

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY

1985. 1. sz.

A győri 6000 m³-es víztorony tervezése, szerkezeti és építéstechnológiai kialakítása

HUSZÁR LÁSZLÓ*

A VIZITERV sokrétű tervezési tevékenysége keretében 1966. óta foglalkozik víztornyok tervezésével és az elmúlt közel húsz év alatt — a vízhálózati rendszerek igényeihez alkalmazkodva, — jelentős fejlesztési munkával kidolgozta több víztorony típus egyedi és sorozattervét; közreműködött az acél víztorony méretezési, szerkesztési és kivitelezési irányelveinek összeállításában.

Ennek eredményeként készült el az emelt-kelyhű vasbeton víztornyok kiviteli terve, mely tervek alapján 1966. és 75. között 10 db vasbeton víztorony épült 600, 1000 és 2000 m³-es térfogatokkal, egyszerű szerkezeti kialakítással, igen alacsony árszinten.

Az acél- és vegyesszerkezetű víztornyok építésével kapcsolatos műszaki fejlesztési és tervezési munkába VIZITERV 1970-ben kapcsolódott be. Az első acél víztornyok tervei egyedi megbízások alapján, egyedi igények figyelembevételével készültek. Majd a VÍZGÉPÉSZETI VÁLLALAT gyártmány fejlesztéséhez kapcsolódva, valamint az OVH VÍZÉPÍTŐIPARI TRÖSZT, FŐVÁROSI VÍZMŰVEK és a vízellátási gondjaikat megoldani kívánó megyei beruházási vállalatok megbízásából — 50—6000 m³ tároló térfogat között, — VIZITERV kidolgozta több gyártmány-sorozat és egyedi acél-, illetve vegyesszerkezetű víztorony tervét.

Ezek voltak a kis- és közepes víztornyok tartományában (50—1000 m³ tároló térfogatok között):

— a VÍZGÉPÉSZETI VÁLLALAT 50, 100 és 200 m³-es térfogatokkal gyártott „AQUA” típusú víztorony családja;

— a 300—500—700 és 1000 m³-es kehely alakú tartályokkal gyártott „AQUA KEHELY” típusú acél víztorony család és

— több egyedi kialakítású, Magyarországon és külföldön megépült acél víztorony 600, 800 és 1250 m³ térfogatokkal.

Ezek a víztornyok az elmúlt évek üzemi tapasztalatai alapján a vízellátás bevált víztorony típusai lettek. Az OVH által közzétett egységes tervezési, méretezési és kivitelezési irányelvek szerint készülnek, nagyfokú gyártelepi előregyártással, viszonylag rövid átfutási idővel.

Az 1000 m³-en felüli, ún. nagy-térfogatú víztornyok tervezése és megvalósítása terén, a korábbi víztornyok tervezési és kivitelezési tapasztalatait felhasználva, jelentős eredménynek számít:

— a méreteiben egyedül álló, újszerű formai és szerkezeti kialakítással VIZITERV tervek alapján készült győri 6000 m³-es, kétszintes vegyesszerkezetű víztorony, amelyet 1982-ben helyeztek üzembe; valamint az — 1984. tavaszától üzemelő

2000 m³-es mosonmagyaróvári acél víztorony. A győri víztorony tervezését megelőzően, a hazai építőipari lehetőségek, valamint a korábban megépült hazai nagytérfogatú vasbeton víztornyok építése és üzemeltetése terén szerzett tapasztalatokat figyelembe véve, VIZITERV tanulmánytervi szinten komplex vizsgálatot végzett megvalósításra javasolható nagytérfogatú víztornyok szerkezeti, építéstechnológiai és formai kialakítására, az üzembiztonság, valamint a beruházási és üzemeltetési költségek alakulására.

A vizsgálatok eredményei alapján igen előnyösnek mutatkozott az ún. vegyesszerkezetű víztornyok megvalósítása. A vegyesszerkezetű víztoronnál a toronytörzs vasbeton, a víztartályok acélszerkezetek.

Ez a szerkezeti kialakítás igen kedvezően egyesíti a két építőanyag — a vasbeton és az acél — előnyös tulajdonságait. A korábbi VIZITERV tervezésű víztornyok építésénél már bevált építéstechnológiai megoldással kombinálva anyagtakarékos és üzembiztos szerkezeti megoldást eredményezett.

A tanulmánytervek eredményei alapján a vegyesszerkezetű víztornyok előnyeit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. A főbb tartószerkezeti elemek a funkciójuknak legmegfelelőbb építőanyagokból készülnek:
 - a toronytörzs főleg nyomásra igénybevett szerkezet és ehhez a vasbeton igen kedvezően alkalmazható. A nagy falvastagságok következtében az acélszerkezeteknél jelentkező helyi stabilitás-vesztési, horpadási problémák megszűnnek;
 - a tartályoknál, ahol a húzófeszültségek dominálnak — és általában minden vízzáró szerkezetnél, — az acél ideális építőanyag.
2. Korszerű hegesztéstechnológiai eljárások alkalmazásával biztonságosan megoldható az acél tartályok vízzárósága, ami a vasbeton medencéknél esetenként komoly problémát okoz.
3. Az acéltartályok nagyfokú gyártelepi előregyártásra és sorozatgyártásra adnak lehetőséget, ami csökkenti a helyszíni élőmunka igényét és lerövidíti az építési időt.
4. A tartályok acélszerkezetű kialakításával jelentősen csökkenthető a víztorony felszerkezetének önsúlya, amely maga után vonja a toronytörzs és az alapszerkezet méreteinek és a felhasznált anyagok mennyiségének csökkentését.
5. Az acél tartályok viszonylag kis önsúlya lehetővé teszi, hogy a terepszint közelében összeszerelt tartályokat egyszerű hazai gyártású berendezéssel felemeljék végleges, tervszerinti helyzetükbe, és így elmaradnak a tartály magasszerelési munkái.
6. A gazdaságossági vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a vegyesszerkezetű víz-

* Vízügyi Tervező Vállalat, Budapest.

toronyok költségei-hasonló elrendezésű és építési technológiával épülő, de más szerkezeti anyagú víztornyokkal összehasonlítva, — igen kedvezően alakulnak. A vegyesszerkezetű víztornyok mintegy 20—30%-kal olcsóbbak a jelenleg épülő vasbeton- és 10—12%-kal olcsóbbak az acélszerkezetű megoldásoknál.

7. Marad a szigetelés és a korrózióvédelem problémája. Az acélszerkezetű tartályoknál úgy a belső, mint a külső felületet el kell látni korrózióvédő bevonattal. A korrózióvédelem területén azonban ma már olyan hatékony bevonatrendszerek állnak rendelkezésre, amelyek megfelelő felületelőkészítés és felhordás esetén az acél élettartamát oly mértékben megnövelik, hogy a szerkezet élettartamát nem a korróziós élettartam határozza meg. Megfelelően kivitelezett, korszerű felületvédelmi bevonatrendszerek élettartama az első teljes felújításig minimum 15—20 évre becsülhető. A korrózióvédelem kivitelezéséhez, a későbbi felülvizsgálathoz és a felújítási munkák elvégzéséhez megfelelő mobil karbantartó szerkezeteket kell kialakítani, amelyek segítségével ezek a munkák kellő biztonsággal elvégezhetők.

