

## **A budapesti metró ötalagutas állomástípusa** (írta: Rékai József okl. építőmérnök)

### **1) A budapesti metróvonalak néhány adata, állomástípusok**

A budapesti metróhálózat jelenleg három üzemelő és egy épülő vonalból áll. Az 1896-ban átadott **Millénniumi Földalatti Vasút** 4,3 km hosszú, végig burkolat alatt halad, 11 db oldalperonos állomása van.

A **Kelet-nyugati** ún. 2. sz. („piros”) metróvonal 1950-53-ig illetve 1963-72-ig épült két ütemben, 1970-ben és 1972-ben helyezték üzembe. Hossza 10,1 km, 8 db középperonos mélyállomást, egy burkolatalatti és két felszíni állomást tartalmaz. A mélyállomások közül öt ún. háromalagutas típusú, három pedig ötalagutas. Az állomások építészeti, épületgépészeti és villamos installációs berendezéseinek felújítására 2004. és 2007. között, évenként, a nyári iskolai szünetben bevezetett részleges lezárások mellett került sor.

Az **Észak-déli** ún. 3. sz. („kék”) metróvonal 1971. és 1990. között épült, üzembehelyezésére 5 ütemben került sor. Hossza 17,3 km, 7 db középperonos mélyállomást, 6 db 1-es és ugyancsak 6 db 1½ mélységű és 1 db felszíni állomást tartalmaz.

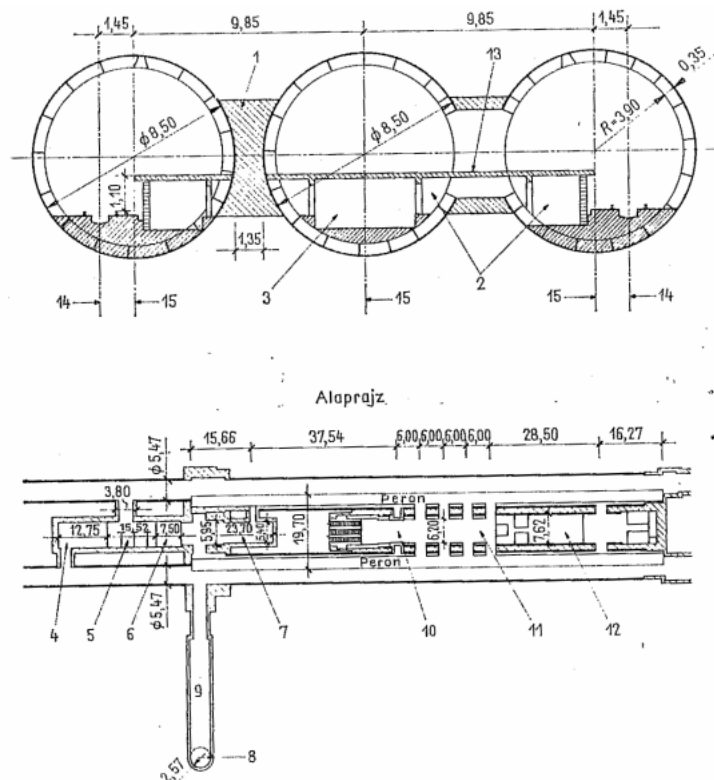
A jelenleg épülő **4. sz. metróvonal** I. szakaszának (Kelenföldi pu. – Keleti pu. között) építése 2006-ban kezdődött meg, hossza 7,1 km, végig mélyvezetésű, 10 db, felszínről épülő, ún. egyterű, réselel doboz szerkezetű állomást tartalmaz majd.

Az üzemelő három metróvonal állomástípusait a mellékelt 1. sz. táblázat tartalmazza. Ebből látható, hogy a jelenleg üzemelő 42 db metróállomás három kivételével a terepszint alatt helyezkedik el, és ezekből 15 db a bányászati (zárt) módszerrel épült mélyállomás. A mélyállomások kétharmada, 10 db pedig az ún. ötalagutas, „Budapest” típusú állomás, melynek a továbbiakban a szerkezetét, erőjátékát, építési módszerét, előnyeit és hátrányait fogom ismertetni. Az 1. táblázatból látható az építés ideje is, tehát az első, ötalagutasnak nevezhető Astoria állomás az 1960-as évek végén, míg az utolsó Nyugati pu. (Marx tér) állomás az 1970-es évek végén épült.

### **2) A metróállomások és műtárgyaik építési módszerei**

Az ötalagutas állomástípus ismertetése előtt célszerűnek látszik az 1950 óta – megszakításokkal – folyó budapesti metró építési módszerek áttekintése, az állomásokhoz csatlakozó egyéb műtárgyak (lejtaknák, felszíni kapcsolatok, főszellőző aknák illetve a vonalalagutak) alkalmazott építési módszereinek ismertetésével együtt.

A **mélyállomásoknál** több típust alkalmaztak. Az első mélyállomások *háromalagutas* elrendezéssel készültek. Az állomást három, 8,5 m külső átmérőjű, kör keresztmetszetű öntöttvas tübbinggyűrű alkotja. A Keleti pu-i, a Blaha Lujza téri és részben a Deák téri állomás épült ilyen szerkezettel (*lásd 1. ábra*).



1. ábra

Az építést pajzsokkal végezték. Először 10 m széles pajzskamrákat építettek betonboltozatokkal, vastag betonfalakkal. Ezekben szerelték össze a pajzsokat, és innen indult meg az öntöttvas tübbing alagutak építése. Egy-egy 8,5 m átmérőjű tübbinggyűrű 14 normál-, két csatlakozó- és egy záróelemből állott. A gyűrűk hossza 0,75 m, a bordamagasság 35 cm. Egy gyűrű tömege 17 t.

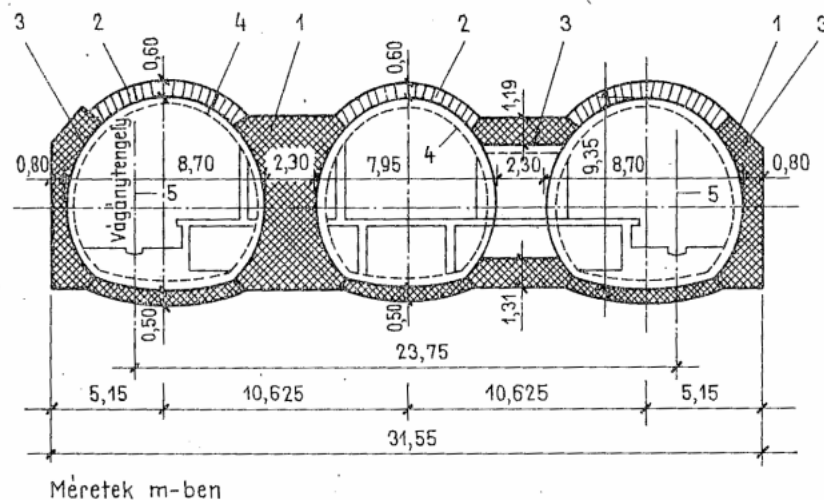
Kedvezőtlen talajviszonyok között, nagy gondot okozott az igen magas homlokfal megtámasztása építés közben. A földnyomás csökkentésére a pajzs előtt egy talp és két válltárat hajtottak előre 3,0 m átmérőjű, bordás, acéllemez tübbingekből.

