobozzerű szigetelésre. A szigetelés Preprufe szigetelőlemezzel történt, melynek erőssé-



1. ábra: A munkagödör képe a réselés megkezdésekor



2. ábra: Köztes állapot az északi vég felől nézve

ge, hogy a lemezre felhordott speciális anyag kémiai reakcióba lép a friss betonnal, és ezáltal nem csak a szigetelési funkciót látja el, hanem megakadályozza a vízvándorlást a szerkezet és a szigetelőlemez között. Az alaplemez földmunkájával párhuzamosan készültek a tartó alatti bélésfalszakaszok és a felső szakaszokkal egybeépített konzolok. Az alaplemez betonozása hat ütemben készült, egy-egy ütem hétvégi betonozásával, hogy a folyamatos betonszállítás ne a hétköznapi forgalmat akadályozza.

7. A tartó alátámasztása után kerülhetett sor a kétoldalt végighúzó szellőzőfolyosókkal együtt az állomási földem kivite-

lezésére, majd az állomás két végén a különböző funkciójú szerkezetek beépítésére (liftaknak, füstmentes lépcsőház oldalfalai, a déli oldalon a mozgólépcső lejtaknája, különböző célú vasbeton válaszfalak stb).

8. Az aluljáró földemjét két nagyobb szakaszban, időben is eltolva kiviteleztek. Az első szakaszban kellett megépíteni azokat a részeket, ahol a 18, 41 és 47-es villamosok ideiglenes pályáját alátámasztották, hogy a villamosforgalom minél hamarabb megindulhasson. A forgalom 2007 júliusában meg is indult. A második szakasz, amely befedte az aluljárót, kisebb fogásokra bontva, később készült el (3. ábra).



3. ábra: Az állomás a mélyépítési szerkezetek építésének befejezése után

A kivitelezés egész ideje alatt folyamatosan ellenőrizték a környező épületek és építmények mozgását. A legnagyobb süllyedést a Váli utca sarkán levő épületen mérték. Az épületállapot-felmérés során megállapított, cca. 60 mm megengedett süllyedéssel szemben a mért süllyedés mindössze 24 mm-t, a billenés 6 mm-t ért el



4. ábra: Különös gonddal történt a vasalások ellenőrzése

az állomás szerkezetének építése és a pajzsok áthaladása után. A munkához tartozott a 6-os villamos fejezgállomásának megvalósítása és a 61-es villamos vágánykapcsolatának létesítése a Villányi út és a Fehérvári út között. Utóbbi során több mint tíz ideiglenes forgalomtechnikai állapot alkalmazásával lehetett folyamatosan biztosítani a villamos- és közúti forgalmat a Bartók Béla úton.

SUMMARY

MÓRICZ ZSIGMOND CIRCUS STATION

The station was constructed by Strabag Zrt. as main contractor, with a width of 27.2 m, total length of 127.31 m, and a height exceeding 15 m. The station connects to an underpass, which had been previously completed. The main structural components include a deep station of several storeys, a single-storey underpass extending in three directions, and the ventilation shaft extending toward the front of the curved facade building. According to the general architectural concept, this station has spacious passenger areas, without interim supports. The structure is constructed on the basis of the design prepared by Főmterv Zrt., most of it is completed with quality concrete surface finish, i.e. no covering is installed on the surface of reinforced concrete walls and slabs.

The scope of works included completion of the terminal of Tram Line 6 and construction of a track connection for Tram Line 61. This latter work required more than ten different temporary traffic control phases to be implemented to ensure continuous tram and road traffic. Following public utility relocation, construction of the civil engineering structures commenced in August 2006 and was practically completed on 6 July 2006 after the handover of the work site to the fit-out contractor.



5. ábra: Jól kivitelezett látszóbeton

A FŐVÁM TÉR ÁLLOMÁS

APÁTI-NAGY MARIANN¹ – JUHÁSZ IMRE²

A Fővám tér déli oldalán, a Budapesti Corvinus Egyetem műemléki főépületének Duna felőli, nyugati homlokzata előtt telepített állomás a felszíni kötöttségek miatt szerkezetileg két eltérő típusú részből tevődik össze: résfalas technológiával határolt munkagödörben készített állomási doboz, illetve a tender szerint a Duna alatt bányászati módszerrel, löttbetonos biztosítással épült peronalagutak és szellőzőlagutak. A doboz tartalmazza az állomási peron 80 m-es hosszának körülbelül a felét, valamint az állomás üzemeltetéséhez szükséges gépészeti berendezések elhelyezését. Mivel ezen az állomáson van a 4-es metró vonalának mélypontja (az állomási szerkezet legnagyobb mélysége a felső rakpart alatt ~40 m), feladat volt fővízgyűjtő zomp létesítése is.

A réselt állomási doboz két részre van osztva, az állomási aknában van az utasforgalmi funkció: a középperon (a felszín alatt ~32 m mélységben), és ide érkezik a felszínről az akadálymentes közlekedést biztosító lift is. A peronszintről két mozgólépcsőn jut az aluljáróba az utas, az 5,5 m emelőmagasságú mozgólépcsőn közvetlenül a peron feletti szint közelíthető meg, innen egy másik, 20 m magasságú mozgólépcső visz fel az aluljáróba, ahonnan a felszínre fix lépcsők mellett ugyancsak mozgólépcsők és liftek állnak az utazóközség rendelkezésére.

A peron alatt gépészeti célú helyiségek találhatók, de az üzemi terek döntő többsége a másik, gépészeti aknában került kialakításra, ahová a Fővám téri gyalogos-aluljáróba vezető mozgólépcső elhelyezésére szolgáló lejtakna is kapcsolódik.

Az állomás dobozműtárgyának munkagödör-határolása 120 cm vastag résfalakkal történt, a dobozon belül egy ugyancsak 120 cm vastag harántrésfal megépítésével. A résfalak hidrofrézeres technológiával készültek (1. ábra), az alsó és felső rakpart részben egyidejű lezárása mellett 2007. áprilisa és 2008. májusa között. A munkagödört határoló résfal több ütemben történt megépítése után kezdődhetett meg a földkiemelés a munkagödörből.

Az állomási doboz zárófödémével egybeépített zárt keretalagútban halad a 2-es villamos, mely az állomás szerkezetének szerves részét képezi. A monolit vasbeton szerkezet itt a résfalakra illetve a harántrésfalra támaszkodik. A lejtakna melletti szakaszon hosszirányban a lejtakna nyugati résfalára, illetve a Duna felől épített réspillérekre támaszkodik, a hasonló merevségű alátámasztás biztosítása érdekében. A zárt keret északon a lejtakna felső végénél csatlakozó gyalogos-aluljáró kontúrjánál, a déli oldalon pedig a réselt állomásrész déli kontúrjának vonalában ugyancsak dilatációval kapcsolódik a villamospályát továbbvezető műtárgyszakaszokhoz. A villamos üzemét 2009. október 31-én sikerült a teljes vonalon visszaállítani, eközben az állomásban a munkavégzés zavartalanul folytatódik.