Megfelelő technológiával kivitelezett korszerű felületvédelmi rendszer alkalmazásával és a későbbi karbantartás lehetőségét biztosító segéd-szerkezetek beépítésével az acélszerkezetű tartályok és medencék élettartama a vasbeton medencék élettartamával azonosnak vehető!

Az első hazai vegyesszerkezetű víztorony Győr városában létesült.

A Győr-Sopron megyei Beruházási Vállalat megbízásából 1975—76. év folyamán VIZITERV elkészítette Győr város meglevő vízellátó rendszerének bővítésére vonatkozó kiviteli terveket (1-2 ábra).

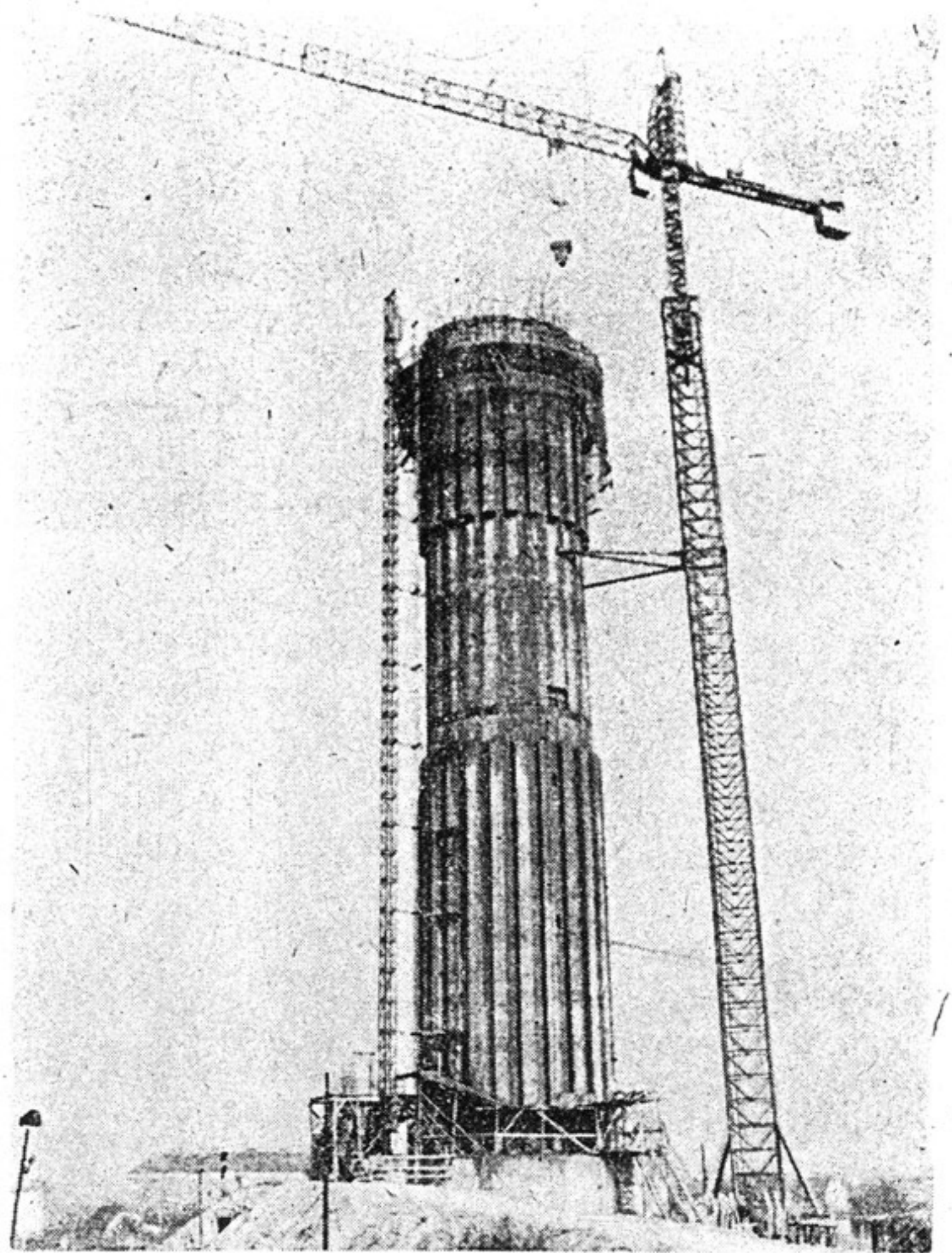
A tervek szerint az új lakótelepekkel bővülő város vízellátását két nyomásövezeti rendszerrel biztosítják:

- a meglevő városi hálózathoz csatlakozó ún. *alacsony nyomású* — és
- az épülő Kun Béla Lakótelep magasházai részére kiépülő ún. *magas nyomású* vízhálózati rendszerrel.

Az alacsony nyomású övezet fogyasztás ingadozásainak kiegyenlítésére, valamint az Ady-város és az épülő 10 000 lakásos Kun Béla Lakótelep magasházainak tárolójaként — a vízhálózati tervek alapján — hidraulikai, telepítési és üzemelési szempontból a két nyomásövezetet célszerűen kiszolgáló, új 6000 m³ tárolótérfogatú, kétszintes víztorony építése mutatkozott legkedvezőbbnek.

Az üzemi igényeknek megfelelően az új víztoronyban két szinten 3 önálló tároló medence helyezkedik el (3. ábra).

— az alsó 4000 m³-es medence (37,85 m-es túlfolyó szinttel) az „alacsony nyomású” városi hálózat meglevő tároló térfogatát növeli. Hidraulikailag együtt dolgozik — és lényegében közös tároló rendszert alkot — a hasonló nyomásszintű, kb. 2 km-re levő Ady-városi 2000 m³-es víztorony-



1. kép. A víztorony toronytörzsének építése
Bild 1. Bau des Turmstieles

nyal. (A tisztítási-karbantartási munkák idején a két víztartály egymás tartalékát is képezi.)

A víztermelő telepek — fordulatszám szabályozási rendszerrel működő nyomásfokozókkal — a városi hálózaton keresztül nyomják a vizet a két ellennyomó medence rendszerű víztartályba.

