

SZAKDOLGOZAT



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Rudolf Regina

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

A dolgozat címe: Cölöpalapozás tervezése

A dolgozat címe angolul: Pile foundation design

A feladat részletezése: A szakdolgozat témája egy Kecskeméten található logisztikai csarnok cölöp alapozásának újra tervezése. A témához kapcsolódó mélyalapozási módok bemutatása. A feladat összehasonlítása különböző alapozási megoldásokkal

Intézményi konzulens neve: Firgi Tibor

A kiadott téma elévülési határideje: 2028. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Fehérkőly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

belső konzulens

külső konzulens

SZAKDOLGOZAT
KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: RUDOLF REGINA

Dolgozat száma: [REDACTED]

Oktatási azonosítója: [REDACTED]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [REDACTED]

GEOTECHNIKA

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

ÉPÍTŐMÉRNÖKI

A dolgozat címe magyar nyelven: Cölöpalapozás tervezése

A dolgozat címe angol nyelven: Pile foundation design

Belső (kari) konzulens neve: FIRGI TIBOR

Külső konzulens neve: PETIK CSABA

Külső konzulens munkahelye: PETIK MÉRNÖKI SZOLGÁLTATÓ KFT.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	03. 14.	SZAKDOLGOZAT FELEPÍTÉSE	[Signature]
2.	04. 11.	SZAKIRODALOM, TERVEZÉSI ALAPADATOK	[Signature]
3.	04. 25.	SZERKEZET TERVEZÉSE	[Signature]
4.	05. 10.	BEADÁSRA ÁTTEKINTÉS	[Signature]

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: [Signature] (hely), 2024. 05. 13. (dátum)

[Signature]
belső (kari) konzulens

* A megfelelő aláhúzendő.



Ybl Miklós Építéstudományi Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott RUDOLF REGINA hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Bp. ^{2024.05.13.} (hely), ... (dátum)

Rudolf Regina
hallgató

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	4
1. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
1.1. ALAPOZÁSOK FELADATA.....	5
1.2. SÍKALAPOZÁS.....	5
1.3. MÉLYALAPOZÁS	6
1.4. CÖLÖPALAPOZÁS.....	8
1.4.1. Cölöpalapozás osztályozása.....	8
2. TERVEZÉSI FELADAT ISMERTETÉSE	11
2.1. HELYSZÍNI BEMUTATÁSA	11
2.2. A SZERKEZET BEMUTATÁSA.....	12
2.3. FÖLDTANI VISZONYOK	12
2.4. TERÜLET SZEIZMICITÁSI ADATAI	13
2.5. TALAJRÉTEGZŐDÉS, TALAJÁLLAPOT.....	14
2.6. TALAJVÍZVISZONYOK	15
2.7. GEOTECHNIKAI KATEGÓRIA.....	15
3. PONTALAPOZÁS TERVEZÉSE	16
3.1. ALAPOZÁS MÉRETEZÉSE	17
3.1.1. P1 pontalapozás tervezése	19
3.1.2. P2 pontalapozás tervezése	20
3.1.3. P3 pontalapozás tervezése:	21
3.1.4. P4 pontalapozás tervezése	22
3.1.5. P5 pontalapozás tervezése	23
3.1.6. P6 pontalapozás tervezése	24
3.1.7. P7 pontalapozás tervezése	25
3.1.8. P8 pontalapozás tervezése	26
3.1.9. P9 pontalapozás tervezése	27
3.1.10. P10 pontalapozás tervezése	28
3.2. PONTALAPOK SÜLLYEDÉSSZÁMÍTÁSA	30
3.3. ÖSSZEFOGLALÁS	31
4. CÖLÖPALAPOZÁS TERVEZÉSE	32
4.1. EGYEDI CÖLÖPÖK TEHERBÍRÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA.....	32
4.2. EGYEDI CÖLÖPÖK ELLENŐRZÉSE.....	36
4.3. CÖLÖPTEHERBÍRÁS CAQUOT-KERISÉL MÓDSZERÉVEL	39
4.4. CÖLÖPÖKRE JUTÓ TERHELÉS MEGHATÁROZÁSA.....	41

4.5.	CÖLÖPÖK SÜLLYEDÉS SZÁMÍTÁSA.....	42
4.6.	CÖLÖPCSOPORT TEHERBÍRÁSA	45
4.7.	CÖLÖPÖK VASALÁSÁNAK MÉRETEZÉSE	46
4.8.	CÖLÖPÖK NYOMÁSI TEHERBÍRÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE:.....	48
4.9.	FEJTÖMB MÉRETEZÉSE	48
5.	CÖLÖPÖK KIVITELEZÉSE.....	52
5.1.	KITŰZÉS	52
5.2.	FÚRÁS	52
5.3.	BETONÓZÁS	52
5.4.	VASALÁS ELHELYEZÉSE.....	53
5.5.	VISSZAVÉSÉS	53
5.6.	FEJTÖMB KIALAKÍTÁSA.....	53
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	54
7.	SUMMARY	55
8.	IRODALOMJEGYZÉK	56
9.	ÁBRAJEGYZÉK:	57
10.	ÁBRAJEGYZÉK.....	59
11.	MELLÉKLETEK:	60

BEVEZETÉS

Az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar geotechnika szakos építőmérnök hallgatójaként készítettem el szakdolgozatomat. A dolgozatom témája egy Kecskeméten található logisztikai csarnokszerkezet alapozásának megtervezése. A feladat megvalósításához rendelkezésemre álltak a helyszínen készített talajmechanikai vizsgálatok és szondázások eredményei. A szakdolgozatomban a lehetséges alapozási módokat fogom vizsgálni, és ezek közül a szerintem leggazdaságosabb módszert fogom részletesen méretezni.

Dolgozatomban, mint egy geotechnikai dokumentáció készítése során részletesen bemutatom a terület tervezési szempontból szükséges adottságait. A tervezés részletezésén kívül pedig az alapozási szerkezet kivitelezésénél fontos előírásokat, utasításokat is bemutatom.



1. ábra: A terület jelenlegi állapota (Google Earth alapján)

1. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. Alapozások feladata

Az alapozás feladata az építmények terheinek továbbítása az altalaj felé. Tervezésekor figyelembe kell venni az építendő terület és környezetének geológiai, hidrogeológia, talajmechanikai adottságait és természetesen az épület felszerkezetének terheit.

Az alapozásokat két fő rendszerbe sorolhatjuk, sík-és mélyalapozások.

Az alapozási rendszer kiválasztásakor a következő szempontokat kell megvizsgálni:

1. Az altalaj rétegződése, fontos az alapozási sík alatt fekvőket is.
2. Az építmény megengedett süllyedését
3. A szomszédos építményeket és azok állapotát, alapozási síkját.
4. A terület lévő talajvízszint hol helyezkedik el az alapozási síkhoz képest. [1]

1.2. Síkalapozás

A síkalapozás egy olyan rendszer, amely az építmény súlyát és terheit az alsó felületével közvetlenül az alatta fekvő talajnak adja át.

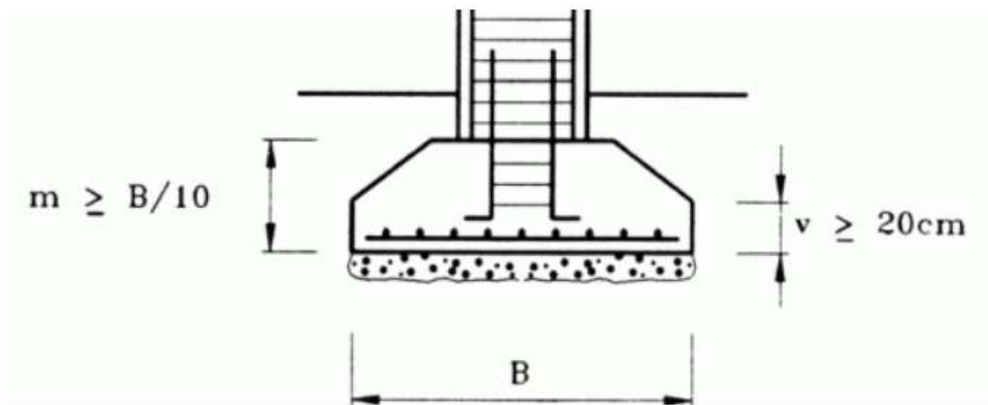
Síkalapozást alkalmazunk,

- ha a terepszint közelében megfelelő teherbírású talajréteg található;
- ha az altalaj teherbírása nem túl nagy, de a rá tervezendő építmény nem érzékeny süllyedésre;
- ha az alaptest alatti talaj teherbírása kicsi, de nincs elérhető mélységben nagyobb teherbírású talajréteg, és lehetőség van a terhek nagy felületen történő elosztására.

Síkalapok csoportosítása:

- sávalap;
- pilléralap;
- lemezalap;
- szalagalap;
- gerendarács alap.

Sávalapok: Ez a legegyszerűbb alapozási mód, sávalapok teljes hosszúságukban alátámasztják a felettük lévő szerkezeteket. Anyaga lehet téglá, terméskő, beton, úsztatott beton és vasbeton.



2. ábra: Vasbeton sávalap [2]

Pilléralapok (talpalapok): A pilléralapokat legtöbbször az épületek pillérei vagy oszlopai alá készítik. Szélességük és hosszúságuk általában azonos nagyságú. Anyaga beton és vasbeton, régebben téglából is készítették őket. Ipari épületeknél az előre gyártott változatát, a kehelyalapot alkalmazzák.

Lemezalapok: A lemezalapok nagy volumenűek, a teljes alapterület alatt végig futó vasbeton alapozás. A lemezalapozás előnyös megoldás, ha a talajvíznyomás miatt szükség lenne a szigeteléshez vasalt aljazat betont vagy ellenlemez készíteni.

A lemezalapozás egyik változata az ún. dobozalapozás. Ezt a házigyári panel épületek készítéséhez fejlesztették ki a 20. században. Ennek lényege, hogy egy rendkívül merev monolit szerkezetet hoznak létre

Szalagalapok (talpgerenda): A szalagalapok a sáv- és pilléralapok kombinációja, azonban ezt csak pillérek vagy oszlopok alá építik be.

Gerendarács alapok: Ha több szalagalapok készítenek, amik metszik egymást, azt nevezik gerendarács alapozásnak. Gazdaságos megoldás, ha az alapozási sík alatti talaj kis teherbírású. [1] [3]

1.3. Mélyalapozás

Mélyalapozás lényege, hogy az építmények súlyát és terheit egy mélyebben fekvő teherbíró talajrétegre adja át mélyalapozás fontos szerepet játszik az építőiparban, különösen olyan területeken, ahol a talajviszonyok kedvezőtlenek vagy instabilak. [1] [4]

Mélyalapozást akkor alkalmazunk,

- ha az első teherbíró réteg mélyen található,
- ha a süllyedésre érzékeny az épület,
- ha a talajvíz magasan helyezkedik el,
- ha sicalapozással gazdaságtalan lenne a kivitelezés.

Napjainkban előtérbe került a mélyalapozás alkalmazása. Ennek két fő oka van:

1. Az elmúlt évtizedekben a kedvező altalaj területek legtöbbje beépítésre került, így manapság gyakran kell rossz teherbírású és süllyedésre hajlamos területekre alapozást tervezni;
2. A mélyépítési gépek fejlődése miatt gazdaságosabbá vált a sicalapozáshoz szükséges nagy mennyiségű élőmunkaigényhez képest.
- 3.

Mélyalapok csoportosítása:

- kút és szekrényalapozás
- résfalas alapozás
- cölöpalapozás
-

Kút és szekrényalapozás: A kútalapozás lényege, hogy egy vágóéllal kialakított köpenyfalat fokozatosan süllyesztenek le a teherbíró talajréteg mélységéig. A megfelelő mélység elérése után kibetonozzák a fenéklemest, vagy akár a teljes belső területet. Legtöbbször köralaprajzúak és csak pontonként támasztják az építményeket. Ettől eltérően a szekrényalapok nagyobb méretűek, alaprajza azonos a felette lévő épületével. Ezt a típusú alapozási módot használták budapesti hidaknál, azonban napjainkban ritkán terveznek ilyen típusú alapokat. [1] [3]

Résfalas alapozás: A réselési technológia során egybefüggő vasbeton táblákból hoznak létre falakat mélyen a talajban ideiglenes vagy akár végleges megoldásként. A résfalazásnak több funkciója is van. Alkalmazható vízzárás céljából, talajvíz áramlás megakadályozására, vagy hídpillérek alapjainak építésére is. Leggyakrabban ideiglenes munkatér határoláskor használják, ahol vízzárásra is szükség van. A résfal kiváltásának költséghatékony módja az egymásba metsző cölöpfal. Előnye, hogy készítése egyszerű és a kivitelezők nagy része rendelkezik cölöpözéshez szükséges gépekkel. [1] [4]

1.4. Cölöpalapozás

A cölöpalapozás a legrégebbi és leggyakrabban előforduló mélyalapozási típus. Magyarország geológiai adottságai és a tapasztalatok alapján akkor terveznek cölöpalapozást, ha

- a talajban a teherbíró réteg mélyen helyezkedik el;
- a talajvízszint magas található;
- a tervezendő épület süllyedésre érzékeny;
- sicalapozással fennáll az aláüregelődés veszélye.

A cölöpalapozás népszerűsége abban rejlik, hogy sokkal kevesebb az élőmunkát igényel, mint a sicalapozás. Így a kivitelezési időtartama is lényegesen rövidebb lehet a gépiesítés miatt [1]

1.4.1. Cölöpalapozás osztályozása

A cölöpalapozások csoportosítása többféle szempont alapján lehetséges: a cölöp anyaga, mérete, teherátadás módja, készítés helye valamint a készítési technológia módja szerint.

Anyaguk szerint:

- fa: legrégebbi cölöpözéshez használt anyag, azonban ma már csak ideiglenes építményeknél alkalmazzák,
- acél: acél csöveket vagy I szelvényeket alkalmaznak, amit utólag kibetonoznak,
- beton: helyszínen készítik, nincs vasalása, amiket cölöpráccsal fognak össze,
- vasbeton: leggyakrabban használt, lehet helyszínen készített vagy előregyártott.

Teherátadás módja szerint:

- álló cölöp, amely a rá jutó terhelés kétharmad részét a cölöpcsúcson továbbítja a teherbíró rétegre,
- lebegő cölöp, amelynél a köpeny súrlódása is részt vesz a teherbírásban,
- vegyes cölöp, amelynél a cölöpcsúcs és köpeny egyaránt részt vesz a teherbírásban.

Cölöpök mérete szerint:

- rövid cölöp (3-5 m);
- mikrocölöp ($d < 30$ cm);
- normál cölöp ($30 \text{ cm} < d < 60 \text{ cm}$);
- nagy cölöp ($d > 60 \text{ cm}$).

Készítés helye szerint:

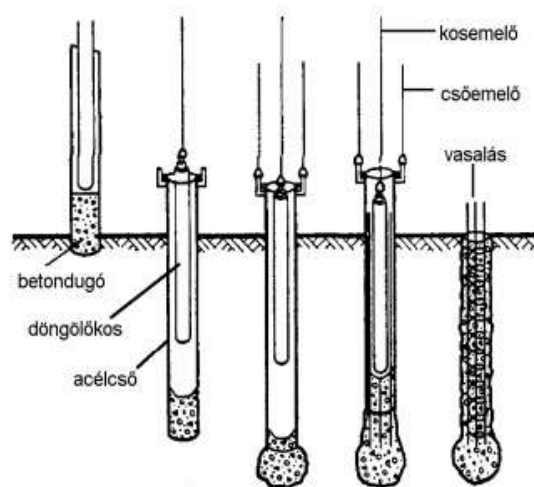
- előregyártott: ide tartoznak a fa, acél és az előregyártott vasbeton cölöpök. Ezeket veréssel, vibrálással vagy sajtolással juttatják a talajba,
- helyszínen készített.

Készítési technológia szerint:

- talaj kiszorítással;
- talaj helyettesítéssel készülő cölöpök.

Számos cölöpözési technológia létezik, a legismertebbeket és hazánkban legelterjedtebbeket szeretném ismertetni az alábbiakban. [1] [4]

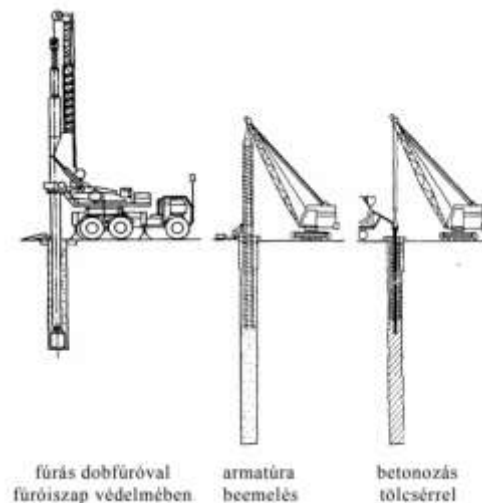
Franki cölöp: Egyik legelterjedtebb talajkiszorításos módszer volt. A cölöpök készítésének elve az, hogy egy béléscsőben 0,8-1,0 méter magasan tömörített betondugót készítenek. Ezt a betondugót egy 3 tonnás verőkos segítségével juttatják el a teherbíró talajba úgy, hogy fokozatosan növelik az ejtési magasságát a kosnak. A kívánt mélység elérése után fokozatosan visszaemelik a felszínre a béléscsövet, miközben a helyére automatikus rendszer segítségével betont adagolnak. [1] [3]



3. ábra: Franki cölöpök készítése [4]

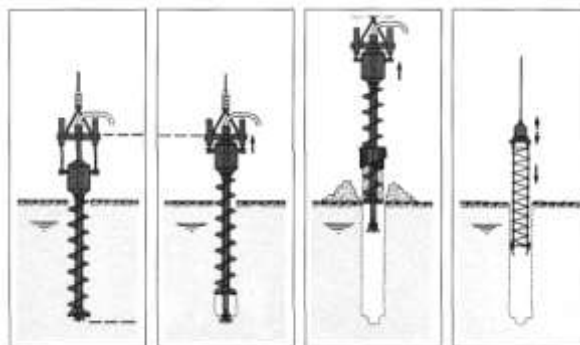
Benoto cölöp: A talaj helyettesítéses cölöpözés egyik fajtája. Működési elve, hogy egy markolóval ellátott acél béléscsövet fúrnak le a talajba. A tervezett mélység elérése közben folyamatosan termelik ki a markoló segítségével a talajt. Ezután fokozatosan kibetonozzák a furatot és egyidejűleg kiemelik a béléscsövet. A vasbeton armatúrát betonozás előtt helyezik a furatban el. Kiemelés közben a csövet forgatják és fel-le mozgatják, így tömörebb lesz a beton [1] [3]

Soil-Mec: Ennél az olasz cölöpözési módszernél a lényeg, hogy a talajt kiemelik és betonnal helyettesítik. A 4. ábra ennek a folyamatát mutatja be. A furatokat dob- vagy spirálfúró berendezéssel készítik el, a lehajtás közben ezt tixotróp zaggyal vagy védőcsővel támasztják meg. Ennél az eljárásnál először az előre elkészített armatúrát helyezik a furatba és utána kezdik el a kibetonozást. Így 80-150 cm átmérőjű és 32 méter hosszúságú cölöpök készíthetők. [1] [3]



4. ábra: Soil-Mec cölöp készítése [4]

CFA: A CFA technológia is talajhelyettesítés elvén alapszik. Az elmúlt években ezt a mélyalapozási módszert alkalmazzák leggyakrabban. Az eljárás folyamatát a 5. ábra szemlélteti. A cölöpök készítéséhez egy folyamatos spirálfúrót használnak, amiben egy betonozócső is ki van alakítva. Fúrás során a bennmaradó talajdugó és a spirál védi a furat beomlását. A tervezett mélység elérése után túlnyomással kibetonozzák a furatot, mialatt kihúzzák a spirált a talajból és gép felhúzza a talajdugót. Az armatúrát utólag helyezik el a furatokba vibrálás segítségével. Ezzel az alapozási móddal 30-80, akár 120 cm átmérőjű és 12-25 m hosszú cölöpöket lehet készíteni. [1]



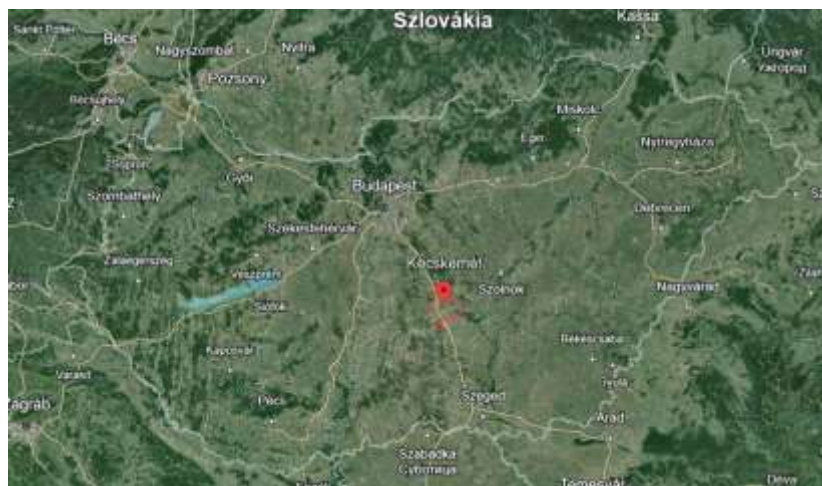
5. ábra: CFA cölöp készítése [4]

2. Tervezési feladat ismertetése

A szakdolgozatom egy alföldi, Kecskeméten található logisztikai csarnok épület alapozásának megtervezése. Először síkalapozással kezdem a tervezést, az után mélyalapozási módszerrel is megvizsgálom, hogy megvalósítható-e. Ezek után pedig kiválasztom a gazdaságosabb módot az adott terület talajviszonyainak figyelembevételével.

2.1. Helyszíni bemutatása

A vizsgált helyszín Bács-Kiskun vármegye székhelye, Kecskemét, ami az Alföld középső részén található. Az építési terület a város déli részén, az 54-es főút melletti Daimler úton helyezkedik el. Ez Kecskemét külső, ipari területe. A szomszédos ingatlanokon ipari létesítmények találhatók. A vizsgált területet több ütemben tervezik beépíteni, szakdolgozatomban csak az első ütemben épülő logisztikai csarnokot vizsgálom.



6. ábra: Kecskemét (Google Earth alapján)



7. ábra: Logisztikai csarnok Google térkép alapján



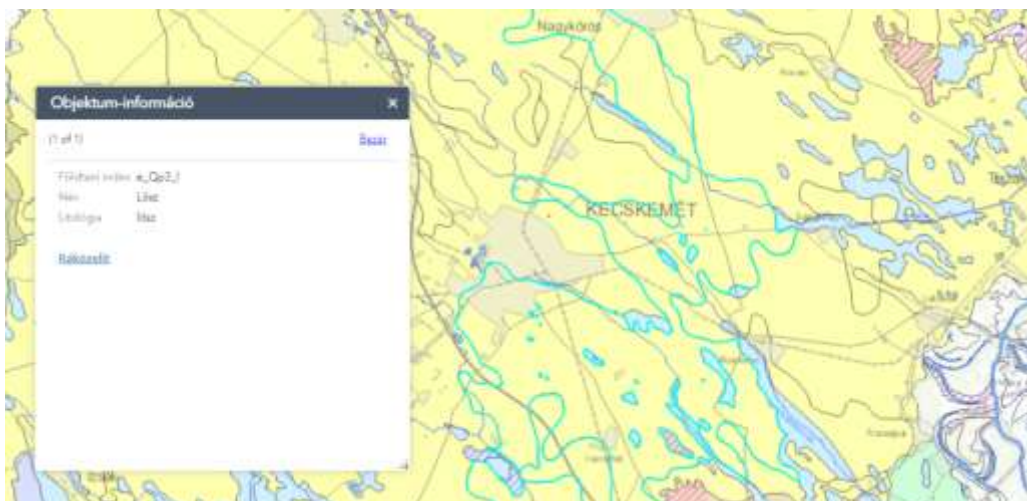
8. ábra: A csarnok épülete napjainkban Google térkép alapján

2.2. A szerkezet bemutatása

A tervezett vasbeton csarnok 96x211 méter alapterületű. Az épület előre gyártott vasbeton pillérvázás kialakítású, a hasznos belmagasság 12 méter. A jellemző pillérállások 12x24 méteres raszterben lettek kiosztva. A csarnok észak-nyugati sarkában 20x14,5 méter szélességű iroda épület lesz kialakítva. A tervezett csarnokot 2 dilatációs egységben fogják kivitelezni. Az építmény terheinek továbbításához a helyszínen a pilléreket előregyártott kehelynyakakban betonezzák. Ez a merev kapcsolat fogja továbbítani a terheket az alaptestekre. [5]

2.3. Földtani viszonyok

A terület földtani viszonyainak megállapításához az internetes adatbázisban található MBFSZ térképeket használtam fel.



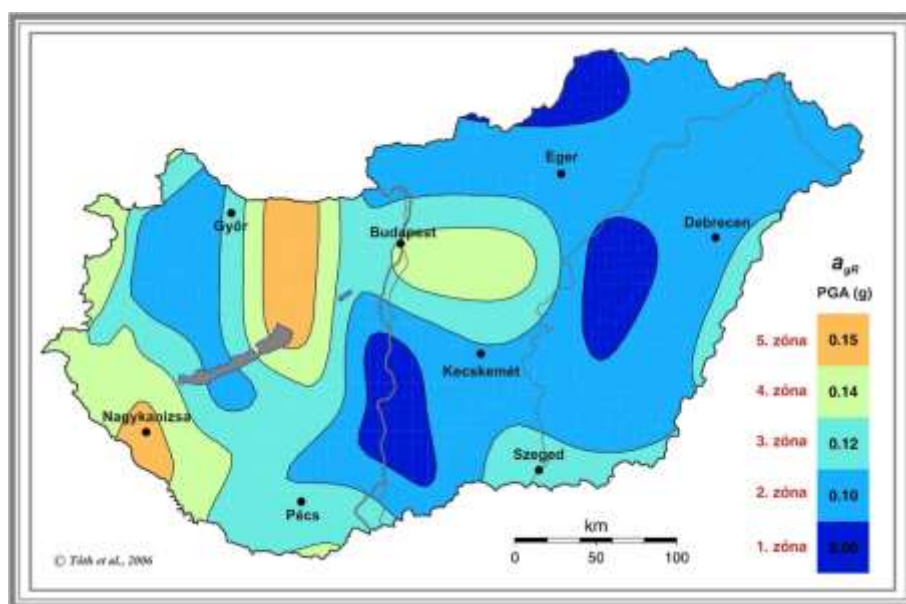
9. ábra Kecskemét déli részének jellemző földtani viszonya [6]

A fenti ábra alapján, a területen főként lösz talaj található, azonban pontos típusa nem található meg az adatbázisban. Ez nem meglepő, hiszen Kecskemét a Duna-Tisza közti Hátságon

helyezkedik el. Ezen kívül a megyeszékhely a Duna egyik policén-pleisztocén korban képződött hordalékkúpjára épült. A hordalékkúp nagy részét homokos, iszapos üledékek alkotják. A felszínén a homokbuckákat az uralkodó szélirány alakította ki. Ez a talajfajta a szakirodalmak szerint átlagos teherbírású és állékony, azonban erősen vízérzékeny. [7]

2.4. Terület szeizmicitási adatai

A Magyarországon alkalmazott szeizmikus zónatérkép alapján a kecskeméti létesítmény a 2. zónába tartozik. (EC8 - MSZ EN 1998-1:2008, 189. oldal NA. 1. ábra). Ez azt jelenti, hogy várható horizontális gyorsulási értéke az alapkőzetben 50 évre, 10% meghaladási valószínűség mellett: $a_{gR}=0,10 \text{ g} = 0,981 \text{ m/s}^2$



10. ábra: Magyarország szeizmikus zónatérképe (Eurocode 8)

Az általajok szerkezete földrengés vizsgálat szempontjából az MSZ EN 1998-1 3.1 táblázata szerint a „D” osztályba sorolandó.

1. táblázat: Szeizmicitás meghatározása (Eurocode 8)

Talaj típus	A rétegsor leírása	$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (ütés/30cm)	C_u (kPa)
D	laza, közepes tartóképeségű talajrétegek	<180	<15	<70

2.5. Talajrétegződés, talajállapot

A terület alatti talajrétegződés megállapításához a talajvizsgálati jelentésben szereplő 12 db talajmechanikai fúrást, laboratóriumi vizsgálatokat és 8 db CPT szondázási eredményeket vettem figyelembe.

A fúrások alapján legfelül 0,90-1,80 méter mélységig *fekete szerves homokos iszap feltöltés (saSi)* található.

A fedőréteg alatt 1,40-2,10 méter mélység között *száraz sárga homokos iszap (saSi)* réteget tártak fel.

A következő rétegben 2,80-5,80 méter között *tömör sárga iszapos homok (siSa)* található.

Ez alatt a rétegszelvényben *sárga homokos iszap (saSi)*, illetve *sárga iszapos homok (siSa)* talajrétegek találhatóak egymást váltogatva.

Az utolsó előtti rétegben 6,00-9,00 méter között újra *sárga homokos iszap (saSi)* réteg helyezkedik el.

A fúrások által elért utolsó rétegben *sárga,-és szürke iszapos homok (siSa)* talajréteget találtak.

A fúrások által feltárt rétegek vizsgálatok alapján kapott talajfizikai jellemzői az alábbi táblázatban találhatóak:

2. táblázat: Talajfizikai jellemzők

	fekete szerves h.iszap feltöltés	száraz sárga homokos iszap	sárga homokos iszap	sárga iszapos homok	sárga-és szürke iszapos homok
Φ (°)	25 - 27	25 - 26	25 - 27	30 - 32	30 - 32
c (kN/m ³)	12 - 14	10 - 12	11 - 12	0	0
γ (kN/m ²)	18,9 - 19,1	19,2 - 19,4	19,2-19,3	19,2 - 19,4	19,2 - 19,4
Es (MN/m ²)	10 - 12	14 - 16	11 - 13	21 - 22	20 - 21

2.6. Talajvízviszonyok

A területen 2021. március hónapban végzett fúrásokban az észlelt nyugalmi talajvíz szintjeit az alábbi táblázat foglaltam össze:

3. táblázat: Talajvíz szintek

Fúrás	Nyugalmi vízszint (mBf)	Terepszint (mBf)	Talajvízszint (m)
F1	112,40	117,10	4,70
F2	112,30	116,50	4,20
F3	112,40	117,30	4,90
F4	112,30	117,60	5,30
F5	112,40	116,50	4,20
F6	112,40	116,3	3,90
F7	112,40	117,20	4,80
F8	112,30	115,70	3,40
F9	112,30	116,10	5,80
F10	112,20	117,00	4,80
F11	112,30	117,20	4,90
F12	112,30	115,70	2,40

A fentiek alapján, a területen a mértékadó talajvízszint B 114,20 méteren várható.

Az F2 és F10-es fúrásokból vett talajvíz mintákon elvégzett vizsgálatok eredményei:

- kémhatás: pH = 7,3-7,4
- szulfácion tartalom: SO₄ = 116-225 mg/l
- kalciumion tartalom: Ca = 15-19 mg/l
- magnéziumion tartalom: Mg = 8-10 mg/l

Ezek alapján az MSZ EN 206-1 szabvány szerint a talajvíz enyhén agresszívnek minősíthető, az XA1 környezeti osztályba sorolható.

2.7. Geotechnikai kategória

A geotechnikai feladatok tervezéséhez fontos lépés a kategóriába sorolás. A 11. ábra alapján látható, hogy ehhez figyelembe kell venni több körülményt és szempontot, például a talaj-és

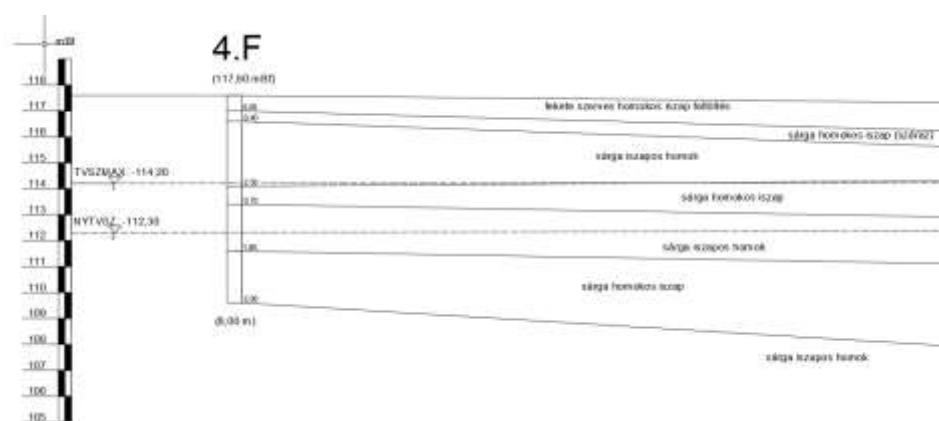
talajvíz viszonyokat, az építési technológiákat is. A szakdolgozatomban megtervezett projekt az MSZ EN 1997-1:2006 szerint a 2. geotechnikai kategóriába sorolható.

Körülmények	GC-1	GC-2	GC-3
A FELTÉTELEK RÉSZLETEZÉSE			
Kockázat	Kicsi, elhanyagolható	Közepes, átlagos	Nagy, kivételes
Építmény, tartószerkezet	Kis méretű, kis terhelésű, egyszerű, szokványos	Átlagos méretű, átlagos terhelésű, hagyományos	Nagy méretű, nagy terhelésű, bonyolult, szokatlan
Talaj viszonyok	Kedvező (nincs erősen kompresszibilis réteg), jól ismert	Átlagos, ismert vagy jól felártható	Kedvezőtlen, bonyolult vagy nehezen felártható
Talajvíz viszonyok	Nincs vagy kis mértékű vízszint változás, nincs vagy elhanyagolható vízborítás	Átlagos mértékű vízszint változás, átlagos vízborítás	Nagy mértékű vízszint változás, bonyolult vízáramlási viszonyok, nagy mértékű vízborítás vagy víznyomás kialakulása
Földrengés veszély	Nincs vagy elhanyagolható	Közepes, az EC8 használható (Magyarország területe ilyen)	Nagy
Környezeti kölcsönhatás	Jelentéktelen, elhanyagolható, nincs veszély helyzet	Szokásos, átlagos, még elfogadható, a veszélyeztetettség mértéke alacsony vagy vizsgálendő	Jelentős, a veszélyeztetettség külön intézkedést igényel (pl. állékonyági problémák)
Földtani közeg környezetvédelmi sérülékenysége	Alacsony (nem sérülékeny vagy nem veszélyeztetett)	Közepes (átlagosan sérülékeny kis mértékben veszélyeztetett)	Nagy (kiemelten sérülékeny vagy nagy mértékben veszélyeztetett, környezetvédelmi feladatok)
Talajvizsgálat (feltárás és labor)	Egyszerű, minőségi jellegű (hefáró gödör és azonosító laborvizsgálat)	Rutinszerű (fúrás, szonda és rutin laborvizsgálat)	Részletes, speciális (részletes feltárás, fúrás, szonda, helyszíni mérés és speciális laborvizsgálat)
Kivitelezés	Egyszerű szerkezet, rutinszerű módszer, esetleg egyszerű víztelenítés	Szokásos szerkezet, szokásos módszer, egyszerű víztelenítés	Speciális szerkezet, speciális módszer, bonyolult víztelenítés
Felügyelet	Szerrevezetés	Egyszerű, rutin ellenőrző mérés	Szakértői vizsgálat, műszeres megfigyelés, speciális mérés
Szükséges tervezői szakértelem	Tervezők általában (pl. geotechnikus vagy statikus tervező, közmű- vagy mélyépítő tervező)	Gyakorlott szaktervező (geotechnikus tervező vagy szakértő, statikus vagy mélyépítő tervező)	Speciálista (geotechnikus vezető tervező vagy vezető szakértő)
Tervezés menete	Egyszerű (meglévő vagy tapasztalati adatok alapján)	Átlagos (egyszerű vizsgálatok, rutin számítások EC7 szerint)	Részletes (bonyolult vizsgálatok, speciális számítások, elemzések)
Speciális mélyépítési technológia	Nem szükséges	Alternatívaként szóba jöhet	Szükséges (esetleg új szerű módszerek is)
Minimálisan szükséges geotechnikai dokumentáció	Talajvizsgálati jelentés	Tervezési beszámoló vagy bedolgozott geotechnikai tervrészlet	Geotechnikai terv

11. ábra: Geotechnikai kategóriák

3. Pontalapozás tervezése

Az alapozási mód kiválasztása előtt az előző fejezetben bemutatott fúrások és talajmechanikai adatok alapján megrajoltam a tervezett csarnok alatti rétegszelvényeket. A 12 darab fúrás alapján jól látható, hogy az altalaj mindenhol közel egyforma, a felső szerves feltöltés után sárga homokos iszap és sárga iszapos homok váltakozása található. Ezek és eddigi ismereteim alapján a pontalapozás megfelelő lehetőség erre a területre.