Az oldalirányú kitámasztást biztosító födém szerkezetek a földkiemelés előrehaladtával ütemezetten, földzsálon épültek, ám nem a tenderben eredetileg szereplő ideiglenes kitámasztó szerkezeteket építették be, hanem rögtön a végleges szerkezeteket kiviteleztek. Az építészeti koncepció nagy légtérű, átlátható állomást fogalmazott meg, ezért a kitámasztó födémek nem lemez szerke-



1. ábra: Réselés hidrofrézéssel az alsó rakparton, 2007. június



2. ábra: Látszóbeton gerendarács a lejtaknában, építés alatti felületvédelemmel, 2008. január

zetek, hanem látszóbeton felülettel, egyedi geometriával kialakított vízszintes gerendarácsok (2. ábra). A födém szerkezetek és az alapelem rögzítésére a résfalba előre beépítették a szükséges kizárásokat, amelyekhez a födémek idomacél csomópontokkal tudtak csatlakozni.

A kisebb mélységű lejtaknánál, illetve a 2-es villamos pályájának átvezetésére szolgáló zárt vasbeton keret alátámasztásánál nem volt szükség 120 cm vastag résfalakra, itt 80 cm vastag, hagyományos résfalas technológiával készült szerkezetek épültek. A két résfaltípus csatlakozásánál a vízzáróság biztosítása érdekében JET-cölöpöket alakítottak ki.

Először az alsó rakparton a résfalak által határolt nyitott munkagödörben megépült a felülbordás zárófödém, majd elkészült a szigetelés és az útpályaszerkezet, amely után az alsó rakpart a gépjárműforgalom számára 2007. szeptember 2-án visszaadhatóvá vált.

¹ Projektmérnök, Eurometro Kft.; e-mail: anm@eurometro.hu

² Szerkezettervező, Uvaterv Zrt.; e-mail: juhasz@uvaterv.hu

Fotók: Vanik Zoltán

Ezután a BCE főépülete mellett nyitott munkagödörben épült meg az aluljárószint, amelynek földeme összeépült az alsó rakparton már megépült földemszakasszal. Ezt a felső rakparti zárófödém építése követte, ez után kezdődött meg az aluljárószinti földém alól a földkiemelés (3. ábra). A kitámasztó szintek építése után, a megfelelő betonszilárdságot elérve alábányászással termelték ki a földet addig a mélységig, ahol megépíthető volt a következő kitámasztó szint. A P+1 jelű kitámasztó földém alatt épült meg az alaplemez, a korábbi munkafázisok tapasztalatai alapján az eredetileg tervezett ideiglenes közbenső kitámasztó földém létesítése nélkül. A terhek csökkentése érdekében az állomási résfalakon, ill. víztelenítő kutakon keresztül a talajvíznyomást ehhez le kellett csökkenteni. A 4 m vastag monolit vasbeton alaplemez, mely önsúlyával, illetve a résfalakkal együttműködve, erőátadó kapcsolatok kialakításával áll ellen a jelentős talajvíznyomásnak, a szerkezet felúszását hivatott kellő biztonsággal megakadályozni. A harántrésfal talpának mélységét a résfal önsúlyán felüli, megfelelő lehorgonyzó hatás biztosításának érdekében kellett növelni.



3. ábra: Megkezdődött a földkiemelés utolsó szakasza, 2008. szeptember

Az üzemi térben szükséges, nem kitámasztó szereppel bíró közbenső szintek, illetve a lejtakna oldalfala és a további belső falak, pillérek ezután a már megépült szintekről hagyományos módon, alulról felfelé haladva épültek.

A tenderhez képest több változás történt a műtárgy kialakításában, ezek egy részét a kiviteli tervezésben, másik hányadát az építési engedély módosításának 2008-ban történt eljárásában lehetett kezelni. Elmaradt a Duna alá tervezett ún. nyugati szelőlőzöralagút (ennek összekötő alagútjában tervezték elhelyezni a vonali fővízátemelő műtárgyat), szerepét a Szent Gellért téri állomási szellőzőrendszer át tudta venni. A fővízátemelőt az állomási alaplemez süllyesztékében lehetett kialakítani, ami a vonalvezetés lokális korrekcióját is maga után vonta.

A Fővám téri állomás ajánlatkérési dokumentációjához a Geovil Kft. készített mérnökgeológiai szakvéleményt (GT-06/2005. június), melyet később további vizsgálatok alapján, több alkalommal kiegészített.

A réselt állomási doboz tervezése során a legnagyobb problémát a nyugalmi földnyomás kiemelkedően magas értéke jelentette, melyt a szakvélemények végül már a függőleges talajnyomás másfélszeresében adtak meg. Ez jelentős többletvasalás alkalmazását kényszerítette ki, mivel a résfalak korábbi kivitelezését követően a végleges állapotban fellépő jelentős oldalnyomást csak a bélésfalak és földemgerendák teherbírásának növelésével lehetett felvenni.

A BCE főépületének állapota és rossz általajviszonyai miatt az építési tevékenység okozta süllyedések minimalizálására volt szükség, mind a résfalas, mind a bányászott műtárgyak kivitelezése során. Ez a követelmény már a tervezési folyamatban meghatározó jelentőséggel bírt.

Az állomás bányászati módszerrel épült szakaszainak kiviteli tervezése során különösen szem előtt kellett tartani az agyagtakarás vastagságát, különös tekintettel a Duna mederfenekének vonalát követően mélyülő agyagfelszínre. Az állomási dobozt és a csatlakozó alagutakat is vetők harántolják, ezért az előkészítő szakaszban felvetődött a nyitott módszerrel, a Dunába építendő „műszigetről” történő peronalagút kivitelezésének lehetőségére is.

Az eredetileg a Duna alá tervezett peronalagutak a szerkezet-építő vállalkozó Hídépítő Zrt. által kezdeményezett, az építési kockázatok csökkentése érdekében történt változtatás alapján végül fele hosszban a BCE főépülete alá kerültek. A Duna alatti, mintegy húszméternyire csökkentett hosszúságú peronalagutak építése során, főként a biztonság, a vízbetörés elkerülése érdekében, a második szakaszon talajfagyasztásos segéd eljárás alkalmazása mellett döntött a vállalkozó. A fagyasztás folyékony nitrogén alkalmazásával történt.

Az állomási dobozhoz így mindkét oldalon peronalagutak csatlakoznak, összesen négy alagútnyúlványban lehetett a szükséges peronhossz másik felét kialakítani. (4. ábra)



4. ábra: Fagyasztólándzsák elhelyezése a Duna alatti északi peronalagút 2. szakaszához, 2009. február

Az állomás bányászati módszerrel épített szakaszai a réselt doboz műtárgy alaplemezeinek kivitelezése után indultak. A résfal elbontása után szakaszos földfejtéssel történt az alagút építése, a nagy keresztmetszet miatt osztott szelvényekkel. Előbb oldaltárat fejtettek 80 cm-es fogáshosszakkal, rövid gyűrűzárási időt tartva, majd felbővítették a szelvényt a kívánt méretre. Az egyes lépések után a felületet háromövi íves rácsostartókra szerelt, kétrétegű hálós vasalással erősített löttbetonnal biztosították. A közbenső löttbeton ívet csak a teljesen zárt ív megépítése és megfelelő betonszilárdság elérése után bontották el.

Az ideiglenes biztosítást olyan keresztmetszettel és biztonsággal kellett kialakítani, hogy a pajzsok áthaladása után a teljes vonalalagút megépítéséig (kb. két év) szükséges időre megfelelően állékonyak maradjanak. Az alagutak belső köpenye csak ezt követően lesz megépíthető, zsáuzott szerkezetként, vízzáró monolit vasbetonból.

