

## MOL Campus építményének munkagödör kialakítása, alapozása

### Construction of the working pit and the foundation system of MOL Campus

*KARVALY Elemér okleveles építőmérnök, műszaki doktor, ügyvezető, tervező*

HYDRASTAT Mérnöki Iroda Kft. H-4029 Debrecen, Maróthi Gy. u. 4.  
Tel.: +36 52 453 413. [hydrastat@hydrastat.hu](mailto:hydrastat@hydrastat.hu), <http://www.hydrastat.hu>

#### Abstract

*Due to the construction conditions of the planned MOL Campus building, it is necessary to provide parking under the building by creating a four-level underground parking garage. Depending on the size of the building, the construction of the underground car parks required the opening and shoring of a large working pit with a surface area of almost 10 000 m<sup>2</sup> and a depth of 16 m. The method of foundation of the building was determined by the need to avoid a large difference in foundation settlement between the tower, which is particularly sensitive to uneven subsidence, and the adjacent podium. This was ensured by a combined foundation structure with pile foundations and a slab-on-ground bearing on them. The presentation will summarise the requirements associated with these tasks.*

**Keywords:** geotechnics, workspace delimitation, dewatering, combined pile and slab foundation, building stability.

#### Kivonat

*A MOL Campus tervezett építményének beépítési körülményei miatt szükséges, hogy az épület együttes alatt a parkolási lehetőség megoldott legyen. négy szintes mélygarázs kialakításával. A mélygarázsok építése szükségessé tette az épület méretétől függően, nagyméretű, közel 10.000 m<sup>2</sup> alapterületű, 16 m mélységű munkagödör nyitását, megtámasztását. Az épület alapozásimódját meghatározta, hogy egyenlőtlen süllyedésre különösen érzékeny építmény és a torony és ahhoz kapcsolódó pódium épületterészt között nagymértékű süllyedéskülönbség ne alakuljon ki. Ezt cölöpalapokkal és erre támaszkodó lemezalapel kombinált alapozási szerkezet biztosította. Az előadásban ezekkel a feladatokkal, kérdésekkel összefüggő követelményeket foglaljuk össze.*

**Kulcsszavak:** geotechnika, munkatér határolás, víztelenítés, kombinált cölöp és lemezalapolás, építmény állékonyság,

## 1. BEVEZETÉS

A MOL Campus épület együttesének tervezése új feladat elé állította a tervező mérnöki szervezeteket, mivel ilyen méretű építmény még nem valósult meg Magyarországon. A tervezési feladat jellegéből adódóan több szervezet együttműködése volt szükséges a megvalósításhoz. A Generál tervező: Finta és Társai Építész Stúdió Kft.(1055 Budapest, Szent István krt. 11.), Tartószerkezeti-, geotechnikai tervező: HydraStat Mérnöki Iroda Kft. (4029 Debrecen, Maróthi Gy. u. 4.) Talajvizsgálati jelentés: FUGRO CONSULT Kft. Építőmérnöki és Szakértői Kft. (1115 Budapest Kelenföldi u. 2. 11. ép.)



1. ábra

*A tervezett létesítmény helyszíne*

A beruházást előkészítésében részvevő, **Property Market Ingatlanfejlesztő Kft.** megbízta a Fugro Consult Kft.-t, hogy készítsen talajvizsgálati jelentést a Dunapart projekt toronyház és kapcsolódó irodaépület földtani, geológiai és geotechnikai viszonyairól. A talajvizsgálati jelentés célja, hogy a összefoglalja a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok által nyert adatokat, részletezze az altalajviszonyokat és azok szilárdsági paramétereit, vízáteresztő-képességi együtthatóit, valamint olyan releváns információkat, melyek alapján az épület alapozási rendszere megtervezhető.

A tervezett irodaház 120 + 23,5 m magas, melyhez kapcsolódik egy kb 30 m magas kiszolgáló épület. Az épületegyüttes alatt négyszintes mélygarázs került megtervezésre.

Az építmény tervezéséhez a talajviszonyok feltárásán túl a földrengés hatásának vizsgálata elemzése is újszerű feladatként jelentkezett az épület magasságából adódó földrengés veszélyeztetettség miatt.

Az épület mérete, kialakítása miatt, a munkatér határolása, az alapozás kialakítása, az egyenletes süllyedés feltételének megteremtése, az épületrészek eltérő terhelésének figyelembevételével komoly kihívást jelentett a tervezők részére.

