

Támfal geotechnikai vizsgálata és kockázat értékelése veszélyes ipari területen

Szép Ágnes



Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni mindenekelőtt családomnak és barátimnak köszönöm a türelmüket és támogatásukat. Külön köszönetemet szeretném kifejezni konzulensemnek Dr. Elek Barbarának. Köszönetemet szeretném kifejezni a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnika szakcsoport minden dolgozójának. Köszönetemet szeretném kifejezni a munkatársaimnak, akik nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Idézet:

„ Minden jel. Mindennek értelme van, minden utal valamire. Az életed a jelektől függ, minél gyorsabban meg kell tanulnod olvasni belőlük. Múlt és jövő a jelenen keresztül állnak kapcsolatban egymással, és a jeleket értelmezve a jelenből olvasod ki, mi történt, ami pedig előrevetíti, egyesek szerint visszatükrözi, hogy mi fog történni. Minél több jelet kell összerakni valamihez, annál nagyobb a kódolási biztonság. Egyrésztől. Másrésztől annál több a hibalehetőség.”- Pék Zoltán

Tartalom

1. Előszó	6
2. Bevezetés	6
3. A Cég bemutatása	6
4. Talajvizsgálati jelentés	8
4.1 Előzmények: a rézsű és támfalkárosodások időrendi bemutatása	8
4.2 Helyszíni viszonyok geodéziai geomorfológiai adottságok	16
4.3 Földtani fedettség, geológia	17
4.4 Jogi, szabályzási háttér	19
4.5 Geotechnikai vizsgálatoknál alkalmazott szabványok	20
4.6 Földrengés jellemzők felvétele	20
4.7 Szerkezet osztályba sorolása	22
4.7 Terepi vizsgálatok talajfeltárások	23
4.7.1 2003	25
4.7.2 2007	25
4.7.3 2011	26
4.7.4 2013	26
4.8 Talajállapot, a talaj fizikai jellemzői	27
4.8.1 2003	27
4.8.2 2007	29
4.8.3 2011	31
4.8.4 2013	32
4.9 Talajvíz viszonyok	38
5. A feltárások eredményeinek kiértékelése	40
6. Geotechnikai tervezés	42
6.1 Helyreállítási javaslatok	42
6.2 Tereprendezés	42

6.3 Függőleges drénezés vagy mélykutas víztelenítés	43
6.4 Kavics ejtő kutas rendszer	47
6.5 Talaj horgonyok	49
6.6 Vízzintes víztelenítő kutak	49
6.7 Szárító bordák	49
7. Kockázat értékelés.....	50
7.1 Probléma megfogalmazása	50
7.2 A vizsgált terület bemutatása	51
7.3 Monitoring rendszer	52
7.3.1 Mozgás vizsgálat	53
7.4 Anilin	55
7.5 Rézsűk tönkremeneteli formái (gravitációs felszínmozgások)	56
7.6 Bekövetkezett földcsuszamlások.....	57
7.6.1 Magyarországi példák.....	58
8. Földmegtámasztások mennyiségi kockázatelemzése	60
8.1 Hibafa- és eseményfa-elemzés módszere.....	60
8.2 Kockázatértékelési mátrix	62
8.4 A kockázatértékelésnél alkalmazott módszer	63
8.5 A mennyiségi kockázat elemzésem adatai	63
8.6 Hibafa-elemzés.....	65
8.10 Következmények meghatározása: állékonyságvizsgálat.....	70
9. Összegzés a konklúzió	72
Rajzi mellékletek:	74
GT-1 Számú: 2003 terep	74
GT-2 Számú: Talajfeltárások.....	74
GT-3 Számú:2003 B-B	74
GT-4 Számú:2003 A-A	74

GT-5 Számú:2011 C-C	74
GT-6 Számú:2011 D-D	74
GT-7 Számú:2013 E-E	74
GT-8 Számú:2013 F-F.....	74
GT-9 Számú:2013 G-G.....	74
GT-10 Számú: Tervezés 2 Helyszínrajz	74
GT-11 Számú: Tervezés 2 Általános metszetet	74
GT-12 Számú: Tervezés 1 Általános metszet	74
GT-13 Számú: Mélykút általános metszete	74
GT-14 Számú: Tervezés 1 Helyszínrajz	74
Mellékletek:	74
1. Hivatkozás jegyzék.....	74
2. Képek ábrák és táblázatok jegyzéke	76
3. Számú melléklet: 2003 Laboratóriumban meghatározott talajfizikai jellemzők:.....	78
4. Számú melléklet.....	81
5. Számú melléklet: 2011 talajfeltárás rétegek részletes ismertetése	86
6. számú melléklet: 2013-as fúrások	88
7. Számú melléklet: Számítási melléklet	91
8. Számú melléklet: Anilin tulajdonságai (Forrás: Wikipédia)	93
9. Számú melléklet: mozgásvizsgálatok eredményei	96
10. Számú melléklet:.....	96
11. Számú melléklet: Következmények számítása állékonyságvizsgálat .	97

1. Előszó

A dolgozatomban szereplő adatokat egy olyan Cég szolgáltatta, melynek gazdasági és ipari érdeke fűződik az adatok titkosan kezeléséhez. A dolgozatomhoz felhasznált adatokat csak azzal a feltétellel tekinthettem meg, ha a Cég nevét és a Cégre utaló adatokat nem közlöm a dolgozatban. Ezért a Cég és annak elhelyezkedése, termékeire vonatkozó információk, partnerei, minden olyan adatot, ami a Cégre utalhat megváltoztattam. Így a cégtől kapott információkra sem hivatkozhatom a dolgozatomban.