Az üzemi térhez a lejtakna alatti szakaszon csatlakozik egy ötödik alagút, mely a vonal szellőzését szolgálja és a BCE főépülete alatt csatlakozik a vonali alagutakhoz. Maga a vonali alagútra rátörés csak a pajzsok munkájának befejeződése után végezhető el, a tübbinges alagútfalazat megbontásával, ideiglenes segéd-szerkezet alkalmazása mellett. A szegmensek kibontása után bányászati módszerrel, löttbetonos biztosítással készül el a rátörés a másik vonalalagútra, majd az északi alagút alatt áthaladva az összekötés a szellőzőalagút már megépült szakaszával.

Ez a műtárgyrész szintén bányászati módszerrel, löttbetonos primer biztosítás mellett épült, az erre felhordott szórt szigetelés (BASF Masterseal 345 szórt vízszigetelő membrán) után a belső, végleges teherviselő falazat pedig acélszál erősítésű löttbeton szerkezettel készült. A megfelelő tűzállóságot a felületre utólag felhordott 5 cm vastagságú tűzgátló réteggel lehet biztosítani.

Elmondhatjuk, hogy a gondos tervezés és az építéstechnológiai előírások fegyelmezett betartásának eredményeképpen a BCE főépülete a réselt doboz kivitelezése alatt 15 mm-es maximális süllyedést kellett elszenvedjen, az alagútépítés során további 8 mm süllyedés alakult ki. Az épületszerkezeteken hajszálrepedések túl súlyosabb károsodás nem volt tapasztalható. (5. ábra)

Az állomás felett a felszínen gyalogos-, kerékpáros- illetve trolibuszforgalom számára létesülnek közlekedési útvonalak és zöldterületek, a Fővám tér és környezetének teljes átalakulása szorosan kapcsolódik a metróberuházáshoz. A gépjárműforgalom

továbbra is az alsó rakparton halad. A BCE főépülete előtti felső rakpartra érkezik az állomásból a lift, és itt kerül kialakításra az állomási lejtaknát részben lezáró impozáns üvegterető, amely két kristály alakú tömbjével térplasztika-szerűen jelenik meg, a mély-állomásba pedig természetes megvilágítást juttat be.

SUMMARY

FŐVÁM SQUARE STATION

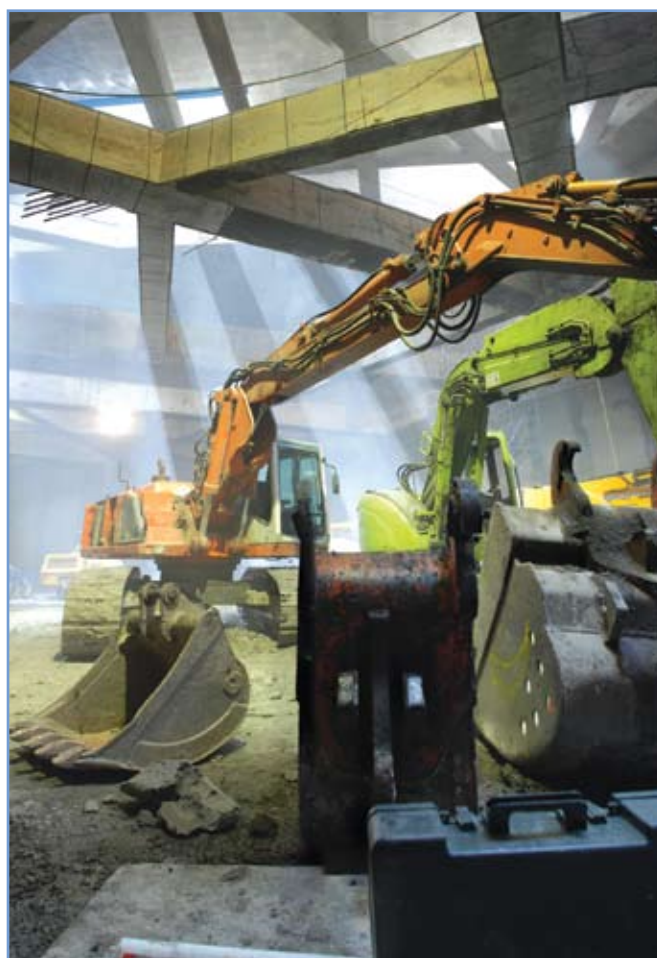
The station located in front of the west side (toward the Danube) of the listed main building of the Budapest Corvinus University consists of two structurally different parts due to the limited arrangement possibilities on the surface. On the one hand, a station box, in case of which the construction pit is supported by 120 cm thick diaphragm walls, including a 120 cm thick transversal diaphragm wall. All diaphragm walls are constructed using a hydrofraise system. Tram Line No. 2 runs above the station box in a closed frame tunnel, forming an integral part of the station. According to the tender documentation, under the Danube mined shotcrete platform and ventilation tunnels connect to the station box. However, on the basis of a variation implemented in order to minimize construction risks, half the length of the platform tunnels was relocated under the main building of the University, and the function of the west ventilation tunnel could be ensured within Szent Gellért station, therefore this structure was omitted.



5. ábra: 2009. augusztus 6-án a második pajzs is betört az állomásba (Fotó: Vanik Zoltán)



6. ábra: Megnyerő fények az épülő állomásban



7. ábra: Az utasoknak is hasonló látványban lesz részük

A KÁLVIN TÉR ÁLLOMÁS

PETHŐ CSABA¹ – TELEKI ZSOLT²

A metróvonal egyik fontos átszálló csomópontja a Kálvin tér délnyugati részét foglalja el, beszorítva a református templom és a biztosító épülete közé, kijárata a jelenlegi aluljáró megmaradó csarnokrészéhez csatlakozik. A peron a felszín alatt mintegy 21,5 m mélységben van.

A szerkezet kivitelezése a műtárgy elhelyezkedése, kialakítása, a téren működő számtalan közművezeték és nem utolsósorban a környező épületek fokozott védelmének szem előtt tartásával nem szokványos műszaki és emberi kihívást jelentett az összes résztvevőnek. Már az engedélyezési eljárás sem volt egyszerű, hiszen három kerület, a Főváros, számtalan szakhatóság és közműszolgáltató igényeinek kellett megfelelni.

A Kálvin tér Budapest egyik legfontosabb közlekedési csomópontja, a szerkezetépítést ezért össze kellett hangolni a párhuzamosan készülő Kálvin téri felszín, a Múzeum és a Várház körút, a Szabadság híd és számos további csomópontot érintő utcák felújításával, ezért az organizáció – ami egy ekkora volumenű építkezésnél egyébként is nehéz feladat – különösen nagy odafigyelést, felkészültséget és együttműködési készséget kívánt minden résztvevőtől.

A műtárgy építésének kezdetén közművezetékek tucatjait kényeszerült a vállalkozó szakaszosan kiváltani, munkája közben jelentős számú nem várt akadályba ütközve (helyszínrajzon nem jelölt helyen és használaton kívüli közművek, szerkezetek), mindezek hátráltatták és drágították is a kivitelezést.