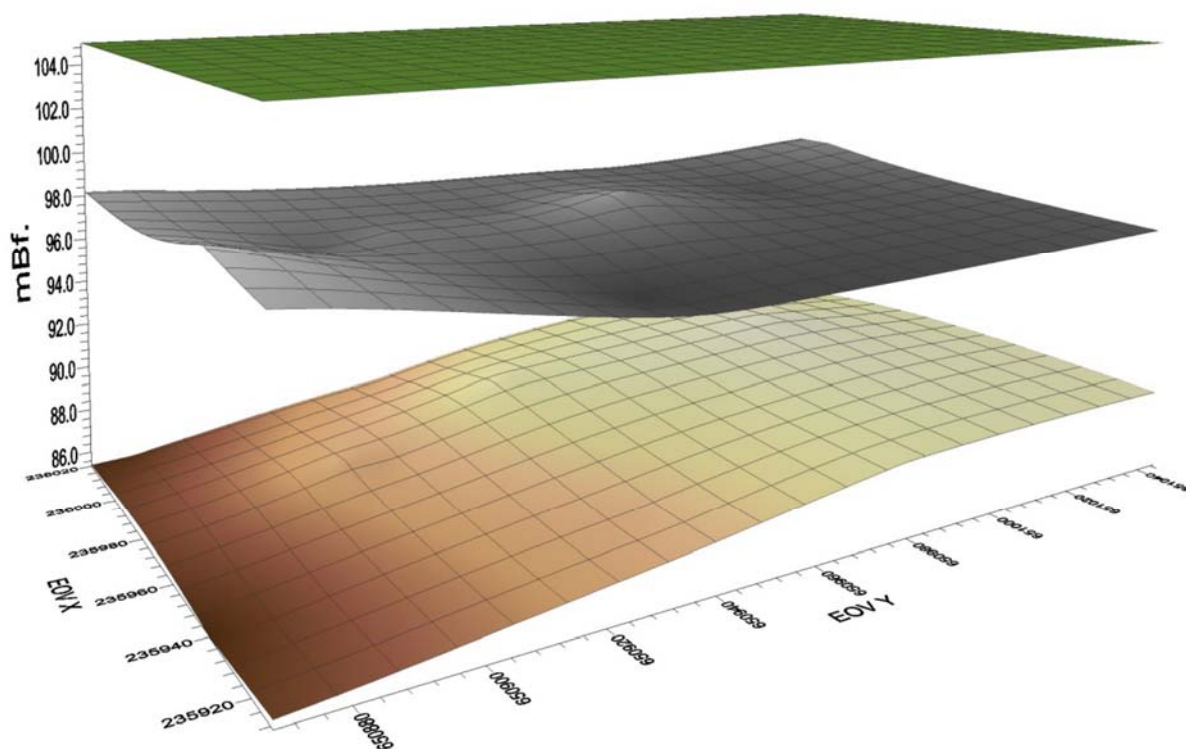
A továbbiakban a tervezési munka folyamatában szerzett tapasztalatunkat, megoldásainkat ismertetjük.

## 2. MUNKAGÖDÖR KIALAKÍTÁS

A munkagödör kialakítását meghatározta az épület, alapozási mélysége és a beépített környezet, valamint a talaj és talajvíz viszonyok. A terepszint alatt 6,0 -10,0 m mélységig salakfeltöltés, ez alatt homokos kavics, homok réteg található

Munkaterület általános adatai:

Terep szint:	105,12 mBf. – 103,83 mBf.	szint között változó
Épület	± 0,00 m szint:	= 105,20 mBf.
építési lavírsík:	- 2,00 m=	103,10 mBf.
alpozási sík:	- 15,50 m=	89,60 mBf.
földmunka szint:	- 16,00 m=	89,10 mBf.



2. ábra

Talajrétegek elhelyezkedése a terephez viszonyítva.