12. ábra: Rétegszelvény

Az építményt először a felszínhez közeli teherbíró homoktalajra támaszkodó pontalapokat terveztem. Ehhez először felvettem az alapozási síkot. Figyelembe vettem, hogy a 12 fúrásban feltárt talajrétegződésekben az alapozási sík a teherbíró homokos talajra kerüljön, és fagyhatár alatti legyen. Így az alapozási síkot **114,80 mBf** vettem fel, egységesen az összes pillér alatt. Következő lépésben a kapott teheradatokat alapján csoportokra osztottam a pilléreket. Először az csarnok felét vettem figyelembe a dilatációs egységig. Az itt található 80 db pillért 10 csoportra osztottam fel P1-től P10-ig.

3.1. Alapozás méretezése

Az alapozás méretezéséhez első lépésként a talajfizikai paraméterek karakterisztikus értékeit határoztam meg a további számítások elvégzéséhez. Ehhez a következő képleteket használtam:

- térfogatsúly: $\gamma_k = 1,025 \cdot \gamma_m$
- kohézió: $c_k = 0,8 \cdot c_m$
- belső súrlódási szög: $\Phi_k = \arctg(0,95 \cdot \tg \Phi_m)$

Az így kapott talajfizikai értékeket a következő táblázatban foglaltam össze:

4. táblázat: Talajfizikai értékek karakterisztikus értékei

Talaj	térfogatsúly (kN/m ³)	súrlódási szög (°)	kohézió (kN/m ²)	össze nyomódási modulus (MN/m ²)	Poisson tényező
f.szerves homokos iszap feltöltés	19,48	24,86	10,4	11	0,2
s. homokos iszap (száraz)	19,73	24,38	8,8	14	0,27
s. iszapos homok	19,78	29,72	-	21,5	0,3
s. homokos iszap	19,73	24,86	10,8	12	0,2
s.-sz. iszapos homok	19,78	29,72	-	21	0,2

A karakterisztikus értékek meghatározása után következett az alaptestek méretezése.

Az alaptest magasságát 60 cm-re vettem fel.

Következő lépésként az általam kialakított 10 darab pillércsoportra ható mértékadó tervezési és hasznos terheket gyűjtöttem a kapott adatok alapján.

A tervezési értékek az alapok teherbírásának meghatározásához kell.

A hasznos terhek pedig a süllyedésszámításokhoz elvégzéséhez szükségesek.

A mértékadó tervezési értékeket a következő táblázatban foglaltam össze:

5. táblázat: Pontalapok mértékadó tervezési terhei

	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)
P1	1235	335	320
P2	170	40	5
P3	632	37	9
P4	2256	742	742
P5	349	157	32
P6	800	182	3
P7	820	72	1010
P8	920	114	1360
P9	678	446	135
P10	1470	60	184

A mértékadó hasznos terheket pedig a következő táblázatban található meg:

6. táblázat: Pontalapok mértékadó hasznos terhei

	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)
P1	314	335	320
P2	109	362	5
P3	370	270	9
P4	1200	742	742
P5	133	421	5
P6	385	305	9
P7	500	72	1010
P8	560	114	1360
P9	349	446	135
P10	890	120	350

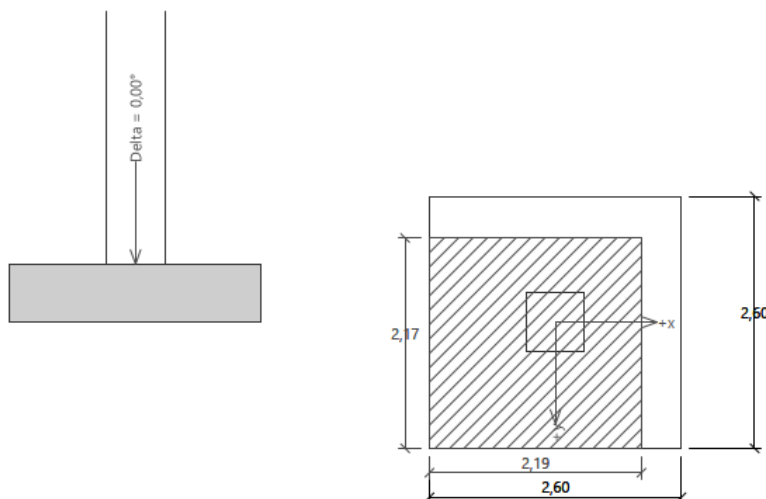
Az alaptest szélességi méretezéséhez a GEO5 szoftvert használtam.

A szoftver az MSZ EN 1997 – 1:2006 D4. Drénezett viszonyok mellékletében található talajtörési képletet használatával határozza meg az alaptest szélességeit:

$$R/A' = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

A program, a mértékadó tervezési terhek megadása után a fenti törőképlet használatával a következő eredményeket határozta meg a pontalapok szélességi méreteinek:

3.1.1. P1 pontalapozás tervezése



13. ábra: 1. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 719,28 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 327,06 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,084 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,088 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,121 < 0,333$

Teher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

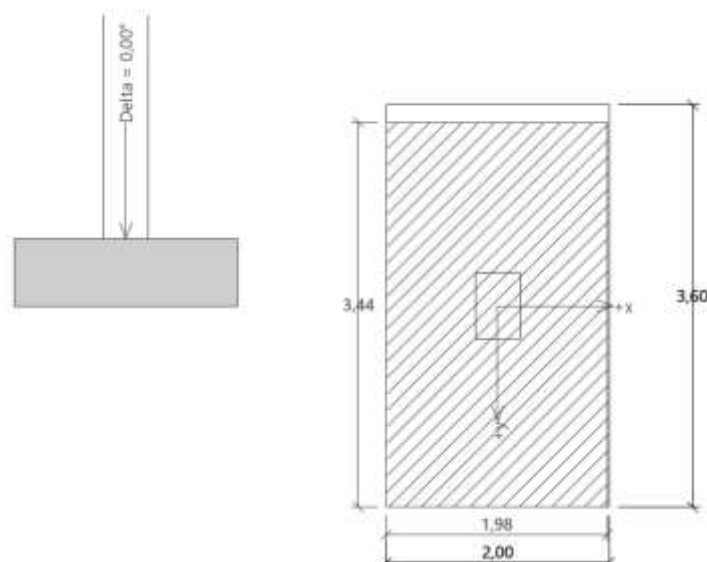
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 665,07 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.2. P2 pontalapozás tervezése



14. ábra: 2. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 625,54 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 74,91 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,006 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,026 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,027 < 0,333$

Teher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

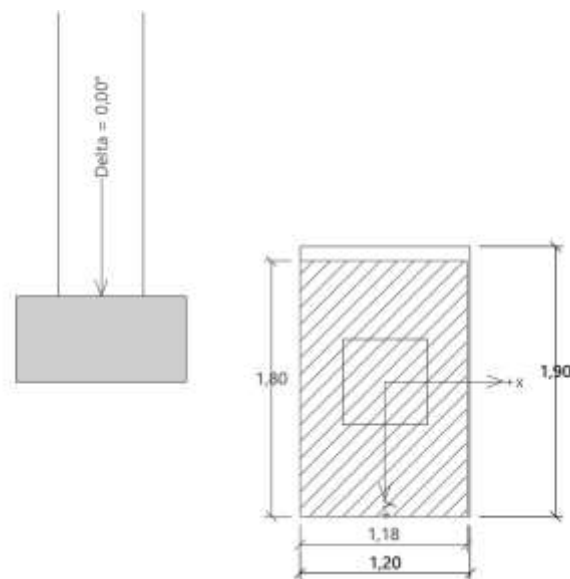
A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 245,44 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.3. P3 pontalapozás tervezése:

15. ábra: 3. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése**Függ. teherbírás ellenőrzése**

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 628,45 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 345,97 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,011 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,028 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,030 < 0,333$

Teher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

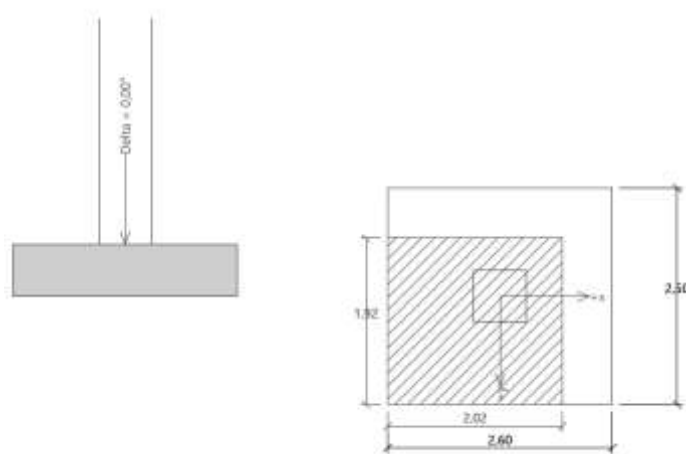
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 318,09 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.4. P4 pontalapozás tervezése



16. ábra: 4. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 697,40 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 659,80 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,015 < 0,333$

Max. kül. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,120 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,166 < 0,333$

Teher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

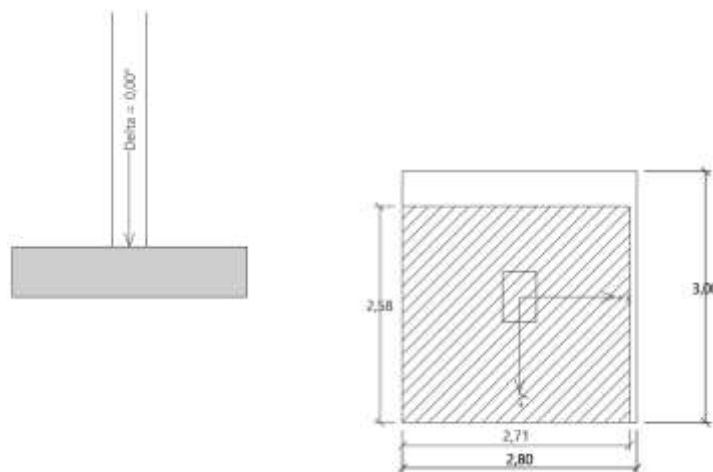
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 1074,35 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.5. P5 pontalapozás tervezése



17. ábra: 5. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 739,23 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 106,78 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. kül. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,018 < 0,333$

Max. kül. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,081 < 0,333$

Max. átlagos kül. pontosság: $e_t = 0,083 < 0,333$

Teher kül. pontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

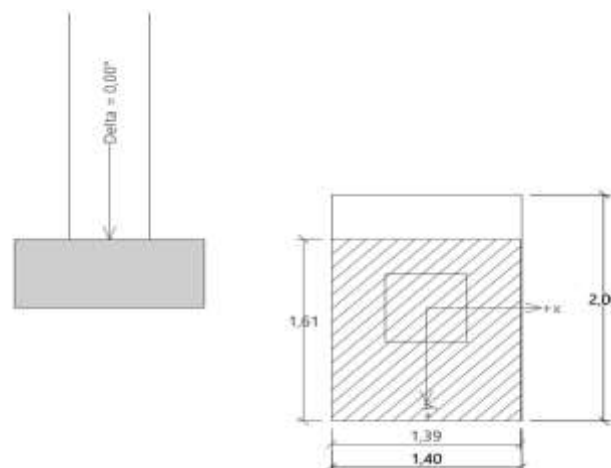
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 344,23 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.6. P6 pontalapozás tervezése



18. ábra: 6. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 662,78 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 413,07 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher kül. pontosság ellenőrzése

Max. kül. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,002 < 0,333$

Max. kül. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,102 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,102 < 0,333$

Téher külponrossága MEGFELELŐ

Vízszintes téherbírási ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú téhereset. (1 sz. téher)

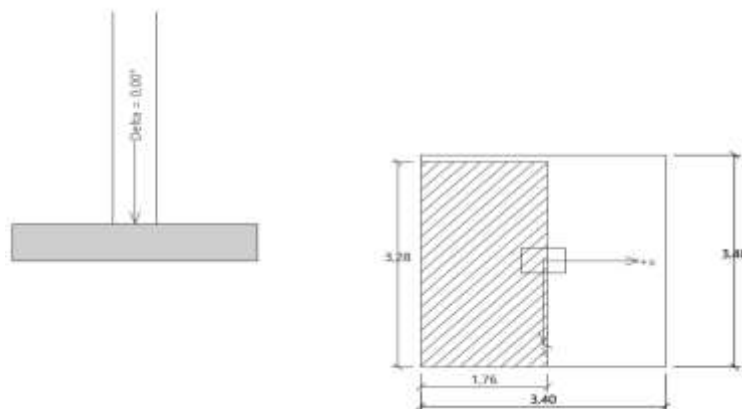
Vízszintes téherbírási: $R_{dh} = 397,60 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes téherbírási MEGFELELŐ

Alap téherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.7. P7 pontalapozási tervezése



19. ábra: 7. pontalap

Síkalap téherbíró képességének ellenőrzése

Függ. téherbírási ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú téhereset: (1 sz. téher)

Alapozási talaj tervezési téherbírási: $R_d = 618,96 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 213,15 \text{ kPa}$

Függőleges irányú téherbírási MEGFELELŐ

Téher külponossági ellenőrzése

Max. kül. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,242 < 0,333$

Max. kül. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,017 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,242 < 0,333$

Téher külponrossága MEGFELELŐ

Vízszintes téherbíráss ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú téhereset. (1 sz. téher)

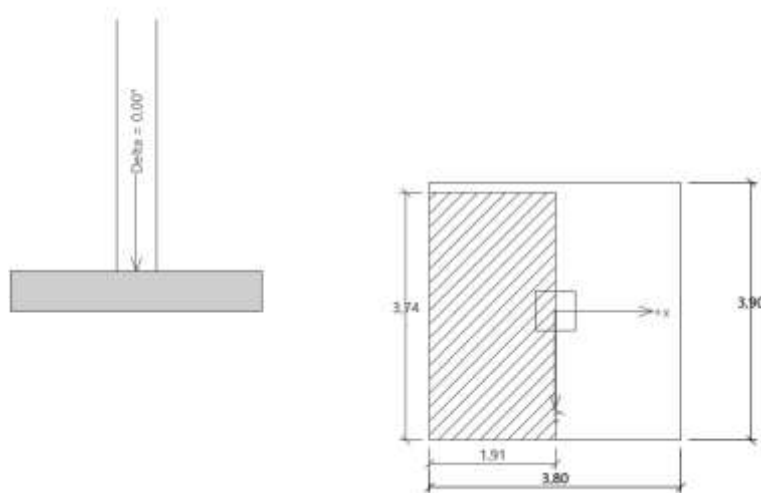
Vízszintes téherbíráss: $R_{dh} = 581,95 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes téherbíráss MEGFELELŐ

Alap téherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.8. P8 pontalapozás tervezése



20. ábra: 8. pontalap

Síkalap téherbíró képességének ellenőrzése

Függ. téherbíráss ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú téhereset: (1 sz. téher)

Alapozási talaj tervezési téherbíráss: $R_d = 613,38 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 201,37 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,248 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,020 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,249 < 0,333$

Téher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

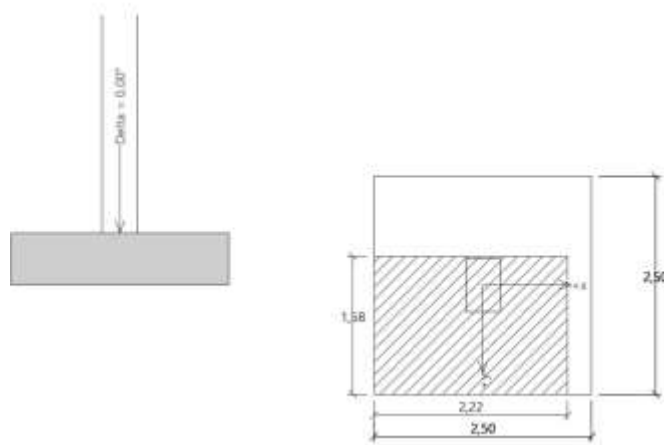
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 684,83 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.9. P9 pontalapozás tervezése



21. ábra: 9. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 641,95 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 276,51 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Téher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,060 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,199 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,208 < 0,333$

Téher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. téher)

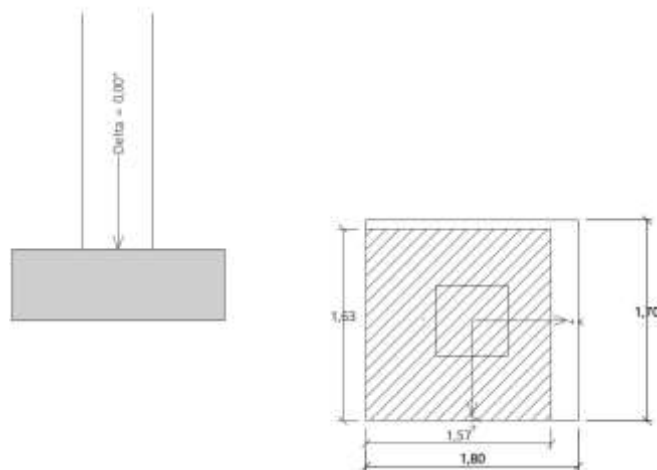
Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 417,63 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

3.1.10. P10 pontalapozás tervezése



22. ábra: 10. pontalap

Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírás ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyszög

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset: (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása: $R_d = 674,01 \text{ kPa}$

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 629,42 \text{ kPa}$

Függőleges irányú teherbírás MEGFELELŐ

Teher külpontosság ellenőrzése

Max. külp. az alap hosszúsága irányában: $e_x = 0,065 < 0,333$

Max. külp. az alap szélessége irányában: $e_z = 0,022 < 0,333$

Max. átlagos külpontosság: $e_t = 0,069 < 0,333$

Teher külpontossága MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírás ellenőrzése

A legkedvezőtlenebb, 1 számú tehereset. (1 sz. teher)

Vízszintes teherbírás: $R_{dh} = 740,38 \text{ kN}$

Vízszintes erő szélsőértéke: $H = 0,00 \text{ kN}$

Vízszintes teherbírás MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

Az így kapott pontalapok szélességi méretét az alábbi táblázatban foglaltam össze:

7. táblázat: Pontalapok szélességi méretei

Pontalap száma	B (m)	L (m)
P1	2,60	2,60
P2	2,00	3,60
P3	1,20	1,90
P4	2,60	2,50
P5	2,80	3,00
P6	1,40	2,00
P7	3,40	3,40
P8	3,80	3,90
P9	2,50	2,50
P10	1,80	1,70

3.2. Pontalapok süllyedésszámítása

Következő lépésben következett a pontalapok süllyedésszámítás.

A süllyedések meghatározásához a Jáky-féle közelítő eljárást alkalmaztam. Ez a módszer azt feltételezi, hogy a talajban a feszültség lineárisan csökken, így a határmélységet a következő képlettel lehet számítani:

$$m_0 = 2 * B * \left(1 - \frac{B}{2 * L}\right)$$

Ez után minden egyes részréteg süllyedését (s_i) határoztam meg a következő képlet segítségével:

$$s_i = \frac{\sigma_{zi}}{E_{si}} * h_i$$

ahol,

σ_{zi} : a részrétegben keletkező fezsültség

E_{si} : a részréteg össze nyomódási modulusa

h_i : a részréteg vastagsága

Az így kapott összes részréteg süllyedésének összeadásával megkaptam mind a 10 tervezett pontalap süllyedését. A számítás részletes eredményei a M-1-es mellékletben található meg. A 10 pontalap süllyedéseinek eredményei a következők lettek mm-ben meghatározva:

8. táblázat: Pontalapok süllyedése

	Vd (kN)	B (m)	L (m)	P (kN/m)	mo (m)	süllyedés (mm)
P1	314,0	2,6	2,6	120,8	5,7	21,0
P2	114,0	2,0	3,6	57,0	4,7	8,3
P3	370,0	1,2	1,9	308,3	3,1	20,3
P4	1358,0	2,6	2,5	522,3	5,7	89,9
P5	143,0	2,8	3,0	51,1	6,1	9,8
P6	380,0	1,4	2,0	271,4	3,5	25,4
P7	500,0	3,4	3,4	147,1	7,3	34,4
P8	560,0	3,8	3,9	147,4	8,1	38,9
P9	405,0	2,5	2,5	162,0	5,5	26,9
P10	1007,0	1,8	1,7	559,4	4,1	62,0

A süllyedések meghatározása után ellenőriztem a pontalapok süllyedéskülönbségeit.

Az MSZ EN 1997-1:2006 NA1. táblázata alapján a statikailag határozatlan vasbeton szerkezetek alakváltozásának határértéke 0,0020. A szomszédos alapok alakváltozásának értékét a következő képlettel számoltam ki:

$$s = \frac{s_a - s_b}{\Delta l}$$

ahol,

$s_a - s_b$: A 2 szomszédos pontalap süllyedés különbségének abszolút értéke

Δl : A két szomszédos pontalap közötti távolság.

Az így kapott értékek mindegyike megfelelt a határértéknek, így nem kellett a szélességüket növelni. Az eredményeket a következő táblázatban foglaltam össze:

9. táblázat: Pontalapok relatív süllyedései

Vizsgálatok	Δl	$s_a - s_b$	Arányuk	Határérték	
P1-P9	6	0,0023	0,0004	0,002	Megfelel
P1-P7	6	0,0025	0,0004	0,002	Megfelel
P2-P9	4,5	0,0048	0,0011	0,002	Megfelel
P2-P3	4,5	0,0093	0,002	0,002	Megfelel
P3-P1	4,5	0,0068	0,002	0,002	Megfelel
P10-P3	12	0,0058	0,0005	0,002	Megfelel
P10-P6	12	0,0064	0,0005	0,002	Megfelel
P5-P6	6	0,0074	0,0012	0,002	Megfelel
P8-P7	6	0,0004	0,0001	0,002	Megfelel
P1-P5	6	0,0012	0,0002	0,002	Megfelel
P10-P4	24	0,0007	0,00003	0,002	Megfelel
P10-P8	24	0,0097	0,0004	0,002	Megfelel

3.3. Összefoglalás

Az eddigi vizsgálatok és számítások alapján arra a következtetésre jutottam, hogy hiába felel meg a süllyedési kritériumoknak, gazdaságtalan pontalapokat kialakítani. Az alapozások szélességei túl nagyok. Csökkentésükhöz növelni kellene az alapok vastagságát és beton helyett vasbetonból lenne célszerű megépíteni. Így a 186 db pillér alatti pontalap kivitelezéséhez sok beton mennyiségre és földmunkára lenne szükség. Ezeken kívül még az élőmunka igénye is nagy. Így a logisztikai csarnok további részén nem folytattam a síkalapozási számításokat, hanem más alternatívát kerestem.

4. Cölöpalapozás tervezése

A talajvizsgálati jelentés nyomán felrajzolt rétegszelvények és a csarnok szerkezeti kialakítása alapján cölöpalapozással is kivitelezhető. A CFA cölöpözési technológiát választottam a fentiekben bemutatott projekthez, ami egy talajhelyettesítési technológia. Az összes cölöp átmérője 40 cm.

A cölöpök méretezéséhez 8 darab CPT szondázási vizsgálatot végeztek az építési területen. A rendelkezésemre álló szondázási diagramok alapján hasonló talajrétegződést adódott, mint a talajmechanikai fúrások alapján. Az altalaj majdnem egészen homokos iszap, iszapos homok található. Kis réteg vastagságban, kb. 111 – 109 mBf között iszapos agyag réteg található minden szondázásnál.

Első lépésként cölöp csoportokat alakítottam ki. A két hosszabb oldalon lévő pillérek alá 2 darab, a többinél pedig 4 darab cölöpöt tartalmazó csoportot terveztem. A dilatációs középső részen 6-os cölöp csoportot alakítottam ki. Az így kiosztott egyedi cölöpökre 195 – 967 kN nagyságú terhelések hatnak. Ami a mellékletben található S03 cölöp kiosztási terven látható.

A gazdaságos kivitelezés érdekében nem csak egyféle hosszúságú cölöpöt terveztem. A CFA cölöpözési technológia egyik nagy előnye, hogy jól gépesített.

4.1. Egyedi cölöpök teherbírásának meghatározása

Az egyedi cölöpök teherbírását a CPT szondázás adataiból határoztam meg. A számításhoz az MSZ EN 1997-1 és 2 szabványban található ajánlott módszert használtam.

A cölöpök teljes ellenállásának számításához a talpellenállást ($R_{s,cal}$) és a palástellenállást ($R_{b,cal}$) kell kiszámolni.

$$R_{c,cal} = R_{s,cal} + R_{b,cal}$$

A tervezett $\pm 0,00$ szint 116,90 mBf lett megadva. Ez a kiinduló adat, ezt kell venni a tervezésnél.

A cölöp átmérő egységesen 400 mm, $D = 0,40$ m.

A talpellenállásokat a MSZ EN 1997-2 D mellékletében található képlettel számítottam ki:

$$q_{b,cal} = \lambda_b * \alpha_b * 0,5 * (q_{cIII} + \frac{q_{cII} + q_{cI}}{2})$$

ahol:

$\lambda_b = 0,7$ redukciós tényező,

$\alpha_b = 0,8$ talpellenállás technológiai szorzója,

q_{cI} = cölöp csúcs alatti $0,7 \cdot D - 4,0 \cdot D$ mélység átlagos ellenállása,

q_{cII} = cölöp csúcs alatti $0,7 \cdot D - 4,0 \cdot D$ mélység legkisebb ellenállásainak átlaga,

q_{cIII} = cölöpcsúcs felett $8,0 \cdot D$ mélységben az ellenállások átlaga, maximum 2,0 Mpa lehet.

A palástellenállások meghatározásához figyelembe kell venni, hogy szemcsés vagy kötött rétegben található.

Szemcsés talajban a következő képletet kell alkalmazni:

$$q_{s;cal} = \alpha_{sg} * \sqrt{q_c}$$

Kötött talajban pedig:

$$q_{s;cal} = \mu_{sg} * 1,2 * \sqrt{q_c}$$

ahol:

$\alpha_{sg} = 0,5$ technológiai szorzó tényező

$\mu_{sg} = 1,00$ technológiai szorzó tényező.

A palástellenállás és csúcsellenállások meghatározása után kiszámoltam a cölöpök ellenállásának karakterisztikus értékeit. Ehhez a szabvány által ajánlott számítást alkalmaztam. Az átlagos számított ellenállás és a minimális számított ellenállást határoztam meg. A korrelációs tényezőket a szabvány alapján vettem fel:

$$x_{mean} = 1,26$$

$$x_{min} = 1,10$$

Ezután az egyedi cölöpök tervezési értékeit határoztam meg a következő képlettel:

$$R_{c;d} = \min\left[\frac{R_{c,k}}{\gamma_t}; \frac{R_{b,k}}{\gamma_b}; \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}\right] / \gamma_{R,d}$$

ahol

$R_{c,k}$ = egyedi cölöp nyomási teherbírásának karakterisztikus értéke

$R_{b,k}$ = a talpellenállás karakterisztikus értéke

$R_{s,k}$ = a palástellenállás karakterisztikus értéke

$\gamma_t = 1,15$, teljes ellenállás parciális tényezője

$\gamma_b = 1,20$, talpellenállás parciális tényezője

$\gamma_s = 1,10$, palástellenállás parciális tényezője

$\gamma_{s;t} = 1,25$, húzott cölöp palástellenállásának parciális tényezője

$\gamma_{R,d} = 1,10$, modell tényező.

A részletesen számítási eredmények az M-2-mas mellékletben található meg.

A következő táblázatokban találhatóak a kapott teherbírási értékek:

Egyedi cölöp számított nyomási ellenállásából a karakterisztikus értéke:								
400 mm átmérő	1 CPT	2 CPT	3 CPT	4 CPT	5 CPT	6 CPT	7 CPT	8 CPT
Talpellállás R_b ;cal (kN)	141,45	126,84	285,01	219,38	246,12	331,63	185,43	228,71
Palástellenállás R_s ;cal (kN)	367,27	252,96	253,24	220,85	330,73	306,71	267,46	300,27
Teljes ellenállás R_c ;cal (kN)	508,71	379,80	538,25	440,23	576,85	638,33	452,89	528,98
Korrelációs tényezők:		Cölöp hossza=		5,75 m				
x_{mean} =	1,26							
x_{min} =	1,1							
$(R_{c,m})_{mean}$ =	508,01 kN							
$(R_{c,m})_{min}$ =	379,80 kN							
$R_{c,k}$ =	min	403,18	345,273 kN					
		345,273						
Egyedi cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke:				Egyedi cölöp húzási ellenállás tervezési értéke:				
$R_{c,k}$ =	345,273 kN	Y_t	=	1,15	$R_{s,k}$ =	212,91 kN	$Y_{s,t}$	= 1,25
$R_{b,k}$ =	163,39 kN	Y_b	=	1,2			$Y_{R,d}$	= 1,1
$R_{s,k}$ =	212,91 kN	Y_s	=	1,1				
		$Y_{R,d}$	=	1,1	$R_{s,d}$ =	154,85 kN		
$R_{c,d}$ =	min	300,237	193,559					
		136,155						
		$R_{c,d}$ =	299,74 kN					
Az 5,75 m egyedi cölöp nyomási ellenállása:						299,74 kN		
Az 5,75 m egyedi cölöp húzási ellenállása:						154,85 kN		

23. ábra: 5,75 m egyedi cölöp

Egyedi cölöp számított nyomási ellenállásából a karakterisztikus értéke:								
400 mm átmérő	1 CPT	2 CPT	3 CPT	4 CPT	5 CPT	6 CPT	7 CPT	8 CPT
Talpellenállás R_b ;cal (kN)	373,50	352,56	608,19	316,14	415,19	190,88	386,52	453,55
Palástellenállás R_s ;cal (kN)	572,81	446,27	508,77	419,18	545,78	567,89	466,09	523,23
Teljes ellenállás R_c ;cal (kN)	946,31	798,83	1116,95	735,33	960,98	758,77	852,61	976,78
Korrelációs tényezők:								
x_{mean}	1,26	Cölöp hossza=			8,5 m			
x_{min}	1,1							
$(R_{c,m})_{\text{mean}}$	893,32 kN							
$(R_{c,m})_{\text{min}}$	735,33 kN							
$R_{c,k}$	min	708,983	668,481 kN					
		668,481						
Egyedi cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke:				Egyedi cölöp húzási ellenállás tervezési értéke:				
$R_{c,k}$	668,481 kN	Y_1	=	1,15	$R_{s,k}$	375,00 kN	$Y_{s,t}$	= 1,25
$R_{b,k}$	286,72 kN	Y_b	=	1,2			$Y_{R,d}$	= 1,1
$R_{s,k}$	375,00 kN	Y_s	=	1,1				
		$Y_{R,d}$	=	1,1	$R_{s,d}$	272,73 kN		
$R_{c,d}$	min	581,288	340,911					
		238,93						
		$R_{c,d}$	527,128 kN					
Az 8,50 m egyedi cölöp nyomási ellenállása:					527,128 kN			
Az 8,50 m egyedi cölöp húzási ellenállása:					272,73 kN			

24. ábra: 8,50 m egyedi cölöp

Egyedi cölöp számított nyomási ellenállásából a karakterisztikus értéke:								
400 mm átmérő	1 CPT	2 CPT	3 CPT	4 CPT	5 CPT	6 CPT	7 CPT	8 CPT
Talpell ellenállás $R_{b,cal}$ (kN)	583,03	486,97	181,73	163,26	174,87	190,88	138,46	182,61
Palást ellenállás $R_{s,cal}$ (kN)	820,33	718,27	831,89	685,38	783,62	844,74	744,30	823,04
Teljes ellenállás $R_{c,cal}$ (kN)	1403,36	1205,24	1013,63	848,64	958,49	1035,62	882,75	1005,66
Korrelációs tényezők:								
$X_{mean} =$	1,26							
$X_{min} =$	1,1							
$(R_{c,m})_{mean} =$	1044,17 kN							
$(R_{c,m})_{min} =$	848,64 kN							
$R_{c,k} =$	min	828,71	771,492 kN					
		771,492						
Egyedi cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke:				Egyedi cölöp húzási ellenállás tervezési értéke:				
$R_{c,k} =$	771,492169 kN	$Y_t =$	1,15	$R_{s,k} =$	578,85 kN	$Y_{s,t} =$	1,25	
$R_{b,k} =$	194,61 kN	$Y_b =$	1,2			$Y_{R,d} =$	1,1	
$R_{s,k} =$	578,85 kN	$Y_s =$	1,1					
		$Y_{R,d} =$	1,1			$R_{s,d} =$	420,98 kN	
$R_{c,d} =$	min	670,863	526,227					
		162,178						
		$R_{c,d} =$	625,822 kN					
Az 12,00 m egyedi cölöp nyomási ellenállása:					625,82 kN			
Az 12,00 m egyedi cölöp húzási ellenállása:					420,98 kN			

25. ábra: 12,00 m egyedi cölöp

Egyedi cölöp számított nyomási ellenállásából a karakterisztikus értéke:								
400 mm átmérő	1 CPT	2 CPT	3 CPT	4 CPT	5 CPT	6 CPT	7 CPT	8 CPT
Talpell ellenállás $R_{b,cal}$ (kN)	1073,17	1064,72	920,11	591,47	773,03	650,76	522,69	833,55
Palást ellenállás $R_{s,cal}$ (kN)	950,60	811,68	922,99	746,46	878,30	924,09	809,48	852,36
Teljes ellenállás $R_{c,cal}$ (kN)	2023,77	1876,41	1843,10	1337,93	1651,33	1574,86	1332,16	1685,91
Korrelációs tényezők:								
$X_{mean} =$	1,26							
$X_{min} =$	1,1							
$(R_{c,m})_{mean} =$	1665,68 kN							
$(R_{c,m})_{min} =$	1332,16 kN							
$R_{c,k} =$	min	1321,97	1211,06 kN					
		1211,06						
Egyedi cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke:				Egyedi cölöp húzási ellenállás tervezési értéke:				
$R_{c,k} =$	1211,05695 kN	$Y_t =$	1,15	$R_{s,k} =$	638,51 kN	$Y_{s,t} =$	1,25	
$R_{b,k} =$	595,32 kN	$Y_b =$	1,2			$Y_{R,d} =$	1,1	
$R_{s,k} =$	638,51 kN	$Y_s =$	1,1					
		$Y_{R,d} =$	1,1			$R_{s,d} =$	464,37 kN	
$R_{c,d} =$	min	1053,09	580,468					
		496,104						
		$R_{c,d} =$	978,702 kN					
Az 13,25 m egyedi cölöp nyomási ellenállása:					978,70 kN			
Az 13,25 m egyedi cölöp húzási ellenállása:					464,37 kN			

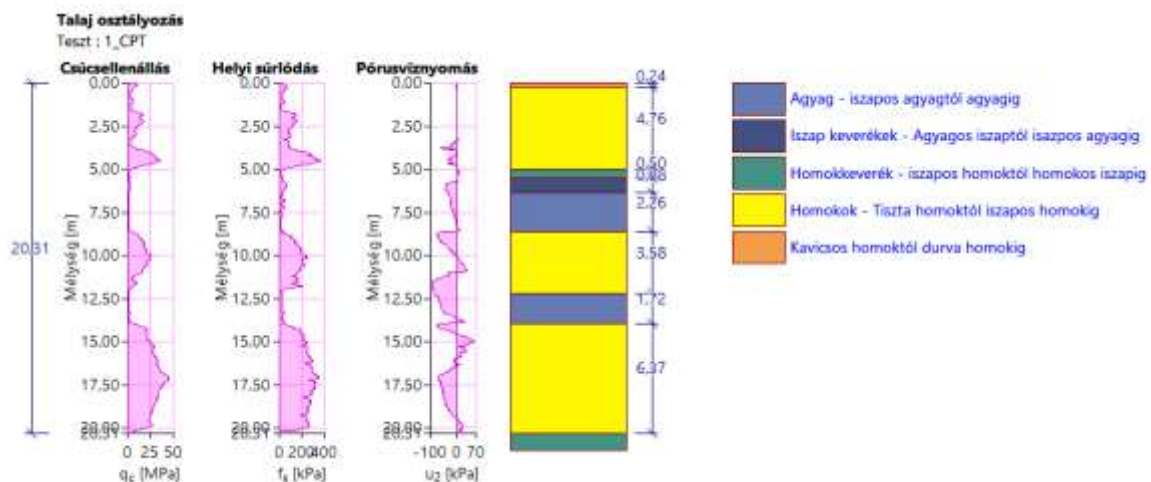
26. ábra: 13,25 m egyedi cölöp

A fenti számítások alapján a tervezett hosszúságok: 13,25, 12,00 és 8,50 méter. Az 5,75 méterre tervezett egyedi cölöp 154 kN húzási teherbírása túl kevés, a cölöpre jutó terhelésekhez képest. Ennek következtében ezt a cölöp hosszúságot nem terveztem be. A cölöpök mindegyike a jó teherbírással rendelkező homoktalajba adja tovább a terheit, így megfelelőek a felszerkezetből adódó terhelések viselésére.