2. Bevezetés

A Cég egy határoló domboldal mellett helyezkedik el. A dombnál mintegy 300 méter hosszú, vasbeton cölöpökből álló földmegtámasztó rendszert építettek ki, aminek a céges elnevezése: „támfal”. A támfal kialakítására az előző, szegezett földmegtámasztás kiváltására és a további ipari tevékenységre használható terület reményében került sor. A dolgozatomban ennek a földmegtámasztó rendszernek és közvetlen környezetével foglalkozom.

Dolgozatom három egységből áll:

- az első részében geotechnikai jelentésben összefoglalom az eddigi feltárásokat,
- a másodikban tanulmányterv szinten vizsgálom a támfal globális biztonságának kialakítását,
- végül a jelenlegi földmegtámasztás kockázatait vizsgálom az ipari környezetre.

3. A Cég bemutatása

A Cég egy külföldi multinacionális csoport részeként Magyarország több pontján, több telephellyel működik. A Cég az elmúlt több mint hatvan évben jelentősen befolyásolja tevékenységének körzetében a környék gazdasági és kulturális életét. A Cég jogelődjét az 1950-es években alapították és az alapítás óta folyamatosan folyik a vegyipari tevékenység a területén.

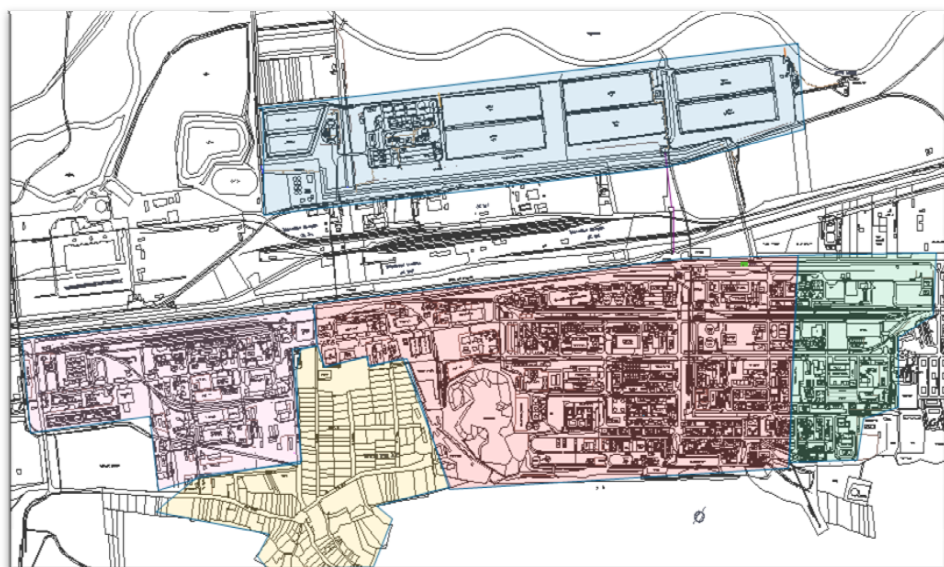
A Cég fő tevékenységi körébe jelenleg a szerves és szervetlen vegyipari termékek gyártása és értékesítése tartozik.



1. Számú kép: A Cég.

Forrás: légi felvétel a Cég.2010 légi fotón <http://www.google.hu/>

A Cég saját profiljában piacvezető. Széles körben felhasznált, kiváló minőségű alapanyagokat biztosít számos iparág részére. A mindennapjainkban fellelhető tárgyak, mint például: a szék, a számítógép vagy az autó egyes részei (ülés, műszerfal, belső burkolatok), mind a Cég által gyártott alapanyagból készülnek. A Cég három területi egységre van felosztva az I. II. és a III. gyártelepből.



1. számú ábra: Cég területi felosztása.

Forrás: A Cég, átdolgozva

Az I. telepen találhatóak melyek a térképen zöld színnel vannak jelölve: a Cég irodaháza, a szolgáltató egységek: az analitikai laboratórium, a telephelyi tűzoltóág, karbantartás, valamint néhány alapanyag gyártó üzem. A halvány rózsaszínnel jelölt a térképen a II. telep. Itt már évek óta nem folyik jelentős ipari tevékenység. Kisebb szerelő csarnokok és a hulladék-gazdálkodással foglalkozó egységek találhatóak a területen. A III. telepen folyik - amely sötétebb rózsaszínnel van jelölve a térképen -, az ipari termelés meghatározó része: itt találhatóak a technológiai üzemek. Ahogy a térképen is látszik az I. telep található a gyártelep északi-keleti végében a II. telep a dél-nyugati végében és a két telep közé beékelődve található a III. telep.