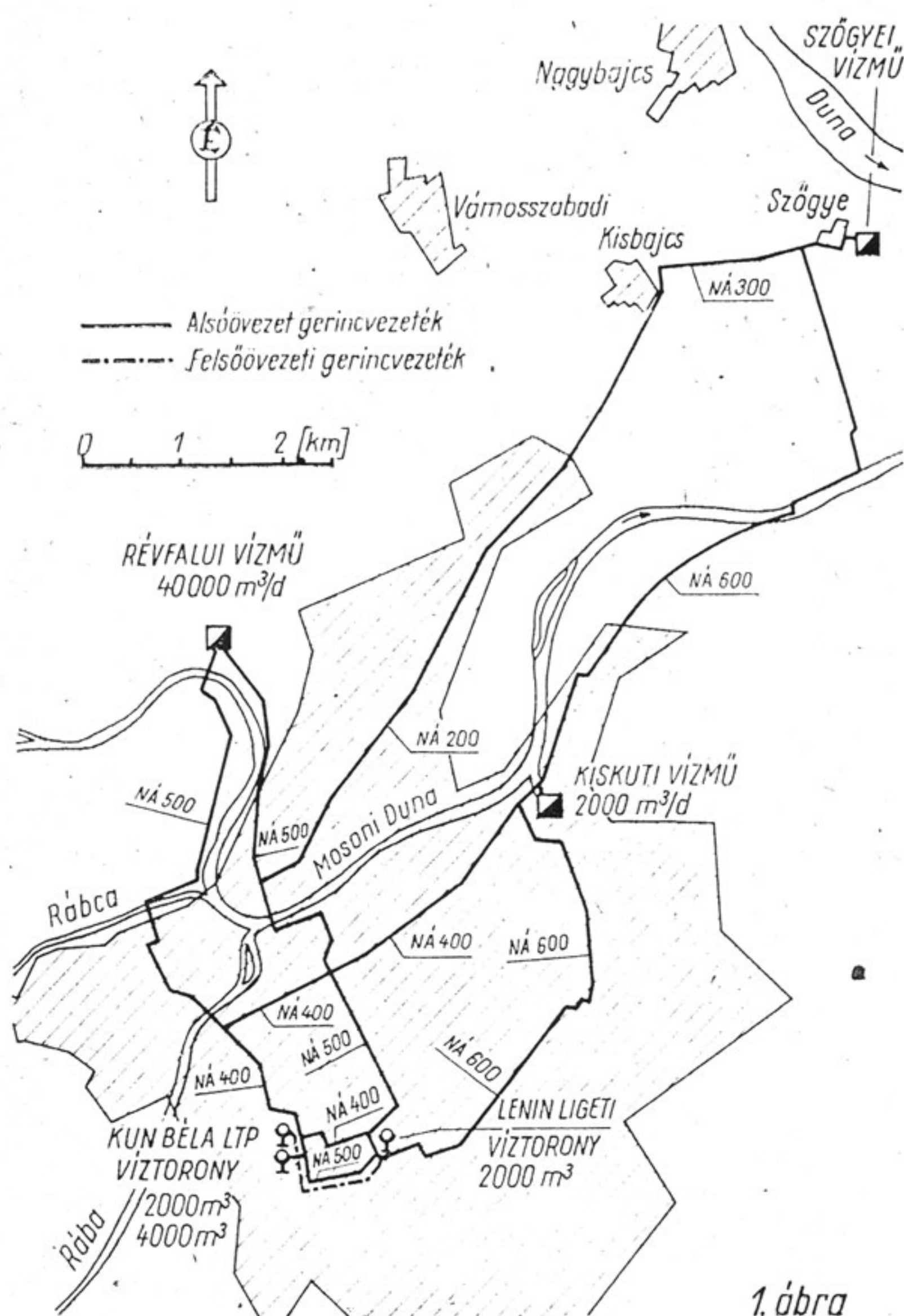
— A felső 2000 m³-es medence szintén ellennyomó rendszerű. 58,00 m-es túlfolyó szinttel, az Ady-város és a Kun Béla lakótelep magasházai beépítése miatt szükségessé vált „magas nyomású” hálózati rendszerben biztosítja a nyomásszintet és a szükséges tároló kapacitást.

A felső nyomásövezetbe az alsóövezeti tartályokból, nyomásfokozókkal nyomják fel a vizet.

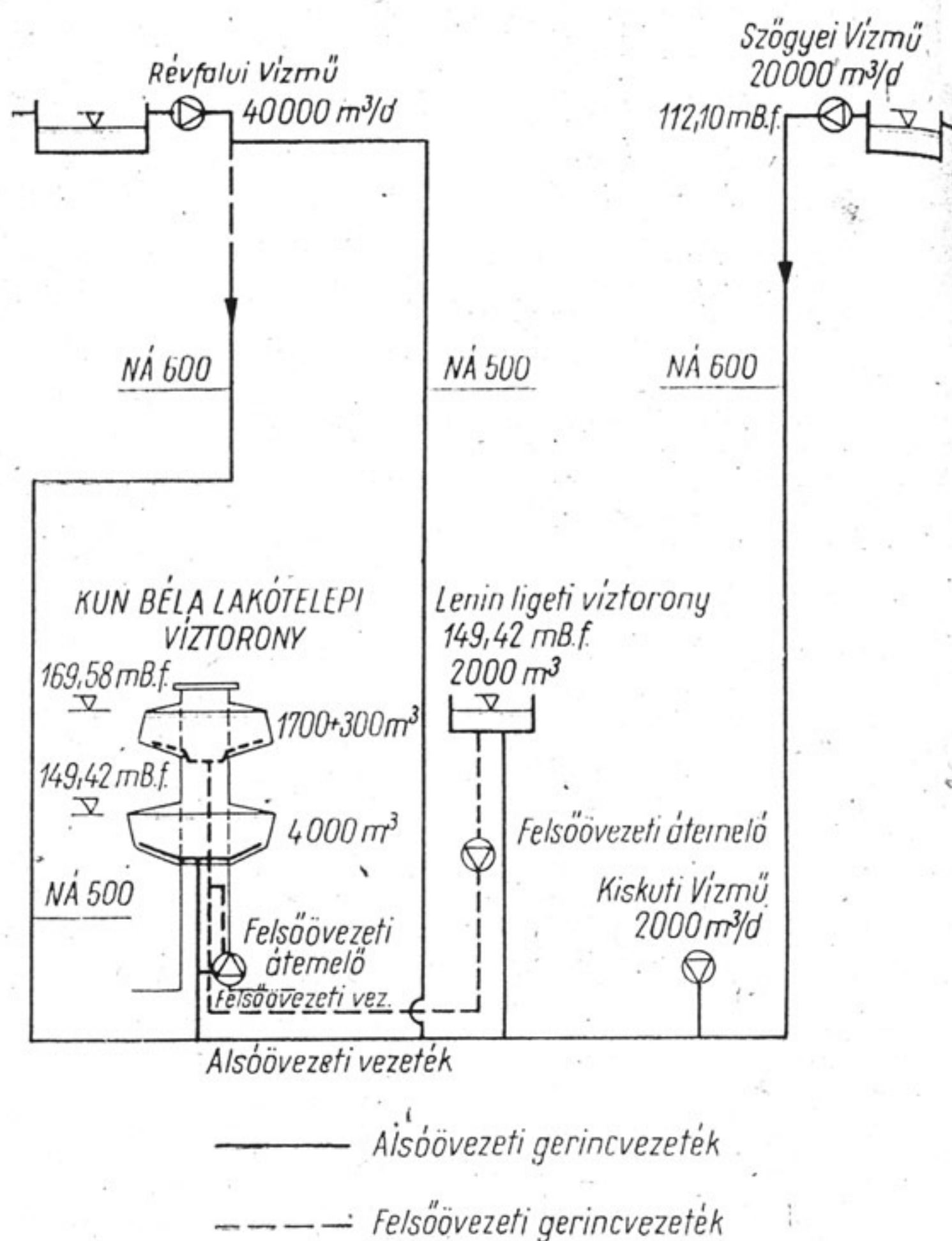
A felső 2000 m³-es medencét osztott víztérrel kellett kialakítani annak érdekében, hogy a vízszolgáltatás a karbantartási munkák idején is zavartalan lehessen. Az osztott víztér külső medencéje 1700 m³; a toronytörzs belsejébe épített medence 300 m³ térfogatú.