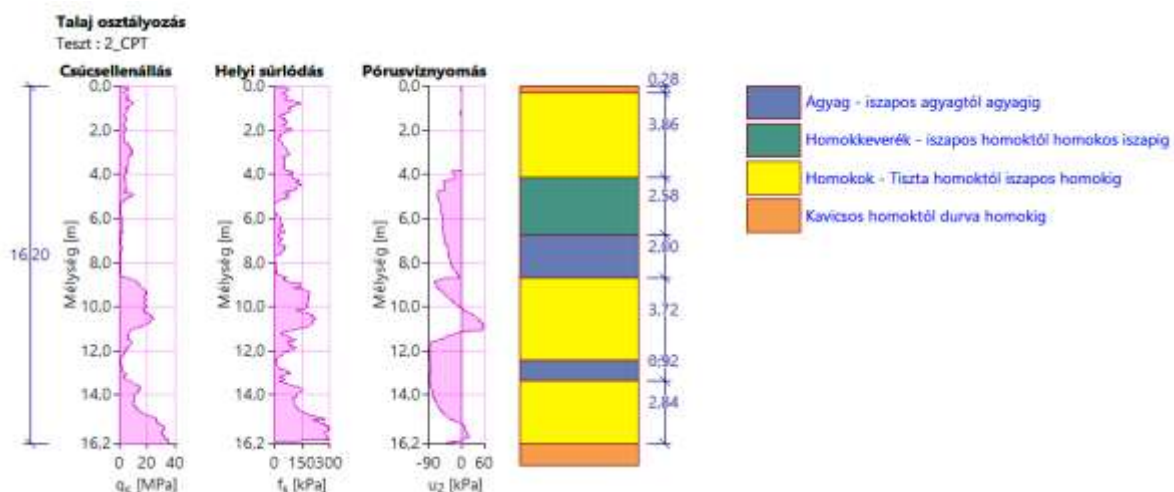
4.2. Egyedi cölöpök ellenőrzése

Az egyedi cölöpök teherbírását GEO5 szoftver segítségével is meghatároztam ellenőrzésképpen. A szoftver az általam is alkalmazott Eurocode 7-ben ajánlott összefüggésekkel és képletekkel számol, az úgynevezett holland módszer szerint.

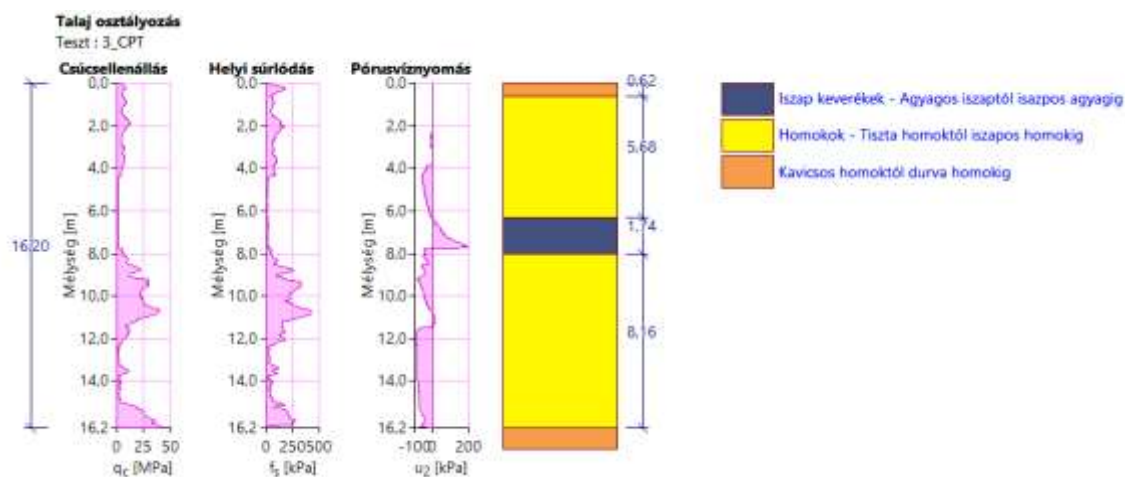
Az egyedi cölöp tervezéséhez első lépésként a CPT szondázás adatait töltöttem be a programba. Így az adatból automatikusan kirajzolta a talaj rétegződését a Robertson diagram (2010) talajosztályozási elmélet alapján:



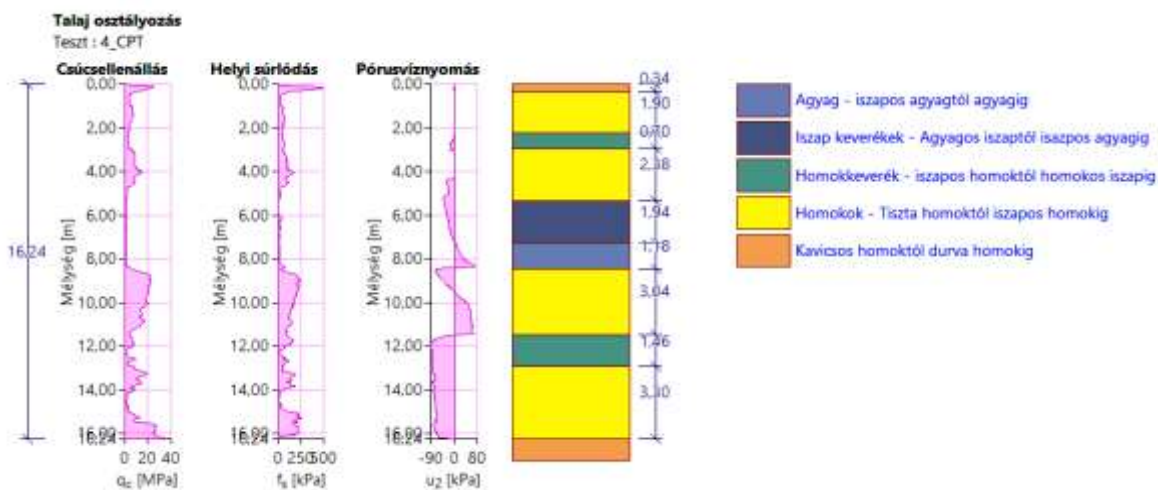
27. ábra: Talajrétegződés 1. CPT alapján



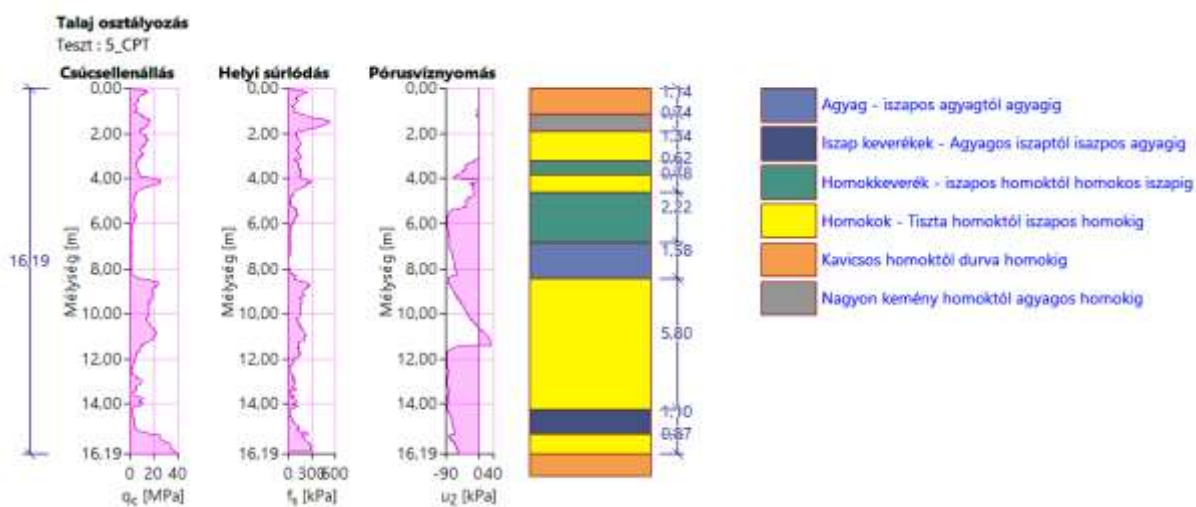
28. ábra: Talajrétegződés 2. CPT alapján



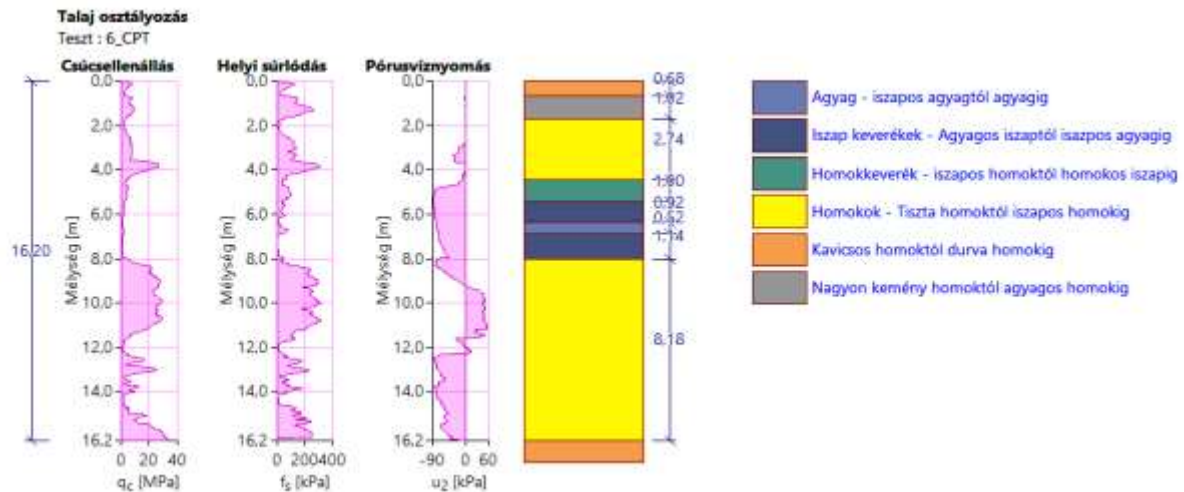
29. ábra: Talajrétegződés 3. CPT alapján



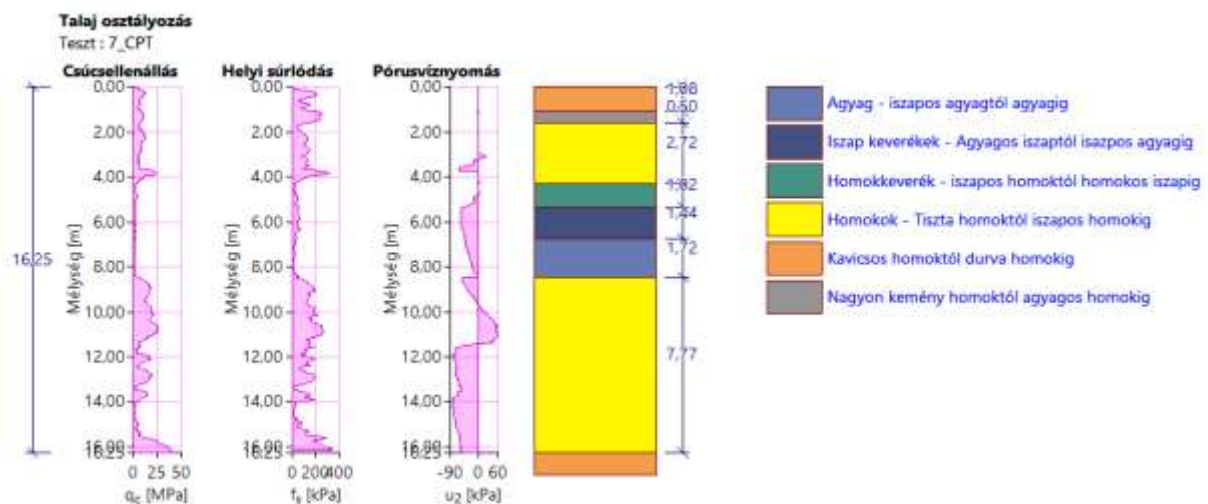
30. ábra: Talajrétegződés 4. CPT alapján



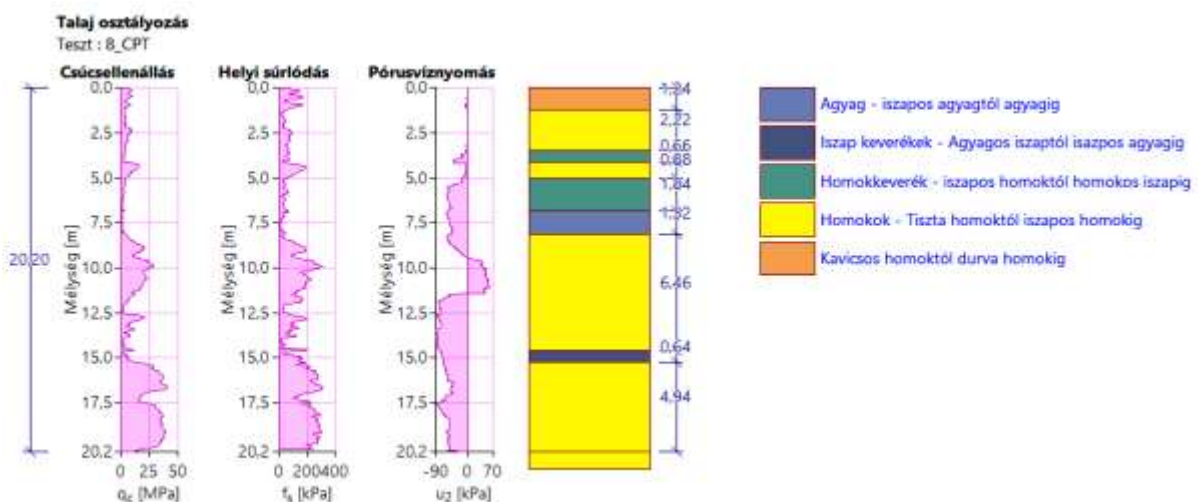
31. ábra: Talajrétegződés 5. CPT alapján



32. ábra: Talajrétegződés 6. CPT alapján



33. ábra: Talajrétegződés 7. CPT alapján



34. ábra: Talajrétegződés 8. CPT alapján

Itt is megfigyelhető, hogy a talajmechanikai vizsgálatok eredményeihez hasonlóan a szondázások szerint is főként homokos iszap és iszapos homok rétegből tevődik össze az altalaj. Ezek után a programban megadtam a cölöpök szerkezeti tulajdonságait, az átmérőjüket és hosszukat. Ezek után pedig a GEO5 meghatározta a cölöpök teherbírásának tervezési értékeit. A GEO5 program is az Eurocode 7 szabvány szerinti biztonsági tényezőkkel számol a holland módszer alkalmazásával. A részletes eredmények a M-3-es mellékletben található.

A cölöpök tervezési értékeit az alábbi táblázatban foglaltam össze:

10. táblázat: Cölöpök teherbírásának tervezési értékei

Cölöp hosszúság:	Nyomási ellenállás GEO5	Nyomási ellenállás EC7
8,50 méter	654,79 kN	527,13 kN
12,00 méter	810,91 kN	625,82 kN
13,25 méter	1114,32 kN	978,70 kN

Az így kapott ellenállási eredmények mindegyike jóval nagyobb, mint az előző fejezetben kapott eredmények. Az általam számított értékek és az így kapott eredmények között átlagosan 150 kN eltérés van.

További számításokhoz nem a szoftver által kapott eredményeket veszem figyelembe a biztonság érdekében, hanem az általam meghatározottakat.

4.3. Cölöpteherbírás Caquot-Kerisel módszerével

A cölöpök teherbírásának meghatározására többféle módszer létezik. Érdekességképpen más eljárással is kiszámoltam ugyanazon cölöpök ellenállását. Tanulmányaim során a fenti módszeren kívül tanultuk a Caquot-Kerisel módszert, így ezt fogom használni.

Ez a módszer statikus képleteken alapul. A számításhoz a talajfizikai jellemzők karakterisztikus értékét vettem figyelembe.

A teljes teherbírást ugyanúgy két részre kell osztani, a csúcsellenállásra (P_{cs}) és köpenysúrlódásra (P_s).

A csúcsellenállás értékét a következő képlettel kell meghatározni:

$$F_{cs} = A * (N_1 * (q * \tan \phi + c) + q)$$

ahol:

A: a cölöp keresztmetszeti területe,

N_1 : teherbírási tényező, aminek értéke a talaj belső súrlódási szögétől függ,

q: a cölöpcsúcs lévő hatékony feszültség.

A palástellenállás értékének kiszámításához pedig a következő képletet kell alkalmazni:

$$F_p = K * (0,5 * \lambda_1 * \sum l_k * \gamma_i * N_{2,i} + \lambda_2 \frac{\sum c_i * l_k}{\sum l_k})$$

ahol:

K: cölöppalást felülete,

$\lambda_{1,2}$: 0,70 ajánlás alapján,

l_k : talajréteg vastagsága,

γ_i : talajréteg térfogatsúlya,

c_i : talajréteg kohéziója

N_2 : teherbírasi tényező, aminek értéke a belső súrlódási szögtől függ. [1]

A 8,50, 12,00 és 13,25 méter hosszú és 40 cm átmérőjű cölöpök teherbírását számoltam ki. A számításhoz a talajfizikai értékek 3.1. fejezetben meghatározott karakterisztikus értékeit alkalmaztam.

A következő eredményeket kaptam a 3 különböző hosszúságú cölöpre a fenti képletek alapján:

cölöp hossz:	8,5			cölöp hossz:	12			cölöp hossz:	13,25		
A=	0,13			A	0,13			A	0,13		
N ₁ =	20,85		Fcs= 303,74	N ₁	20,85		Fcs= 225,40	N ₁	29,97		Fcs= 536,52
q=	168			q	211,5			q	236,225		
tgfi=	0,57			tgfi	0,359			tgfi	0,57		
c=	12			c	0			c	0		
K=	10,68			K=	15,072			K=	16,642		
$\lambda_{1,2}$ =	0,7			$\lambda_{1,2}$ =	0,7			$\lambda_{1,2}$ =	0,7		
l ₁ =	1,25			l ₁ =	1,25			l ₁ =	1,25		
Y ₁ =	19,48		Fp= 829,14	Y ₁ =	19,48		Fp= 2223,66	Y ₁ =	19,48		Fp= 2896,98
c ₁ =	10,4			c ₁ =	10,4			c ₁ =	10,4		
N _{2,1} =	1,59			N _{2,1} =	1,59			N _{2,1} =	1,59		
l ₂ =	0,85		Ft= 1132,88 kN	l ₂ =	0,85		Ft= 2449,06 kN	l ₂ =	0,85		Ft= 3433,50 kN
Y ₂ =	19,73			Y ₂ =	19,73			Y ₂ =	19,73		
c ₂ =	8,8			c ₂ =	8,8			c ₂ =	8,8		
N _{2,2} =	1,51			N _{2,2} =	1,51			N _{2,2} =	1,51		
l ₃ =	1,2			l ₃ =	1,2			l ₃ =	1,2		
Y ₃ =	10,1			Y ₃ =	10,1			Y ₃ =	10,1		
c ₃ =	0			c ₃ =	0			c ₃ =	0		
N _{2,3} =	3,112		206,348	N _{2,3} =	3,112		409,718	N _{2,3} =	3,112		486,662
l ₄ =	1,3		7,77412	l ₄ =	1,3		5,90667	l ₄ =	1,3		5,34943
Y ₄ =	10,1			Y ₄ =	10,1			Y ₄ =	10,1		
c ₄ =	12			c ₄ =	12			c ₄ =	12		
N _{2,4} =	1,59			N _{2,4} =	1,59			N _{2,4} =	1,59		
l ₅ =	1,4			l ₅ =	1,4			l ₅ =	1,4		
Y ₅ =	10,1			Y ₅ =	10,1			Y ₅ =	10,1		
c ₅ =	0			c ₅ =	0			c ₅ =	0		
N _{2,5} =	3,112			N _{2,5} =	3,112			N _{2,5} =	3,112		
l ₆ =	2,5			l ₆ =	2,9			l ₆ =	2,9		
Y ₆ =	19,73			Y ₆ =	19,73			Y ₆ =	19,73		
c ₆ =	12			c ₆ =	12			c ₆ =	12		
N _{2,6} =	1,59			N _{2,6} =	1,59			N _{2,6} =	1,59		
				l ₇ =	3,1			l ₇ =	4,35		
				Y ₇ =	19,78			Y ₇ =	19,78		
				c ₇ =	0			c ₇ =	0		
				N _{2,7} =	3,112			N _{2,7} =	3,112		

35. ábra: Egyedi cölöp teherbírás Caquot-Kerisel módszerével

A kapott értékek a cölöpök törő terheit jelentik, tehát biztonsági tényezőket nem tartalmaznak. A kapott eredményeket ezért az előző fejeztben számított egyedi cölöpök törő terheinek az átlagával hasonlítottam össze, mert azok sem tartalmaznak biztonsági tényezőket. Azonban a továbbiakban nem használtam az így kapott eredményeket.

11. táblázat: Cölöpök törő terhei

Cölöp hosszúság	Kézi számítás	Caquot-Kerisel módszer
8,50 m	893,32 kN	1132,88 kN
12,00 m	1044,17 kN	2449,06 kN
13,25 m	1665,68 kN	3433,50 kN

4.4. Cölöpökre jutó terhelés meghatározása

A csarnok cölöpalapozás tervezésének következő lépése a cölöpök kiosztása. A kiosztáshoz ki kellett számolnom, hogy mekkora terhek hatnak a cölöpökre. Ehhez rendelkezésemre álltak a pillérekre jutó mértékadó teherkombinációk (ULS, SLS) függőleges erői (F_z), valamint a nyomatékok (M_y és M_x) tervezési értékei. A pillérek egyikére sem hat vízszintes irányú erő.

Első lépésként az ULS terhek alapján cölöpcsoportokat hoztam létre:

1. Az építmény szélein ahol kicsik az egyik irányú nyomaték ott 2 darab cölöpöt helyeztem el.
2. A középső dilatációs résznél 6 darab cölöpöt helyeztem el.
3. A többi pillér alá pedig 4 darabot tartalmazó cölöpcsoportot alakítottam ki.

Így összesen 534 darab cölöpöt helyeztem el a logisztikai csarnok tartópillérei alatt.

A cölöpökre jutó erők kiszámításához az F_z függőleges erőt elosztottam a cölöpcsoportban található cölöpök darabszámával.

Az x és y irányú nyomatékok elosztásához nyomatéki egyenletet írtam fel a cölöpre. Ezeknek a részletes eredményei megtalálhatóak az M-2 –es mellékletben.

Az így kapott értékek és az 5.1 fejezetben meghatározott cölöp hosszúságok alapján az alapozás 534 db cölöpét 5 részre osztottam fel. Ezek részletei a következő táblázatban találhatók:

12. táblázat: Cölöpökre jutó terhek

		C1	C2	C3	C4	C5
Cölöpszám (db)		4	2	6	4	4
Cölöp hosszúsága (m)		12	8,5	13,25	13,25	8,5
uls	nyomás (kN)	746	585	932,5	917	422,75
	húzás (kN)	-416	-497	-218,75	-457	-28,5
sls	nyomás (kN)	666	506	756	747	293

4.5. Cölöpök süllyedés számítása

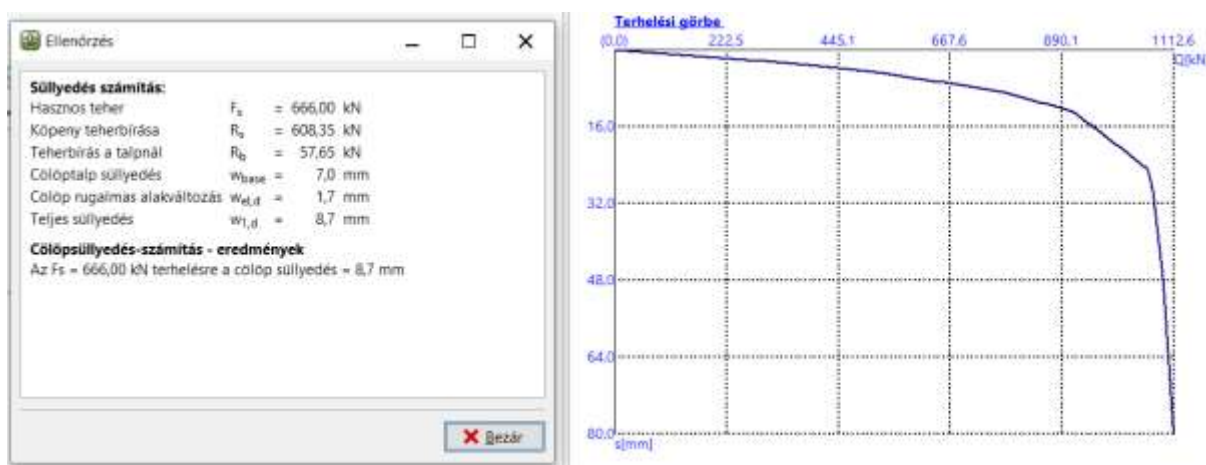
Következő lépésként meghatároztam a süllyedéseket. A cölöp süllyedéséhez ki kell számolni az egyedi cölöpök süllyedését (s_e), és a cölöpcsoportok süllyedését (s_{cs}). A teljes süllyedést a következő összefüggés alkalmazásával kapjuk meg

$$s_{teljes} = s_e + s_{cs}$$

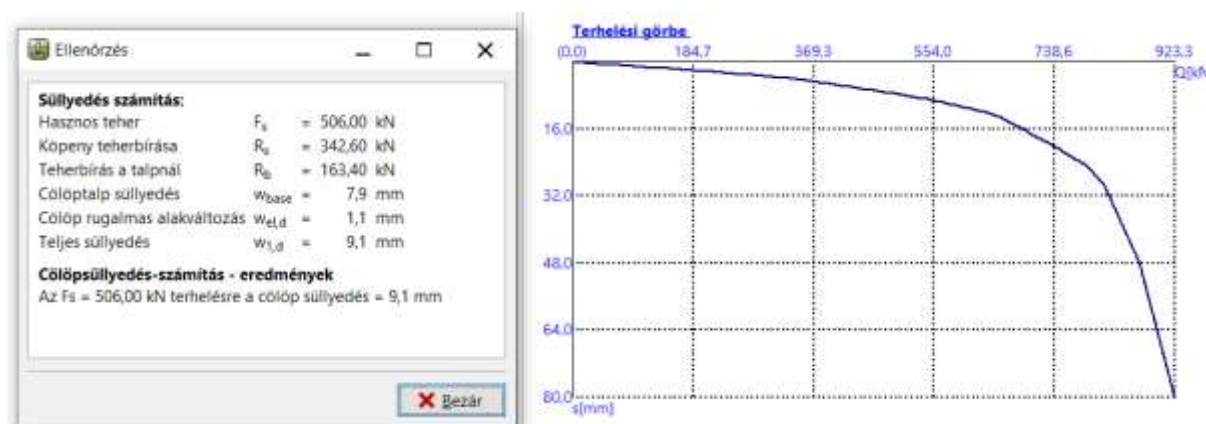
A süllyedések meghatározásához nem a mértékadó terheket, hanem a kvázi állandó teherkombinációból származó legnagyobb terheket (SLS) kell figyelembe venni.

Az egyedi süllyedéseket a GEO5 program segítségével határoztam meg. Ehhez az 4.2. fejezetben elkészített modellt alkalmaztam.

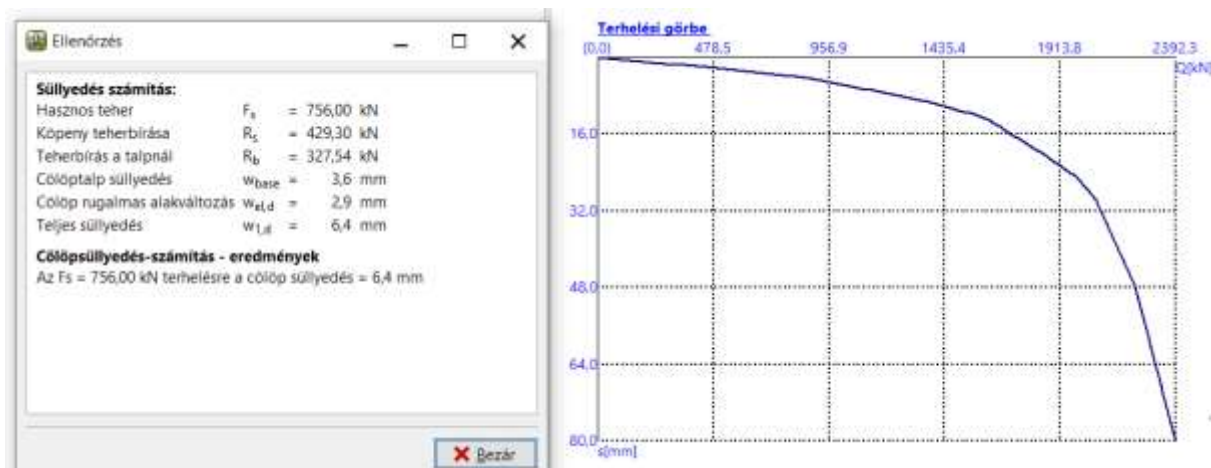
Ezek eredményei a következő képeken láthatóak:



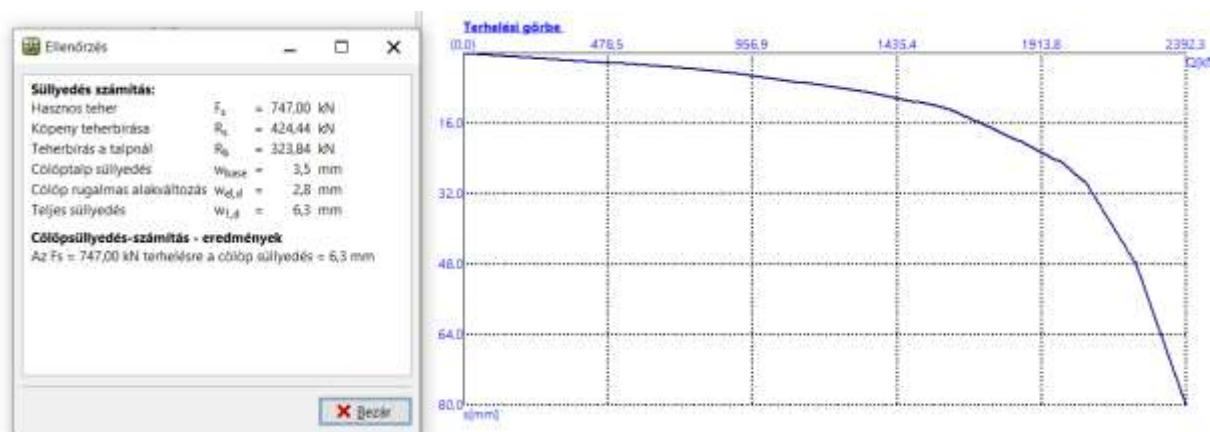
36. ábra: 1. számú cölöpök egyedi süllyedése



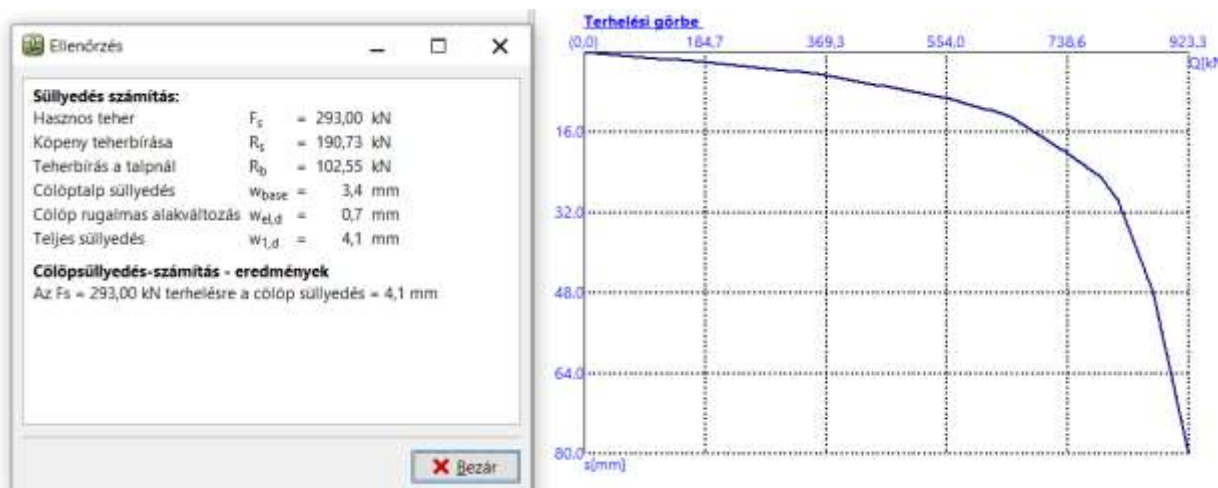
37. ábra: 2. számú cölöpök egyedi süllyedése



38. ábra: 3. számú cölöpök egyedi süllyedése



39. ábra: 4. számú cölöpök egyedi süllyedési



40. ábra: 5. számú cölöpök egyedi süllyedés

Ezután meghatároztam a cölöpcsoportok süllyedését. A kiszámításhoz a függőlegesen ható koncentrált erőket a cölöpcsúcs alatt $2 \cdot D$ mélyen egyenletesen megoszló terhelésként kezeltem. A süllyedést (s) a síkalapokhoz használt képlettel kell meghatározni.

$$s = \frac{p}{E_s} * B * F$$

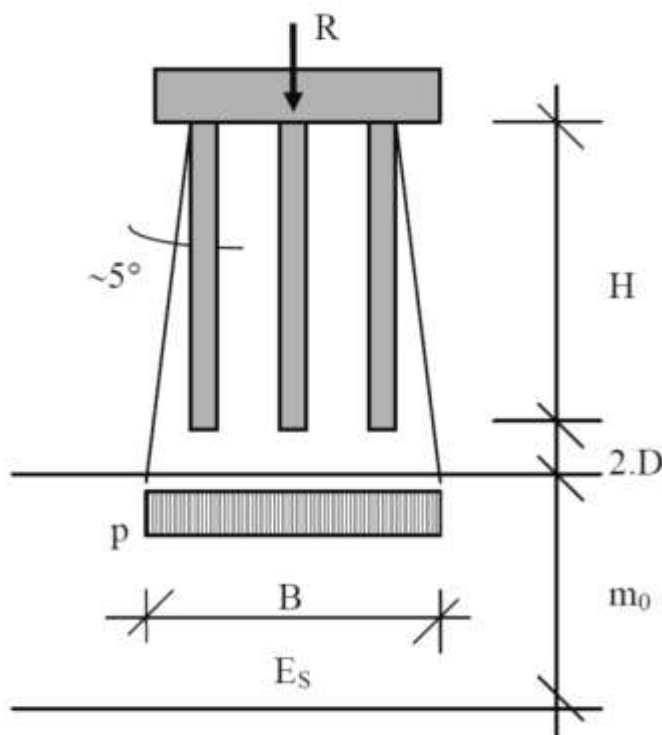
ahol,

p = csúcs alatti $2 \cdot D$ mélységben felvett megoszló teher,

E_s = cölöpcsúcs alatti talaj összenyomódási modulusa,

B = p megoszló terhelés alapfelülete,

F = süllyedés szorzó tényezője, becsült nagysága 0,40. [4]



41. ábra: cölöpcsoport süllyedése [4]

Ennek eredményei a következők lettek:

13. táblázat: Cölöpcsoportok süllyedései

Cölöpcsoport száma	1.	2.	3.	4.	5.
s_{cs} (mm)	18,69	5,17	15,87	8,14	8,61

A megengedett maximális süllyedés határértékét az MSZ EN 1997-1:2006 H melléklete: „Különálló alapokon nyugvó szokványos tartószerkezetek esetében többnyire

eltűrhetők az 50 mm-t meg nem haladó teljes süllyedések. Az ennél nagyobb süllyedések akkor engedhetők meg, ha a relatív elfordulások az eltűrhető határokon belül maradnak, és ha a teljes süllyedés nem okoz gondokat a tartószerkezetbe vezető közműveknél, vagy nem jár dőléssel stb. ” [8]

A szabvány szövege alapján a szakdolgozatomban tervezett logisztikai csarnok megengedett maximális süllyedése 50 mm.

