

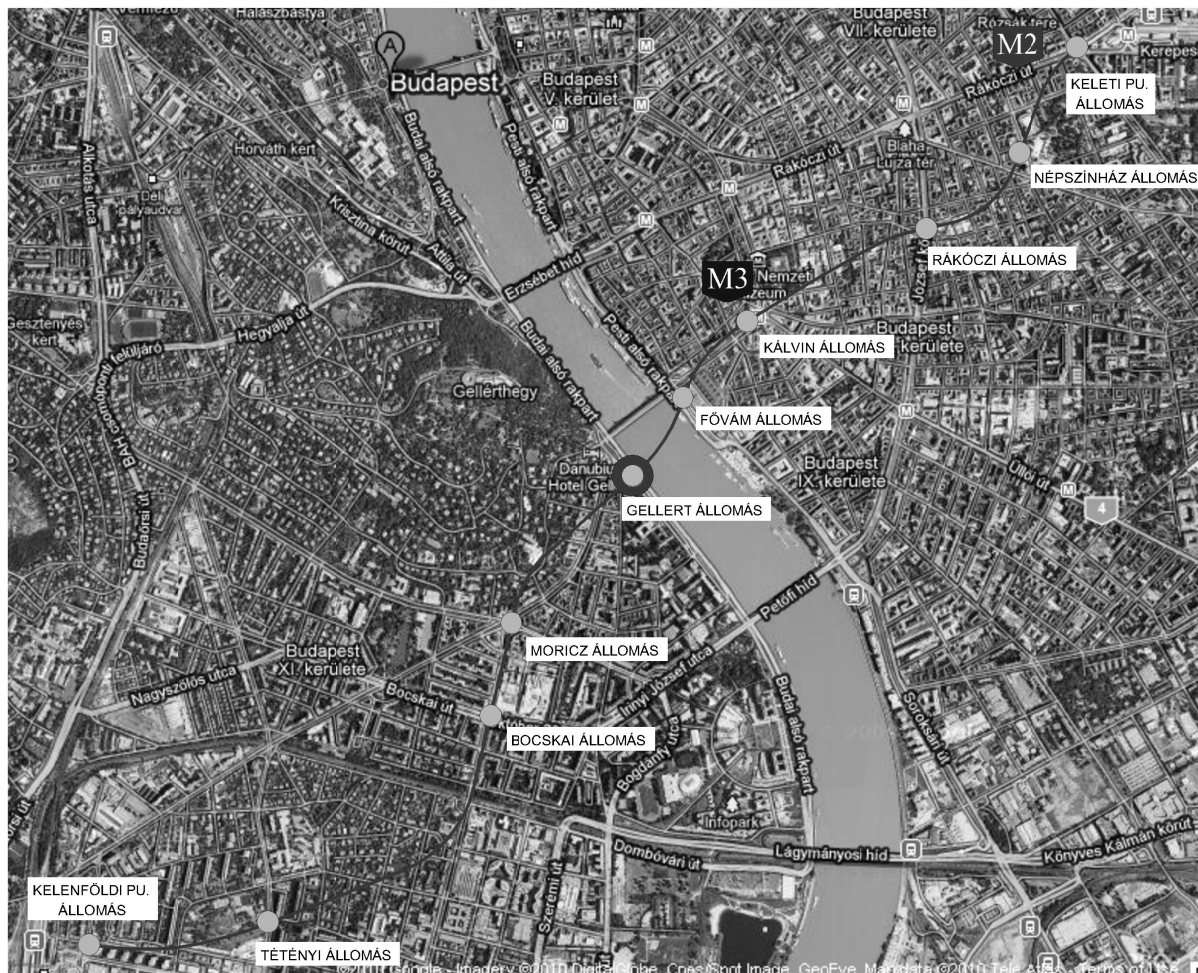
BUDAPESTI 4-ES METRÓ TBM-ES ALAGÚTÉPÍTÉSI TECHNOLÓGIA ÉS VÁGÁNYKAPCSOLATI MŰTÁRGY

Balázsy Béla

BAMCO Kkt.