A telephely mint ipari park is üzemel, így több, nem a Cég tulajdonában lévő, de a technológiájához kapcsolódó üzem is található a területen.

A térképen kék színnel van jelölve a Cég Szennyvíztisztító üzeme, sárgával egy a területbe beékelődő település.

4. Talajvizsgálati jelentés

A talajvizsgálati jelentés célja, az eddigi feltárások összefoglaló bemutatása mellett, hogy megfelelő alapot képezzen a későbbi tervezési fázisnak, valamint, adatokat szolgáltatson a kockázatértékeléshez.

4.1 Előzmények: a rézsű és támfalkárosodások időrendi bemutatása

Az egyik üzem mögötti, a Ny-i kerítésvonal melletti domboldalon a Sókristályosító üzemrész létesítésekor, 1999-ben rézsút alakítottak ki.

A Cég megbízása alapján talajszégezéses rézsűstabilitási módszerrel támasztották meg az új rézsút. A Cég területének NY-i részén a kerítés vonalon beüli átlagosan 21,8°-os padkával megosztott lejtő alávágásával megközelítőleg 80 m hosszú és 12 méter magas bevágásrézsút alakítottak ki 45°-os hajlásszöggel. (1 számú rajzi melléklet: Helyszínrajz 1999-es állapot)

Ily módon a domboldal lábvonala 17, néhol 18 méterrel a telekhatár felé tolódott. Mivel az említett méretekkel kialakítandó bevágás a talajmechanikai szakvéleményben jelzett, főként sovány és közepes agyagokban nem volt állékonnak tekinthető, ezért talajszégezéssel biztosították a földmű stabilitását.

A rézsű kialakítására 1999 második és harmadik negyedében került sor.

A 2000-es év nyarán a szegezéssel biztosított rézsű ÉNy-i végén - a leírások szerint - kb. 20 m hosszön rézsűcsúszás következett be. Az említett területen a rézsű „kihasasodott”: A felső övörok és a talpörok tönkrement, elnyíródott, a rézsű alsó szakasza kitüremkedett, a rézsű felett 2-3 m markáns berepedések keletkeztek. Az út árok felölí széle megemelkedett. A kerítés vonal megtört.

A rézsűcsúszást követően újabb talajfeltárás végeztek, mely alapján készített újabb talajmechanikai szakvéleményt a megváltozott, új geotechnikai helyzet megismerése és új stabilitási javaslat kidolgozása érdekében.

Az állékonyság biztosítására kivitelezett talajszegezési technológia felülvizsgálatára, a további rézsűmozgás okainak megállapítására és elvi helyreállítási javaslat kidolgozására újabb szakértői véleményt készítettek 2000 októberében.

A szakvéleményből az alábbiakat emelem ki:

A talajfeltárások eredményei szerint tehát a szegezett rézsű altalaját részben agyagok, részben iszap- homok és homokliszt frakciót is tartalmazó átmeneti jellegű talajféleségek alkotják. A megmozdult részen az utóbbiak a jellemzőek. Ezek a talajok rendkívül víz érzékenyek. A rézsű első részein a talaj átázott, puha, plasztikus állapotú, feljebb kvázi telített. Hézagai még elég nagyok ahhoz, hogy a pórusvíz azokban viszonylag szabadon mozoghasson, így áteresztőképessége jelentős, nem nevezhető vízzárónak. Ugyanakkor a pórusai elég kicsinyek ahhoz, a kapilláris jelenségek fontos szerephez jussanak, s a rézsűsík alatt lebukó talajvíz feletti zóna vízzel telített legyen. Ezt bizonyítja a területen burjánzó növényzet is.



2. Számú kép: Rézsű

Forrás: Saját fotó (2015.10.05)

A tapasztalatok azt mutatták, hogy a megütött és a nyugalmi talajvízszint jelentősen eltér egymástól, tehát a nyomás alatti vizet tartalmazó, szemcsésebb rétegekben a talajvíz mozog.

Stabilizálási javaslatuk a 4/4 hajlású rézsű laposabbá tételét tartalmazta oly módon, hogy

- a szegezett rézsű 4 m magas alsó részén a 4/4-es rézsűhajlás és a szegezés megmaradna,
- felette 3,5 m széles padka kialakításával 8/4-re laposított rézsű épülne a szegezés eltávolításával,
- a felső rézsűél mögött hézagmentes burkolattal ellátott övárók épülne.

A rézsű lábánál gabionsor elhelyezését javasolták.

A nyomás alatti vizek összefogására és elvezetésére a megmaradó rézsű szakaszba támbordák beépítését, megcsapoló, ferde drénfúrásokat, a laposított rézsű szakasz felett függőleges drénkutakat javasoltak.

A károsodás kivizsgálásakor megállapították, hogy a vizsgálathoz készített hat darab kis átmérőjű 2,1-9,8 mélységű furatokban a talajminták nem mutattak eltérést a tervezés során felvett rétegrenddel, ugyanazok a talajfizikai jellemzők

kerültek megállapításra. Ugyanakkor a fúrásokban - egy kivételével-, mindenütt jelentkezett a talajvíz, ellentétben a korábbi fúrásokkal.

