



60. ÉVFOLYAM
5. SZÁM

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI SZEMLE

2010. MÁJUS

FELELŐS KIADÓ:
Kerékgyártó Attila főigazgató

FELELŐS SZERKESZTŐ:
Dr. Koren Csaba

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

VENDÉGSZERKESZTŐK:
Apáti-Nagy Mariann
Német M. Tibor

A CÍMLAPON:
Peronalagutak és csarnokalagút
szigetelése a Szent Gellért téren
(Fotó: Vanik Zoltán)

A BORÍTÓ 2. OLDALÁN:
Szent Gellért tér állomás
látványterve (Palatium-Spora)

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

FRIGYIK LÁSZLÓ – HANNES ERTL

Váratlan események megelőzésére tett intézkedések a budapesti 4-es metróvonal kivitelezésénél

1

NÉMETH M. TIBOR

Löftbetonos alagutak építése a 4-es metrónál

7

NÉMETH M. TIBOR

A 4-es metró vonali alagútjainak építése

10

BENDIK VIKTÓRIA – PÁL GÁBOR

Metróállomás a Kelenföldi pályaudvar alatt

14

GODA BALÁZS – SOHAJDA LAJOS

A Keleti pályaudvar ideiglenes metróvégállomás szerkezetépítése

18

BERTALAN CSABA – DR. NAGY MIHÁLY – PUCHMANN GÁBOR

A Tétényi út állomás

21

RÉKAI JÓZSEF

A Rákóczi tér állomás szerkezete és építése, összehasonlítva egy „Budapest” típusú ötalagutas állomás szerkezetével és építésével

24

HOLU GERGELY – JUHÁSZ IMRE

A Rákóczi tér állomás tervezése

29

KUZMA LÁSZLÓ – PINTÉR TAMÁS

A budapesti 4. metróvonal járműtelepe és kapcsolatai

32

DARAI LAJOS – SZEILER LÁSZLÓ

Járművezető nélküli metróüzem a budapesti M4 vonalon

35

VÁRATLAN ESEMÉNYEK MEGELŐZÉSÉRE TETT INTÉZKEDÉSEK A BUDAPESTI 4-ES METRÓVONAL KIVITELEZÉSÉNél

FRIGYIK LÁSZLÓ¹ – HANNES ERTL²

A LÉTESÍTMÉNY RÖVID BEMUTATÁSA

A vonal I. szakasza (1. ábra) a Kelenföldi pályaudvar és a Keleti pályaudvar között épül, Dél-Budát köti össze a városközponttal, és biztosítja az átszállási lehetőséget a 3. sz. metróvonalra a Kálvin térenél, valamint a 2. sz. metróvonalra a Baross térenél. Az I. szakasz tervezett hossza 7,34 km, összesen tíz állomást foglal magában. A vonal meghosszabbítása északkeleti irányban Zugló–Rákospalota felé tervezett (a II. szakasz 3,2 km hosszú, négy állomással), valamint nyugati irányban Gazdagrét felé (III. szakasz).

A vonalalagút a Kelenföldi pályaudvartól majdnem vízszintesen halad a Móricz Zsigmond körtéig, 12–17 m átlagos takarással, onnan fokozatosan mélyül a Duna felé, a vonal legmélyebb pontján, a Fővám tér állomáson az alagút feletti takarás kb. 27 m, a

Szent Gellért tér állomáson pedig alig 0,80 m-rel vékonyabb. A Duna medre alatt az alagút feletti – a szemcsés rétegek alatt lévő – vízzáró agyagréteg vastagsága helyenként csupán 4-5 m, a vonal pedig a Fővám tértől folyamatosan emelkedik a Keleti pályaudvar felé, ahol a vágány 17–14 m-rel a felszín alatt halad.

A FELELŐSSÉG MEGOSZTÁSA A PROJEKT SZEREPLŐI KÖZÖTT EGYTÖBBSZINTŰ BIZTONSÁGI HÁLÓ SEGÍTSÉGÉVEL

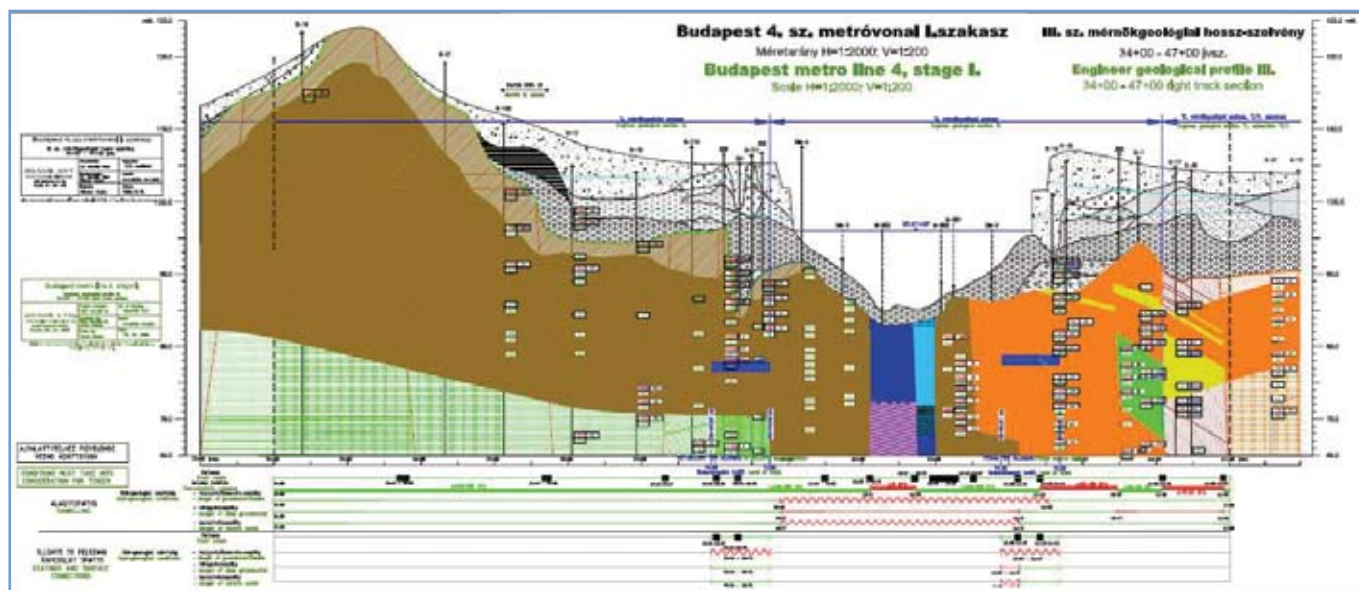
Az I. szakasz kivitelezése – a legtöbb városi metróépítéshez hasonlóan – sűrűn beépített környezetben, érzékeny középületek (egyetemek, vásárcsarnokok) és lakóépületek környezetében zajlik. Ezen épületeknél, melyek között jelentős számban fordulnak elő műemlék jellegű és a világörökség részét képező épületek is, garantálni kell az épületek és a lakosság biztonságát.



1. ábra: Az I. szakasz vonalvezetése

¹ Műszaki igazgató, Eurometro Kft., e-mail: frigyik.laszlo@eurometro.hu

² Geológus mérnök, Eurometro – D2 Consult International GmbH, Linz, Ausztria; e-mail: h.erte@eurometro.hu



2. ábra: Mérnökgeológiai keresztmetszvény a Gellért téri és Fővám téri állomások, valamint a Duna alatti átvezetési szakasz összetett geológiai viszonyainak bemutatására (Geovil Kft. 1999)

Mivel egy infrastrukturális projekt sikere, valamint ezzel a projekt biztonságos befejezése függ a közvélemény pozitív viszonyulásától is, mindezek elérése érdekében a 4. sz. metróvonal kivitelezésének szerződesei magukban foglalnak egy többszintű biztonsági hálót, a kockázat és a felelősség így megoszlik a megbízó (továbbá a mérnök) és a vállalkozók, valamint a független szakértők között.

Az alábbiakban ismertetjük a különböző felelősségi körök megosztását a 4. metróvonal szerződéseiben és a kivitelezés során történő alkalmazásuk szerint.

A MEGBÍZÓ FELELŐSSÉGE A SZERZŐDÉSEK MEGKÖTÉSÉT MEGELŐZŐEN

Geológiai vizsgálatok

A létesítményhez a geológiai vizsgálatok több mint harminc éve kezdődtek el, a tendereztetés idején rendelkezésre álló adatokat különböző felmérések és vizsgálatok szolgáltatták. Az így keletkezett adatok a Geotechnikai összefoglaló jelentésben kerültek az ajánlattevők birtokába. A régebbi felmérések során – mai ismereteink szerint már – nem a legmodernebbnek számító technológiákat alkalmazták. Mivel az előkészítési fázisban a vonalvezetésnek több változtatása is történt, a talajviszonyok tekintetében egyes területeken csak a tenderdokumentációhoz szükséges mélységű információ állt rendelkezésre. (A kiviteli tervezéshez a további feltárások és vizsgálatok szükségességére a tenderdokumentáció felhívta a pályázók figyelmét.) Másrészről a szerződéses struktúra miatt (amely a FIDIC Sárga Könyvön alapul) az építési technológia kiválasztása a vállalkozó feladata és felelőssége. A megbízó tehát így további kötelező talajvizsgálatokat írt elő a vállalkozókkal kötött szerződésekben (ld. A vállalkozó felelőssége részt!).

Megvalósíthatósági tanulmány

1996-ban egy nemzetközi konzorcium által készített megvalósíthatósági tanulmány azt javasolta, hogy a dél-budai területet metróvonal kösse össze a városközponttal, mivel ez

jelenti a leginkább megvalósítható lehetőséget a forgalom és az ezzel kapcsolatos környezeti terhelés csökkentésére.

Részletes kockázatelemzés

Egy nemzetközi szakértői csoport 1999-ben részletes kockázatelemzést készített a legkritikusabb alagúti szakaszok kivitelezésére vonatkozóan. Mivel a projektben résztvevő minden fél számára a Duna alatti átvezetés és a pesti oldali nehezebb geológiai viszonyok jelentették a fő problémát, a vizsgálat nagyrészt ezen területeket érintette. A jelentés azt mutatta, hogy az alagútépítő pajzs műszaki jellemzőinek helyes megválasztásával és annak szakszerű üzemeltetésével a fejtés és alagútépítés sikeresen, elfogadható kockázati szint mellett végezhető.

Süllyedésszámítások

2005-ben készítettett a megbízó előzetes süllyedésprognózist, melynek célja az volt, hogy általános képet adjon az állomások és az alagutak kivitelezése során várhatóan kialakuló talajmozgások mértékéről. Mivel a vállalkozók által készített végleges tervek és az általuk választott kivitelezési technológia döntő hatással van a talajmozgások mértékére, a számítások több feltételezésen alapultak, az eredmény következtetésként csupán a talajmozgások durva előrebecslését tartalmazhatta. A jelentés mindemellett az ajánlatkérési dokumentáció mellékletét képezte, mely közelítő információkkal szolgált a műtárgyak építése és a felszíni süllyedések kölcsönhatásáról.

Elkészült egy kezdeti épületállapot-felmérés is, melynek során a kivitelezéssel érintett épületek statikai rendszerét és műszaki állapotát ellenőrizték. Ennek alapján az épületeket kockázati kategóriákba sorolták Burland (1977) valamint Boscardin és Cording (1989) vizsgálatai alapján.

A MEGBÍZÓ FELELŐSSÉGE A KIVITELEZÉS SORÁN

A teljes vonal mentén komplex monitoring rendszer felállítására és folyamatos üzemeltetésére, valamint a süllyedések mérésére vonatkozó szerződés megkötése, mely magában foglalja a na-

gyobb kockázatú épületek esetén a manuális és a teljesen automatikus mérések elvégzését napi 24 órában, a hét minden napján.

A megbízó részben a biztosítási szerződések sajátosságait is figyelembe véve úgy döntött, hogy egy független szakértőt alkalmaz a szenzitív épített környezet, a villamos- és vasúti vágányok, a jelentős mennyiségű közművezeték, és az üzemelő 3. sz. metróvonal keresztezése miatt a süllyedések mérésére a teljes 4-es metróvonal mentén. Ennek végrehajtására önálló szerződést kötöttek a monitoring rendszer felállítása és a süllyedésmérések teljes vonalon történő elvégzése tárgyában.

A tíz állomás és az alagutak építése által okozott süllyedések nyomon követésére a vállalkozó harminc automata teodolitot szerelt fel, 1750 prizmat telepített az épületek és építmények automata süllyedésméréseihez, valamint 9 ezer szintezési pontot és elektromos dőlésmérőket a manuális mérésekhez. A szerződés részét képezi két teljesen automatikus meteorológiai állomás üzemeltetése, a begyűjtött adatok és a zaj- és rezgésmérések helyes értelmezésének biztosításához.

Az összegyűjtött adatok elérhetőségéhez egy valós idejű internet platformot (Geoscope Web) állított fel a monitoring szerződés vállalkozója. Az adatok online hozzáférhetők a megbízó, a mérnök és a vállalkozók számára egyaránt.

Automata süllyedésmérések

A 4-es metróvonal kivitelezésének kritikus pontjait automata mérési rendszer figyeli. Az összes állomásnál a pajzshajtás hatásterületén belül lévő épületeket, valamint a Népszínház utca és Keleti pu. állomások közötti különösen érzékeny épületeket automata teodolitok figyelik. A mérések 15 percnként történnek, és az internetes platformon 30 percnként frissülnek az eredmények (3. ábra).



3. ábra: A süllyedés monitoring internet platform nyomtatott oldala, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem CH épületének megjelenítésével (Geoscope Web, SolData-Hungeod)

Manuális süllyedésmérések

Minden olyan épület, valamint közművezeték esetén, ahol nem működik automata monitoring rendszer, de hatással van rájuk a metróépítés (különösen a pajzshajtás), manuális



4. ábra: Manuális süllyedésmérések gyakorisága a pajzstól mért távolság függvényében (dinamikus maszk)

süllyedésméréseket végeznek. A mérések gyakorisága a megbízó és a mérnök által jóváhagyott, a kivitelezési ütemeken és az építési területtől való távolságon alapuló mérési terv szerint van meghatározva, melyeket átadtak a vállalkozók részére is, hogy tájékozódjanak a megbízó által szolgáltatandó adatokról. A kivitelezés biztonsága érdekében szükséges esetleges további mérések a vállalkozók felelősségi körébe tartoznak (lásd lentebb!).

A pajzshajtás hatásának nyomon követéséhez egy ún. dinamikus mérési maszk lett kidolgozva és ez lett az alapja a manuális szintezéseknek (4. ábra). A pajzs előtt 50 m-rel és mögötte 100 m-rel napi egy mérést végeznek a közvetlenül érintett zónában. E zóna előtt és mögött a mérések gyakorisága a pajzshajtással együtt haladó dinamikus maszknak megfelelően csökken.

A pajzshajtás hatásának nyomon követése inklinométeres és extenzométeres mérésekkel

A pajzshajtás hatásának nyomon követéséhez inklinométerek és extenzométerek kerültek elhelyezésre az alagút nyomvonal mentén. A berendezéseket kevéssel a pajzsok problémásnak ítélt épületekhez vagy műtárgyhoz érkezése előtt telepítették (pl. vasúti híd). A süllyedésmonitoringhoz hasonlóan a berendezések sűrűbben lettek telepítve a pajzshajtás I. szakaszán, hogy részletes adatokat lehessen beszerezni a pajzsok beérkezése és áthaladása közben a pajzs feletti talajok viselkedéséről.

A fent említett geotechnikai berendezések által gyűjtött adatok a süllyedésmérési eredményeket is megjelenítő internetes platformon elérhetőek.

Talajvíz monitoring rendszer

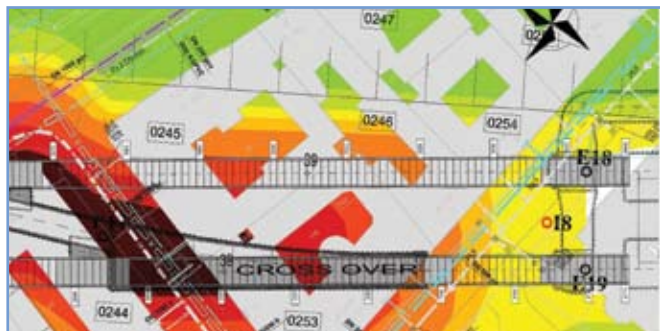
Mivel a 4-es metróvonal egyes szakaszainak, műtárgyainak kivitelezése olyan melegvíz források környezetében történik, melyek a híres budai oldali fürdőket táplálják, a környezetvédelmi engedély egyik feltétele volt a talajvíz monitoring rendszer felállítása.

A talajvíz monitoring rendszer megfigyeli egyrészt a karsztvíz rétegekből származó fontos melegvíz forrásokat, másrészt a budai és pesti oldalon a talajvízszinteket, valamint a Duna vízállását.

A karsztvízes réteg megfigyelése húsz kúttal biztosított, melyeknél automata műszerek ellenőrzik a vízszintet, a hőmérsékletet és az áramlást. A műszerek telepítése a Rác fürdő és a Rudas fürdő közötti hőmérsékleti vonalon (mely fürdők már a 15. és 16. száztól működnek), valamint a Gellért fürdőnél történt.

A budai és pesti oldali eltérő geológiai adottságok miatt a talajvíz megfigyelése piezométerekkel és 17 talajvízmerő kúttal történik.

Az összes ezzel kapcsolatos adat folyamatosan elérhető a süllyedésmérési eredményeket megjelenítő internetes platformhoz hasonló külön platformon.



5. ábra: A vágánykapcsolati műtárgy és a Szent Gellért tér állomás szerkezetépítésének hatására várható becsült épületsüllyedések (Bamco Kkt.)

A VÁLLALKOZÓ FELELŐSSÉGE

A vállalkozó alapvető felelőssége, hogy biztosítsa a biztonságos kivitelezést és azt, hogy veszélyes mértékű süllyedések ne károsítsák az épületeket. Ennek a vállalkozói kötelezettségnek a biztosításához a megkötött szerződésekben az alábbiakban ismertetett olyan követelmények szerepelnek, melyek elsődlegesen a személyi biztonságot tartják szem előtt.

Az érintett épületek állapotfelmérése és elemzése

A megbízó szerződéses követelményei szerint a vállalkozóknak állapotfelmérést kell készíteniük az állomások környezetében, az alagutak felett lévő épületekről és a közművekről a prognosztizált süllyedéseknek megfelelően. Az állapotfelmérést a kivitelezés megkezdése előtt legfeljebb három hónappal kell elvégezni.

A kivitelezés befejezése után a vállalkozóknak meg kell ismételniük a felmérést, mivel az így készített dokumentumok szolgálnak alapul a 4. sz. metróvonal kivitelezésével összefüggő károk értékeléséhez és a kártérítés kifizetéséhez.

Vészhelyzeti és riasztási tervek

A vállalkozóknak ki kell dolgoznia egy riasztási koncepciót és egy riasztási tervet. A riasztási rendszernek automatikusan és folyamatosan üzemelnie kell napi 24 órában. Három riasztási szintet kell meghatározni a bekövetkezett süllyedések mértékével jellemezve: figyelmeztetés, készültség és vészjelzés. A riasztási tervben minden szempontból valós és gyakorlati intézkedéseket kell meghatározni.

A riasztási tervnek tartalmaznia kell a különböző riasztási szintek elérése esetén alkalmazandó intézkedéseket (forgalomelterelés, tömegközlekedés átszervezése, épületek megerősítése, kiürítés stb.).

Minden épület esetén a meghatározott három riasztási szint bekerül a Geoscope Web rendszerbe (lásd A megbízó felelőssége pontot).

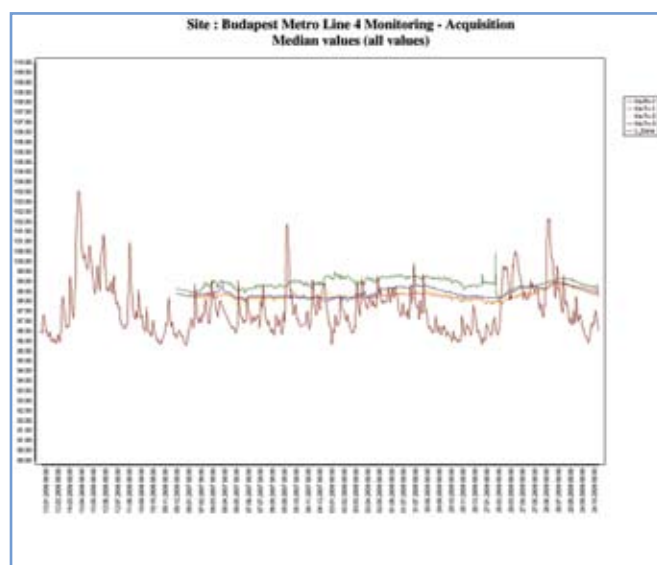
Kiegészítő talajvizsgálatok a kritikus helyszíneken

A megbízó az általa végzett vizsgálatokat az ajánlattevők részére készített Összefoglaló mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvéleményben [5] szolgáltatva. A jelentés célja az volt, hogy megfelelő adatokat nyújtson az ajánlatte-

vők részére árajánlatuk számításához, valamint hogy elegendő információval szolgáljon a megfelelő építési technológia kiválasztásához. A részletes tervek elkészítéséhez a vállalkozóknak szükség esetén kiegészítő talajvizsgálatokat kellett végezniük. A vonal Duna alatti átvezetéséhez egy intenzív fúrási sorozat készült, mivel a vonal ezen kritikus részének nyomvonalra kismértékben megváltozott a megbízó által végzett geológiai vizsgálatok nyomán. Emiatt a kivitelezés szempontjából korlátozott mennyiségű adat állt rendelkezésre a pajzshajtás ezen fokozott figyelmet igénylő szakaszára vonatkozóan.

Szükségessé vált kiegészítő talajvizsgálat elvégzése például a Fővám téri peronalagutaknál is a bonyolult geológiai adottságok és az alagutak kockázatos helyszíne miatt, mivel azok részben a Duna medre alatt épültek. Ezen állomás tervezéséhez számos fúrást végeztek a folyómederben, valamint horizontális fúrások is történtek a már megépült állomási doboz-szerkezetből.

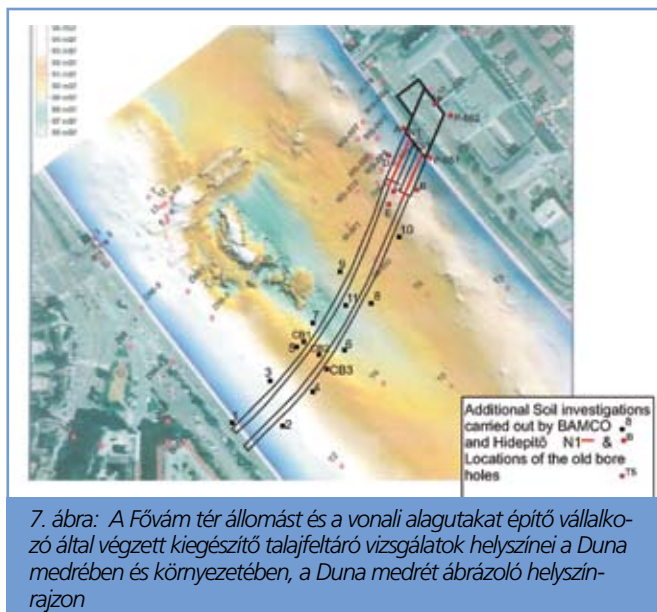
A pesti oldalon a még összetettebb geológiai adottságok miatt az alagútépítő vállalkozó úgy döntött, hogy fúrásokat végez valamennyi összekötő alagút tervezett helyszínén is.



6. ábra: Hidrogeológiai megfigyelések adatai a Kálvin tér térségében (SolData-Hungeod)

Részletes technológiai utasítások, tervek és a várható süllyedéseket meghatározó statikai vizsgálatok készítése

Mivel a megkötött szerződések a FIDIC Sárga Könyvön alapulnak, a vállalkozók kötelesek elkészíteni a végleges kivitelezési terveket, a statikai vizsgálatokat, valamint a technológiai utasítások révén bemutatni, hogyan szavatolják a kivitelezés biztonságát. A szerkezeti vizsgálatok részét képezi a várható süllyedések előrejelzése. Az előrejelzéseket ellenőrzésként össze kell vetni a kivitelezés fölött és a közvetlen hatáskörében lévő épületek vizsgálatának eredményeivel, hogy megbizonyosodjanak arról, hogy az épületek fel tudják venni a többlet igénybevételeket. Különösen a Szent Gellért tér állomás és a mellette lévő vágánykapcsolati műtárgy összetett szerkezetei esetén kellett részletes süllyedés-előrejelzést készíteni a szükséges hatósági engedélyek beszerzéséhez.



7. ábra: A Fővám tér állomást és a vonali alagutakat építő vállalkozó által végzett kiegészítő talajfeltáró vizsgálatok helyszínei a Duna medrében és környezetében, a Duna medrét ábrázoló helyszínrajzon

Korszerű alagúti konvergencia mérési rendszer és kiegészítő süllyedésmérések biztosítása

A vállalkozóknak valamennyi bányászati módszerrel történő alagút-építési munka során korszerű alagúti konvergencia méréseket kellett végezni. Az adatokat a vállalkozó geotechnikai mérnökének kellett értékelnie annak megállapításához, hogy a terv szerint alkalmazott megtámasztási mód megfelelő-e. Az adatokat meg kellett küldeni a mérnök részére is, aki független ellenőrzést végez. A megbízó által nyújtott műszereken és monitoring berendezéseken felül a vállalkozóknak olyan további műszereket és monitoring berendezéseket kell tervezni, szállítani, elhelyezni és üzemeltetni, melyeket szükségesnek ítél a munkák biztonsága érdekében, valamint hogy teljesítse a talajmozgások korlátozására, valamint az épületek és építmények védelmére vonatkozó szerződéses követelményeket.

A kivitelezési munkák és a helyszíni biztonságért felelős munkavédelmi mérnök jelenlétének biztosítása

A vállalkozó köteles biztosítani egy munkavédelmi mérnök jelenlétét, aki felelős a kivitelezési munkák és a munkaerő biztonságáért, a munkavédelmi szabályok betartásáért, valamint a helyszín biztonságáért. A munkavédelmi mérnök feladat körébe tartozik a munkavédelmi oktatás és a helyszín rendszeres ellenőrzése is.

Geotechnikai mérnök jelenlétének biztosítása, az alábbi felelősségi körrel:

- tanácsadás geotechnikai és speciális mélyépítési kérdésekben,
- tervek ellenőrzése a geotechnikai sajátosságok figyelembevétele szempontjából,
- folyamatos kockázatelemzés, beleértve a heti kockázatértékelő megbeszéléseket,
- süllyedésmérések eredményeinek ellenőrzése és értékelése,
- konvergencia mérések eredményeinek ellenőrzése és értékelése.

A MÉRNÖK FELADATAI

A mérnök kivitelezési biztonsággal kapcsolatos munkáját és feladatait a megbízóval kötött szerződése, valamint a vállalkozók és a megbízó közötti szerződések szabályozzák.

A FIDIC alapú kivitelezési szerződése szerinti kötelezettségei és jogai mellett a mérnöknek a magyar jog szerinti műszaki ellenőrként

rendszeresen ellenőriznie kell a kivitelezési munkákat. Ennek a feladatnak az ellátása az ajánlatkérési eljárás során elkezdődött (a vállalkozók kiválasztásával), és a garanciális időszak lezárását követően fejeződik be. A mérnöknek a kockázatok minimálásával kapcsolatos feladatai főként annak biztosítására irányulnak, hogy a vállalkozók teljesítsék a szerződés szerinti alábbi kötelezettségeiket:

- tervek és technológiai utasítások felülvizsgálata és jóváhagyása.
- a vállalkozók terveinek és számításainak felülvizsgálata és ellenőrzése, az alábbiaknak való megfelelés szempontjából:
 - vasúthatósági, környezetvédelmi és építéshatósági engedélyek,
 - a megbízó követelményei,
- kivitelezési munkák ellenőrzése,
- munkavédelmi intézkedések ellenőrzése,
- független süllyedés- és alagúti konvergencia monitoring.
- a mérnök elvégzi az adatok független kiértékelését annak biztosításához, hogy az épületek és építmények a mozgás (süllyedés) monitoring és az alagúti konvergencia mérések révén a kivitelezés során a rendelkezésre álló összes fontos információ figyelembe legyen véve.
- vészhelyzeti és riasztási tervek készítésének felügyelete és a kész tervek ellenőrzése,
- kockázatértékelési tevékenységek felügyelete és összehangolása.

Kockázatkezelési rendszer üzemeltetése

A vállalkozó összes, a kivitelezési kockázat értékelésével kapcsolatos feladatai mellett a mérnök egy független kockázatkezelési rendszert működtet. Ez a rendszer rögzíti a 4. sz. metróvonal kivitelezésével kapcsolatos összes kockázatot, és egy olyan mátrix formátumban értékeli ezek előfordulásának valószínűségét és lehetséges hatásait, ami a nemzetközi gyakorlaton alapul és jelen projekt speciális igényeihez lett alakítva. (8. ábra)

SPECIÁLIS SZAKTERÜLETEK ÁTADÁSA FÜGGETLEN SZAKÉRTŐKNEK

Különleges feladatok esetén, mint pl. a vállalkozó kiegészítő talajvizsgálatainak, süllyedés-előrejelzéseinek értékelése vagy a vállalkozó geodéziai méréseinek független ellenőrzése, a mérnök a feladatok elvégzését független szakértőknek adja át. A független szakértői csoport nemzetközi alagútépítő szakértőket, egyetemi tanszékeket és professzorokat egyaránt magában foglal.