Amint azt már megszokhattuk, a szakmai konferenciák visszatérő problémája, hogy nagyon sok és nagyon érdekes szakmai kérdés megtárgyalására mindig nagyon kevés idő jut. Ezért most megkísérellek egy olyan általános összefoglalót tární önök elé, amelyben legalább a nagyobb fejezetekre és főcímekre vonatkozó kérdéseket sorra vehetjük, törekedve olyan részleteket becsempészni, amelyek egyben arra is lehetőséget adnak, hogy az építés jelenlegi stádiumát is megismerjük.

Természetesen fel kell tételeznem, hogy Önök nagyon sok mindent ismernek már ebből a projektből hiszen a médiából évek óta tudomást lehetett szerezni abból, hogy hol tart ill. nem tart a munka. Először azt kellene megemlíteni, hogy a 4.M. nevű projekt teljes terjedelme Bp. Kelenföldi P.u-tól a Bosnyák – térig tart, ami kerekítve kb. 10.0km távolság. Ebből az I. es szakasz építése folyik Kelenföld - Keleti P.u. között, kb. 5.5km a hossza; a II. szakasz építése: Keleti P.u. - Bosnyák tér - még nem kezdődött el. (lásd 1.ábra helyszínrajzát)



1.ábra: Vonali Helyszínrajz

1. TBM munkák

Az első szakasz építése 2006. Jan.-ban kezdődött a kelenföldi indító – szerelő akna építésével. Az akna egy résfalas szerkezet hazai kivitelezése közismert. Az alagút-építő gépláncok 2007. Jún. 15-18 án kezdtek üzemszerűen dolgozni, (az ünnepélyes indítás 2007. ápr. 3-án volt) addig az összeszerelést követő üzemi próbák zajlottak, tekintve, hogy ez a géptípus és technológia itthon még nem fordult elő (lásd 2. Kép). Főbb adatai a 3.sz ábrán láthatók.

1.1 Technológiai ütemek és munkafázisok

A pajzs, működése során, az alábbi funkciókat látja el:

- A hidraulikus sajtók által kifejtett nyomóerővel a marótárcsát kb 2000 t erővel nyomja a fejtési fronthoz, így ez nem engedi meg a talaj lazulását s megakadályozza a front beomlását;
- A marótárcsa forgatásával bontja, fejtí és darabolja a kőzetet (talajt) s ez a tárcsa nyílásain át lehull a pajzs fenékre. A tárcsa forgatásához szükséges forgató nyomatékot: 4383 kNm 8db. hidraulikus motor szolgáltatja.
- Itt történik a lefejtett talaj kezelése (keverése vízzel stb.). majd egy végtelen csiga felhossa és a kiszolgáló gépláncon lévő szalagra hordja, innen a földszállító vagonokba kerül, majd a felszínre hozzák és deponiába döntenek végül elszállítják.
- A marótárcsa forgása közben a pajzs állandóan halad előre; ezt a haladást a nagy nyomású hidraulikus sajtók (dugattyúk) idézik elő úgy, hogy a homlokon a tárcsa által közvetített nyomás ne csökkenjen.
- Egy előtolás mértéke kb. 1600mm; ennyi szükséges ahhoz, hogy a pajzson lévő erektor be tudjon szerelni egy alagút gyűrűt, amely 5 vb. tübbingből + záróidombból áll és a leghosszabb elem kb. 1500 mm hosszú.
- A tolódugattyúk visszahúzása után a pajzsfarok palástja alatt ennyi hely áll szabadon egy újabb alagútgyűrű számára;
- A következő ütemben ismét a pajzs megy előre, s ekkor a nagynyomású sajtók már a legutolsó tübbing gyűrű végére támaszkodnak; tehát az előtolás és földfejtés majd alagút gyűrű szerelés fázisai követik egymást.
- Tekintve, hogy a pajzsok a köpeny fenéklemezén csúsznak a dugattyúknak rendkívül nagy surlódóerőt kell legyőzniük, így nagy az előtoláshoz szükséges nyomóerő; ennek köszönhető az íves elemek oldalfelületein gyártáskor elhelyezett szigetelő bordák erős összenyomása, ami a vízszigetelést biztosítja.
- A vb. tübbingek 30cm vastagok és teljesen vízzáró betonból készülnek; súlyuk 3500kg/db. A pajzsokat a kb. 110~115m. hosszú kiszolgáló géplánc követi, amelyet a pajzs vontat maga után; ezen belül fut a 750mm-es keskenyvágány, amelyen az anyagellátó vonatok közlekednek.