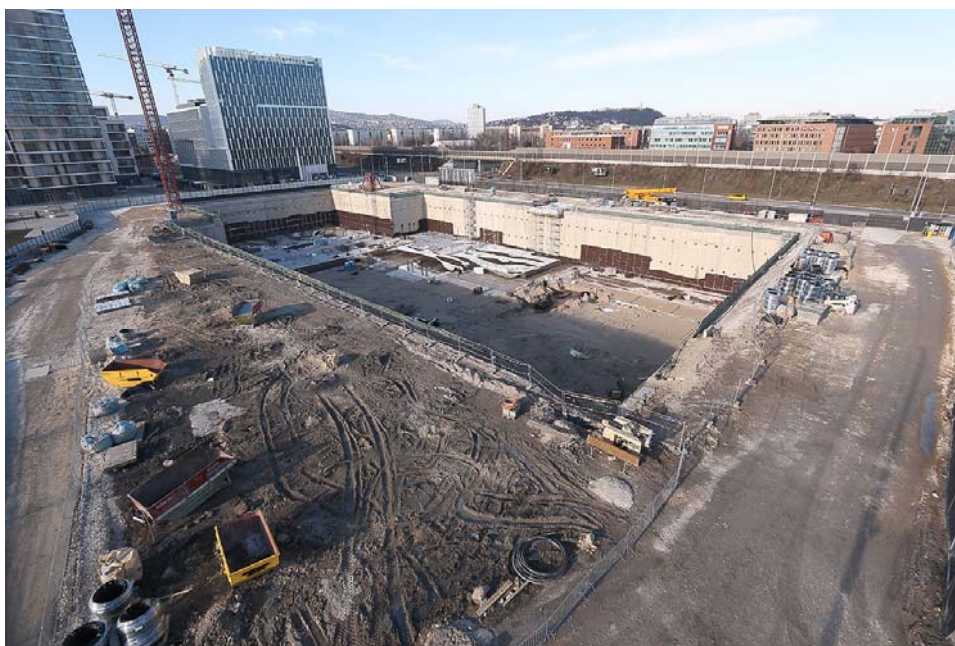
Talajfeltárás jellemző adatai	F-04 fúrás	F-02 fúrás	
A. Salak feltöltés vastagsága:	6,28 m	7,01 m	
B. Iszapos agyag fedőréteg vastagsága:	0,60 m	1,00 m	
C. Homokos kavics vastagsága:		6,00 m	8,40 m
D. Kiscelli agyagmárga vastagsága:	50,00 m	50,00 m	

A beépítési körülményeket figyelembe véve a munkagödör kialakítása, csak résfal szerkezet beépítésével, hátrahorgonyzással volt megvalósítható. A résfalnak a munkatér vízzárását is biztosítani kellett, a Duna közelsége és a talajvíz viszonyok miatt. A munkatér határoló szerkezet tervezett kialakítása:

Munkagödör területe:	9934,5 m <sup>2</sup>	
Résfal: szélessége:	80 cm	
talpmélysége	-18,00 m (87.20 mBf.)	-20,00 m (85.20 mBf.)
anyagminőség	beton C30/37-XA2-XV3(H)-16-F3 betonacél B500B	
Horgonyok:	1. horgonysor szint	- 3,70 m (101.50 mBf.)
	2. horgonysor szint	-11,70 m (93,50 mBf)
	Távolsága	2,00 m
Horgonyerő:	1. horgonysor $F_{H1max}$	= 1866 kN ( $F_{H1} = 1382,2$ kN)
	2. horgonysor $F_{H2max}$	= 1537 Kn ( $F_{H2} = 1138,5$ kN)
Térszíni terhelés	10,0 kN/m <sup>2</sup>	

A kivitelező ajánlatában 3 soros hátrahorgonyzással tett ajánlatot, melyet felülvizsgáltunk és az az alábbiak szerint történt meg a kivitelezés. A kivitelező legnagyobb mélységben készített résfal rendkívüli teherállapot – árvíz – esetében is vizsgálta a munkagödör állékonyságát, mely megfelelt.

Jellemző adat	Mérté k-egység	Horgonysor		
		1	2	3.
Beépítési szint	m	-5,00	- 10,00	- 13,50
Résfal mélysége (H)	m	18,0		
Résfal vastagsága (v)	m	85 cm		
Horgony hajlásszög (á)	°	20	15	15
Szabad hossz (l <sub>sz</sub> )	m	21,1	18,7	16, 8
Befogási szakasz hossza (l <sub>b</sub> )	m	7,0		
Horgony távolság (b)	m	2,20		
Horgony erő	kN	610 9	622, 1	58 1,5
Résfal mélysége	m	20,0		
Horgonyerő (rendkívüli teher állapot)	kN	900 79	999, 36	99 5,39



3 ábra

Munkagödör kialakítása -9,5 m szinten., első két sor horgony beépítésével.