ÖSSZEFOGLALÁS

A budapesti 4-es metróvonal projekt nagyságrendjéhez hasonló kivitelezési munkák esetén jelentős erőfeszítés és szaktudás szükséges, hogy biztosítva legyen a környezet és a környezetben élők biztonsága a kivitelezés teljes időtartama alatt is. A megbízó azon feladatát, miszerint garantálni kell a lakosság biztonságát, meg lehet és kell osztani a projekt más szereplőivel, és ehhez megfelelő csapatmunkára van szükség.

A kivitelezés elvárt biztonsága érdekében eddig megtett intézkedések megfelelőnek bizonyultak. A kivitelezési munkák nagyobb problémák nélkül folynak, néhány olyan beszakadástól eltekintve, amelyek előfordultak ugyan a pajzsos vagy löttbetonos alagútépítési munkák során, de nem okoztak sérülést, és nem veszélyeztették a lakosságot.

Előttünk állnak még azonban olyan kihívást jelentő munkák, mint pl. a kedvezőtlenebb geológiai adottságú pesti oldali alagútépítések, melyeknél jelentős szaktudás és valamennyi résztvevő fél elkötelezettsége szükséges ahhoz, hogy a budapesti 4-es számú metróvonal első szakaszának kivitelezése anélkül fejeződhessen be, hogy balesetek vagy károk miatt a hírekben említenék.

LEGEND REGISTER No.		General Risk Assessment: Status	
Last Number Allocated / Az utolsó hozzárendelt s		ADD IN ROWS 0657 FROM MA	
No Allocation to date / Eddig nem történt hozzárendelés		2007 12 14	
SPECIFIC RISK / EGYEDI KOCKÁZAT		Site/helyszín: Budapest Metro Line 4	
GENERIC RISK / ÁLTALÁNOS KOCKÁZAT		Group at Risk/Kockázati csoport:	
LEGEND		Maximum Risk 200	
PHASE / SZAKASZ		Tunnel/ Civils / IPS / Program / Claims / Costs	
V ASPECT (EuroMetro Filing System)		RR = Risk rating (Probability of occurrence X Hazard Severity)	
V V RISK GROUP EIB		Kockázathetőség (az előfordulás valószínűsége X a kockázat súlyja)	
V V V ACTIVITY		Initial Risk Rating	
V V V DISCIPLINE		Risk Category	
V V V T-Tunnel Section		Negligible Risk	
V V V S-Station No.		Acceptable Minor Risk	
MONITORING		Unwanted Medium Risk	
Property Reference		Unwanted Major Risk	
Hazard		Unacceptable Risk	
Risk applicable hazard		Cause	
Probability of occurrence (P)		Hazard severity	
RR		Cause	
Előfordulás valószínűsége		A kockázat súlyja	
KB		Kockázat oka	
1 2 3 4 5		1 2 3 4 5	
LOW MED HIGH		LOW MED HIGH	
see Revised List 2008 01 14			
ASSET SECTION		SPECIFIC STRUCTURE	
see Revised List 2008 01 14		RECONSTRUCTION AT RISK	
206 <<NEXT AVAILABLE NUMBER>>		Insurance	
4/24 4 2 3		ADOTT MŰTÁRG	
4/24 5 2 4		MAJOR RISK GROUP HEADINGS	
1/21 3 2 2		CONSTRUCTION METHODS TUNNELS RISKS	
5/17 21 6		CONSTRUCTION METHODS STATIONS RISKS	
1/12 23 1		GEOLOGICAL RISKS	
4/56 27 6		INTERFACE MANAGEMENT RISKS	
1/21 11A 2 2		OTHER BUILDING PERMIT RISKS	
2/22 11B 6		CONTRACTOR'S CAPACITY RESOURCES	
1/12 14 1		INCOMPLETE SURVEY AND SITE INVESTIGATION RISKS (UTILITIES DESIGN RISKS	
1/21 15 1		TECHNICAL PERMITS RISKS	
5/17 17 6		TERRITORIAL DECISIONS RISKS (SOVEREIGNTY)	
1/12 24 1		CONTRACT MANAGEMENT RISKS (CLAIMS)	
1/21 25 1		OTHER APPROVALS RISKS	
4/24 26 6		LAND PURCHASE RISKS	
1/21 27 2		TRAFFIC DIVERSION RISKS (DURING CONSTRUCTION)	
3/23 16 6		FLOOD RISKS	
1/21 18 0 2		TENDERING RISKS (OFFERS VS BUDGET)	
3/26 22 6		ENVIRONMENTAL RISKS	
3/17 26 6		CASH FLOW RISKS	
4/24 27 1		CONTRACTOR'S BANKRUPTCY RISKS	
2/22 27 1		EXCAVATION	
1/21 3 0 2		TRAFFIC FORECAST (DYNAMIC DEVELOPMENT)	
2/27 1 1		ARCHAEOLOGICAL RISK	
4/24 6 2		TRAFFIC FORECAST (TOO HIGH)	
1/21 8 2 2		OTHER CONSTRUCTION RISKS	
1/21 16 2 2		GROUND WATER RISKS	
1/21 13 0 2		STORM WATER RISKS (INSUFFICIENT CAPACITY)	
5/17 19 6		NATURAL HERITAGE RISKS	
1/21 12 0 2		PROJECT MANAGEMENT RISKS	
		NATURA 2000 RISKS	

8. ábra: Kockázatkezelő mátrix (Eurometro Kft.)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bamco Kkt. Settlement predictions for cross over structure (2009)
- [2] BKV Zrt.–DBR Metró Projekt Igazgatóság (2004)
- [3] BKV Zrt.–DBR Metró Projekt Tender call documentation (2006)
- [4] D2 Consult Metro Budapest – 4th Line Risk analysis report (1999)
- [5] Geovil Kft. Preliminary Geological Investigation Report (2005)
- [6] Sol Data-Hungeod Kkt. Geoscope Web webpage (2006)
- [7] Eurometro Kft. – Maintain Up to Date Risk Register (2007)

ket halls) as well as residential buildings. The safety of these buildings of which a considerable number are enlisted or part of the world heritage and the public safety have to be guaranteed

An independent expert was commissioned to monitor actual settlements resulting from the construction of the 10 stations and the tunnels, including the set-up of the monitoring system and measurement of settlements. For the automatic settlement measurements the Contractor installed up to 30 automatic theodolites, 1750 prisms, and for the manual measurements 9000 leveling points and electro-level tilt-meters.

The ground water monitoring system observes on the one hand the important thermal wells which originate from the karst water aquifer as well as the ground water levels at the Buda and Pest side and the level of the Danube. The karst aquifer is monitored by 20 wells that are equipped with automatic devices to control the level, temperature and flow.

Until now the measures taken to make sure that the construction is progressing with the required public safety proved to be sufficient. Beside some collapses during the tunneling works (TBM and NATM) that did not cause any injuries or danger to the public, the construction is progressing without major problems.

SUMMARY

PREVENTIVE ACTIONS TO PRECLUDE UNEXPECTED EVENTS DURING THE CONSTRUCTION OF THE BUDAPEST METRO 4 LINE

Similarly to most metro constructions in urban areas, the construction is carried out in densely built-in environment, in the vicinity of sensitive public buildings (like universities, mar-

LŐTTBETONOS ALAGUTAK ÉPÍTÉSE A 4-ES METRÓNÁL

NÉMETH M. TIBOR¹

A pajzsos alagútépítési technológia legfőbb előnye a munkafolyamatok maximális gépesíthetősége, melyet a vonalalagutak azonos keresztmetszeti kialakítása tesz lehetővé. A metró üzemeltetéséhez kapcsolódóan azonban sok egyéb funkciót is biztosítani kell, ezekhez különböző geometriával rendelkező földalatti tereket kialakítani, melyek pajzzsal nem építhetők meg gazdaságosan. (Japán gyártók készítettek ugyan olyan pajzsokat, amelyek alkalmasak voltak keresztmetszetváltásra vagy oldaltárok építésére is, ezek azonban nem terjedtek el bonyolultságuk és viszonylag magas árak miatt.)

A 4-es metró I. szakaszának építése során több helyen alkalmazták a bányászati módszerű alagút-építési technológiát, löttbetonos elsődleges biztosítás beépítésével. Ezt a módszert az állomásokhoz kapcsolódó szellőző- és vonatfordító műtárgyak, valamint a vonalalagutakat összekötő alagutak építésénél, továbbá egyes állomások utasforgalmi tereinek kialakításánál alkalmazzák. Mintegy negyven műtárgy épül 15–113 m² közötti keresztmetszettel, 6–101 m közötti hosszúsággal.

VÁGÁNYKAPCSOLATI ÉS KIHÚZÓ MŰTÁRGYAK

A vonal I. szakaszán az állomások középperonos kialakítással épülnek, a szerelvények két önálló alagútban futnak. A végállomásokon vágánykapcsolatokat kell kiépíteni, hogy a vonatfordítás alatt is folyamatos legyen a forgalom mindkét irányban, továbbá az előírásoknak megfelelően minden ötödik állomásonál biztosítani kell a két forgalmi vágány közötti kapcsolatot, hogy üzemzavar esetén a vonatok forgalmát szakaszolni lehessen (ne kelljen az egész vonalat leállítani). A 4-es metró I. szakaszán ezt a vágánykapcsolatot a Szent Gellért tér állomás nyugati végéhez csatlakozóan tervezték.

A vágánykapcsolatok és az ún. kihúzóvágányok kialakítása – a helyszíni adottságoktól függően – különböző technológiák alkalmazásával lett megtervezve. A Baross téren az állomás keleti végén került kialakításra a vonatfordító, amely felülről, milánói módszerrel épül meg a Thököly út alatt. A másik végállomás, a Kelenföldi pályaudvar örmezei oldalán azonban – a jelentős földtakarás miatt – a vonatfordító műtárgyat a vágánykapcsolati műtárggyal együtt bányászati módszerrel tervezték megépíteni. A projekt megvalósítása közben előállt változások miatt a vágánykapcsolati műtárgy mégis felülről, résfalas dobozszerkezetként épült meg, és csak az ún. kihúzóvágányokat magában foglaló műtárgy épült bányászati módszerrel, a 105 m² méretű alagútszerelvényben a két vágány és az ún. kezelőjárda is elfér egymás mellett.

ÖSSZEKÖTŐ ALAGUTAK

Az előírások szerint az állomások között a jobb és bal vonalalagutak 300 m-enként össze kell kötni, biztosítandó, hogy vészhelyzetben pl. az alagútban rekedt égő vonatból menekítendő



1. ábra: Összekötő alagút vonalalagúti csatlakozása, utóbbiban menekülőjárdák készülnek az összekötő alagúthoz igazodó járószinttel

utasok 10 percen belül átjussanak a másik, füstmentes vonalalagútba. Az összekötő alagutak vonalalagúti csatlakozásainál tűzgátló ajtókat építenek be, melyek vészhelyzet esetén megakadályozzák, hogy a tűz vagy füst áterjedjen egyik alagútból a másikba. (1. ábra)

Az összekötő alagutak helye úgy lett megtervezve, hogy adott vonalszakasz mélypontján mindig épüljön és a vonali csurgalék-víz-gyűjtő szerepét is betöltse. Az I. szakaszon összesen 13, 3,20 m átmérőjű összekötő alagút készül, közülük háromnak van ilyen kettős funkciója. A vízgyűjtő zompok 65 m³ csurgalékvizet képesek befogadni, amelyet két nagy teljesítményű szivattyú segítségével nyomnak át a közeli állomás vízgyűjtő zompjába, ahonnan az állomási szivattyúk juttatják a felszíni csatornahálózatba. A budai oldalon tervezett nyolc összekötő alagút már megépült, a pesti szakaszon további öt kivitelezésének előkészítése folyik.

SZELLŐZŐMŰTÁRGYAK

A szellőzési rendszer úgy lett megtervezve, hogy mind az állomások, mind a vonalalagutakat, külön a jobb és a bal alagutak lehet kezelni légtechnikai szempontból. Ehhez azonban megfelelő kapcsolatot kell kiépíteni az alagutak és az állomási műtárgyban elhelyezett szellőzőgép-csoportok között. Ennek érdekében készültek az állomási szellőzőműtárgyak, melyek az állomás előtt kb. 12 m-rel kötik össze a jobb és bal vonalalagutakat, és összekapcsolják az állomásban lévő szellőzőgép-terekkel és a felszínre vezető légcatornákkal. Azokban az állomásokban, ahol a felszín szűkossége miatt a réselt dobozba nem lehetett elhelyezni ezeket a légcatornákat, ott bányászati technológia alkalmazásával építették meg a 15–30 m² keresztmetszetű szellőzőalagutakat és légcatornákat.

¹ Szerkezetépítési főmérnök, BKV Zrt., DBR Metró Projekt Igazgatóság; e-mail: nemethmt@metro4.hu

A két végállomást (Kelenföldi pu. és Keleti pu.) kivéve minden állomáson építettek bányászati módszerrel szellőzőalagutat, melyek közül külön említést érdemel a Bocskai út állomáshoz nyugatról csatlakozó lőttbetonos alagútszakasz, melynek mintegy 100 m²-es keresztmetszetében a vasúti pálya és járműúrszelvény mellett elfér az állomás jobb és a bal oldalát szellőztető két légcatorna is: ezek a Kanizsai utcai szellőzőműtárgyba csatlakoznak. Az alagút 74 m hosszú és mindössze 9,0 m-es földtakarással épült meg 2007 nyarán, elsőként a vonalon.

A Móricz Zsigmond körtér állomási szellőzőműtárgy a legrövidebb alagút, ami a bal vonali alagutat köti össze az állomási réselt dobozzal. Az érintett szakaszon a résfal párhuzamos a vonalalagút tengelyével, és mintegy 1,5 m távolság van a résfal és az alagút falazata között. Az alagút méretének megfelelően a kivitelezés is rövid ideig tartott, mindössze 30 nap kellett a primer falazat és a belső vasbeton köpeny elkészítéséhez.

ÁLLOMÁSI LŐTTBETONOS ALAGUTAK

Az eredeti tervek szerint a 4-es metró I. szakaszán három állomás építése során kellett az állomás jelentős részét bányászati módszerrel kialakítani, közülük a Rákóczi tér állomás teljes szerkezete ugyan megépíthető lett volna nyitott módszerrel, három nagy értékű platánfa védelme érdekében azonban a környezetvédelmi hatóság előírta, hogy a tér érintett részén csak zárt módszerrel, a felszín bolygatása nélkül lehet megvalósítani a szerkezetet.

A Duna két partján lévő Szent Gellért tér és Fővám tér állomás (Szent Gellért tér, Fővám tér, Rákóczi tér) építése a felszíni munkaterület szűkösége miatt követelte meg több, különböző technológia alkalmazását. Utóbbi egy, az alsó és felső rakpart alatt épített réselt dobozból, és mintegy 40,0 m hosszban a Duna medre alá tervezett, bányászott állomási szakaszból volt elképzelve. Az állomásszerkezet építésének előrehaladtával azonban egyre inkább előtérbe került a Duna alatt megépítendő állomásrész jelentős építési kockázata. Hosszas vitát követően (még az állomás elhagyását is vizsgálták) a vállalkozó javaslatára megváltozott az állomási geometria: az elkészült réselt dobozstruktúrából cca. 20 m hosszú alagutakat építettek a Duna alatt, azt is részben talajfagyasztást védelme mellett, míg a további cca. 20 m hosszú peronalagutakat az állomás másik végén, a Budapesti Corvinus Egyetem főépülete alatt kiviteleztek.

A Szent Gellért tér állomás a vonal több szempontból is kiemelkedő létesítménye. Az állomásszerkezet kialakítása, méretei önmagukban is lenyűgözőek, ezen túlmenően jelentős szerepet játszik mind a megvalósítás, mind az üzemeltetés során. Kialakítását a végleges funkciókon túl befolyásolta még annak igénye is, hogy a pesti oldali vonalalagutak építését innen kell kiszorgálni. Ez elsősorban a rácsszerkezet geometriáját érintette, hiszen a pajzsok kiszorgálását a felszínről, az egymás alatti négy földémszinten kialakított két-két nagyméretű leadónyíláson keresztül végzik.

A több funkcióra való megfelelés érdekében ezen az állomáson épül a legtöbb bányászati módszerrel készülő alagút. Az állomás szerkezetileg két jól elkülöníthető részből áll. Először a Műegyetem rakparton épült 40×40 m alapterületű résdoboz, melyen belül az alaplemez felső síkja a felszín alatt mintegy 32 m mélységben van. A dobozstruktúra kialakítása hasonló a Fővám tér állomás szerkezetéhez, bár annál kisebb, mivel a budai alsó rakpartot nem lehetett az állomás felszínről történő építéséhez igénybe venni. A doboz szerkezete 2008. február végére elkészült, ekkor kezdődhettek meg a bányászati munkák (2. ábra).

Az állomás másik része a BME CH épülete alá benyúlva bányászati módszerrel, lőttbetonos primer megtámasztással épült. A rés-



2. ábra: Szent Gellért tér állomás, a háromcsöves szakasz pilléralagútjai a kész pillérekkel



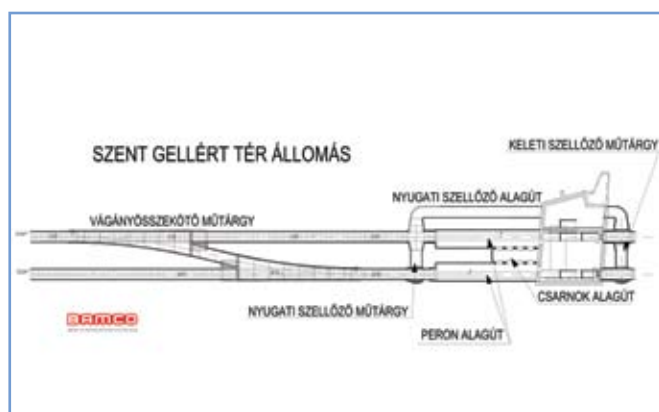
3. ábra: Szent Gellért tér bal peronalagút

dobozhoz kapcsolódó részen mintegy 25 m hosszban háromcsöves kialakítású, középperonos, a további 30 m-en pedig az ún. peronalagutak épültek meg oldalperonos kialakításhoz (3. ábra). Az első építési ütemben az oszloptárok fejtése és lőttbetonos ideiglenes megtámasztó szerkezete készült el a talajviszonyokhoz alkalmazkodó fejtési fogásokkal és részekkel. Az oszloptárok elkészülését követte a talpgerenda építése, majd az oszlopok elkészülte után a fejtárcsa kialakítása.

Az állomás szellőzőrendszere is jelentős műtárgyak kialakítását igényelte mind az állomás keleti, mind a nyugati oldalán, utóbbit az állomás bányászott részének megkerülésével egy – a vonalalagutakkal párhuzamos tengelyű – külön alagút köti össze a résdobozban lévő szellőzőgépekkel. Az ún. nyugati szellőzőalagút hossza 70,0 m, és mintegy 30,0 m² kitörési szelvénnel épült. E szerkezetek primer falazata cca. hat hónap alatt készült el.

Az állomáshoz nyugati oldalon csatlakozik a vágánykapcsolati műtárgy. A tenderterv szerint a műtárgyat a Szent Gellért tér állomásból a nyugati szellőzőalagúton keresztül, bányászati technológiával tervezték megépíteni. Ennek elkészülte után a pajzsok a primer megtámasztással rendelkező műtárgyon haladtak volna keresztül a Szent Gellért tér állomásra (4. ábra).

A vállalkozó azonban a műtárgy építését nem kezdte meg időben, ezért az alagútépítés késedelmének csökkentésére új építéstechnológiát javasolt: a pajzsokkal megépíti az alagutakat a mű-



4. ábra: A Szent Gellért tér állomás alaprajza a szellőzőalagutakkal és a vágánykapcsolati műtárggyal



5. ábra: Vágánykapcsolati műtárgy, jobb trombita építése. Az ábra bal oldalán a pajzsral épült, 5,20 m belső átmérőjű tűbbinges alagút látható

tárgy helyén, majd a tűbbingek szakaszos visszabontása mellett utólagos felbővítéssel alakítja ki a változó szelvényű műtárgyat. A kiviteli tervek és az új építéstechnológia jóváhagyását követően a vállalkozó megépítette a pajzsos alagutakat, és 2009 elején mindkét pajzs betört a Szent Gellért tér állomásba. A vágánykapcsolati műtárgy építése azonban csak 2009. október végén kezdődött meg. A kivitelezés az eredeti terveknek megfelelően a jobb alagútban az állomás felől kezdődött meg, de itt már a megépült pajzsos alagút bontását is bele kellett építeni a bányászati módszerű alagút-építési technológiába.

A vágánykapcsolati műtárgy tulajdonképpen két szembefordított trombita műtárgy összekötésével alakul ki. Az első trombita a jobb alagútban épül, majd a bal alagútban a műtárgy Möricz Zsigmond körtér felőli végétől indulva készül el a másik trombita a Szent Gellért tér állomás felé, végül a rövid összekötő alagutat építik meg. A műtárgy teljes hossza 156,0 m, egy trombita műtárgy hossza 63,0 m, mely a nevéhez híven változó keresztmetszetű, a pajzsos alagúti szelvénytől (Ø5,2 m, 27 m²-es kitörési szelvény) egészen a 14,0 m szélességig (110 m²-es kitörési szelvény) növekszik a mérete. A legnagyobb szelvényt öt lépésben fejtik ki löttbetonos biztosítás mellett (5. ábra).

A Szent Gellért tér állomáshoz kapcsolódóan épült alagutak esetében a legtöbb problémát a fejtés során megjelenő vízfolyások jelentik. Bár az alagutak bányászati szempontból jónak mondható, vízzáró kiscelli és tardi agyagban épültek, mind az állomási,

mind a szellőző-, mind a vágánykapcsolati alagutak építése során azonban vetőzónákat harántoltak, amelyeken keresztül jelentős mennyiségű víz jutott a fejtett alagutakba. A legjelentősebb vízfolyásokat a BME CH épülete alatt „sikerült” megtalálni, melyek vízhozama a legkritikusabb időszakban – egy rövid időre – elérte a 7,0 l/sec intenzitást. Az alagút építése során ezt az értéket az egész állomásra vonatkozóan sikerült visszaszorítani 2,0 – 2,5 l/másodpercre. Az állomás szigetelése még nem teljes, legkedvezőbb esetben is csak 2010 végén lesz lezárva.

A CH épületben az állomásépítés hatására bekövetkező mozgások három okra vezethetők vissza:

- a résdoboz építéséből adódó, ez az összesüllyedés 15-20%-a,
- az alagút-építési technológiákból, illetve az építési sorrendből adódóan további 50% és
- az állomásba befolyó vizek felszínre gyakorolt hatásából adódik.

Utóbbi kettőnek az aránya nem mutatható ki egyértelműen, de az biztos, hogy jelentős volt e tényezők együttes hatása az épület süllyedésére. A CH épület átlagosan 4 cm-t süllyedt, a legkritikusabb pont süllyedése elérte a 6 cm-t.

A Szent Gellért tér állomás alagútjainak építéséről a sok közül – helyszíre miatt – csak két érdekességet említ meg. Az egyik a keleti szellőzőműtárgy építése során adódott, amikor is az építés előbbi befejezése rendkívül fontos volt, mivel a műtárgy közvetlenül a Duna meder szélénél, az alsó rakpart alatt épült, ahol a budai szennyvíz főgyűjtő csatorna kivitelezése zajlott. A szellőzőműtárgy építését be kellett fejezni arra az időpontra, amikor a csatornaépítéssel oda érkeznek, hogy az alagútépítésből adódó felszínmozgások ne befolyásolják a nagy átmérőjű csatorna fekszintjét. A szellőzőalagút déli szakasza építésének kezdete után néhány fogást követően egy jelentős, több m³-es felszakadás történt, amely szerencsére nem jutott ki a felszínre, de jelentős mértékben lelassította a munkákat, a rakparton pedig mintegy 5 cm-es süllyedést okozott. A munkafolyamatok átszervezésével, gyorsításával azonban a műtárgy még az alsó rakparti csatorna-fektetés előtt elkészült.

Másik megemlíthető esemény – helyesebben technikai érdekesség –, hogy az állomás nyugati végén kialakított, bányászati módszerrel megépített szellőző-összekötő alagútba betört pajzs mintegy 15,0 m hosszban tűbbinges alagutat épített a löttbetonos alagútban, ennek egy részét később ugyan elbontották, de négy gyűrű végleges szerkezetként megmaradt.

SUMMARY

CONSTRUCTION OF MINED TUNNELS

During construction of Stage 1 of the Metro 4 Line mined tunnelling method, including primary shotcrete lining, was used at several locations. This method is applied for the construction of ventilation and reversing structures relating to the stations, cross passages connecting the running tunnels, and passenger areas of certain stations; 40 structures are built using this method, with cross section ranging from 15 m² to 113 m² and length from 6 to 101 m. With the exception of the two terminals (Kelenföldi pu. and Keleti pu. stations), mined ventilation tunnels were built at all the other stations. According to the original design of Stage 1 of the Metro 4 Line, three stations were planned to have a significant part completed by mining method.

A 4-ES METRÓ VONALI ALAGÚTJAINAK ÉPÍTÉSE

NÉMETH M. TIBOR¹

AZ ÉPÍTÉS ÜTEMEZÉSE ÉS AZ ALKALMAZOTT ÉPÍTÉSI TECHNOLÓGIA

Az 1996-ban elkészült döntés-előkészítő tanulmányterv rögzítette, hogy az állomásokat felülről, nyitott építési technológiával kell kivitelezni, úgy, hogy az állomások középperonos elrendezésűek legyenek, az állomási dobozok között pedig a két vonalalagutat zárt módszerrel kell megépíteni.

A továbbtervezés során azonban több kérdés is felmerült, melyeket tisztázni kellett ahhoz, hogy pontosítani lehessen a beruházás ütemezését és az egyes kivitelezési feladatok lehatárolását a közbeszerzési eljárások lebonyolításához. A legfőbb kérdés azonban az volt, hogyan lehet a vonalalagutat a lehető leggyorsabban, leggazdaságosabban, legbiztonságosabban és a főváros életét legkevésbé zavaró módon megépíteni.

1998-ban a vasúthatósági engedélyezési terv készítőivel (Főmterv Zrt., Uvaterv Zrt., Mott MacDonald Ltd.), valamint a projektvezetési tanácsadóval (Eurometro Kft.) közösen egy rövid, de annál hatékonyabb, hazai és nemzetközi szakértők bevonásával rendezett konferenciát tartottunk a fenti kérdések tisztázása érdekében. A szakértői vélemények és hozzászólások alapján körvonalazódott az a koncepció, amely a mai napig irányadó. Ennek főbb elvei a következők:

- A vonalalagutakat Kelenföld pu. ideiglenes végállomás felől kell megépíteni.
- Mindkét alagutat egyszerre kell építeni (természetesen a felszíni süllyedések minimalálása érdekében a két alagút időben és térben eltolva épül).
- Az alagutakat korszerű, aktív megtámasztású, zárt homlokú pajzsokkal kell megépíteni, legfeljebb 5–20 mm közötti felszíni süllyedéseket megengedve.
- A Szent Gellért teret elérve a pajzsok további működtetéséhez át lehet telepíteni a Műegyetem rakpartra a kiszolgáló telepet. (Ennek két előnye is van: egyrészt lerövidül a pajzskiszolgálás időszükséglete, másrészt az elkészült alagút és a budai oldali állomások belső beépítését zavartalanul lehet végezni.)

A pajzsindító műtárgy helye tehát a Kelenföldi pályaudvarnál lett kijelölve, amely nem csak a pajzsok összeszereléséhez és az alagutak építésének kiszolgálásához ad helyet, hanem a későbbiek során a járműtelep felé is biztosítja a vágánykapcsolatot.

A PAJZS

A budapesti metróvonalak építése során az 1950-es évek elejétől alkalmaztak pajzsokat, melyek a Szovjetunióból érkeztek és ún. nyitott homlokú, mechanikus pajzsok voltak. Talajvízszint alatti építés esetén – a nyitott homlok miatt – a vízbetörést csak levegőtúlnyomás alkalmazásával lehetett kizárni, a túlnyomást azonban nem lehetett a homlokra korlátozni, amiért gyakorlatilag az alagútépítés teljes folyamata túlnyomás alatt zajlott. Így nem



1. ábra: A pajzs szerelése a schwannai gyár csarnokában

csak a kifejtett anyagot, hanem a beépítendő falazati elemeket (tűbbingeket) és minden más anyagot is a keszoncsúlipen keresztül kellett ki- és beszállítani, és az alagútépítők is csak ezen keresztül tudták a munkaterületet megközelíteni és elhagyni. Ilyen körülmények között a napi átlagos teljesítmény 3-4 m, a felszíni süllyedések mértéke 40-50 mm volt, helyenként azonban elérte a 80 mm-t.

A 4-es metró alagútjainak építésénél a vállalkozó Bamco Kkt. korszerű alagútépítő pajzsokat alkalmaz, amelyekkel napi 15–21 m előrehaladási sebességet lehet elérni, a felszínen 10 mm-nél kisebb felszíni süllyedést okozva. Bár a schwannai gyárban sorozatban gyártják a pajzsokat, mégis mindegyik más, mivel az adott körülményekhez és igényekhez igazítják azokat. A 4-es metróhoz szállított pajzsok is speciálisan a budapesti talajviszonyokra lettek optimalizálva, és a budapesti metró geometriai méreteit (az alagutak belső átmérője 5,20 m) figyelembe véve alakították ki azokat. Az alkalmazott pajzsok EPB (aktív földnyomás megtámasztású), monoblokkos marótárcsájú, hidraulikus meghajtású berendezések (1. ábra).