A tároló medencék előzőekben ismertetett elrendezése és működtetése következtében a víztorony a legkisebb energia felhasználásával üzemeltethető, és a csatlakozó hálózat leggazdaságosabb kialakítását eredményezte:

1. A medencék kétszintes elrendezése folytán a felső, 2000 m³-es tartály szintjére csupán a felső nyomásövezetben fogyasztott vizet kell felemelni.
2. A nyomásfokozók az alsó tartályból szívják a vizet, így hasznosítják az alsó övezetben uralkodó nyomást.



1. ábra



1—2. ábra. Győr város ivóvízellátó rendszerének bővítési sémája a VIZITERV terveit alapján

Abb. 1—2. Erweiterungsschema des Trinkwasserversorgungsnetzes der Stadt Győr anhand der von VIZITERV erarbeiteten Projekte

3. Az alacsony nyomású övezetben a két víztorony — a Kun Béla Lakótelepi 4000 m³-es és az Ady-városi 2000 m³-es medence — együttműködése révén, a hatásterületükben kétoldali vízbe-táplálás biztosítható, ami a vízellátó rendszer fokozott biztonságát, a hálózati és az alacsony nyomású övezet gazdaságos üzemelését eredményezte. Az alacsony nyomású övezetben így adódtak a legkisebb csőméretek, a szükséges legalacsonyabb nyomásszint, és ennek következményeként a leggazdaságosabb szivattyú üzem.

A víztorony szerkezeti és építéstechnológiai kiviteli terveit — ipari formatervezők bevonásával — a VIZITERV tervező kollektívája 1976-ban készítette el, a kivitelező vállalatokkal már ekkor igen szoros együttműködésben.

Még ez évben megkezdődtek az építkezés előkészítő munkálatai is.

A víztorony helyén az altalajviszonyok igen kedvezőtlenek voltak.

A teherbíró talaj kb. — 9,0 m mélységben helyezkedett el. A talajvíz szintje megközelítette a terepszintet. Több mélyalapozási mód vizsgálata alapján *cölöpalapozás* készült. Így a cölöpöket összefogó 33 m átmérőjű vasbeton alapszerkezetet a talajvíz szintje fölött lehetett megépíteni.

A víztorony 145 db, 90 cm átmérőjű, 10 m hosszú visszanyert köpenyfalú ún. „BENOTÓ” technológiával készült fűrt cölöpre támaszkodik. Az alapozási sík 11,000 m mélyen pliccén korú anyagban van.

A toronytörzs csúszózszaluzatos technológiával épült hengeres csőoszlop (4. ábra).

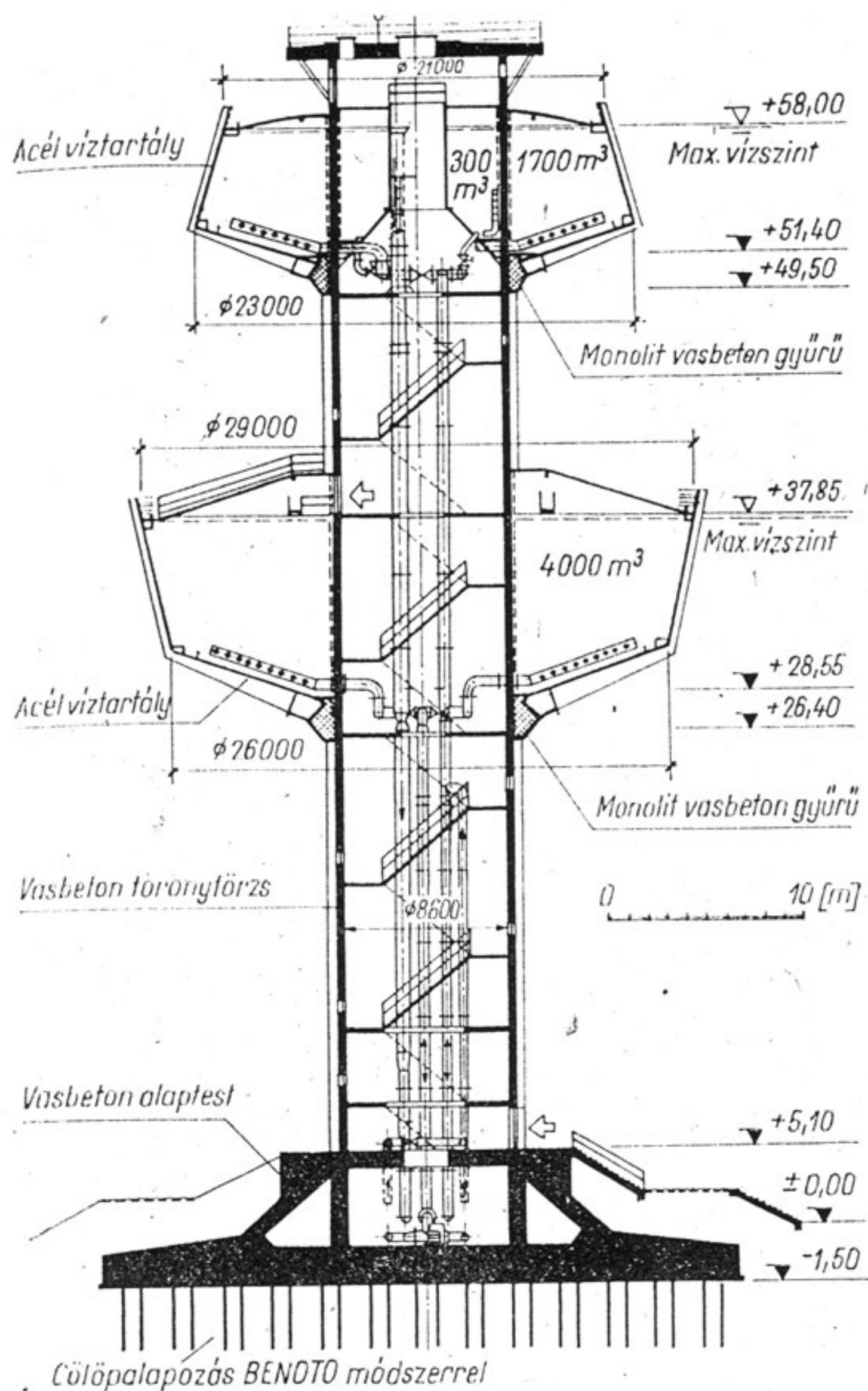
Belső átmérője 8,60 m, falvastagsága állandó: 35 cm. A toronytörzset 24 db 67/45 cm méretű hosszborða merevíti (a tartályok magasságában a bordázat megszűnik).