A tervezett cölöpök és cölöpcsoportok mindegyike megfelelt ennek a határértéknek, nem kellett változtatni kialakításukon.

A kapott eredményeket az alábbi táblázatban foglaltam össze:

14. táblázat: Cölöpök teljes süllyedései

	C1	C2	C3	C4	C5
Legnagyobb teher SLS (kN)	666	506	756	747	293
Cölöpszám (db)	4	2	6	4	4
H (m)	12	8,5	13,25	13,25	8,5
L (m)	1,7	1,7	2,7	1,7	1,7
B (m)	3,24	2,02	4,46	3,46	2,62
Es (kN/m ²)	11200	17500	11200	13000	17500
p (kN/m ²)	120,92	147,35	62,78	127,00	65,78
F (szorzó tény.)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
s _{cs} (mm)	14,0	6,8	10,0	13,5	3,9
s _e (mm)	8,7	9,1	6,4	6,3	4,1
Steljes (mm)	22,7	15,9	16,4	19,8	8,0

ahol,

H: a cölöpök hossza,

L: a fejtömb szélességi méretei,

B: a p megoszló terhelés alapfelülete a 41. ábra alapján,

Es: általaj összenyomódási modulusa,

p: csúcs alatti 2*D mélységben felvett megoszló teher,

F: süllyedés szorzó tényezője, becsült nagysága 0,40,

s_{cs}: cölöpcsoport süllyedése,

s_e: egyedi cölöpök süllyedése,

Steljes: cölöpök teljes süllyedése.

4.6. Cölöpcsoport teherbírása

A cölöpalapozásnak a következő statikai követelménynek is meg kell felelni:

$$E_{cs,d} \leq R_{cs,d}$$

ahol,

$R_{cs,d}$: cölöpcsoport nyomási ellenállásának tervezési értéke,

$E_{cs,d}$: cölöpcsoportra jutó erő tervezési értéke. [4]

A cölöpcsoportok nyomási ellenállásának tervezési értékeit a régi MSZ szerint számítottam ki. A régi szabvány szerint a cölöpcsoportok nyomási ellenállásának tervezési értéke egyenlő az egyedi cölöpök teherbírásának összegével:

$$R_{cs,d} = n * R_{c,d},$$

ahol,

n: cölöpcsoportban lévő cölöpök darabszáma

$R_{c,d}$: egyedi cölöpök nyomási ellenállásának tervezési értékei.

Az $E_{cs,d}$ értékeket az M-2-es melléklet alapján határoztam meg. A mellékletben szerepel az alapozásokra jutó függőleges erők (F_z). Ez alapján megállapítottam a cölöpcsoportokra ható legnagyobb függőleges terheket

A 15. táblázatban a fenti összefüggések alapján összefoglaltam a kapott eredményeket.

15. táblázat: Cölöpcsoportok teherbírása

Cölöpcsoport	1.	2.	3.	4.	5.
Cölöpök száma (db)	4	2	6	4	4
$R_{c,d}$ (kN)	625,82	527,13	978,70	978,70	527,13
$R_{cs,d}$ (kN)	2503,28	1054,26	5872	3914,8	2108,52
$E_{cs,d}$ (kN)	820	800	2256	920	1260

Mind az 5 cölöpcsoport teherbírása megfelelő.

4.7. Cölöpök vasalásának méretezése

A cölöpökhöz szükséges betonminőséget az MSZ EN 4798:2016 szabvány alapján határoztam meg. A szerkezet alapozása, így XC2 környezeti kitéti osztályba sorolható. Ehhez minimum C30/37 betonminőség tartozik.

- A cölöpök hosszirányú vasalása:
-

A cölöpök hosszirányú vasalásának tervezéséhez az MSZ EN 1536:2016 fűrt cölöpökről szóló szabványt kell figyelembe venni.

A cölöp névleges keresztmetszeti területe: A_c	A hosszirányú acélbetétek területe: A_s
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5\% A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25\% A_c$

42. ábra: A hosszirányú vasalás legkisebb mennyisége (MSZ EN 1536:2016, 7.6.2.2.)

A fenti táblázat alapján az általam tervezett 40 cm átmérőjű cölöpöknél a névleges keresztmetszeti terület, $A_c = 0,16 \text{ m}^2$. Ezután meghatároztam az A_c 5%-át. Ebből megkaptam az összes cölöphöz szükséges hosszirányú acélbetétek minimális mennyiségét, ami $A_s = 160000 \text{ mm}^2 \cdot 0,005 = 800 \text{ mm}^2$.

Ez alapján hosszirányú minimális vasalásra 4 db $\Phi 16$.

A minimális vasalás ellenőrzéséhez a következő képletet használtam:

$$N_s = A_s \cdot \sigma_s$$

ahol:

N_s : a betonvasak teherbírása,

A_s : a betonacélok keresztmetszeti területe, esetünkben 804 mm^2 ,

σ_s : betonacél folyáshatárának tervezési értéke, esetünkben 435 Mpa

Az így kapott teherbírási érték 349,7 kN. Ezt a 12. táblázatban szereplő legnagyobb húzási erővel hasonlítottam össze, ami 497 kN. A minimális betonacél nem felel meg, mivel a cölöpre jutó teher nagyobb, mint a betonacélok teherbírása, nagyobb betonacélt szükséges választani. 4db $\Phi 20$ betonacél teherbírása a fenti képlet alapján 546 kN, ami megfelelő.

Így a cölöpökhöz szükséges hosszirányú vasalás 4db $\Phi 20$ betonacél.

– A cölöpök keresztirányú vasalása:

A keresztirányú vasaláshoz is az MSZ EN 1536:2016 fűrt cölöpökről szóló szabványt használtam.

Ez alapján 8Φ200 spirálkengyel kialakítást alkalmazok az összes cölöpnél.

4.8. Cölöpök nyomási teherbírásának ellenőrzése:

$$N_{Rd} = A_c * f_{cd} + A_s * f_{yd}$$

ahol:

N_{Rd} : a vasalt cölöp teherbírása

A_c : a beton keresztmetszeti területe. Esetünkben $\frac{400^2 * \pi}{4}$, ami 125600 mm²

f_{cd} : a beton nyomószilárdsága, esetünkben 20 MPa

A_s : az acélbetétek keresztmetszeti területe, ami 1257 mm²

f_{yd} : a betonacél folyási határának tervezési értéke, ami 435 MPa.

A képletbe való behelyettesítés után az N_{Rd} értéke 3058 kN lett. Ezt az értéket összehasonlítottam a legnagyobb igénybevételű C3-mas cölöpre jutó erővel ami,

$$3058 \text{ kN} > 932,5 \text{ kN}$$

Ez alapján a szabvány szerinti minimális 4 db Φ20 hosszvasalás megfelel.

4.9. Fejtömb méretezése

A fejtömb a cölöpöket összefogó vasbeton szerkezet. Ehhez felülről csatlakozik az előre gyártott kehelynyak, amiben végül beleállítják a felszerkezet pilléreit.

A fejtömbök kialakításához a következő szerkesztési szabályokat kell figyelembe venni.

A cölöpök közötti minimális tengelytávolság 2,5*D, ahol a D a cölöp átmérőjét jelöli. Ez esetünkben 40 cm cölöpátmérőnél 1,00 méter. Ezen kívül figyelembe kell venni, hogy a szélein meglegyen a betontakarás is.

Ezek figyelembevételével 5 különböző fejtömböt alakítottam ki.

- F1, F4 és F5-ös 1,70x1,70 méter szélességű,
- F3-mas 2,70x1,70 méter szélességű,

- az F2-es fejtömb is 1,70x1,70 méter széles. Ennek oka, hogy az alapozás és a pillér közötti kapcsolathoz szükséges kehelynyak elférjen.

A cölöpfejek vasalásának tervezéséhez úgynevezett rácsmodellként értelmezzük a cölöpök és a fej erőjátékát, amelyet a 43. ábra szemléltet. Ennek értelmében a fentről terhelő pillér és a fejtömb alatt lévő cölöpök között ferde, beton nyomott rúdként adódnak át az erők. A cölöpfejben elhelyezkedő vasalást a keletkező húzásra kell méretezni. A húzás nagysága meghatározható a 45. ábra segítségével felírható vetületi egyenletből.

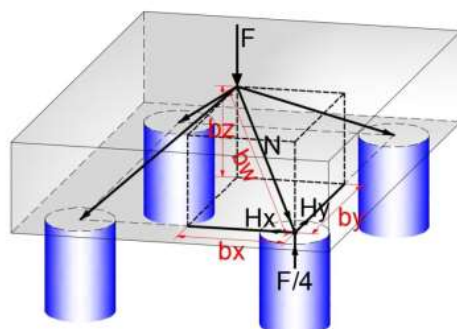
$$H_x = \frac{F}{4} * \frac{b_x}{b_z}$$

$$H_y = \frac{F}{4} * \frac{b_y}{b_z}$$

Ez alapján a szükséges vasmenyiség a következő képletekkel számítható ki:

$$A_{s,x} = \frac{H_x}{f_{yd}}$$

$$A_{s,y} = \frac{H_y}{f_{yd}} \cdot [9]$$



F [kN]	pillérerő tervezési értéke	N [kN]	nyomott „betonrúd” fellépő normálerő
b_x [m]	pillértávolság fele x-irányban	H_x [kN]	x-irányú vasakban keletkező húzóerő
b_y [m]	pillértávolság fele y-irányban	H_y [kN]	y-irányú vasakban keletkező húzóerő
b_z [m]	hasznos magasság	A_{sx} [mm ²]	szükséges vasmenyiség x-irányban
b_w [m]	nyomott „betonrúd” elméleti hossza	A_{sy} [mm ²]	szükséges vasmenyiség y-irányban

43. ábra: Fejtömb rácsmodell [9]

A fenti összefüggések alapján a következő Excel táblázat segítségével meghatároztam a szükséges vasmenyiséget x-és y irányban is:

16. táblázat: Fejtömbök vasalásának számítása

	F1	F2	F3	F4	F5
Cölöpszám (db)	4	2	6	4	4
F (kN)	1600,00	800,00	2256,00	1550,00	1080,00
b_x (m)	0,85	0,85	1,35	0,85	0,85
b_y (m)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
b_z (m)	0,60	1,60	1,60	3,60	4,60
b_w (m)	1,34	1,04	1,04	3,60	4,60
N (kN)	895,67	130,00	366,60	387,50	270,00
H_x (kN)	566,67	106,25	951,75	91,49	49,89
H_y (kN)	204,00	272,00	1534,08	1185,75	1055,70
A_{sx} (mm²)	1302,68	244,25	2187,93	210,33	114,69
A_{sy} (mm²)	468,97	625,29	3526,62	2725,86	2426,90

Következő lépésben a nyírásvizsgálatot kell elvégezni. A fejtömbökben nyírási problémát az átszúródás jelenthet. Az átszúródási vizsgálatot a cölöpök szélétől $2 \cdot d$ távolságra elhelyezkedő u_1 kerület mentén kell ellenőrizni. A hasznos magasság (d) 550 mm.

Alkalmazandó betonminőség C30/37 az MSZ EN 4798:2016 szabvány alapján.

A teherbírás feltétele:

$$V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

ahol:

$$V_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d}$$

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d}$$

Mind az 5 cölöpcsoporthoz szükséges fejtömböt ellenőriztem átszúródásra:

– **1.cölöpcsoport:**

$$V_{Rd,c} = 0,30 \cdot 1,20 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

Vizsgált kerület $2d$ távolságnál:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,5 \cdot 4000000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,30 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

$$0,30 < 0,36 \text{ N/mm}^2$$

Nincs szükség nyírási vasalásra

– **2.cölöpcsoport:**

$$V_{Rd,c} = 0,30 \cdot 1,20 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

Vizsgált kerület $2d$ távolságnál:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,5 \cdot 4000000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,30 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c} \quad 0,30 < 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nincs szükség nyírási vasalásra}$$

– **3.cölöpcsoport:**

$$V_{Rd,c} = 0,30 \cdot 1,20 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

Vizsgált terület 2d távolságnál:

– Szélső pillér:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,5 \cdot 376000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,29 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c} \quad 0,29 < 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nincs szükség nyírási vasalásra}$$

– Közbenső pillér:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,4 \cdot 376000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,272 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c} \quad 0,272 < 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nincs szükség nyírási vasalásra}$$

– **4.cölöpcsoport:**

$$V_{Rd,c} = 0,30 \cdot 1,20 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

Vizsgált terület 2d távolságnál:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,5 \cdot 387000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,30 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c} \quad 0,30 < 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nincs szükség nyírási vasalásra}$$

– **5.cölöpcsoport:**

$$V_{Rd,c} = 0,30 \cdot 1,20 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{0,36 \text{ N/mm}^2}$$

Vizsgált terület 2d távolságnál:

$$u_1 = 2 \cdot 550 \text{ mm} \cdot \pi = 3520 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1,5 \cdot 27000}{3520 \cdot 550} = \mathbf{0,21 \text{ N/mm}^2}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c} \quad 0,21 < 0,36 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nincs szükség nyírási vasalásra}$$

A fenti számítások alapján egyik cölöpfejnél sincs szükség átszúródás elleni pótvasak elhelyezésére.

5. Cölöpök kivitelezése

A szakdolgozatomban tervezett CFA cölöp egy talajhelyettesítéses technológia. Ennek lényege, hogy egy folytonos spirálfúrót juttatnak a tervezett mélységig. Ezzel a módszerrel 40-60.80-100 cm átmérőjű cölöpöket lehet kialakítani, 6-22 méter, de esetleg 24 méter hosszúságban. A CFA cölöpözés nagy előnye, hogy minden típusú altalajokon alkalmazható, nem jár nagy zaj- és rezgéskeltéssel. A gép átszerelése sem bonyolult, ennek következtében gyors munkával többféle átmérőjű cölöpöt lehet kivitelezni. [9]

5.1. Kitűzés

A tervezett cölöpök helyét az EOVS rendszer alapján tűzik ki $\pm 1,00$ cm pontossággal. A kitűzés után a tengelypontra kell helyezni a fúrógépet. Fontos betartani az előzetesen meghatározott cölöpözési sorrendet. Minimum 2 méter távolságban nem lehet új cölöpöt, hogy a frissen kibetonozott cölöpök ne sérüljenek. [9]

5.2. Fúrás

A tervezett cölöp kitűzése után következik a fúrás a folytonos spirálfúróval. A munka megkezdése előtt érdemes pár darab kísérleti cölöpöt készíteni, hogy megbizonyosodjunk a technológia alkalmazhatóságáról. Ezután a terven szereplő átmérővel ellátott géppel a kitűzött pontra állnak. A munkafázis közben a fúrószár csövet le kell zárni a talajvíz kizárása érdekében. A fúró lehajtása közben a furatban talajdugó alakul ki a bennmaradó talajból. A fúrót gyorsan, folyamatosan és minél kevesebb forgatással kell végrehajtani, hogy a talajra lehetőleg kevés hatással legyen. Ehhez rendelkezésre áll a fedélzeten egy beépített monitor, aminek segítségével a gépkezelő folyamatosan nyomon követheti a sebességet és forgatási nyomatékot is. A nem megfelelően megválasztott forgatási sebesség és előre tolás következtében a furat oldalfala beomolhat, elveszítheti állékonyságát. [9] [10]

5.3. Betonozás

A tervezett cölöphossz elérése után a furatot ki kell betonozni. A betonozási munka úgy történik, hogy a fúrógép szárához betonszivattyút csatlakoztatnak. A fúrót visszahúzzák és ezzel egyidőben pedig a száron lévő csövön keresztül a furatba nyomják a folyós betont 44. ábra. a gépkezelő ezt a munkafolyamatot is végig követi a fedélzeti monitoron, ellenőrzi a betonozás sebességét és nyomását. A betont tömöríteni nem kell. A betonozásról jegyzőkönyvet kell készíteni a helyszínen. Fontos ellenőrizni minden betonozó mixert. Ellenőrizni kell, hogy a szállítólevelén megfelelő beton szerepel, és hőmérővel ellenőrizni kell a mixerben lévő beton

hőmérsékletét. A beérkező betonból 15x15x15 cm-es mintát kell venni és tárolni a helyszínen. Betonozás előtt terület- vagy roskadási vizsgálatot kell végezni. [10] [9]



44. ábra: CFA cölöp készítése [9]

5.4. Vasalás elhelyezése

A furat kibetonozása után a lehető leggyorsabban el kell helyezni a vasbeton armatúrát. A munkafázishoz szükség van kézi, a nagyobb méretű armatúrákánál gépi erőre a furatba eresztéshez. Minden egyes armatúra elhelyezést szintező műszerrel kell ellenőrizni, hogy a tervezett szintre kerüljenek. [9] [10]

5.5. Visszavésés

A cölöpök felső elszennyezett részét vissza kell vésni, amihez legalább 36 órát kell várni a megfelelő beton szilárdság eléréséig. A visszavésés általában 20-40 cm hosszú. A munkát kézi, elektromos vésővel végzik. Ügyelni kell, hogy a cölöpök és az armatúrák ne sérüljenek meg munka közben. Minden cölöpöt ellenőrizni kell visszavésés után, hogy a felszerkezettel való kapcsolatot megfelelően ki lehessen alakítani. Ha a visszabontás a tervezett szintjén a beton nem megfelelő minőségű, akkor tovább kell bontani. Ekkor a tervezett szintig vissza kell betonozni munkahézag kialakításával. [9] [10]

5.6. Fejtömb kialakítása

A fejtömbök készítése során 1-2 nap kötési időt kell hagyni. Ennek eltelte után kezdődhet a földmunka végzés. A terven szereplő fejtömb alsó síkjáig ki kell emelni a földet. Folyamatosan figyelni kell a munkát, hogy a gépkezelő ne okozzon kárt a beton cölöpökben és a betonacélokbán. [9] [10]

6. Összefoglalás

Szakdolgozatom feladata egy logisztikai csarnokszerkezet alapozásának megtervezése volt. Az építmény Kecskemét ipari területén található, ami az elmúlt időszakban rohamosan fejlődik. A csarnok épülete előre gyártott vasbeton pillérvázás szerkezet, amit 2 dilatációs egységre osztottak fel. A tervezés elkezdése előtt fontos lépés a talajkörnyezet ismerete. A területre homokos iszap és iszapos homok általaj jellemző a talajvizsgálati jelentés és rétegszelvények alapján.

A rendelkezésemre álló adatok kiértékelése alapján 2 alapozási fajtát választottam ki, mint lehetséges opciót: egy sicalapozási és egy mélyalapozási technológiát, pontalapozást és a talajhelyettesítéses CFA cölöpalapozást. A számításaim alapján mindkettő módszerrel megvalósítható lenne az alapozás. Azonban a pontalapok nagy szélessége és élőmunka igénye miatt gazdaságtalan lenne a kivitelezés a másik módhoz képest. A CFA egy folytonos spirállal készített cölöpözési technológia, ami során, a fúrószáron keresztül a kiemelés közben történik a betonozás. Ez egy gyors, precíz és jól gépiesített eljárás, ezért is ez a jobb választás a szakdolgozatomban tervezendő feladathoz.

A dolgozatom elkészítéséhez több szakirodalmat és mintapéldát használtam fel, mivel ilyen összetett és bonyolult feladatot még nem végeztem eddigi tanulmányaim során. A CFA cölöpök tervezését CPT szondázás alapján készítettem el, amiből 8 darab állt rendelkezésemre. A cölöpök átmérője egységesen 40 cm lett. A pillérekről lejutó erők alapján a hosszanti szélső oldalon a pillérek alatt 2 darabos cölöp csoport, a többi pillér alatt 4 darab cölöpöt tartalmazó cölöp csoport továbbítja a felszerkezet terheit. Ezen kívül a dilatációs résznél elhelyezkedő pillérek alatt 6 darab cölöpöt tartalmazó cölöp csoportot helyeztem el. A változó terhelések következtében összesen 3 darab különböző szerkezeti hosszúságú cölöpöt terveztem: 8,50, 12,00 és 13,25 métereseket.

7. Summary

The task of my thesis was to design the foundation of a logistics hall structure. The building is located in the industrial area of Kecskemét, which has been developing rapidly in recent years. The building of the hall is a prefabricated reinforced concrete pillar frame structure, which was divided into 2 expansion units. Knowing the soil environment is an important step before starting planning. The area is characterized by sandy silt and silty sand subsoil based on the soil test report and strata profiles.

Based on the evaluation of the data available to me, I selected 2 foundation types as possible options. A flat foundation and a deep foundation technology, point foundation and CFA pile foundation with soil replacement. Based on my calculations, the foundation could be implemented using both methods. However, due to the large width of the point bases and the need for live labor, the construction would be uneconomic compared to the other method. CFA is a piling technology made with a continuous spiral, during which, through the drill bit, concreting takes place during extraction. It is a fast, precise and well-mechanized procedure, which is why it is the better choice for the task to be planned in my thesis.

I used several specialist literature and sample examples to prepare my thesis, as I have never completed such a complex and complicated task during my studies so far. The design of the CFA piles must be carried out based on CPT sounding, for which 8 pieces were prepared on site. The diameter of the piles became a uniform 40 cm. Based on the forces coming down from the pillars, on the longitudinal side, 2 piles under the pillars and 4 piles under the other pillars transmit the loads of the superstructure. In addition, I placed 6 piles under the pillars located at the dilation part. Due to the varying loads, I designed a total of 3 piles with different structural lengths: 8.50, 12.00 and 13.25 meters.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Bartos és B. Králik, Mélyépítés 3., Budapest: Nemzeti Tankönyv Kiadó, 2000.
- [2] B. Fauer és I. Szabó, „Digitális Tankönyvtár,” 2011. [Online]. Available: https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8789/MFKHT6504SI_08.pdf?sequence=9&isAllowed=y.
- [3] Kézdi és J. Farkas, Talajmechanika és alapozás, Budapest: Tankönyvkiadó, 1991.
- [4] Szepesházi, Geotechnika, Győr: Egyetemi jegyzet, 2008.
- [5] Statikus Mérnök Iroda Kft., „Geotechnikai jelentés és területismertető talajmechanikai szakvélemény,” Statikus Mérnök Iroda Kft., Kecskemét, 2021.
- [6] „Magyarország földtani alapszelvényei,” [Online]. Available: <https://map.mbfsz.gov.hu/>.
- [7] Lettrich, Kecskemét és tanyavilága, Budapest: Akadémia kiadó, 1968.
- [8] MSZ EN 1997-1:2006, MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET , 2006.
- [9] M. M. K. G. Tagozata, Korszerű cölöpalapozások tervezése, Budapest, 2016.
- [10] MSZ EN 1536:2001 - Speciális geotechnikai munkák kivitelezése. Fúrt cölöpök, MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET, 2001.
- [11] Magyar Mérnöki Kamara, Geotechnikai Tagozata és Tartószerkezeti Tagozata, Alapozások és Földmegtámasztó szerkezetek tervezése az MSZ EN 1997 szerint, Budapest: Mérnöki Kamara Nonprofit Kft., 2012.

9. Ábrajegyzék:

1. ábra: A terület jelenlegi állapota (Google Earth alapján).....	4
2. ábra: Vasbeton sávalap [2]	6
3. ábra: Franki cölöpök készítése [4]	9
4. ábra: Soil-Mec cölöp készítése [4]	10
5. ábra: CFA cölöp készítése [4]	10
6. ábra: Kecskemét (Google Earth alapján)	11
7. ábra: Logisztikai csarnok Google térkép alapján	11
8. ábra: A csarnok épülete napjainkban Google térkép alapján	12
9. ábra Kecskemét déli részének jellemző földtani viszonya [6]	12
10. ábra: Magyarország szeizmikus zónatérképe (Eurocode 8)	13
11. ábra: Geotechnikai kategóriák.....	16
12. ábra: Rétegszelvény.....	16
13. ábra: 1. pontalap	19
14. ábra: 2. pontalap	20
15. ábra: 3. pontalap	21
16. ábra: 4. pontalap	22
17. ábra: 5. pontalap	23
18. ábra: 6. pontalap	24
19. ábra: 7. pontalap	25
20. ábra: 8. pontalap	26
21. ábra: 9. pontalap	27
22. ábra: 10. pontalap	28
23. ábra: 5,75 m egyedi cölöp	34
24. ábra: 8,50 m egyedi cölöp	34
25. ábra: 12,00 m egyedi cölöp	35
26. ábra: 13,25 m egyedi cölöp	35
27. ábra: Talajrétegződés 1. CPT alapján.....	36
28. ábra: Talajrétegződés 2. CPT alapján.....	36
29. ábra: Talajrétegződés 3. CPT alapján.....	37
30. ábra: Talajrétegződés 4. CPT alapján.....	37
31. ábra: Talajrétegződés 5. CPT alapján.....	37
32. ábra: Talajrétegződés 6. CPT alapján.....	38

33. ábra: Talajrétegződés 7. CPT alapján.....	38
34. ábra: Talajrétegződés 8. CPT alapján.....	38
35. ábra: Egyedi cölöp teherbírás Caquot-Kerisel módszerével	40
36. ábra: 1. számú cölöpök egyedi süllyedése	42
37. ábra: 2. számú cölöpök egyedi süllyedése	42
38. ábra: 3. számú cölöpök egyedi süllyedése	43
39. ábra: 4. számú cölöpök egyedi süllyedési	43
40. ábra: 5. számú cölöpök egyedi süllyedés	43
41. ábra: cölöpsoport süllyedése [4]	44
42. ábra: A hosszirányú vasalás legkisebb mennyisége (MSZ EN 1536:2016, 7.6.2.2.).....	47
43. ábra: Fejtőmb rácsmoell [9]	49
44. ábra: CFA cölöp készítése [9]	53

10. Ábrajegyzék

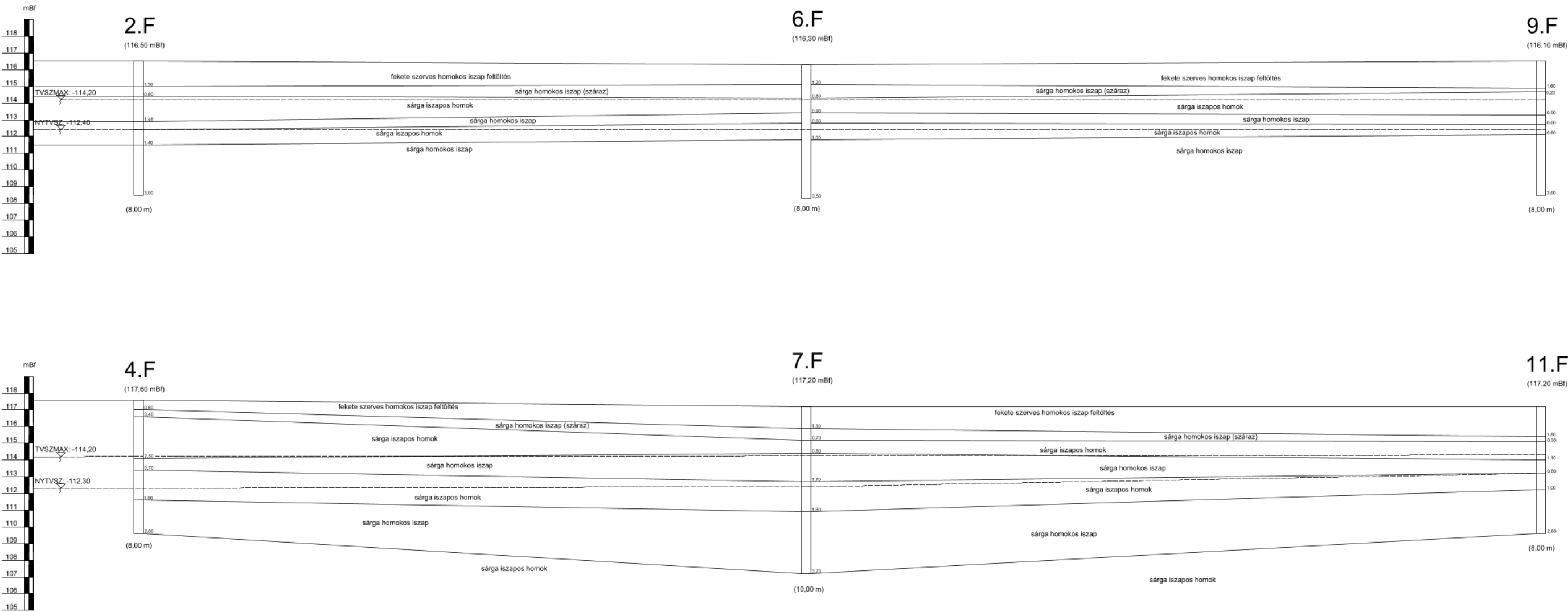
1. táblázat: Szeicmicitás meghatározása (Eurocode 8)	13
2. táblázat: Talajfizikai jellemzők	14
3. táblázat: Talajvíz szintek	15
4. táblázat: Talajfizikai értékek karakterisztikus értékei	17
5. táblázat: Pontalapok mértékadó tervezési terhei	18
6. táblázat: Pontalapok mértékadó hasznos terhei	18
7. táblázat: Pontalapok szélességi méretei	29
8. táblázat: Pontalapok süllyedése	30
9. táblázat: Pontalapok relatív süllyedései	31
10. táblázat: Cölöpök teherbírásának tervezési értékei	39
11. táblázat: Cölöpök törő terhei	41
12. táblázat: Cölöpökre jutó terhek	41
13. táblázat: Cölöp csoportok süllyedései	44
14. táblázat: Cölöpök teljes süllyedései	45
15. táblázat: Cölöp csoportok teherbírása	46
16. táblázat: Fejtömbök vasalásának számítása	50

11. Mellékletek:**Rajzi mellékletek:**

- S01 Geotechnikai helyszínrajz
- S02 Rétegszelvények
- S03 Cölöp kiosztási terv
- S04 Cölöp armatúra vasalása
- S05 – S09 Fejtömbök vasalása

Számítási mellékletek:

- M-1 Jáky- féle süllyedésszámítás
- M-2 Cölöpökre jutó erő számítása Excellel
- M-3 Cölöpök teherbírása Excellel
- M-4 Cölöpök teherbírásának ellenőrzése GEO5 szoftverrel

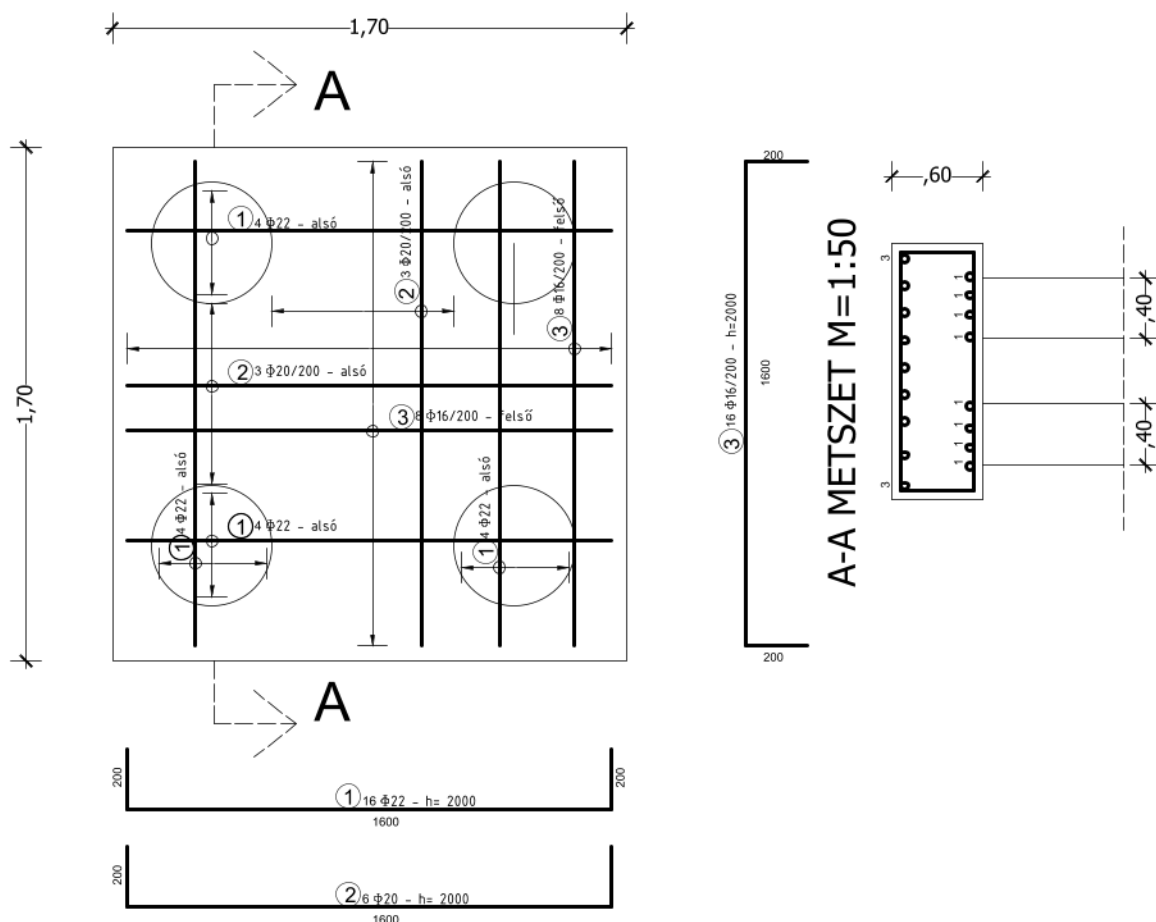


Intézmény: Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék: Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy: Szakirányú diplomamunka			Év/félév: 2023/24t.
Feladat: Cölöpalap tervezés			
Rajz: M-M rétegszelvény			Rajzszám: S02
Hallgató: Rudolf Regina	Neptunkód: [REDACTED]	Konzulens: Firgi Tibor Petik Csaba	Méretarány: 1:200 A3

F1. fejtömb

M=1:25

Készül: 69 darab



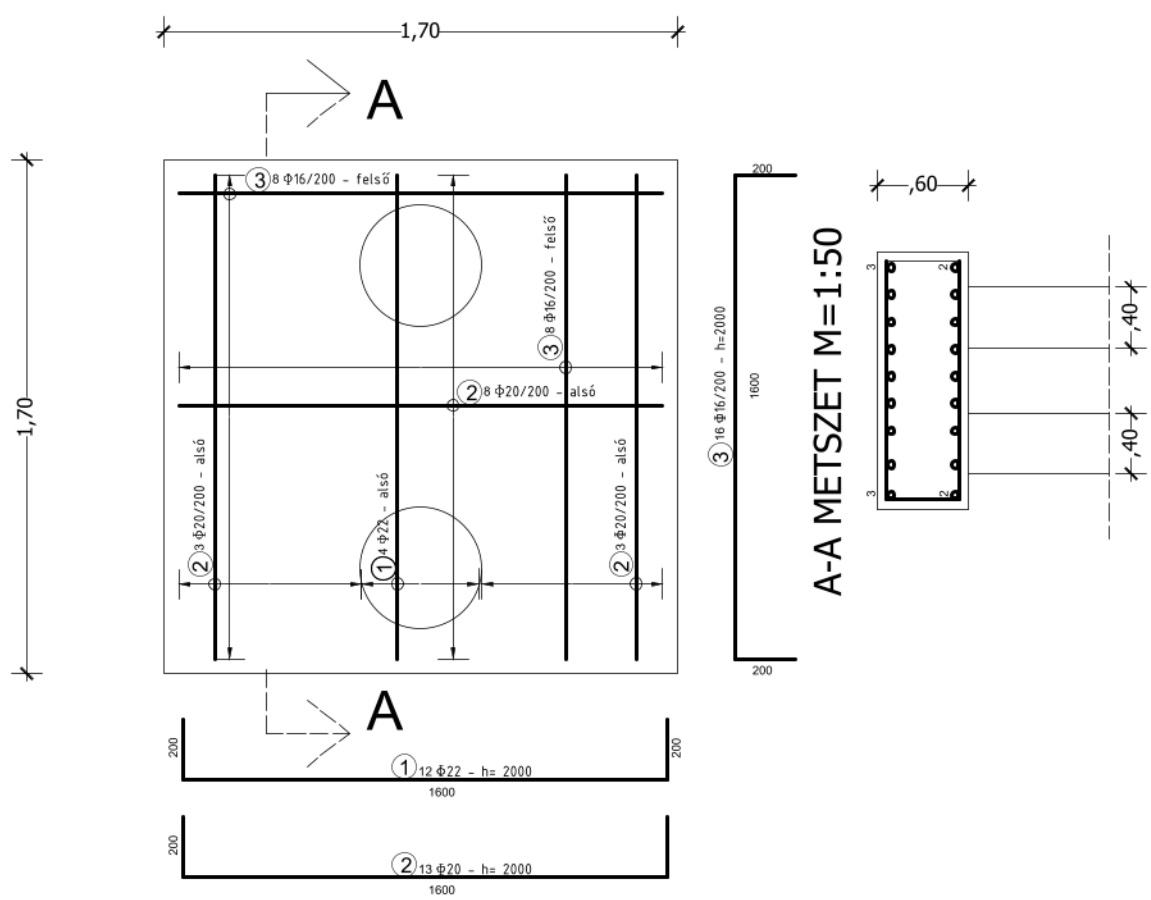
BETONACÉL KIMUTATÁS						
Jel	Átmérő [mm]	Dbszám	Hossz/db [mm]	16 mm	20 mm	22 mm
1.	22	16	2 000			32,00
2.	20	6	2 000		12,00	
3.	16	16	2 000	32,00		
Összes hossz átmérőnként [m]				32,00	12,00	32,00
Fajlagos tömeg átmérőnként [kg/m]				1,57	2,47	2,98
Tömeg átmérőnként [kg]				50,24	29,64	95,36
Össztömeg [kg/m3]				175		

Megjegyzés:

1. beton minőség: C30/37-XC1
2. betonacél: B500
3. betontakarás: 6cm
4. Terep 0±00 = 116,90 mBf
5. Fejtömb felső síkja: 115,50 mBf
6. Fejtömb alsó síkja: 119,40 mBf
7. A terv együtt kezelendő a további szerkezeti tervekkel
8. A méreteket a helyszínen ellenőrizni szükséges!