A pajzsok alapvetően kétféle: nyitott és zárt üzemmódban tudnak működni. Nyitott üzemmód esetén, kemény és tömör kőzetben, talajban előrehaladva gyakorlatilag úgy működnek, mint a mechanikus pajzsok. Zárt üzemmódban a puhább, lazább talajokban és a talajvíz jelenléte miatt aktív homlok megtámasztással működik a rendszer, melynek a mértékét szabályozni lehet. Szűkség esetén levegőtúlnyomással is rá tudnak segíteni a talajvíz-nyomás kiegyenlítése érdekében. A két üzemmód közötti átállás gyors, mivel azt az anyagszállító csiga üritőnyílásának szabályozásával lehet megoldani. Az anyagszállító csiga a zárt munkatérből – ahol a pajzs elején lévő marótárcsa fejté a talajt – szállítja a kifejtett anyagot a szállítószalagra. A csiga üritőnyílásának szabá-

¹ Szerkezetépítési főmérnök, BKV Zrt., DBR Metró Projekt Igazgatóság; e-mail: nemethmt@metro4.hu

lyozása útján állítható be a munkakamra talajjal való feltöltöttsége és ez által a fejtési homlok megtámasztásának mértéke. Ahhoz, hogy ez a nyomás megfelelően egyenletesen működjön, ún. plasztifikáló anyagokat, habot adagolnak a kifejtett anyaghoz a munkakamrában.

A pajzs maga három fő részből áll: legelől van a fejtőszerszám (marótárcsa), amely mögött a munkatér található, ezt egy nyomásálló, zárt acél diafragma fal választja el a pajzs többi, emberi munkavégzésre szolgáló részétől. Ezen a falon két nyílás van, alul az anyagszállító csiga ürítőnyílása, felül pedig a zsilipkamra ajtaja, amelyen keresztül zárt üzemmód esetén meg lehet közelíteni a túlnyomásos munkateret.

A fal mögött helyezkedik el a nyolc hidraulikus meghajtómotor, amelyek mindkét irányban képesek forgatni a marótárcsát. Erre az óriási forgatónyomaték okozta elfordulások korrigálhatósága miatt van szükség. Ugyanitt találhatók a pajzsköpeny belső íve mentén elhelyezkedő hidraulikus sajtók, amelyek az elkészült alagútfalazatra támaszkodva nyomják előre a pajzsot.

A harmadik részben az erektor (speciális emelőkar, ami vákuum segítségével fogja meg az egyes, akár 3,5 t tömegű falazati elemeket, és teszi egyenként a helyükre), mellyel a pajzsfarok védelmében építhető meg a végleges alagútfalazat az előre gyártott vasbeton tübbingseggel. Az erektorra szükség esetén felszerelhető egy fúróberendezés, amelynek segítségével a pajzs palástján körben kialakított nyílásokon keresztül geológiai feltárófúrásokat lehet előre hajtani, de a nyílásokon keresztül injektálásra is lehetőség van. A pajzs farokrészén történik a hátúr kiinjektálása. A szóban forgó pajzsok esetén körben a megépített tübbing és a kifejtett szelvény között (a marótárcsa külső kontúrja között) mintegy 15 cm-es hátúr keletkezik, amit injektáló anyaggal (speciális cementhabarccsal) kell kitölteni annak érdekében, hogy a felszínen a lehető legkisebb mozgások keletkezzenek.

A pajzs folyamatos működéséhez egy kilenc egységből álló szerelvényt vontat maga után speciális sín pályán, amelynek elemeit a szerelvény előrehaladtával elbontják és a pajzs mögött, elől újra beépítik. Ezek az egységeken található az irányító, vezérlőegység, a habarcsinjektáló berendezés, a hab- és a különböző (főtengely- és faroklemez-tömítés) zsirinjektáló egységek, a hidraulikus egység, ami a meghajtómotorok és sajtók mozgását biztosítja, az elektromos egységek, amelyek a kapcsolószekrényeket és a transzformátort foglalják magukba, a sűrített levegőt előállító kompresszorokat, valamint az előrehaladáshoz szükséges energiát biztosító kábeldobot. A pajzsot egy 20 kV-os kábel látja el



2. ábra: Az északi pajzs szerelése az Etele téri pajzsindító aknában. A pajzsokat a gyártóművi átvétel után szétszerelték, és részben közúton, részben vízen szállították Budapestre

energiával. A pajzshoz a felszínről egy 1,0 m átmérőjű, a főtében rögzített flexibilis csövön keresztül nyomják be a friss levegőt, így biztosítva a szerelőtér levegőellátását. Az északi pajzs szerelését az Etele téri pajzsindító aknában a 2. ábra mutatja.

Az alagútépítő géplánc néhány főbb adata:

– teljesítménye:	2000 kW
– teljes tömege:	660 t
– ebből a pajzs tömege:	270 t
– teljes hossza:	112 m
– ebből a pajzs hossza:	10,0 m
– a pajzs legnagyobb átmérője:	6,05 m
– a marótárcsa tömege:	54 t
– marótárcsát meghajtó nyolc motor forgatónyomatéka:	4183 kNm
– a marótárcsa fordulatszáma:	4,57 1/min

TÜBBINGGYÁRTÁS

A tübbinggyártás megszervezése, a tervezettség, a gyártó kiválasztása, a gyártás és a helyszínről szállítás a szerződés szerint mind a vállalkozó feladata. A kivitelező végül is a saját érdekességű, a szlovákiai Seréden működő ZIPP betonelemgyárnál rendelte meg a tübbingek gyártását és az elemek helyszínről szállítását. A gyártáshoz nyolc sorozat sablont készített egy francia cég, egy sorozat sablonban egyszerre egy komplett gyűrű hat szegmense készíthető el. A tervezett betontechnológia szerint egy sablonban naponta két elemet lehet legyártani, így naponta 16 gyűrű, azaz 96 szegmens gyártására van lehetőség. (Napi 12 m-es előrehaladási sebességet véve alapul a két géplánc ennyit tud beépíteni.) A sablonok tervezett élettartama kb. 1500 elem (összesen 12 ezer gyűrű) gyártására ad lehetőséget, ez a mennyiség elegendő az I. és II. szakasz megépítéséhez.

A tübbingeket közúton, teherautóval szállították a 176 km-re lévő Etele tere, illetve ma már a Szent Gellért tere. Egy kamion egy komplett gyűrűt szállít, olyan acélkereten, amelyen már a gyárban a beépítésnek megfelelő sorrendben helyezik el az elemeket. A raklapot a kamionokról előbb a felszíni tárolóba rakják le, majd onnan emelik a kiszolgáló szerelvény első kocsijára. A kamionok szigorú menetrend szerint közlekednek, mivel a munkahelyi tárolókapacitás kicsi a tervezett építési ütemhez képest.

A tübbingek betonminősége: C50/60 XA3, XV3 (H), CI 01, D_{max} 16.

A beton összetétele:

Cement eredete: LAFARGE	
Cement minősége: CEM I 42,5, adagolása:	430 kg/m ³
Adalékanyag 0/4 frakció:	616 kg/m ³
4/8 frakció:	259 kg/m ³
8/16 frakció:	938 kg/m ³
Víz:	165 l/m ³
Adalékszer (MURAPLAST FK842.1):	2,8 kg/m ³
Speciális kiegészítő anyag (Krampefibrin PM 6/42):	1,0 kg/m ³

A speciális kiegészítő anyag az alagútfalazat tűzállóságának növelése érdekében került alkalmazásra.

A 4-es metró nyomvonala a budai oldalon olyan területeket érint, ahol a talajvíznek jelentős szulfáttartalma van. A tervezés során felmérték azokat a szakaszokat, ahol a szulfátálló cementtel készített tübbingeket kell alkalmazni. A vizsgálat eredménye alapján célszerűbb volt az összes elemet szulfátálló cementtel készíteni, így mindegyik elem azonos betonreceptúra alkalmazásával készül.

Egy gyűrű hat elemből áll össze: három általános szegmens, két ellenszegmens és egy záró szegmensből. Az elemek a gyűrűn belül csak az előre (gyűrűkiosztási tervben) meghatározott helyükre

építhetők be, ezért szükséges jelölni az elemeket. A gyűrű és egyben az épülő alagút belső átmérője 5,20 m, az alagút – és minden szegmens – falvastagsága 30 cm. Ezen túlmenően az egyes szegmensek szinte minden mérete különböző, egyrészt, mert a záró- és ellenszegmensek ék alakúak, másrészt a szegmensekből összeállított gyűrű két oldala nem párhuzamos. Az összeszerelt gyűrű középső, általános szegmense a legszélesebb: 1522,41(!) mm, míg a záróelem 1477,59 mm. Ez a kialakítás teszi lehetővé, hogy az egyes gyűrűk egymáshoz képest történő elforgatásával követni lehessen a tervezett vonalvezetést anélkül, hogy a gyűrűk közötti illesztési hézagok mérete változna (az alagút nyomvonalának vízszintes és függőleges íveiben a külső oldalon sem nyílik meg). Ez lehetővé teszi az elemek egymáshoz rögzítését, csavarozását szerelés közben, illetve ami ennél sokkal fontosabb, hogy a pajzs előrehaladásához szükséges nyomóerő (akár a 2000 tonnát is elérheti!) a gyűrű területén körben egyenletesen oszlik meg, így az egyes szegmensekre jutó igénybevételek nem okoznak problémát. Az eddig elkészült mintegy 5200 gyűrű beépítése során néhány elem megsérült, megrepedt, ám ezek egyike sem volt olyan mértékű, hogy a gyűrűk statikai vagy stabilitási megfelelőségét befolyásolná.

A normál gyűrűk mellett speciális elemeket is gyártanak, amelyek alakjukat tekintve ugyanolyanok, mint az előzőek, de vasalásuk erősített, és a gyűrűk egymáshoz kapcsolódása is erősebb. E megerősített kapcsolódásokat poliamid csapokkal oldották meg, melyek helyét ugyancsak már az elemek gyártása során kialakítják. A poliamid csapok hossza mintegy 30 cm, két végén kúpos kialakítással (középen 10 cm, a két végén 4 cm átmérőjű). A záró elemet kivéve minden elemben 2x4 csap helye van kialakítva. Ezek a csapok biztosítják a gyűrűk közötti erőátadást. Ezekre az erősített, speciális elemekre olyan helyeken van szükség, ahol az átlagosnál nagyobb igénybevétel várható (pl. összekötő vagy szellőzőalagutak csatlakozásainál). A 3. ábrán láthatók a tübbingelemek a gyártó telephelyén, gyűrűként rakatolva.



3. ábra: Tübbingelemek a gyártó telephelyén, gyűrűként rakatolva. A bal oldalon speciális gyűrűelemek, oldalukon jól láthatók a műanyag csapok helyei. A kisebb lyukak a gyűrűszereléshez szükséges rögzítő csavarok helyei

ORGANIZÁCIÓ

A pajzsok a szerkezetkész állomási dobozba érkeznek, amelyen át kell haladniuk. Ahhoz, hogy a pajzsok az állomásba történő betöréstől az indulási pontig eljussanak, segédstruktúrák szükségesek az alaplemezen. A vállalkozó többféle megoldás közül végül a vasbeton „bölcső” építését választotta: az elkészült alaplemezen egy olyan vasbeton pálya került kiépítésre a betörési és kitörési pont között, amelynek felső része a pajzs külső kontúrjának megfelelően lett kialakítva. Előnye a megoldásnak, hogy a segédstruktúra később a pálya alatti feltöltőbeton részeként megmaradhat, tehát nem szükséges elbontani. A pajzsok ebben az íves vályúban „saját lábán” haladnak át az állomás egyik végéről a másikra. Ehhez nem kell megépíteni a



4. ábra: A déli pajzs a Tétényi út állomáson a betörés után

zárt alagútgyűrűket az állomás hosszában, hanem egy speciális elem (1,5x1,5 m-es vasbeton elem, amelyen a gépláncot kiszolgáló vasúti vágányzat is elfér) alkalmazásával, csak az alsó sajtókat használva mintegy két nap alatt küzdi le a pajzs a cca. 100 méternyi távolságot.

A budai oldali állomásokba betöréskor (4. ábra) a pajzsok először a kb. 10 m hosszú, 0,5 m magas fékezőbetonba érkeztek, melynek szerepe, hogy az állomásba érkező pajzs mögött még hiányzó, mintegy öt gyűrűt az előírt nyomóerővel lehessen beépíteni. Az állomásokban a pajzsokat felkészítik a következő szakaszra, ezen belül a különböző elektromos, hidraulikus, emelő, szállító és nem utolsósorban a vezérlő rendszerek karbantartása történik. A felkészítés fontos része a pajzs karbantartása, a marótárcsa kopott fejtőszerszámainak (tárcsák, körmök) cseréje, valamint a faroklemez tömítő rézkeféinek, lemezeinek cseréje, pótlása és tömítő zsírzsása.

Az állomást is fel kell készíteni a pajzs indítására: az állomásból történő kitöréshez a marótárcsa előtti falazatot ezért vasalás nélkül, vagy ha statikai szempontból mégis szükséges, akkor üveg-szál erősítésű műanyag armatúrával vagy acélszállal kell megerősíteni a betont. A kitörési keresztmetszet fölött 9–12 m hosszban injektálás vagy injektált csőernyő készül. A pesti oldalon a részfal belső oldalán betondugót építenek annak érdekében, hogy az állomásra beérkezve az utolsó gyűrű is biztonságosan beépíthető legyen, illetve hogy a pajzs indulását követően szinte azonnal biztosítani lehessen a megfelelő homloknyomást. A betondugó és az injektálás mértékének, méretének meghatározása az állomás-szerkezet építése során szerzett geotechnikai információk, és az előkészítés során a be- és kitörés helyéről vízszintesen fúrt 2–4, 10–12 m hosszú geológiai fúrásokból nyert minták kiértékelése alapján történik.

Az állomás felkészítésének másik fontos eleme a pajzsok indításához szükséges nyomókeret helyének kialakítása, majd a pajzs indítási pozícióba állítását követően a nyomókeret megépítése. (6. ábra) Az acélszerkezetű nyomókeretet az alaplemezhez csavarokkal rögzítik, és kétoldalt még egy-egy rúddal is kitámasztják az alaplemezben kialakított fészkekbe, hogy az induláskor fellépő 1800 t nyomóerőt képes legyen továbbítani az állomás alaplemezére. Ebből adódóan a szerkezet igen robusztus (önsúlya több mint 50 t), az álló négyzet alakú kialakítás és geometria olyan, hogy a pajzs farokrészében összeszerelt első acél segédgyűrű körben rá tudjon támaszkodni.



5. ábra: Kiszolgáló szerelvények találkozása a Tétényi út állomáson. A képen jól látható az állomáson kialakított vágánykép, amire a vonali összekötő alagutak építésének és a pajzskiszolgálásnak az összehangolása miatt van szükség.

A pajzsk kiszolgálásához jelentős szállító- és tárolókapacitás szükséges, hiszen a pajzsk akár napi 30 m előrehaladást is elérhetnek. Így a két pajzsk kiszolgálásához kb. 120, egyenként 3,5 t tömegű vasbeton szegmenset és mintegy 100 t injektáló anyagot kell bejuttatni, illetve több mint 1000 m³ kifejtett anyagot kell kiszállítani.

A pajzsk kiszolgálását két-két, nyolc egységből álló vasúti szerelvény végzi (5. és 7. ábra). Az első kocsin a beépítendő tübbing szegmenseit (18,5 t), a másodikon a kb. 5,0 m³ injektáló anyagot szállítják a pajzshoz, négy csille pedig a homlokon kifejtett egy gyűrűnyi földet szállítja ki. A szerelvények mozgatását két-két, 35 tonnás dízelmozdony végzi, 900 mm nyomtávolságú vasúti pályán, melyet folyamatosan építenek a pajzsk előrehaladását követve. A szerelvények kiszolgálása a felszínen mozgó darukkal történik, a leadónyílásokon keresztül.

A pajzsk november elején elhagyták a Kálvín tér állomást és az év végi leállást követően január első hetében indultak újra a Rákóczi tér állomásra. A karácsonyi ünnepeket a déli pajzsk mintegy 90, az északi pajzsk pedig 280 méterre töltötte a Rákóczi téri állomás előtt. Eddig a pajzsk a számított és kitűzött tengelypontokhoz képest a tűréshatáron (4 cm) belül érkeztek az állomásokra, és előrehaladásuk során is pontosan tartják a tervezett irányt. Az állomások közötti alagútszakaszok építése során mindössze két esetben lépték át a megengedett tűrést (100 mm sugarú kör a tervezett pajzstengely körül), amelyet megfelelő iránykorrekcióval sikerült rövid úton helyreigazítani.



6. ábra: Nyomókeret és segédtübingek az állomásból kiinduláshoz



7. ábra: A földszállító csillék kiemelését és ürítését a felszínen telepített portáldarukkal végzik

A pajzsk eddigi működését értékelve megállapítható, hogy 2009. december közepéig a két pajzsk mintegy 8900 m hosszú alagutat épített. Az első teljesített szakaszon (a Tétényi út állomásig) az átlagos haladási sebességük 6,2 m/nap volt a próbaszakasszal együtt. A napi csúcsot az északi pajzsk teljesítette eddig 20 gyűrű/nap (30,0 m) beépítésével. Az utolsó két szakaszon, a Duna alatt és a Fővám tér és a Kálvín tér között már 11,6, illetve 14,9 m/nap átlagsebességgel épültek az alagutak.

SUMMARY

CONSTRUCTION OF RUNNING TUNNELS

The tunnels need to be constructed using up-to-date close-face shields with active face support, allowing a maximum surface settlement of 5-20 mm, on the Pest side in particular. For the construction of the tunnels of the Metro 4 Line the contractor applies up-to-date tunnelling machines that can reach up to 15–21 m progress rate while causing less than 10 mm surface settlements. Under the contract the arrangements for the segment manufacturing process, design, selection of the manufacturer, manufacturing and transportation of the segments to site are all the responsibility of the contractor. Eight series of templates were ordered for the manufacturing process. One series of templates allows the production of six elements forming a complete ring. The waterproof reinforced concrete tunnel lining rings of 1.50 m length, 5.20 m inner diameter and 30 cm thickness, with a total of 17 t weight, are supplied one by one by road transportation.

METRÓÁLLOMÁS A KELENFÖLDI PÁLYAUDVAR ALATT

BENDIK VIKTÓRIA¹ – PÁL GÁBOR²

AZ ETELE TÉR MINT INTERMODÁLIS CSOMÓPONT

Előzmények – jelenlegi állapot

Az Etele tér már a metróállomás építése előtt a főváros jelentős közlekedési csomópontja volt, a metró megjelenése jelentőségét még fokozza, és közlekedési szempontból komoly intermodális csomóponttá fejleszti. A 4-es metró vonalán jelenleg épülő állomások mindegyike egyedi a maga nemében, és így van ez a Kelenföldi pályaudvar metróállomás esetében is. Különlegessége, hogy két kijárata van (Etele tér és Őrmező felé), és az állomás maga a MÁV-vágányok alatt helyezkedik el. Ez a vonal leghosszabb állomása, amelynek tervezését hosszú vita előzte meg. Végül is – a többi állomáshoz hasonlóan – résfalas dobozszerkezettel épült meg az I. szakasz dél-budai végállomása, ezen funkciója a vonatfordítás és szerelvénytárolás céljából egy kihúzóalagút építését is igényelte, ami szervesen kapcsolódik az állomási dobozhoz. Építészeti látványtervet mutat az 1. ábra.



1. ábra: Építészeti látványterv

A jelenlegi közlekedési viszonylatok tekintetében az Etele tér villamos- és buszvégállomásokat, Volán buszpályaudvart, valamint MÁV vasútállomást is tartalmaz.

A metró tervezési és engedélyezési folyamatainak első lépéseként 2001-ben jóváhagyták az állomásra és térségére vonatkozó szabályozási tervet és helyi építési szabályzatot. Ebben minden olyan feltételt rögzítettek, amely mind az építéshatósági engedélyezési eljárások, mind az alátámasztó közlekedési munkarészek alapját képezte. A tervben már szerepelt az állomás Őrmezői oldalához kapcsolódóan egy P+R parkoló (mélygarázs), valamint egy buszpályaudvar megvalósítása. Már a szabályozási terv készítése során is jelentős szakmai vitát váltott ki, hogy az állomás Őrmezői oldalához vezető utak hol épüljenek, valamint hogy mi-

lyen legyen az M1–M7 csomópont kialakítása. A szakma egyik fele a körforgalomra esküdött, a másik tábor viszont az egyszerű átkötések híve volt. A térségnek ugyanis az egyik alapvető problémája, hogy az autópálya bevezető szakasza elvágja egymástól a két városrészt, és nem biztosít megfelelő kapacitású direkt gyalogos és közúti összeköttetést.

A jelentősen elhúzódott metró-előkészítő munka során olyan nagymértékben változott a világ, hogy a 2001-ben jóváhagyott helyi építési szabályzat mára elavulttá vált. Ezen a területen is magánbefektetői csoportok jelentek meg, melyek nagy álmokat és hatalmas beruházásokat kívántak valóra váltani. Mindez azt generálta, hogy a teljes térségre (amely a járműtelepet is magában foglalja) egy újabb szabályozási tervet kellett készíteni. Ez a terv jelenleg a jóváhagyási fázisban van, és várhatóan 2010 tavaszán kerül véglegesen elfogadásra. Az intermodális csomópont kialakításának és a hozzájuk tartozó infrastruktúra engedélyeztetésének egyik feltétele ennek a módosított tervnek az elfogadása.

Kapcsolódó felszíni beruházások (őrmézői oldal)

Az állomás térségéhez tartozó ún. kapcsolódó felszíni beruházás 2006-ban kezdődött meg, a fentiekben említett szabályozási tervben foglalt elvek alapján. A feladat itt egy mélygarázs, közös BKV és Volán buszpályaudvar, valamint az állomáshoz vezető utak tervezése volt. Az utépítési feladatok természetesen magukban foglalták a már említett M1–M7 csomópontot és azok műtárgyait is. Az első tervek alapján az állomás Őrmezői oldali kihúzó műtárgya fölé egy négyszintes mélygarázs épült volna, amely már magában foglalta a közös buszvégállomást is. Megjelenését tekintve a MÁV-vágányok felől zöldtetős kialakítású felszín lett volna látható, amelyen a szükséges sportpályákat is el lehetett helyezni. Ez a terv jelentős szerkezeti változásokat indokolt az állomás tervezett kihúzó műtárgyának – változó keresztmetszetű, bányászati módszerrel tervezett – alagútszakaszán: ésszerű volt a bányászott alagútszakaszt felülről építendő, réselt műtárggyá változtatni. A műtárgy biztonsággal elviselte volna a négyszintes mélygarázs, továbbá egy lehetséges felszíni építmény terheit is. A 2008-ban begyűrűző gazdasági válság azonban megváltoztatta a befektetői szándékokat, így a mélygarázs és a hozzá kapcsolódó irodaépület finanszírozó nélkül maradt. Az engedélyezési eljárásokat mind a befektetők elpártolása, mind a szabályozási terv jóváhagyásának késlekedése miatt rendre fel kellett függeszteni. Az állomási kihúzó műtárgy mintegy 100 méteres szakasza azonban a módosított technológiával (réselt doboz) megépült.

A jelen helyzetben a meglévő pénzügyi és műszaki adottságokhoz igazodva kell áttervezni és megépíteni az állomás Őrmezői kijáratát, valamint azt a feltétlenül szükséges infrastruktúrát, amely az intermodalitás alapvető feltételeit biztosítja. Ennek megfelelően a mélygarázs helyén egy olyan dobozműtárgy kerül megépítésre, ami a felszíni buszvégállomás egyes kiszolgáló helyiségeit

¹ Építész és tervezési főmérnök, Eurometro Kft.; e-mail: bendikv@eurometro.hu

² Szerkesztettervező, Speciálterv Kft.; e-mail: pal.gabor@specialterv.hu

foglalja magában. Kereskedelmi funkcióknak is helyet adhat, és tartalmazza a metróállomás üzemi helyiségeit és gépészeti berendezéseit. Az állomás örmezői kijárata is megváltozik a szerkezettel együtt. Ugyanis az eredetileg tervezett végleges felszín magassága mintegy 2 méterrel feljebb került, ennek megfelelően az állomásból történő felszínre érkezés módosul. Az ideiglenes végállomás funkció indokolja azt a körülményt, hogy a későbbi fejlesztések és a metró továbbépítése során bizonyos funkciók ezen a helyszínen szükségtelenné válnak majd. Emiatt olyan műtárgy építése indokolt, ami igazodni tud a későbbi változásokhoz.

A tervezett mélygarázs helyett jelenleg csak egy kis kapacitású (kb. 400 férőhelyes) felszíni P+R parkoló kerül megépítésre, a kijáráshoz és a buszvégállomáshoz kapcsolódva. A későbbi fejlesztési lehetőségek azonban a felszámolásra kerülő nyolc MÁV-vágány helyére képzélik el a végleges P+R mélygarázst, ami mintegy 1200 férőhelyes kapacitással szolgálja ki majd a térséget.

AZ ÁLLOMÁS MINT AZ INTERMODÁLIS CSOMÓPONT LELKE

Az intermodalitás alapvető feltételét maga az állomási műtárgy biztosítja, mivel kialakítása a vasúti peronok és a metróállomás peronja között közvetlen lift- és mozgólépcső kapcsolatot biztosít. Az építész a műtárgyat vertikálisan két részre osztotta: az alsó szinten helyezkedik el a metróállomás középperonos kialakítással. A felső szinten található a gyalogos-aluljáró, amely egyrészt összeköti az Etele teret és Őrmezőt, másrészt a MÁV-peronokra biztosít feljutást lépcső, mozgólépcső és liftek segítségével. Az aluljáró földeme vasúti hídként viseli a MÁV pálya al- és felépítménye, valamint a vonatok terhet. Az aluljáró két végén a fix lépcsőárkok mellett ugyancsak mozgólépcső és lift áll rendelkezésre az akadálymentes közlekedés érdekében.

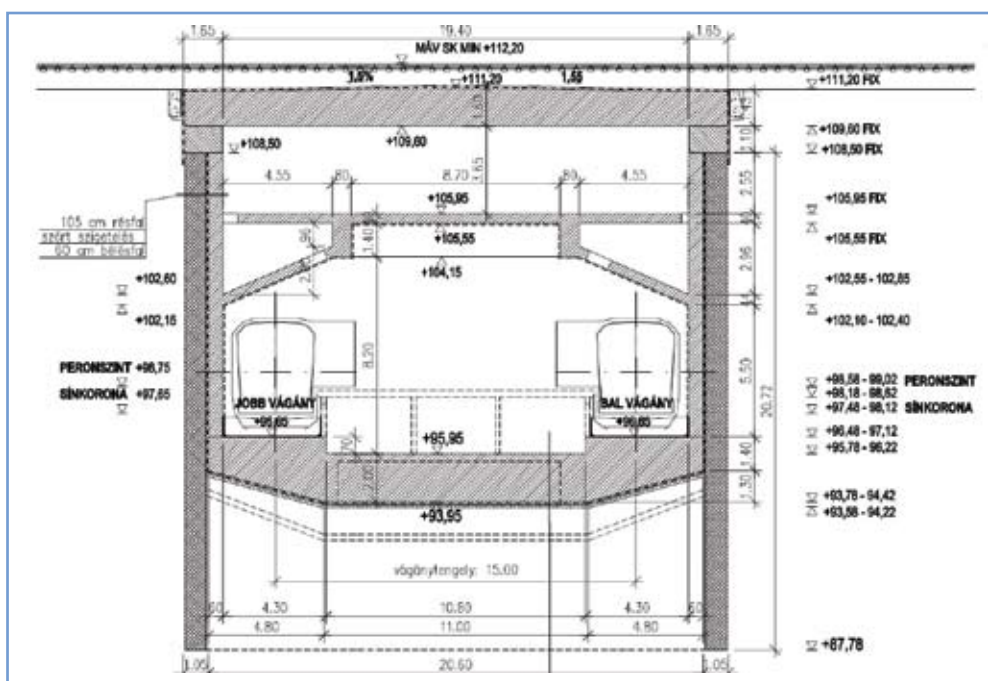
Az állomásszerkezet

A vasúti vágányok alatti szerkezet az Etele téri oldalon korábban megépített pajzsindító műtárgyhoz csatlakozik. Az aluljárós műtárgyszerkezet az Etele téri oldalon csatlakozó kihúzó műtárggyal együtt 340 m hosszú. A réselt műtárgyból indul a 90 m hosszú bányászott alagút, tehát a teljes mélyépítési műtárgyhossz: 430 m, mellyel a Kelenföldi pályaudvar állomás a 4-es metró I. szakaszának leghosszabb állomása.