A tárok jelentősen csökkentették a homlokra ható földnyomást. A talptárhoz betonaljzatot építettek be, és az erre rögzített sínszalakon csúsztatták előre a pajzsot. Ez tette lehetővé a pontos iránytartást.

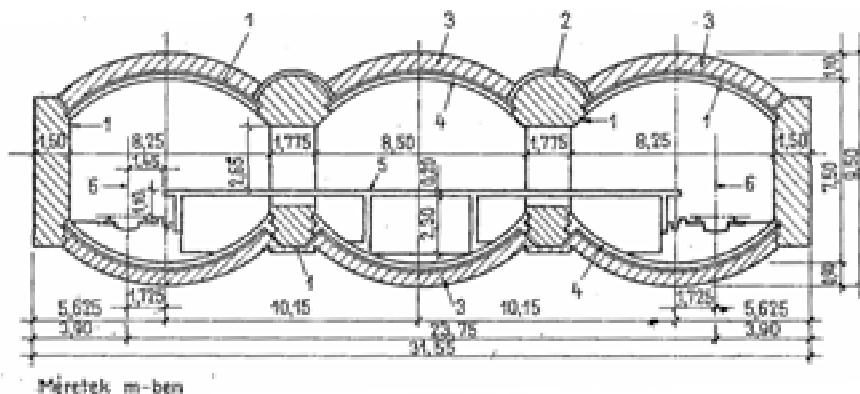
A pajzsokat az állomások végén benthagyták. A pajzsköpenyen belül egy vasbeton gyűrűt építettek be, a merevítő acélgyűrűket és a pajzs egyéb szerkezetét kiserelték. Ezzel elkerülhető volt a nagyméretű kiserelőkamrák építése.

A középső alagút építéskor a szélső alagutakat függőleges acéloszlopokkal ideiglenesen kitémasztották, vagy vízszintesen vonórudakat építettek be, minthogy az alagútgyűrűk oldalsó megtámasztása a belső oldalon megszűnt, és így a gyűrűkben a méretezés során alapul vett igénybevételeknél lényegesen nagyobb nyomatékok léptek volna fel. Az alagutak közötti áttörések helyein az alagútgyűrűkbe különleges öntöttvas elemeket építettek be, amelyek a nyílások alatt és felett kiváltó boltíveket alkottak.

A Deák téri állomáson a középső alagút betonszerkezettel épült. A Déli pu-i állomás a repedezett budai márgában beton oldalfalakkal és betonidomkő boltozattal épült (ld. 2. ábra). A külső falazat belső felületére helyezték el az acéllemez szigetelést, és ezt egy belső vasbeton köpennyel támasztották meg. A Moszkva téri állomás is betonszerkezettel készült (ld. 3. ábra) laposabb boltozatokkal és sík felületű oldalfalakkal acéllemez szigeteléssel.



2. ábra



3. ábra

A **bányászati módszerrel épített vonalalagutaknál** megemlíjtjük, hogy a kelet—nyugati vonalon a vonalalagutak 1/3-át bányászati módszerrel építették. Ezenkívül mindkét vonalon így építették a szellőzőalagutakat, a vízátelelő és egyéb kisebb műtárgyakat, valamint az állomások szerkezetének nagyobb részét is. A talajviszonyoktól függően a bányászati építési mód különböző módszereit alkalmazták, leggyakrabban a belga módszert, nagyobb szelvénynél vagy kedvezőtlen talajban a német módszert. Jelentős hosszban végeztek teljes szelvényű alagútépítést is, elsősorban a budai márgában.

Az alagútfaazat legtöbbször monolitbetonból készült. Az észak—déli vonalon azonban — erektoros szabad szereléssel — vasbetonblokkos alagutakat is építettek, sőt rövid szakaszon öntöttvas tübbing alagút is épült bányászati módszerrel.

Kezdetben az alagutat úgy méretezték, hogy a külső falazat megépítése után belső szigetelést és azt megtámasztó vasbeton szerkezetet lehessen beépíteni. Ilyen kettős falazat épület az

Astoria állomástól a Deák tér felé vezető alagutak egy részében, ragasztott bitumenes, később acéllemez szigeteléssel. A legtöbb helyen azonban elhagyták a külön szigetelőlemezeket és a belső vasbeton köpenyt. A szükséges vízzáróságot torkrét vakolással és a hátúr többszöri injektálásával érték el.

Az első **pajzsos** alagútépítés a Rákóczi út alatt kezdődött 1952-ben. A 66. sz. telken épített szellőzőaknákból előzetesen bányászati módszerrel a vonalalagutak helyén betonszerkezetű pajzskamrákat építettek, és ezekből indították el a pajzsokat a Keleti pu. irányába)

Az építés általában túlnyomásos (100... 150 kPa) térben történt. Az agyagrétegekbe vékony homokerek, ezenkívül vetők vezették be a vizet, emiatt volt szükség a levegőtúlnyomásra. Az elért haladás átlagosan naponta 1,5 m, később 2 m volt az időtrabló tűzés, a kézi fejtés és rakodás miatt. A pajzsokba 22 előretoló hidraulikus sajtó volt beépítve egyenként 1MN tolóerővel. A falazat anyaga öntöttvas tübbing volt.

A kézi pajzsok mellett a teljesítmények növelésére szovjet SCSN—1 típusú mechanikus pajzsokkal is építettek alagutat a kelet—nyugati vonal Szent István tér—Moszkva tér közötti szakaszán. A pajzsok átlagos sebessége naponta 2,1 m volt, de sokszor 5 m-t is haladtak. A beépített falazat, részben vasbeton blokk, részben öntöttvas tübbing volt.

Az észak—déli vonal építéséhez a két mechanikus pajzsot átalakították. A vonal magasabb fekvése miatt ugyanis a marótárcsa aláfejtéséből származó esetleges szakadások elérhették volna a vízdús homokos-kavics réteget is. Ezért a rotort kiszerelték, és a merevítés átalakításával a felső munkaszint alá két *Schaeff* típusú fejtő-rakodó gépet építettek be.

Az előrehaladás sebessége naponta 6...7 m volt. A faroklemez tömítésére a Westfália cég által gyártott gumiprofil alkalmazták. A pajzsok irányításához bevezették a lézeres kitzűzést.

A **mozgólépcsők** részére a vízszintessel 30<sup>0</sup>-os szöget bezáró alagutakat (lejtaknákat) kellett építeni. Az alagutak felső szakaszán a hajtóberendezések elhelyezésére felszín alatti gépházat, alsó részén feszítőkamrát kellett kialakítani.

A pesti oldalon a mozgólépcső-alagutak alsó szakasza anyagrétegben fekszik, míg felső szakasza a pleisztocén homokos-kavics réteget harántolja. A két lényegesen eltérő talajrétegben az építés és a szerkezeti kialakítás is eltérő volt. Az első mozgólépcső-alagút felső részét a Deák téren acélszádfalakkal körülzárt, nyitott munkagödörben építették meg, és ezt követte bányászati módszerrel légnyomásos munkatérben az alsó szakasz építése. A többi állomás (Keleti pu., Blaha Lujza tér, Astoria, és Deák tér) mozgólépcső-alagútjainak felső szakaszát vasbeton szerkezetű süllyesztőszekrényvel, tixotrópos módszerrel süllyesztve építették.