### 3. ÉPÜLET ALAPOZÁS

#### 3.1. Torony épület alapozása

A földrengés hatásának vizsgálatához szükségesnek tartottuk, a helyi spektrum értékének meghatározását in situ vizsgálattal. A számításoknál ennek eredményét használtuk fel.

A földrengési terhelésből számított maximális tetőponti elmozdulások a károk korlátozásának követelményéhez tartozó szeizmikus hatás kisebb visszatérési periódusát is figyelembe vevő tényezővel ( $n=0,5$  - II. fontossági osztály) csökkentve:

$$d_y = 70 \text{ mm} \times 0,5 = 35 \text{ mm} \quad H/501$$

$$d_x = 68 \text{ mm} \times 0,5 = 34 \text{ mm} \quad H/624$$

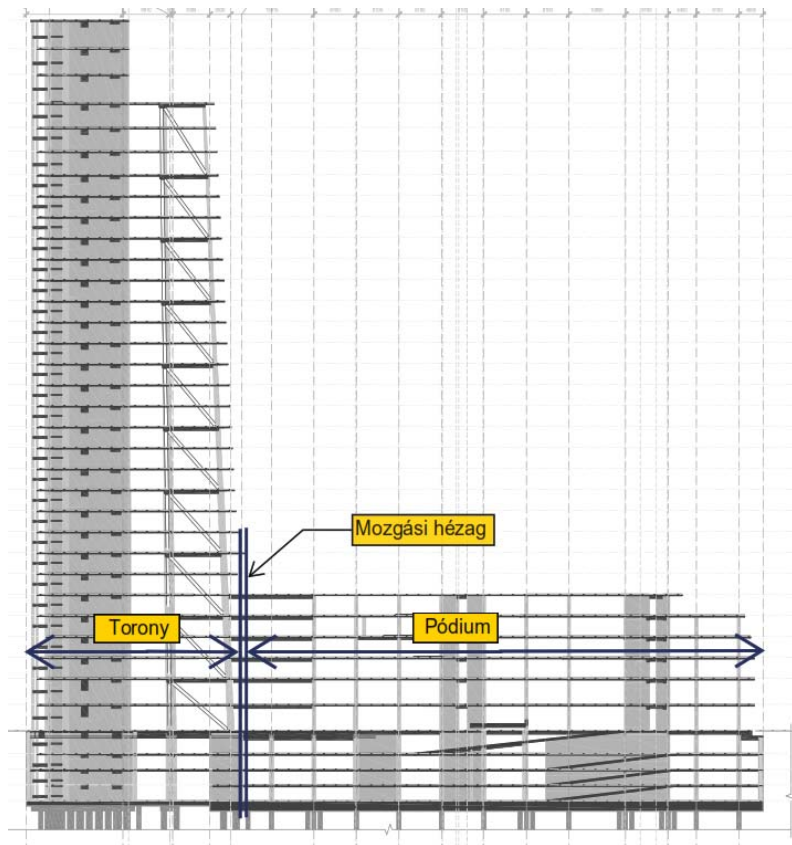
Az elmozdulások számított értékei az alapozási síktól számított épületmodellezés esetén is, még a szigorított határértéken (H/500) is belül vannak.

A földrengési terhelésből számított legnagyobb szintek közötti elmozdulások a károk korlátozásának követelményéhez tartozó szeizmikus hatás kisebb visszatérési periódusát is figyelembe vevő tényezővel ( $n=0,5$  - II. fontossági osztály) csökkentve:

$$d_y = 7 \text{ mm} \times 0,5 = 3,5 \text{ mm} < 0,005 \times h = h/200 = 4000/200 = 20 \text{ mm}$$

$$d_x = 4 \text{ mm} \times 0,5 = 2 \text{ mm} < 0,005 \times h = h/200 = 4000/200 = 20 \text{ mm}$$

Az elmozdulások számított értékei az alapozási síktól számított épületmodellezés esetén is, a megengedett határértéken ( $h/200$ ) belül vannak.



4. ábra.