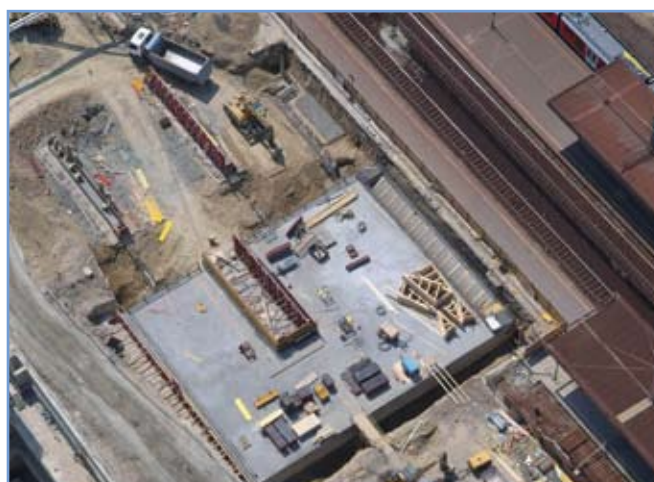
Résfalak

A metróállomás szerkezete a MÁV-vágányok alatti szakaszon 22-23 m mély, 1 m vastag résfalakkal épül, melyek 21,60 m tengelytávolságban helyezkednek el egymástól. A területen a felszínközeli feltöltés alatt középső oligocén kiscelli agyag található.

A résfalak végleges statikai állapotának méretezése a felszíni terhelések, nyugalmi földnyomás és az oldalfalak teljes felületén ha-



2. ábra: A vasúti hidak alatti általános keresztmetszet



3. ábra: Az „U” alaprajzú, három vágányt alátámasztó 8. lemezhid építése

tó talajvíznyomás figyelembevételével történt, míg az ideiglenes állapot méretezése során talajvízzel mindössze a felső mállott közepes és kövér agyagrétegében számoltak. A mélyebben fekvő ép közepes és kövér agyagot vízzárónak tételezve fel, építési állapotban e rétegben víznyomást nem vettek figyelembe. Ennek a feltételnek a tényleges teljesülését biztosítandó, a vízzárónak tekintett rétegben az 1 m vastag résfal mögötti esetleges víznyomás megszüntetésére acél átvezető csövek kerültek beépítésre (armatúráknak 2-2 db.)

A zárófödém mint vasúti híd

A résfalak felső síkján épült résösszefogó gerendákon épült zárófödém ágyazatátvezetési vasúti hídként lett méretezve és kialakítva. A szerkezet a milánói módszerrel épült meg, tehát a zárófödém elkészülte után a felszín – ez esetben a vasúti pálya – visszaállítása után történt a földkiemelés a födém alatt, ezért a további építési fázisok már nem akadályozták a felszíni vonat-



4. ábra: Résfal és alaplemez kapcsolata lenton kapcsolóelemek alkalmazásával

forgalmat. A földém szilárdulása után felületi szigetelést, szivárgókat, ágyazatot és vasúti pályát építettek. A 2. ábrán a vasúti hidak alatti általános keresztmetszet látható.

A földszalun készülő monolit vasbeton lemezek vastagsága 1,43–1,60 m között változik. A vágányok közötti építés komoly technológiai nehézségeket vetett fel, a belső szakaszokon kétoldalt üzemelő felsővezeték rendkívül megnehezítették az építési terület kiszolgálását.

Az aluljáró földémét az építési ütemeknek megfelelően munkahézagok és vízzáró szigeteléssel áthidalt dilatációk tagolják, utóbbiak nyolc külön dolgozó, egymás mellett elhelyezkedő vasúti műtárgyat, lemezhidakat eredményeztek, melyek egyenként 2–5 vágányt vezetnek át.

A lemezhidak peronok felőli szélén látszóbeton felületű konzolok készültek, melyek belső üregei szellőzési célokat szolgálnak. A lemezhidak közötti üvegfödémek az aluljárószint természetes megvilágítására nyújtanak lehetőséget.

A 8. lemezhid „U” alaprajzzal, középen nyitott kialakítással készült, középső „felhasítása” az aluljárónak az új „A1” peronnal történő kapcsolatát biztosítja (3. ábra).

Belső vasbeton szerkezetek

A résfalak közötti földkiemelés egy ütemben készült az alaplemez alsó síkjáig, mely a felszínhez képest cca. –18 m-en található. A zárófödém alatti, résfalakkal határolt „alagútban” készülnek a belső vasbeton szerkezetek: alaplemez, peronszint, az aluljárószinti és gépészeti tereknél a „P+1” jelű földém.

Az alaplemez 1,40–2,70 m között változó vastagságú, keresztirányban nyomatékíró kapcsolattal csatlakozik a résfalhoz. Az erőátadó kapcsolat kialakítása lenton toldóelemek alkalmazásával történt (4. ábra).

Az alaplemez betonozása után a bélésfalak vasszerelése és betonozása történt. E falak jelentős része látszóbeton felület (5. ábra), melynek esztétikus megvalósításához speciális felületű zsalu, speciális betontechnológia és szigorú technológiai fegyelem szükséges. Az aluljárószinten a peronszint utasforgalmi része felett ferde kitámasztású földém készül (6. ábra). A P+1 szint csak az üzemi területeken készül, hagyományos pillérváz kialakítással, monolit vasbeton földémekkel.



5. ábra: Látszóbeton felület



6. ábra: A ferde kitámasztású földémszakasz kiszaluzva

Kihúzó műtárgy

Az örmezői oldalon az állomáshoz csatlakozó kihúzó műtárgy két szerkezeti egységből: egy 80 m hosszúságú, résfalak között épülő vasbeton szerkezetből és egy 90 m hosszú, bányászott alagútból áll. A vasbeton szerkezet a vasút alatti állomásrészhez hasonlóan milánói módszerrel készült, itt azonban nem a zárófödém, hanem egy közvetlenül a metróúrszelvény feletti 140 cm vastag közbenső földém tölti be a kitámasztó funkciót.



7. ábra: Bányászott alagút elkészült külső héjja

A réselt vasbeton dobozhoz csatlakozó alagút két metrószerelvény részére nyújt elegendő keresztmetszetet.

A bányászati módszerrel történő alagútépítés technológia a geológiai, hidrogeológiai viszonyoktól függő nagyságú szakaszokban történő fejtést és löttbetonos külső teherviselő héj építését jelenti (7. ábra).

A teljes keresztmetszeti felület 100 m^2 . A fejtés szilvamag alakú oldaltárával indult, amit szakaszonként felbővítettek. Az alagútépítést folyamatos monitoring rendszer követte, mely felszíni és in situ geodéziai ellenőrző méréseket, inklinométeres, extenzométeres és piezométeres méréseket is magában foglalt.

A löttbeton héj, illetve az ideiglenes elválasztó löttbeton fal vastagsága is 30 cm.

Organizáció

A földalatti műtárgy építésével párhuzamosan a MÁV-állomás perontetői is átépültek, a meglévő perontetők formavilágával azonos toldalékok kialakításával. A műtárgy építése a felszínen a vágányokkal együtt a teljes MÁV-állomást kiszolgáló vasúti rendszert keresztezi, tehát a felsővezeteki hálózatnak, a jelzőknek és a biztosító berendezéseknek az egyes építési szakaszok szerint megfelelő kiváltásait is el kellett készíteni.

A MÁV-állomást keresztező szakasz építése öt egységre bontva történt. Az első fázisban az örmezői oldali első nyolc vasúti vágány lezárásával kezdődött az építkezés, majd következtek a „belső” építési egységek, mikor az üzemelő vasúti vágányokkal körbehatárolt „szigeteken” kellett a résfal- és egyéb vasbeton szerkezetek építését szervezni. A beton bejuttatása a meglévő aluljárón keresztül, az utastér lekorlátozásával, betonozócsőven keresztül történt.



8. ábra: A kitámasztott cölöpfalak között épített ideiglenes lejárórámpa

Ideiglenes lejárórámpa

A mintegy 120 ezer m^3 föld kiemelését és elszállítását a felszín alatti 18 m-es mélységből nem volt célszerű a többi metróállomáshoz alkalmazott módon, daruzott konténerek alkalmazásával megoldani. A műtárgy délnyugati sarkában a vasútállomás szervízútjához csatlakozó lejárórámpa épült (8. ábra), ami lehetővé tette a hagyományos tehergépjárművekkel történő földkiszállítást. E rámpa az örmezői domb oldalában, a mélyebb szakaszokon hézagosan épített, 80 cm átmérőjű fúrt CFA cölöpfalakkal kialakítással, a kisebb mélységű részekben stabilizált földrézsszel készült. Azokon a szakaszokon, ahol a bevágás mélysége indokolta és a szabadon tartandó űrszelvény mérete megengedte, az egymással szemben álló cölöpfalakat HEB300 szelvényű acéldúcok támasztják ki. A hengerelt gerendák terheit elosztó vasbeton dúcgerendákra támaszkodva adták át a résfalakra.

SUMMARY

METRO STATION UNDER THE RAILWAY STATION

The terminus of the 4th metro line of Budapest is located beneath the 28 tracks of Kelenföld railway station. After its finalization, as a south-west gate of Budapest it creates an intermodal connection between the metro line and the railway system. The structure under construction is the first in Hungary built underneath a railway station. The design and construction of this metro station imposed a serious challenge on the designers and contractors. To work on a railway station in operation requires very strict technological concentration. Applying the top-down excavation method ensured a restricted disturbance of the surface; finishing works can be carried out with an installation not affecting the railway areas.

A KELETI PÁLYAUDVAR IDEIGLENES METRÓVÉGÁLLOMÁS SZERKEZETÉPÍTÉSE

GODA BALÁZS¹ – SOHAJDA LAJOS²

BEVEZETÉS

A 4-es metróvonal legjelentősebb közösségi közlekedési járatok kapcsolatával rendelkező állomása a Keleti pályaudvarnál létesülő ideiglenes végállomás. A létesítmény szerkezeti tervezésénél fontos követelményként jelentkezett a 21. századi építészeti igények szerinti, az utasforgalmi terekből látható vasbeton felületek látszóbeton minőségű megjelenése. Az esztétikai elvárások maradéktalan betartásához és azok nagy felületű alkalmazásához különös gondosságot igényelt a követelmények megfogalmazása és az ezek teljesítésére alkalmas vállalkozó kiválasztása.

Az állomással egy résfal szerkezettel körülhatárolt tömbben létesül – az átmenetileg ideiglenes végállomási funkció miatt szükséges – a metrószerelvények fordítására, tárolására szolgáló kihúzó műtárgy is.

Az ideiglenes végállomás a Baross tér és a belső Thököly út területére esik, a VII. és a VIII. kerületet is érintve. A létesítmény fek-

vése által a fővárosi közműrendszerek törzsvezetékei is érintettek lettek, ebből eredően nagy területre kiterjedő közműkiváltások előzték meg a szerkezetépítés kezdő munkafázisaként történő résfalazást (1. ábra).

A munkaterületen korábban áthaladó közúti és közösségi közlekedés nagymérvű korlátozását kellett bevezetni. A munkaterület felszíni szűkossége miatt a közúti közlekedést 2008 áprilisától el kellett terelni, csak a közösségi közlekedés, a megkülönböztetett jelzést használó járművek és a célforgalom használhatja az átmenő útszakaszt. A műtárgy építése és az azt megelőző közműkiváltások a talajvízszint süllyesztését is indokolták, az emiatt bekövetkező építménymozgások fokozott gondosságot igényeltek a facölöp alapozású MÁV Keleti pályaudvari, valamint a Baross téri téglalapozású, alápincézett épületek állagvédelmével kapcsolatos intézkedések előkészítésénél.

Az állomási műtárgy réseléséhez a közműkiváltásokon túlmenően a Baross téri aluljáró üzemi terei és gyalogosfolyosói egy részét el kellett bontani, és le kellett zárni a 2-es metró régi kijáratát is.

Az állomás szerkezeti kialakítása (ajánlati terv szerint):

- Az állomás és kihúzó műtárgy 380,39 m hosszban épül.
- A műtárgy szélessége változó: 27,30 m, 19,20 m, 27,50 m.
- Függőleges falazata 27,0 m mély, 1,0 m vastag résfalból és 60 cm vastag belésfalból áll.
- Az állomási teret 70 cm vastag vasbeton födémlemez zárja le.
- A kihúzó műtárgyat 54,0 m hosszban 1,1 m magas teherelosztó vasbeton lemezzel megerősített, előregyártott vasbeton hídgerendák, egyéb helyeken azonos vastagságú monolit vasbeton lemez-födém zárja le.



1. ábra: A Baross tér és a belső Thököly út építési területe



2. ábra: Résfal építése az állomási műtárgyban gyűrűs, toldható szakaszoló elemekkel

¹ Szerkezettervező, Főnterv Zrt.; e-mail: b.goda@fomterv.hu

² Műszaki ellenőr, Eurometro Kft.; e-mail: sohajda.lajos@eurometro.hu

A szerződéskötést követően a szerkezet és a terek kialakítását változtató szándékkal került sor vizsgálatokra. Az állomás dobozszerkezetének megtartása mellett a kihúzó műtárgy mintegy 110,0 m-es szakaszán körszelvényű alagútpár kötötte volna össze a kihúzó műtárgy végén cca. 92,0 m hosszban réselt szerkezetű doboz műtárgyat az állomással. A vizsgálat az építési idő meghosszabbodása és a költségek növekedése miatt nem hozott eredményt, ezzel lezárult.

A MŰTÁRGY VÉGLEGES KIALAKÍTÁSA, KORREKCIÓJA

A Thököly úti épületek 3,5-4,5 m-es közelsége, valamint a járda vonalában lévő kábeles közművek és kiváltások során oda tervezett víz- és csatornavezetékek miatt újabb szerkezeti korrekciókra került sor, melyet a vágánytengelyek közötti távolság 1,3 m-rel való csökkentése tett lehetővé. E változtatás révén a teljes kihúzó műtárgy 12,25 m-rel lett rövidebb, az állomás jellemző szélessége 25,5 m-re változva 1,8 m-rel csökkent. A kihúzó műtárgyban 19,2 m-ről 17,42 m-re csökkent a szélesség, egyben megoldódott a 4-es metró tervezett II. szakaszának építését a Bosnyák tér irányából végző pajzs fogadása is, a megfelelő műtárgy betervezésével.

A szerkezeti változás érintette a 4-es és 2-es metrókapcsolat mozgólépcső műtárgyát, a Baross téri aluljárót, továbbá az állomási és vonali főszellőzőket is.

A kivitelezés a résvezető gerendák megépítését követően az állomás résfalazásával kezdődhetett, ezt követte a kihúzó műtárgy réselése. A kivitelezésre kedvező adottságnak tekinthető, hogy háborús és egyéb veszélyes időszakból robbanótestek nem kerültek feltárássra, így a munkát nem hátráltatták. A korrekciós tervezés révén az állomásnál hatvan, 1,0 m vastag, 29,0 m mély, a kihúzó műtárgynál 104db, 1,0 m vastag, 29,5 m mélységű résztábla készült, a műtárgyon belül a résfalak 80 cm vastagságban készültek.

Az állomási műtárgyrészen a résfalazást összekapcsolt gyűrűs, toldható szakaszoló elemekkel végezték, ami a résfalcsatlakozás felületi növekedését eredményezte, a vízzáró képességet pedig fokozta (2. ábra).

A kihúzó műtárgy kivitelezése során trapéz keresztmetszetű szakaszoló pallókkal határolták le a réstáblákat, amelyek segítségé-

vel munkahézag-záró szalagokat is beépítettek a vízzárás hatékonyságának növelése céljából.

A réstáblák lemélyítésekor 6,0 m mélységig feltöltés, kavicszórványos homok, iszapos homokliszt, 6,0 és 7,0 m között sötét-szürke szerves iszapos homokliszt, 7,0 és 12,0 m között váltakozó szürke homokliszt, szürke iszapos homoktalaj került feltárássra. A 12,0 és 14,0 m-es szintek között szürke kavicsos, kavicszórványos homoktalaj volt található, míg 14,0 m mélységtől megjelent a zöldesszürke, sárgásszürke homoklisztes repedezett agyagmárga, melyet 23,5–25,0 m-es mélységben sárgásszürke iszapos homokér szakított meg. Az állomási műtárgy nyugati, Rottenbiller utcai végén az agyagmárga 95,0 m–95,50 mBf. szinten jelent meg. Az állomás belső terének látványterve a 3. ábrán látható.

A márgás réteg felszíne a jobb (déli) alagútnál egybeesik a vonal-alagút boltozati záradékszintjével, a bal alagútnál kicsit kedvezőbb a helyzet, cca. 1,0 m fedőréteg van. Az agyagmárga felszíne a kihúzó műtárgy keleti végén 97,0 mBf., az állomási műtárgy Rottenbiller utcai végén 95,0 mBf. szinten való elhelyezkedésével egyenletes 0,5-0,6%-os ÉK–DNY-i irányú lejtést mutatott.

A réstáblák építési sorrendje a két külső rés lemélyítését követő középső, támasztó földmag átharapásával történt. Minden esetben a kezdő réstábla mellett már előrehaladott szilárdságú réstábla volt. A réstáblák csatlakozási felületének tisztaságát biztosította a szakaszoló csőgyűrű vagy palló.

A legfontosabb résfal-betonozási szakaszban a vállalkozó, a mérnök és a minőségi teljesítésért felelős technológus folyamatos együttműködése volt a minőségi teljesítés előfeltétele. A résfalazáshoz elfogadott technológiai utasításban réstáblánként 24 óra kivitelezési időtartam volt előírva, ennek teljes kihasználása azonban a legtöbb esetben elmaradt. A réselés és betonozás folyamatos technológiája zavarta a környéken élő lakosság mindennapjait, ezért a 22 óránál tovább tartó betonozási munkákra hatósági hozzájárulást kellett beszerezni.

A réselési és azt követő konszolidációs időszakban a térszín süllyedése 3–14 mm-ben összegződött, épületkár nem keletkezett.

Az állomásban a földem alatti munkák jelentős részét a földkiemelés tette ki, amelyet össze kellett hangolni a résfállal körbezárt földtömeg pórusvízeinek kiemelésével és az ideiglenes kitámasztások beépítésével. Az állomási műtárgy északi résfala ezen munkák végzése közben 20-25 mm-re bemozdult egy szakaszon az állomás tengelye irányába, melyet a 2008. november 8-án rögzített nullméréshez viszonyítva regisztrált a réselés során telepített inklinométer 2009. július 26-án. A mért résfalarmozgás arra készítette a vállalkozót, hogy a talajvízszint-süllyesztés, földkiemelés, ideiglenes kitámasztás további munkáinál a folyamatok összehangoltabbak legyenek, ezek eredményeként a résfalarmozgás lelassult, jelentéktelenné vált.

A végleges belső kitámasztó szerkezetek körébe tartoznak a hosszirányú mellgerendák, a mellgerendákat és ez által a résfalakat kitámasztó vasbeton keresztgerendák, a vasbeton zárófödém alátámasztó ferde vasbeton pillérek, a pillérekkel szembe fordított terhelés átadására szolgáló vasbeton konzolok, végül a zárófödém és kitámasztó szerkezetek terhelését felvevő belésfalak, melyek minden terhelést a vasbeton alaplemezre továbbítanak. A belső kitámasztó szerkezetek, valamint a belésfalak és egyéb szerkezeti falak utas-térből látszó felületeit látszóbeton követelményeinek megfelelően kell megépíteni, cca. 4000 m² felülettel (4. ábra).

A látszóbeton minőségű vasbeton szerkezetek előállítása mélyépítési körülmények között minden építési fázisban jó felkészült-



3. ábra: Az állomás belső terének látványterve (Palatium Stúdió Kft.)



4. ábra: Az állomási műtárgy közbelső kitámasztó rendszere (hosszirányú mellgerendák, keresztgerendák, ferde pillérek)

ségű, fegyelmezett technológiát alkalmazni tudó munkaközösséget igényel. Esetünkben a vállalkozó rendelkezett olyan műszaki és fizikai állománnyal, akik már tapasztalatokat szereztek a metróépítésnél, ezen belül a látszóbeton építésében is. A korábban szerzett tapasztalatok felhasználásával az állomási zárófödém – I. számú, 60 m-es szakaszát – a követelménynek megfelelően elkészítették.

A peron feletti végleges támasztórendszert követő vasbeton alaplemez építéshez 5640 m³ beton felhasználására került sor, amely a résfalak alsó szintű végleges kitámasztását is megoldotta (5. ábra).

A vasbeton alaplemez megépítése után került sor az állomási tér építészeti kialakítását uralóan tükröző, a vágányok melletti 8,9 m magas, teljes peronhosszúságban (80,0 m-en) két oldalon megépítendő vízzáró, látszóbeton minőségű bélésfalak építésére. Az állomási tér mindkét végén üzemi terek létesülnek, monolit vasbeton szerkezetű falakból és födémekből, az utasterek mentén látszóbeton minőségben. Utóbbiak építését jelenleg is végzik.

A kihúzó műtárgy belső vasbeton kitámasztó szerkezeteinél látszóbeton követelmény nincs, ennek ellenére a 97,15 mBf. zsárlási szinten elkészített vasbeton keresztirányú gerendák és a résfal mentén végigfutó mellgerendák felülete igényes kivitelezést tanúsít, a felső szinten elkészített vízzáró vasbeton bélésfalakkal együtt.

A kihúzó műtárgy környezetében a tenderezést megelőzően 11 geotechnikai feltárás készült, a szakvéleményekben kimutatott talajösszetételek a résfalak által bezárt területen rendre megtalálhatók az összeletekben megjelenő mészközlencsékkel együtt. A metrószelvények fordítására és tárolására építendő műtárgyban a földkiemelés elkészült a vasbeton alaplemez építési szintjéig. A szerkezet építését követő fázisa cca. 10 ezer m³ tömegű vasbeton alaplemez megépítése, továbbá a fenéklemez és a mellgerendák között 6,80 m magas, 60 cm vastag, teljes hosszban építendő 2000 m³ anyagfelhasználású vízzáró bélésfal betonozása.

SZIGETELÉS

Az állomási és kihúzó műtárgy oldalfalán és fenékszintjén a szigetelés módosított, 0,1 l/m²/24 óra követelménynek megfelelő „vízzáró beton” változattal készül az eredetileg tervezett fólia-szigetelés helyett. A tenderdokumentáció szerint a résfalazattal szemben 0,2 l/m²/24 óra vízzáróképesség az elvárás. Az építési munkamódszer a zárófödém elkészítésének elsődlegessége mellett a felülről lefelé való belső támasztó- és vízzáró szerkezetek



5. ábra: Az állomás alaplemezének vasszerelése

építését vonta maga után. Ez a technológiai sorrend kizárta a résfalazat vízzáró képességének korrekt vizsgálati lehetőségét, ezért a vízzárással kapcsolatos intézkedés a látható, koncentrált vizek megfogására korlátozódott, mérési lehetőségek nélkül.

A szigetelés végleges szerkezete a belső vízzáró bélésfal, amelynek min. 60 cm-es vastagsága minden esetben betartható volt, a résfalak függőlegességi eltéréseiből származó tartalék vastagsági méretek a vízzárás biztonságát növelik. A vízzáró bélésfalak építésénél vízszintes és függőleges munkahézagoknál hézagzáró szalagokat építettek be, melyek az adott esetekben kizárólagosan önmaguk alkotják a szigetelést, viszont a szerkezet zsugoradási repedései, vagy betontömörödési hiányosságok környezetében a műtárgy körüli talajvízszint nyugalmi állapotának időszakában még jelentkezhetnek nedvesedések, melyekre fel kell készülni.

A nehéz építési körülmények, valamint a beépítésre kerülő vasbeton szerkezetek nagy tömege révén kialakított állomási és kihúzó műtárgyak cca. 160 ezer hasznos légköbméterét a vállalkozó az elvárható gondossággal alakította ki. A vállalkozó a kivitelezés folyamán a környezetre terhelő káros hatások mérséklésére rendszeresen tett érdemi intézkedéseket, eredményesen együttműködött a hatóságokkal.

Összegzésül megállapítható, hogy a különösen nehéz organizációs körülményekhez, valamint az építési környezet eredeti állapotának korábbi beépítésekkel bolygatott állapotához a vállalkozó igazodni tudott, a munka előrehaladását előre átgondoltan szervezte, az általa elkészített műtárgy erre tanúságul szolgál.

SUMMARY

CONSTRUCTION OF KELETI RAILWAY STATION TEMPORARY TERMINAL

The temporary terminal constructed at Keleti railway station provides the most important mass transport line connections. For the structural design of the station it was a major expectation to ensure high quality concrete finish for the surfaces visible from the passenger areas, in line with architectural requirements of the 21st century. The reversing structure, needed to turn and store trains due to the temporary terminal function, is constructed in the box accommodating the station as well, within the same diaphragm walls. Construction of the station and the preceding utility works required lowering of the water table, and special care had to be taken regarding the resulting building movements. The station and the reversing structure, completed in spite of difficult conditions and involving a large volume of reinforced concrete structures amounting to app. 160.000 m³, were constructed with reasonably required care.

A TÉTÉNYI ÚT ÁLLOMÁS

BERTALAN CSABA¹ – DR. NAGY MIHÁLY² – PUCHMANN GÁBOR³

A Tétényi út állomás Kelenföld városközpont és a szomszédos park határán épült, így a felszíni megjelenés kialakításánál fontos szempont volt a zöldterületbe való illeszkedés. A zárófödém ezért zöldtetőként került kialakításra, az állomási tér természetes megvilágítását pedig a mozgólépcsők feletti acélszerkezetű üvegkupola biztosítja.

Az állomás mind utasforgalmában, mind méretében jóval elmarad a szakasz nagyjaitól (Móricz Zsigmond körtér, Szent Gellért tér, Fővám tér), a tervezés során azonban adódott néhány olyan feladat, mely feleltette az állomás „kis” voltát. A vonal hosszszelvénye itt közelíti meg legjobban a felszínt (15 méterre), így a lehetőség adott volt a metrószakasz egyik leglátványosabb megoldásának kialakítására. A felső (aluljárószint alatti) megtámasztószervezet és az alaplemez között – a többi állomástól eltérően – nem szükséges keresztirányú gerendarendszerrel kitámasztani a résfalakat, az utasforgalmi tér ezért tagolatlan, több mint 8 m magas tér, melynek felső lezárása egy impozáns, alulbordás látszóbeton födém. A nagyméretű acél- és üvegszerkezetű felülvilágító pedig még impozánsabbá teszi a földalatti katedrális érzetét adó teret.

Az állomásszerkezet teljes hossza 104 m, az előírás szerinti 80 m-es peronhosszat betartva, a peron előtt 8 m, utána pedig 16 m hosszban elhelyezkedő üzemi terek figyelembevételével, a támaszköz pedig 23,10 m-ben lett meghatározva. A kedvező hely kiválasztás és a közműviszonyok miatt lehetőség nyílt bordás résfal építésére, melynek vastagsága mindössze 60 cm, az ehhez kapcsolódó résfalbordák miatt azonban a fal hajlítómerevsége jóval meghaladja a többi állomáson alkalmazott, 1,0-1,2 m vastagságú résfalakét



1. ábra: Bordás résfal betonacél-erősítésének helyszíni szerelése

A speciális résfal és a hozzá nyomatekbíróan kapcsolódó bordás födém keretszerkezete adja az állomás fő teherviselő rendszerét. A „Tervezz és építs” típusú szerződéses konstrukció lehetőséget adott a kivitelezőnek a tendertervben lévő 2,5 m fogáshosszakat 3,6 m-re változtatni, ami építéstechnológiai okokból lényegesen

kedvezőbb. A panelkiosztás változtatását a résfalak esetében egyszerűen meg lehetett valósítani, a résfalhoz szervesen kapcsolódó bordás födém raszterkiosztását azonban építészeti okokból nem lehetett változtatni. Ezért a két szerkezetet összekapcsoló fejgerendának a két raszter eltolódásából fakadó csavaró igénybevételekre is meg kellett felelnie.

A bordás födém a résfalak földmegtámasztó hatása miatt hajlítást és nyomást visel. A bordás zárófödém íves, a felülvilágító geometriájához igazodó áttörése a fent említett keretrendszert azonban megbontja. Ezen a szakaszon a födém nem képes tárcsaként viselkedni, valamint az áttörés szakaszán a résfal nem tud nyomatekbíróan kapcsolódni a felső támaszához. Ezeknek a kedvezőtlen statikai hatásoknak a csökkentése miatt a szerkezet szerves részét képezi a nyílás menti peremgerenda, mely térbeli merevséget ad az állomásnak.

A szigetelési rendszer az állomás szerkezeti rendszerét is befolyásolta. A több mint 100 m hosszú állomást három dilatációs egységre kellett osztani a Weisse Wanne (fehér kád) elnevezésű, tömegbeton szigetelési technológia előírásának megfelelően, így több szigetelési csomópont és részlet megoldása várt a tervezőkre (pl. a zárófödém egy része műgumi sarura támaszkodik, a dilatációs mozgásokat figyelembe véve). Tovább nehezítette tervezési feladatot a korábban már említett felülvilágító dilatációkhoz alkalmazkodó szerkezeti kialakítása is. A műtárgy alaplemezában, a belésfalakban, fejgerendákban, az aluljárószintű födémekben, alátámasztó falakban és a zárófödémekben kiképezett dilatációs csatlakozások azonos függőleges síkban kerültek elhelyezésre, megközelítőleg a nyomateki nullponthelyén, ahol a födém Gerber-csuklószerűen van kialakítva, azaz a hosszabb lemezmező fekszik fel a rövid lemezmezőben kialakított konzolra. E megoldásnak köszönhetően szükségtelenné vált a dilatációs szerkezeteknél nehezen megvalósítható nyomatekátadó kapcsolat kialakítása.