Intézmény:			
Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék:			
Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy:			Év/félév:
Szakirányú diplomamunka			2023/24t.
Feladat:			
Cölöpalapozás tervezése			
Rajz:			Rajzszám:
F1 fejtömb vasalási terve			S05
Hallgató:	Neptunkód:	Konzulens:	Méretarány:
Rudolf Regina		Firgi Tibor Petik Csaba	1:25 A4

F2. fejtömb
M=1:25
Készül: 68 darab



BETONACÉL KIMUTATÁS						
Jel	Átmérő [mm]	Dbszám	Hossz/db [mm]	16 mm	20 mm	25 mm
1.	22	12	2 000			24,00
2.	20	13	2 000		26,00	
3.	16	16	2 000	32,00		
Összes hossz átmérőnként [m]				32,00	26,00	24,00
Fajlagos tömeg átmérőnként [kg/m]				1,57	2,47	3,85
Tömeg átmérőnként [kg]				50,24	64,22	92,40
Össztömeg [kg/m3]				207		

Megjegyzés:

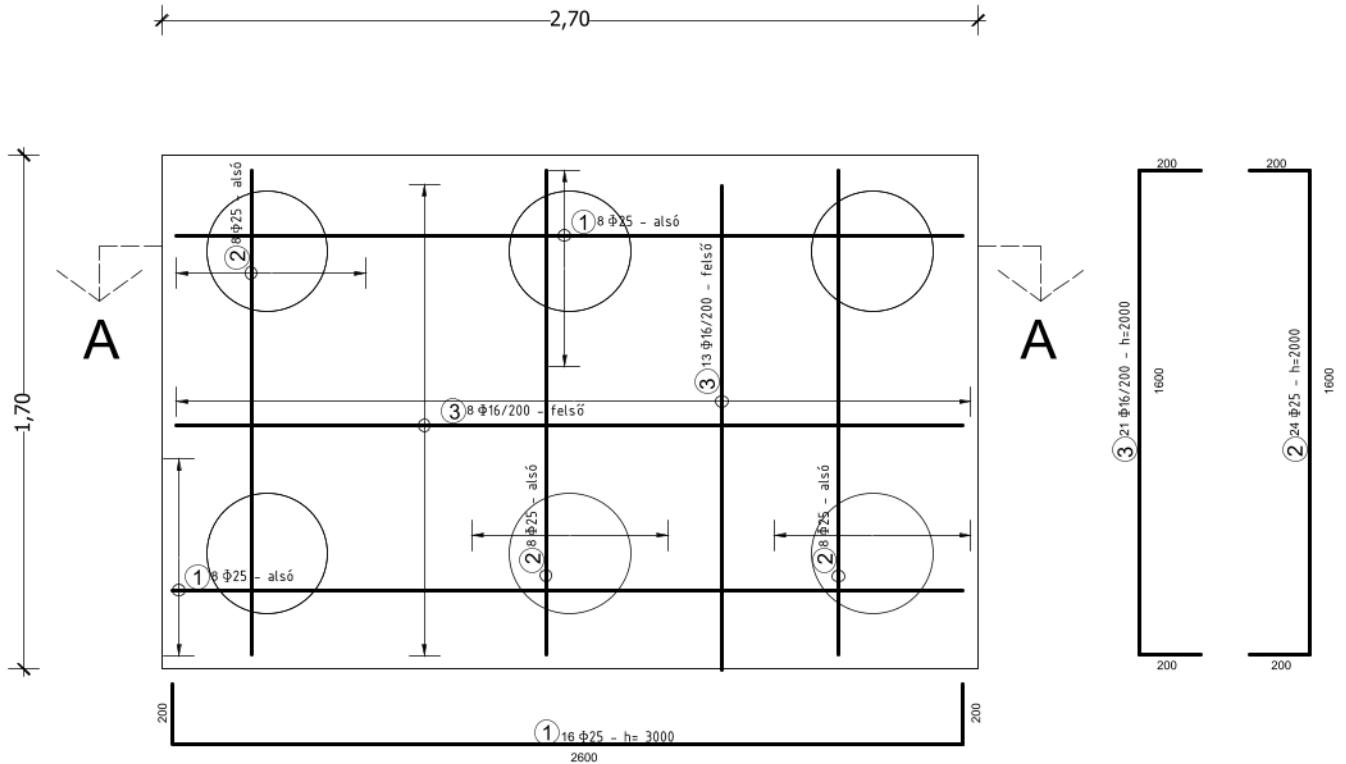
- 1. beton minőség: C30/37-XC1
- 2. betonacél: B500
- 3. betontakarás: 6 cm
- 4. Terep 0±00 = 116,90 mBf
- 5. Fejtömb felső síkja: 115,50 mBf
- 6. Fejtömb alsó síkja: 119,40 mBf
- 7. A terv együtt kezelendő a további szerkezeti tervekkel
- 8. A méreteket a helyszínen ellenőrizni szükséges!

Intézmény: Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék: Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy: Szakirányú diplomamunka			Év/félév: 2023/24t.
Feladat: Cölöpalapozás tervezése			
Rajz: F2 fejtömb vasalási terve			Rajzszám: S06
Hallgató: Rudolf Regina	Neptunkód: [REDACTED]	Konzulens: Firgi Tibor Petik Csaba	Méretarány: 1:25 A4

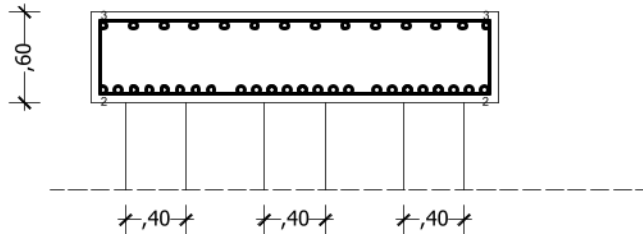
F3. fejtömb

M=1:25

Készül: 13 darab



A-A METSZET M=1:50



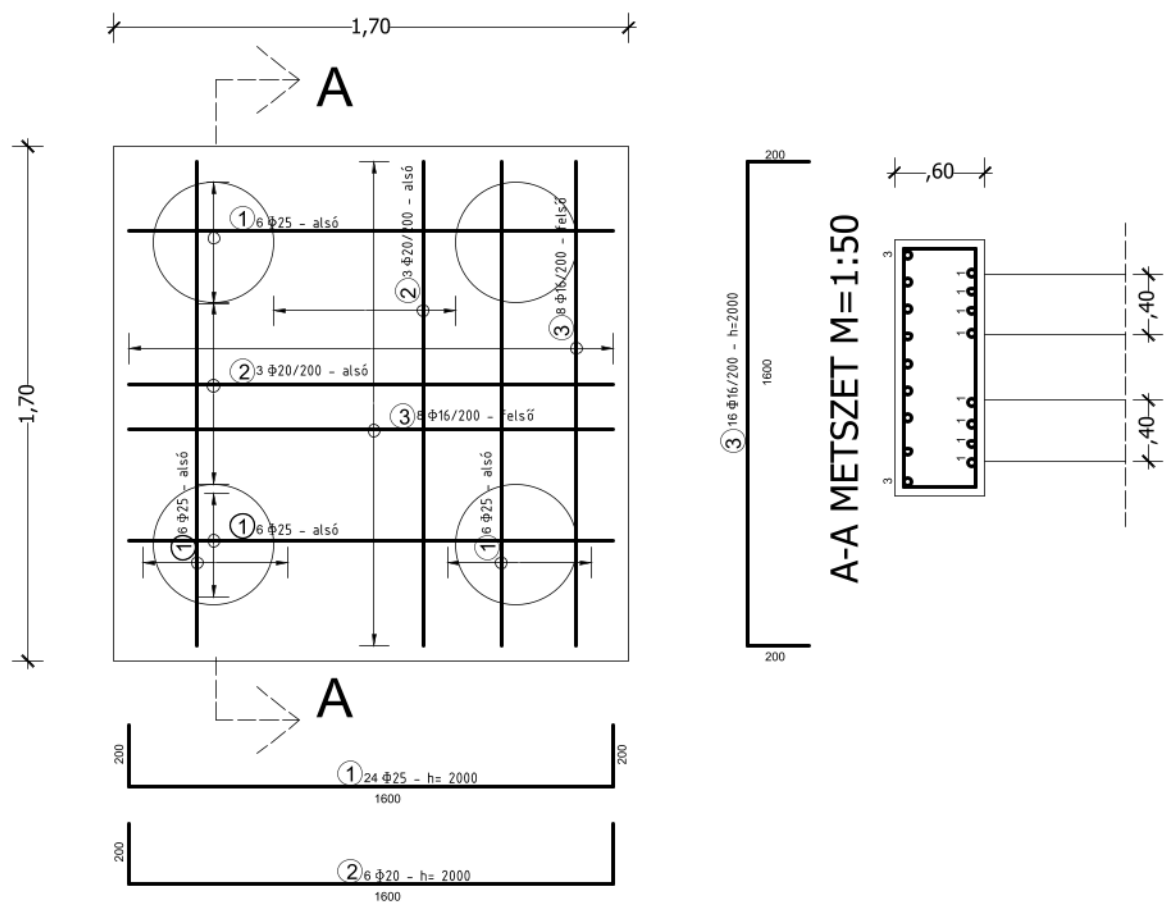
BETONACÉL KIMUTATÁS						
Jel	Átmérő [mm]	Dbszám	Hossz/db [mm]	16 mm	20 mm	25 mm
1.	25	16	3 000			48,00
2.	25	24	2 000			48,00
3.	16	21	2 000	42,00		
Összes hossz átmérőnként [m]				42,00	-	96,00
Fajlagos tömeg átmérőnként [kg/m]				1,57	2,47	3,85
Tömeg átmérőnként [kg]				65,94	-	369,60
Össztömeg [kg/m3]				436		

Megjegyzés:

1. beton minőség: C30/37-XC1
2. betonacél: B500
3. betontakarás: 6 cm
4. Terep 0±00 = 116,90 mBf
5. Fejtömb felső síkja: 115,50 mBf
6. Fejtömb alsó síkja: 119,40 mBf
7. A terv együtt kezelendő a további szerkezeti tervekkel
8. A méreteket a helyszínen ellenőrizni szükséges!

Intézmény:			
Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék:			
Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy:			Év/félév:
Szakirányú diplomamunka			2023/24t.
Feladat:			
Cölöpalapozás tervezése			
Rajz:			Rajzszám:
F3 fejtömb vasalási terve			S07
Hallgató:	Neptunkód:	Konzulens:	Méretarány:
Rudolf Regina		Firgi Tibor Petik Csaba	1:25 A4

F4. fejtömb
M=1:25
Készül: 7 darab

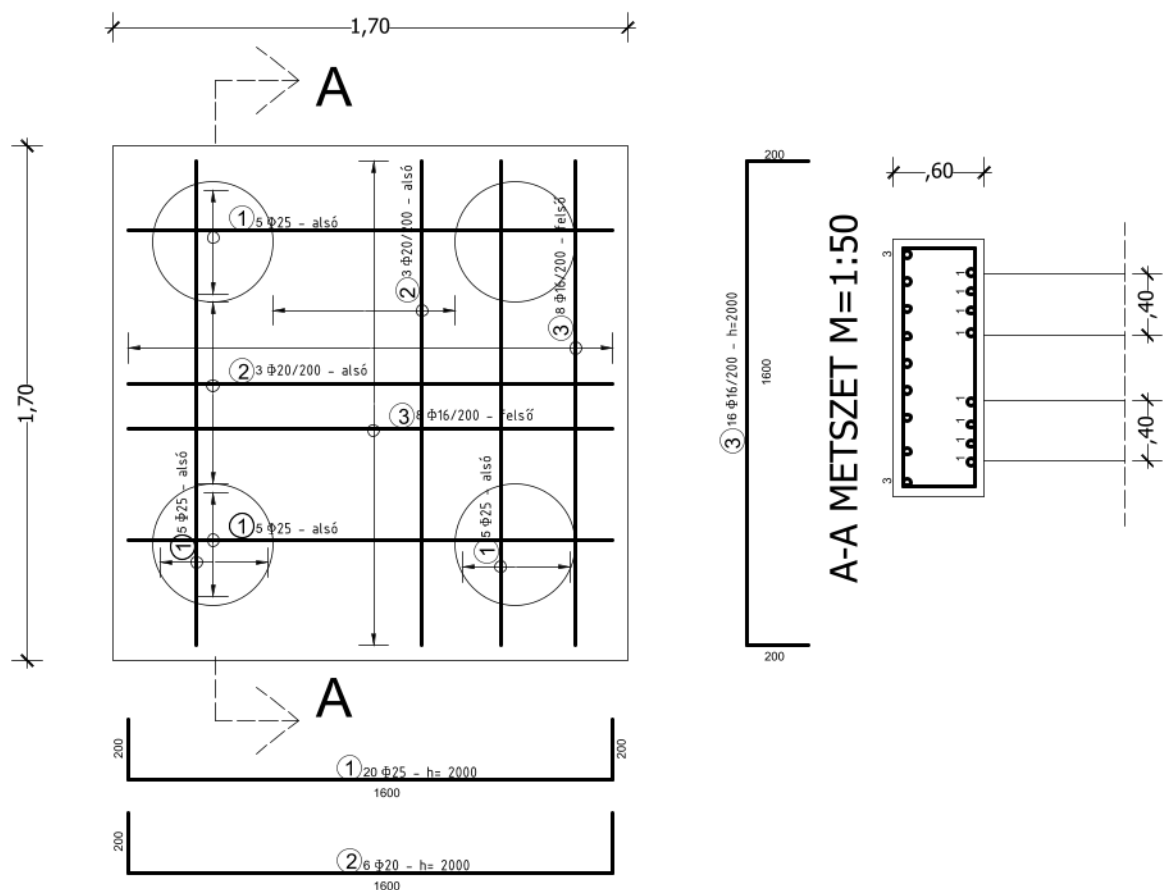


BETONACÉL KIMUTATÁS						
Jel	Átmérő [mm]	Dbszám	Hossz/db [mm]			
				16 mm	20 mm	25 mm
1.	25	24	2 000			48,00
2.	20	6	2 000		12,00	
3.	16	16	2 000	32,00		
Összes hossz átmérőnként [m]				32,00	12,00	48,00
Fajlagos tömeg átmérőnként [kg/m]				1,57	2,47	3,85
Tömeg átmérőnként [kg]				50,24	29,64	184,80
Össztömeg [kg/m3]				265		

- Megjegyzés:
1. beton minőség: C30/37-XC1
 2. betonacél: B500
 3. betontakarás: 6 cm
 4. Terep 0±00 = 116,90 mBf
 5. Fejtömb felső síkja: 115,50 mBf
 6. Fejtömb alsó síkja: 119,40 mBf
 7. A terv együtt kezelendő a további szerkezeti tervekkel
 8. A méreteket a helyszínen ellenőrizni szükséges!

Intézmény: Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék: Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy: Szakirányú diplomamunka			Év/félév: 2023/24t.
Feladat: Cölöpalapozás tervezése			
Rajz: F4 fejtömb vasalási terve			Rajzszám: S08
Hallgató: Rudolf Regina	Neptunkód: [REDACTED]	Konzulens: Firgi Tibor Petik Csaba	Méretarány: 1:25 A4

F5. fejtömb
M=1:25
Készül: 13 darab



BETONACÉL KIMUTATÁS						
Jel	Átmérő [mm]	Dbszám	Hossz/db [mm]			
				16 mm	20 mm	25 mm
1.	25	20	2 000			40,00
2.	20	6	2 000		12,00	
3.	16	16	2 000	32,00		
Összes hossz átmérőnként [m]				32,00	12,00	40,00
Fajlagos tömeg átmérőnként [kg/m]				1,57	2,47	3,85
Tömeg átmérőnként [kg]				50,24	29,64	154,00
Össztömeg [kg/m3]				234		

- Megjegyzés:
1. beton minőség: C30/37-XC1
 2. betonacél: B500
 3. betontakarás: 6 cm
 4. Terep 0±00 = 116,90 mBf
 5. Fejtömb felső síkja: 115,50 mBf
 6. Fejtömb alsó síkja: 119,40 mBf
 7. A terv együtt kezelendő a további szerkezeti tervekkel
 8. A méreteket a helyszínen ellenőrizni szükséges!

Intézmény: Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar			
Tanszék: Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszék			
Tantárgy: Szakirányú diplomamunka			Év/félév: 2023/24t.
Feladat: Cölöpalapozás tervezése			
Rajz: F5 fejtömb vasalási terve			Rajzsám: S9
Hallgató: Rudolf Regina	Neptunkód: [REDACTED]	Konzulens: Firgi Tibor Petik Csaba	Méretarány: 1:25 A4

Jáky- féle süllyedés számítás

	h1	z1	σz1	Es1	h2	z2	σz2	Es2	h3	z3	σz3	Es3	h4	z4	σz4	Es4	h5	z5	σz5	Es5	süllyedés (mm)
P1	0,4	5,5	116,5	14000	1,2	4,7	99,6	21500	1,2	3,5	74,2	12000	1,5	2,2	45,6	21500	1,3	0,7	13,8	12000	21,0
P2	0,4	4,5	54,6	14000	1,2	3,7	44,9	21500	1,3	2,5	29,8	12000	1,5	1,1	12,9	21500	0,3	0,2	1,9	12000	8,3
P3	0,4	2,9	288,3	14000	1,2	2,1	208,4	21500	0,0	1,5	146,9	12000	0,2	0,1	8,5	21500	0,0	0,0	0,0	0	20,3
P4	0,4	5,5	503,9	14000	1,2	4,7	430,4	21500	0,9	3,6	333,8	12000	1,5	2,4	223,5	21500	1,7	0,8	77,2	12000	9,0
P5	0,4	5,9	49,4	14000	1,2	5,1	42,7	21500	1,4	3,8	32,0	12000	1,5	2,4	19,9	21500	1,6	0,8	6,8	12000	9,8
P6	0,4	3,3	255,7	14000	1,2	2,5	192,8	21500	0,2	1,7	137,3	12000	1,5	0,9	70,0	21500	0,1	0,1	5,5	12000	25,4
P7	0,4	7,1	143,0	14000	1,2	6,3	126,9	21500	1,3	5,1	101,7	12000	1,5	3,7	73,5	21500	2,9	1,5	29,2	12000	34,4
P8	0,4	7,9	143,7	14000	1,2	7,1	129,2	21500	1,3	5,9	106,5	12000	1,5	4,5	81,1	21500	3,7	1,9	33,7	12000	38,9
P9	0,4	5,3	156,1	14000	1,2	4,5	132,5	21500	0,9	3,5	101,6	12000	1,5	2,3	66,3	21500	1,5	0,8	22,1	12000	26,9
P10	0,4	3,9	532,0	14000	1,2	3,1	422,0	21500	0,2	2,4	327,9	12000	1,5	1,6	213,1	21500	0,8	0,4	55,0	12000	6,2

Cölöpökre jutó erők meghatározása

Felső rész:

Teher esetek

	Fz	Mx	My	nyomás	húzás	mértékadó
K1.bal	1235	335	320	636,25	-18,75	636,25
	314	335	320	406	-249	

1.2.bal	678	446	135	460	-121	460
	349	446	135	377,75	-203,25	

1.3.bal	170	40	5	110	60	240,5
	109	362	5	240,5	-5,15	

J-B1	632	37	9	343,5	288,5	343,5
	370	270	9	329	41	

1.4bal	515	28	175	230,25	27,25	230,25
	65	110	26	84,25	-51,75	
	273	28	174	169,25	-32,75	

G-F1	1260	615	550	638,75	-218,75	638,75
	320	615	550	482,08	-375,42	

Alsó rész:

9.2	349	157	32	285	64	285
	133	421	5	282	-5,16	

9.3	342	32	32	235	-251	390
	7	175	9	187,5	-109	
	626	49	12	374	-361,5	
	300	228	12	390	-288	

9.4	800	182	3	585	-497	585
	385	305	9	506,5	-363	

9.5	585	58	125	475,5	-571,5	475,5
	355	63	125	365,5	-459	
	226	130	90	333	-358	

J-B9	1260	735	58	422,75	-2,75	422,75
	480	735	58	292,75	-132,75	

Bal oldali rész:

K1.1	1515	80	220	528,75	228,75	528,75
	540	230	220	360	-90	

K2,K8	1550	230	340	672,5	102,5	672,5
	450	230	340	397,5	-172,5	

K2.2	820	72	1010	746	-336	746
	500	72	1010	666	-416	

K3	920	114	1260	917	-457	917
	560	114	1100	747	-467	

Jobb oldali rész:

A3;A5,A6,A7	430	5	3	111,5	103,5	425
	260	40	680	425	-295	

A3.1	737	33	130	265,75	102,75	301,5
	263	31	130	146,25	-14,75	
	588	23	286	301,5	-7,5	
	116	23	286	183,5	-125,5	

A4	756	102	208	344	34	370
	610	72	363	370	-65	
	245	103	210	217,75	-95,25	

A4.1	340	2	225	198,5	-28,5	305,5
	222	25	475	305,5	-194,5	
	380	0	2	96	94	

A8	775	107	50	272,25	115,25	272,25
	428	36	152	201	13	
	265	108	51	145,75	-13,25	

A8.1	758	34	24	218,5	160,5	218,5
	356	2	131	155,5	22,5	
	282	32	24	98,5	42,5	

A9	615	23	153	241,75	65,75	241,75
	486	28	111	191	52	
	325	20	147	164,75	-2,25	

Közbensők rész:

A10 középsők	1600	0	0	400	400	489,5
	1470	60	184	489,5	245,5	
	890	120	350	457,5	-12,50	
A11 dilatációnál	2256	742	742	932,5	-180,5	932,5
	1200	742	742	756,5	-356,5	

Iroda rész

A12	51	3	30	29,25	-3,75	219,00
	700	38	50	219	131	

A13 duplák	1159	10	24	207,67	178,67	242,83
	767	380	40	242,83	12,83	

Egyedi cölöp tervezése: H= 5,75 méter

1CPT

Terepszint:	116,6 mBf				
D=	0,4 m	Talpellenállás			
cölöp mélysége	5,75 m	$q_{b;cal}$	1125,60 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	141,45 kN
$A_b=$	0,13 m ²				
		Palástellenállás			
k=	1,26 m	Homok			
$\lambda_b=$	0,7	$q_{s;cal}=$	55,57 kPa	$h_i=$	3,94 m
$\alpha_b=$	0,8				
	0,5	iszap			
q_{cI}	3,19 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	54,73 kPa	$h_i=$	0,62 m
q_{cII}	0,85 MN/m ²				
q_{cIII}	2 MN/m ²	agyag			
		$q_{s;cal}=$	33,08 kPa	$h_i=$	1,19 m
				$R_{s;cal}=$	367,27 kN
		$R_{c;cal}=$	508,71 kN		

2CPT

Terepszint:	116,6 mBf				
D=	0,4 m	Talpellenállás			
cölöp mélysége	5,75 m	$q_{b;cal}$	1009,40 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	126,84 kN
$A_b=$	0,13 m ²				
		Palástellenállás			
k=	1,26 m	Homok			
$\lambda_b=$	0,7	$q_{s;cal}=$	34,57 kPa	$h_i=$	5,00 m
$\alpha_b=$	0,8				
	0,5	iszap			
q_{cI}	2,77 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	37,95 kPa	$h_i=$	0,75 m
q_{cII}	0,44 MN/m ²				
q_{cIII}	2 MN/m ²			$R_{s;cal}=$	252,96 kN
		$R_{c;cal}=$	379,80 kN		

3CPT

		Talpellenállás			
Terepszint:	116,64 mBf	$q_{b;cal}$	2268,00 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	285,01 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	5,75 m	Palástellenállás			
$A_b=$	0,13 m ²	Homok			

$k=$	1,26 m	$q_{s;cal}=$	36,48 kPa	$h_i=$	0,58 m
$\lambda_b=$	0,7	Iszapos homok			
$\alpha b=$	0,8	$q_{s;cal}=$	36,77 kPa	$h_i=$	0,66 m
	0,5				
q_{cI}	11,02 MN/m ²	Homok			
q_{cII}	2 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	34,52 kPa	$h_i=$	2,12 m
q_{cIII}	1,59 MN/m ²	iszap agyag			
		$q_{s;cal}=$	30,59 kPa	$h_i=$	1,26 m
		iszap			
		$q_{s;cal}=$	39,25 kPa	$h_i=$	1,13 m
				$R_{s;cal}=$	253,24 kN

$R_{c;cal}=$	538,25 kN
--------------	-----------

4CPT

Talpellenállás

Terepszint:	116,67 mBf	$q_{b;cal}$	1745,80 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	219,38 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	5,75 m	Palástellenállás			
$A_b=$	0,13 m ²	Iszapos homok			

$q_{s;cal}=$	31,02 kPa	$h_i=$	1,10 m
$k=$	1,26 m		
$\lambda_b=$	0,7	Homok	
$\alpha b=$	0,8	$q_{s;cal}=$	47,92 kPa
	0,5	$h_i=$	2,14 m
q_{cI}	7,61 MN/m ²	iszap agyag	
q_{cII}	0,86 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	37,37 kPa
q_{cIII}	2 MN/m ²	$h_i=$	1,48 m
		iszap	
		$q_{s;cal}=$	37,95 kPa
		$h_i=$	1,03 m
		$R_{s;cal}=$	220,85 kN

$R_{c;cal}=$	440,23 kN
--------------	-----------

5CPT**Talpellenállás**

Terepszint:	116,62 mBf	$q_{b;cal}$	1958,60 kN/m ²	$R_{b;cal} =$	246,12 kN
-------------	------------	-------------	---------------------------	---------------	------------------

D=	0,4 m
----	--------------

cölöp mélysége	5,75 m
----------------	---------------

$A_b =$	0,13 m ²
---------	---------------------

Palástellenállás

Homok

$q_{s;cal} =$	56,22 kPa	$h_i =$	1,50 m
---------------	-----------	---------	--------

k=	1,26 m
----	--------

$\lambda_b =$	0,7
---------------	-----

$\alpha_b =$	0,8
--------------	-----

	0,5
--	-----

q_{cI}	9,37 MN/m ²
----------	------------------------

q_{cII}	0,62 MN/m ²
-----------	------------------------

q_{cIII}	2 MN/m ²
------------	---------------------

Iszapos homok

$q_{s;cal} =$	42,96 kPa	$h_i =$	0,70 m
---------------	-----------	---------	--------

Homok

$q_{s;cal} =$	72,95 kPa	$h_i =$	0,64 m
---------------	-----------	---------	--------

Iszapos homok

$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i =$	1,64 m
---------------	-----------	---------	--------

iszap

$q_{s;cal} =$	40,34 kPa	$h_i =$	1,27 m
---------------	-----------	---------	--------

$R_{s;cal} =$	330,73 kN
---------------	------------------

$R_{c;cal} =$	576,85 kN
---------------	------------------

6CPT**Talpellenállás**

Terepszint:	116,65 mBf	$q_{b;cal}$	2639,00 kN/m ²	$R_{b;cal} =$	331,63 kN
-------------	------------	-------------	---------------------------	---------------	------------------

D=	0,4 m
----	--------------

cölöp mélysége	5,75 m
----------------	---------------

$A_b =$	0,13 m ²
---------	---------------------

Palástellenállás

Homok

$q_{s;cal} =$	43,20 kPa	$h_i =$	2,60 m
---------------	-----------	---------	--------

k=	1,26 m
----	--------

$\lambda_b =$	0,7
---------------	-----

$\alpha_b =$	0,8
--------------	-----

	0,5
--	-----

q_{cI}	14,05 MN/m ²
----------	-------------------------

q_{cII}	0,8 MN/m ²
-----------	-----------------------

q_{cIII}	2 MN/m ²
------------	---------------------

Iszapos homok

$q_{s;cal} =$	49,90 kPa	$h_i =$	2,00 m
---------------	-----------	---------	--------

Iszapos homok

$q_{s;cal} =$	19,98 kPa	$h_i =$	0,56 m
---------------	-----------	---------	--------

iszap

$q_{s;cal} =$	35,19 kPa	$h_i =$	0,59 m
---------------	-----------	---------	--------

$R_{s;cal} =$	306,71 kN
---------------	------------------

$R_{c;cal} =$	638,33 kN
---------------	------------------

7CPT

Talpellenállás

Terepszint: 116,68 mBf $q_{b;cal}$ 1475,60 kN/m² $R_{b;cal}$ **185,43 kN**

D= **0,4 m**

cölöp mélysége **5,75 m**

A_b = 0,13 m²

Palástellenállás

Kavicsos homok

$q_{s;cal}$ = 49,04 kPa h_i = 0,14 m

k= 1,26 m

λ_b = 0,7

Homok

α_b = 0,8

$q_{s;cal}$ = 50,62 kPa h_i = 1,34 m

0,5

q_{cI} 5,77 MN/m²

Iszapos homok

q_{cII} 0,77 MN/m²

$q_{s;cal}$ = 41,34 kPa h_i = 0,74 m

q_{cIII} 2 MN/m²

Homok

$q_{s;cal}$ = 65,31 kPa h_i = 0,60 m

iszapos homok

$q_{s;cal}$ = 23,33 kPa h_i = 2,93 m

$R_{c;cal}$ = 452,89 kN

$R_{s;cal}$ **267,46 kN**

8CPT

Talpellenállás

Terepszint: 116,67 mBf $q_{b;cal}$ 1820,00 kN/m² $R_{b;cal}$ **228,71 kN**

D= **0,4 m**

cölöp mélysége **5,75 m**

A_b = 0,13 m²

Palástellenállás

Homok

$q_{s;cal}$ = 39,32 kPa h_i = 1,28 m

k= 1,26 m

λ_b = 0,7

Iszapos homok

α_b = 0,8

$q_{s;cal}$ = 32,72 kPa h_i = 1,14 m

0,5

q_{cI} 8,21 MN/m²

Homok

q_{cII} 0,79 MN/m²

$q_{s;cal}$ = 58,65 kPa h_i = 0,78 m

q_{cIII} 2 MN/m²

iszapos homok

$q_{s;cal}$ = 31,79 kPa h_i = 0,66 m

iszap

$q_{s;cal}$ = 53,26 kPa h_i = 0,68 m

$R_{s;cal}$ **300,27 kN**

Agyag

$R_{c;cal}$ = 528,98 kN

$q_{s;cal}$ = 39,98 kPa h_i = 1,21 m

Egyedi cölöp tervezése: H= 8,50 méter

1CPT				
Terepszin	116,6 mBf			
D=	0,4 m	Talpellenállás		
cölöp mély	8,5 m	$q_{b;cal}$	2972,20 kN/m ²	$R_{b;cal} = 373,50$ kN
$A_b =$	0,13 m ²			
		Palástellenállás		
k=	1,25664 m	Homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	55,57 kPa	$h_i = 3,94$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	iszap		
q_{cI}	12,28 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	54,73 kPa	$h_i = 0,62$ m
q_{cII}	4,95 MN/m ²			
q_{cIII}	2 MN/m ²	agyag		
		$q_{s;cal} =$	37,18 kPa	$h_i = 2,40$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	73,83 kPa	$h_i = 1,54$ m
				$R_{s;cal} = 572,81$ kN
		$R_{c;cal} =$	946,31 kN	

2CPT				
Terepszin	116,6 mBf			
D=	0,4 m	Talpellenállás		
cölöp mély	8,5 m	$q_{b;cal}$	2805,60 kN/m ²	$R_{b;cal} = 352,56$ kN
$A_b =$	0,12566 m ²			
		Palástellenállás		
k=	1,26 m	Homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	34,57 kPa	$h_i = 5,00$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	iszap		
q_{cI}	12,38 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	38,32 kPa	$h_i = 2,02$ m
q_{cII}	5,66 MN/m ²			
q_{cIII}	1 MN/m ²	homok		
		$q_{s;cal} =$	70,86 kPa	$h_i = 1,48$ m
				$R_{s;cal} = 446,27$ kN
		$R_{c;cal} =$	798,83 kN	

3CPT				
		Talpellénállás		
Terepszin	116,64 mBf	$q_{b;cal}$	4839,80 kN/m ²	$R_{b;cal} = 608,19$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	36,48 kPa	$h_i = 0,58$ m
k=	1,26 m	Iszapos homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	36,77 kPa	$h_i = 0,66$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	Homok		
q_{cI}	22,44 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	34,52 kPa	$h_i = 2,12$ m
q_{cII}	8,13 MN/m ²	iszap agyag		
q_{cIII}	2 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	30,59 kPa	$h_i = 1,26$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	50,20 kPa	$h_i = 1,74$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	74,93 kPa	$h_i = 2,14$ m
		$R_{s;cal} = 508,77$ kN		
		$R_{c;cal} = 1116,95$ kN		

4CPT				
		Talpellenállás		
Terepszin	116,67 mBf	$q_{b;cal}$	2515,80 kN/m ²	$R_{b;cal} = 316,14$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i = 1,10$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Homok		
$\alpha b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	47,92 kPa	$h_i = 2,14$ m
	0,5			
q_{cI}	10,36 MN/m ²	iszap agyag		
q_{cII}	3,61 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	37,37 kPa	$h_i = 1,48$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszap		
		$q_{s;cal} =$	40,16 kPa	$h_i = 1,88$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	63,90 kPa	$h_i = 1,90$ m
		$R_{s;cal} = 419,18$ kN		
		$R_{c;cal} =$	735,33 kN	

5CPT				
		Talpellenállás		
Terepszin	116,62 mBf	$q_{b;cal}$	3304,00 kN/m ²	$R_{b;cal} = 415,19$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	56,22 kPa	$h_i = 1,50$ m
k=	1,26 m	Iszapos homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	42,96 kPa	$h_i = 0,70$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	Homok		
q_{cI}	14,8 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	72,95 kPa	$h_i = 0,64$ m
q_{cII}	4,8 MN/m ²	Iszapos homok		
q_{cIII}	2 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i = 1,64$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	41,57 kPa	$h_i = 2,24$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	72,61 kPa	$h_i = 1,78$ m
		$R_{s;cal} = 545,78$ kN		
		$R_{c;cal} =$	960,98 kN	