2.kép: TBM – EPB pajzs

Budapesti 4. Metró

BAMCO
 Alagút- és Metróépítő Közkereseti Társaság

TBM-ES ALAGÚTAK, ÉS A TBM ALAPADATAI

- TBM: TUNNEL BORING MACHINE.
ALAGÚT FURÓ GÉP
- TBM alapadatok:
 - Marótárcsa átmérője: 6.1m
 - Marótárcsa forgatónyomaték: 4183 kNm
8 hidromotor forgatja
 - Homloknyomás: 20000 kN
2x8 hidraulikus sajtó
 - TBM hossza: 114m
- TBM alagutak:
 - Tübbinges alagút hossz: 2x5.5km
 - Összekötő alagutak száma: 13db
 - Szellőző alagutak száma: 11db

 VINCI  STRABAG  HIDÉPÍTŐ 

VINCI Construction Grands Projets • STRABAG AG • STRABAG International GmbH • STRABAG Zrt. • HÍDÉPÍTŐ Zrt.

3.ábra: TBM adatok

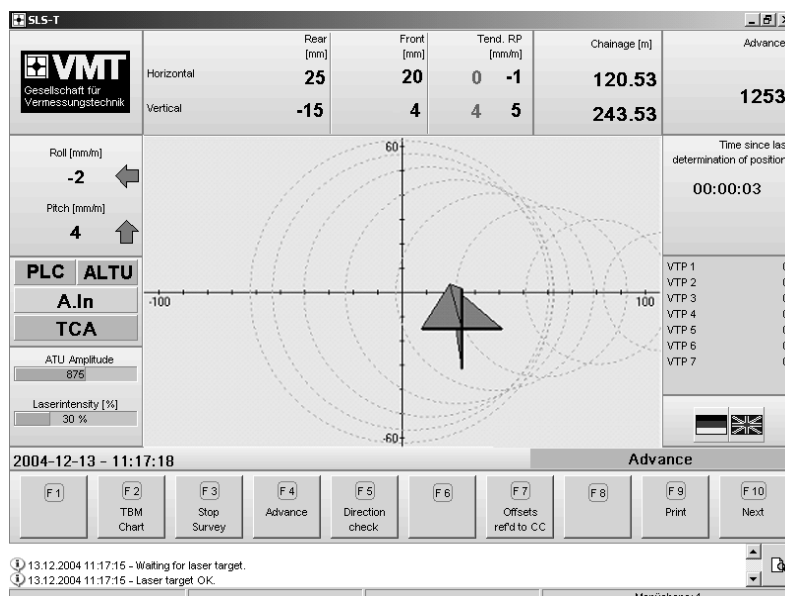
1.2 A pajzsok vezetése és irányváltása.