Hagyományos értelemben vett aluljáró nem kapcsolódik az állomási műtárgyhoz: az aluljárószintet annak déli oldalán egy rövid bejárati műtárgyon keresztül lehet elérni, valamint lifttel az állomás felett lévő üvegkupola felől. Meg kellett azonban oldani a későbbi fejlesztés részeként esetlegesen épülő, az aluljárószinten elhelyezkedő mélygarázs és bevásárlóközpont kapcsolatát is. Ez a követelmény ugyan csak bonyolult csomóponti kialakítást eredményezett az állomási és bejárati műtárgy csatlakozásánál, mivel a fent említett keresztirányú dilatációs mozgásokra is figyelemmel kellett lenni. Az aluljárószinten hagyományos bitumeneslemez-szigetelés készült. A bejáratot a meteorológiai hatásoktól vasbeton tető óvja, utastér felőli oldalfalai pedig látszóbeton kivitelben készültek, összhangban az állomás többi szerkezetével. A műtárgyhoz való csatlakozásánál dilatációs szalag alkalmazása biztosítja a folytonosságot és a vízzárást. A maximális talajvízszint alatti elhelyezkedésére tekintettel a felúszással szembeni biztonságot növeli a padlóvonal alatt 1,05 m vastagságban alkalmazott leterhelő feltöltés.

A műtárgy körülhatárolása 68, 60 cm vastagságú réspanellel történt, melyek közül 52 bordával erősítve, „T” keresztmetszettel épült

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

² Műszaki ellenőr, Eurometro Kft.; e-mail: nagy.mihaly@eurometro.hu

³ Projektvezető, Eurometro Kft.; e-mail: puchmann.gabor@eurometro.hu

a föld- és víznyomásból származó erők felvétele, ezáltal az ideiglenes kitámasztások kiváltása érdekében. A fennmaradó 16 résfalelemnél a bordák elmaradását az alagútépítő pajzs be- és kitörése, valamint a műtárgy nyugati végéhez csatlakozó szellőzőalagút kialakításához szükséges résfaláttörés igénye indokolta, mivel a bordák e feladatokat ellehetetlenítették volna. A résfalak ezeken a helyeken – a nyílások utólagos kibontásának megkönnyítése érdekében – betonacél helyett GFK armatúrával készültek. (2. ábra).



2. ábra: Az alagútépítő pajzs áttöri a GFK-erősítésű résfalat

A réselés befejezését követően a résfalak felső része a tervezett szintig visszavésésre került, mivel az általános gyakorlat szerint a résfalak felső részének egyenletes minősége a technológiából fakadóan nem biztosítható.

Ezután elvégezték a földkiemelést a résfalakat összefogó fejgerenda és az ehhez csatlakozó földemgerendák építéséhez. A látszóbeton szerkezetek földzsálon, a szerelőbetonra helyezett vékony műanyag zsáluhéjjal és kétoldali falzszaluzattal épültek.

A földemgerendák és a vele együttdolgozó fejgerenda megépítését követően alakították ki a mozgólépcsőket fogadó ellipszis alakú áttörés falzatát, amely összeköti a zárófödém és a közbelső födém, felső éle pedig az üvegezett térbeli acél rácsszerkezetet fogadja az előre elhelyezett acélsarukhoz kapcsolódva. A földemgerendák közé előre gyártott vasbeton kéregpanelek kerültek, így alakult ki az állomás közbelső födém szintje (3. ábra).

A földem alóli földkiemelés – a résfalak közötti folyamatos talajvízszint-süllyesztés védelme mellett – az alaplemez alsó síkjáig, a tervezett profilnak megfelelő kialakítással történt. A vasbeton alaplemez alatti szerelőbeton alá a talajvíz áramlását biztosító szivárgópaplan és geotextília került beépítésre, ehhez csatlakozott a 60 cm vastag vasbeton résfalra szerelt, függőleges szivárgórég. Építési állapotban a szivárgó talajvíz befogadására mindhárom dilatációs szakaszban egy-egy víztelenítő-gyűjtőkút szolgált, amelyekből szivattyúzásal emelték át a talajvizet a városi közműcsatornába.

Az alaplemez trapéz keresztmetszettel, 1,5–2,5 m vastagságban készült. A vasszerelési munkákkal egy időben az elektromos földelő hálózat is kiépítésre került, az alaplemez felső síkjában szükséges kiállásokkal együtt. A két keresztirányú dilatáció vízzárósága érdekében a lemezvastagság alsó és felső 15–20 cm-ébe két-két dilatációs szalag került beépítésre. Az alaplemez építésével párhuzamosan a zárófödém három ütemben, az aluljáró- szint közbelső födémén épült, 40×40 cm keresztmetszetű oszlopok által alátámasztva. Az oszlopokon a teherelosztást segítő, négyszög keresztmetszetű, 45 fokban kialakított „gombafejek” vezetnek a statikai kialakítás szerint a felettük lévő terheket a közbelső födém főtartói felé.



3. ábra: Földembordák és ellipszis peremgerenda építése

Mind az alaplemez, mind a hozzá függőlegesen csatlakozó és vele erőtan szempontból együttdolgozó belésfal vízzáró betonból készült.

Az alaplemez elkészülte után a résfalakra kerülő szivárgórégnek támaszkodó, minimálisan 60 cm vastag belésfalak építése következett (4. ábra). A vállalkozó javaslata alapján az állomási belésfalak vízzáró betonból készültek, ennek megfelelően további szigetelést nem kaptak. A belésfalakat az építészeti koncepció alapján látszóbetonként kellett kialakítani, ami tovább szigorította a szerkezettel szemben támasztott követelményeket. A belésfal 2,70–12,50 m magasságig változó hosszúságú, összesen 26 betonozási ütemben épült, függőlegesen tagolva, magasságilag egy ütemben.

A résfal és a belésfal közé helyezett felületválasztó-szivárgó réteg biztosította, hogy a rés panelek csatlakozásain keresztül felépülő talajvíznyomás a statikai modellnek megfelelően csak a belésfalakat terhelje.

Az alaplemezre épülő – az alagútépítő pajzsok áthaladásához szükséges, a későbbiekben pedig a vágányok feltöltőbetonjának részeként szolgáló – íves betonszerkezet elkészülte után húzták át az állomáson az alagútépítő pajzsokat. Kiépítették az alagútépítés ellátó rendszerét, ami a kiszolgáláshoz szükséges hosszvágányokból, a szállítási organizációt hatékonyabbá tevő keresztvágányokból, illetve a pajzsokat ellátó energia-, víz- és szellőzőhálózatokból áll, és egészen a pajzsok Fővám tér állomásra érkezéséig fenn kellett tartani, mivel a kiszolgáló központ csak ekkor települt át az Etele térről a Szent Gellért tér munkaterületére.



4. ábra: Látszóbeton minőségű belésfalak építése és az elkészült ellipszis peremgerenda

Fentiek miatt a bélésfalépítés munkaterülete csak az alagútépítő vállalkozóval történt előzetes koordinációs egyeztetések alapján, a kiépített keresztező vágányokon a pajzsok kiszolgálásához szükséges szerelvények váltakozó átterelésével volt biztosítható, így a bélésfal négy önálló szakaszban épülhetett

A bélésfalépítés szakaszaihoz az aktuális munkaterületen a zsaluzat kitámasztásának helyigénye miatt a keresztező vágányszakaszokat el kellett bontani, az alagútépítés ellátó hálózatát pedig át kellett építeni egy, a bélésfal építését nem érintő területre. Az alagútsatlakozásnál épülő bélésfalszakaszok kivitelezésének idejére az ellátó vezetékeket el kellett bontani, hogy a bélésfal zsaluzása elvégezhető legyen. E feladatok a munkák előrehaladását jelentősen lassították (5. ábra).

A bélésfal zsaluzása egyoldali falzsaluval történt, amely nagy teherbírású támrendszerrel, fatartós műanyag héjazatú táblákkal biztosította az elmozdulásmentességet és a látszóbeton követelményeinek megfelelő felület létrehozását. Az egyes szakaszokon belüli bélésfal-elemek betonozási sorrendjének megválasztásakor figyelembe kellett venni a beépített beton kezdeti zsugorodásának lejátszódását, így jellemzően előbb a páratlan sorszámú elemeket, ezek zsugorodása nagy részének lejátszódása után pedig a köztes elemeket építették.

A vízzárósági és látszóbeton követelmények szem előtt tartásával a beépítésre került beton konzisztenciájának ellenőrzése a munkahelyen mixerenként, szabványos terülméréssel történt. Az előírásokban foglaltak betartása mellett biztosítható volt, hogy a vizsgálatokra beküldött betonkockák az ellenőrző vizsgálati jegyzőkönyvek szerint mind törőszilárdsági, mind vízzárósági szempontból megfeleltek az előírt követelményeknek.

A bélésfalak befejezése és az alagútépítés szállítási folyamata szempontjából egyeztetett hozzáférési lehetőség függvényében építették az állomás két végén található üzemi terek szerkezeteit. Elsőként a műtárgy keleti oldalán létesülő négyszintes üzemi tér vasbeton szerkezete épülhetett, mely magában foglalja a szellőzőgépházak, kapcsolóhelyiségek, szociális létesítmények, akkumulátorhelyiség, kábeltér, hűtőgépház és oltóközpont helyiségeit. Ezek együttesen szolgálják a metróállomás üzemeltetésének biztosítását.

Ezt követően kezdődhetett az állomástér nyugati oldalán az utastértől ugyancsak elválasztott belső üzemi tereket tartalmazó szellőzőakna építése, mely a vonali és az állomási szellőzés elvezető csatornáit foglalja magában, biztosítva a különböző szintek friss levegővel való ellátását.

Az állomás északkeleti sarkánál külön szellőző műtárgy épült, az állomás elhasznált levegőjének a szabad térbe való kivezetésére, ez az

állomás szerkezetéhez dilatációs szalaggal csatlakozik. A műtárgy erőtanilag az állomástól teljesen független, és ugyancsak tömegbeton szigeteléssel készült.

A Tétényi út állomás több tekintetben úttörőnek számít a 4-es metró kivitelezésében és tervezésében is. Ez az állomás az alagútépítő gépláncok elindulása után az első állomási műtárgy. Itt történt az első pajzsbetörés GFK (GlasFaserverstärkter Kunststoff), azaz üvegszál-erősítésű műanyag armatúrával készült részfalba. Ezekre a speciális szerkezetekre azért volt szükség, hogy az anyagjellemzőknek (nagy húzószilárdság, kis nyírószilárdság) köszönhetően a pajzs homloknyomásának egészen a betörés pillanatáig ellentartsa, így a homlokmeztámasztás a részfal áttörésének idején végig fenntartható.

Úttörőnek számít az állomás tervezése a több tender (több vállalkozó) okozta nehézségek leküzdése miatt is, itt kellett ugyanis elsőként megoldani a tenderek közötti egyeztetési igényekből fakadó eltérő műszaki igényeket. Az egyik tenderben olyan szerkezeteket kellett ugyanis megtervezni, amelyek gyakorta nem feleltek meg a másik tender elképzeléseinek. Nagy nehézséget okozott a szerkezeti és a belső beépítés tervezésének időbeli eltolódása is. Ezeket a felmerült problémákat a tenderek közti egyeztetéseken többé-kevésbé sikerült megoldani, ennek megfelelően a tervezőknek naprakészen kellett a változtatásokat átvezetni, szinte teljesen együtt élve a kivitelezési munkálatokkal.

A fő teherviselő szerkezetek elkészülte után a földemen addig szabadon hagyott leadónyílás lezárható volt, és megkezdődhetett a zárófödém szigetelése. A lejtést adó betonréteg kivitelezését követően modifikált bitumenes lemezszigetelés készült, melynek felső rétege gyökérzetálló minőségű, mivel a metróállomás feletti területen földfeltöltés, parkosítás és díszburkolat épül.

A szerkezetépítési munkák szerződés szerinti lezárásához közeledve megállapítható, hogy a vasbeton szerkezetek megfelelő minőségben készültek el, a kivitelezés időtartamát viszont jelentősen megnövelte a vonali alagutak építésének folyamatos szállítási forgalmához való igazodás. A bélésfalakra előírt vízzárási és látszóbeton követelmények együttes teljesítése komoly feladatot jelentett a kivitelezőknek, közben sok kisebb-nagyobb hiba is történt, melyek kijavítása még folyamatban van. Az elvégzett építési munka összképe csak a javítások befejezése után lesz teljes mértékben megítélhető.

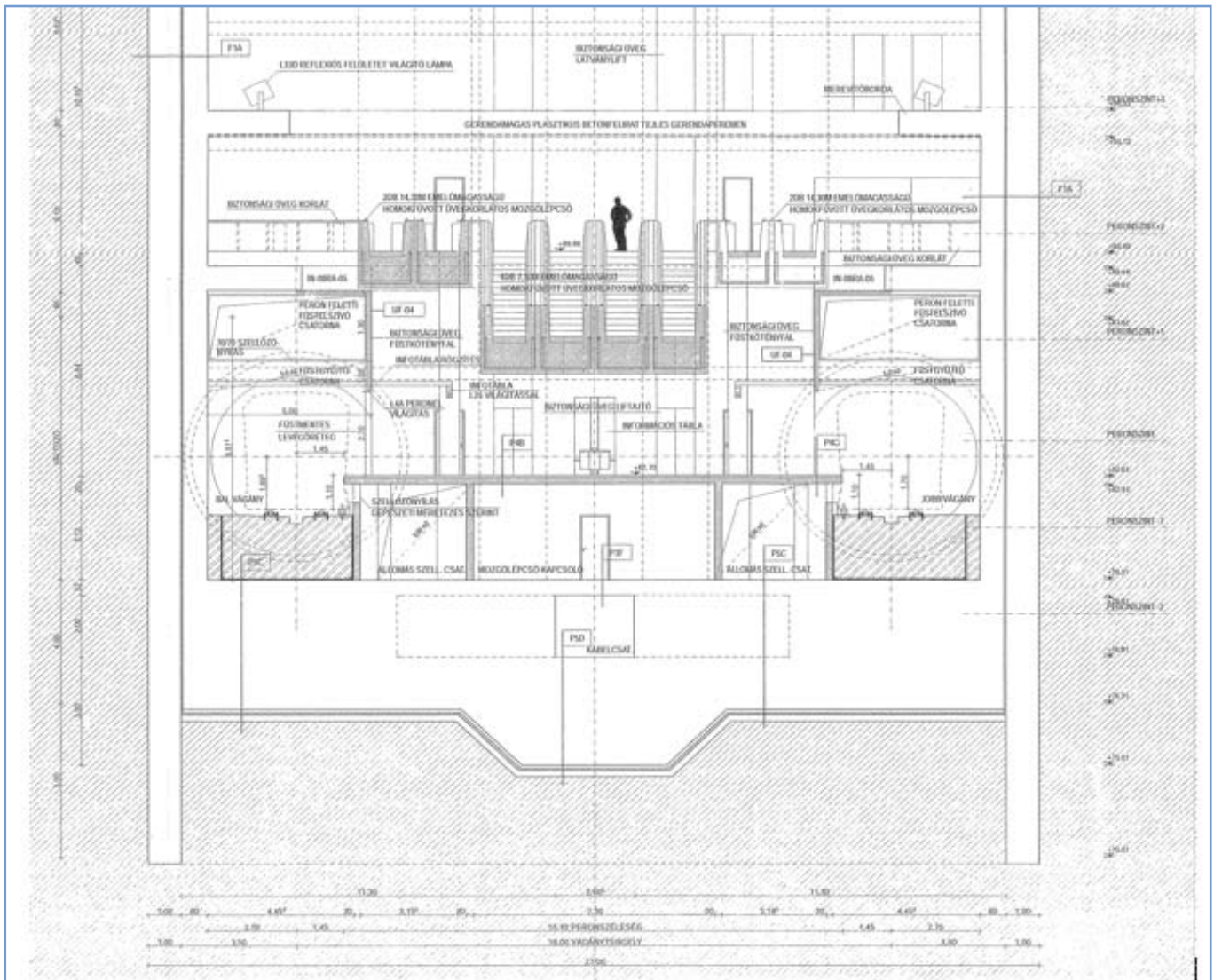
SUMMARY

TÉTÉNYI STREET STATION

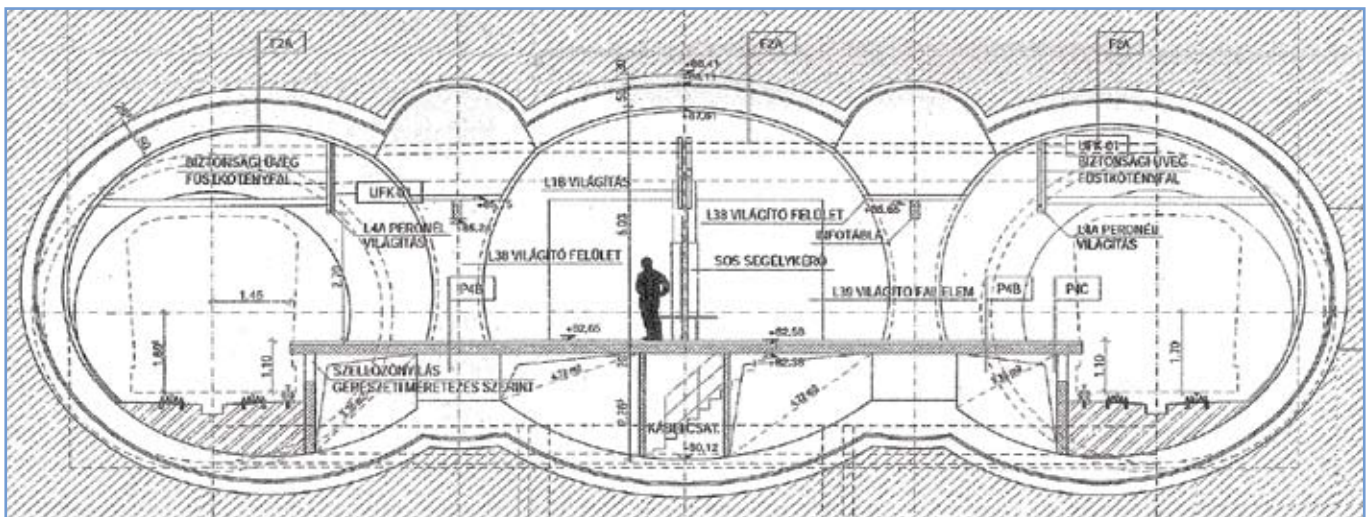
Tétényi út station was constructed at the boundary of Kelenföld Városcsopont (Center) and the neighboring park, therefore it was important to create a surface design that would fit into the green area. Thus the top slab was designed as a green roof, and the natural lighting for the station area is ensured by a glazed steel-frame dome placed above the escalators. This is the point where the longitudinal alignment is closest to the surface, so supports for the diaphragm walls were not needed between the top and the base slab. The passenger area is therefore an undivided space of more than 8 m height, which is closed at the top by an imposing slab with ribs at the bottom and quality concrete surface finish. Due to the favorable location and public utility scheme, ribbed diaphragm walls of only 60 cm thickness could be constructed, although owing to the connecting ribs, the bending moment capacity of the walls by far exceeds that of the diaphragm walls of 1.0–1.2 m thickness constructed at the other stations.



5. ábra: Vízzáró, látszóbeton minőségű bélésfalak építése az alagútépítést kiszolgáló vasúti forgalom váltakozó terelése mellett



3. ábra: A vásárcsarnok felőli réselt dobozszerkezet 24×49 m-es befoglaló mérettel



4. ábra: A körút irányába, a réselt dobozból bányászati módszerrel kihajtott „háromalagutas” állomásrész 51 m-es hosszal

pest” állomástípus, melynek első példája – az Astoria állomásnál szerzett tapasztalatok továbbfejlesztésével – a Kossuth téri állomás lett. A korábbi háromcsöves állomást tehát áttervezték, és szerkezetileg 1967–70 között megépítették. Üzembe helyezésére a kelet–nyugati metróvonal II. (a Deák tér és a Déli pu. közötti) szakaszával együtt 1972 decemberében került sor.

A budapesti 4-es metróvonal építési munkái 2006-ban kezdődtek meg a budai állomások szerkezetépítési munkáival, az alagútépítő pajzsok pedig 2007 tavaszán indultak el az Etele térről. A vonalszakasz végig mélyvezetésű, a tíz állomás mindegyike középperonos mélyállomás. A Rákóczi téri mélyállomás szerkezetépítése 2007 júniusában kezdődött meg, és befejezése – az alagútépítő pajzsok elhaladása után – 2010 végére várható.

A Kossuth téri mélyállomás szerkezetépítési munkái (az előkészítő munkák nélkül) mintegy két és fél év alatt elkészültek, míg a Rákóczi tér állomás építése csaknem három évig tart. Itt figyelembe kell venni, hogy ez az állomás szerkezetileg magában foglalja a felszíni kapcsolatot is, és azok a részek, melyek az alagútépítő pajzsok áthaladása előtt megépíthetők, már elkészültek. Ilyen körülmények a Kossuth téri állomásnál nem voltak, hiszen ott az állomásépítés akkor kezdődött meg, amikor a pajzsok a szélső alagutakat már megépítették.

AZ ÁLLOMÁSOK SZERKEZETI ÉS ÉPÍTÉSZETI KIALAKÍTÁSA

A kelet–nyugati metróvonalon a Kossuth téri ötcsöves állomás szerkezeti kialakítása során az alábbi főbb szempontokat vették figyelembe:

1. Az állomás szélső csöveinek mérete egyezzen meg a vonali alagutak méretével.
2. Az állomási szakasz alagútjainak anyaga, illetve szerkezete ne különbözzék az addig alkalmazott vonalalagúti szerkezetektől.
3. A szerkezeti kialakítás olyan legyen, hogy az üzemi, forgalmi stb. igényeket megfelelően kielégítse.

Az 1. feltétel teljesítése lehetővé teszi az állomás szélső alagútjainak építését vonali pajzsokkal, így a vonalalagutak építése lényegében függetlenné válik az állomások építésétől. A 2. feltétel kielégítése azt eredményezte, hogy nem kellett az állomási szakaszon az addigiaktól eltérő alagútszerkezetet alkalmazni. Így az állomás szélső csövei normál, 5,50 m külső átmérőjű öntöttvas tübbingelemekből készültek.

A Kossuth téri mélyállomás szerkezete a fenti feltételeket figyelembe véve került megtervezésre, illetve épült meg. Két jellemző keresztmetszete az ún. ötcsöves keresztmetszet (1. ábra) és a feszítőkamra keresztmetszete (2. ábra).

Az ötcsöves keresztmetszet a belső kontúrokat tekintve öt, egymás mellé helyezett, 5,10 m átmérőjű alagút, az érintkezési pontoknál alsó és felső vasbeton gerendákból és az azokat kitámasztó oszlopokból álló hossztartó-rendszerrel. A közbelső „csövek” felső boltozata merev acélbetétes vasbeton, ellenboltja öntöttvas. (Meg kell jegyezni, hogy az ellenboltok szerkezete a kivétel során módosult, azok vasbetonból épültek, mert az öntöttvas tübbingelemeket célszerűen másutt lehetett felhasználni.)

A feszítőkamra vasbeton lemezszerkezettel kapcsolódik a szélső csövekhez, illetve a szélső csövek és „peroncsövek” hossztartó-rendszeréhez. Metszetében a feszítőkamra vasbeton oldalfalas, alsó és felső csömöszölt beton boltozatból álló szerkezet. A boltozatok vállarejének vízszintes komponenseit vonóvasak veszik fel. Az állomások betonszerkezeteinek szigetelése – figyelembe véve az előírt teljes vízzárást – vaslemezről

készült, az öntöttvas elemek hornyait ólommal és duzzadó cementtel szigetelték.

Külön kell szólni az egyes szerkezeti elemek vasalási rendszeréről, tekintve, hogy a vasbeton szerkezetek bányászati módszerrel épültek. A hossztartó-rendszer felső gerendái kéttámaszú tartók, az alsó gerendák konzoltartók. Így a gerendák húzott vasai mind a felső, mind az alsó gerendákban alul vannak, megkönnyítve a vasszerelési és betonozási munkákat.

Az alsó és felső hosszgerendákat egymáshoz kitámasztó oszlopok 56 cm külső átmérőjű, 25 mm falvastagságú kibetonozott acélcső oszlopok, melyek az adott esetben nagyon jól bevált szerkezetek, mert a viszonylag kis átmérő mellett nagy teherbírásiuk (egy-egy oszlopra 1300 Mp terhelés jut). Az állomás keleti végéhez csatlakozó lejtaknában három mozgólépcső vezet a felszínre, és csatlakozik járdaszinten a részben réseléssel épített bejárati csarnokhoz.

A kelet–nyugati metróvonal nyolc mélyállomása közül öt három-alagutas, három öt-alagutas, ezeken kívül egy kéreg alatti vasbeton keretszerkezetű, kettő pedig felszíni állomás, közülük tíz középperonos, egy pedig szélsőperonos.

A mélyállomások térformálását meghatározta a szerkezetük, amelyeket viszont alapvetően az építéstechnológia határozott meg. Emiatt – országos építészeti tervpályázat helyett – a metróépítésben résztvevő vállalatok képviselői között írtak ki tervpályázatot, melynek alapján megszülettek azok a térformák és burkolóanyagok meghatározó döntések, melyek az eltérő szerkezetek, eltérő építészeti felfogások ellenére alapjaiban egységes megjelenés érvényre jutását biztosították:

- Az állomások utasforgalmi tereinél a födémek minden esetben síkfödémek, így megszűnnek a különféle állomásszerkezetek eltérő méretű boltozataiból és változó belmagasságából adódó formai különbségek. (A felújítás során ezeket kibontották, hogy az alacsony belmagasságú, nyomott tereket kibővítsék és így megmutathatóvá vált az állomás eredeti szerkezete.)
- Az utasforgalmi terek oldalfalai legyenek sík felületűek, így a peronokkal szemben elhelyezkedő ún. kábeltakaró falak is. (A felújítás során a jobb térérzet érdekében a peronok oldalfalait az állomás íves szerkezeteihez igazították.)
- A lejtaknáknál a vertikális vonalat kell hangsúlyozni az utasok biztonságérzetének fokozása érdekében.
- Az utastájékoztató feliratok egységes betűtípusokból, egységes betűmérettel és az állomási terekben lehetőség szerint azonos helyeken jelenjenek meg.

A fenti elvek alapján kialakított Kossuth téri állomás középperonos, a peronhossz 120 m, a vágánytengely-távolság 20,70 m, a peronszélesség az elosztócsarnoknál 17,5 m, míg a peronalagutakban 4,30 m. Az állomás belmagassága 2,40 m (melybe az utastájékoztató táblák benyúlnak). A padló- és oldalfal burkolatai gránitból illetve mészkőből készültek, az álmennyezet luxaflex anyagú volt, és ebből készült a kábeltakaró fal burkolata is (a 2004. évi felújítás során az oldalfalakat zománclemez burkolattal látták el, az álmennyezet pedig porszórt acéllemez lett). A peronszinten elhelyezkedő üzemi terek nagysága meghaladja az 590 m²-t, az utastereké pedig csaknem eléri az 1260 m²-t.

A 4-es metróvonal I. szakaszának tíz állomása mélyállomás, amelyek a felszínről réseléssel épülnek, illetve a Szent Gellért tér, Fővám tér és Rákóczi tér állomások esetében – a felszíni kötöttségek miatt – részben bányászati módszerrel készültek. Utóbbi állomás szerkezeti kialakítását meghatározta a 4-es metró környezetvédelmi engedélyének előírása: a meglévő park területéből minél nagyobb részt meg kell tartani, és három értékes védett fa megóvására különös figyelmet kell fordítani. Ezért ezen a helyen nem lehetett a többi

állomáshoz hasonló, kb. 26×110 m méretű, a felszínről mélyített részfalas dobozszerkezetet alkalmazni.

A Rákóczi tér állomás szerkezetileg három fő részre osztható: közvetlenül az állomáshoz tartozik a vásárcsarnok felőli réselt dobozszerkezet 24×49 m-es befoglaló mérettel (3. ábra), és a körút irányába, a réselt dobozból bányászati módszerrel kihajtott „háromalagutas” állomásrész, melynek hossza mintegy 54 m (4. ábra). A harmadik műtárgy az állomás előtti összekötő alagút felszíni szellőzési kapcsolatát biztosító, külön réselt doboz műtárgy, mely szintén a tér körút felőli oldalán helyezkedik el, a bal vágánytól északi irányban.

A bányászott állomásrész monolit acélszál erősítésű löttbeton köpennyel elkészült, a réselt dobozban azonban az alagútépítő pajzsok úrszelvényébe kerülő és az átvontatását akadályozó szerkezeteket csak a pajzsok áthaladása után lehet majd megépíteni. A réselt műtárgy építésszerűen két eltérően kialakított részből áll. Az állomás végénél helyezkednek el az üzemi terek, ahol a részalon belüli szerkezet monolit vasbeton födémlemezekből, illetve azokat alátámasztó vasbeton pillérekkel és falakkal áll. A legfelső szinthez egy 40 férőhelyes földalatti parkoló csatlakozik. A réselt műtárgy nyugati oldalán helyezkedik el a nagy belmagasságú utasforgalmi csarnok. Ezen a részen monolit vasbeton galéria támasztja meg az 1,25 m vastag részfalakat vízszintes irányban, valamint a zárófödém és az alaplemez.

A zárófödém felülbordás kialakítással épül, mely keresztbordákat illetve egy fő hosszbordát tartalmaz. A födémre 3,5 m vastag földfeltöltés kerül, és a tervezők vízmedencét is álmodtak. Az alaplemez 2,5–5,0 m vastagságú, melyre a talajvíz jelentős mértékű felhajtóereje miatt van szükség. A réselt doboz körben monolit vasbeton köpenyfallal készül, ami végleges állapotban ellenáll a víznyomásnak, míg a részfal a földnyomásból adódó terhet viseli.