A rézsű fölötti részen a nyugalmi talajvízszintet 5,6-6,96 m mélységben észlelték, míg a rézsűlábánál 1,8 m mélységben. A szakvélemény arra hivatkozott, hogy a rézsű kivitelezése ideje alatt nem tapasztaltak vizesedést.

A javasolt műszaki beavatkozásokat a támbordák, a gabionsor és a felső burkolt övárók kivételével végrehajtották.

Ezek a 2003-ban végrehajtott műszaki beavatkozások sem biztosították teljes mértékben a rézsű állékonyságát. Később a szegezett rézsűfelületen kisebb kidomborodást, a kiáramló talajvíz hatására kialakult eróziós kimosási nyomokat, a nagyobb rézsűn eróziós nyomokat, a rézsű talpánál lévő burkolt árok szakaszonkénti deformációját, a padka ellenlejtését, a rézsű talpánál lévő aszfalt úton deformációkat tapasztaltak.

A rézsűmozgás megállítására a javasolt gabionsor és szivárgó rendszer helyett, növelték a rendelkezésre álló területet olyan módon, hogy 300 méter hosszan 80 cm átmérőjű, 3+10 m hosszú cölöpfalat tervezek, amelyet fejgerendával összefogva alkalmasnak találtak az új 4/4-rézsű földmegtámasztására.

A megváltozott terepviszonyok az GT-1 es rajzi mellékletben található. A metszeteket pedig a GT-3 és a GT-4 rajzi mellékletek tartalmazzák.

A terv 80 cm átmérőjű cölöpök 75 mm betontakarással és egyenletesen kiosztott $\Phi 20$ mm-es betonacélt tartalmazott. Az ellenőrzés során a betonacélok kiosztásában változtatást javasoltak a hajlítónyomaték felvételért. A fejgerenda paraméterei a tervezett cölöpfaltól átmérőtől 15-15 cm nagyobbra tervezték.

A cölöpök vasalásáról, és arról hogy a ajánlott változtatásokat végre hajtották-e nem rendelkeznek pontos adatokkal.

A fal maximális magassága a középső szakaszán mintegy 3,5 m a középső metszetben. A végek irányába a fal magassága a gyártelep szintjének enyhe emelkedésével együtt folytonosan csökken.

Az egyik cölöpben végrehajtott magfúrás azt az eredményt adta, hogy a cölöp hossza 9,15 m. A vizsgált cölöp a miocén agyagrészekbe köt, amelyek alatt agyagkő és barnaszén (11,20-12,90 m-re a felső terepszint pereme alatt és az alatt homokkő) helyezkedik el.

A kivitelezést két ütemben hajtották végre 2003-ban. A kivitelei tervdokumentáció tervlapjai azt dokumentálják, hogy a domboldali háttérben a részűben jelentkező rétegvizek elvezetésére minden második cölöp között 2,4 m tengelytávolságra elhelyezkedő, geotextíliával bevont függőleges dréncsövek kerültek betervezésre, melyeket a támfal előtt húzódó vízgyűjtő árokba kötöttek be.

A cölöpfal feletti rézsűn, a felszínen lefolyó vizeket a fejgerenda tetején kialakított folyókában gyűjtötték össze, a kialakított mélypontokon levezették a támfal lábánál kialakított talpárokba, ahonnan az összegyűlt vizek a közcsatornába távoztak.

A rézsű felső szélén a gyárterületen kívül övárkot építettek a felszíni vizek összegyűjtésére.

2006-ban a rézsű ismét deformálódott és elmozdult a támfal. Az alaprajzi kiszögellés utáni második szakaszon észleltek földstatikai problémákat. A lőtt beton falat víznyomás terhelte, azt valószínűsítették, hogy a rézsűn lefolyó víz a fal mögé jutva víznyomást generált a falon. Ennek az oka ként a fejgerendán található folyóka és a rézsű nem megfelelő kapcsolatát találták.

Ez a deformálódott terület egyezik a régebbi szegezett fal területével. Ezen kívül a támfalban kialakított pozitív sarok kialakítás és a terület feletti rézsű dőlésszög sem a legkedvezőbb. (Az üzembővítés és a szervizút geometriája ezeket a geometriákat követelte meg.)

A probléma megszüntetésére a tönkrement elemek kijavítását, az átnedvesedett területen újabb geotextíliával bevont dréncső telepítését - így megszüntetve a talajvíznyomást -, valósítottak meg. Bevezették a támfal fokozott figyelését.



3. Számú kép: Felszínemelkedésre utaló károk a támfal lábánál

Forrás: Kép: C. Zoltán:2007

2007 elején kezdeményezték az elmozdulások földtani mérését, amit azután később további megfigyelési pontokkal egészítettek ki. Ugyanennek az évnek a végén újabb talajvizsgálatot hajtottak végre a kritikus területen, amit a GT-2 helyszínrajzon ábrázoltam. Itt is a víznyomásnak, a víztelenítés hibájának tudják be a károsodásokat. Vagy a víztelenítés kivitelezése volt elégtelen, vagy időközben eltömődött és így nem tudja ellátni a feladatát.