A mozgólépcső-alagutak felső szakaszait a további munkák során réseléssel építették. Kezdetben kötélfüggesztésű markolókat, később rudazatos, hidraulikus markolóberendezéseket használtak. Így épült a Blaha Lujza téri állomás gépháza, a Kossuth Lajos téri, a Batthyány téri állomások és az észak—déli vonal valamennyi mozgólépcső-alagútjának felső része. A mozgólépcső-alagutak alsó szakasza általában kör keresztmetszetű. A kelet—nyugati vonalon a legtöbb helyen 8,5 m külső és 7,9 m belső átmérőjű öntöttvas tübbinggyűrűket építettek be. A gyűrűket felülről lefelé haladvan szerelték.

A **szellőzőaknákat** a kelet—nyugati vonalon az aknák felső részét kb. 16... 18 m mélységig süllyesztéssel módszerrel, vasbeton szerkezettel levegőtúlnyomás védelme alatt építették. Az alsó részt aláfalazással készítették. Az észak—déli vonalon nagyrészt víz alatti kotrással hajtották végre a süllyesztést. A falazat öntöttvas tübingekből készült, amit — tixotrópos súrlódáscsökkentő anyagot is alkalmazva — sajtolással süllyesztettek le.

### 3) Egy kényszerszülte megoldás: az Astoria állomás szerkezete

A kelet-nyugati metróvonalon az 1950-es években megkezdett építési munkák során öt állomáson megtervezték – elsősorban a szovjet metróépítési tapasztalatok alapján és a szovjet importból származó anyagok, pld. az öntöttvas tübbingek felhasználásával – az ún. háromalagutas állomás szerkezeteket.

Teljesen új megoldást kellett alkalmazni azonban az Astoria állomáson. Ennek az állomásnak a helyén korábban állomást nem terveztek, és az állomás megtervezésével kapcsolatos döntés akkor született, amikor a vonalalagutak már részben készen voltak. Így az állomás egy részét építették csak ikeralagúttal, más részén a megépített szerkezeteket kellett ikresíteni. Az állomást a két ikercsöves szerkezet alkalmazásával és a felmerült utasforgalmi, gépészeti, és üzemi igényeknek megfelelően rendezték el.

Az állomás alaprajzi értelemben öt részre tagolható, 11,38 m hosszúságot foglal el a feszítőkamra, ebbe csatlakozik a lejtakna. A feszítőkamra után az elosztócsarnok következik, melynek hossza 18,36 m. Az elosztócsarnokból az utazóközönség mindkét oldalon 4-4 áttöréson keresztül közelítheti meg a peronokat. A közlekedési és forgalmi igényeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a megoldás jobb, mint a korábbi állomásoknál, és figyelembe veszi a közlekedés várható fejlődését is. Az elosztócsarnok utáni szakaszon helyezkedik el az elektromos tér 28,5 m hosszban. Az elektromos tér végpontjától még 24,25 m ikresített szakasz következik, melyet 38 m hosszú ikeralagút-szakasz követ. Az ikeralagút végét úgy képezték ki, hogy benne a vonali pajzsok összeszerelhetők legyenek. Ez a megoldás lehetővé tette a vonali pajzsszerelő kamrák elhagyását. Az állomási szellőzőcsatornák levegőellátását a főszellőző alagúthoz csatlakozó és az állomási terek alatt átvezetett megkerülő alagúton át oldották meg.

Az állomás két szélén helyezkedik el a két, már korábban megépített 60 cm falvastagságú 6,30 m átmérőjű vonalalagút. Az alagúttengelytől 2,70 m-re helyezkedik el a talpgerenda és a fejgerenda, közöttük pedig a 46 cm átmérőjű betonozott csőoszlop. A feszítőkamra legnagyobb szélességi mérete 8 m, erre a mozgólépcső befogadása miatt van szükség.

Az elosztócsarnok középső alagútjának pilléreit vasbetonból tervezték 1,50 x 1,20 m mérettel.

### 4) Új típusú állomásszerkezet: a Kossuth Lajos téri állomás

A kelet-nyugati metróvonalon az 1950-es években megkezdtek a Kossuth Lajos téri és a Batthyány téri állomások építését is, azonban ezeknél elsősorban csak az építés céljait is szolgáló szellőzőaknák és szellőzőalagutak illetve az állomásvégi pajzsindító kamrák. Ezért – az Astoria állomásnál szerzett kedvező tapasztalatok alapján, azok továbbfejlesztésével – ennél a két állomásnál az új, ötalagutas állomásszerkezet megvalósításáról döntöttek. A vizsgálatok szerint a háromalagutas állomásszerkezetekhez képest az új szerkezet jelentős költségmegtakarítással és az építési idő lényeges lerövidítésével valósítható meg, a számítások szerint 30%-os költségmegtakarítást és az építési idő 1-1,5 évvel való lerövidítését várták.

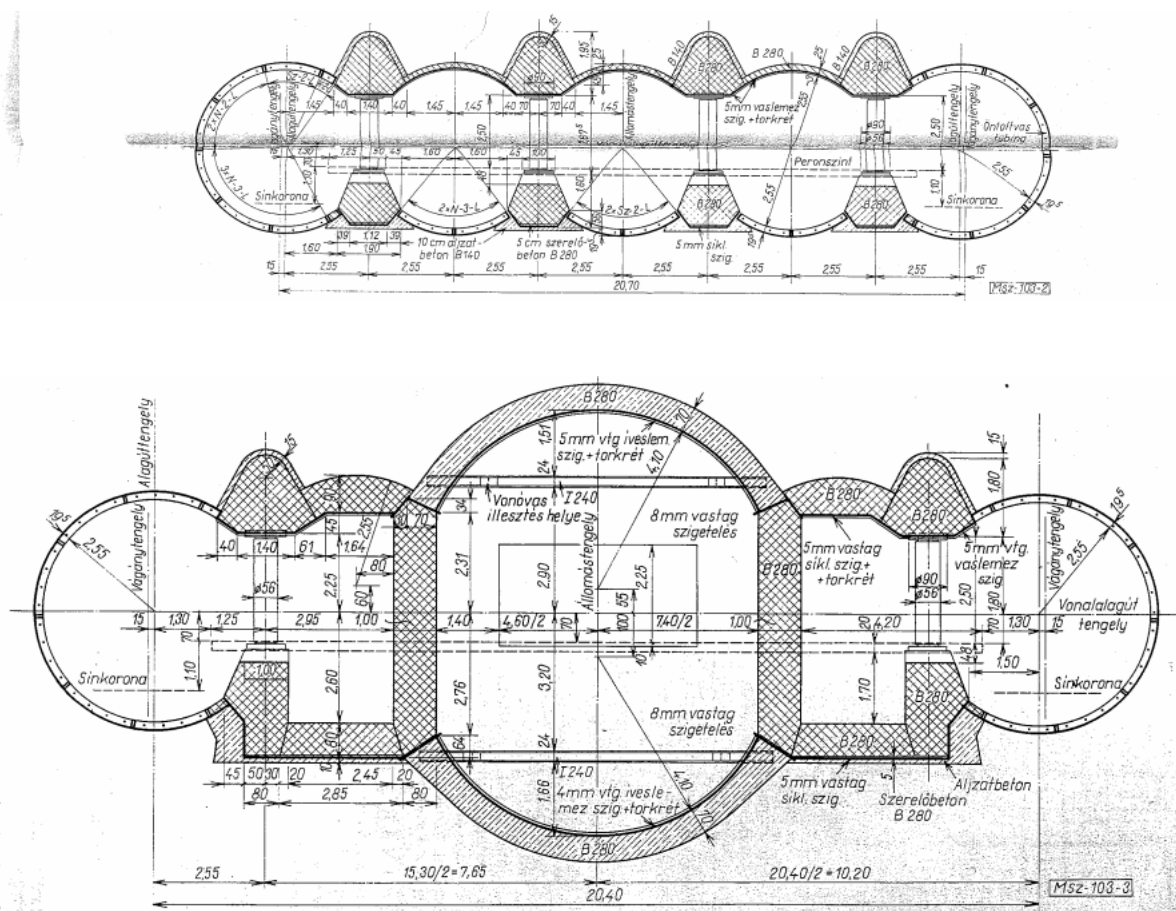
Az ötcsöves állomás szerkezeti kialakítása során az alábbi főbb szempontokat vették figyelembe:

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 vonali alagútszerkezetektől.
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. Ez esetben nem szükséges külön állomási pajzsok alkalmazása, és a vonali alagutak építése lényegében függetlenné válik az állomások telepítésétől. A vonali alagutak építése így hosszú szakaszon, folyamatosan végezhető, a pajzsok állomásonkénti ki- és beszerelése, vagy a pajzsoknak az állomásokon való áthúzása nélkül.

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 Lajos téri mélyállomás szerkezete a fenti feltételeket figyelembe véve került megtervezésre, illetve épült meg. Két jellemző keresztmetszete az ún. ötcsőves keresztmetszet és a feszítőkamra keresztmetszete (ld. 4. ábra).



4. ábra

Az ötcsőves keresztmetszet a belső kontúrokat tekintve öt egymás mellé helyezett 5,10 m Ø-jű cső, az érintkezési pontoknál hossztartó-rendszerrel. A hossztartó-rendszer alsó és felső vasbeton gerendákból és az azokat kitámasztó oszlopokból áll. A közbenső „csövek” felső boltozata merev vasbetétes vasbeton, alsó boltozata öntöttvas. (Meg kell jegyezni, hogy a felső boltozatok szerkezete a kivétel során módosult, azok vasbetonból épültek, mert az öntöttvas tübbingelemeket célszerűen másutt lehetett felhasználni.)

A feszítőkamra metszetében a feszítőkamra vasbeton oldalfalas, alsó és felső csömöszölt beton boltozatból álló szerkezet. A boltozatok vállerejének vízszintes komponenseit vonóvasak veszik fel. A feszítőkamra vasbeton lemezszerkezettel kapcsolódik a szélső csövekhez, illetve a szélső csövek és „peroncsövek” hossztartó-rendszeréhez. Az

állomásszerkezetek beton szerkezeteinek szigetelést, figyelembe véve az előírt teljes vízzárását, vaslemezről készült. Az öntöttvas elemek hornyait duzzadó cementtel szigetelték. Külön kell szólni az egyes szerkezeti elemek vasalási rendszeréről, tekintve, hogy a vasbeton szerkezetek bányászati módszerrel épültek. A hossztartórendszer 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. A közbenső csövek felső boltozataiban I 80 tartók vannak 50 cm-enként elhelyezve. E tartóknak hármas szerep jutott. Egyrészt a földfejtés során a főtebiztosítást támasztották alá, másrészt a szigetelő vaslemez a tartók közé kerültek mint zsaluzat, a végleges állapotban pedig a 25 cm vtg. boltozat vasalását képezik.

Az alsó és felső hosszgerendákat egymáshoz képest kitámasztó oszlopok 56 cm külső átmérőjű, 25 mm falvastagságú, kibetonozott acél csőoszlopok. A kibetonozott csőoszlop az adott esetben nagyon jól bevált szerkezet, mert a viszonylag kis átmérő mellett nagy teherbírási. (Egy-egy oszlopra 1300 Mp terhelés jut.)

Az állomásszerkezet méretezésének alapelvei:

A terhelés felvétele:

Az állomás tartórendszerére – függőleges aktív, egyenletesen megoszló terhelésként – a geológiai nyomást vettük figyelembe ( $q$ ). A vízszintes aktív terhelést az ún. leválási szakaszon vettük számításba. A vízszintes aktív nyomás értékét ( $e$ ) az

$$e=q \frac{\mu}{1-\mu}$$

Összefüggéssel határoztuk meg (nyugalmi nyomás), ahol  $\mu$  a talaj Poisson-tényezője. A tartórendszerre ható passzív földellenállást a rugalmas ágyazás figyelembevételével határoztuk meg.

Számítási modell:

Az elméleti tartó statikailag sokszorosán határozatlan. A tartó igénybevételeit az alábbi megfontolások alapján határoztuk meg.

A számítást az ún. ikercsöves szelvény igénybevételeinek meghatározásával kezdjük el. Az ikercsöves tartót rugalmasan ágyazott tartóként számítjuk, a leválási szakaszon a tartó tengelyét ívvel, a passzív nyomások zónájában egyenesekkel helyettesítjük. A passzív nyomásokat a törtengelyű tartó sarokpontjaiban koncentráltan hatóként vettük figyelembe.

Az ikercsöves szelvény igénybevételeinek ismeretében meghatározzuk az oszlopsorra jutó terhelést ( $P_o$ ), illetve az oszlopsort terhelő sáv szélességét ( $z$ ):

$$z= \frac{P_o}{q}$$

A számításokkal szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a „ $z$ ” méret jól megegyezik az „ $s$ ” távolsággal, az ikercsövek tengelyeinek távolságával.

Az ötcsöves keresztmetszet geometriája olyan, hogy az oszlopsort terhelő sáv szélessége megegyezik az egymás mellé helyezett csövek tengelyeinek távolságával, azaz  $z = s$ .

Fentieket figyelembe véve az ötcsöves tartószerkezet erőjátékával kapcsolatban az alábbi megállapítások tehetők:

1. Mivel az ikercsöves szerkezetnél számított terhelési sáv szélessége megegyezik a csövek tengelytávolságával ( $z=s$ ), a közbenső boltozatok vállreakcióinak függőleges

komponensei (lévén a boltozatok függőleges vállreakció-komponensei statikailag határozott mennyiségek):

$$V_2 = q \frac{1}{2}$$

jó közelítéssel megegyeznek az ikercsöves szelvény függőleges vállreakció-komponenseivel.