1.2.1 SLS-T ADP irányító rendszer alagútfúró gépekhez

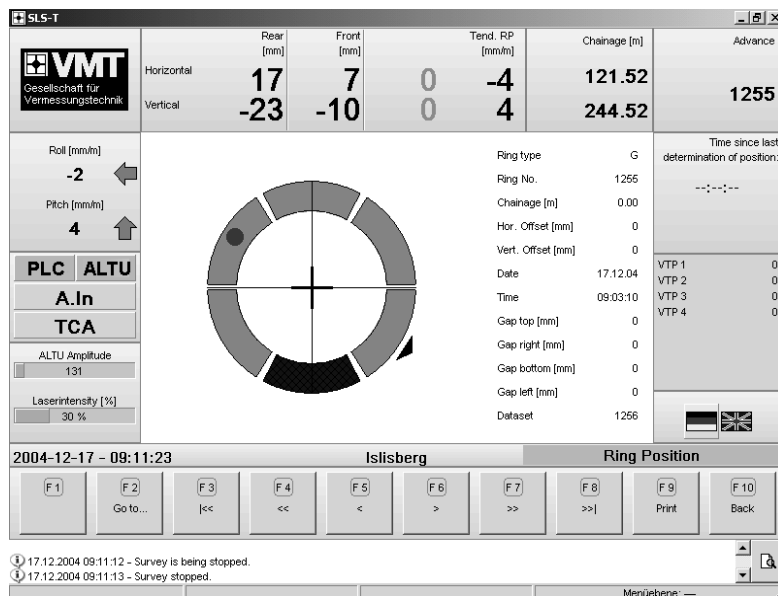
Az alagútfúrásban létfontosságú az alagútfúró gép (pajzs) DTA-hoz (tervezett alagúttengelyhez) viszonyított helyzetének folyamatos ellenőrzése, különösen előtolás alatt. Ez megakadályozza a gép nemkívánatos mozgásait és hirtelen irányváltoztatásait. A pajzs teljesítmény-jellemzőit különböző tényezők befolyásolják, pl. az eltávolítandó talaj tulajdonságai (kő, homok, agyag stb.). Lágy anyagban a többszáz tonnás gép reakciói teljesen mások, mint kemény kőzet esetében. Kis sugarak esetén a kívánt nyomvonal-korrekciók drasztikusak, ezért nehezebbek, mint egyenes szakaszokon. A kitámasztott tagolási pontokkal rendelkező pajzs mozgékonyabb. Ha elkeskenyedő gyűrűket használunk, akkor ezek a tényezők erősödnek. Egy hibás gyűrű beépítése még hamarabb kimozdítja a pajzsot a tűréshatárok közül, és a korrekció még nehezebb lesz. Nagyon fontos, hogy a pajzs pontosan kövesse a kívánt nyomvonalat, mert akkor jobb az építés minősége és pontosabb a tervezés.

1.2.2 Rendszer-tulajdonságok

- A pajzs helyzetének meghatározása és folyamatos kijelzése numerikus és grafikus formában
- A pajzshajtás irányának kijelzése a további irányítás segítéséhez
- Az irányítási tendenciák meghatározása és kijelzése
- A gyűrűhelyzet számítása és kijelzése
- Minden hajtással kapcsolatos érték kimentése a rendszer-adatbázisba jövőbeni felhasználáshoz
- Elemzés
- Szoftver-vezérlésű lézeres teodolittal orientált rendszer
- Hivatkozások