A 4-es metróvonal állomásainak építészeti kialakítására országos nyilvános tervpályázatot bonyolított le a megbízó 2005-ben, melyet a Palatium Kft. nyert meg. A nyertes pályázat a kötöttségek és a lehetőségek részletesebb elemzése alapján javasolta az állomások nagy fesztávú lefedését, az állomási terek felszabadítását a pillérsortól, ami a terek nagyvonalúságát, átláthatóságát hozta magával, ugyanakkor meghatározó elemmé vált a vízszintes kitámasztó sorok látványa. A szellőzési rendszer koncepcionális tervezése során nagyméretű füstelvezető csatornák és köpenyfalak jelentek meg a vágányok felett, melyek ugyancsak döntően meghatározták az építészeti tér megjelenését. Az építészeti koncepció az alábbiak szerint alakult:

- városfejlesztő hatás érvényesítése, új városi arculat és minőség a tömegközlekedés számára,
- áttekinthető terek,
- látszóbeton felületek kiterjedt alkalmazása,
- térképzés egysége,
- fény és természetes fény kiemelt szerepe,
- utasinformációs rendszer és berendezési tárgyak egysége.

A fentiek alapján tehát a Rákóczi tér állomás egy nagyterű réselt és egy háromhajós bányászott részből áll. A peront is részben magában foglaló, nagyterű részt kitámasztó szerkezeteket építésszerűen megformált, a szerkezeti erőjátékot tükröző, nagyméretű tartógyűrűk jellemzik. A csarnokrész meghatározó eleme a galériaszinten visszaforduló mozgólépcső csoport. A bányászott rész a korábbi metróvonalakkal rokon, de álmennyezettel nem takart, boltozatos rendszerű. Így az állomási peron két eltérő szakaszból áll, de a lehetőségekhez képest egységes teret ad. Az állomáson a vágánytengely-távolság 18 m, a peron hossza 80 m, szélessége pedig 15,1 m. A kitámasztó gyűrűk oldalfelületén a Rákóczi csa-



6. ábra: Építészeti látványterv

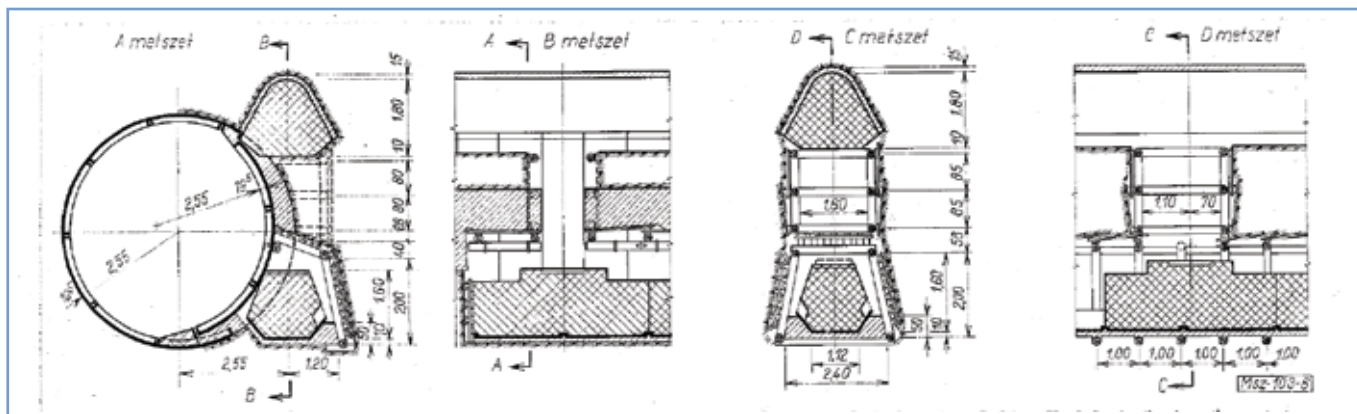
lád hajdani birtokainak nevei olvashatók. A peronszinten a padlóburkolat világos színű gránitból készül, a bányászott szakaszon az íves felület alagutanként eltérő színű üvegmozaik burkolatú, míg a réselt dobozban magas minőségű (sima és roncsolt felületű) nyersbeton felületek alkalmazása jellemző. A természetes fényt két, 80 cm átmérőjű, speciális fóliával kibélelt üvegcső vezet le a 20 m-es mélységbe. A peronszinten elhelyezkedő üzemi terek nagysága csaknem 190 m², az utastereké pedig 1180 m²-t tesz ki (a többi üzemi tér az állomás további öt szintjén helyezkedik el, összesen mintegy 850 m²-en).

AZ ÁLLOMÁSOK ÉPÍTÉSE

A Kossuth téri állomásnál a szélső alagutakat a vonalalagút-építő pajzsok készítették, melyek elhaladása után az építés a feszítőkamrával kezdődött, mely német módszerrel épült. Az oldalfalakra KUNZ-féle vasmintáivak alkalmazásával épült a felső boltozat, zsaluzatként a vízszigetelést képező íves acéllemez szolgált. A felső, majd az alsó boltozatot is vonóvasak fogták össze, hogy megakadályozzák az oldalfalak vízszintes elmozdulását, amikor a feszítőkamra melletti peronszakasz épül.

Az állomási felső gerendák számára épített tárok 15 cm vastag betonköpeny-biztosítással készültek, és mivel nem volt benne fa-ácsolat, ez megkönnyítette a geodéziai, vasszerelési és betonozási munkát. A boltozat mozgatható zsaluzattal készült. A talp- és fejgerendát 4 m-enként feltörés kötötte össze, ezen át lehetett elhelyezni az acél csőoszlopokat és sarukat. A talpgerendán a sarut nagy pontossággal kellett elhelyezni. A magassági beállítást három „talpcsavar” segítségével lehetett elvégezni, a sarufészkeket és a sarukra felállított acélcsöveket B 400-as betonnal töltötték ki. A saruk és az oszlop közé ömlőlemez került. A saruk és acélcsövek mozgatását a fejtároló betonboltozatába beépített horog segítségével végezték. A felső saru elhelyezése után került sor a felső gerenda kibetonozására.

Az állomási szakaszon a vonalcső tübbingjei a hosszgerendákra fekszenek fel. Ennek a kapcsolatnak a kialakításához az útból levő tübbingelemeket el kell távolítani, miközben a megbontott gyűrű állékonyságát is biztosítani kellett. Ezt a kibontott négy elemnek az 5. ábra szerinti visszaépítésével végezték el, erektor segítségével. Az átépített elemek mögötti hátúrt soványbetonnal töltötték ki. Az oszlopok helyén a kibontott elemeket nem építették vissza, innen építették a talpgerendákat. Ez a kiváltási mód a függőleges és vízszintes terhek felvételére egyaránt alkalmas. (5. ábra)



5. ábra: A kibontott négy elem visszaépítése erektor segítségével

A szélső gerendasorok elkészülte után indult a három belső cső felső szelvényének földfejtése, majd betonozása, a szerkezeti résznél már ismertetett I 80 tartók alkalmazásával. A magfejtéssel egy időben bontották el a szélső csövek biztosítását, majd az alsó szelvény földmunkája után beépítették az ellenboltozatokat.

A Rákóczi tér állomás bányászott része a réselt dobozszerkezet alaplemezéről az alábbi ütemekben épült:

Az első építési ütemben a pillértárok fejtése és löttbetonos falazata készült el, melyet a talpgerendák építése követett. A hosszirányú vasalás Ø28-as acélbetétei eltolt illesztéssel kerültek kialakításra, a kengyelek Ø14 átmérőjűek. Az áttörések miatt magasságilag két betonozási ütem volt. Az oszlopok Pantex rácsos tartóit talplemezzel állították a talpgerendára az áttörések alsó szintjén. Az oszlopok tuskézése alkalmazkodott a rácsos tartók elhelyezéséhez. Az oszlopok teherbírását egyrészt a rácsos tartók, másrészt egyedi Ø28 vasak biztosították. A kengyelek Ø12 átmérővel készültek. A fejrarendák fő vasalása Ø28 eltolt illesztésű, kengyelei Ø14 átmérőjűek. A későbbi szerkezetek tuskézése egyedi tuskékkal és Lenton csatlakozással készült.

A csarnokalagút építése szintén a bányászati munkák löttbetonos biztosításával indult. A primer falazat teljes elkészítése után a pillértárok feleslegessé vált löttbeton falazatát el kellett bontani. A belső vasbeton köpeny minimális vastagsága 50 cm, 9 m-enként munkahézag készült, melyen a későbbi repedések elkerülése érdekében a vasalást nem lehetett átvezetni. Az ellenboltoi illetve boltozati köpeny a talp-, illetve a fejrarendára támaszkodott. A vasalás Ø12/15/15 helyszíni háló, a távtartó pedig hegesztett rács. A végfal Ø20, illetve Ø28 vasalással készült, a távtartók Ø16 méretű egyedi betétek.

A bányászott állomásrész utolsó fázisa a peronalagutak építése, melyek a pajzsok érkezése előtt elkészültek. Ebben helyezték el azt a feltöltőbetont, amely a pajzsok áthúzását szolgálja, végleges állapotban pedig a vágányok alapja is lesz. A belső köpeny szakaszolással készült, egyedi Ø12/15/15 hálók felhasználásával, a végfal Ø20 illetve Ø28 vasalást kap a szerkezeti tervek szerint.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a kelet–nyugati metróvonalnak az 1970-es évek elején megépített Kossuth téri állomása (az ún. „Budapest” típusú ötalagutas metróállomás) szerkezeti és építészeti innovációját tekintve – építése idején – jelentős építési- és költségmegtakarítást hozott a bányászati módszerrel épülő háromalagutas állomásokhoz képest. Sikereségét jól mutatja, hogy a jelenleg üzemelő két metróvonalon összesen tíz ilyen mélyállomás épült – az észak–déli („kék”) vonal valamennyi mélyállomása ilyen szerkezetű. Az azóta eltelt csaknem negyven

évben az alagút- és mélyépítési technológiák nagymértékű fejlődése lehetővé tette, hogy a 4-es metróvonal állomásai felszínről, nyitott módszerrel épüljenek, és a kötöttségek miatt kényszerűen bányászati módszerrel épülő állomásrészek is nagymértékben gépesítve, biztonságosan készíthetők. Így épült a Rákóczi tér állomás is, mely az utasok számára teljesen új arculatú és minőségű, jól áttekinthető tereket nyújt (6. ábra).

Köszönetet mondok az Uvater Vrt. szerkezettervezőinek és a Palatium Kft. építésztervezőinek a cikk megírásához nyújtott segítségért.

SUMMARY

RÁKÓCZI TÉR STATION

Rákóczi tér station consists of three main parts: the diaphragm wall structure of 22 x 45 m area, located on the market hall side (Figure 3), the 51 m long mined „triple-tube” station section constructed from the diaphragm wall box toward the Boulevard (Figure 4), and a separate diaphragm wall box structure ensuring surface connection for the ventilation tunnel built in front of the station, located also on the side of the Boulevard, north of the left track.

The mined section was completed by a secondary shotcrete lining with steel fibre reinforcement, however, those structures within the envelope of the TBM, hindering movement of the TBMs through the station, can be constructed only after the passing of the TBMs.

From the architectural point of view, the diaphragm wall box comprises two different parts. Service areas are located at the end of the station, where the structure inside the box consists of reinforced concrete slabs, and pillars and walls supporting the slabs. An underground parking lot of 40 spaces connects to the top floor. The passenger hall of great height is situated on the west side of the diaphragm wall box. Here the 1.25 m thick diaphragm walls are supported horizontally by an in-situ reinforced concrete gallery, the base and top slab.

The top slab has bracing ribs at the top, consisting of a main longitudinal and several transversal ribs. 3.5 m thick soil is backfilled on the top slab, including a water basin as anticipated by the designers. The base slab is 2.5 – 5.0 m thick, required to balance the significant buoyancy due to groundwater. Reinforced concrete lining wall is installed inside the diaphragm wall box, which in its final condition can resist water pressure, while the diaphragm walls take up soil pressure.

A RÁKÓCZI TÉR ÁLLOMÁS TERVEZÉSE

HOLU GERGELY¹ – JUHÁSZ IMRE²

Budapest VIII. kerületében, a József körút keleti oldalán, a tér parkosított része alatt helyezkedik el. Az állomás közvetlen környezetében csak a tér egyik, a keleti oldalán található épület, a Rákóczi téri vásárcsarnok. A teret övező többi, távolabb álló épület jellemzően többszintes kialakítású. Az állomás elhelyezésében és kialakításában döntő szempont volt a meglévő értékes fák megőrzése.

TALAJVISZONYOK

A felszín alatt 1,5–3,5 m vastag feltöltés található, anyaga változatos, a tereprendezésből származó természetes anyag, esetleg bontási törmelék, szerkezete inhomogén, teherbírási nem vehető figyelembe. A feltöltés alatt 10,7–12,5 m vastagságban iszapos homokos homokliszt, illetve homok, kavicsos homok következik. E rétegcsoporthoz kb. 94,0 mBf. szinten helyezkedik el, mely alatt puha agyagokon át tömör agyag, majd mészmárga jelenik meg. Az állomás alsó részén jelentkező agyagos homokra külön figyelmet kellett fordítani. Az agyagban jelentkező ferde kifejlődésű homokerekben nyomás alatti rétegvizeket találtak. A homok építés közbeni bemosódásának megakadályozására több ponton elhelyezett víztelenítő kutakkal kellett a rétegvizek szintjét csökkenteni a kivitelezést megelőzően, amíg beállt az egyensúlyi vízszint.

A talajvíz a kb. 94,0 mBf. feletti rétegekben áramlik és tározódik. Az áramlás iránya a Duna felé mutat, a folyó vízszintjétől függő duzzasztó ill. apasztó hatás már nem érvényesül. A becsült maximális talajvízszint 101,4 mBf., a tervezés szempontjából mértékadó vízszint 102,0 mBf. A talajvíz nem agresszív.

AZ ÁLLOMÁS SZERKEZETE, FŐBB GEOMETRIAI MÉRTEK

A szerkezet három fő részre osztható. Az első két rész közvetlenül az állomáshoz tartozik:

- a) a vásárcsarnok felőli 49,32×23,80 m belső alapterületű réselt doboz szerkezet;
- b) a körút irányában, a réselt dobozból kihajtott 53,90 m hosszú bányászott, „háromcsöves” állomásrész.

A harmadik fő rész a főszellőző réselt akna, mely az állomás előtti szellőzőalagút felszíni kivezetését biztosító, 7,32×2,35 m belső alapterületű önálló réselt doboz műtárgy.

Az állomáshoz tartozik még két kijárat műtárgy: az egyik a József körút felőli főbejárat csarnok, mely az állomási mozgólépcsők utasforgalmát vezeti le, a másik pedig a vásárcsarnok felőli kijárat műtárgy, mely a felvonók utasforgalmát fogadja. A két kijárat műtárgy közötti felszíni területen vízmedence kap majd helyet.

A VÁSÁRCSARNOK FELŐLI RÉSELT DOBOZ SZERKEZET

Az 1,20 m vastag réstáblák az alaplemez alsó síkja alatt kb. 5–8 m mélységig nyúlnak a vízzáró agyag talajba. A felszínre vezető mozgólépcső lejtaknájának munkagödre 60 cm-es résfallal ké-

szült. A réstáblákkal biztosított munkagödörben készült a résfallal összevasalt, 2,50 m vastag monolit vasbeton alaplemez, amely vízzáró kialakítású, és jelentős mértékű víznyomás hat rá. Ebben a teljes állomáson végighaladó, 2,50 m mélyen futó folyosórendszer került kialakításra, részben kábelfolyosóként, részben vízgyűjtő zompként. Így az alapozási sík a kábelszatorna alatt (süllyeszték) 74,26–74,41 mBf., a kábelszatornán kívül eső részekben pedig 79,26–79,41 mBf. szintek között változik. A lemez felső síkja 79,26 mBf. és 79,41 mBf. szintek között helyezkedik el, keresztirányban vízszintes.

A réselt doboz körben 80 cm vastag belső köpenyfallal készült. Végleges állapotban a belső köpenyfal áll ellen a víznyomásnak, míg a résfal a földnyomásból adódó terhet viseli. A két szerkezet együttdolgozását a résfalból kihajtott ún. cipzárvasak biztosítják.

A réselt műtárgy két eltérően kialakított részből áll, melyeket egy 60 cm vastag keresztfal választ el egymástól.

ÜZEMI TÉR

Az állomás végén helyezkedik el a 22,62×23,80 m alapterületű, nyolcszintes üzemi tér, ahol a résfalon belüli szerkezet monolit vasbeton födémlemezekből, illetve azokat alátámasztó pillérek-ből és falakból áll. Az alaplemezben kialakított kábelszatorna tekinthető a legalsó, P–2 szintnek, míg a legfelső a P+5 szint, ahol egy felszín alatti parkoló került kialakításra, melynek 40 cm vastag zárófödém közvetlenül a terepszint alatt helyezkedik el. Ezen zárófödém, a 60 cm-es keresztfal felőli oldalon helyezkedik el a vásárcsarnok felőli kijárat műtárgy. Innen indul, ill. érkezik meg az üzemi térben vezetett két felvonó, melyek a peronszint (P+0) és a felszín között biztosítanak akadálymentes közlekedést.

UTASFORGALMI TÉR

A réselt műtárgy nyugati oldalán kapott helyet a 26,10×23,80 m alapterületű, nagy belmagasságú utasforgalmi csarnok. Ezen a részen a résfalakat két monolit vasbeton gallér támasztja meg



1. ábra: A kitámasztó födémek íves peremén lesz a Rákóczi család birtokainak felsorolása

¹⁻² Szerkesztettervezők, Uvaterv Zrt.; e-mail: holu@uvaterv.hu, juhasz@uvaterv.hu

vízszintes irányban, a felső zárófödémmel, valamint az alaplemezzel együtt (1. ábra).

A réselt doboz utasforgalmi csarnokában kaptak helyet a mozgólépcsők:

- Az alsó két mozgólépcső a peronlemez és a P+1 feletti kitámasztó födém között szállítja az utasokat, emelési magassága 7280 mm.
- A felső két mozgólépcső a P+1 feletti kitámasztó födémről indul, és az állomási doboz körút felőli oldalán kitörve a mozgólépcső lejtaknán és a főbejárat csarnokon keresztül érkeznek a felszínre (emelési magasság 14 300 mm).

A réselt doboz utasforgalmi részének lezárására felülbordás monolit vasbeton zárófödém épült, mely 60 cm vastag lemezből és annak felső síkja felett 2,20×1,10 m méretű keresztbordákból, illetve egy 2,60×1,50 m keresztmetszetű fő hosszbordából áll. A zárófödém zsaluzási szintje 100,05 mBf., ezen kb. 3,5 m vastag földfeltöltés készül, majd felette épül a főbejárat és vásárcsarnok felőli kijárat műtárgyak között elterülő vasbeton vízmedence.

A BÁNYÁSZATI MÓDSZERREL ÉPÜLT HÁROMCSÖVES ÁLLOMÁSRÉSZ

Az állomás ezen szakaszának építése a réselt műtárgy földmunkájának és alaplemezének elkészítése után indult. Az első ütemben a pillértárók fejtése és lőttbetonos ideiglenes megtámasztó szerkezete készült el, a talajviszonyokhoz alkalmazkodó fejtési mélységgel és részekkel. Ezt követte a talpgerenda, a pillérek, majd a fejgerenda építése. A második építési ütemben kezdődhetett az elosztó peronalagút építése, ugyancsak lőttbetonos ideiglenes megtámasztó szerkezet építésével, a pillértáró feleslegessé vált lőttbeton biztosításának elbontását követően. A belső falazat itt a talp és főte részen készült (2–3. ábra).

A bányászott rész utolsó fázisa a peronalagutak építése. A lőttbeton szerkezet után, a pajzsáthúzás előtt épült meg a feltöltőbeton, amely a belső teherhordó vasbeton szerkezet része, ill. a végleges vágányok alapja is lesz, továbbá a teljes belső falazat a szelvény mag és főte részén.

Az ideiglenes és végleges teherviselő szerkezetek között szórt felületi szigetelés beépítésére került sor. Az elosztó peronalagút végfalától egészen a keresztfal utasforgalmi tér felőli oldaláig tart a peronlemez 80 m hosszú, az utasforgalom által használt része, mely az állomás hosszában 0,3%-os eséssel készül. A peronlemez természetesen az üzemi térben is folytatódik.



2. ábra: A bányászott állomásrész elosztó alagútjának ideiglenes szerkezete elkészült, a pillértáró primer biztosítása elbontható



3. ábra: Pillérek vasalása

FŐSZELLŐZŐ RÉSELT AKNA

A műtárgy a vásárcsarnok felőli réselt doboz szerkezetéhez hasonlóan résfalas munkatér-határolással készült, a réstáblák vastagsága itt 80 cm. A megépült réstáblák közötti 8,95×14,20 m alapterületen készült a monolit vasbeton alaplemez, melynek vastagsága 1,50 m.

A belső szerkezet hagyományos módon kialakított monolit vasbeton szerkezet, mely résfallyal körülhatárolt, ideiglenes állapotban acél csőtámaszokkal kitámasztott munkagödörben épül. A műtárgy nyolcszintes, a P+0 jelű peronszint alatt található a P–1 és P–2 jelű szintek, felette pedig a P+1...P+5 jelű szintek, utóbbi közvetlenül a terepszint alatt helyezkedik el. A résfallyal körülzárt munkatérben egyoldali falzsalu segítségével elkészültek a 80 cm vastag bélésfalak, melyekre a födémelek támaszkodnak. A résfallyalból kihajtható betonacélok teszik együttdolgozóvá a résfallyat és a bélésfalat, a két szerkezet találkozásánál a vízzárás biztosítása érdekében Penetron kent felületi szigetelést alkalmaznak. A P–2 szinten készülő ~20 m² területű, kör keresztmetszetű áttöréshöz csatlakozik a szellőzőalagút szerkezete, a résfal külső síkjától 30 cm-re vízzáró módon kialakított munkahézaggal. A szellőztetés a födémeken található, a födémelek alaprajzi területéhez képest nagyméretű födémnyílásokon keresztül történik. A műtárgy a P+5 szinten az alsóbb szintekhez képest alaprajzilag nagyobb, túllóg a résfal belső síkjának kontúrján. Ezen a szinten a szerkezet szigetelt, az alsóbb részekben pedig vízzáró betont, illetve a munkahézagokba szükséges vízzáró fuga- valamint duzzadó szalagokat helyeztek el.

A P-2 szinten induló szellőzőalagút az állomás elején épülő vonali szellőző-összekötő alagútba köt be alulról. Első ütemben az ideiglenes megtámasztó lőttbetonos falazat készült el, második ütemben pedig acélszál erősítéses lövelt betonos belső falazat épült, Magyarországon elsőként.

AZ ÁLLOMÁS ÉPÍTÉSTECHNOLÓGIÁJA

A résfal építése után a résfalon belüli földet folyamatos víztelepítés mellett, kitámasztó acél dúcsorok védelmében emelték ki. A résfalra ható föld- és víznyomás felvételére beépített acélszerkezetű támaszrendszer szintjeihez igazodva organizálták a földmunka ütemeit (4. ábra).

A földmunka befejeztével az alaplemez alatt egy kb. 35 cm vastag szivárgórteget kell kialakítani, mely az alaplemezen átvezetett ideiglenes víztelenítő kutakkal lehetővé teszi az építés közbeni víztelenítést, az alaplemezre ható, felfelé irányuló víznyomás kialakulásának megakadályozását építés közbeni állapotban.

Az alaplemez megszilárdulása után az alsó három sor csőtámaszt el lehetett bontani, ezzel biztosítva a pajzs áthúzásához szükséges magasságot.

Az állomás belső szerkezeteinek építési ütemezése úgy lett meghatározva, hogy a pajzs áthúzása lehetséges legyen az állomáson, emiatt ideiglenes (a pajzs áthúzását megelőzően is építhető) és végleges (csak a pajzs elhaladása után kivitelezhető) állapotban épülő szerkezetek. Így például az állomás üzemi terében lévő pillérek egy részét nem lehetett a pajzs áthúzása előtt megépíteni, mivel annak nyomvonalába esnek. Ezért ideiglenes acélpillérekkel kellett alátámasztani a szerkezetet, majd a fúrópajzs áthaladása után készülhetnek a végleges pillérek, majd az ideiglenes pilléreket el lehet bontani.

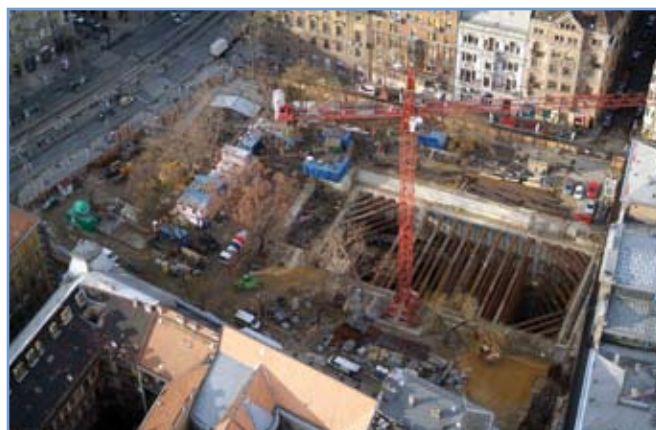
Az üzemi tér földmunka hagyott technológiai nyílásokon történik a pajzs indítókeretének leadása és kiemelése. A különálló réselt szellőzőműtárgyat – az üzemi terekhez hasonlóan – ideiglenes kitámasztások mellett mélyítették, a végleges szerkezetet pedig alulról felfelé haladva, hagyományos építéstechnológiával kivitelezik. Végleges állapotban a vasbeton födémeket a belső köpenyfal illetve belső vasbeton falak támasztják alá.

Az állomás bányászati módszerrel épülő részét szakaszos földfejtéssel alakították ki. Az egyes lépések után a felületet kétrétegű hálós vasalással erősített lőttbetonnal biztosították. Az ideiglenes biztosítást olyan keresztmetszettel készítették, hogy a pajzsok áthaladásáig eltelt időre megfelelő biztonságot adjanak. Az állomás ideiglenes szerkezeteit teljes egészében a pajzsok beérkezése előtt meg kellett építeni, melyek méretezésénél az anyagok plasztikus viselkedése figyelembe vehető volt.

A vonali alagutakat az állomás előtt és után szellőzőalagutak kötik össze, melyek a pajzsok elhaladása után bányászati technológiával épülnek. A vonalalagutak falazata az érintett szakaszokon bontható elemekkel készül. Az állomás előtti összekötő csőből a szellőzőalagút lefelé folytatódik, majd a vonalalagút alatt áthaladva, 90°-os elfordulás után ferdén felfelé építve jut el a réselt szellőzőműtárgyba. Az állomás utáni összekötő alagútból középen ágazik ki a szellőzőalagút, azzal megegyező magasságban és visszaköt a réselt műtárgy végfalán keresztül az üzemi tereket magában foglaló részbe.

SZIGETELÉS

Az alaplemez, a résfal és a köpenyfalak (bányászott és réselt szakaszokon is) vízzáró tömegbeton kivitelben készültek. A résfal felületére Penetron szórt szigetelést hordtak fel.



4. ábra: 2008 februárjában még az ideiglenes résfalkitámasztás acélszövei domináltak

Az állomás bányászati építéstechnológiával készült szakasza szórt felületi szigetelést kapott (BASF Materseal 235).

A felszínhez közel eső szerkezetek kétrétegű bitumenes vastag-lemez szigetelést alkalmaztak (felülbordás földem, főbejárati csarnok felszín alatti részei, állomási és főszellőző réselt dobozszerkezetek a P+5 szinttől).

SUMMARY

DESIGN OF RÁKOCZI TÉR STATION

The station is located in District 8 of Budapest, on the east side of József Boulevard, under the park area of the square.

The structure is divided into three main sections. The first two sections form an integral part of the station:

- a) diaphragm wall box structure of 49.32 x 23.80 m floor area, on the market hall side
- b) 53.90 m long mined „triple-tube” station section constructed from the diaphragm wall box toward the Boulevard

The third section is the diaphragm wall main ventilation shaft, which is a separate diaphragm wall box structure ensuring surface connection for the ventilation tunnel built in front of the station. This shaft of 7.32 x 12.35 m inside floor area is located on the Boulevard side of the station, north of the left track.

The station also comprises two exit structures: a main entrance hall on the József Boulevard side, to manage passenger traffic from/to the escalators, and an exit structure on the market hall side, to receive passengers from the elevators. A water basin will be located between the two exit structures on the surface.

The construction schedule of the internal station structures was developed to enable passing of the TBMs through the station. Therefore there will be temporary structures (possible to be completed prior to TBM passing) and permanent structures (to be completed only after TBM passing) in the station. For example some of the pillars in the service area of the station could not be built prior to TBM passing since these are in the very alignment. Thus temporary steel pillars had to be installed to support the upper structure, then the permanent pillars can be built after the TBM passing, and finally the temporary pillars can be removed.

A BUDAPESTI 4. METRÓVONAL JÁRMŰTELEPE ÉS KAPCSOLATAI

KUZMA LÁSZLÓ¹ – PINTÉR TAMÁS²

ÉPÍTÉSZETI LEÍRÁS

A budapesti 4. metróvonal kelenföldi végállomásához a megépített keretalagúton keresztül csatlakozik a vonal működését kiszolgáló járműtelep, amely a 6,5 hektáros területen tartalmazza mind a járművek üzemeltetéséhez, tárolásához és javításához tartozó technológiákat, mind a teljes vonal szakágankénti üzemeltetési hátterét (pálya, mozgólépcső, épület- és műtárgykarbantartás, áramellátás, biztosítóberendezés stb.). Az M4 vonalat irányító diszpécser torony szerkezeti kiépítettsége lehetőséget teremt arra, hogy a későbbiekben a többi budapesti metróvonal összevont diszpécserközpontja is itt üzemeljen.