$$V_1 \approx V_2$$

2. A szélső csövek görbületi sugara  $R$  megegyezik a boltozatok görbületi sugarával. Ez esetben a szélső cső tengelyében ható normálerő közel egyenlő boltozat tengelyében ható normálerővel:

$$N \approx qR$$

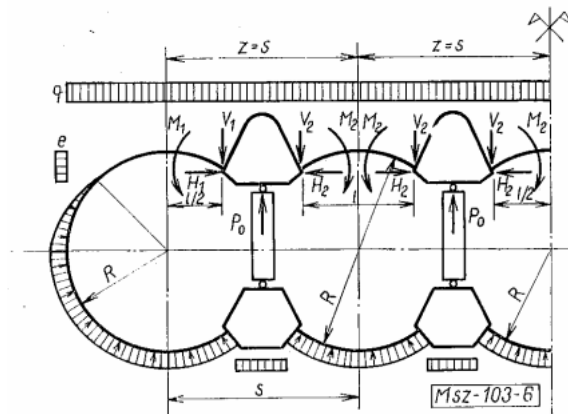
Fentiekből következik, hogy a szélső cső és boltozat vízszintes vállreakciója is jó közelítéssel megegyezik, azaz:

$$H_1 \approx H_2$$

A vállnyomatékok ( $M_1$  és  $M_2$ ) szükségszerűen nem egyeznek meg egymással, de tekintve, hogy a tartórendszerre ható összterhelés közel áll a hidrosztatikus állapothoz, azok nagyságrendje azonos, illetve a nyomatékkülönbség  $\Delta M = M_1 - M_2$  nagyságrendje elhanyagolhatóan kicsi. A  $\Delta M$  nyomaték figyelmen kívül hagyását indokolja még a fejranda kialakítása is, lévén az a talajba befogva.

3. Az 1. és 2. pontokban foglaltakból következik, hogy:
- Az oszlopsorra jutó terhelés ( $P_0$ ) jó közelítéssel megegyezik az ikercsöves tartónál számítottal.
  - Az oszlopsorra ható terhelés, a fenti szerkesztési alapelvek betartása esetén, centrikus, vagyis az ötcsöves tartószerkezet, az oszlopsorok tengelyére nézve, erőtanilag szimmetrikus szerkezet.

Összefoglalva: az ötcsöves állomás szélső csöveinek és oszlopainak igénybevételei közel egyenlők a szélső csőből kialakított ikercsöves szelvény igénybevételével, és így számíthatók. A közbenső boltozatok igénybevételeit mint lapokra támaszkodó íveket lehet meghatározni (ld. 5. ábra).



5. ábra

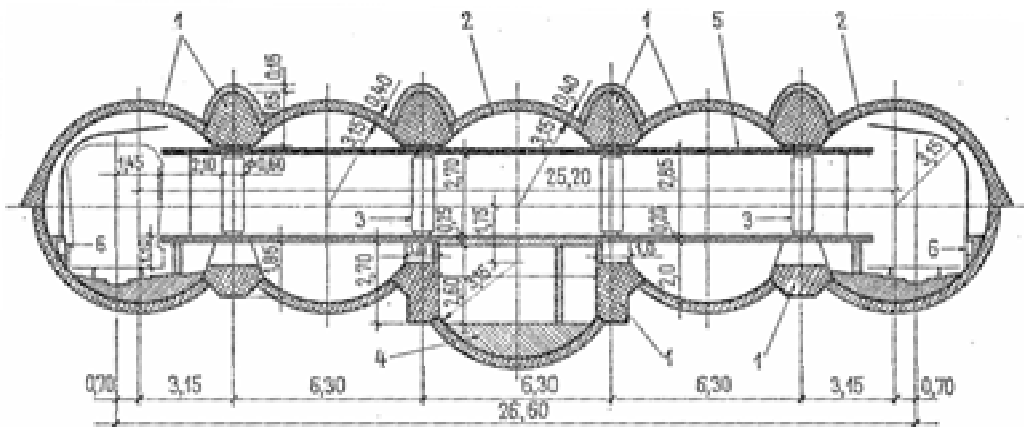


## 5) Az állomások építészeti kialakítása, a szerkezet továbbfejlesztése

Az állomástípus az építészeti elrendezés szempontjából is kedvezőnek bizonyult, elsősorban az utastereknél, ahol a peronszinti elosztócsarnok az oszlopos kialakítással lényegesen tágasabbnak bizonyult a korábbi szűk áttörésekhez képest és a peronok szélessége is mintegy 1,5 m-el megnövekedett. Az állomás 2,35-2,40 m-es belmagassága kedvezőtlen volt a huzathatás miatt, ezért a 2004-2007. között végzett felújítási munkák során a peronok felett elhagyták a korábban beépített sík álmennyezetet és a boltozatokra közvetlenül felszerelt, akusztikai célokat is szolgáló fémlemez burkolatot építettek be (elsősorban a Batthyány téri állomáson). Az üzemi terek túlnyomó részét a peronszinten helyezték el, ezeknél elsősorban a fejgerendák padlószint feletti csökkent magassága miatt nehezen elhelyezhető csövezések, kábel átvezetések jelentettek problémát.

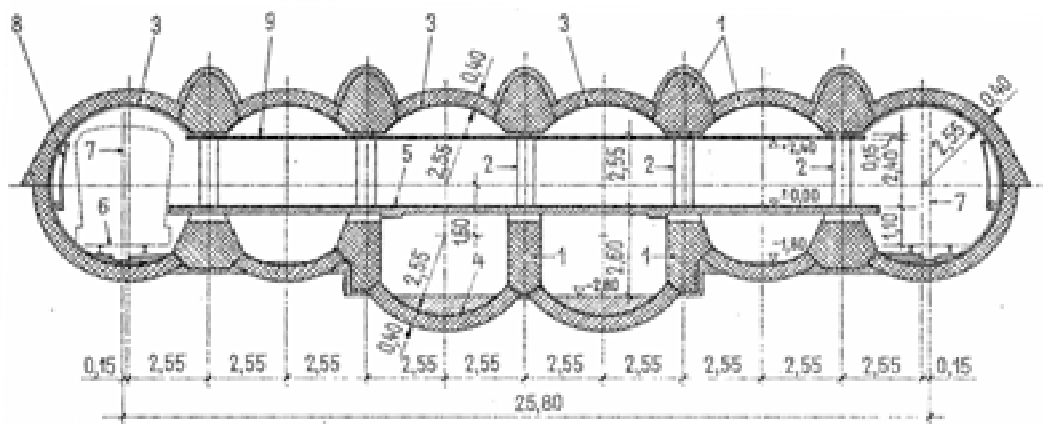
Az Észak-déli metróvonalon valamennyi mélyállomás ötalagutas szerkezettel épült, továbbfejlesztett formában, ugyanis az ötalagutas állomás egyik típusa az 5,1 m átmérőjű körívekből, illetve boltozatokból álló oszlopos állomás, amelynek szélső alagútjait öntöttvas tübbingekből a vonalalagút-építő pajzsokkal építették. A pajzsok áthaladása után bányászati módszerrel építették meg a vasbeton boltívekből és oszlopokból álló állomásszerkezetet. Ez a megoldás a csekély földkitermelés és a vonalalagutakat építő pajzsok zavartalan átvezetése révén vált igazán gazdaságossá. Ilyen a Klinikák és az Arany János utcai állomás.

A 6,3 m átmérőjű szélső alagutakból és ezeknek megfelelő 3,15 m-es sugarú boltívekből álló másik hasonló típusú állomás négy mozgólépcsős feszítőkamrák elhelyezésére létesült (lásd 6. ábra). Méretei olyanok, hogy a szélső alagutakon át lehet húzni a vonalalagút-építő pajzsokat, és ezzel elkerülhető az állomások előtt és után a ki- és beszerelő pajzskamrák építése. E megoldás további előnye, hogy lehetővé tette az állomásépítés megkezdését olyan állomásokon, ahová a vonali pajzsok túl későn érkeztek volna meg. Ilyen a Ferenc körüti, a Felszabadulás téri és a Deák téri állomás.