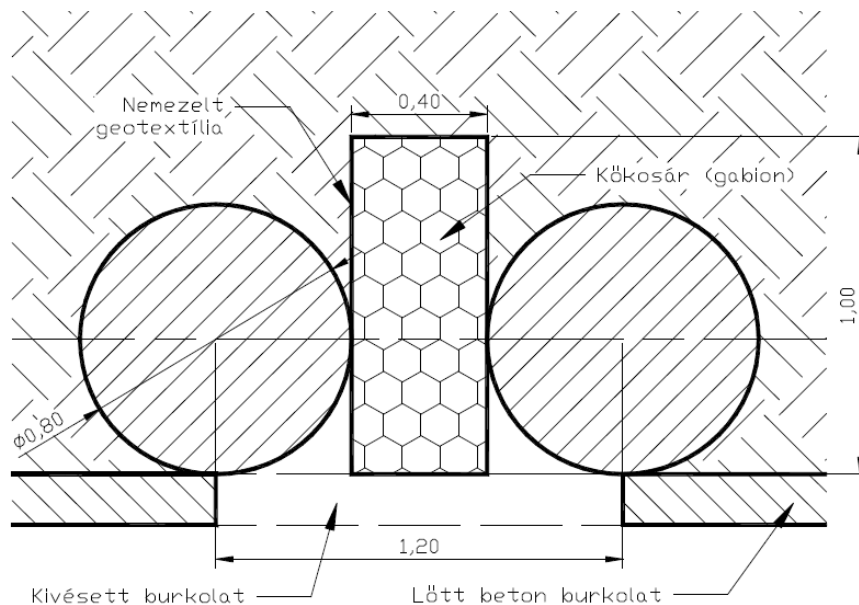


4. Számú kép: A támfal deformálódva

Forrás: K. Gábor (2009)

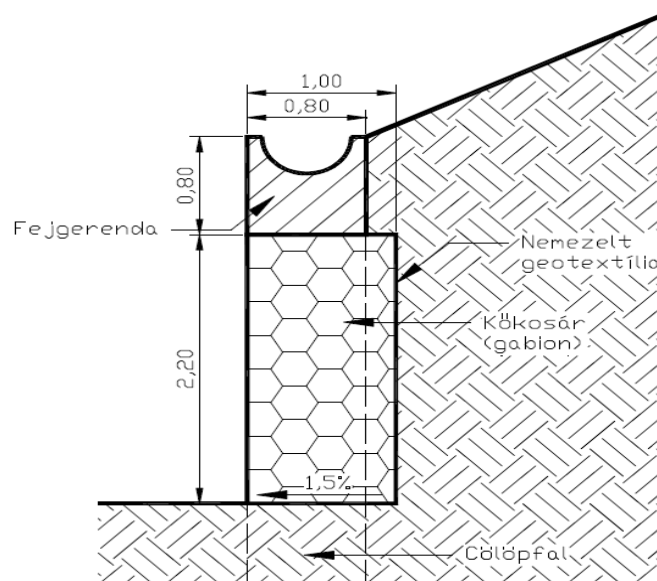
Az ilyen támfalak jellegükből adódóan mozognak az építés utáni időszakban, de ezek a mozgások miután meghaladják a 10-20 mm-t, általában megszűnnek. A Cég támfalánál ez a mozgás nem állt meg, volt pont ahol meghaladta a szokásos érték tízszeresét.

A támfalon újabb repedések jelentek meg és a mozgások folytatódtak. Aminek a megszüntetésére drénrendszert telepítettek a vízelvezetés javítására valamint a lőtt betonfalat kibontva gabion kosarakat helyeztek a támfalba több ponton is. A rézsű felületét georács segítségével stabilizálták.



2. számú ábra: Szivárgó kialakítása

Forrás: 2007. Szakvélemény C. Zoltán.



3.Számú ábra: Szivárgó kialakítása 0+200 metszetben
Forrás: 2007. Szakvélemény C. Zoltán.

A végleges stabilitást így sem lehetett elérni ugyanis a drénrendszeren és a gabion beépítéseken nem tudott távozni a víz.

2010-2011-ben a támfal mozgása kritikus állapotot ért el. A Cég tulajdonosa - szakértőkkel való konzultáció után -, lenyomó padkát építtetett a terület elé.

Először a legkritikusabb pontok elé – ez a sókristályosítónál volt -, majd a támfal majdnem teljes hosszában (250m). A lenyomó padka anyaga építési törmelék. Magassága egyezik a támfallal, szélessége pedig 3 méter. 2011-ben nagy vízigényű növényzetet telepítettek a rézsűre, így csökkentve a beszivárgást és biztosítva a rézsűfelület szilárdságának növelését.



5. Számú Kép: Telepített növényzet, nyomópadka
Forrás: Kép: K. Gábor 2011. március 21-i felvétel

A 4. kép készülte után a támfal és környéke átkerült a közvetlenül mellette elhelyezkedő technológiai üzem kezelésébe.

A támfal előtt található kavicsos felszórta területet 2013-ig időszakosan parkolónak használták. A támfal jelentette kockázat miatt, 2013-ban tartálparkot telepítettek a területre. A jelenlegi helyzetet szemlélteti az 5. kép.