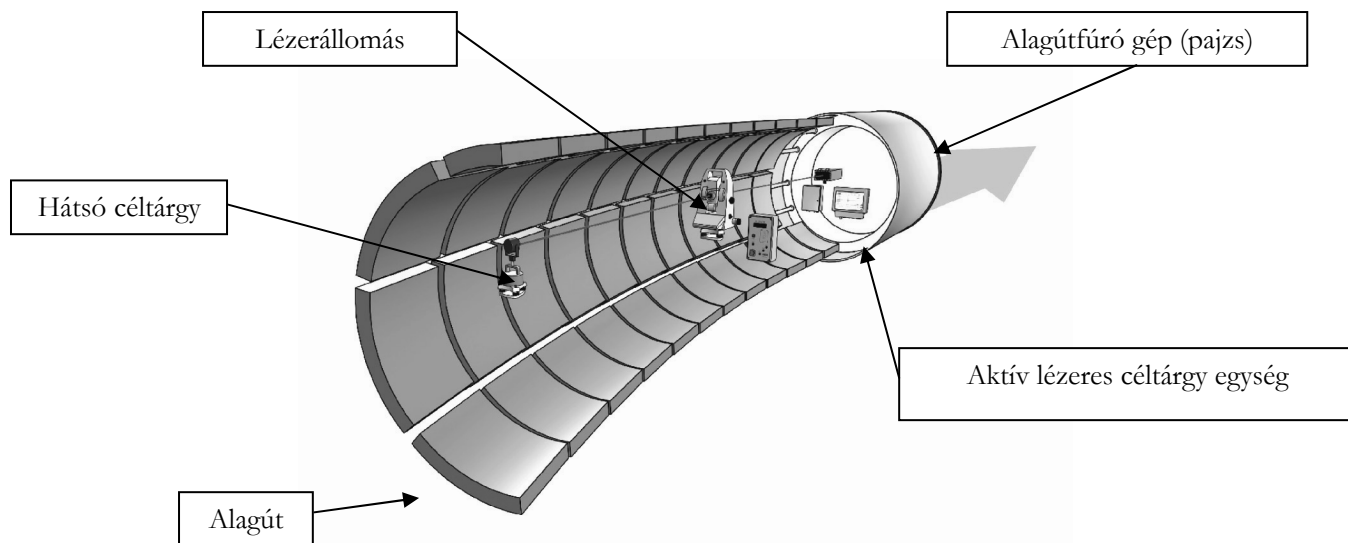


4.ábra: A pajzs helyzetének kijelzése



5.ábra: A gyűrű helyzetének kijelzése

1.2.3 Az SLS-T APD irányítási rendszer kezelési eljárása



6.ábra

A bevezetés magyarázattal szolgál arra vonatkozólag, hogy miért fontos az irányítási rendszer a pajzs precíz kormányzásához. A VMT GmbH által tervezett SLS-T rendszert éppen erre a célra fejlesztették ki, és biztosítja mindazon információkat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a pajzs nagy pontossággal a kívánt nyomvonalon maradjon. A pajzs helyzetét két ismert pont alapján határozzák meg a globális koordináta-rendszerben (X, Y, Z). A lézerteodolitot az egyik olyan pontra helyezik, amely a lézeres céltárggyal vizuális kapcsolatban van (láthatóság), és ráirányítják a második pontra (a hátoldali céltárgyra). Ez az eljárás határozza meg az északi irányt.

A mért adatok ezután megfelelően kombináltan kerülnek felhasználásra a pajzs pontos globális helyzetének kiszámításához. A pajzsot az alagút tengelyén két referenciapont jelzi ki.

Az SLS-T szoftver különféle opciók támogatására konfigurálható. Ha valamelyik alkatrész meghibásodik, az értékek kézzel bevihetők a szoftverbe. Ez biztosítja az előtolás folyamatosságát.

A DTA olyan elemekből állhat, mint az egyenes, a körív és a klotoid.

1.3 Munkaütemezés és teljesítmény

A pajzsok napi teljesítménye 5m/nap-ról fokozatosan elérte a 15m/nap, majd később a 20, 25, 28m/nap teljesítményt is. A legnagyobb napi haladás még a budai oldalon elérte a 31m/pajzs értéket is. Amikor a pajzsok elérik a következő állomási dobozt, a marótárcsa átvágja az érkezési (fogadó) résfalat, majd ezen át bemegy az állomási térbe, ahol egy teknő szerű vb.pálya várja. Ezen saját dugattyú rendszerével végig halad az állomási tér belsejében, majd a kilépő falnál, ennek átfúrása után, kilép és folytatja útját a következő állomásig stb.

A pajzsok távozása után lehet elkezdni az állomások belső beépítésének munkáit. Itt azonban tudni kell, hogy a pajzsok előrehaladása közben az anyagvonatok minden menetben, naponta többször áthaladnak ezeken az állomásokon, mert a kitermelt földet csak a Kelenföldi végállomáson kiépített daru technika tudja kiemelni és a depóniába önteni egyrészt, másrészt csak itt lehet a tübbing utánpótlást leengedni az anyagvonatokra, amelyek majd visszafelé haladva utólérik a pajzsot és így folytatódhat az előre haladás, a földmunka stb.

Az anyagvonatok közlekedésének könnyítését szolgálta az a megoldás, hogy az állomási dobozokban kereszt vágányok épültek, s így az ellentétes irányban közlekedő vonatok kitérhettek egymás útjából. Ez a technika természetesen azt is jelenti, hogy amíg az anyagvonatok közlekednek, az állomásokban nem lehet minden belső szerkezetet elkészíteni, pl. a peronfödémeket stb. El lehetett viszont készíteni az oldalfalak vízszigetelését, az ezt megtámasztó bélésfalakat, a különböző szintű belső födémeket és olyan vb. szerkezeteket, amelyek a belső technikai helyiségek részei ill. az oldalfalakat és a külső a földnyomás ellen merevítő belső ducrendszereket. Az állomások belső beépítésének munkáiban tehát jelentős akadályt és lassítást okoz az anyagvonatok közlekedése. Ennek csökkentése ill. kiküszöbölése érdekében született az a megoldás, hogy a Kelenföldi üritő állomást csak addig szabad üzemeltetni, amíg a pajzsok el nem érik a Fővám téri állomást ill. a kelenföldi daruparkot és depónia aknáit át nem telepítik a Gellért téri munkahelyre. Mihelyt ez elkészült, a munkavonatok a pesti állomásokon áthaladva csak a Gellért térig jártak vissza a földet üríteni és a tübbingekeket felvenni. Ennek köszönhető, hogy ezt követően a budai állomások belső munkái felgyorsultak.