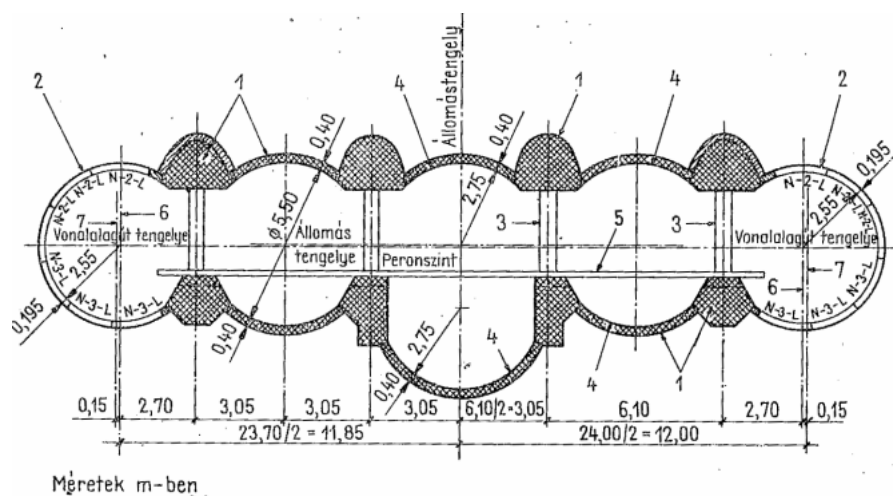
6. ábra

A Kálvin téren az 5,1 m-es típus épült meg hatalmas formában (ld. 7. ábra). Így lehetővé vált az ikeralagutas, négy mozgólépcsős akna elhelyezése .



7. ábra

A Marx (Nyugati) téren olyan, ötboltozatos megoldás épült (ld. 8. ábra), ahol a szélső alagutak 5,1 m átmérőjű öntöttvas tübbingszerkezetek, és ezek közé három, 6,1 m nyílású boltív került, így itt is négy mozgólépcsős aknát lehetett építeni a vonalalagutak méretének növelése nélkül, és a pajzsok akadálymentesen haladhattak át az állomás helyén.



8. ábra

## 6) A Kossuth Lajos téri állomás építése

Ennél az állomásnál a szélső alagutakat a vonalalagút építő pajzsok készítették, melyek elhaladása után az építés a feszítőkamrával kezdődött, mely német módszerrel épült. A magas oldalfal – lemélyítés helyett – három egymás felé telepített táróval készült; ez megkönnyítette a föld kitermelését. Az egymás fölötti tárok koronagerendáit vízszintes vastámok merevítették, melyeket az oldalfalba betonoztak; így nem volt szükség a tárok építés közbeni kiváltására.

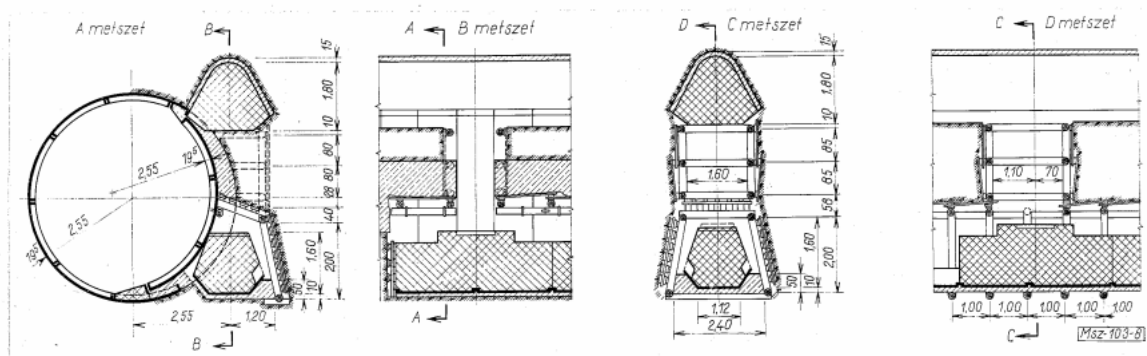
Az oldalfalakra KUNZ-féle vasmintaívek alkalmazásával épült a felső boltozat, zsaluzatként a vízszigetelést képező íves acéllemez szolgált. A felső, majd az alsó boltozatot is vonóvasak fogták össze, hogy megakadályozzák az oldalfalak vízszintes elmozdulását, amikor a feszítőkamra melletti peronszakasz épül. Ugyanez volt a feladta, az oldalfalak megépülte után, a tárók soványbetonnal való kitöltésének is. A munkahelyet a korábban megépült elágazási műtárgyból indított kis-tübbingtáron át szolgálták ki.

A feszítőkamra elkészülte után a közbelső gerenda- és oszlopsorok következtek, a feszítőkamra és a korábban megépült pajzskamra irányából építve. A felső gerenda számára épített táró 15 cm vtg. betonboltozat biztosítással készült, és mivel nem volt benne faácsolat, megkönnyítette a geodéziai, vasszerelési és betonozási munkát. A boltozat mozgatható zsaluzattal készült. A talp- és fejtartót négy méterenként feltörés kötötte össze. Ezen át kerültek elhelyezésre az acélcsőoszlopok és saruk. A talpgerendán a sarut nagy pontossággal kell elhelyezni. A magassági beállítást három „talpcsavar” segítségével lehetett elvégezni. A sarufészek kitöltése B 400-as betonból készült. S sarura felállított acélcsövet szintén B 400-as betonnal töltötték ki. A saruk és az oszlop közé ívlemez került. A saruk és acélcsövek mozgatását a fejtartó betonboltozatába beépített horog segítségével végezték. A felső saru elhelyezése után került sor a felső gerenda kibetonozására.

A szélső hosszgerendák, csak a vonalcsövek megépítése, majd átváltása után készülhettek.

Az állomási szakaszon a vonalcső tübbingjei a hosszgerendákra fekszenek fel. Ennek a kapcsolatnak a kialakításához az útban levő tübbing-elemeket el kell távolítani, de a megbontott gyűrű állékonyságát is biztosítani kell. A biztosítást a kibontott négy db elemnek a 9. 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.

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 egyidőben bontották el a szélső csövek biztosítását, majd az alsó szelvény földmunkája után beépítették az ellenboltozatokat.