Az acél víztartályok és a vasbeton toronytörzs kapcsolatát monolit vasbeton gyűrűk biztosítják, amelyek a toronytörzs hosszborðázatára támaszkodnak.

A kezelés és a karbantartás céljára a toronytörzs belsejében lépcsőházat alakítottunk ki, előre-gyártott acélszerkezetű lépcső és földem elemekből. A belső földemeken helyezkednek el a víztechnológiai berendezések és szerelvények.

A toronytörzs felső lezárását előre-gyártott vasbeton elemekből készült tetőföldem képezi, amely alkalmas az acéltartályokat felhúzó emelőberendezés alátámasztására.

Az 1700 m³-es és 4000 m³-es acél víztartály külső felületén bordázott, körszimmetrikus ortotróp héjszerkezet (5. ábra). A terheléseket az alsó,



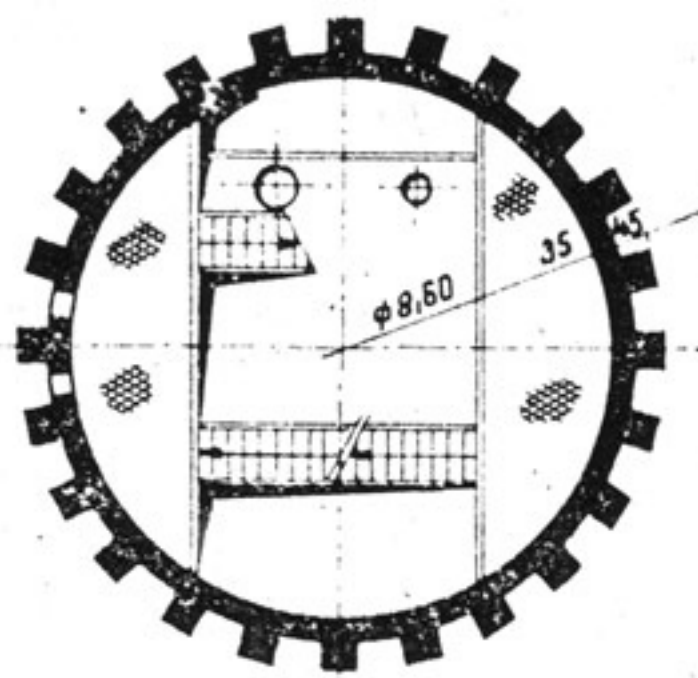
3. ábra. A kétszintes, 6000 m³-es víztorony metszete
Abb. 3. Schnitt durch den 6000 m³ fassenden zweigeschössigen Wasserturm

zárt szekrényes gyűrűtartó veszi fel és adja át a monolit vasbeton gyűrűn keresztül a vasbeton toronytörzsre. A gyűrűtartóból indul ki a tartály alsó kúpemeze, 36 db szekrényes kialakítású sugárirányú bordázattal, amelyek az oldalfalak felmenő bordázatához csatlakoznak.

A víztartályok nagy darabszámú, azonos gyártási egységekből készültek. Ez a rendszer igen nagyfokú gyártelepi előregyártást tett lehetővé. Mind a három acéltartály hegesztett kivitelben készült.

A víztartályok korrózióvédelme a tartályok készreszerelése után a helyszínen készült. Az acél tartályok felületelőkészítése homokszórással történt, amely megközelítően fémtiszta, zsírtalan felületet biztosított a bevonatrendszer felhordásához.

A külső felületeket a hazai viszonylatban jelenleg legkorszerűbb tixotróp klórkaucuk fedő bevonatrendszerrel látták el. A belső víztérben lévő acélfelületekre a felülettisztítás után — a német CONCRETE CHEMIE cég licence alapján gyártott — a Tiszai Vegyi Kombinát termékét képező „TIPOX” bevonatrendszert hordtak felaz egészségügyi előírásoknak megfelelő minőségben.



4. ábra. A toronytörzs keresztmetszete
Abb. 4. Schnitt durch den Turmstiel

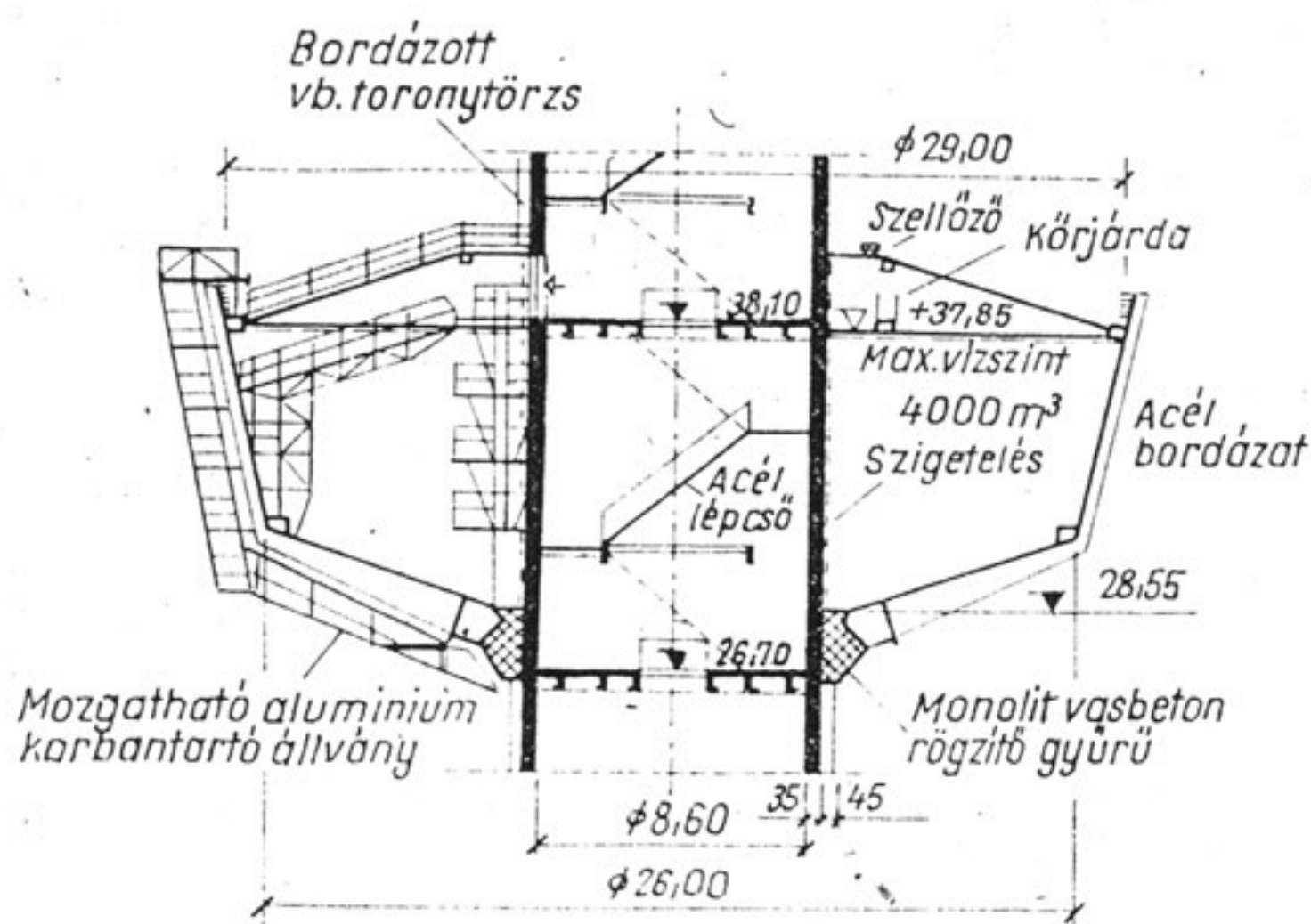
Az acél víztartályok külső-belső felületének üzemszerű karbantartása, festése céljából a tartályokban, illetve a tartályok külső felületén körbe mozgatható alumínium állványszerkezetek vannak beépítve.