A vállalkozó már az építés előkészítő szakaszában törekedett arra, hogy a kivitelezésnek a tér környezetében lakókra, üzletekre és intézményekre gyakorolt negatív hatásait minimalizálja, ami az állandó kapcsolattartáson túl rendszeresen meghirdetett lakossági fórumokon keresztül valósult meg. Ezt az amúgy sem gördülékeny folyamatot tovább nehezítette a metróépítést ellenző állásfoglalások túlságosan nagy nyilvánossága. (1. ábra)

A kivitelezés teljes időtartama alatt süllyedéseket, elmozdulásokat mérő automata rendszer működött, az innen nyert adatokat kontrollálták és kiegészítették a rendszeres manuális mérések. A monitoring rendszer mérési adatsora igazolta a gondos tervezés és kivitelezés eredményeképpen végbement, tervezett mértéken belül lezajlott, minimális mozgásokat. A környezetvédelmi előírások betartásának érdekében a vállalkozó rendszeres mérésekkel ellenőrizte a környezetre háruló zaj- és porterhelést is.

A környező épületek megóvásának tekintetében feltétlenül meg kell említenünk a Kálvin tér 7. szám alatt álló református templom problémáját. A kivitelező a templom szerkezetének állapotára való tekintettel igen körültekintő felmérési és megerősítési munkákat végzett az állékonyság megóvása érdekében. Ennek részeként az eredetileg tervezett megerősítéseken túl abroncsgerenda, jet-grouting eljárással alapmegerősítés, a tornyot stabilizálandó pedig alul rejtett vasbeton, felül acélszerkezetű kiváltó készült. Mindemellett a templom főhajójának megerősítése is megtörtént a falak egymáshoz feszítésével, továbbá az épít-



1. ábra: A gerendás földem építése

kezés ideje alatt nehéz állványzat biztosítja az épületet. E tevékenységnek köszönhetően a templom szerkezete különösebb károsodás nélkül viselte a közvetlen közelében végzett mélyépítési munkák hatásait.

Az építészeti koncepció miatt az állomáson szükséges üzemi tér egy része a peron alá került, hogy az állomás átlátható maradjon, így az átszállókapcsolatot biztosító lejtakna mellé lettek elhelyezve. Ez a lejtakna az állomási dobozon belül hagyományos mélyépítési szerkezetű, de a 3-as vonalhoz csatlakozásnál bányászati módszerrel, löttbetonos biztosítással készült. A műtárgy egy részét már a 3-as metróvonallal együtt megépítették, ami a működő metróvonal forgalmának akadályozását és a szerkezetek károsodását is jelentősen csökkentette. (2. ábra)



2. ábra: Épül az átszállási lehetőség a 3-as vonalra

¹ Szerkezettervező, Uvaterv Zrt.; e-mail: petho@uvaterv.hu

² Műszaki ellenőr, Eurometro Kft.

A korábban épített metróvonal polgári védelmi követelményeinek kielégítésére speciális elzárókapu szükséges a két vonal között. A 7,0 m járószélességű átszállófolyosóba a tervezett 5-ös metróvonal felé kialakított, 8,0 m széles kapuzatot is beépítették, emiatt az átszállóalagút különleges kialakítást igényelt.

Az állomási szerkezetek vízzárását különleges adalékolású, és repedések kialakulása ellen külön bevasalt szerkezetek biztosítják. Az átszállófolyosó alagútszerkezetét a bonyolult kapcsolatok miatt műanyag fóliával lehet szigetelni, a szellőzőalagutakba pedig szórt szigetelőréteg kerül. A zárófödém csapadékvíz elleni szigetelése hagyományos bitumenes lemezzel készül.

A résfalazás után az állomásszerkezet fentről lefelé haladva épült meg, szakaszos földkiemelés és ideiglenes csőtámaszok beépítésével. A csőtámaszok statikai szükségességük mellett a kivitelezés többi munkafolyamatát nehezítették, és csak a végleges vasbeton kitámasztószerkezetek elkészülte után kerültek eltávolításra. (3. ábra)



3. ábra: Ideiglenes kitámasztás és aláfejtés

A felülről lefelé történő építési sorrend gondos organizációs tervezést igényelt, hiszen az állomás- és az alagútépítés kiszolgálása mellett a felszín mielőbbi helyreállítása is a követelmények között szerepelt, legelőbb a villamosforgalom helyreállítása. Ezt a vállalkozó úgy oldotta meg, hogy az állomás többi részétől eltérően itt előre megépítette a zárófödémét. Az állomás többi részén ez később következett be, de a földemelés, kitámasztó szerepük miatt, korábban elkészültek, mint az alaplemez. A földemelés kialakított ideiglenes technológiai nyílásokon keresztül történt a fejtett talaj kiemelése és az anyagok leadása. A földkiemelés idején szükséges nagytömegű anyagmozgatás befejeztével a csökkenő anyagmennyiségekhez már kisebb nyílások is elegendők, így a felszín fokozatosan visszaadható a végleges állapot fázisonkénti kialakítására.

Az állomás területének talajviszonyai az általános pesti viszonyoknak megfelelőek: a felső 12,5–15,5 m-es réteg természetes településű homok–kavics vagy a felső sávban vízvezető kultúr feltöltés. Mélyebben különböző vízzáró talajrétegek következnek, ezek a Kálvín tér alatt levő vetők miatt nagyon bonyolult kifejlődésűek. Az átszállókapcsolat szintjén megjelenő szemcsés talajok cementáltak voltak, így a vizet nem vezették. A szellőzőalagutak a vízvezető rétegekhez közelebb fekszenek, ezért építésük nagyobb odafigyelést igényel, és szükség esetén majd talajkezelésre is sor kerülhet. (4. ábra)



4. ábra: Beérkezett mindkét alagútépítő géplánc



5. ábra: A 'kutyacsont' építés közben, felületvédő szerkezetekkel ellátva

A vonalalagutak az üzemelő 3-as metró alagútjait felülről keresztezik, mindössze 1,0 m-es földmag meghagyásával. Az állomási doboz a 80,0 m-es szabad peronhosszon túl, a szellőzési rendszer helyigénye miatt 95,2 m-es hosszban épült, szélessége 25,0 m. Helyzetét és geometriáját a tér felszíni adottságai mellett az üzemelő 3-as metróvonal és a gyalogos-aluljáró elhelyezkedése is befolyásolta. Az állomásból az aluljáróba 8,7–8,7 m emelőmagasságú mozgólépcsők vezetnek, az átszállás a közbeni kitámasztás földemelésén történik. A mozgáskorlátozottak akadálymentes közlekedéséhez az aluljáró és az állomási peron között ikerlift áll rendelkezésre. Az állomás építése miatt elbontott aluljárórészen a felszíni kapcsolatot két új lépcsős kijárat és két felvonó biztosítja majd.

Az átszállókapcsolat mozgólépcsőin előbb 15,1 m-es ereszkedéssel, majd 8,1 métert emelkedve juthatunk a már üzemelő Kálvín téri állomásba, hiszen mindkét vonali műtárgyat alulról kell keresztezni. Ennek oka, hogy a 3-as metróvonal építése idején a 4-es vonal keresztezése még alul történt volna és a csatlakozó szerkezet beépítése is eszerint történt.