9. ábra

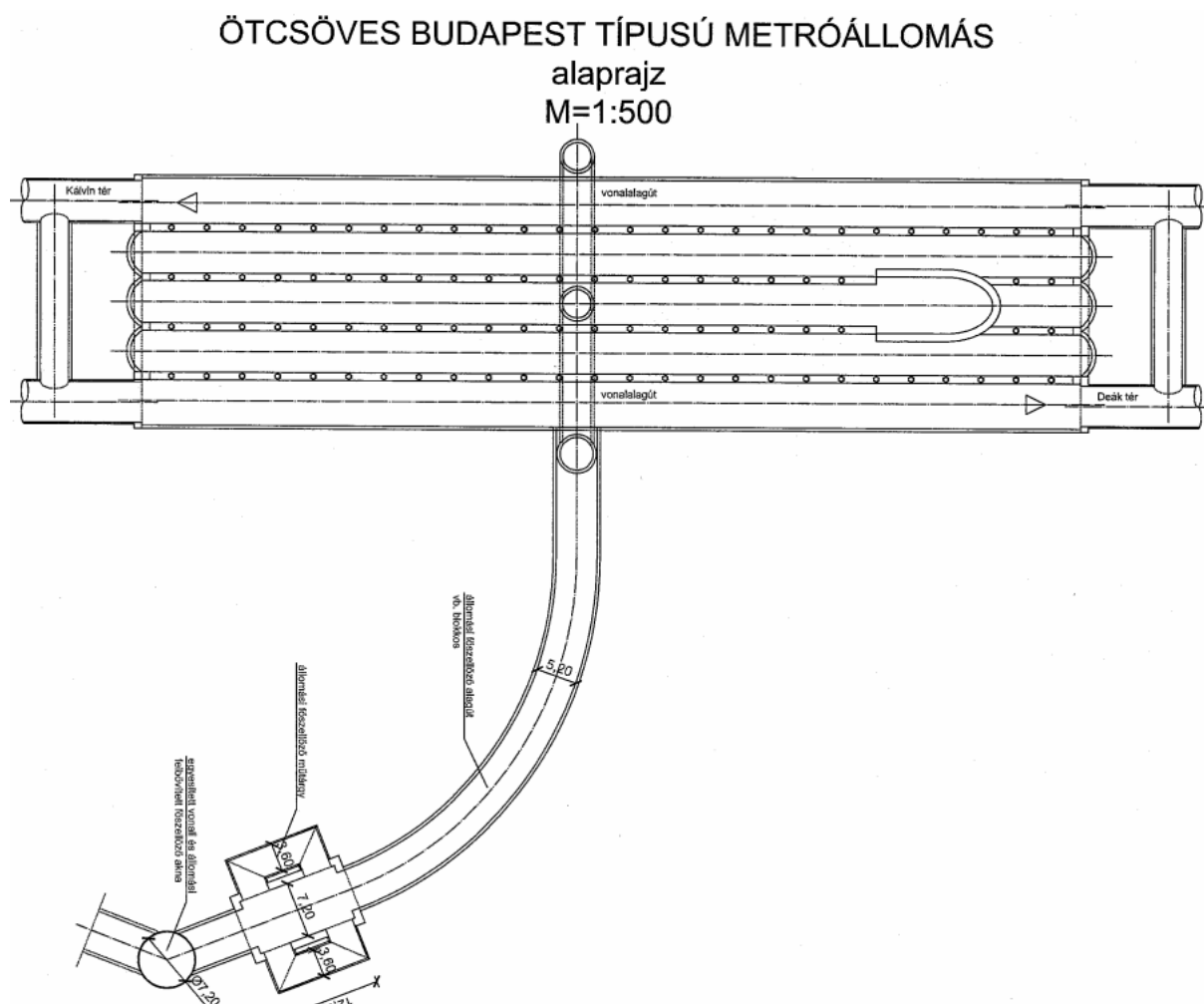
## 7) A Ferenciek tere (Felszabadulás téri) állomás építése

Ennél az állomásnál az építési munkák akkori organizációja szerint az állomás szerkezete a vonalalagutakat építő pajzsok érkezése előtt készült el. Az állomási főszellőző aknáját a legközelebbi szabad területen, a Károlyi kertben építették meg, mélysége 32,0 m.

Az állomási főszellőző alagút az előzetesen megépített aknából való kitöréssel indult. A kitörés után bányászati módszerrel készült a  $\Phi 7,20$  m-es főszellőző műtárgy és a keringetéshez szükséges műtárgyak.

A főszellőző műtárgyból indult a  $\Phi 5,20$  m-es vb. blokkos alagút erektoros szereléssel az állomási műtárgyig.

A szellőző alagútban anyagszállításra kisvasúti vágányok épültek, vágánykapcsolatokkal, fordítókorongokkal, elektromos kismozdonyos csillevontatással (ld. 10. ábra).



10. ábra

### Az állomás szerkezetépítése

#### „A” fázis: Munkaterület kialakítása

Az állomás hosszának közep részén megépült a  $\Phi 3,20$  m-es kistübbing keresztű tároló.

A  $\Phi 3,20$  m-es keresztű tárolóból az állomási végfalak irányába kihajtásra kerültek a talpgerendák megépítéséhez az  $9-10 \text{ m}^2$  keresztű szelvényű faácsolattal biztosított talptárolók.

A talptárolók előrehaladását követte a  $6-7 \text{ m}^2$  keresztű szelvényű faácsolattal biztosított fejtárolók kihajtása.

A talp- és fejtárolók végfalig való kiépítését követte a  $\Phi 60$  cm-es Mannesmann-acélcső oszlopok beépítéséhez teret biztosító feltörések elkészítése.

A talptárolók kihajtásának megfelelő ütemben épültek ki a kisvasúti vágányok.

#### „B” fázis: Talpgerendák, oszlopok, fejgerendák építése

A vasbeton talpgerendák építése a homlokfalaktól a keresztű tároló irányába történt  $4,50$  m-es építési hosszakban,  $4$  mm-es zsaluzatként előre elhelyezett acéllemez szigetelésre.

Az elkészített talpgerenda szakaszt követte a feltörésbe az acélcső oszlopok elhelyezése, amely a talpgerendán kialakított fészkekbe elhelyezkedett acélsarun keresztül adta át a terhet. Az acélcső kibetonozása megtörtént, majd arra helyezték el a fejsarut. A talp- és fejsaruk, valamint az acélcső között hézagot kellett kialakítani, hogy a terhet csak a csököpenyen belüli betonmag viselje.

A talpgerendákra felállított, kibetonozott oszlopot követhette a  $4$  mm-es acéllemez szigetelésre készített vb. fejgerendák megépítése és az ácsolat visszabontása, a teljes fejtároló kitöltése szerkezeti betonnal.

Az elkészített talpgerendákból, oszlopokból és fejgerendákból álló függőleges tartószerkezetet követték a további műveletek.

### Boltozatok építése

Feltörések készítése a középső kistübbing keresztű tárolókból a  $\Phi 6,30$  m-es csövek felső boltozatának indításához.

Fejtárolók kiépítése a végfalak irányába  $6-8 \text{ m}^2$  keresztű szelvényűvel, faácsolattal.

Fejtárolókból kilegyezés készítése, faácsolatú főtebiztosítással, elérve a fejgerendákon kialakított boltozati vállakat azonos ütemű csövenkénti előrehaladással. Földleadás a feltörésen keresztül történt.

Mintaívre elhelyezett bekötővasakkal ellátott „T” tartókra zsaluzatként  $4$  mm-es acéllemez szigetelés került elhelyezésre,  $1,0$  m-es fogásokban, majd elkészült a lövelt betonozási módszerrel a boltozatok bebetonozása.