A víztorony építésének alapelve, hogy az acél víztartályokat a toronytörzs körül, a terepszint közelében megépítik, majd a toronytörzs felső, lezáró födémeire telepített olajhidraulikus emelőberendezéssel tervszerinti végleges helyzetébe fel-emelik, majd az acél tartály és vasbeton toronytörzs közé utólag beépített monolit vasbetongyűrű közbeiktatásával a tartályokat a toronytörzs hosszanti bordázatára rátámasztják, illetve a toronytörzshöz rögzítik.

Az acél tartályok emelőberendezése, az 1960—70-es években megvalósult ún. „emelt-kelyhű” vasbeton víztornyok építésénél bevált emelőberendezés korszerűsített változata. 500 kN-os olajhidraulikus emelőegységből áll, az igényeknek megfelelően tetszés szerinti számban bővíthető, vagy csökkenthető darabszámmal, illetve teherbírassal kiépíthető.

A víztorony építésének menetét a 6. ábra mutatja.

- I. ütem: „BENOTÓ” technológiával készült cölöpalapozás és a monolit vasbeton alapszerkezet elkészítése;
- II. ütem: külső felületén bordázott vasbeton toronytörzs építése, csúszózszaluzatos technológiai eljárással; toronydaru, valamint személy- és teherfelvonó alkalmazásával (1. kép).
- III. ütem: a toronytörzs belső acélszerkezetű közlekedő és technológiai berendezéseinek szerelése, a 300 m³-es belső acél víztartály szerelése és a tetőfödém építése előregyártott vasbeton elemekből, toronydaruval;
- IV. ütem: az 1700 m³-es acél víztartály szerelése autódaruval, majd külső korrózióvédelmének elkészítése, a tartály felhúzása a tetőfödémre telepített 6 db 500 kN névl. teherbírású hidraulikus emelőberendezéssel (2. kép), a felhúzott tartály rögzítése monolit vasbetongyűrű beépítésével, belső szigetelő és technológiai szerelő munkák;
- V. ütem: a 4000 m³-es acél víztartály szerelése autódaruval, külső korrózióvédelme, majd felhúzása és rögzítése az 1700 m³-es tartályhoz hasonló módon (3. kép),