A járműtelep elsődleges funkcióján túlmenően reprezentatív és városképi funkcióval is bír. Városképi szempontból a járműtelep szerves része lesz az intenzív fejlesztések nyomán kialakuló új kelenföldi városközpontnak, látványával pedig befolyásolja a környező intenzív lakóterületek használóinak életminőségét. Ennek megfelelően általános követelmény a környezet kialakításának, a felhasznált anyagok, szerkezetek, építési technológiák magas minősége, a tervezés kreativitása és igényessége.

A TERÜLET TÁVLATI, VÉGLEGES BEÉPÍTÉSÉNEK ALAPVETŐ VONÁSAI

A tervezett járműtelepi vágányhálózat az Etele térhez képest 5 m-rel alacsonyabban helyezkedik el, ehhez igazodik a járműtelep szintje. A szintkülönbséget kihasználva a járműtelep kelenföldi oldalának jelentős része, valamint a jövőben üzleti céllal felülépítendő telekrész az Etele tér szintjén, ahhoz csatlakozó zöldtetős, parkosított kialakítással, közfunkciónak átadott területként funkcionál majd.

A zöldtetős területek felett „úsznak” a tervezett irodaépületek, a Kelenföldi pályaudvar és a Somogyi út felől térfalat képezve. Különálló pontszerű épületként jelenik meg a BKV-diszpécserközpont, amely a tervek szerint a későbbiekben csaknem a teljes metróhálózat felügyeletét el fogja látni (1. ábra).

A zöldtetős kialakítás biztosítja azt, hogy az irodaépületek minden irányban kellemes környezethez csatlakozzanak. A zöld felületek alatti területen a technológia igényei szerint folyhat a járműtelep napi tevékenysége.

A MEGVALÓSÍTÁS ALATT LÉVŐ BEÉPÍTÉSI KONCEPCIÓ

A jelenlegi gazdasági helyzetben a kelenföldi városközpont fejlesztésének ütemezése bizonytalanná vált. A metróberuházás költségcsökkentési igényei miatt az építési beruházás célja a metróvonal működőképességének biztosítása. A jár-



1. ábra: A diszpécserközpont látványterve

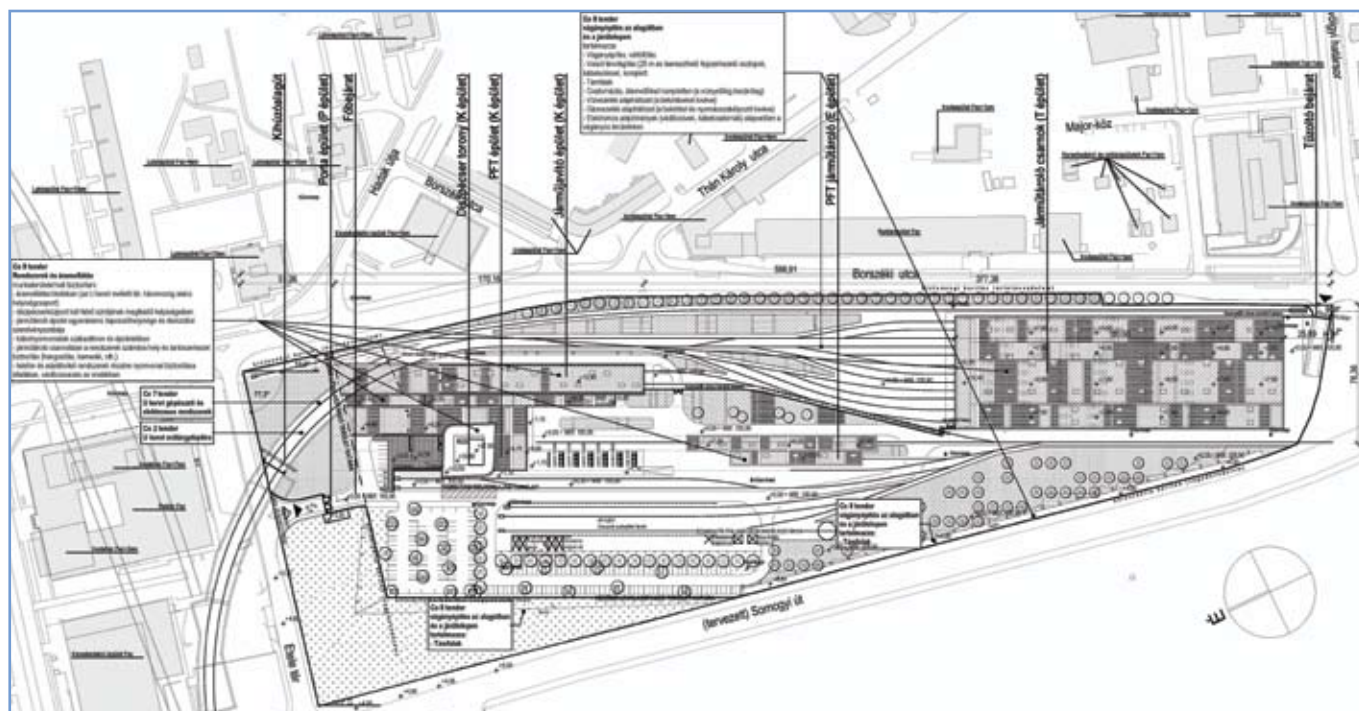


2. ábra: Madártávlat Kelenföld városközpont felől. A telep területén a zöldfelület dominál

műtelep területén elhelyezett épületelemek zöldtetős kialakításukkal illeszkednek a később megvalósítandó teljes beépítésbe, és a későbbi fejlesztés felé biztosítják a csatlakozó szinteket (2. ábra).

¹ Projektvezető-helyettes, Eurometro Kft.; e-mail: jarmutelep@eurometro.hu

² Építész tervező, DPI design.; e-mail: pintert@dpi.hu



3. ábra: A tervezett M4 járműtelep helyszínrajza

AZ ÉPÜLETEGYÜTTES FUNKCIONÁLIS TAGOLÁSA

A terület feltárása a Kelenföldi pályaudvar felé eső Hadak útja felől történik, a tervezett irodaépületek alatti áthajtással. A bejárat ellenőrzés félig a támfalba süllyesztett, a leendő irodaépületek felépítésekor elbontásra kerülő *portaépületben* (P épület) történik.

A lakótelep felőli oldalon található a járműtelep *központi épülete* (K épület), amely az alábbi fő funkciócsoportoknak ad helyet:

- diszpécser torony, irodák, szociális helyiségek,
- járműjavító műhelyek és csarnokrész, raktárhelyiségek,
- fenntartási szakszolgálatok műhelyei és egyéb kiszolgáló helyiségei.

A megérkezés a *központi épület* előcsarnokába történik. A függőleges közlekedőmagot liftek és füstmentes lépcsőház alkotja. Az első szint összekapcsoló szerepet tölt be a járműjavító és a szakszolgálatok dolgozói számára kialakított öltözők, valamint a szakszolgálatok épületrészeinek első emeletén elhelyezett irodák és tartózkodók között. A második szinten az épület nyaktagjában büfé található, tetőterasz-kapcsolattal. Mivel az épület felsőbb szintjei minden irányban jelentős mértékben konzolosan kinyúlnak, a harmadik szint statikai teherelosztó szint, a tereiben gépészeti funkciókat helyeztünk el. A negyedik–hetedik emeletek irodaszintek, míg a nyolcadik szint a diszpécserközpont irányító-terme és kapcsolódó irodái (a hetedik szinten a diszpécserközpont alatti terület a diszpécserközpont technikai kiszolgáló helyisége.) A legfelső, visszahúzott kilencedik szint gépészeti szint.

Az épületrész keleti, Borszéki utca felőli részén található a daruzott *járműjavító csarnok* és kapcsolódó épületrészei. Itt történik a járművek magasabb szintű karbantartása, javítása. A csarnokban két vágányon végeznek javítást, aminek segítségével az egyik vágánynál közép- és oldalaknak, a másiknál fixen telepített emelők szolgálnak. A csarnok belső, nyugati oldalához segédműhelyek kapcsolódnak. A javítócsarnokban kikötött forgóvázak javítására és vizsgálatára a csarnok mögött, erre a célra berendezett

műhely készül. Javításuk, ellenőrzésük előtt, leválasztott térben, gőzborotvás mosóberendezéssel megtisztíthatók.

A központi épület és a járműtároló csarnok között található a *kerékpáreszterga-csarnok az épület- és pályafenntartó szakszolgálatok járműtároló épületrészeivel* (E épület). Itt végzik a metróvontatok kerékpárjainak újraszabályozását. A munka kezdetén az esztergagép előtti vágányszakaszon a vizsgáló közép- és oldalaknakban végig-mérlik az összes kerékpár nyomkarimáit, és ennek alapján határozzák meg az új szabályozási futási profilt. Ezt követően halad át a vonat az esztergagépen és kerülnek a kerekek szabályozásra.

Az épület- és pályafenntartó szakszolgálatok járműtárolója a kerékpáreszterga csarnokkal párhuzamosan helyezkedik el. Itt történik a metró vágányhálózatának és létesítményeinek karbantartásához szükséges speciális járművek, vontató eszközök tárolása, napi karbantartása.

A központi épület nyugati oldalán két vágány húzódik, a túloldalán pedig a szakszolgálatok műhelyeihez kapcsolódó telekrész, ahol a fenntartási szolgálatok kültéri tárolóvágányai találhatók.

Különálló épületként jelenik meg a metrószerelvények tárolására, napi javítására és mosására szolgáló háromhajós járműtároló csarnok (T épület), amely kialakításában visszautal a járműtelep többi épületrészeire, sötét oldalfalai felett húzódó zöldtető zónájával. Ezen épület 12 vágányt befogadó egyszintes csarnok, mely a Borszéki utcával párhuzamosan a telep déli területén helyezkedik el. Az első tíz vágányon történik a vonatok tárolása, ahol vágányonként két-két négykocsis szerelvény áll egymás mögött, a jobb helykihasználás érdekében. Kisebb hibaelhárításokra és a forgalomból kiálló vonatok belső „száraz” takarítására is itt kerül sor.

A Somogyi út felé eső két vágány közül a 12. a mosóvágány, ahol a járművek gépi mosása és tisztítása történik, míg a 11. vágány a vonatok napi átvizsgálását és karbantartását teremti meg. Ez



4. ábra: Látványterv a Borszéki utca felől

utóbbi vágányok a többi vágánytól és egymástól is zajvédelmi okokból fallal elkülönítettek. A járműtelep teljes kiépítettségében száz metrókocsit képes tárolni. Ez a kapacitás a vonal Borsnyák térig és Virágpiacig történő hosszabbításához is elégséges. Az első szakasz: Kelenföld pu. – Keleti pu kiszolgálásához 12 forgalmi és három tartalék, azaz összesen 15 négykocsis szerelvény szükséges.

ÉPÍTÉSZETI MEGJELENÉS

Az épületegyüttes három szintre tagolódik, amelyet az építészeti megjelenés is követ.

Az alsó, technológiai réteg alapvetően funkcionális meghatározottságú. Kialakításánál szándékunk volt, hogy az épületek, berendezések, járművek mozgása, működése látható, érezhető legyen. Ennek megfelelően a homlokzati felület egy részét (funkciónként változó mértékben) üvegezett szerkezetekkel kívánjuk kialakítani, amely mögött a mozgások, fények jól érzékelhetőek, és amely a bent lévőknek pedig komfortos, világos munkakörnyezetet biztosít. A homlokzatok fő felülete vízszintesen bordázott fémlemez burkolattal rendelkezik.

A középső réteget az ipari zóna felett lebegő parkosított tetőfelületek alkotják, amelyek különböző szinteken megjelenve biztosítják a kellemes megjelenést és zöld környezetet mind a tervezett irodaépületben dolgozók, mind a környéken lakók és a járműtelepet a szomszédos épületekből felülről szemlélők számára. Az étteremhez csatlakozó tetőfelületen intenzív, a többi tetőfelületen extenzív kialakítású zöldtetők készülnek.

A felső szinten a parkzóna felett létrehozandó épületeket jelenleg csak a diszpécserközpont épülete képviseli, hangsúlyozott horizontális tagolásokkal, fémlamellás külső árnyékoló rendszerrel kialakított homlokzati felületekkel, magas technológiai szintet sugárzó megjelenéssel. A járműtelep szerves része az a vágánylára, amely lehetővé teszi az M4 vonalat összekötő keretalagútból közlekedő járművek elosztását a tárolóépület 12 vágánya, valamint a MÁV üzemi összekötő vágánya és az udvari tárolóvágányok között. A vágányok 54 kg/fm súlyú, 75 cm aljtávolságú, 50 cm zúzottkő vastagságú felépítményei rugalmas leköttéssel rendelkeznek. Az 54-es rendszerű lára kiterő korszerű Spherolock zárszerkezettel épülnek ki. A Borszéki utca vonalában a tárolóépület mellett 430 fm hosszú próbapálya épül ki, amelyen a járművek ellenőrző fékmérései elvégezhetőek.



5. ábra: A végleges beépítéshez ma még hiányzik a befektető

A vasúti összeköttetést a MÁV Kelenföld állomás III./A vágányából kiágazó 7/1 kitérőtől kiépítendő 540 fm hosszú LM aljon lévő, 54 kg/fm súlyú, 40 cm ágyazatvastagságú vágány teremti meg. A kedvezőtlen talajviszonyok miatt mind a járműtelepi, mind az összekötő vágányok felépítménye alatt 20 cm vastag kőalapot kell építeni.

KAPCSOLATOK

A járműtelep a metró és a MÁV vasúti kapcsolatain kívül két közúti kapcsolattal is rendelkezni fog. A telep főbejárata a Hadak útja felől biztosítja a folyamatos üzemeltetést. A járműtelep Borszéki u. és az Andor u. sarkán létesül az ún. „tűzoltó” kapu, amely a telepi funkciókban bármikor részt tud venni.

A 21. század igényeinek megfelelően kiépített, korszerű járműtelepen a szerelvények járművezető nélkül közlekednek a kapott programjuk szerint. Kisegítő járművezetőre csupán a nem tervezett karbantartási és javítási folyamatok végrehajtásához van szükség. A járműtakarítási feladatokat korszerű takarítógépekkel, de emberi kéz közreműködésével oldjuk meg.

A járműtelep kiépítésekor olyan technológiákat alkalmazunk, amelyek azt biztosítják, hogy a tervezett kiépítettségében sem zavarja az üzemelés a környezetben lakókat.

SUMMARY

DEPOT OF METRO LINE 4 AND ITS CONNECTIONS

The depot supporting the operation of the metro line joins to the final station at Kelenföld by the tunnel. Its area of 6.5 hectares accommodates the technology for the operation, storage and maintenance facilities of the rolling stock, and the relevant operational backgrounds of the entire line. Driverless rolling stocks are operated by their software in the modern depot, which meets the requirements of the 21st century. When constructing the depot, methodologies that ensure avoiding noise emission and disturbance of the residents living in the vicinity is employed.

JÁRMŰVEZETŐ NÉLKÜLI METRÓÜZEM A BUDAPESTI M4 VONALON

DARAI LAJOS¹ – SZEILER LÁSZLÓ²

Az épülő vonal üzemviteli technológiáját tekintve a ma elérhető legmagasabb automatizáltsági szinten épül meg, vezető nélküli automatikus vonatvezérlés megvalósításával, ami joggal nevezhető az utasszállítás csúcstechnológiájának. A vezető nélküli metró egy olyan komplex automatizálási technológia, mely a járművek mozgását, azok haladásának vezérlését, a teljes folyamathoz tartozó állomási ill. központi irányítási folyamatokat automatikusan végzi, ezen felül automatizmusokat nyújt havária esetek kezeléséhez.

A metró a nagy tömegű utasszállítás speciális eszköze, nyomvonala zárt pályán, többnyire alagútban fut, a látási viszonyok az ív- és lejtviszonyok miatt korlátozottak, ráadásul a rövid állomástávolságok miatt az irányításuk igen intenzív járművezetési tevékenységet igényel. Ezért a biztosítóberendezéseken túl a vonatbefolyásolás kiépítése is kezdetől fogva létjogosultságot nyert, a biztonság garantálása érdekében. Az elektronikus berendezések megjelenése különösen felértékelte a biztonságot. Az alapvető és a lehető legtöbb funkció embertől független, ún. gépi úton történő megvalósulását, vasútbiztonságot nyújtó, minimálisan megépítendő rendszer ma a metró vonatkozásában (a biztosítóberendezés mellett) az ATP (Automatic Train Protection), ami lehetővé teszi a járművezető tevékenységének folyamatos kontroll alatt tartását, az engedélyezett sebesség betartatását. Ebben az esetben folyamatos függéskapcsolat alakul ki a pálya menti berendezések és a jármű berendezései között. Az automatizálási szint emelése lehetővé teszi a következő szint megvalósítását, az automatikus vezérlést ATO (Automatic Train Operation), vagyis a jármű vezetése már – járművezető jelenléte, indítási, ajtónyitási beavatkozása mellett – automatikusan történik. A legmagasabb automatizálási szint, az automata vezetés már csak az indítás és ajtózáras automatizálását jelenti. A járművek automata vezérlése természetesen csak egyik lényeges alappillére az automata metrónak, a technológia megkívánja az irányítási funkciók és a folyamatok további automatizálását is.

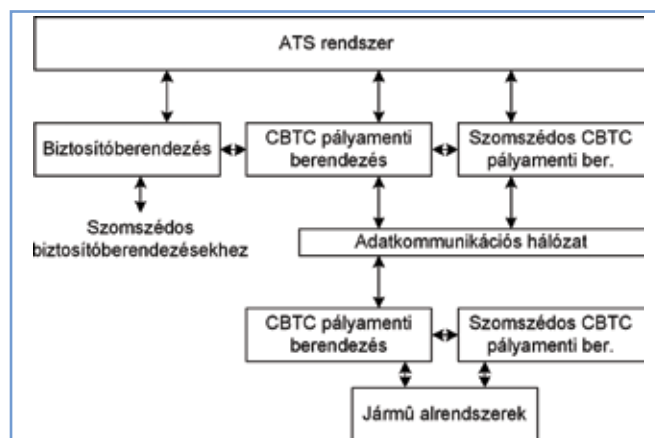
Kövessük egy utas szemszögéből, hogy az utazás során hogyan működik majd az M4 metróvonal!

A járművek az éjszakai üzemszünetben ún. altatott állapotban vannak, melyek az előre megtervezett menetrendnek megfelelően indulás előtt felélesztésre kerülnek, majd menetrendi vezérlés alapján automatikusan forgalomba állnak a járműtelepről a fővonalra, és egész üzem alatt így közlekednek, fordulnak a végállomásokon, ill. állnak ki a forgalomból a nap végén a tárolóhelyre. A vonatok forgalmának felügyeletét központi diszpécserok látják el, akik csak szükség esetén avatkoznak be a napi forgalom lebonyolításába. Az utas a beléptető rendszeren jegyét érvényesítve jut be az állomásra, állandó és változó tartalmú szöveges tájékoztatást kapva. A peronszintre két mozgólépcsőcsoporton vagy liften lehet lejutni. Az állomások középperonosak, a biztonsági sáv fölötti változó tartalmú szöveges utastájékoztató eszköz folyamatos tájékoztatást ad az érkező vonatról, a haladási irányról. A peronon álló utasok védelmét az ún. utasvédelmi automatika biztosítja, mely aktiválódik, ha egy nagyobb méretű tárgy vagy utas esik be a vágányok közé. Ekkor a vontatási energia azonnal lekapcsolásra, valamint az érkező jármű a lehető legrövidebb fékúton megállításra kerül. Az állomás teljes terü-

letét – biztonsági okokból – az állomási diszpécser ipari tévéhálózaton figyeli, annak érdekében, hogy bármilyen rendkívüli eseményről azonnal tudomást szerezzen és intézkedni, beavatkozni tudjon, legyen az baleset, a mozgólépcső vészleállítása vagy egyéb esemény. Az állomások frekvenciált területei segélykérő készülékekkel vannak felszerelve. Mivel a járművek felügyeletét vezető nélküli üzemmódban távolról, a diszpécserközpontból kell ellátni, ezért a járművek utasterében az utasok megfigyelése szintén ipari tévéen keresztül történik, a diszpécser által kiválasztott vonatban. Ezen felül a diszpécser hangos utastájékoztatót tud adni a járműben, valamint az utasterbe telepített segélyhívón keresztül kétirányú, az utas által kezdeményezett hangos kapcsolatot tud lebonyolítani. A jármű állomásra való megérkezéskor automatikusan, az előírt pontossággal megáll a kijelölt ponton, ekkor az ajtók automatikusan kinyílnak, majd az utascserét követően hangos tájékoztatást adva automatikusan záródnak, és a jármű szintén automatikusan elindul. Az M4-es metróvonalon már a tervezés időszakában felkészülnek az esetleges rendkívüli, ún. havária esetek kezelésére: a beépített infrastruktúra összes eleme – mind kialakításánál fogva, mind pedig az automatizálásba bevonva –, az egyes alrendszerek összehangolásra kerülnek annak érdekében, hogy az adódó haváriákat a leghatékonyabban kezeljék. Jó példa erre egy alagúti tüzeseti menekítés, melynek biztonságos lebonyolíthatóságához igazodni kellett az alagút és a jármű kialakításának, a járműmegfigyelő és tájékoztató berendezéseknek, a szellőző rendszer és mozgólépcső vezérléseinek.

Az utasok szempontjából az M4 vonal megjelenésében új, korszerű vonal lesz, ám az eddigi budapesti metróvonalakon rögzült utazási szokások alapvetően nem változnak meg az automatizálás miatt. Jó példa erre a párizsi metróhálózatba zökkenőmentesen beillesztett 14-es metró automata vonala.

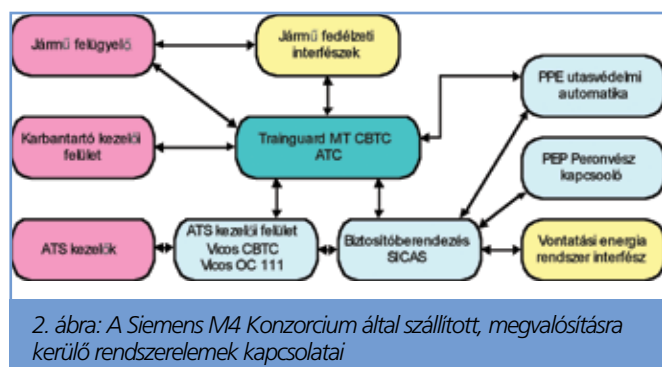
Amint más metróvonalak esetében is, az alkalmazható automatizálás szintjét alapvetően a vonatvezérlési szint határozza meg. Az M4 metróvonalon automata vonatvezérlési szintet határoztak meg az IEEE



1. ábra: A CBTC rendszer funkcionális blokk-sémája

¹ Projektmérnök, BKV Zrt. Műszaki Igazgatóság; e-mail: darai@bkv.hu

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



1471.1. kommunikáció alapú vonatvezérlés (CBTC) teljesítmény- és funkcionális követelményekre vonatkozó szabvány szerint, az 1. ábra tipikus CBTC rendszer funkcionális bloksémájának megfelelően.

RENDSZERTECHNIKA

Az M4 rendszer-architektúra megfelel a szabványban ajánlottaknak, a rendszer szállítója a Siemens M4 Konzorcium. A 2. ábra szemlélteti a megvalósításra kerülő rendszerelemek kapcsolatait.

Sicas elektronikus biztosítóberendezés kerül szállításra, mely lezárt vágányutakat biztosít a CBTC-s vonatok számára, működési külsőtéri jelzőket, váltókat, sínáramköröket, kezelési visszacsatolási szinteken a manuális módban vezetett vonatok számára szükséges vágányutakat. Biztosítóberendezési szempontból a vonal három körzetre osztott: Keleti pu., Szent Gellért tér és járműtelepi körzetek (utóbbi a vonal irányítóközpontja).

A vonatbefolyásoló Trainguard MT CBTC ATC rendszer interfész kapcsolattal rendelkezik a jármű vezérlő- és biztonsági berendezéseivel, ajtó- és vészfékárköreivel. Az ATC (Automatic Train Control) pálya menti vezérlő belsőterei berendezései a biztosítóberendezés technikai helyiségeiben lesznek telepítve. A CBTC rádiós kommunikáció a wifi-sávban, 2,4 GHz-en működik, az antenna és a közvetlen kommunikációs berendezések a vasúti pálya mellett helyezkednek el.

A rendszer kezelői felülete az ATS (Automatic Train Supervisor), Vicos CBTC rendszer, mely ellátja a menetrend szerinti forgalom lebonyolításának összes vezérlési funkcióját, ezt kiegészíti egy biztonságkritikus parancsok végrehajtását ellátó Vicos OC 111 kezelői felület. Az ATS funkcionálisan két részre lett osztva, a vasútirányítási feladatokat a KFM (központi forgalomirányító munkahely), a járművek távfelügyeletét a blokk-poszt munkahely látja el.

A rendszerben az utasok biztonságát a PPE (Platform Protection Equipment) utasvédelmi automatika és a PEP (Platform Emergency Plunger) peron-vészkapcsoló biztosítja közvetlen biztosítóberendezési és CBTC interfészen keresztül.

A rendszer interfészei lehetővé teszik a külső karbantartási kezelői felületek alkalmazását a rendszer diagnosztizálására, a hibabehatárolásra.

Az M4 vonal automatizált területei: a vonal forgalmi vágányai a jobb oldali közlekedési menetiránynak megfelelően, a végállomási és a közbelső kihúzó vágányok a vágánykapcsolataikkal együtt, a járműtelepi harmadik sínes vágányok, beleértve a tárolóvágányokat és a próbapályát, valamint a forgalmi vágányokat összekötő szakaszok. Ezek a CBTC-területek, melyen a CBTC-vel felszerelt vonatok közlekednek. Az automatizált és a nem automatizált területek között ún. átadószakaszok létesülnek, amelyek esetében a járművek az automatizált területek felől eddig a pontig vezetői beavatkozás nélkül közlekednek, járművezetői közreműködés csak a nem automatizált területen szükséges. Utóbbi tevékenység a járműtelepi területre korlátozódik.

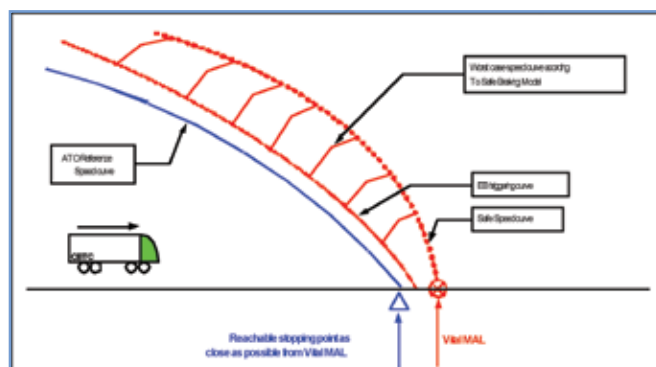
CBTC ÜZEMMÓD

A forgalmi vágányokon alap üzemmód a vonatok automata üzeme, ez vezető nélküli üzemmódot jelent: a vonatkövetési rendet az alkalmazott CBTC-technológia által kínált mozgóblokk rendszere határozza meg. A vonatok vasúti pályán elfoglalt helyzetét a pálya-jármű kommunikáció határozza meg. Minden vonat a pontos helyzetén túl megadja a pillanatnyi sebességét és a jármű végének pozícióját mint védendő pontot. A követő vonat menetgörbéje dinamikusan kerül meghatározásra, a biztonsági előírások figyelembevételével. A forgalom lebonyolítása automatikusan, menetrendi vezérléssel történik, a menetrendi eltéréseket gépi úton, konfliktuskezelő eljárások korrigálják. A CBTC-területen történő meghibásodások jellegűknél fogva lehetnek a teljes területre kiható meghibásodások, ill. egyetlen vonat meghibásodása. A rendszerben történő meghibásodásokra a jármű fedélzeti ATP biztonsági berendezése reagál oly módon, hogy a biztonság minden körülmények között érvényesüljön. A meghibásodások következménye az automata üzem részleges vagy teljes felfüggesztése. Járműmeghibásodások esetében a meghibásodott jármű rendszerből való kivétel a vonal meghatározott pontjain tartózkodó járművezetők végzik.

FUNKCIONALITÁSSAL KAPCSOLATOS KÖVETELMÉNYEK

A CBTC rendszernek ATP, ATO és ATS funkciók szolgáltatásait kell biztosítani. Az ATP hibabiztos védelmet nyújt az ütközések, a sebességtúllépés és minden egyéb kockázati tényező ellen. Az ATP funkciók biztonsági megfontolások miatt elsőbbséggel bírnak ATO és ATS funkciókkal szemben. Az ATO olyan funkciókat vezérel, amelyeket egyébként a járművezető végez, ezeket a műveleteket az ATP által meghatározott védelmi határértéken belül hajtja végre. Az ATS a rendszer állapotáról ad információt, biztosítja az automatikus vezérlés felügyeletét és felülbírlását.