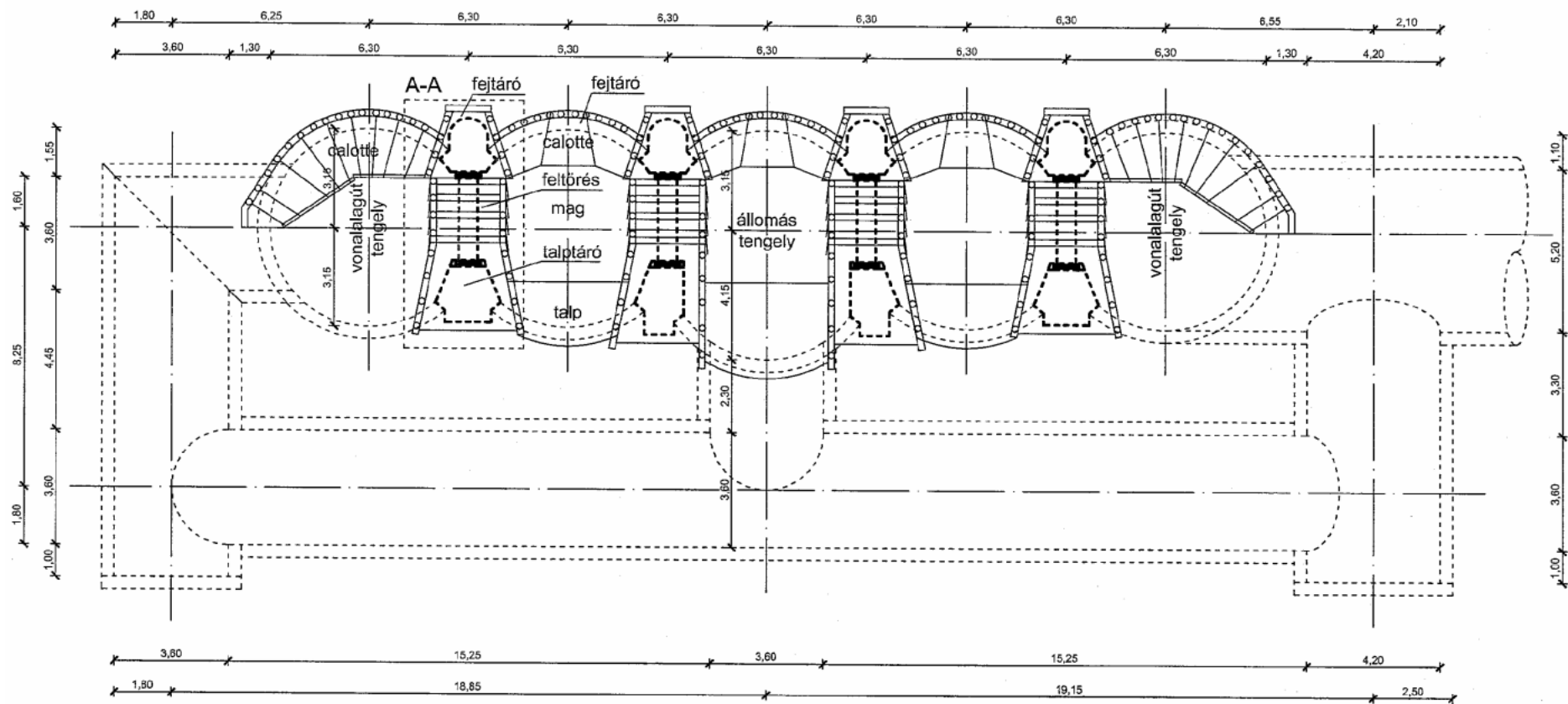
A középtárolóból az állomás végfalai felől megépített boltozatok védelmében megkezdődhetett a földmagok fejtése és a nagytömegű földszállítás.

A magfejtést követte a talpfejtés, melyek szakaszos elkészülte után  $2,0 - 4,0$  m-es fogásokban készült a mintaívre szerelt  $4$  mm-es acéllemez szigetelés negatív zsaluzatként való beépítését követően a talpboltozatok betonozása (ld. 11. ábra).

# ÖTCSÖVES BUDAPEST TÍPUSÚ METRÓÁLLOMÁS

## munkamódszer keresztmetszet

### M=1:125



11. ábra

### Végfalak építése (újszerű)

Az 1,0 m vastag sík vb. végfalak építése ezen az állomáson célszerűbb műszaki megoldás alkalmazásával „íves, felülről épített vasalatlan dongaboltozatként” épült, ezzel a homlok megtámasztása a gerincboltozat építésével, valamint a magfejtés és talpfejtés műveleteivel egy időben megtörtént.

### Tapasztalatok, felszíni süllyedések

Az állomásépítés süllyedési horpájába tartozó épületek maximálisan 16-18 cm süllyedést szenvedtek. (pl. ELTE Egyetemi Könyvtár, Főv. Vízművek, ELTE Club, Szent István Társulat épülete, Alkantari Szent Péter Plébániatemplom stb.)

Felszíni süllyedések okai:

Az állomás szerkezete kiscelli agyagban épült, a fedő takarást 3-4 m kiscelli agyag képezte. Az állomási boltozatok megépítését követően a magfejtésnél a talaj lazítását robbantásokkal végezte a kivitelező.

A gerincboltozatok építésénél mind az öt csőben azonos ütemű előrehaladás helyett megtörtént az is, hogy a középső boltozat 4-5 m-rel előbbre tartott.

A gerincboltozat 1,0 m-es építési fogásai helyett 2,0 m-es fogások is készültek.

A talpboltozatok rendszeresen 4,0 m-es fogásokban épültek, miáltal a talpgerenda alatti átázott talaj kitért a gerincboltozat által viselt és a talpgerendára átadott terhelés alól. Ez önmagában a műtárgy süllyedését is okozta.

## **8) Összefoglalás**

Cikkemben az ún. ötalagutas „Budapest” típusú metróállomás kialakulásának történetét ismertettem. Ez az állomásszerkezet az Astoria állomásnál abból a kényszerből kiindulva alakult ki, hogy itt utólag a vonalalagutak megépítése után, azaz azok „ikresítésével” kellett egy állomást építeni. A szerkezet sikeresnek bizonyult, a 60-as évek végétől számított egy évtized alatt két metróvonalon 10 ilyen mélyállomás épült (az észak-déli vonalon valamennyi mélyállomásra ilyen szerkezetű). Alkalmazását az építési idő és a költségek lényeges csökkentése tette indokolttá, emellett függetlenítette egymástól az állomás- és vonalalagútépítési munkákat, (ami pld. a jelenleg épülő 4. sz. metróvonalnál is nehezen oldható meg!) feleslegessé tette állomásépítő pajzsok alkalmazását, nem igényelte új anyagok beszerzését és beépítését, ugyanakkor megfelelő utasforgalmi illetve üzemi tereket lehetett velük kialakítani. Hátrányuk volt az, hogy a talp- és fejgerendák építését nem lehetett gépesíteni, ezért nagy élőmunka ráfordítással kellett megépíteni őket. A létesítésük óta eltelt csaknem 30 év alatt bevezetett új alagútépítési módszerek, illetve az állomásterektől elvárt utas- és üzemeltetői igények mai alkalmazásukat kizárják, de építésük idején korszerű megoldást adtak az akkori megrendelői, utasforgalmi és üzemeltetői igények kielégítésére.