6CPT				
		Talpellenállás		
Terepszin	116,65 mBf	$q_{b;cal}$	1519,00 kN/m ²	$R_{b;cal} = 190,88$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	43,20 kPa	$h_i = 2,60$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	49,90 kPa	$h_i = 2,00$ m
q_{cI}	5,54 MN/m ²	Iszapos homok		
q_{cII}	1,31 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	19,98 kPa	$h_i = 0,56$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²			
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	38,51 kPa	$h_i = 1,14$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	83,95 kPa	$h_i = 2,20$ m
		$R_{s;cal} = 567,89$ kN		
		$R_{c;cal} = 758,77$ kN		

7CPT				
		Talpellenállás		
Terepszin	116,68 mBf	$q_{b;cal}$	3075,80 kN/m ²	$R_{b;cal} = 386,52 \text{ kN}$
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Kavicsos homok		
		$q_{s;cal} =$	49,04 kPa	$h_i = 0,14 \text{ m}$
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Homok		
$\alpha b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	50,62 kPa	$h_i = 1,34 \text{ m}$
	0,5			
q_{cI}	15,17 MN/m ²	Iszapos homok		
q_{cII}	2,8 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	41,34 kPa	$h_i = 0,74 \text{ m}$
q_{cIII}	2 MN/m ²			
		Homok		
		$q_{s;cal} =$	65,31 kPa	$h_i = 0,60 \text{ m}$
		iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	25,38 kPa	$h_i = 2,52 \text{ m}$
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	35,60 kPa	$h_i = 1,72 \text{ m}$
		homok		
		$q_{s;cal} =$	70,31 kPa	$h_i = 1,44 \text{ m}$
		$R_{s;cal} = 466,09 \text{ kN}$		
		$R_{c;cal} =$	852,61 kN	

8CPT				
		Talpellenállás		
Terepszin	116,67 mBf	$q_{b;cal}$	3609,20 kN/m ²	$R_{b;cal} = 453,55$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mély	8,5 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	39,32 kPa	$h_i = 1,28$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	32,72 kPa	$h_i = 1,14$ m
	0,5			
q_{cI}	15,44 MN/m ²	Homok		
q_{cII}	6,34 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	58,65 kPa	$h_i = 0,78$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	31,79 kPa	$h_i = 0,66$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	53,26 kPa	$h_i = 0,68$ m
		Agyag		
		$q_{s;cal} =$	41,57 kPa	$h_i = 1,92$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	71,56 kPa	$h_i = 2,04$ m
		$R_{s;cal} = 523,23$ kN		
		$R_{c;cal} =$	976,78 kN	

Egyedi cölöp tervezése: $H = 12,00$ méter

1CPT				
Terepszint:	116,6 mBf			
D=	0,4 m	Talpellenállás		
cölöp mélysége	12 m	$q_{b;cal}$	4639,60 kN/m ²	$R_{b;cal} = 583,03$ kN
$A_b =$	0,13 m ²	Palástellenállás		
k=	1,257 m	Homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	55,57 kPa	$h_i = 3,94$ m
$\alpha_b =$	0,8	iszap		
	0,5	$q_{s;cal} =$	54,73 kPa	$h_i = 0,62$ m
q_{cI}	21,07 MN/m ²	agyag		
q_{cII}	8,07 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	37,18 kPa	$h_i = 2,40$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²	homok		
		$q_{s;cal} =$	67,29 kPa	$h_i = 3,54$ m
		agyagos iszap		
		$q_{s;cal} =$	48,30 kPa	$h_i = 1,50$ m
		$R_{s;cal} = 820,33$ kN		
		$R_{c;cal} = 1403,36$ kN		

2CPT					
Terepszint:	116,6 mBf				
D=	0,4 m	Talpellenállás			
cölöp mélysége	12 m	$q_{b;cal}$	3875,20 kN/m ²	$R_{b;cal}$	486,97 kN
A_b =	0,13 m ²	Palástellenállás			
k=	1,26 m	Homok			
λ_b =	0,7	$q_{s;cal}$	34,57 kPa	h_i =	5,00 m
α_b =	0,8	iszap			
	0,5	$q_{s;cal}$	38,32 kPa	h_i =	2,02 m
q_{cI}	16,02 MN/m ²	homok			
q_{cII}	9,76 MN/m ²	$q_{s;cal}$	66,27 kPa	h_i =	3,62 m
q_{cIII}	0,95 MN/m ²	iszap			
		$q_{s;cal}$	60,00 kPa	h_i =	1,02 m
		homok			
		$q_{s;cal}$	59,47 kPa	h_i =	0,34 m
		$R_{s;cal}$ 718,27 kN			
		$R_{c;cal}$ 1205,24 kN			

3CPT				
		Talpellenállás		
Terepszint:	116,6 mBf	$q_{b;cal}$	1446,20 kN/m ²	$R_{b;cal} = 181,73$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	36,48 kPa	$h_i = 0,58$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	36,77 kPa	$h_i = 0,66$ m
	0,5			
q_{cI}	4,93 MN/m ²	Homok		
q_{cII}	1,4 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	34,52 kPa	$h_i = 2,12$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszap agyag		
		$q_{s;cal} =$	30,59 kPa	$h_i = 1,26$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	50,20 kPa	$h_i = 1,74$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	74,93 kPa	$h_i = 4,34$ m
		iszap agyag		
		$q_{s;cal} =$	70,99 kPa	$h_i = 1,30$ m
		$R_{s;cal} = 831,89$ kN		
		$R_{c;cal} = 1013,63$ kN		

4CPT				
		Talpellenállás		
Terepszint:	116,7 mBf	$q_{b;cal}$	1299,20 kN/m ²	$R_{b;cal} = 163,26$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i = 1,10$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	47,92 kPa	$h_i = 2,14$ m
	0,5			
q_{cI}	4 MN/m ²	iszap agyag		
q_{cII}	1,28 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	37,37 kPa	$h_i = 1,48$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²			
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	40,16 kPa	$h_i = 1,88$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	61,71 kPa	$h_i = 5,40$ m
		$R_{s;cal} = 685,38$ kN		
		$R_{c;cal} = 848,64$ kN		

5CPT				
		Talpellenállás		
Terepszint:	116,6 mBf	$q_{b;cal}$	1391,60 kN/m ²	$R_{b;cal} = 174,87$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	56,22 kPa	$h_i = 1,50$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	42,96 kPa	$h_i = 0,70$ m
	0,5			
q_{cI}	4,28 MN/m ²	Homok		
q_{cII}	1,66 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	72,95 kPa	$h_i = 0,64$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²	Iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i = 1,64$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	41,57 kPa	$h_i = 2,24$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	60,32 kPa	$h_i = 5,28$ m
		$R_{s;cal} = 783,62$ kN		
		$R_{c;cal} = 958,49$ kN		

6CPT				
		Talpellénállás		
Terepszint:	116,7 mBf	$q_{b;cal}$	1519,00 kN/m ²	$R_{b;cal} = 190,88$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	43,20 kPa	$h_i = 2,60$ m
k=	1,26 m			
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok		
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	49,90 kPa	$h_i = 2,00$ m
q_{cI}	5,54 MN/m ²	Iszapos homok		
q_{cII}	1,31 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	19,98 kPa	$h_i = 0,56$ m
q_{cIII}	2 MN/m ²			
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	38,51 kPa	$h_i = 1,14$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	71,05 kPa	$h_i = 5,70$ m
		$R_{s;cal} = 844,74$ kN		
		$R_{c;cal} = 1035,62$ kN		

7CPT				
		Talpellénállás		
Terepszint:	116,7 mBf	$q_{b;cal}$	1101,80 kN/m ²	$R_{b;cal} = 138,46$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Kavicsos homok		
		$q_{s;cal} =$	49,04 kPa	$h_i = 0,14$ m
k=	1,26 m	Homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	50,62 kPa	$h_i = 1,34$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	Iszapos homok		
q_{cI}	2,52 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	41,34 kPa	$h_i = 0,74$ m
q_{cII}	1,35 MN/m ²	Homok		
q_{cIII}	2 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	65,31 kPa	$h_i = 0,60$ m
		iszapos homok		
		$q_{s;cal} =$	25,38 kPa	$h_i = 2,52$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	35,60 kPa	$h_i = 1,72$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	65,31 kPa	$h_i = 4,94$ m
		$R_{s;cal} = 744,30$ kN		
		$R_{c;cal} =$	882,75 kN	

8CPT				
		Talpellenállás		
Terepszint:	116,7 mBf	$q_{b;cal}$	1453,20 kN/m ²	$R_{b;cal} = 182,61$ kN
D=	0,4 m			
cölöp mélysége	12 m	Palástellenállás		
$A_b =$	0,13 m ²	Homok		
		$q_{s;cal} =$	39,32 kPa	$h_i = 1,28$ m
k=	1,26 m	Iszapos homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	32,72 kPa	$h_i = 1,14$ m
$\alpha_b =$	0,8			
	0,5	Homok		
q_{cI}	4,8 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	58,65 kPa	$h_i = 0,78$ m
q_{cII}	1,58 MN/m ²	iszapos homok		
q_{cIII}	2 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	31,79 kPa	$h_i = 0,66$ m
		iszap		
		$q_{s;cal} =$	53,26 kPa	$h_i = 0,68$ m
		Agyag		
		$q_{s;cal} =$	41,57 kPa	$h_i = 1,92$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	69,42 kPa	$h_i = 5,54$ m
		$R_{s;cal} = 823,04$ kN		
		$R_{c;cal} = 1005,66$ kN		

Egyedi cölöp tervezése: H= 13,25 méter

1CPT					
Terepszint:	116,6 mBf				
D=	0,4 m	Talpellenállás			
cölöp mélysége	13,25 m	$q_{b;cal}$	8540,00 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	1073,17 kN
$A_b=$	0,13 m ²				
		Palástellenállás			
k=	1,25664 m	Homok			
$\lambda_b=$	0,7	$q_{s;cal}=$	55,57 kPa	$h_i=$	3,94 m
$\alpha_b=$	0,8				
	0,5	iszap			
q_{cl}	30,48 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	54,73 kPa	$h_i=$	0,62 m
q_{clI}	26,52 MN/m ²				
q_{clIII}	2 MN/m ²	agyag			
		$q_{s;cal}=$	37,18 kPa	$h_i=$	2,40 m
		homok			
		$q_{s;cal}=$	67,29 kPa	$h_i=$	3,54 m
		agyagos iszap			
		$q_{s;cal}=$	48,30 kPa	$h_i=$	1,76 m
		homok			
		$q_{s;cal}=$	92,03 kPa	$h_i=$	0,99 m
				$R_{s;cal}=$	950,60 kN
		$R_{c;cal}=$	2023,77 kN		

2CPT

Terepszint:	116,6 mBf			
D=	0,4 m	Talpellenállás		
cölöp mélysége	13,25 m	$q_{b;cal}$	8472,80 kN/m ²	$R_{b;cal} = 1064,72$ kN
$A_b =$	0,12566 m ²	Palástellenállás		
k=	1,26 m	Homok		
$\lambda_b =$	0,7	$q_{s;cal} =$	34,57 kPa	$h_i = 5,00$ m
$\alpha_b =$	0,8	iszap		
	0,5	$q_{s;cal} =$	38,32 kPa	$h_i = 2,02$ m
q_{cI}	31,72 MN/m ²	homok		
q_{cII}	26,9 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	66,27 kPa	$h_i = 3,62$ m
q_{cIII}	0,95 MN/m ²	iszap		
		$q_{s;cal} =$	60,00 kPa	$h_i = 1,02$ m
		homok		
		$q_{s;cal} =$	59,47 kPa	$h_i = 1,59$ m
		$R_{s;cal} = 811,68$ kN		
		$R_{c;cal} = 1876,41$ kN		

3CPT

		Talpellenállás			
Terepszint:	116,64 mBf	$q_{b;cal}$	7322,00 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	920,11 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b=$	0,13 m ²	Homok			
		$q_{s;cal}=$	36,48 kPa	$h_i=$	0,58 m
k=	1,26 m				
$\lambda_b=$	0,7	Iszapos homok			
$\alpha b=$	0,8	$q_{s;cal}=$	36,77 kPa	$h_i=$	0,66 m
	0,5				
q_{cI}	30,1 MN/m ²	Homok			
q_{cII}	18,2 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	34,52 kPa	$h_i=$	2,12 m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszap agyag			
		$q_{s;cal}=$	30,59 kPa	$h_i=$	1,26 m
		iszap			
		$q_{s;cal}=$	50,20 kPa	$h_i=$	1,74 m
		homok			
		$q_{s;cal}=$	74,93 kPa	$h_i=$	4,34 m
		iszap agyag			
		$q_{s;cal}=$	64,62 kPa	$h_i=$	2,55 m
				$R_{s;cal}=$	922,99 kN
		$R_{c;cal}=$		1843,10 kN	

4CPT					
		Talpellenállás			
Terepszint:	116,67 mBf	$q_{b;cal}$	4706,80 kN/m ²	$R_{b;cal} =$	591,47 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b =$	0,13 m ²	Iszapos homok			
		$q_{s;cal} =$	31,02 kPa	$h_i =$	1,10 m
k=	1,26 m				
$\lambda_b =$	0,7	Homok			
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	47,92 kPa	$h_i =$	2,14 m
	0,5				
q_{cI}	22,33 MN/m ²	iszap agyag			
q_{cII}	7,29 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	37,37 kPa	$h_i =$	1,48 m
q_{cIII}	2 MN/m ²				
		iszap			
		$q_{s;cal} =$	40,16 kPa	$h_i =$	1,88 m
		homok			
		$q_{s;cal} =$	57,42 kPa	$h_i =$	6,65 m
				$R_{s;cal} =$	746,46 kN
		$R_{c;cal} =$	1337,93 kN		

5CPT

		Talpellenállás			
Terepszint:	116,62 mBf	$q_{b;cal}$	6151,60 kN/m2	$R_{b;cal}=$	773,03 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b=$	0,13 m2	Homok			
		$q_{s;cal}=$	56,22 kPa	$h_i=$	1,50 m
k=	1,26 m				
$\lambda_b=$	0,7	Iszapos homok			
$\alpha_b=$	0,8	$q_{s;cal}=$	42,96 kPa	$h_i=$	0,70 m
	0,5				
q_{cI}	29,47 MN/m2	Homok			
q_{cII}	10,47 MN/m2	$q_{s;cal}=$	72,95 kPa	$h_i=$	0,64 m
q_{cIII}	2 MN/m2	Iszapos homok			
		$q_{s;cal}=$	31,02 kPa	$h_i=$	1,64 m
		iszap			
		$q_{s;cal}=$	41,57 kPa	$h_i=$	2,24 m
		homok			
		$q_{s;cal}=$	60,32 kPa	$h_i=$	5,80 m
		iszap			
		$q_{s;cal}=$	60,24 kPa	$h_i=$	0,73 m
					$R_{s;cal}=$ 878,30 kN
		$R_{c;cal}=$ 1651,33 kN			

6CPT					
		Talpellénállás			
Terepszint:	116,65 mBf	$q_{b;cal}$	5178,60 kN/m ²	$R_{b;cal} =$	650,76 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b =$	0,13 m ²	Homok			
		$q_{s;cal} =$	43,20 kPa	$h_i =$	2,60 m
k=	1,26 m				
$\lambda_b =$	0,7	Iszapos homok			
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	49,90 kPa	$h_i =$	2,00 m
	0,5				
q_{cI}	23,64 MN/m ²	Iszapos homok			
q_{cII}	9,35 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	19,98 kPa	$h_i =$	0,56 m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszap			
		$q_{s;cal} =$	38,51 kPa	$h_i =$	1,14 m
		homok			
		$q_{s;cal} =$	67,36 kPa	$h_i =$	6,95 m
				$R_{s;cal} =$	924,09 kN
		$R_{c;cal} =$	1574,86 kN		

7CPT					
		Talpellénállás			
Terepszint:	116,68 mBf	$q_{b;cal}$	4159,40 kN/m ²	$R_{b;cal} =$	522,69 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b =$	0,13 m ²	Kavicsos homok			
		$q_{s;cal} =$	49,04 kPa	$h_i =$	0,14 m
k=	1,26 m				
$\lambda_b =$	0,7	Homok			
$\alpha_b =$	0,8	$q_{s;cal} =$	50,62 kPa	$h_i =$	1,34 m
	0,5				
q_{cI}	22,11 MN/m ²	Iszapos homok			
q_{cII}	3,6 MN/m ²	$q_{s;cal} =$	41,34 kPa	$h_i =$	0,74 m
q_{cIII}	2 MN/m ²	Homok			
		$q_{s;cal} =$	65,31 kPa	$h_i =$	0,60 m
		iszapos homok			
		$q_{s;cal} =$	25,38 kPa	$h_i =$	2,52 m
		iszap			
		$q_{s;cal} =$	35,60 kPa	$h_i =$	1,72 m
		homok			
		$q_{s;cal} =$	60,50 kPa	$h_i =$	6,19 m
				$R_{s;cal} =$	809,48 kN
		$R_{c;cal} =$	1332,16 kN		

8CPT					
		Talpellénállás			
Terepszint:	116,67 mBf	$q_{b;cal}$	6633,20 kN/m ²	$R_{b;cal}=$	833,55 kN
D=	0,4 m				
cölöp mélysége	13,25 m	Palástellenállás			
$A_b=$	0,13 m ²	Homok			
		$q_{s;cal}=$	39,32 kPa	$h_i=$	1,28 m
k=	1,26 m	Iszapos homok			
$\lambda_b=$	0,7				
$\alpha_b=$	0,8	$q_{s;cal}=$	32,72 kPa	$h_i=$	1,14 m
	0,5				
q_{cI}	31,83 MN/m ²	Homok			
q_{cII}	11,55 MN/m ²	$q_{s;cal}=$	58,65 kPa	$h_i=$	0,78 m
q_{cIII}	2 MN/m ²	iszapos homok			
		$q_{s;cal}=$	31,79 kPa	$h_i=$	0,66 m
		iszap			
		$q_{s;cal}=$	53,26 kPa	$h_i=$	0,68 m
		Agyag			
		$q_{s;cal}=$	41,57 kPa	$h_i=$	1,92 m
		homok			
		$q_{s;cal}=$	60,07 kPa	$h_i=$	6,79 m
				$R_{s;cal}=$	852,36 kN
		$R_{c;cal}=$		1685,91 kN	

CPT cölöp számítás

Adatbev.

Projekt : Szakdolgozat
Leírás : 8,50 m cölöp teherbírás
Szerző : Rudolf Regina
Dátum : 2024. 04. 03.

Beállítások

(bevitel az aktuális feladathoz)

CPT cölöp

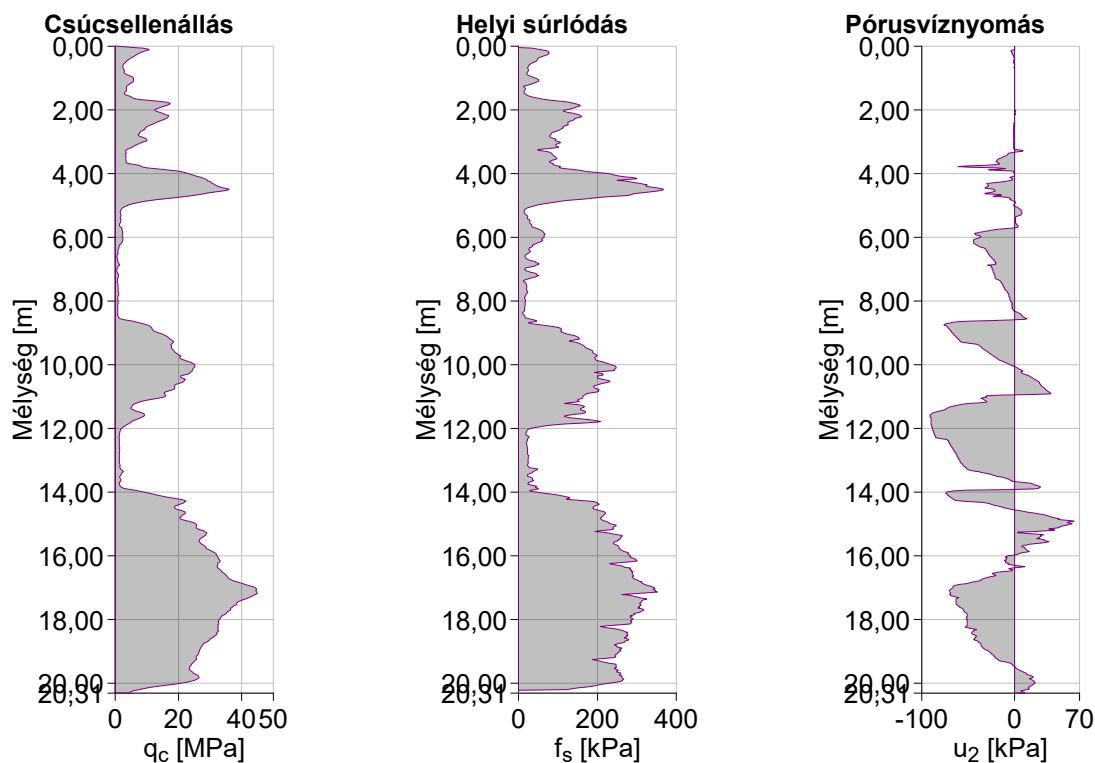
Ellenőrzési módszer : EN 1997-2
Számítás típusa : EN 1997-2

Ellenállások (R) parciális tényezői			
Talpellénállás parciális tényezője :	$\gamma_b =$	1,20	[-]
Palástellenállás parciális tényezője :	$\gamma_s =$	1,10	[-]
Csökkentő tényezők			
Terhelési-süllyedési görbe csökk. tényezője :	$k =$	1,00	[-]

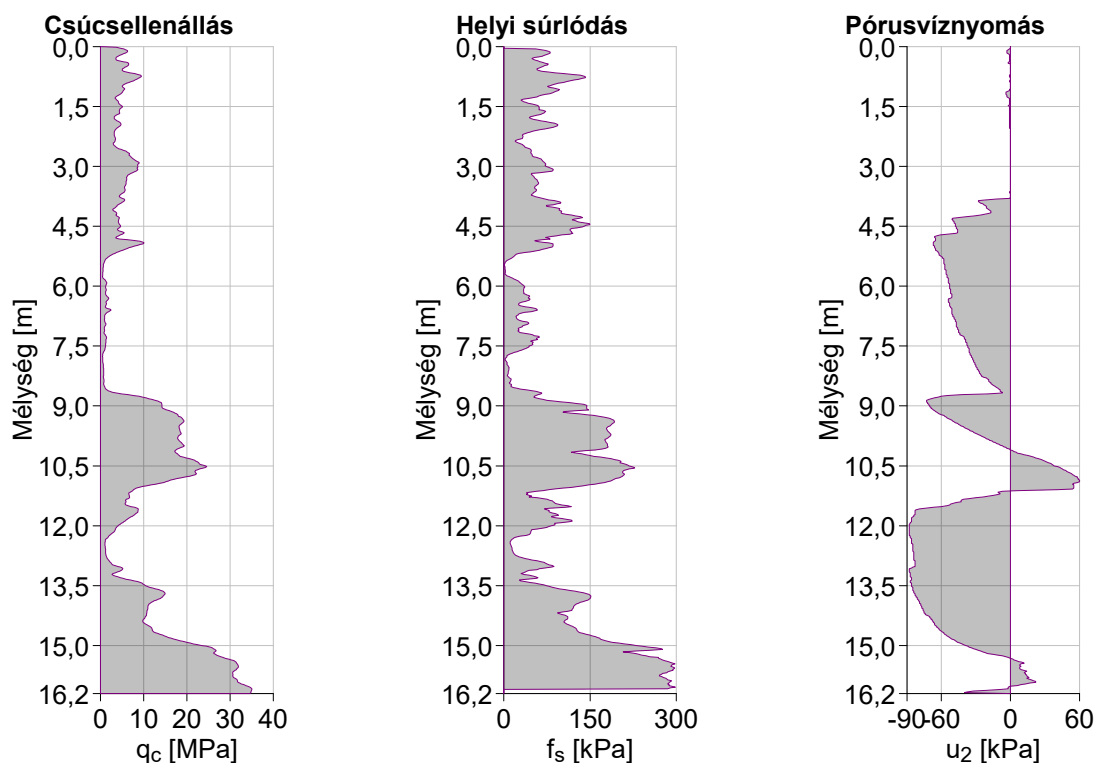
Teszttek

Sz.	Vizsgálat neve	Kiindulási pont függőleges eltolása d_h [m]	Teljes mélység d_{tot} [m]
1	1_CPT	0,00	20,31
2	2_CPT	0,00	16,20
3	3_CPT	0,00	16,20
4	4_CPT	0,00	16,24
5	5_CPT	0,00	16,19
6	6_CPT	0,00	16,20
7	7_CPT	0,00	16,25
8	8_CPT	0,00	20,20

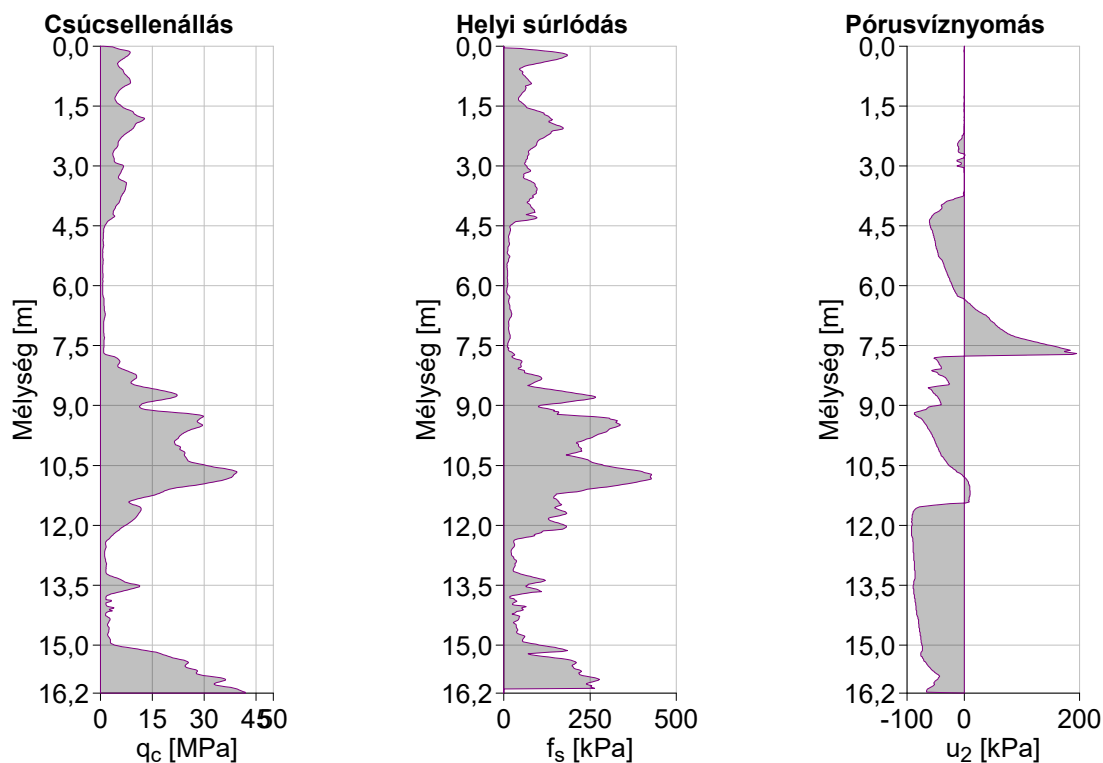
Teszt : 1_CPT



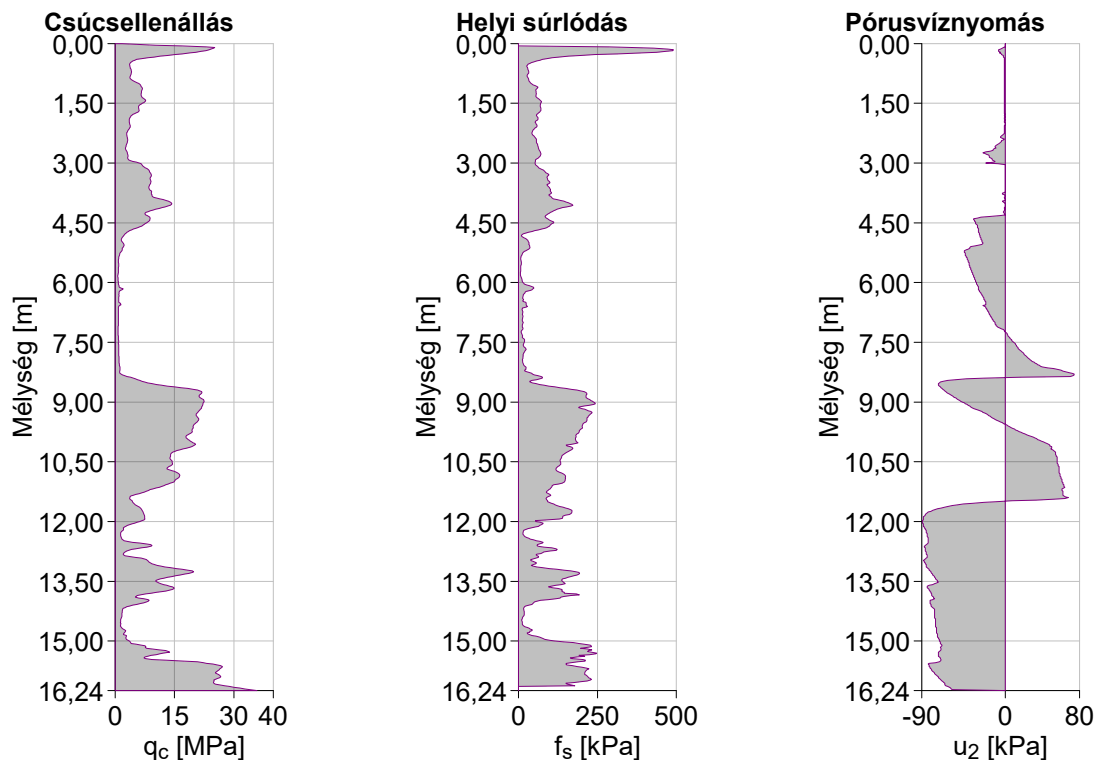
Teszt : 2_CPT



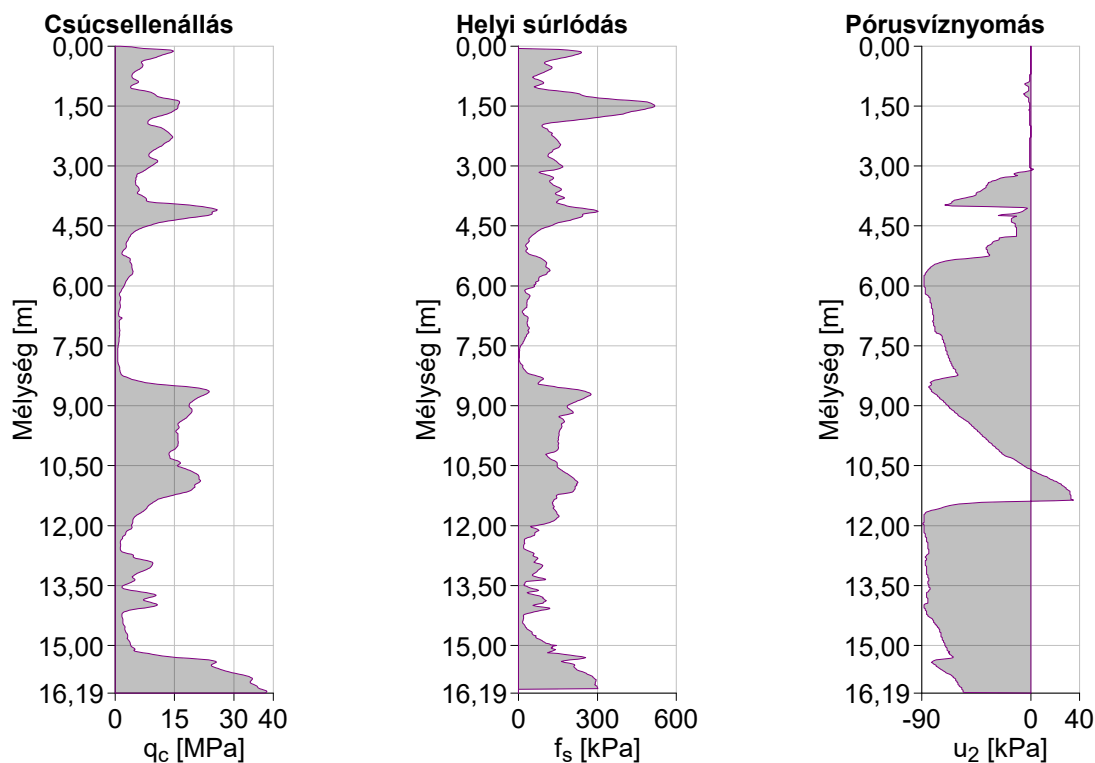
Teszt : 3_CPT



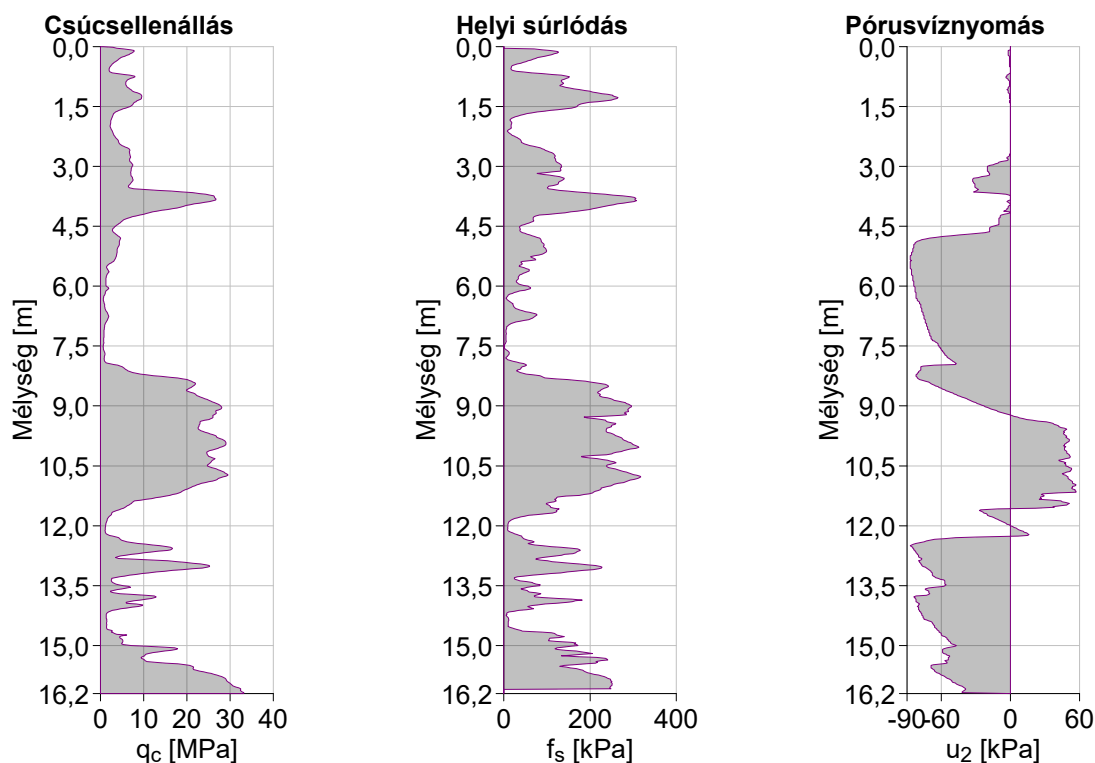
Teszt : 4_CPT

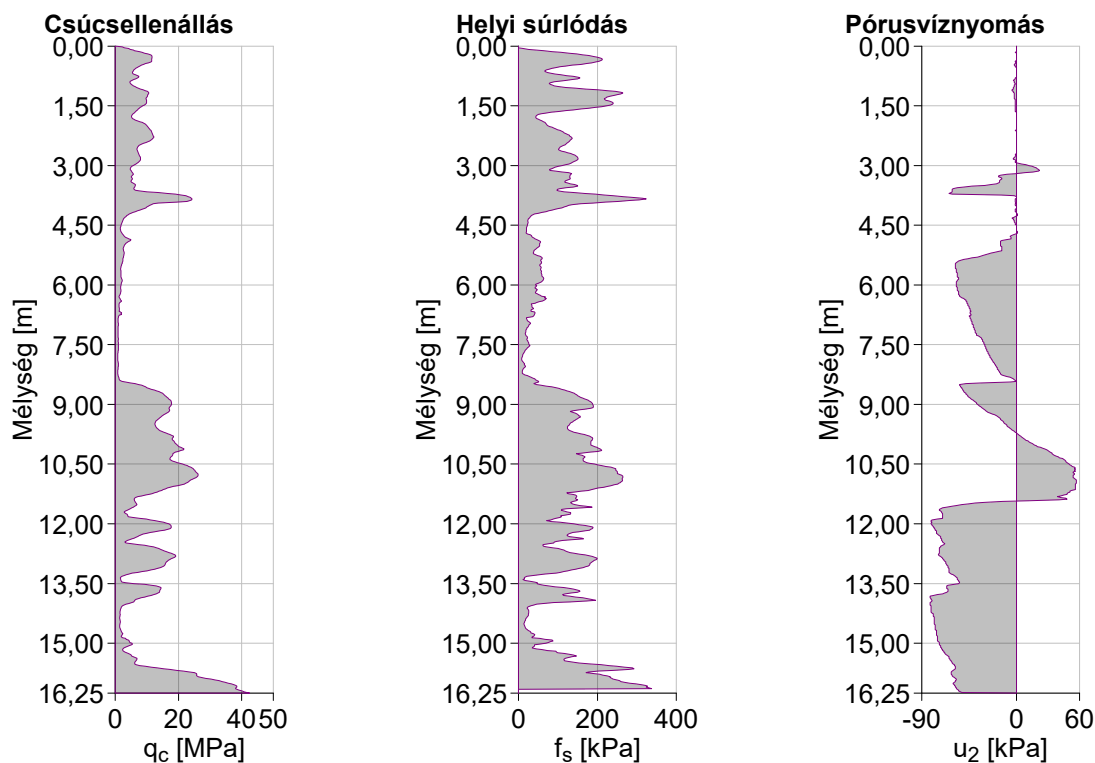
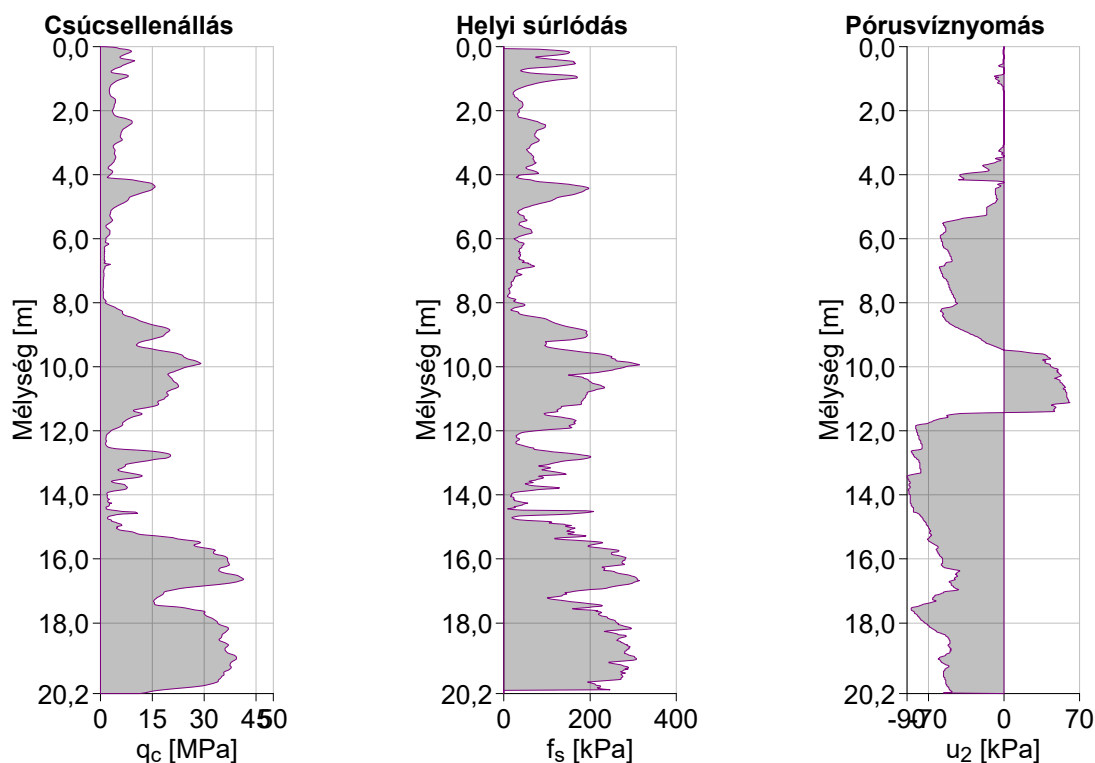