A talajviszonyokból és az állomási műtárgy geometriájából adódóan a réselési munkafolyamat (részlegesen 45,0 m mélységig,

1,25 m falvastagsággal) nem szokványos feladatot jelentett a vállalkozó számára, melyet az építési kockázatok csökkentése érdekében folyamatos munkarendben végeztek.

A talajvíz elleni szigetelés az építési technológiának, a talajrétegződésnek, talaj- és rétegvíz viszonyoknak megfelelően került kialakításra, a vállalkozó igyekezett mindig a legkedvezőbb technológia felhasználására, ezért szórt, fóliaszigetelések, vízzáró beton, fuga- és duzzadó szalagok, injektáló tömlők kerültek felhasználásra, illetve beépítésre, a szerkezeti kialakításnak megfelelően. A műtárgy méretei, mélysége szükségessé tette a bevált építési technológiákat kiegészítő ötletes kivitelezői megoldások sorának alkalmazását, a használt zsaluzatok alátámasztásai is a mérnöki munkát dicsérik. (5. ábra)

A szerkezet leglátványosabb elemei kétségtelenül a „kutyacont” ragadványnevű keresztirányú, horizontális vasbeton kitámasztások, amik az építésszek merész elképzeléseit tükrözik mindkét síkon íves kialakításukkal, feladva ezzel a leckét a statikus tervezőknek és a kivitelezőknek egyaránt. Ezek a szerkezeti elemek a vízszintes munkahézag szakaszolásával, egyedi betonacél-konstrukció megvalósításával készültek, a kivitelező, statikus tervező és zsaluzatszállító vállalkozó példaértékű közös munkájának eredményeképpen.



6. ábra: Kánikula és teljes „nagyüzem”

Az utasforgalmi terekben az építésztervek alapján a megbízó a látszóbetonra felületi követelményeket írt elő, nagytáblás zsalurendszerekkel, váltakozóan sima és matricával kialakított struktúrált felületeket létrehozva. Mivel Magyarországon ennek a technológiának nincs komoly hagyománya, a feladat alapos előkészítő munkát és szigorú technológiai előírások betartását kívánta meg a kivitelezőtől. A monumentális szerkezetek nagy felületeinek megfelelő minőségben történő kivitelezése a szerkezetépítő vállalkozó és a projektfelelős műszaki kollektívájának összteljesítménye.

Az alagútépítő géplánc állomáson történő áthaladásának biztosítása számos szerkezeti elem két részletben történő megépítését tette lehetővé: a pajzs érkezése előtt és elhaladása után, a pajzs geometriájának figyelembevételével. A vállalkozó ütemterve a kapcsolódó szerződések interfész követelményeinek és a módosult megbízói igények figyelembevételével a kivitelezés folyamán többször változott.

SUMMARY

KÁLVIN TÉR STATION

Kálvin tér station is not simply one of the high priority stations of the Metro 4 Line owing to the numerous transfer opportunities but is also one of the most important transport junctions of Budapest. Therefore the structure construction works had to be coordinated with the parallel surface reconstruction of Kálvin tér, Múzeum and Vármű körút, as well as the refurbishment of Szabadság Bridge. The organization of these works required special care and competence of the participating parties. The station was constructed in the south-west part of Kálvin tér, the exit connects to the remaining part of the existing underpass, besides a connecting tunnel ensures a direct link to the Metro 3 Line. The running tunnels lead above the Metro 3 Line tunnels, leaving only 1.0 m intact soil in between. The station box is 95.2 m long, due to the room required for the ventilation system in addition to the 80.0 m platform length, the width of the station is 25.0 m. Evidently, the most spectacular components of the structure are the „dog bones”, i.e. the transversal horizontal reinforced concrete struts with curved profile in both planes, reflecting the brave concept of the architects.

KÉZIRATOK TARTALMI ÉS FORMAI KÖVETELMÉNYEI

Folyóiratunk általában eredeti cikkeket közöl, az ettől való eltérést külön jelöljük. Kérjük szerzőinket, a kézirat leadásakor nyilatkoznak, hogy a cikket máshol nem jelentették meg és nem adták le közlésre.

A cikkek javasolt terjedelme 4-8 nyomtatott oldal. Egy csak szöveget tartalmazó oldalon mintegy 6000 karakter fér el (szóközzel).

Kérjük tisztelt szerzőinket, hogy a megjelentetni kívánt cikkek kéziratait a következő formában készítsék el:

- A kézirat szövege **önállóan**, esetleges lábjegyzetekkel, ábra-, táblázat- és képhivatkozásokkal, a szöveg végén külön ábrajegyzékkel, *.rtf vagy *.doc formátumban,
- táblázatok és grafikonok **külön-külön**, *.doc vagy *.xls formátumban,
- ábrák, fényképek stb. **külön-külön** file-ban, nem a szövegbe beágyazva, *.xls *.tif, *.eps vagy *.jpg (300 dpi felbontással!) formátumban.

Az azonosíthatóság és kezelhetőség érdekében valamennyi táblázat, grafikon, ábra, fénykép sorszámmal és címmel legyen ellátva.

Kérjük, hogy a cikkhez egy 40-80 szó terjedelmű **angol nyelvű kivonat**ot mellékelni szíveskedjenek.

Kérjük, hogy valamennyi szerző elérhetőségét (munkahely, postacím, telefon, fax, e-mail) tüntessék fel.

A kéziratokat e-mailen, vagy szükség esetén CD-n a felelős szerkesztő címére kérjük küldeni.

(szerk.)

A NÉPSZÍNHÁZ UTCA ÁLLOMÁS

JUHÁSZ IMRE¹ – PUCHMANN GÁBOR²

Az állomás helyének megválasztását a Népszínház utca jelentős villamos- és autóbusz-forgalmához való kapcsolódás, valamint az Erkel színház közelsége indokolta. Az állomás építéséhez rendelkezésre álló munkaterület a Köztársaság tér zöldterületének délnyugati részén helyezkedik el, így a közúti forgalom korlátozására nem volt szükség. Az első jelentős feladatot a fakivágás és a termett talaj eltávolítása képezte. A 4-es metró környezetbarát építési koncepciójára tekintettel a méretük és állapotuk alapján a szakértők által arra alkalmasnak ítélt fákat speciális célgéppel áttelepítették a park előre kijelölt egyéb területeire. Az áttelepítéseket végző gép 3,0 m átmérőjű, szabályos félgömb alakú, hosszirányban nyitható markolókanállal gyökérzetükkel együtt emelte ki az áttelepítendő fákat, majd helyezte az új helyükön előzetesen ugyanezzel a géppel kiemelt ültetőgödörökbe (1. ábra). Ezzel a technológiával 11, 20-40 cm törzsátmérőjű fa áttelepítésére került sor, melyek gondos utókezeléssel sikeresen átvészelték az átültetést. A méretük vagy állapotuk alapján áttelepítésre alkalmatlan, így kivágásra ítélt fák helyett a VIII. kerület más zöldterületein törzsátmérőjük másfélszeresének megfelelő mennyiségben ültettek facsemetéket. Az építési terület munkagödörön kívül eső fáit kalodával védték, a letermelt humuszos talajréteget pedig külön lerakóhelyen depónálták. Az építési területen viszonylag kevés meglévő közmű ki-váltására volt szükség, de a park öntözőhálózatát és közvilágítását az építés idejére meg kellett szüntetni.