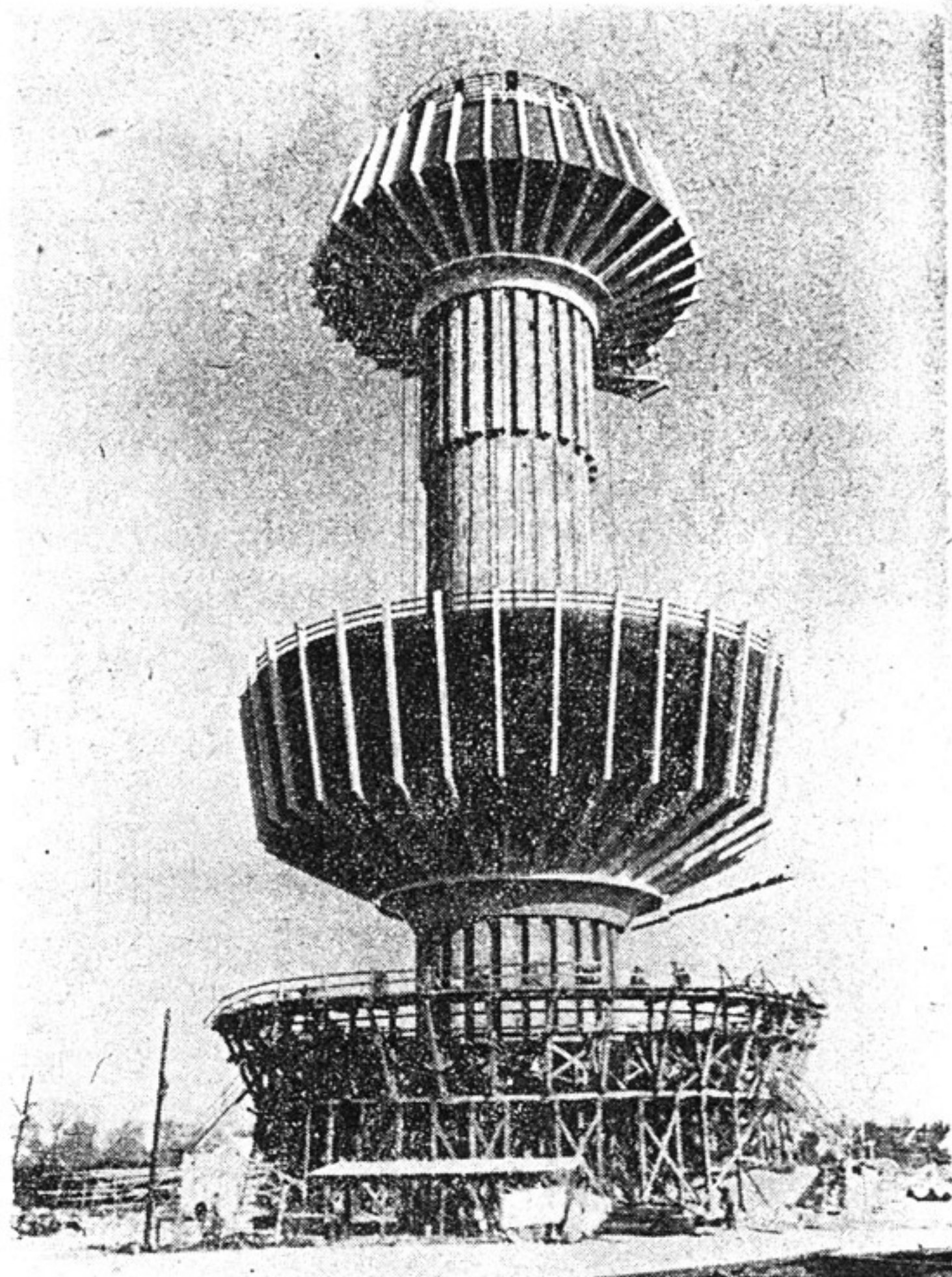


5. ábra. 4000 m³-es tartály metszete
Abb. 5. Schnitt durch den 4000 m³-Behälter

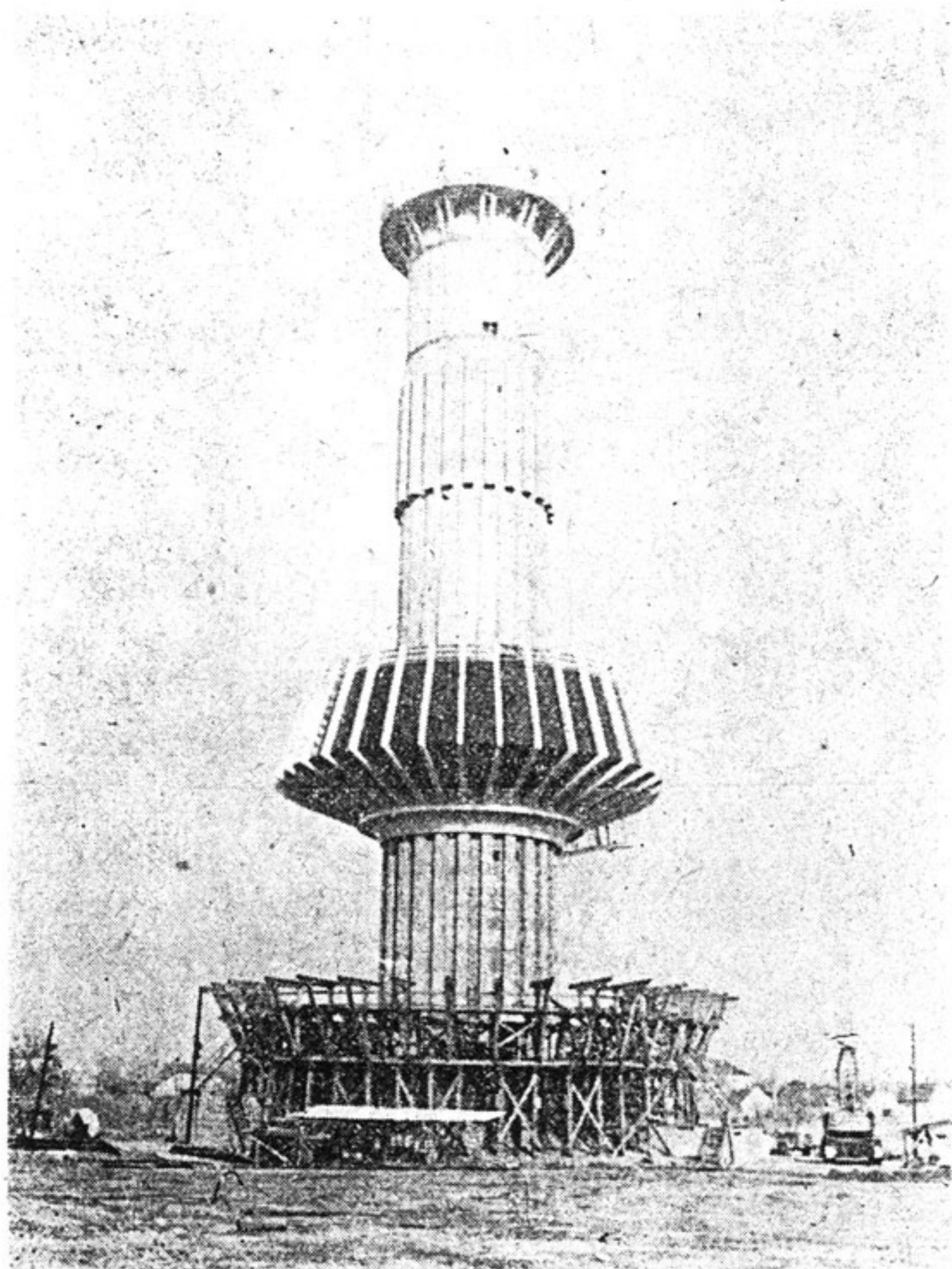
VI. ütem: technológiai szerelési munkák, tartályok belső korrózióvédelmi munkái, csőbekötések, üzempróbák.

A győri víztorony építési tapasztalatai és eredményei

A kísérleti építményeknek számító győri 6000 m³-es víztorony (4. kép) építési tapasztalatai igazolták a tervezői elképzelést és bebizonyosodott, hogy ez az új, anyagtakarékos szerkezeti megoldás



3. kép. A 4000 m³-es tartály emelése
Bild 3. Einhub des 4000 m³ fassenden Behälters



2. kép. Az 1700 m³-es tartály emelése
Bild 2. Einhub des 1700 m³ fassenden Behälters



4. kép. A megvalósult 6000 m³-es víztorony
Bild 4. Der 6000 m³ fassende fertige Wasserturm

az alkalmazott építési-szerelési technológiával, gazdaságosan alkalmazható nagytérfogatú és nagy-magasságú víztornyok építésénél:

- a főbb tartószerkezeti elemek a funkciójuknak megfelelő építőanyagokból készültek;
- az acél tartályoknál nem merültek fel vízzáró-sági problémák;
- a csúszózsáluval építési technológiával és a terepszinten összeszerelt víztartályok felhúzásával nincsen korlátozva a víztorony magassága;
- az acél víztartályok önsúlya kb. 15–20%-a az ugyanolyan térfogatú vasbeton medence önsúlyának, így acélszerkezetű kialakítással 4000 m³-es víztartály is létesíthető, ennek felemelése viszonylag gyorsan és megbízhatóan végrehajtható. A felső 1700 m³-es tartály emelése 6 emelőegységgel (kb. 42 m emelési magassággal): 9 napig tartott (emelési átlagsebesség: 4,6 m/nap); az alsó 4000 m³-es tartály emelése 12 emelőegységgel (kb. 21 m emelési magassággal): 6 napig tartott (emelési átlagsebesség: 3,5 m/nap).