*Az épület szerkezeti kialakítás vázlatja*



5. ábra

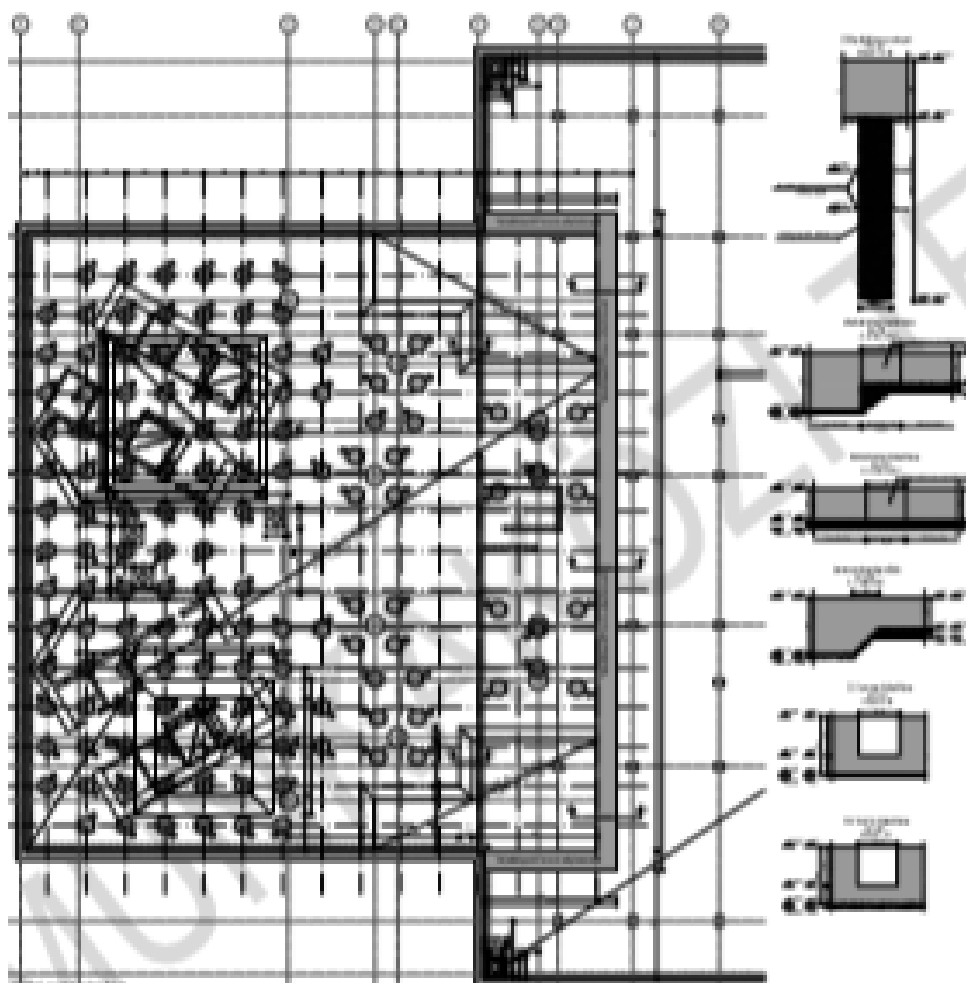
*Torony épület süllyedésének mérési eredményei*

A toronyház várható süllyedésének minimalizálása érdekében a toronyépület alapozása cölöpökkel gyámolított kombinált lemezalappal lett megtervezve. Figyelembe véve a kiscelli agyag talajfizikai jellemzőit a szükséges cölöpfolyóméter úgy adódott a legkedvezőbbre, hogy a toronyház alatt 3,0x3,0 méteres raszterben, 1,20 méter átmérőjű cölöpök, viszonylag rövid, 4,5-5,5 méteres szerkezeti hosszal kerültek elhelyezésre. Alsó síkjuk egységesen 84,88 mBf, illetve 83,88 mBf. A felszerkezet terheit a cölöpök és a lemezalap 70-30 %-os arányban adja át az altalajnak. A cölöpök teherbírásának meghatározásánál csak a talpellenállást vettük figyelembe, mivel a köpenysűrűlódás kialakulásához szükséges elmozdulás nagyságát nem tartottuk megengedhetőnek és ennek elhanyagolása a biztonság javára történt.

Az építmény méretéből adódóan a rugalmas ágyazás értékének meghatározása elméleti úton történő számításokkal nagyon eltérő eredményt ad. A gyakorlatban jól bevált a „Soletanche” által tapasztalati, mérési adatok alapján összeállított diagram, melyben a talaj belső sűrűlódási szöge és a kohézió értéke alapján megkapjuk az ágyazási tényező értékét. Ezt alkalmaztuk a tervezési feladat megoldásánál is.