6. Számú kép: Támfal és környéke 2015 őszén.

Forrás: Saját fotó. 2015.10.

4.2 Helyszíni viszonyok geodéziai geomorfológiai adottságok

A tervezési terület jelenleg egy cölöpfallal megtámasztott 4/4-es rézsű, az átlagos terepszint magasság a rézsűlábánál 143mBf és 148mBf, a rézsűkoronánál pedig 157,5mBf 158,5mBf szint között változik. A terület egy veszélyes ipari létesítmény ÉNy-i határán található, közvetlenül a telekhatárnál. A rézsűkoronán található a kerítés, valamint onnan 2m távolságban övárók.



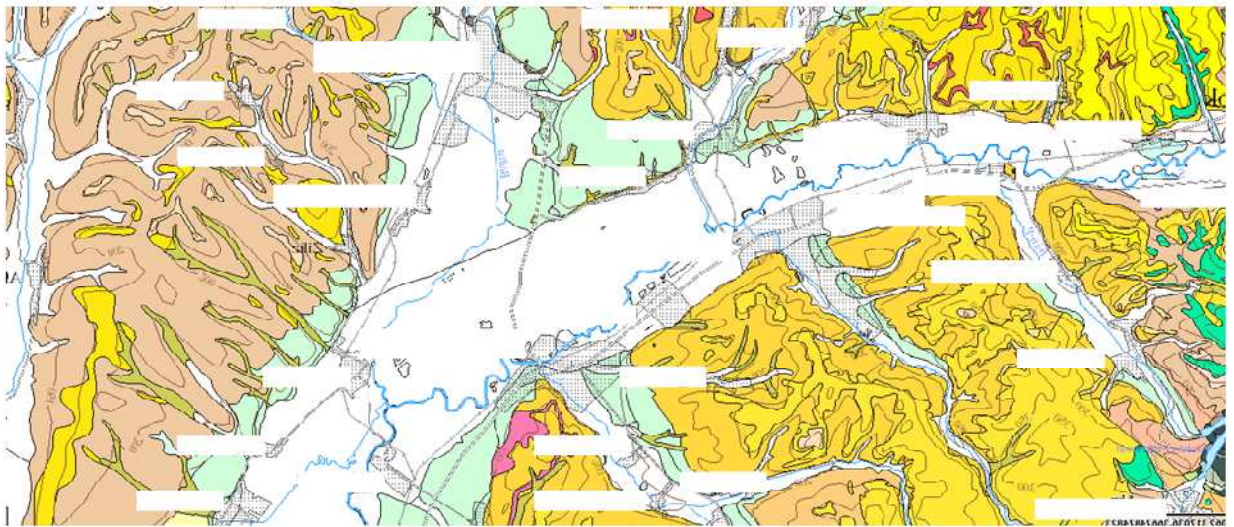
4. Számú ábra: Támfal elhelyezkedése

Forrás: Google Maps módosítva

A rézsú lábánál aszfaltút található. Az aszfaltút túloldalán sókristályosító valamint tartálpark található. A rézsút telepített növényzet borítja.

4.3 Földtani fedettség, geológia

A Magyar Állami Földtani intézet által kiadott Magyarország fedett földtani térképe alapján a támfal környékének geológiai adottságait a 8. ábra szemlélteti.



5. Számú Ábra Magyarország Földtani Térképe
Forrás: <http://map.mfgi.hu/fdt100/> Módosítva

A térkép alapján a telephely több geológia képződmény mentén fekszik. A sík téren található gyárépületek alatt a Folyóból származó újholocén korú folyóvízi üledék (rQj2) a fedőréteg. A gyárterülettől Nyugatra található domboldal fő alkotó elem a salgótarjáni barnakőszén formáció stMo-k) melyre több helyütt felső- pleisztocén- holocén kori proluviális-deluviális üledék (pd) rakódott le.

A Cég és a Város a Folyó völgyében helyezkedik el a Hegységtől keletre. Dolgozatomban a város közvetlen környékének a földtani felépítésére szorítkozom.

A területet alapvetően fiatal miocén - holocén üledékek építik fel. A Folyó völgyében holocén öntéstalajokat, folyóvízi üledékeket találunk a felszínen. A folyó jobb partján, DK-i irányban különböző korú miocén üledékek váltják fel a holocén rétegeket.

A területen kevés mélyfúrást végeztek, és ezek közül is a legmélyebb talpmélységes 311m, ezért az esetleges triász, vagy idősebb fekére

vonatkozóan nem állnak rendelkezésre adatok. Ezek a 200-311m mélységű fúrások miocén képződményeket tártak fel.

Az eddigi fúrások rétegsora jól összevethetőek egymással. A terület vizsgálatakor mindegyik talajvizsgálatnál különböző mélységű fúrásokat készítettek. A legmélyebb fúrás 25m mélységig tárta fel a talajrétegződést.