1. ábra: Élő fa kiemelése az átültető célgép segítségével

Az építési technológia meghatározásakor – a kivitelezést megelőző épületállapot-felmérés alapján – közelségére, magasságára és alapozási mélységére tekintettel kiemelt figyelmet kapott a Népszínház utca és Luther utca sarkán lévő toronyház épületének védelme.

A talajmechanikai feltárások alapján a terület talajviszonyai közel egyenletesnek mondhatók. Az állomás környezetének 105,60–106,40 m Bf. magasságához a mértékadó talajvízszintet 104,50 m Bf. szinten adta meg a szakvélemény. A felső kb. 2,3 m vas-

tagságú feltöltés alatt előbb finomszemcsés homokliszt, illetve finom homok rétegösszlet található, amely alatt gradált rétegsorú homokos kavics van az agyagrétegig. Az agyag felszíne közel egyenletes a 94,24 m Bf. szinten, a homokos-homoklisztes agyag jelentős, 50%-ot is meghaladó homok- és homokliszt-tartalommal rendelkezik. A fúrásokban változó elhelyezkedéssel 10 cm vastagságú homokerek is találhatók, mind az alaplemez, mind a résfal talpának környezetében. A geotechnikai vizsgálat során az észlelt homokrétegekben próbaszivattyúzás is készült, amely igazolta, hogy ezen rétegek a felső kavicsréteggel nem állnak közvetlen kapcsolatban. Mivel a homoklencsék a munkatér-határolás szempontjából legkritikusabb helyen, a résfal talpának környezetében helyezkedtek el, ezért a földkiemelés az alaplemez magasságában a külső oldali rétegvizek folyamatos szivattyúzásával és a belső oldalon kutatófúrások készítésével párhuzamosan zajlott.

2007 tavaszán kezdődött a réseléshez szükséges lavírsík kialakítása, a terepszinttől 2,5 m-es mélységben, rézsús munkagödör-határolással (2. ábra). A munkák során felszínre került egy 100 kg-os II. világháborús bomba, melyet a tűzszerészeti szakértők elszállítottak és hatástalanítottak.



2. ábra: A lavírsíkon épül a résvezető gerenda

¹ Szerkesztetervető, Uvaterv Zrt.; e-mail: juhasz@uvaterv.hu

² Projektvezető, Eurometro Kft.

Fotók: Vanik Zoltán

A résvezető gerendák első szakaszának megszilárdulása után megkezdődött a réselés, melyet egy 30 m-es gémhosszúságú réselőgéppel végeztek. A 109,5×25,6 m méretű állomási doboz körülhatárolása 1,0 m vastagságú és 29,0 m mélységű vasbeton résfallal történt, ehhez kapcsolódott még az állomás nyugati végén a szellőző 30,0×6,0 m alapterületű kivezetésének résfala 0,6 m vastagságban és 13,0 m mélységben. Az 1,0 m vastagságú résfal 9,2 m széles szakaszokban épült, egy szakasz kialakításához először a két szélső harapást készítette el a réselőkanál, majd ezeket egybenyitotta a középső harapással. A felszíni süllyedések alacsony szinten tartása érdekében az elfogadott technológiai utasítás 24 órában korlátozta a réstábla megnyitásától a betonozás befejezéséig terjedő időszakot, mely szigorú technológiai fogelírt követelt meg a kivitelezőktől.

Az alagútépítő pajzsok állomásra érkezésénél és távozásánál, a résfal áttörésének megkönnyítése érdekében az érintett szakaszokon a réstáblák betonacél helyett üvegszál anyagú bordás rudakkal kerültek megerősítésre, mivel az így készült betonszerkezeten a pajzs marótárcsái károsodás nélkül képesek áthaladni. A réselési munkák három hónapig tartottak, így 2007 szeptemberére az állomási tér körülhatárolása elkészült.

Az állomás kialakítása szerkezetileg három fő részre osztható: állomás eleji üzemi terek, állomási peronszakasz és állomás végi üzemi terek. A tervezés során törekedtek arra, hogy a résfal megtámasztására lehetőség szerint a végleges szerkezeteket használják. Így kétféle megtámasztási módszer alkalmazását kombinálva: a középső, peronszakaszon fentről lefelé haladva készültek a P+1 és P+3 szinteken kialakított vasbeton megtámasztó rendszerek, melyek ideiglenes állapotban a résfalba vésett fogakra, hornyokra támaszkodnak. A megtámasztó rendszer az állomás hosszoldalán végigfutó, fekvő helyzetű Vierendeel tartókból és az azt összetámasztó gerendákból áll (3. ábra). A két megtámasztó szint oszlopokkal össze lett kapcsolva. A Vierendeel tartók egyben biztosítják az összetámasztó gerendák teherelosztását és lehetővé teszik a peron feletti füstelszívás ideális kialakíthatóságát. A kiviteli tervek készítéséhez kapcsolódó talajmechanikai számítások alapján a résfalelmozdulások és ebből következő felszíni süllyedések minimalizálása érdekében a kivitelező az alaplemez alsó síkjáig tartó földkiemelés félidejében ideiglenes kitémasztó szintet épített be, majd ezt követően végezte csak el teljes mélységig a földfejtést (4. ábra). A földkiemelés során egy jelentősebb méretű homoklencse is feltárára került, melynek víztelenítése nyílt víztartással és az így összegyűjtött víz felszínre szivattyúzásával kezelhető volt.



3. ábra: A P+3 szint (felső) kitémasztó rendszer építése



4. ábra: Földkiemelés az állomás keleti végén

A 3,0 m átlagos vastagságú vízzáró vasbeton alaplemez rendkívül nagy tömegére tekintettel a szerelőbetonon előzetes lehajlasmérések készültek a kedvezőtlen süllyedések kiküszöbölésére, melyek alapján az ágyazati réteget helyenként meg kellett erősíteni. A teherbírás szempontjából egyenértékű, ugyanakkor gazdaságosabb megoldás érdekében az alaplemez szélein ékes kialakítást terveztek, továbbá a fővíztemelő akna eredetileg mélyebbre süllyesztett alapozása is megtakarítható volt az akna földemlékének teherhívésbe történő bevonásával.

Az alaplemez betonozása hat szakaszban történt, a nagy szerkezeti vastagság miatt az egyes szakaszok alsó és felső rétege is külön ütemben készült. A munkák 2009. januárjában kezdődtek, de a rendkívüli hideg sok esetben akadályozta a munkavégzést. Az alaplemez nagy vastagságú és sűrű vasszerelése alól az oda-fagyott csapadékot csak nagy nehézségek árán lehetett eltávolítani, továbbá több esetben a beton helyszínre juttatása is ellehetetlenült, mivel az a szállítás alatti jelentős lehűlés következtében bedolgozásra alkalmatlanná vált (5. ábra).

Az alaplemez végül 2009 márciusára készült el, ekkor kezdődhetett az utasforgalmi térben az alaplemez és a kitémasztó szintek közötti beléfal, az állomás nyugati végében pedig az üzemi terek építése. Megépült még a pajzsok állomáson történő áthúzásához



5. ábra: Az alaplemez középső szakaszának vasszerelése

szükséges feltöltőbeton, mely végállapotban a metró vágánybetonjának részét képezi.