A cölöpök a toronyház teljes területe alatt kerültek kiosztásra, ezért a terhek cölöpök közötti egyenletes szétosztásáról, illetve a nagy leterheltségű oszlopok lokális erőbevezetéséről egy 2,20 méter vastagságú nyírt-, hajlított lemezalap gondoskodik. A toronyház lemezalapjába a lemezalap szükséges nyírási teherbírásának biztosítása érdekében speciális, kengyelezett nyírási vasalás beépítése volt szükséges, mely a felső háló távtartójaként is funkcionál.

Megvizsgálva az alapozási szerkezetet nagyobb távolságban elhelyezett cölöpkiosztással, majd változatlan cölöpkiosztás mellett a lemezalap vastagságának csökkentésével, arra jutottunk, hogy tapasztalatainknak megfelelően a lemezalap vasalása mindkét esetben gazdaságatlanabb, vagy a már így is többsoros kialakítású vasalási sorok számának növekedésével a vasalás megvalósíthatatlan kialakítását eredményezné.



6. ábra  
Toronyépület alapozásának vázlata

A cölöpözést megfelelően stabil, kellő teherbírással rendelkezően kialakított munkasíkról kell végezni! A cölöpözési munkák végzése alatt a víztelenítő rendszer még nem kerül kiépítésre, így az esetlegesen megjelenő réteg- illetve felszíni vizeket ideiglenes vízelvezető árkokkal kell összegyűjteni, majd eltávolítani.

A cölöpök kitűzését  $\pm 10$  mm-es pontossággal, a pontra állást 20 mm pontossággal írjuk elő. Az elkészült cölöp 100 mm-t térhet el az elméleti alaprajzi helyzetétől. Nagyobb eltérés esetére előírtuk az alapozás tervezőjének állást kell foglalnia a kivitelezett állapotról.

A toronyház alapozási rendszerének teherbírása, és viselkedési karakterisztikája zagy megtámasztásos technikával készült próbacölöp in-situ vizsgálatának eredményei alapján lett meghatározva. Tervező ezek alapján a toronyépület alá készítendő cölöpöket zagy megtámasztásos technológiával vette figyelembe, mert a Fugro Consult Kft. a geotechnikai adatszolgáltatásában a szóba jövő fúrési technológiákat értékelte, és az értékelési szempontok szerinti optimális technológiát választotta a próbacölöp technológiájául. Ezért nem tartottuk volna helyesnek, a kivitelezés fázisában ezen változtatni.

Zagy- vagy folyadék megtámasztásos nagyatméréjű cölöp esetében a cölöpöket nyomás alatt kibetonozva kell készíteni, ügyelve a folytonossági hiányok kiküszöbölésére. A cölöpöket a visszavésési síkjuk fölé kell betonozni úgy, hogy a visszavésés során a talajjal szennyezett felső rész eltávolításra kerüljön. A cölöpök vasalását szükség esetén vibrálással kell a betontestbe juttatni. A cölöp armatúrák felső síkja az alaplemez alsó síkja fölött 72 cm-rel kell legyen. Az elhelyezésnél ügyelni kell arra, hogy az armatúrák e szint alá ne kerüljenek. A függőleges elhelyezési pontosságot szabványos tűrés melletti elhelyezéssel kellett biztosítani. Magasabb pozíciójú elhelyezés esetén az armatúrák tervezett felső síkja feletti visszavágás nem lehetséges, a fővasak kampózott végű bevezetése miatt.

Az alaplemez kialakításához a földmunka a süllyesztékek környezetében úgy kell, történjen, hogy a környező cölöpök „feltárára” a legkevesbé kerüljenek. Amennyiben ez földrézszüvel nem volt megoldható, úgy rézszállékonyságot valamilyen más megoldással kellett biztosítani. (pl.: lőtt betonrézszü).

A toronyház alá tervezett cölöpök minden mértékadó teherkombinációban nyomott cölöpök lesznek, így azokat húzóerőre méretezni nem kellett!

A tervezés során a próbacölöp teherbírasi, illetve süllyedési adatai alapján, empirikus módon meghatározható volt tervezett cölöpök teherbírása.