A területen fúrással feltárt legidősebb miocén képződmény a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció. Jellemzően 78-80m mélységből kezdődnek ezek a rétegek, és szélességük meghaladja a 200m is. Ehhez a Formációhoz folyóvízi, mocsári sekélytengeri, brakkvízi környezetben leülepedett igen változatos rétegek tartoznak. A névadó barnakőszén, ami brakkvízi környezetben lerakódott növényi anyagokból keletkezett, általában 5-7 réteget jelent. A szénrétegek közötti homok, homokkő, szenes agyag, halpikkelyes Aleutit települ. A barnakőszéntelep bázisán helyenként, folyóvízi, mocsári üledékek találhatóak. Máshol az összlet alján, nagy területen szárazföldi-édesvízi áthalmazott riolittufa, tufás agyag keletkezett a Gyulakeszi Formáció riolittufájának áthalmazásából. A Salgótarjáni Barnakőszén Formáció kora kárpáti-ottnangi.

A Salgótarjáni Barnakőszén Formáció fedőjében kb. 16-78m között Garábi Siir Formáció képződményei települnek. A rétegek: ciklikusan változó homok, csillámos homok, aleurit, agyag, agyagmárga, ezek a képződmények parttávoli-nyíltvízi feciesűek, ezért kevesebb a növényi eredetű szerves anyagtartalmuk, inkább a gazdag foraminifera és pannonplankton faunajellemző rájuk. A nyíltvízi fáciesnek megfelelően az ebbe a formációba tartozó üledékek szemcseméretet. A képződmény kora kárpáti.

Legfelül települ a középső- késő miocén Folyóvölgyi Formáció. Ezt a képződményt a Cég térségében a felszíntől kezdődően kb 16-20 m vastagságban találjuk. Alapvetően szárazföldi és édesvízi (tavi, folyóvízi) üledékek: kavics, homok agyagmárgás aleurit, diatomit váltakozásából áll.

(forrás: <http://fold1.ftt.uni-miskolc.hu/~foldshe/mof04.htm>, Talajvizsgálati jelentés és szakértői vélemény, Geotechnikai és építésföldtani útmutató (2015))

4.4 Jogi, szabályzási háttér

A tervezési és kockázatértékelési folyamatok jogilag szabályozottak. A legfontosabbakat az alábbiakban felsorolom, kiemelve a dolgozatom szempontjából releváns részeket.

- 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet
- 343/2006. (XII. 23.) Korm. rendelet
az építésügyi és az építésfelügyeleti hatóságok kijelöléséről és működési feltételeiről
- 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet
az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól
- 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet
- 34/2015. (II. 27.) Korm. rendelet
- 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet
az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
- 191/2009. (IX. 15.) Korm. rendelet
az építőipari kivitelezési tevékenységről

2015. június 1-jétől a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem üzemeltetőjének az alábbi új előírásoknak is meg kell felelnie:

- Soron kívül felül kell vizsgálni a biztonsági jelentést, biztonsági elemzést, amennyiben veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset következik be.
- A belső védelmi tervben megjelölt feladatok végrehajtása érdekében létre kell hozni a védekezéshez szükséges üzemi infrastruktúrát. Az infrastruktúra kialakításán túl önállóan, vagy más üzemeltetővel közösen meg kell alakítani, fel kell készíteni, és a megfelelő eszközökkel fel kell szerelni a védekezésben érintett szervezeteket.
- A belső védelmi terv felülvizsgálatát ezentúl a biztonsági elemzés, vagy a biztonsági jelentés soros felülvizsgálata esetén is el kell végezni.

Összefoglalva tehát, a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem üzemeltetőjének biztonsági jelentését, biztonsági elemzését soron kívül felül kell vizsgálnia a veszélyes anyaggal kapcsolatos súlyos baleset bekövetkezése után.

Az üzemeltetők felelőssége kiterjed a balesetek, üzemzavarok elleni védekezésre, a védekezéshez szükséges üzemi infrastruktúra létrehozására, valamint a védekezésben érintett szervezetek kialakítására, felkészítésére és felszerelésére is.

4.5 Geotechnikai vizsgálatoknál alkalmazott szabványok

MSZ 4488:1976 Feltárás és mintavétel geotechnikai vizsgálatokhoz

MSZ 14043-1:1979 Talajmechanikai vizsgálatok. Általános előírások és jelölések

MSZ 14043-2:1979 Talajmechanikai vizsgálatok. Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból

MSZ 14043-3:1979 Talajmechanikai vizsgálatok. Szemeloszlás meghatározása

MSZ 14043-4:1980 Talajmechanikai vizsgálatok. Konzisztenciahatárok

MSZ 14043-5:1980 Talajmechanikai vizsgálatok. A talaj anyagsűrűsége

MSZ 14043-6:1980 Talajmechanikai vizsgálatok. A talajt alkotó fázisok térfogat- és tömegarányai

MSZ 14043-7:1981 Talajmechanikai vizsgálatok. A talaj tömöríthetőségének és tömörségének vizsgálata