A rendszer alapvető funkciója a vonat pontos pozicionálása, a pillanatnyi sebesség mérése és megadása annak érdekében, hogy minden egyes vonathoz meg lehessen határozni a biztonságos megközelítés fékezési görbéjét. A gyakorlatban ez úgy történik, hogy minden haladó vonat a pálya menti CBTC-berendezések közvetítésével megadja a haladási sebességét, a vonat pozícióját, valamint megadásra kerülnek a pálya menti berendezések által tárolt vasúti pályajellemzők, ív- és lejtviszonyok, a pályára engedélyezett sebességértékek, sebességhatárolások, megállási helyek. Ezen adatok alapján a fedélzeti ATP kiszámítja a megállási ponthoz tartozó, valamint a biztonsági ATP-görbét (3. ábra).



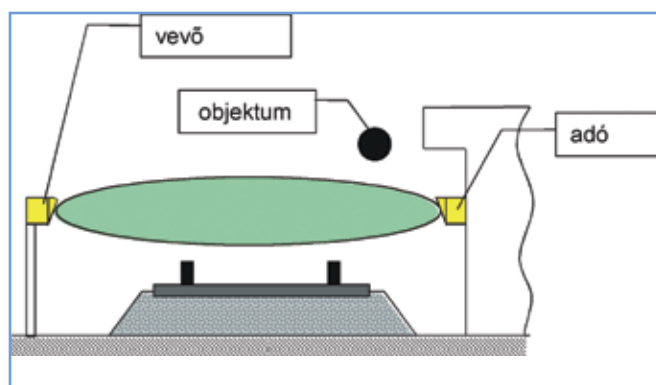
3. ábra: Biztonsági ATP-görbe

A menetengedély határához tartozó görbe az alábbi korlátozásokat veszi figyelembe:

- az elől haladó CBTC-vel felszerelt vonat hátsó részét, a mérési pontatlanságok figyelembevételével,
- egy nem felszerelt vonat által elfoglalt sínáramköri szakasz végét,
- a vasúti pálya végét,
- egy biztosítóberendezési terület bejáratát, ha annak szabad és lezárt állapota nem került megerősítésre a CBTC felé,
- az ellenkező irányú vágányút végét.

Az ATO-vezérlés ezt a görbét tekinti a betartandó sebesség-határnak, a jármű vontatási és fékvezérlését úgy végzi, hogy a görbe a szabályzás által betartható legyen, és az elvárt megállási pontosság (± 50 cm) teljesüljön. Minden egyes megállási ponthoz kiszámít egy vitális (biztonsági) megállási pontot, mely azt a legtávolabbi pontot jelöli ki, amelyet bármilyen esemény bekövetkeztében sem haladhat meg a vonat. A rendszer nem engedi meg, hogy egy előttes vonat a vitális megállási ponton belül legyen. A gyakorlatban, ha egy vonat hiba folytán nem tud megállni a kijelölt megállási ponton, akkor az ATP vészfékezést alkalmaz, a vonat vészfékkel minden esetben a vitális pont előtt fog megállni. A vitális görbe, más néven biztonságos fékezési modell meghatározásához az alábbi tényezőket kell figyelembe venni:

- az elől haladó vonat tartózkodási helyének bizonytalansága, beleértve a visszagurulás értékét is,
- a követő vonat tartózkodási helyének bizonytalansága,
- a vonat hosszúsága,
- a CBTC rendszer által megengedett sebességtúllépési határ,
- a maximális CBTC-sebességgel kapcsolatos mérési hiba,
- a CBTC rendszerben ismert válaszdők, azok maximális értéke, különös esetben a sebességtúllépésből eredő vészfékezés kialakuláshoz szükséges idő maximuma,
- sebességtúllépés esetén lehetséges maximális vonatgyorsítás rátája,
- garantált vészfékezési ráta (legkisebb figyelembe vehető lassu-



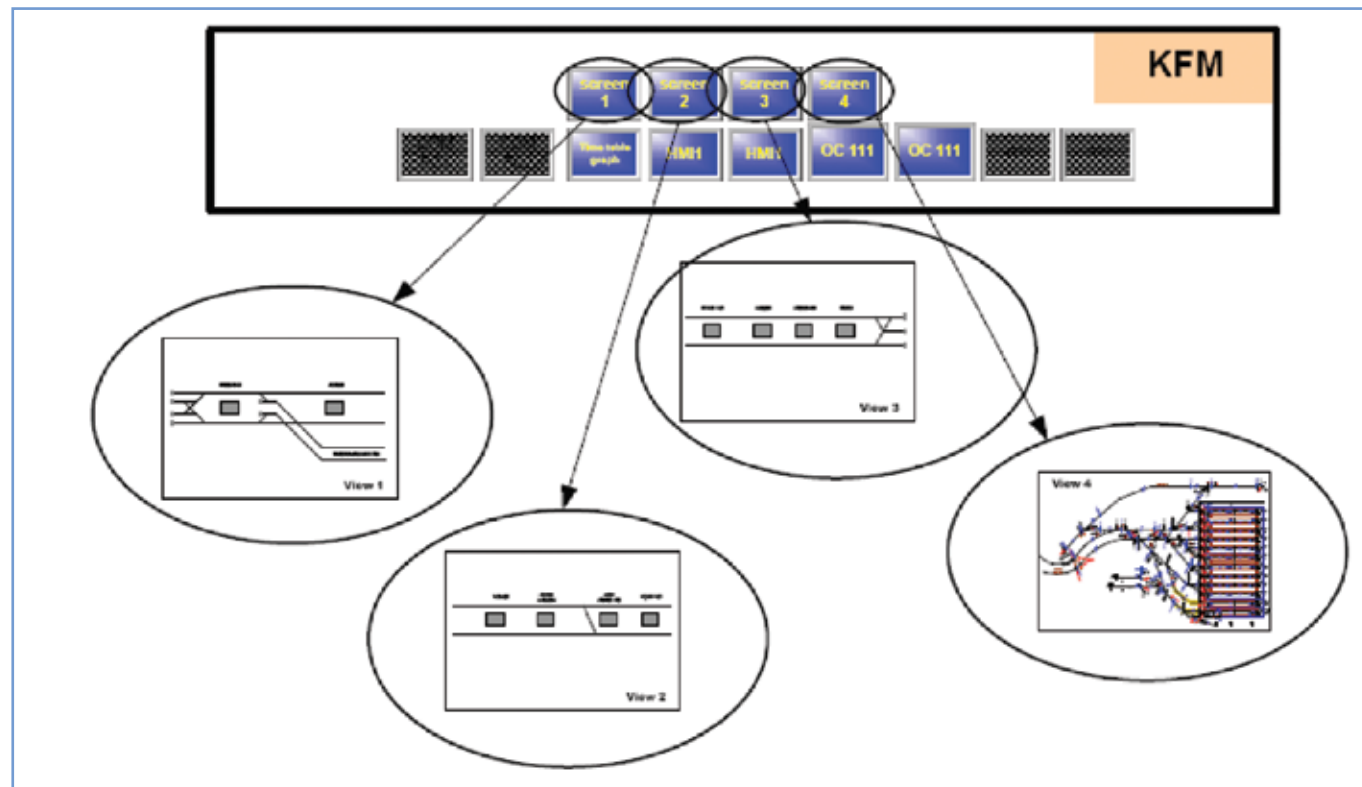
4. ábra: PPE-radar

- lási érték),
- lejtési viszonyok.

Látható, hogy a vitális görbe által meghatározott megállási pont a lehető legkedvezőtlenebb megcsúszási távolság figyelembevételét jelenti.

A haladási görbék folyamatos kontroll alatt tartásán túl a CBTC rendszernek további biztonsággal kapcsolatos alapfunkciókat kell ellátni:

- sebességtúllépés elleni védelem,
- visszagurulás elleni védelem,
- pályavég elleni védelem,
- vonatintegritás védelme,
- nulla sebesség érzékelése,
- ajtónyitás-vezérlés védelme,
- indítási védelem.



5. ábra: A KFM munkahely

PPE UTASVÉDELMI AUTOMATIKA

Az állomási peron teljes hosszában ún. PPE utasvédelmi automata kerül kiépítésre a vágányok közé beesett utasok védelme érdekében. A PPE-radar berendezése, mely adó- és vevőegységből áll, a peronszéltől a vele szemben lévő falig folyamatosan figyeli a vágányok felületét (4. ábra).

A rendszer biztosítja, hogy egy 30 cm átmérőjű vagy annál nagyobb beeső tárgy vagy utas esetén az állomáshoz közeledő vonat a lehető legrövidebb úton megálljon, valamint a vontatási áram lekapcsolását, a mögöttes állomáson megtiltja a menetengedély kiadását, megakadályozva ezzel a vonatok felsorakoztatását a vonali alagútban. A PPE működésének követésére az ÁDI (állomási diszpécser) munkahelyre telepített kezelői felület szolgál, melyen a kezelő által tetszőlegesen kiválasztott peron PPE-berendezése megfigyelhető. Jelzés hatására a PPE kezelői felületén automatikusan megjelennek a jelzést adó peronkamera képei. A pontos kiértékelés érdekében a képek visszanezézhetőek az esemény bekövetkeztét megelőző 0,5 percre. A PPE rendszer, a biztosítóberendezés és a CBTC pálya menti berendezése között interfész létesül. A PPE-működések megjelenítésre kerülnek a diszpécserközpontban, a KFM és a KUD munkahelyeken is.

ATS-FUNKCIÓK

A CBTC rendszerben az ATS-nek igen fontos szerepe van. Az M4 automata rendszerében alapvető funkció a CBTC-vel felszerelt

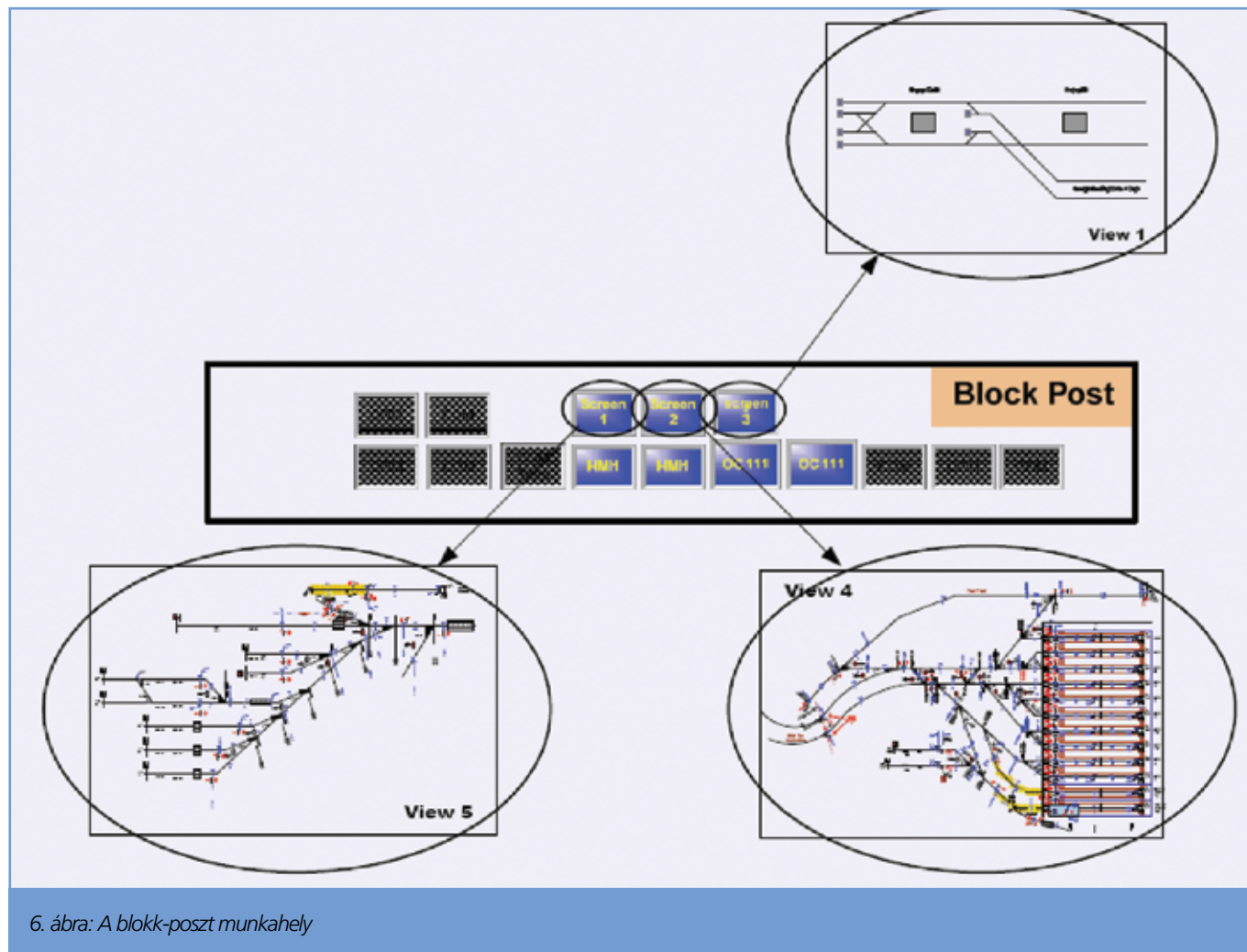
járművek azonosítása és követése, a vonat-vágányutak meghatározása, menetrendi vezérlés alapján a menetengedélyek kiadása, ezen felül menetrendi eltérések esetén konfliktuskezelés a menetrend betartása érdekében.

Az M4 CBTC rendszerének szabvány által meghatározott funkciói, valamint az üzemeltetési funkciók két munkahelyre kerültek leosztásra, KFM és blokk-poszt munkahelyekre.

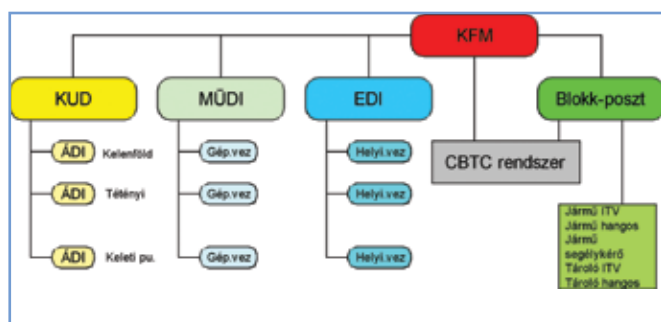
KFM MUNKAHELY

A KFM az M4 irányítási hierarchiájában a legmagasabb szinten álló munkahely, alapvető vasútirányítási feladatokat lát el (5. ábra). Technikai berendezései révén (Vicos CBTC), áttekintő képernyőkön képes megjeleníteni a vonal pillanatnyi forgalmi helyzetét, a közlekedő vonatok menetrend szerinti haladását. Külön két kezelői felület (HM1-2) szolgál a rendszerben kiadható parancsok kezelésére, részletes adatok, riasztások megjelenítésére. Alap üzemmódban az irányítás automatikus, a járművek menetrendi vezérléssel indulnak az állomásokról, ill. fordulnak meg a végállomásokon. Az adatok egy menetrend-tervezői munkahelyről kerülnek bevitelre az ATS rendszerébe, és ezt konvertálja indítási parancsokká a Vicos CBTC. A terv és ténymenetrendi grafikus ábrázolás külön monitoron jelenik meg.

A vasúti közlekedésben keletkezett haváriák esetén a KFM manuális kezelések alkalmazásával tud vágányúti műveleteket végezni, ideiglenes sebességhatárzásokat beállítani. A



6. ábra: A blokk-poszt munkahely



7. ábra: Az M4 vonal irányításának rendszere

kezelői felület megfelel a vasúti alkalmazásokban szokásos menürendszernek. A biztonságkritikus parancsok kiadására önálló kezelői felületként a Vicos Oc 111 szolgál, ami a Vicos CBTC hibája esetén alkalmazható redundáns kezelői felületként.

BLOKK-POSZT MUNKAHELY

A blokk-poszt munkahely feladata minden olyan tevékenység végzése, mely a vonalon közlekedő járművekkel kapcsolatos (6. ábra). Elsődleges feladata, hogy kezelői képernyőjén a központból felügyelje a járművek műszaki berendezéseit. Mivel a járművön nem tartózkodnak járművezetők, ezért a járműállapotokat, meghibásodásokat, riasztási állapotokat, vagy csak állapotkérdéseket a blokk-poszt kezelői felületén kell megjeleníteni. A járműről gyűjtött állapotinformációk a CBTC-n keresztül kerülnek átvitelre a központba.

A blokk-poszt feladata a járművek tárolóban, adott esetben a vonalon történő távoli üzembe helyezése ún. élesztési eljárással, valamint forgalomból való kiállást követően a járművek passzív állapotba kapcsolása. Az élesztési eljárás során ún. üzembe helyezési teszt fut le, melynek eredményeként a blokk-poszt kellő mennyiségű információt kap ahhoz, hogy a járművet a forgalom lebonyolításra alkalmasnak nyilvánítsa. A blokk-poszt felügyeli a járműtelepi próbafutásokat a próbapályán, valamint kezeli a vágányút-beállításokat a nem automatizált területeken. A blokk-poszt kezelői felület az ATS informatikai hálózatára lesz kapcsolva, így a KFM-funkciók bármikor átvethetők és fordítva: a blokk-poszt funkciók is elláthatók a KFM kezelői felületén. A blokk-poszt kezelői felületéhez kerülnek telepítésre azok a távközlési eszközök, amelyek biztosítják a kiválasztott jármű kameraképeinek megtekintését, lehetőség van a kiválasztott járművek belső terébe hangos utastájékoztatót adni. Szintén ezen a munkahelyen történik a járművekből az utas által kezdeményezett segélykérés fogadása. A járművek élesztési procedúrájához a jármű belső terein túl a járműtelepi tárolóvágányok is ipari tévérendszerrel lesznek felszerelve, mely kameraképek ugyancsak a blokk-poszt kezelői munkahelyen jelennek meg. A

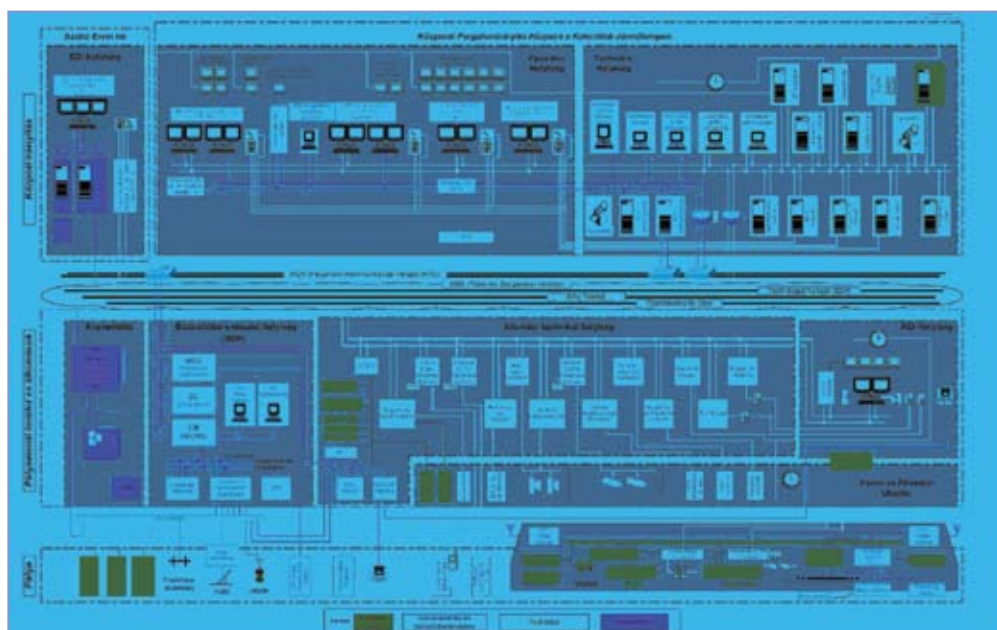


8. ábra: A tervezett diszpécserközpont látványterve

járműtelepi tárolóban csarnokhangosító rendszer épül ki, melynek kezelője szintén a blokk-poszt.

ÁLLOMÁSI DISZPÉCSER (ÁDI)

A vezető nélküli automata rendszer a vonatvezérlés automatizálásán túl egyéb folyamatok, funkciók automatizálását is megkívánja. Az állomási helyi irányítás legfontosabb funkciója az állomási utasfelügyelet, ill. utasirányítási feladatok ellátása, melynek hivatott munkahelye az ÁDI (állomási diszpécser). Az ÁDI irányítási feladatainak ellátására integrált diszpécserasztal szolgál, mely alkalmas arra, hogy az állomási ipari tévérendszer monitorain megfigyelje az állomás utasforgalmi tereit, különösen a vasútbiztonságot érintő részeket: biztonsági sávokat, mozgólépcsőket, bejáratokat, lifteket. Az ÁDI állomási utasterekbe kiépítésre kerülő hangos rendszeren keresztül előszavas, valamint tárolt szövegek bemondását kezdeményezheti, az utasokkal való kapcsolattartás az utasterekben több helyen elhelyezett segélykérő készülékeken keresztül lehetséges. Az állomáson lévő mozgólépcsők felügyeletét, a lépcsők menetrend szerinti járatását, adott esetben vészleállítását szintén az ÁDI látja el. Lehetősége van a peron fölötti, valamint a bejáratoknál elhelyezett változtatható tartalmú vizuális kijelzők



9. ábra: Az M4 automatikus vonatvezérlő rendszer rendszerelemei

működtetésére, üzenetek kiírására. Az ÁDI-helyiségben kerül elhelyezésre az állomási tűzjelző hálózat központja, ezáltal minden tűzjelzési riasztás itt jelenik meg, kerül nyugtázásra, és szükség esetén az állomási diszpécser intézkedik. A tűzjelző központ egyben az állomási vízködoltó hálózat oltásvezérlési feladatait is ellátja, melyhez szervesen kapcsolódik egy manuális vezérlést biztosító oltásvezérlő tábla. Az irányítóközponttal és a szolgálatokkal való kapcsolattartásra távközlési hálózat, diszpécsertelefon rendszer szolgál. A folyamatok eseményvezéreltek, ugyanis az állomási utasterekben kezdeményezett jelzések riasztásokat ill. további működéseket váltanak ki. Pl. segélykérő híváskezdeményezésre a legközelebbi kamerákpek megjelennek az ÁDI főmonitorán.

Az állomásokon különböző villamos és gépészeti berendezéseket telepítenek annak érdekében, hogy a metróhálózat friss levegővel legyen ellátva, az üzemi terek kezelt levegővel, a keletkezett szenny- és csurgalékvíz kiemelésre kerüljön, a különböző terek világítása biztosított legyen, az utasok le- és feljuttatása kényelmesen történjen, az esetlegesen keletkező tüzek lokalizálhatók legyenek, a szükséges oltóvíz és ivóvíz rendelkezésre álljon. A legfontosabb villamos és gépészeti berendezések: mozgólépcsők, liftek, állomási és vonali főszellőzők, állomási légkezelők, klímaberendezések, világítási elosztók, vízködoltó berendezések, tűzivíz hálózat, átemelő szivattyúk. A gépészeti vezérlések távkezelői felülete az állomásokon az ÁDI-asztalra kerül integrálásra. A kezelői felület lehetővé teszi az egyes berendezések működési állapotainak grafikus megjelenítését, a riasztások szöveges kiírását. A villamos és gépészeti vezérlések egy kezelői felületbe integrálása lehetővé teszi, hogy az összes előre felmérhető havária kezelésére a működtetésre vonatkozó algoritmusok szerint, lehetőleg automatikusan működésbe lépjenek a megfelelő berendezések. Különös jelentőséggel bír a járműtűz lokalizálása, a menekítési útvonalak biztosítása. Ez esetben összehangolt működést kell biztosítani a vízködoltó berendezések, mozgólépcsők, liftek, kijáratok, kivezető irányfények, főszellőző berendezések, tűzszakaszhatárokon működő szellőzőcsappantyúk, tűzjelző és vízködoltó vezérlők központ között.

DISZPÉCSERKÖZPONT

Az állomási ÁDI-berendezések központi felügyeletét a KUD (központi utasforgalmi diszpécser) látja el. Berendezései révén lehetősége van állomásonként egy osztott monitoron az utasáramlások figyelésére, ezen túl át tudja venni egy állomás teljes felügyeletét, az összes kezelést is beleértve. A KUD végzi az állomási diszpécser irányítását.

Az állomások gépészeti vezérlésének központi felügyeletét a MÜDI (műszaki diszpécser) látja el. Alaphelyzetben az összes állomás gépészeti berendezéseinek működéséről állapotinformációt kap, meghibásodás esetén pedig riasztásokat, és lehetősége van a meghibásodott eszközről több információ lekérdezésére. Az állomási tűzjelző hálózatok központi felügyelete is a MÜDI hatáskörébe tartozik, ezáltal lehetőség van az állomásokon túlnyúló havária esetek komplex kezelésére is.

Az EDI (energia diszpécser) látja el az állomásokra telepített, ún. egyesített vontatási transzformátorok felügyeletét és távkezelését, melyek a vonatmozgáshoz egyenáramot, az állomási fogyasztók számára váltóáramot szolgáltatnak.

Az M4 vonal irányítását a 7. ábra mutatja be. A diszpécser – az EDI (energia diszpécser) kivételével – egy közös helyiségben foglalnak helyet. Ez a szolgálat a meglévő metróvonalak kezelésére már kiépített, egyesített felügyeleti helyiségbe kerül integrálásra a Kálvin téri központba. A vonal irányításáért a KFM felelős, aki a vonalon keletkező haváriákat a különböző diszpécser tevékenységeinek összehangolásával oldja fel.

A 8. ábra a tervezett diszpécserközpont látványtervét mutatja be. A kialakítás lehetővé teszi a diszpécser számára, hogy a vonal forgalmi állapotairól, a legfontosabb utasmozgásokról átfogó képet kapjanak. A fentiekben leírt, M4 automatikus vonatvezérlő rendszer rendszerelemeit a 9. ábra mutatja be.

Az M4 metróvonal biztonsági kérdéseit már a tervezéstől kezdve az EN 50 126 szabvány előírásainak megfelelően kezelik. A kockázatokat teljes rendszerre vonatkozólag mérték fel és folyamatosan aktualizálják. A tenderek műszaki tartalmát a funkcionális kialakításon túl a kockázatok figyelembevételével írták ki, és a különböző rendszerek közötti interfészek kezelése során is elsődleges a kockázati tényezők megfelelő kezelése.

Az M4 fentiekben ismertetett automatizálási szintje, a vonatvezető nélküli rendszer – alacsony üzemeltetői létszám mellett – hatékony, gazdaságos üzemeltetést tesz lehetővé, magas szintű utaskiszolgálás mellett. A megvalósuló rendszer 90 másodperc követési időt biztosító, 99,96%-os rendelkezésre állást tesz elérhetővé. Automatizálási rendszere napjaink legmagasabb technikai színvonalán valósul meg, hosszú távon korszerű szolgáltatásokat tud nyújtani, irányt mutatva az elkövetkező közlekedési fejlesztések számára.

SUMMARY

DRIVERLESS OPERATION ON THE BUDAPEST METRO 4 LINE

Apart from the small distances between the stations, the other main characteristic of the Budapest Metro 4 Line is the reduced passenger capacity (2/3) of station platforms as compared to that of the already operating metro lines. This arrangement was determined by the size of the diaphragm wall station structure. In order to ensure adequate and safe passenger traffic, strict schedule management was required, i.e. an automatic control system allowing small headways had to be selected. With consideration to the economical aspects and the international trends, driverless automatic train control system was anticipated, even without a train attendant present in the trains, except for the initial phase of the test in traffic operation with passengers.

The first part of this paper outlines the operation of train traffic management and the related systems, with special emphasis laid on the appropriate service for and monitoring of passengers in the passenger areas of the metro line.

Finally, the functions of the various dispatcher systems to be installed in the combined control center (central traffic control, block post, central passenger dispatcher, technical dispatcher and power supply dispatcher units), and the station dispatcher unit are described.

ELSŐ ÉRTESÍTÉS

38. Ütügyi Napok 2010. szeptember 8–9., Szeged

A KTE Közúti Szakosztálya a Magyar Közút Nzt.-vel közösen, 2010. szeptember 8–9. napján, Szegeden szervezi meg a 38. Ütügyi Napokat.

A konferencia címe:

A hazai útügy elmúlt húsz éve – mérleg és kibontakozás

A tervezett szekcióülések gerincét adó főbb témakörök a következők lesznek:

hálózatfejlesztési, tervezési kérdések, jogalkotás és jogalkalmazás, országos nagytávú közúti hálózatfejlesztési terv, üzemeltetés és fejlesztések finanszírozása és azok problémái, versenyfeltétel-rendszerek alakulása és szakmai következményei, visszatekintés az útügyi igazgatás szervezeti fejlődésére és a továbblépés lehetőségei, az intézményrendszer átalakítása, munkamegosztás a szakigazgatáson belül, fenntartható fejlődés: felújítás- és újjáhasznosítás-központú technológiák, meglévő pályaszerkezetek újjáhasznosítása, a közlekedésbiztonság feltételrendszerének alakulása (az új KRESZ bevezetése és hatásai, forgalmi felülvizsgálatok, közlekedésbiztonsági audit stb.)

A részvétel mellett ezúton hívjuk fel az érdeklődők figyelmét az előadások tartására való jelentkezés lehetőségére is, amelynek részleteiről a közeljövőben adunk újabb tájékoztatást.

Kérjük, jegyezzék elő a konferencia időpontját!

Információ: info.kte@mtesz.hu

*Közlekedéstudományi Egyesület
Közúti Szakosztály vezetősége*

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 kézirateit 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.)

700 Ft