A projektben közreműködő geotechnikai szakértők az alkalmazni kívánt mélységű cölöpök teherbírását igazoló újabb 1 db statikus próbaterheléssel terhelt próbacölöp készítését tartották indokoltnak, a szükséges és elégséges teherbírás igazolásához. A próbacölöp, mint megmaradó szerkezeti cölöp a későbbiekben felhasználható volt, így a megadott cölöpökön túlmenően plusz cölöpfúrásra kizárólag a statikus próbaterheléshez szükséges lehorgonyzó cölöpök esetében volt szükség.

### 3.2 Pódium épület alapozása

A pódium épületrész alatt hagyományos síklemez alapozás készül, 120 cm-es szerkezeti vastagsággal, vízzáró minőségben. Egyes nagy leterheltségű oszlopok alatt 140 illetve 160 cm kivastagítás vált szükségessé a kellő mértékű átszűrődés elleni teherbírás biztosítása érdekében.

A tervezett építmény alapozásának, illetve szerkezeti kialakításának további részletezését és a tervezés folyamatában alkalmazott elméleti és gyakorlati megfontolásokat a megfelelő rajzi részekben rögzítettük. A szerkezetek méretét, kialakítását is az előzőekben ismertetett elméleti és gyakorlati tapasztalatok, számítások alapján végeztük el. A méretezési módszereket, számításokat egyes tervfejezetekben ismertetjük, rögzítettük.

### 3.3. Víztelenítés

Az építés közben történő víztelenítést a résfalakkal körül zárt munkagödörben lévő vizet a földkiemelés közben úgy kell kiemelni, hogy a földkiemelést ne nehezítse. Ez a munka tervezői intézkedést nem igényel.

A munkateret határoló résfal és a vízzáró agyagréteg technikai értelemben vízzáró, a résfal szivárgási tényezője kb.  $10^{-12}$  cm/sec, a vízzáró agyagrétegé  $6 \times 10^{-12}$ , a résfalon és az alaplemez alatt szivárgás várható. A területre korábban tervezett épületeken szerzett tapasztalataink szerint a beszivárgó víz mennyisége legfeljebb néhány köbméter naponta, és idővel megszűnik, mert a szivárgás járatai eltömődnek.

A résfalak és a bélésfalak között szivárgó réteg van. Ez a beszivárgó vizet az alaplemez alatti, osztályozott homokos-kavics szivárgó rétegbe vezeti. A szivárgó réteg a vizet az alaplemez alatt lévő aknába vezeti, ahonnan kiszivattyúzható.

A végleges víztelenítéssel a kiviteli tervekben külön dokumentáció foglalkozott.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A MOL Campus létesítményének tervezése új feladat elé állította a tervező csapatunkat. Az építmény mérete, beépítési körülménye, különleges kialakítása szükségessé tette, hogy megfelelő ismereteket szerezzünk, mely alapján képesek leszünk együttgondolkodva, eredményesen megoldani ezt a mérnöki feladatot. A különböző szakági tervezők közötti együttműködést, a generál építészervezővel szoros kapcsolatban tudtuk biztosítani.

A tervezési folyamaton kívül állók, sok esetben minden alapismeret nélkül mondtak megalapozatlan véleményt, ami sok többletmunkát jelentett, mert be kellett bizonyítani, hogy a felvetése szakmailag nem megalapozott.

Olyan szervezetek, személyek is voltak, akik a szabványok, egyéb előírásoktól függetlenül kívántak el a tervezőktől, olyan feladatokat, mely nem tartozik a tervezési munkarészbe. A véleményüket arra alapozták, hogy ilyen nagyságrendű épületnél „illet” volna különleges számítógépes talajmodellel vizsgálni az épület és talaj kapcsolatát.

## IRODALOM JEGYZÉK

1. FUGRO CONSULT Kft. Építőmérnöki és Szakértői Kft. (1115 Budapest Kelenföldi u. 2. 11. ép.) TALAJVIZSGÁLATI JELENTÉS MOL CAMPUS<sup>[1]</sup><sub>[2]</sub>BUDAPEST, KOPASZI-GÁT MAGYARORSZÁG Dokumentum száma.: FCH-17228\_TVJ\_V02 Verziószám: V02 Dátum: 2017. december
2. HYDRASTAT Mérnöki Iroda Kft. MOL Campus Geotechnika-, Tartószerkezeti Kiviteli tervei. Debrecen, 2018-2019.