Teszt : 5_CPT



Teszt : 6_CPT



Teszt : 7_CPT**Teszt : 8_CPT****Osztályozás**

Forrásul használt CPT vizsgálat : 1_CPT
Osztályozás típusa : Robertson 2010

Szonda hasznos terület hányada : 0,75

Osztályozott talajok

Sz.	Talaj neve
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig
5	Kavicsos homoktól durva homokig

Alap talaj paraméterek

Sz.	Név	Mintázat	φ_{ef} [°]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig		20,00	16,90	6,90
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig		23,00	17,70	7,70
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig		22,00	16,93	6,93
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig		30,00	19,82	9,82
5	Kavicsos homoktól durva homokig		34,00	18,69	8,69

Talajparaméterek

Agyag - iszapos agyagtól agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 16,90 \text{ kN/m}^3$
 Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 16,90 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : agyag

Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 17,70 \text{ kN/m}^3$
 Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 17,70 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : agyag

Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig

Térfogatsúly : $\gamma = 16,93 \text{ kN/m}^3$
 Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 22,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 16,93 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : iszap

Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,82 \text{ kN/m}^3$
 Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,82 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : homok, kavics
 OCR nagysága : $OCR \leq 2$
 Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Kavicsos homoktól durva homokig

Térfogatsúly : γ = 18,69 kN/m³
Belső súrlódási szög : ϕ_{ef} = 34,00 °
Telített térfogatsúly : γ_{sat} = 18,69 kN/m³
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : OCR ≤ 2
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Szerkezet

Szerkezet típusa : különálló cölöp
Teher tervezési értéke F_{s_d} = 270,00 kN
Hasznos teher F_s = 160,00 kN

Geometria

Cölöp típusa : folyamatos spirállal készített cölöp (CFA)
Cölöp anyaga : beton
 q_c III csökkentése 2 MPa-ra : Igen
Cölöphossz a talajban = 8,50 m
Cölöpfej eltolása a terep felett = 0,00 m
Rendezett terep mélys. = 1,70 m

Cölöp keresztmetszet - koncentrikus

Cölöp átmérő d = 0,40 m

TVSZ

Talajvízszint TVSZ = 1,00 m

Globális beállítások

Számítás tesztek alapján : CPT
A számítás nem veszi figyelembe a negatív köpenysúrlódást hatását.
Modell-bizonytalansági parciális tényező γ_{cal} = 1,10

Geológiai profil és hozzárendelt talajok

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
1	0,24	0,00 .. 0,24	Kavicsos homoktól durva homokig	
2	4,76	0,24 .. 5,00	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
3	0,50	5,00 .. 5,50	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
4	0,88	5,50 .. 6,38	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
5	2,26	6,38 .. 8,64	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
6	3,58	8,64 .. 12,22	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
7	1,72	12,22 .. 13,94	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
8	6,37	13,94 .. 20,31	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
9	-	20,31 .. ∞	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	

Teherbírás számítás - EN 1997-2

Függőleges teherbírás számítás - tesztek eredményeinek közbenső értékei

CPT eredmények közbenső értéke - 1_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	974,97 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	557,42 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	417,55 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	10,33 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	3,80 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,24 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	3322,78 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	3322,78 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 2_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	843,55 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	415,04 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	428,50 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	10,21 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	4,48 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,18 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	3409,91 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	3409,91 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 3_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	1316,84 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	637,96 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	678,88 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	17,11 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	6,56 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,67 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	5402,36 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	5402,36 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 4_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	855,31 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	499,22 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	356,09 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	8,24 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	3,12 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,41 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	2833,70 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	2833,70 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 5_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	1149,18 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	707,19 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	441,98 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	11,13 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	3,64 MPa

Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,41 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	3517,20 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	3517,20 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 6_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	1187,93 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	756,54 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	431,39 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	13,67 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	1,33 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,08 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	3432,91 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	3432,91 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 7_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	956,02 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	540,32 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	415,70 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	11,66 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	2,17 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,35 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	3308,07 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	3308,07 kPa

CPT eredmények közbenső értéke - 8_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	1122,79 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	618,36 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	504,43 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	12,13 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	4,91 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	1,52 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	4014,11 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	4014,11 kPa

Függőleges cölöpteherbírás számítás - eredmények közbenső értékei

Cölöpátmérő	d_{eq}	=	0,40 m
Cölöpátmérő a talpnál	$d_{s,eq}$	=	0,40 m
Cölöp terület a talpnál	A_b	=	0,13 m ²
Cölöptalp teherb. csökkentő tényezője	α_p	=	0,80
Cölöp alak hatását figy. vevő tényező	s	=	1,00
Szélesített cölöptalp hatását figy. vevő tény.	β	=	1,00

Függőleges teherbírás számítás - eredmények

A számítás lefutott az összes mérésre.

Nyomott cölöp minimális ellenállása	$R_{c,min}$	=	843,55 kN
Tényező	ξ_4	=	1,12
Nyomott cölöp átlagos teherbírása	$R_{c,mean}$	=	1050,82 kN
Tényező	ξ_3	=	1,27
Cölöp teherbírásának karakterisztikus értéke	R_c	=	684,70 kN

Cölöp teherbírásának tervezési értéke	R_{cd}	=	596,10 kN
Téher tervezési értéke	$F_{s,d}$	=	270,00 kN

$$R_{cd} = 596,10 \text{ kN} > F_{s,d} = 270,00 \text{ kN}$$

Cölöp ellenőrzése teherbírásra MEGFELELŐ

CPT cölöp számítás

Adatbev.

Projekt : Szakdolgozat
Leírás : 12,00 m cölöp tehrebírás
Szerző : Rudolf Regina
Dátum : 2024. 04. 03.

Beállítások

(bevitel az aktuális feladathoz)

CPT cölöp

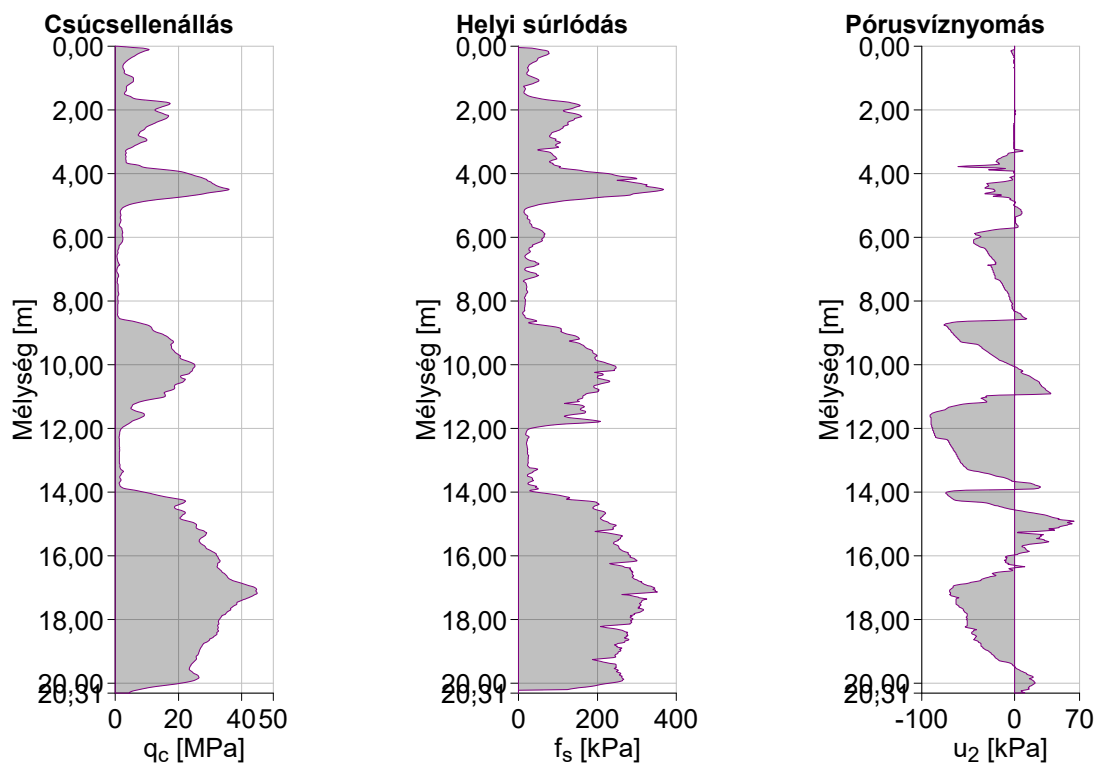
Ellenőrzési módszer : EN 1997-2
Számítás típusa : EN 1997-2

Ellenállások (R) parciális tényezői			
Talpellénállás parciális tényezője :	$\gamma_b =$	1,20	[-]
Palástellenállás parciális tényezője :	$\gamma_s =$	1,10	[-]
Csökkentő tényezők			
Terhelési-süllyedési görbe csökk. tényezője :	$k =$	1,00	[-]

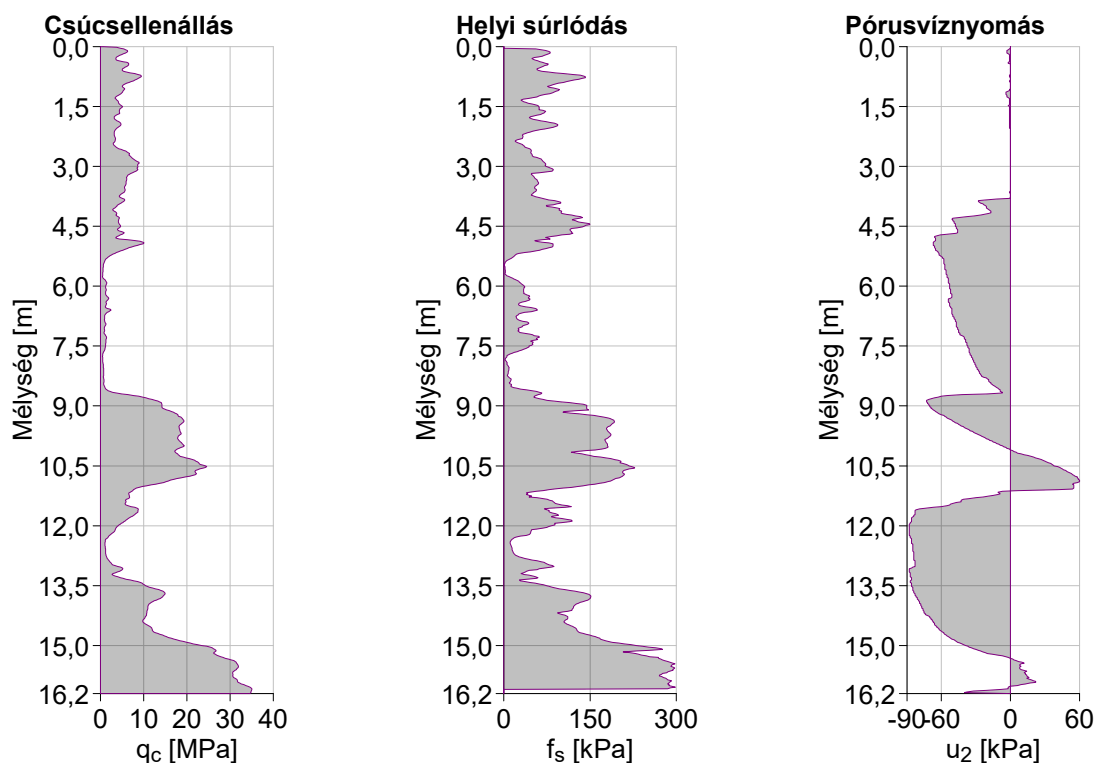
Teszttek

Sz.	Vizsgálat neve	Kiindulási pont függőleges eltolása d_h [m]	Teljes mélység d_{tot} [m]
1	1_CPT	0,00	20,31
2	2_CPT	0,00	16,20
3	3_CPT	0,00	16,20
4	4_CPT	0,00	16,24
5	5_CPT	0,00	16,19
6	6_CPT	0,00	16,20
7	7_CPT	0,00	16,25
8	8_CPT	0,00	20,20

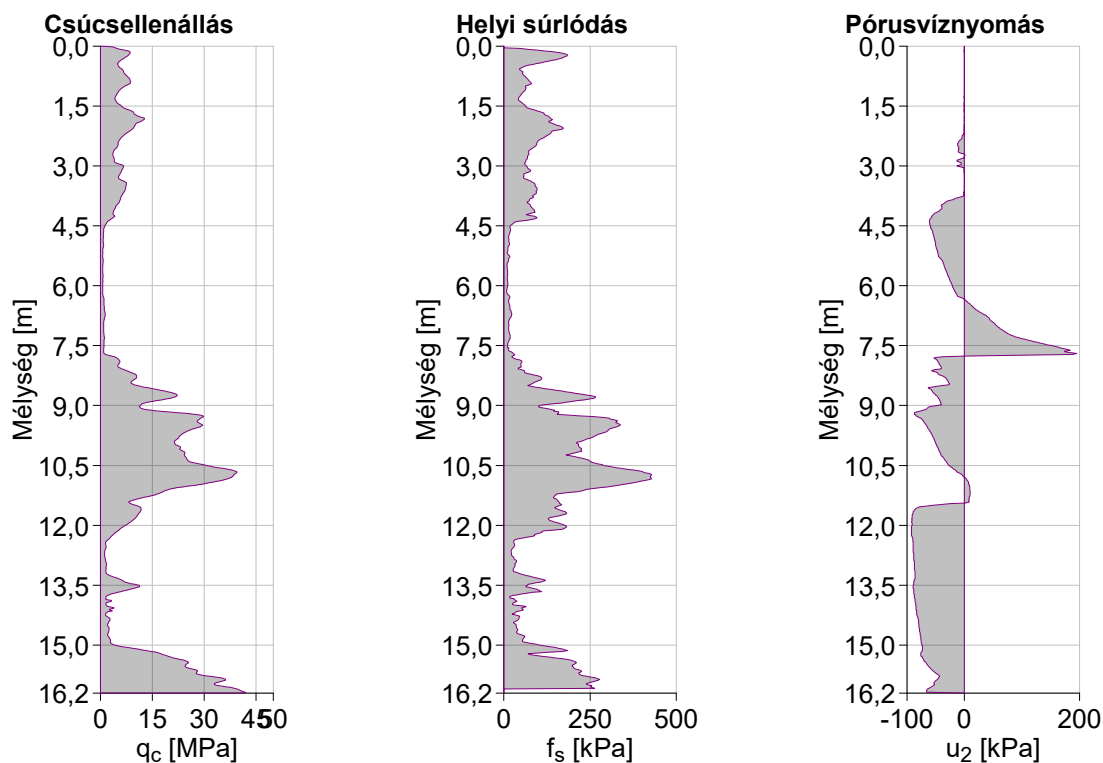
Teszt : 1_CPT



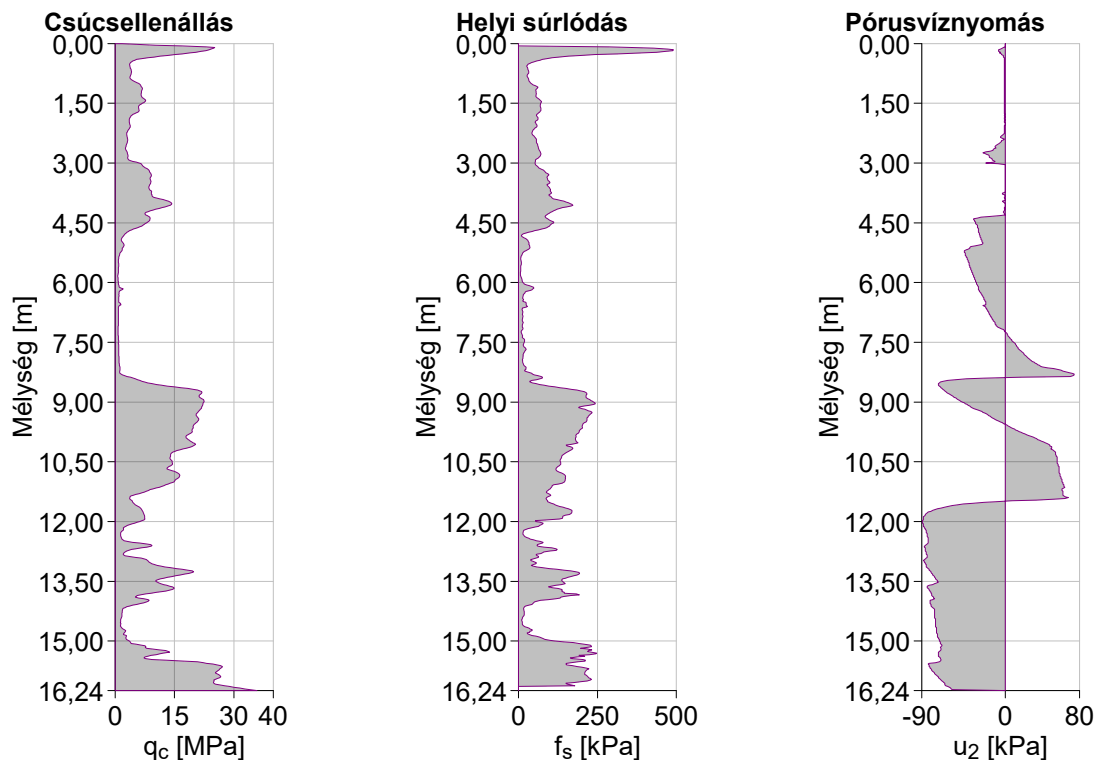
Teszt : 2_CPT



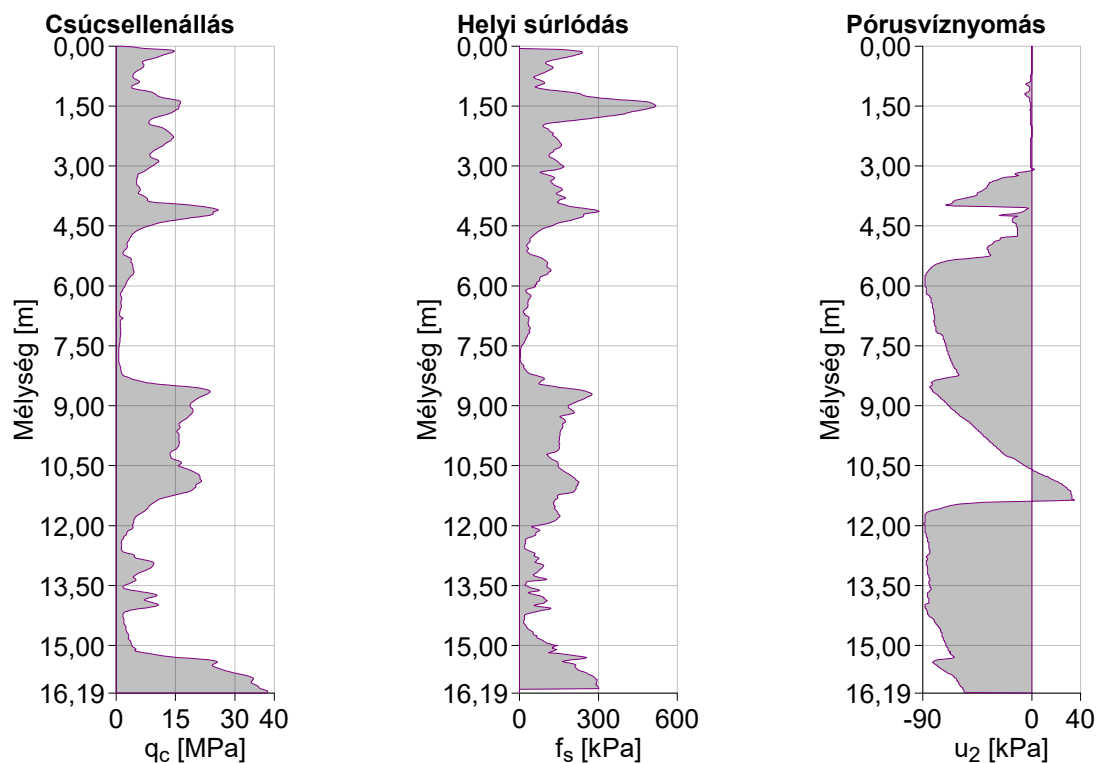
Teszt : 3_CPT



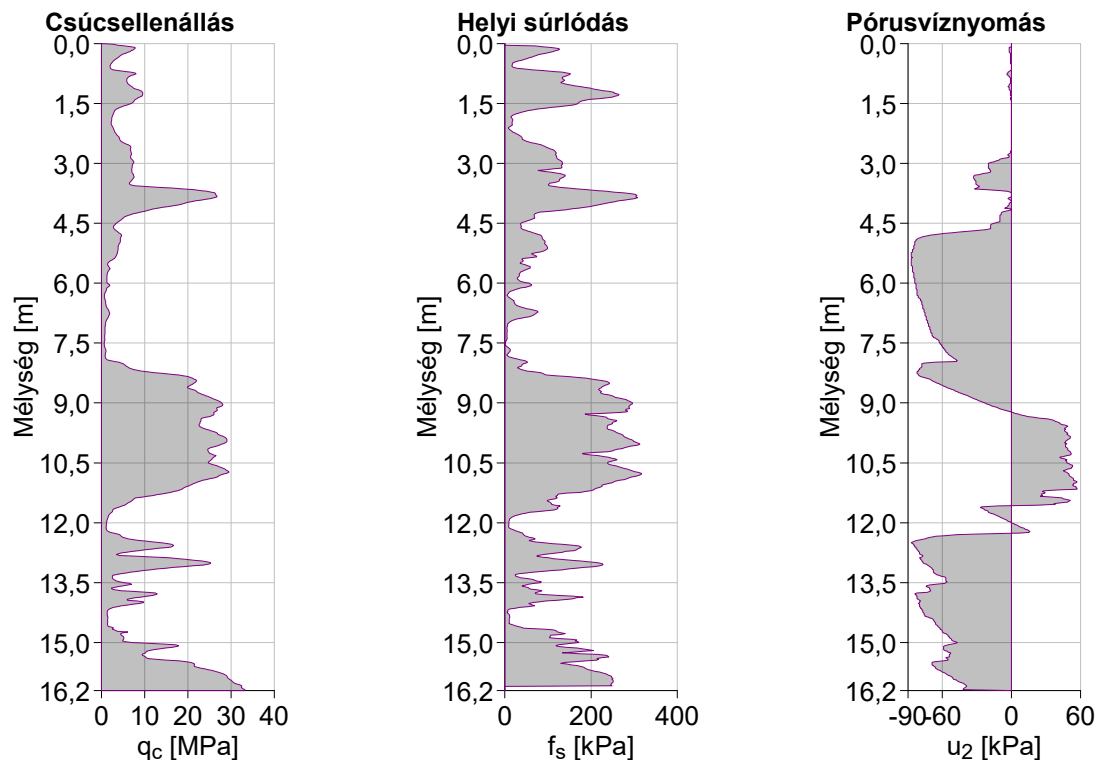
Teszt : 4_CPT

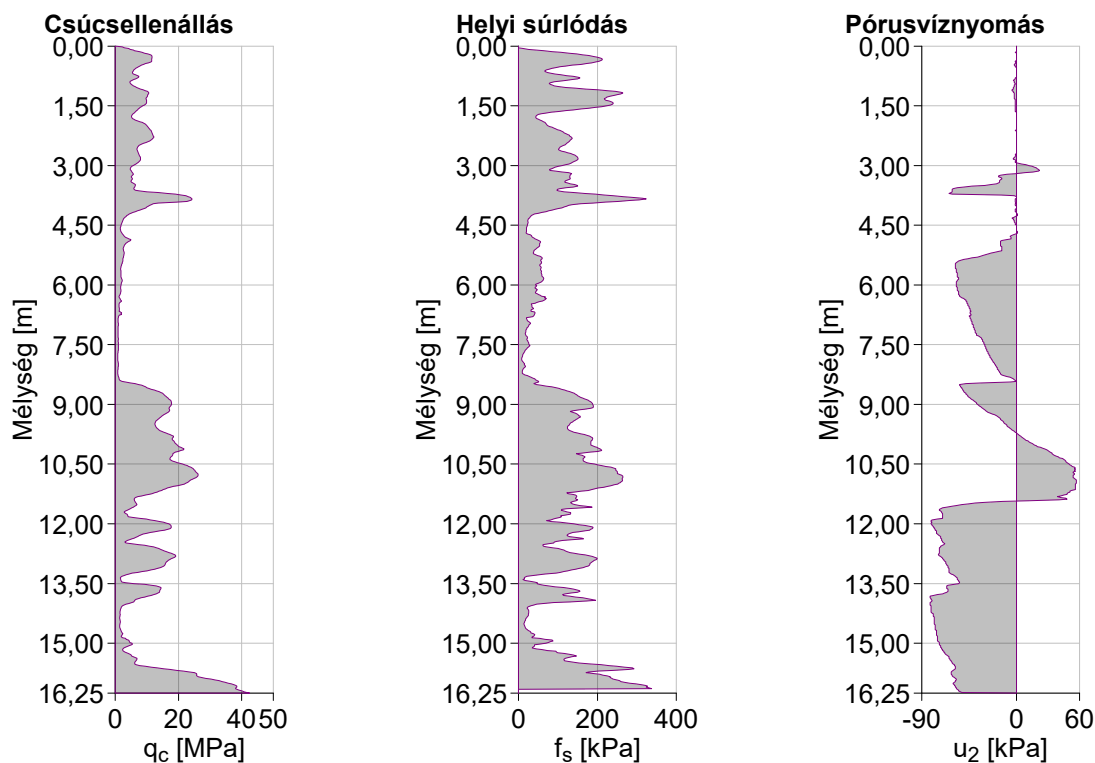
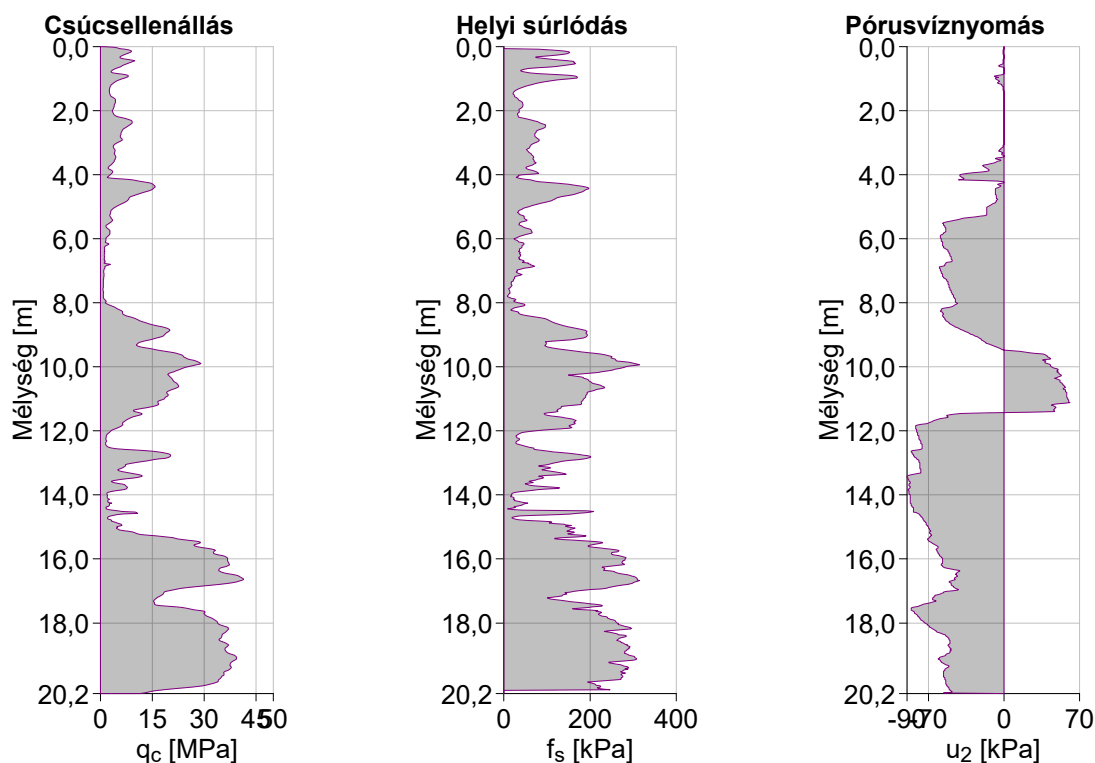


Teszt : 5_CPT



Teszt : 6_CPT



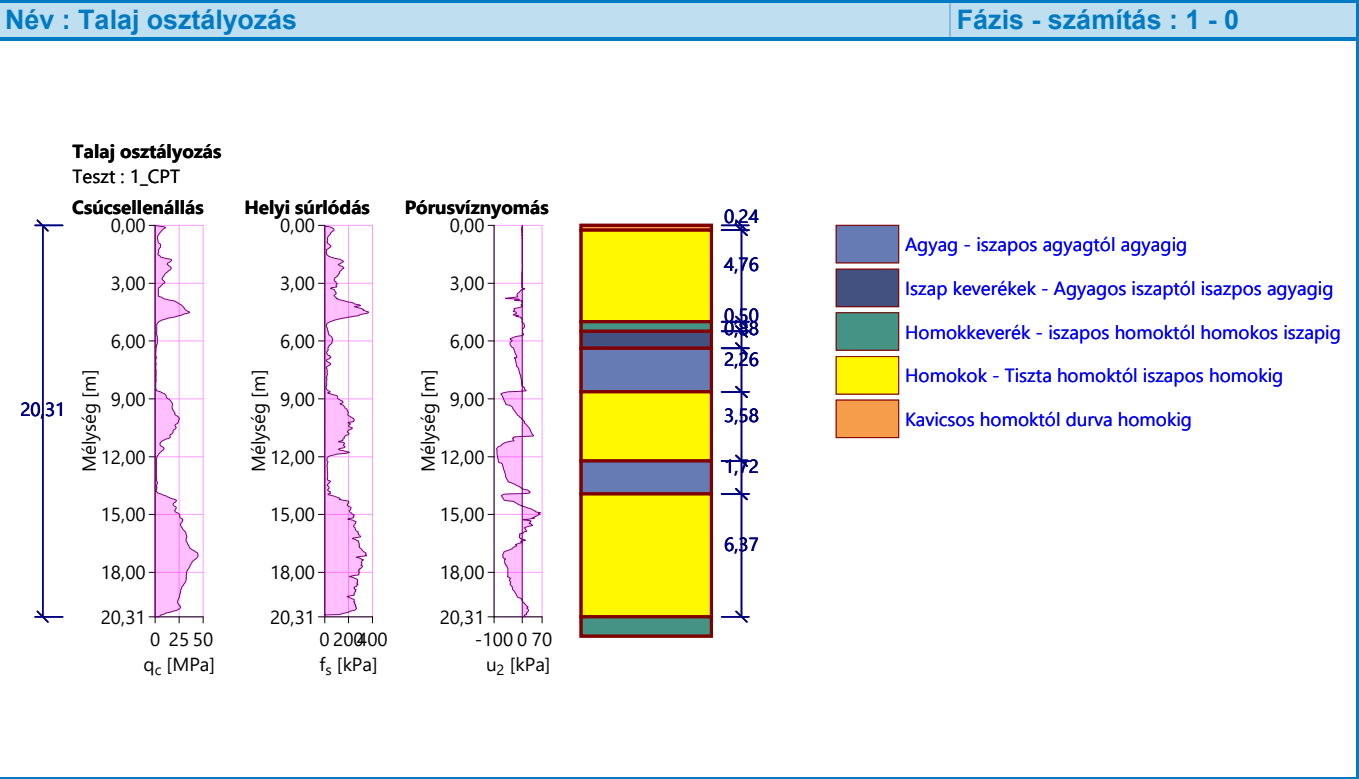
Teszt : 7_CPT**Teszt : 8_CPT****Osztályozás**

Forrásul használt CPT vizsgálat : 1_CPT
Osztályozás típusa : Robertson 2010

Szonda hasznos terület hányada : 0,75

Osztályozott talajok

Sz.	Talaj neve
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig
5	Kavicsos homoktól durva homokig



Térfogatsúly : $\gamma = 16,90 \text{ kN/m}^3$
Belső sűrűlási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 20,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 16,90 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : agyag

Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 17,70 \text{ kN/m}^3$
Belső sűrűlási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 23,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 17,70 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : agyag

Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig

Térfogatsúly : $\gamma = 16,93 \text{ kN/m}^3$
Belső sűrűlási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 22,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 16,93 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : iszap

Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,82 \text{ kN/m}^3$
Belső sűrűlási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 30,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 19,82 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : $\text{OCR} \leq 2$
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Kavicsos homoktól durva homokig

Térfogatsúly : $\gamma = 18,69 \text{ kN/m}^3$
Belső sűrűlási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 34,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 18,69 \text{ kN/m}^3$
Talajtípus : homok, kavics
OCR nagysága : $\text{OCR} \leq 2$
Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Szerkezet

Szerkezet típusa : különálló cölöp
Teher tervezési értéke $F_{\text{sd}} = 400,00 \text{ kN}$
Hasznos teher $F_{\text{s}} = 222,50 \text{ kN}$

Geometria

Cölöp típusa : folyamatos spirállal készített cölöp (CFA)
Cölöp anyaga : beton
 q_{c} III csökkentése 2 MPa-ra : Nem
Cölöphossz a talajban $= 12,00 \text{ m}$
Cölöpfej eltolása a terep felett $= 0,00 \text{ m}$
Rendezett terep mélys. $= 1,70 \text{ m}$

Cölöp keresztmetszet - koncentrikus

Cölöp átmérő $d = 0,40 \text{ m}$

TVSZ

Talajvízszint TVSZ $= 1,00 \text{ m}$

Globális beállítások

Számítás tesztek alapján. : CPT

A számítás nem veszi figyelembe a negatív köpenysűrűlódást hatását.