De felgyorsult a két pajzs haladása is a Fővám téri állomásból kiindulva a Kálvin tér felé. Ezen a szakaszon az É-i pajzs átlagos napi haladása kb. 15m, míg a D-i pajzsé kb. 12m volt, így a kettő együtt 38nap alatt összesen 745m-t épített meg és ez nemzetközi viszonylatban is jelentős teljesítmény. Ennek értékét fokozza a közben elért max. teljesítmény, ami az É-i pajzsnál 25.5m, a D-i-nél 21m/nap volt.

A pajzsok végül 2010. Jún. végén – júl. elején érkeztek be a Keleti p.u. állomásba, az I. Szakaszc végéhez, a vonal ideiglenes végállomásába. Az üzemszerű alagútépítés kezdetét 2007. Jún. végére tehetjük, így az építés tényleges időtartama 38 hónapra adódik. Célszerű tekintettel lenni arra a körülményre is, hogy 4-5 hetet kivéve, a pajzsok technikai, műszaki, gépészeti energia és anyagellátási okokból, szakmai vezetés és hozzáértés hiánya miatt nem kényszerültek vesztelni. Különösen jó teljesítményt nyújtottak 2009. Szept. hó után, a pesti szakasz teljes hosszában.

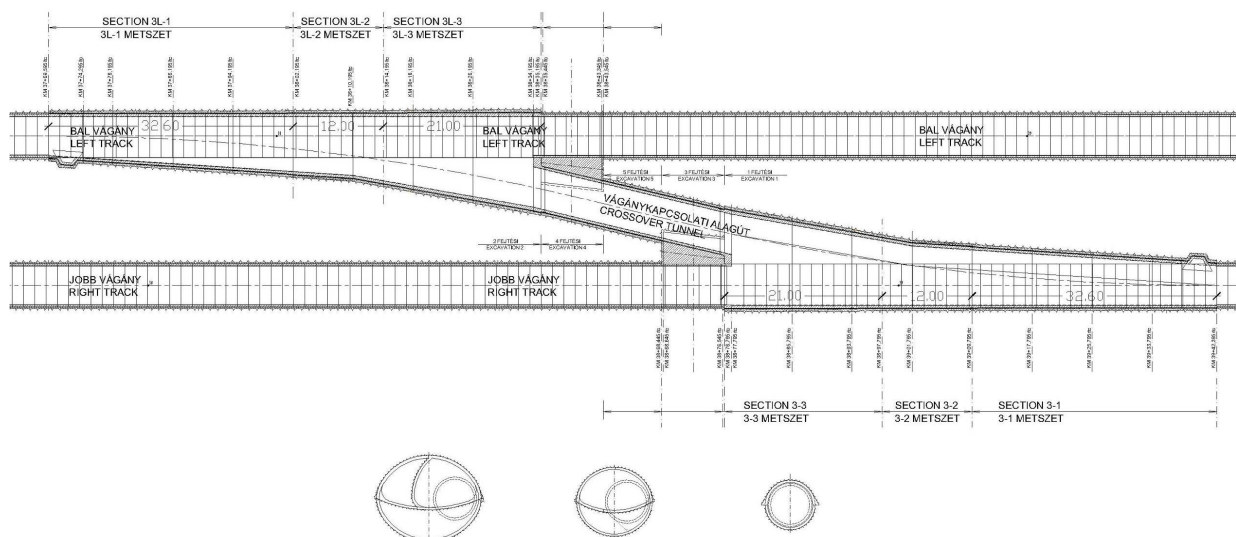
2. NATM munkák

A két vonalalagút fontos kiegészítője a vonalkapcsolati műtárgy amely a vonatok részére lehetővé teszi az átjárást egyik alagútból a másikba (7.sz. ábra) Ez valójában bányászati módszerrel épített 2 szembe fordított „trombita” egy középső ferde alagúttal összekötve. Teljes hossza 155.67m a Gellért téri állomás mellett.