A tenderdokumentációban a bélésfalak építészeti szempontból kiemelt fontosságú, látszóbeton felületekként kerültek meghatározásra. A kivitelező a helyszíni betonozással szemben az előregyártás során biztosítható kedvezőbb feltételekre tekintettel, az építész tervezővel egyeztetve a végleges látszó felületek kialakítását előregyártott vasbeton kéregelemekkel oldotta meg, így a bélésfalak építése során csak a vízzárósági szempontot kellett szem előtt tartania. Az oszlopok, gerendák és egyéb látszó szerkezetek azonban helyszíni látszóbeton felülettel készültek, az ezekben előforduló felületi hibák igazolták a kivitelezőnek a monolit látszóbeton felületek csökkentésére való törekvését.

Az állomás nyugati végi üzemi tereinek építése az alaplemezről kezdődött. A tervezést és kivitelezést nagymértékben nehezítette az a tény, hogy az üzemi terek a metró számára biztosítandó űrszelvény mint végállapot alapján kerültek meghatározásra. Ezzel szemben építés közbeni állapotként az alagútépítő géplánc áthaladásáig ennél lényegesen nagyobb űrszelvényt kell biztosítani, így az üzemi terek alsó két szintjén a végleges erőjátékban teherviselő falakat és födémeket csak részben lehetett megépíteni, illetve az ideiglenes acél saroktámaszok jelentős részét is a helyükön kellett hagyni. Ennek következtében építési állapotban a felső szintek ajtónyílásainak többségét faltartóként be kellett építeni, továbbá a szintenkénti zsalutámasztó állványok helyett a kétszintnyi magasságban lévő zsaluzat beállványozása is nehezítette a feladatot. A nyugati üzemi tér felső szintjével párhuzamosan megépült még az állomásból nyaktágként kiálló szellőzőkivezetés vasbeton szerkezete is.

Az állomás keleti végén a főként szellőzőtereket tartalmazó üzemi térben kevés köztes földémszint található, így ezen szerkezet statikai vázát nem lehetett úgy megtervezni, hogy az alagútépítés előtt részlegesen megépíthető legyen.

Fentieket összefoglalva: az alagútépítést megelőzően elkészült az állomás végleges támaszrendszere, a nyugati üzemi terek pajzsfogadás érdekében „áttört” szerkezete és a csatlakozó szellőzőkivezetés, valamint a vízzáró bélésfalak többsége, leszámítva a pajzsok be- és kitorési pontjainál szabadon hagyott sarkokat. Megépítésre került még a zárófödém is, kivéve a keleti üzemi terek fölötti részt, mivel ez csak az érintett szerkezetekre támaszkodva készíthető el. A zárófödémén elkészült a szigetelés, melyre rákerült az átlagosan 3,0 m vastagságú földfeltöltés, így a keleti üzemi terek feletti földmennyiséget leszámítva az eredeti terepszint visszaállítása került.



6. ábra: Bélésfal építése az alaplemez és az alsó kitámasztó rendszer között

A jelenlegi organizációs elképzelés szerint ezt követően az állomás szerkezetépítés szüneteltetése alatt megépítésre kerül az állomás keleti összekötő alagútja bányászati módszerrel, majd az alagútépítő gépláncok áthaladása után az állomás keleti végén nyitva hagyott földmennyiségen keresztül kiemelik az alagútépítés segéd szerkezeteit.

A szerkezetépítés befejező munkái ezt követően kezdődhetnek majd, a bélésfal sarkainak lezárása, a nyugati üzemi terek befejezése és a keleti üzemi terek teljes megépítése által az állomás vasbeton szerkezete elnyeri végső formáját.

A szerkezetépítési munkák többségének elkészülte alapján megállapítható, hogy az előrelátó tervezésnek és kivitelezésnek köszönhetően a felszíni süllyedések messze a megengedett értékek alatt maradtak, és az építészeti koncepciónak megfelelő magas minőségű látszóbeton szerkezetek fognak kialakulni.

SUMMARY

NÉPSZÍNHÁZ STREET STATION

The site available for the station construction is located in the south-west part of the green area in Köztársaság tér. In order to protect the green area, those trees that were considered by the experts as suitable for relocation on the basis of their size and condition were replanted in the designated areas of the park using a special planting machine. The support of the station box of 109.5×25.6 m area consisted of 1.0 m thick and 29.0 m deep reinforced concrete diaphragm walls, with a connecting 0.6 m thick and 13.0 m deep diaphragm wall of the ventilation tunnel of 30.0×6.0 m area. The station structure comprises three main parts: service areas at the station front, a station platform section, and service areas at the station end. In the middle platform section the reinforced concrete support structures at Level P+1 and P+2 were completed from the top downward, which in the temporary state were supported by recesses formed in the diaphragm wall. The support system consists of longitudinal horizontal Vierendeel girders and the beams connecting the girders. The top slab was also completed including waterproofing, on which soil backfilling of 3.0 m average thickness was spread. Thus with the exception of the opening in the slab over the eastern service areas, the original landscape was reinstated. Only a small part of the station service areas could be completed before the passing of the tunneling shields therefore the works are suspended until the completion of the tunnels.



7. ábra: A zárófödém teherviselésben is résztvevő kéregpanelei

TELJESSÉ VÁLT A SZEMLE ARCHÍV ADATÁLLOMÁNYA

A Szemle (2001–2008 között Közúti és Mélyépítési Szemle, 2009-től Közlekedésepítési Szemle) internetes archívuma (<http://szemle.lrg.hu>) tartalmazza 2001-től az összes megjelent cikket kereshető formában. Az ÁKMI Kht. Kiskőrösi Közúti Szakgyűjteménye által korábban kiadott öt CD-n megtalálhatók tíz évenként 1951-től 2000-ig a Szemle korábbi cikkei. Ezzel a szakmai lap eddig megjelent 59 évfolyama teljes terjedelmében hozzáférhetővé vált.

Az internetes adatbázis az 51–59. évfolyamok 100 lapszámát (ebből 8 dupla szám) és 765 cikket tartalmazza. A publikált cikkek szerzőgárdája rendkívül széles körű, a kilenc év alatt összesen 556 személy jegyzett cikket a szaklapban, ezek közül 44-en külföldiek. A legtöbbet publikáló – köztisztviselőben álló – szerző ezen időszakban 37 cikkel jelentkezett önállóan illetve társszerzőként.

Az 1. táblázat húsz tematikus rovatra bontva mutatja be a 2001–2009 között a Szemleban közölt cikkek számát.

Az új lapszámok tartalma a megjelenést követő napokban bekerül az adatbázisba, míg a teljes cikkek pdf-állományai három hónapos késleltetéssel frissülnek. Az archívum adatai alapján készülnek el az éves tartalomjegyzékek. A Szemle szakmai információinak internetes elérése kedvező lehetőséget biztosít minden érdeklődő számára.

G. A.

1. táblázat: A 2001–2009 között megjelent cikkek téma szerinti megoszlása

Rovat	cikkek száma
Egyéb	39
Építőanyagok	39
Forgalom	62
Geotechnika	48
Hálózatfejlesztés	82
Hidak	75
Környezet	25
Kutatás	16
Metró	10
Minőség	27
Nemzetközi szemle	41
Szerkezetek	23
Tervezés	49
Útépítés	60
Útfenntartás	33
Útgazdálkodás	56
Útüzemeltetés	16
Városi utak	5
Vasút	5
Biztonság	54
Összesen	765

VIZSGÁLATI KÉZIKÖNYV 2009

A Magyar Útügyi Társaság 16. tervezési útmutatója

Az átdolgozott útmutató tárgya a magyar útügyi műszaki előírásokban szereplő vizsgálatok, valamint a hivatkozott magyar nemzeti szabványok és útügyi műszaki előírások katalógusa.