Modell-bizonytalansági parciális tényező $\gamma_{\text{cal}} = 1,10$

Geológiai profil és hozzárendelt talajok

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
1	0,24	0,00 .. 0,24	Kavicsos homoktól durva homokig	
2	4,76	0,24 .. 5,00	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
3	0,50	5,00 .. 5,50	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
4	0,88	5,50 .. 6,38	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
5	2,26	6,38 .. 8,64	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
6	3,58	8,64 .. 12,22	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
7	1,72	12,22 .. 13,94	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
8	6,37	13,94 .. 20,31	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
9	-	20,31 .. ∞	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	

Teherbírás számítás - EN 1997-2

Függőleges teherbírás számítás - tesztek eredményeinek közbelső értékei

CPT eredmények közbelső értéke - 1_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	=	921,98 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	=	757,01 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	=	164,97 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	=	2,34 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	=	2,34 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	=	0,94 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	=	1312,78 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	=	1312,78 kPa

Függőleges cölöpteherbírás számítás - eredmények közbelső értékei

Cölöpátmérő	d_{eq}	=	0,40 m
Cölöpátmérő a talpnál	$d_{s,eq}$	=	0,40 m
Cölöp terület a talpnál	A_b	=	0,13 m ²
Cölöptalp teherb. csökkentő tényezője	α_p	=	0,80
Cölöp alak hatását figy. vevő tényező	s	=	1,00
Szélesített cölöptalp hatását figy. vevő tény.	β	=	1,00

Függőleges teherbírás számítás - eredmények

Számítás lefutott a következő mérésre: 1_CPT

Nyomott cölöp minimális ellenállása	$R_{c,min}$	=	921,98 kN
Tényező	ξ_4	=	1,40
Nyomott cölöp átlagos teherbírása	$R_{c,mean}$	=	921,98 kN
Tényező	ξ_3	=	1,40
Cölöp teherbírásának karakterisztikus értéke	R_c	=	598,69 kN



Nem üzleti célú felhasználásra



Cölöp teherbírásának tervezési értéke $R_{cd} = 536,15 \text{ kN}$
Teher tervezési értéke $F_{s,d} = 400,00 \text{ kN}$

$R_{cd} = 536,15 \text{ kN} > F_{s,d} = 400,00 \text{ kN}$

Cölöp ellenőrzése teherbírásra MEGFELELŐ

CPT cölöp számítás

Adatbev.

Projekt : Szakdolgozat
Leírás : 13,25 m cölöp teherbírás
Szerző : Rudolf Regina
Dátum : 2024. 04. 03.

Beállítások

(bevitel az aktuális feladathoz)

CPT cölöp

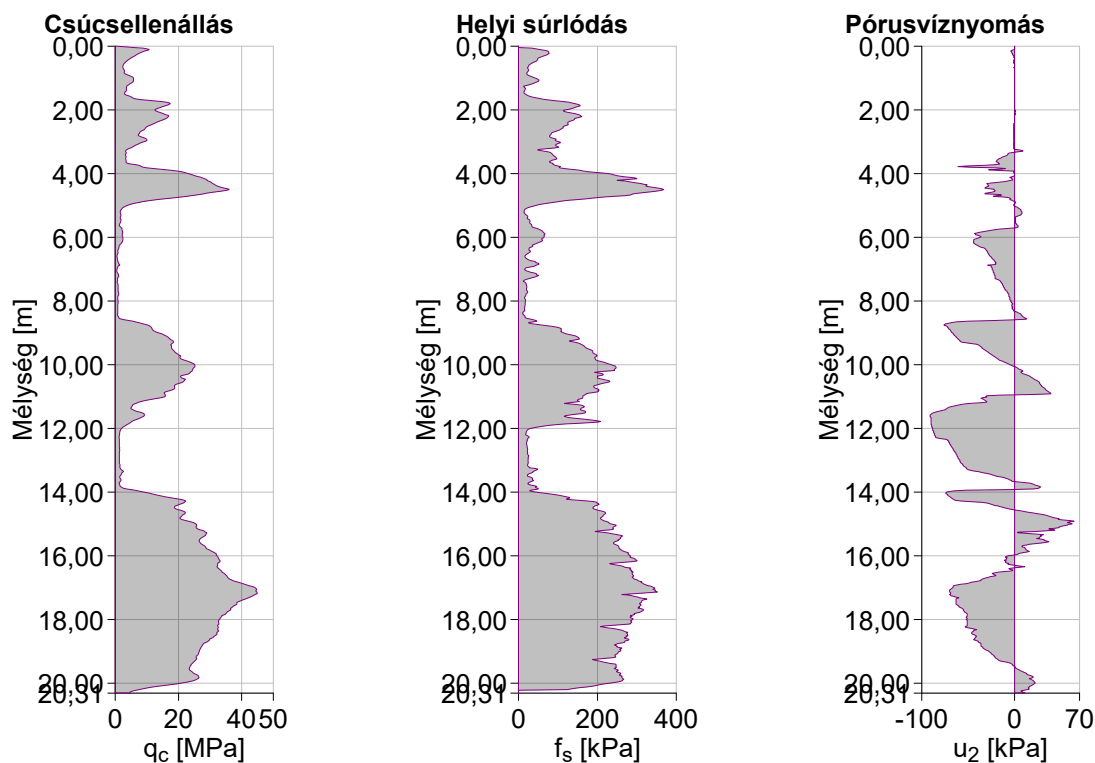
Ellenőrzési módszer : EN 1997-2
Számítás típusa : EN 1997-2

Ellenállások (R) parciális tényezői			
Talpellénállás parciális tényezője :	$\gamma_b =$	1,20	[-]
Palástellenállás parciális tényezője :	$\gamma_s =$	1,10	[-]
Csökkentő tényezők			
Terhelési-süllyedési görbe csökk. tényezője :	$k =$	1,00	[-]

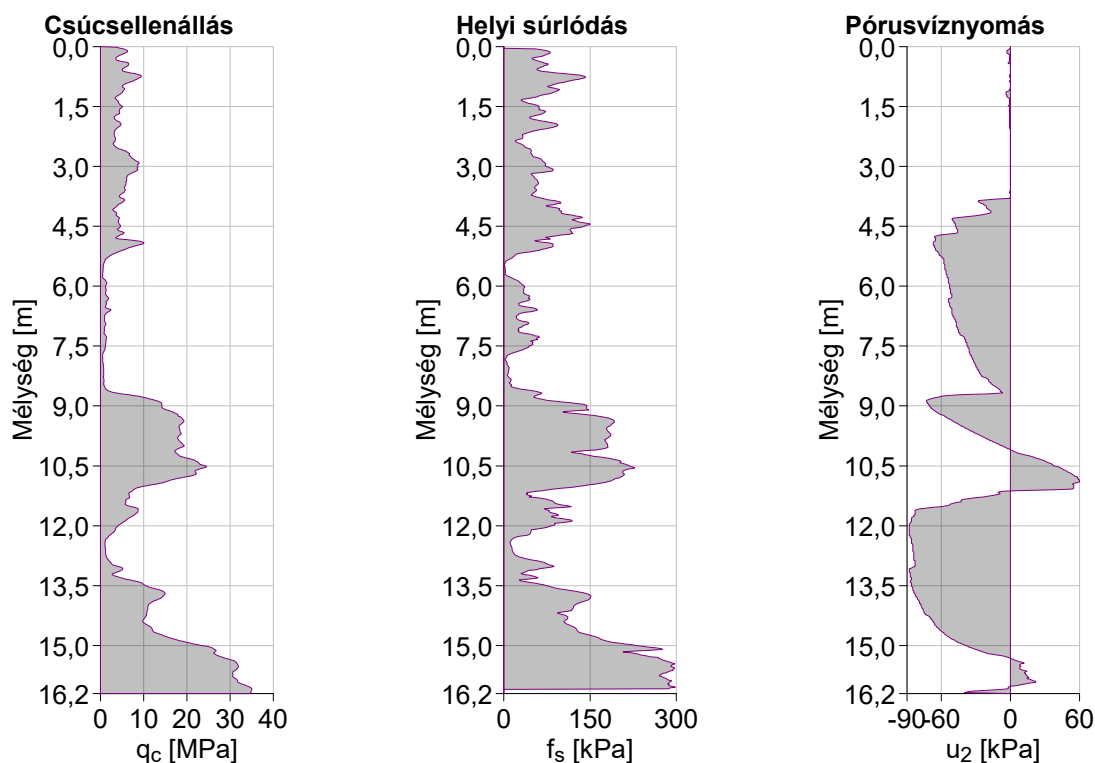
Teszttek

Sz.	Vizsgálat neve	Kiindulási pont függőleges eltolása d_h [m]	Teljes mélység d_{tot} [m]
1	1_CPT	0,00	20,31
2	2_CPT	0,00	16,20
3	3_CPT	0,00	16,20
4	4_CPT	0,00	16,24
5	5_CPT	0,00	16,19
6	6_CPT	0,00	16,20
7	7_CPT	0,00	16,25
8	8_CPT	0,00	20,20

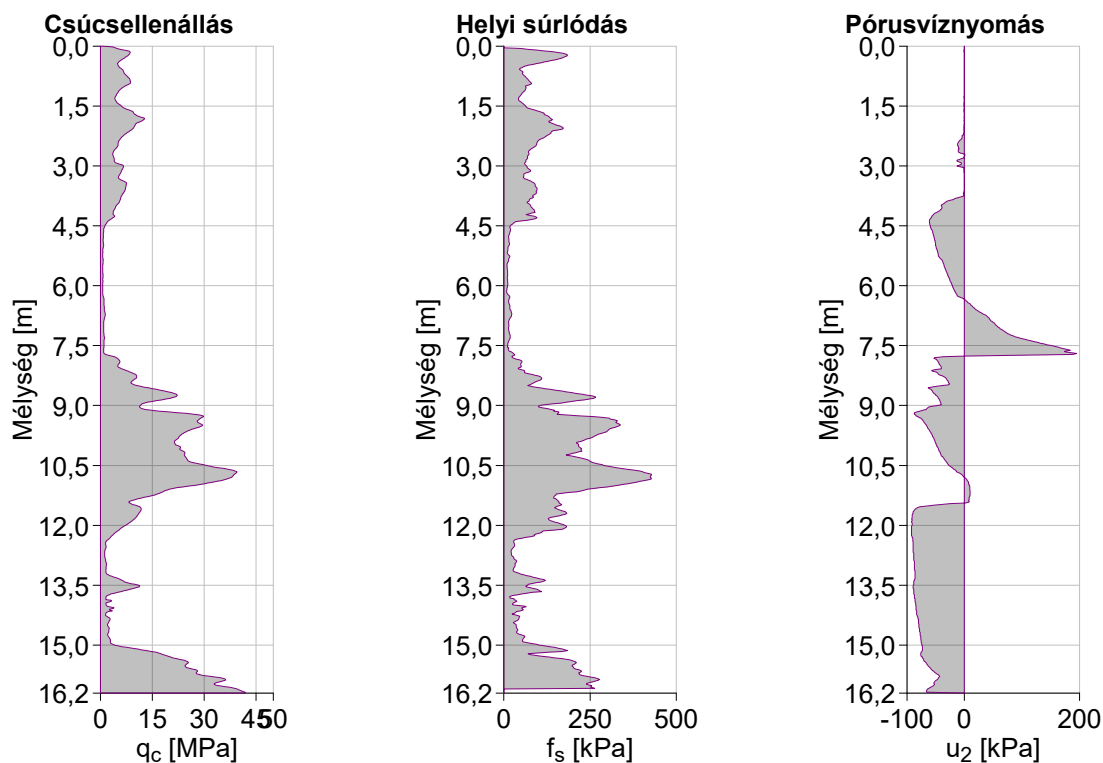
Teszt : 1_CPT



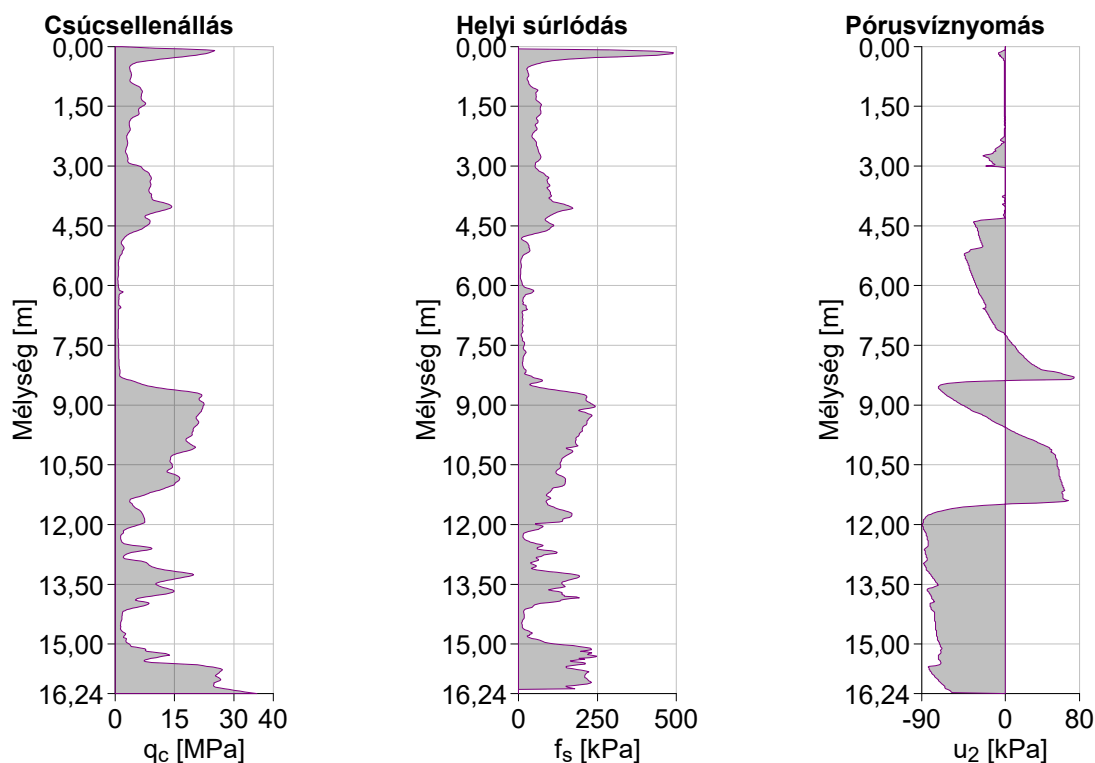
Teszt : 2_CPT



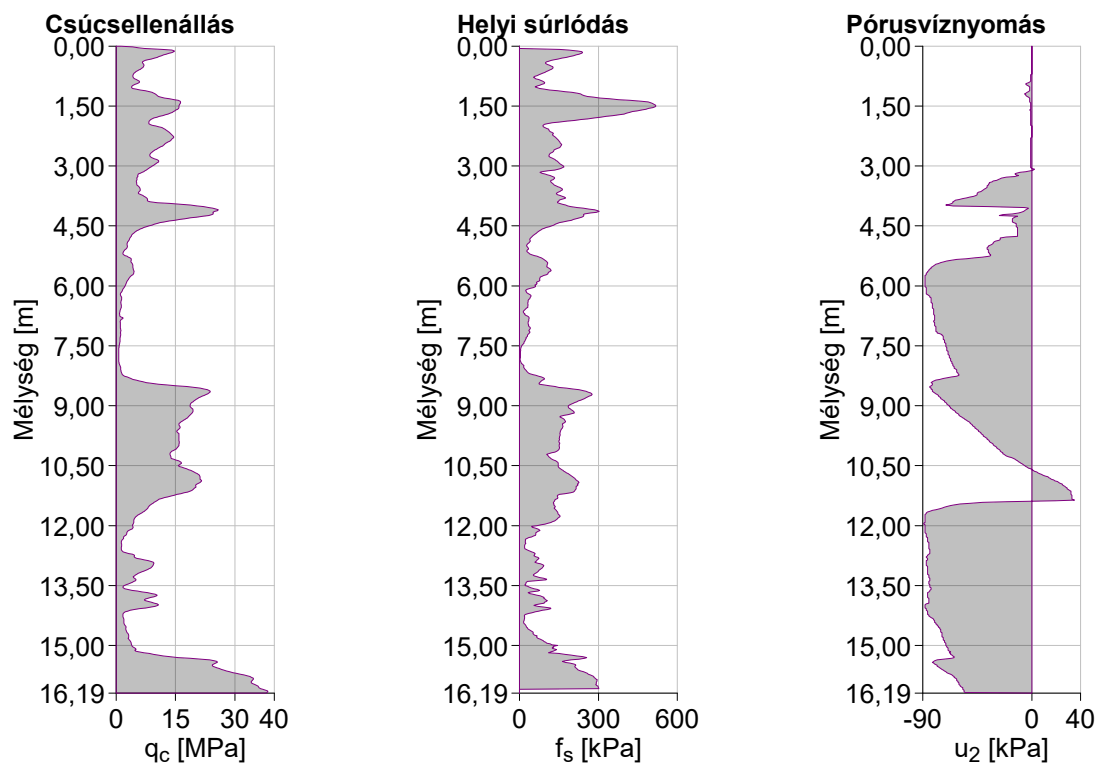
Teszt : 3_CPT



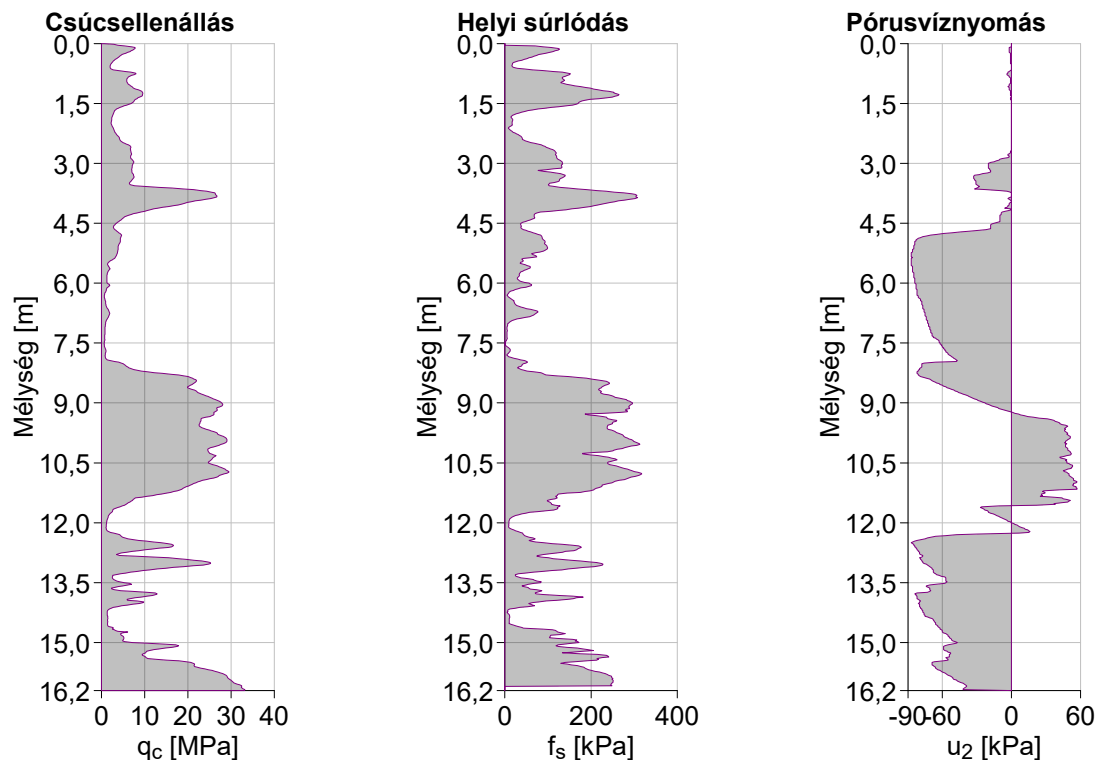
Teszt : 4_CPT

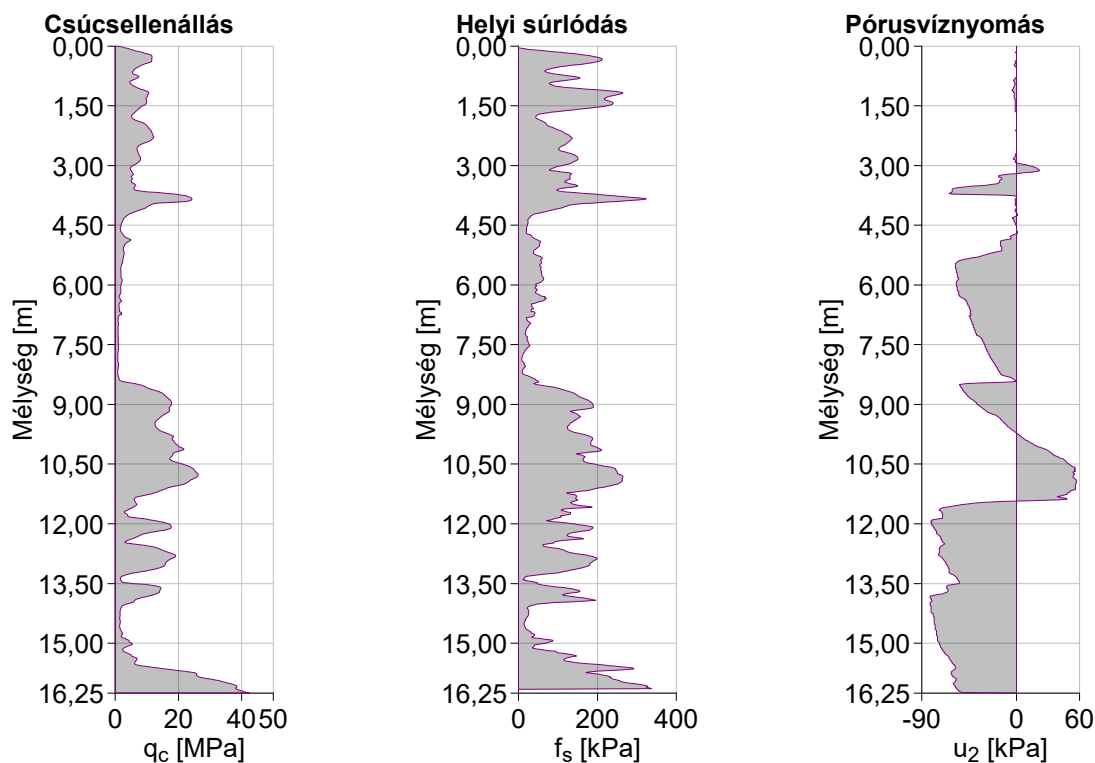
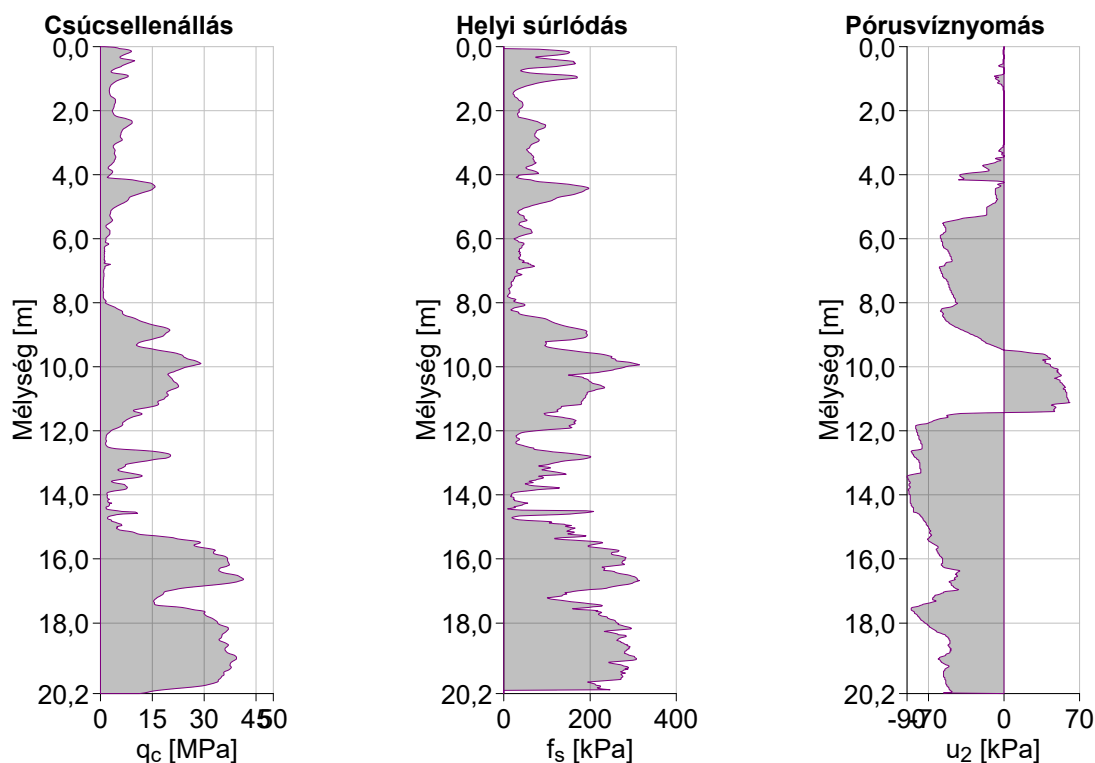


Teszt : 5_CPT



Teszt : 6_CPT



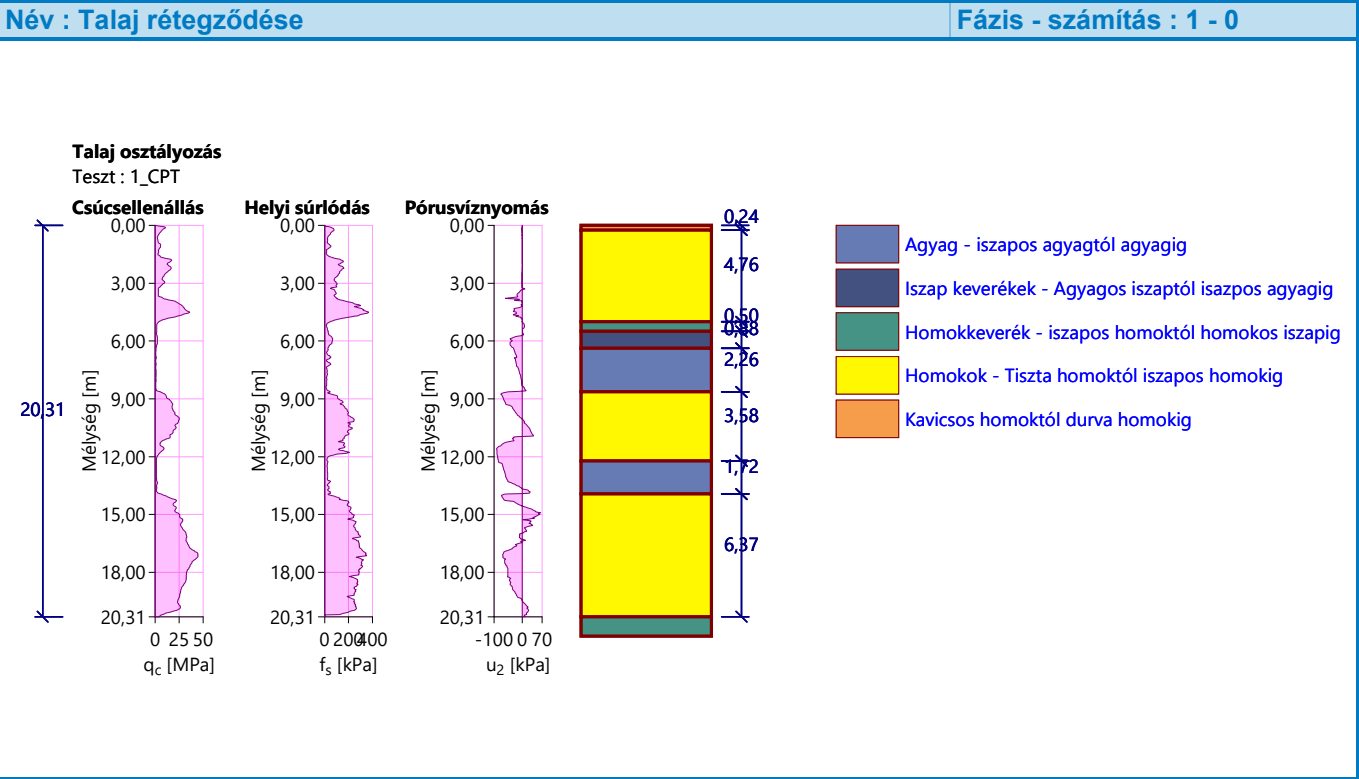
Teszt : 7_CPT**Teszt : 8_CPT****Osztályozás**

Forrásul használt CPT vizsgálat : 1_CPT
Osztályozás típusa : Robertson 2010

Szonda hasznos terület hányada : 0,75

Osztályozott talajok

Sz.	Talaj neve
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig
5	Kavicsos homoktól durva homokig



Alap talaj paraméterek

Sz.	Név	Mintázat	Φ _{ef} [°]	Y [kN/m ³]	Y _{su} [kN/m ³]
1	Agyag - iszapos agyagtól agyagig		20,00	16,90	6,90
2	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig		23,00	17,70	7,70
3	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig		22,00	16,93	6,93
4	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig		30,00	19,82	9,82
5	Kavicsos homoktól durva homokig		34,00	18,69	8,69

Talajparaméterek

Agyag - iszapos agyagtól agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 16,90 \text{ kN/m}^3$
 Belső sűrűlási szög : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 16,90 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : agyag

Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig

Térfogatsúly : $\gamma = 17,70 \text{ kN/m}^3$
 Belső sűrűlási szög : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 17,70 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : agyag

Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig

Térfogatsúly : $\gamma = 16,93 \text{ kN/m}^3$
 Belső sűrűlási szög : $\varphi_{ef} = 22,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 16,93 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : iszap

Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig

Térfogatsúly : $\gamma = 19,82 \text{ kN/m}^3$
 Belső sűrűlási szög : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,82 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : homok, kavics
 OCR nagysága : $OCR \leq 2$
 Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Kavicsos homoktól durva homokig

Térfogatsúly : $\gamma = 18,69 \text{ kN/m}^3$
 Belső sűrűlási szög : $\varphi_{ef} = 34,00^\circ$
 Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 18,69 \text{ kN/m}^3$
 Talajtípus : homok, kavics
 OCR nagysága : $OCR \leq 2$
 Szemcsék típusa : 600 nm-nél finomabb homok

Szerkezet

Szerkezet típusa : különálló cölöp
 Teher tervezési értéke $F_{sd} = 388,00 \text{ kN}$
 Hasznos teher $F_s = 113,00 \text{ kN}$

Geometria

Cölöp típusa : folyamatos spirállal készített cölöp (CFA)
 Cölöp anyaga : beton
 q_c III csökkentése 2 MPa-ra : Nem
 Cölöphossz a talajban $= 13,25 \text{ m}$
 Cölöpfej eltolása a terep felett $= 0,00 \text{ m}$
 Rendezett terep mélys. $= 1,70 \text{ m}$

Cölöp keresztmetszet - koncentrikus

Cölöp átmérő $d = 0,40 \text{ m}$

TVSZ

Talajvízszint TVSZ = 1,00 m

Globális beállítások

Számítás tesztek alapján. : CPT

A számítás nem veszi figyelembe a negatív köpenysűrűlódást hatását.

Modell-bizonytalansági parciális tényező $\gamma_{cal} = 1,10$

Geológiai profil és hozzárendelt talajok

Sz.	Réteg vastagsága t [m]	Mélység z [m]	Hozzárendelt talaj	Mintázat
1	0,24	0,00 .. 0,24	Kavicsos homoktól durva homokig	
2	4,76	0,24 .. 5,00	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
3	0,50	5,00 .. 5,50	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	
4	0,88	5,50 .. 6,38	Iszap keverékek - Agyagos iszaptól iszapos agyagig	
5	2,26	6,38 .. 8,64	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
6	3,58	8,64 .. 12,22	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
7	1,72	12,22 .. 13,94	Agyag - iszapos agyagtól agyagig	
8	6,37	13,94 .. 20,31	Homokok - Tiszta homoktól iszapos homokig	
9	-	20,31 .. ∞	Homokkeverék - iszapos homoktól homokos iszapig	

Teherbírás számítás - EN 1997-2

Függőleges teherbírás számítás - tesztek eredményeinek közbelső értékei

CPT eredmények közbelső értéke - 8_CPT

Teljes ellenállás	$R_{c,i}$	= 1641,90 kN
Köpeny teherbírása	$R_{s,i}$	= 1295,84 kN
Talp teherbírása	$R_{b,i}$	= 346,06 kN
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cl,mean}$	= 5,58 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cII,mean}$	= 5,42 MPa
Csúcsellenállás közép értéke	$q_{cIII,mean}$	= 1,39 MPa
Maximális feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base}$	= 2753,87 kPa
Csökkentett feszültség a cölöptalpnál	$p_{max,base,red}$	= 2753,87 kPa

Függőleges cölöpteherbírás számítás - eredmények közbelső értékei

Cölöpátmérő	d_{eq}	= 0,40 m
Cölöpátmérő a talpnál	$d_{s,eq}$	= 0,40 m
Cölöp terület a talpnál	A_b	= 0,13 m ²
Cölöptalp teherb. csökkentő tényezője	α_p	= 0,80
Cölöp alak hatását figy. vevő tényező	s	= 1,00
Szélesített cölöptalp hatását figy. vevő tény.	β	= 1,00

Függőleges teherbírás számítás - eredmények

Számítás lefutott a következő mérésre: 8_CPT

Nyomott cölöp minimális ellenállása	$R_{c,min}$	= 1641,90 kN
Tényező	ξ_4	= 1,40
Nyomott cölöp átlagos teherbírása	$R_{c,mean}$	= 1641,90 kN
Tényező	ξ_3	= 1,40
Cölöp teherbírásának karakterisztikus értéke	R_c	= 1066,17 kN

Cölöp teherbírásának tervezési értéke $R_{cd} = 952,22 \text{ kN}$

Teher tervezési értéke $F_{s,d} = 388,00 \text{ kN}$

$R_{cd} = 952,22 \text{ kN} > F_{s,d} = 388,00 \text{ kN}$

Cölöp ellenőrzése teherbírásra MEGFELELŐ