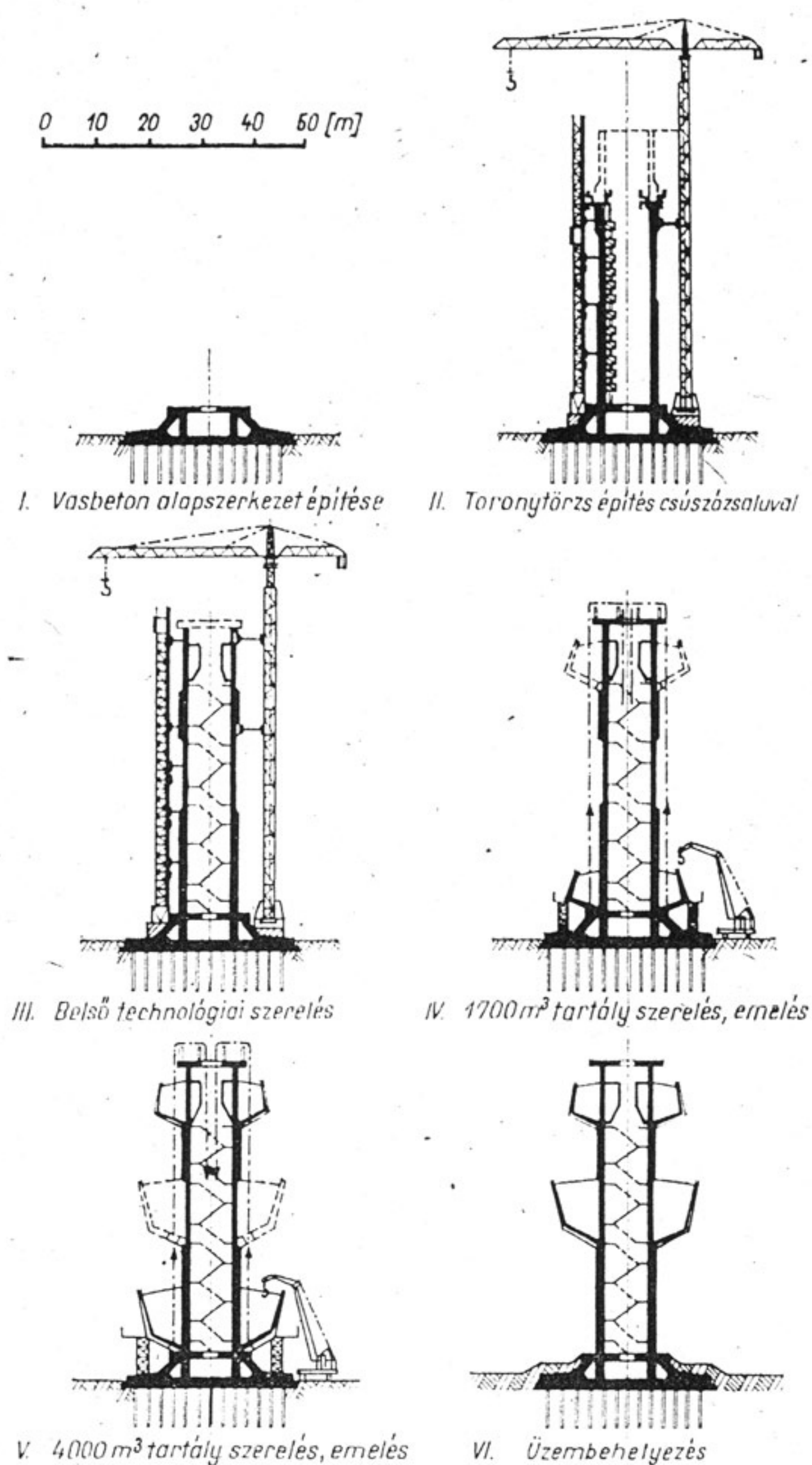
Jelenleg a VÍZGÉPÉSZETI VÁLLALAT tulajdonában van a győri emelőberendezés, amellyel hasonló tartály emeléseket a továbbiakban is végre lehet hajtani!

- A víztorony építési költségeinek alakulása igen kedvező volt annak ellenére, hogy a kedvezőtlen altalajviszonyok miatt költséges alapozási megoldást kellett alkalmazni. A víztorony megvalósítási költsége az üzempróbákkal és üzembehelyezési munkákkal együtt összesen 125 millió forint volt. Ez a költség a tárolt víztérfogatra vetítve kb.: 20 800 Ft/m³ fajlagos költséget jelent.

A 4000 m³-es konstrukciósan anizotróp héjszerkezetű acél medence erőtanai számításának ellenőrzésére a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Mechanikai Tanszéke ellenőrző szilárdsági számítást végzett. A számítást az OMFB megbízásából kidolgozott „TESZGA” programrendszer felhasználásával, „véges-elem” módszerrel készítette el.

A bordákkal merevített héjszerkezetű tartály tényleges feszültségviszonyainak meghatározására, a Budapesti Műszaki Egyetem Acélszerkezeti Tanszéke végzett feszültségméréseket, a 4000 m³-es víztartály különböző állapotú feltöltése mellett. A mérés célja az újszerű tartályszerkezetre vonatkozó kézi és gépi számítási eredmények kísérleti ellenőrzése és összehasonlítása volt. Az eredmények igen jól igazolták a felvett statikai modell helyességét és igen szemléletesen mutatták a számítás alapján felvett modell és a tényleges héjszerkezeten kialakuló feszültség viszonyokat.

Nagyobb számban jelentkező igény esetén, megfelelő kivitelezői háttér biztosításával a megvalósult győri és mosonmagyaróvári víztornyok tervezése és építése során szerzett tapasztalatokat és előnyöket eredményesen lehetne hasznosítani egy



6. ábra. A víztorony építések menete

Abb. 6. Baufortschritt der Errichtung des Wasserturmes

új víztorony típus, vagy típus-sorozat kialakításánál.

A VIZITERV-nél jelenleg folyó víztorony-tervezésnek 3 fő szempontja van:

1. A meglévő és bevált típusok korszerűsítése, tipizálása és továbbfejlesztése;
2. Új típusok és sorozatok kialakítása;
3. Versenyképes export termékek kialakítása.

A továbbfejlesztésre vonatkozóan a VIZITERV az elmúlt két év során rendszerszemléletű vizsgálatot végzett, melynek eredménye, hogy: 25—10 000 m³ térfogat határ között, bármilyen nagysághoz, az exportálhatóság szempontjait is figyelembe véve, tud választékot javasolni; és ezen változatok költsége hazai árszinten, a nagyságtól és a telepítési helytől függően 12—22 000 Ft/m³-re irányozható elő!