Magyarországon folyamatosan térünk át az európai szabványok használatára. Az útügyben, különösen a vizsgálatok területén számos új szabvány lépett életbe.

A tervezési útmutató teljességre törekedve tartalmazza a mérési és vizsgálati szabványok körét.

Minden szabványt és útügyi műszaki előírást tartalmaz a katalógus, amelyre az útügyi műszaki előírások hivatkoznak. Ugyancsak szerepel az útmutatóban minden, az útügyi előírásokban leírt vizsgálat előfordulási helye is. Az előírások hagyományos számozása mellett megtalálható az e-UT Digitális Útügyi Előírástár használatához szükséges e-UT előírásszám is.

Az útügyi műszaki előírások számos visszavont szabványra is hivatkoznak, a visszavonás tényét megjegyzésként minden esetben feltüntetjük. A megjegyzések között szerepel az is, ha a szabvány angol nyelvű, illetve ha kiadója nem a szokásos körből kerül ki.

A katalógus főfejezetekre és fejezetekre bontva tartalmazza a szabványokat és előírásokat, de további besorolásokat is alkalmaztunk, ezzel igyekeztünk megkönnyíteni a felhasználók munkáját. A keresést a katalógus végén elhelyezett index segíti. A tervezési útmutató a 2009. május 15-ig hatályba lépett útügyi műszaki előírásokat dolgozta fel, a 2008. évi első kiadvány felhasználásával.

Magyar Útügyi Társaság Publikációs bizottsága

ÚJ ÉS ÁTDOLGOZOTT ÚTÜGYI MŰSZAKI ELŐÍRÁSOK

2009. január 15.		
ÚT 2-0.012	e-UT 08.01.53	Tengelyterhelés-mérő hálózat kialakításának feltételei (A KTSZ kiegészítése) (2000 Ft + áfa)
ÚT 2-1.165	e-UT 04.01.13	Intelligens forgalomszabályozó és információs rendszerek alkalmazása (6300 Ft + áfa)
2009. február 15.		
ÚT 2-1.233	e-UT 02.01.42	Közüti biztonsági audit. Módszertan (5300 Ft + áfa)
2009. március 15.		
ÚT 2-1.205	e-UT 03.07.14	Üzemi utak létesítése közúti völgy- és folyami hidak mellett (A KTSZ kiegészítése) (2800 Ft + áfa)
ÚT 2-2.126	e-UT 06.03.24	Habosított bitumennel keverőtelepen készülő út-pályaszerkezeti alaprégteg (3000 Ft + áfa)
2009. április 15.		
ÚT 2-1.109	e-UT 02.01.21	Országos közutak keresztmetszeti forgalmának számlálása és a forgalom nagyságának meghatározása (7800 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-1.109:2004 Országos közutak keresztmetszeti forgalmának meghatározása helyett)</i>
ÚT 2-1.403	e-UT 07.05.11	Közüti visszatartó rendszerek II. Hídkorlátok (2300 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-1.403:2005 Közüti visszatartó rendszerek. Acélkorlátok hidakon helyett)</i>
ÚT 2-3.708	e-UT 05.02.53	Bontott útépitési anyagok újrahasználat II. Telepen történő hideg újrahasznosítás (2600 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-3.708:2006 Bontott útépitési anyagok újrahasználat II. Telepen történő hideg újrahasznosítás helyett)</i>
2009. május 15.		
ÚT 2-1.209	e-UT 03.07.11	Előzési és kapaszkodószakaszok tervezése (A KTSZ kiegészítése) (3100 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-1.209:2003 Előzési és kapaszkodószakaszok tervezése helyett)</i>
ÚT 2-1.212	e-UT 03.07.24	A közúti közösségi közlekedés (tömegközlekedés) pályáinak, utas- és járműforgalmi létesítményeinek tervezése (A KTSZ kiegészítése) (8400 Ft + áfa)
2009. június 15.		
ÚT 2-1.211	e-UT 03.07.23	A gyalogosközlekedés közforgalmi létesítményeinek tervezése (A KTSZ kiegészítése) (6100 Ft + áfa)
ÚT 2-3.601-2	e-UT 05.01.14	Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok 2. rész Zúzott kőanyaghalmozatok út-, pálya- és hídbetonokhoz (3800 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-3.601:2006 Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok betonokra vonatkozó részei helyett)</i>
2009. július 15.		
ÚT 2-1.107	e-UT 02.01.23	Automatikus forgalomszámláló állomások adatainak felhasználása a közúti szolgáltatási szint megállapítására (2600 Ft + áfa)
ÚT 2-1.503	e-UT 06.03.12	Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése (2400 Ft + áfa) <i>(ÚT 2-1.503:2006 Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése helyett)</i>
2009. augusztus 15.		
ÚT 2-1.208	e-UT 03.05.12	Akadálymentes közúti létesítmények (A KTSZ kiegészítése) (3400 Ft + áfa)
2009. október 15.		
ÚT 2-1.219	e-UT 03.03.31	A jelzőlámpás forgalomirányítás tervezése, telepítése és üzemeltetése (6100 Ft + áfa)
ÚT 2-2.127	e-UT 09.02.27	Az útburkolat-felület csúszásellenállásának vizsgálata. Mérés ASFT-berendezéssel (2200 Ft + áfa)
ÚT 2-3.601-3	e-UT 05.01.11	Útépitési zúzottkövek és zúzottkavicsok 3. rész • Útalapok (2900 Ft + áfa)
2009. november 15.		
ÚT 2-3.504	e-UT 05.01.21	Kationaktív bitumenemulziók. Követelmények (2700 Ft + áfa)
ÚJ TERVEZÉSI ÚTMUTATÓK		
TÚ 17	e-UT 08.03.22	Hófúvás ellen védő növényesávok (5000 Ft + áfa)
TÚ 18	e-UT 03.01.13	Mezőgazdasági utak tervezési előírásai (A KTSZ kiegészítése) (6000 Ft + áfa)
TÚ 19	e-UT 08.01.71	Helyi közutak kezelése (5300 Ft + áfa)
2009. december 15.		
TÚ 16.	e-UT 01.01.12	Vizsgálati kézikönyv 2009 (9300 Ft + áfa) (új kiadás!)

NYOMTATOTT ELŐÍRÁSTÁR 16 kötetben, kb. 8000 oldal (kb 680 000 Ft + áfa)

e-UT DIGITÁLIS ÚTÜGYI ELŐÍRÁSTÁR előfizetés (250 000 Ft + áfa összegtől)

Magyar Útügyi Társaság • Budapest II., Lövház u. 37. • 1525 Budapest, Pf. 177.
Tel.: 1 315 0322 • Fax: 1 316 1077 • E-mail: office@maut.hu • www.maut.hu
Ügyfélszolgálat: 1024 Budapest, Petrezselyem u. 15–19.



700 Ft