A trombiták változó átmérője és a ferde szakasz építése a pajzsos alagútépítést eleve kizárják. A lőtt betonozás néven ismert eljárással épülő műtárgy kivitelezésének módja és ennek ütemezése a pajzsos szakasszal már nyújt némi lehetőséget annak mérlegelésére, hogy az időrendi sorrendben melyik épüljön előbb:

- Megépülhet előbb a lőtt betonozás szakasz, amely lehetővé teszi a pajzsok áthaladását, mielőtt azok odaérnek (ahogyan áthaladnak az állomási dobozokon is) Ennek kényszerítő hatása lehet a mellette lévő állomás munkáira, mert ennek belső tere ill. az anyagmozgatást kiszolgáló daru készlet nélkül a trombiták építését nem lehetne elkezdni. A felszíni süllyedések szempontjából előnye ennek a megoldásnak az, hogy csak egy süllyedési hullámot vált ki a felszínen lévő épületeken.
- A másik lehetőség az, hogy előbb az adott szakaszon elhaladnak a pajzsok, megépítve a két alagtutat, majd a tübbing gyűrűk fokozatos visszabontásával az $\Phi 6.0\text{m}$ -es átmérőt fokozatosan $\Phi 12.0\text{m}$ -re bővítjük. Így már lehetővé válik a 2 trombita szakasz összekötése egy $\Phi 6.0\text{m}$ -es ferde alagúttal.

Ez a megoldás egy újabb felszíni süllyedést vált ki amely egymásra halmozódik a pajzsos munka által már kiváltott süllyedésekkel, és ez, az adott körülmények között és a BME. CH épület jelenlétére és mozgására valamint a már lezajlott süllyedésekre való tekintettel, elkerülhető lett volna.

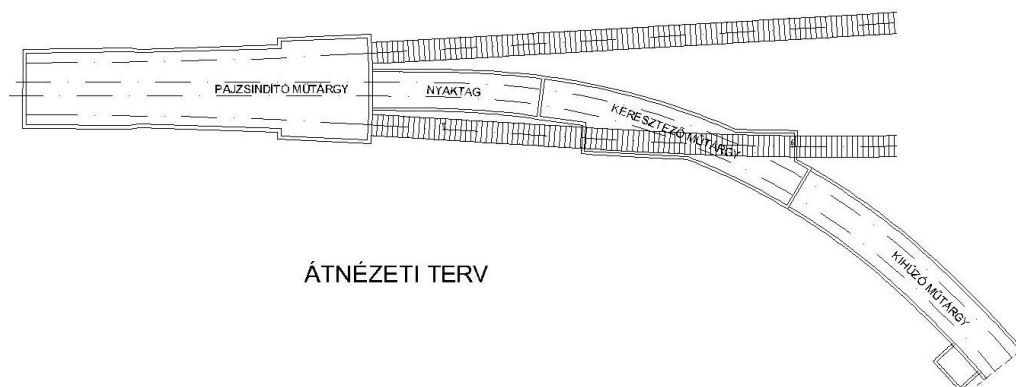


7.ábra Vonalkapcsolati műtárgy Alaprajz

3. Kihúzó vágány alagútja

Az alagutakat építő BAMCO Kkt. programjában szerepelt még a kihúzóvágány alagútjának megépítése (8.sz. ábra) Ez szerkezetileg egy keretlagút; résfalak képezik az oldalfalakat, az ezeket lefedő födémlemez pedig hordja a felszíni terheket: a feltöltést és a közutak gépjármű terheit.

Nyomvonal a pajzsszerelő és indító akna kilépő falánál kezdődik és egy rövid egyenes szakasz és egy ugyancsak résfalas technikával épült keresztezési műtárgy után egyetlen nagy ívben kanyarodik, a Hadak útja alatt is áthaladva, a jármű telep Keleti oldala felé (Borszéki út). Közben állandóan emelkedve ($E_m=25\%$) a telep határánál kiér a felszínre, innen nyitott.



8.ábra Etele Indítóakna

4. Összekötő alagút

Végül megemlítendő az alagutakat összekötő, kis szelvényű átjárók építése. Ezek, számszerint 13, a tűbbingek megbontásával épülnek. Egymástól mért távolságuk kb. 200m. (lásd a 3.sz. kép) Rendeltetésük a levegőztetés elősegítése de főleg baleset vagy egyéb nem várt esemény idején a menekülést elősegíteni.



9.kép Összekötő alagút