MSZ EN 1997-8-1 Geotechnikai tervezés általános szabályai

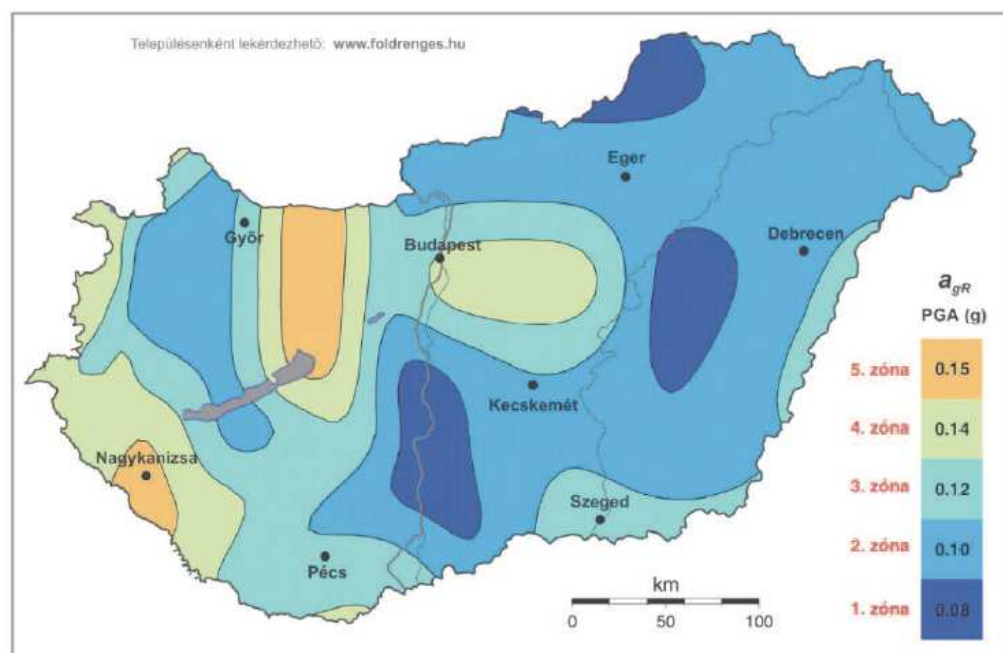
4.6 Földrengés jellemzők felvétele

Földrengésre történő tervezés során meg kell vizsgálni az építési terület altalaj és épület besorolását. A vizsgált építési terület Településtől D-re található. melynek megfelelően a tervezett létesítmény a 1. tervezési zónába esik (9. ábra). Így a figyelembe vett horizontális gyorsulási érték:

- TNCR=475 évre,
- PNCR=10% meghaladási valószínűség mellett:
- $g_r=0,8 \text{ g}$ (9. Ábra)

$$a_{gR} = 0,08 \times g,$$

$$a_{gR} = 0,08 \times 9,81 = 0,7848 \text{ m/s}^2$$



6. Számú ábra: Magyarország szeizmikus zónatérképe

Forrás: Földrengés.hu

A területen megtalálható talajrétegek a szeizmikus hatás szempontjából (MSZ EN 1998-1/2008, 32 oldal 3.1-es táblázat) A D alosztályba sorolható (1. Táblázat)

Altalaj osztály	Rétegszelvény leírása	Paraméterek		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (ütés /30cm)	c_u (kPa)
A	Szilárd kőzet vagy kőzetszerűen viselkedő geológiai képződmény, amely felett legfeljebb 5 m gyengébb fedőréteg van	> 800	-	-
B	Nagyon tömör homok-, kavics- vagy kemény agyagrétegek legalább több tíz m vastagságban, a mechanikai jellemzők a mélységgel fokozatosan növekednek	360-800	>50	>50 0
C	Tömör vagy közepesen tömör homok-, kavics vagy merev agyagrétegek több tíz vagy akár több száz m vastagságban	180-360	15-50	72-250
D	Laza vagy közepesen tömör, kohézió nélküli talaj (némi puha kötött réteggel)	<180	<15	<70

	vagy anélkül), vagy túlnyomóan puha-gyúrható kötött talaj			
E	Felszíni üledékréteg, amely a vs érték szerint C vagy D osztályú, 5 és 20 m közötti vastagságú, alatta 800m/s-nál nagyobb nyíróhullám-sebességű, merevebb anyag			
S1	Puha agyagból/iszapból álló vagy legalább egy 10 m vastag agyagot/iszapot tartalmazó, nagy plasticitású ($PI > 40$) és nagy víztartalmú rétegek	< 100 (az érték figyelme ztető)		10- 20
S1	Folyósodásra hajlamos talajok, érzékeny agyagok vagy más olyan talajrétegek, amelyek nem sorolhatóak az A-E vagy S1 osztályba			

1. számú táblázat.

Forrás: MSZ EN 1998-1/2008, 32 oldal 3.1-es táblázat

4.7 Szerkezet osztályba sorolása

A kategóriába sorolást az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány 2.1 pontjában leírtak figyelembe vételével kell elvégezni, mely bekezdés három geotechnikai kategóriát különböztet meg 1.-es 2.-es és 3.-as kategória.

A fejezet 17. pontja azt mondja ki: „2. geotechnikai kategóriába indokolt sorolni azokat a hagyományos tartószerkezeteket és alapozásokat, amelyek esetén nem merül fel kivételes kockázat, vagy nem kedvezőtlenek a talaj- vagy terhelési viszonyok”

A fejezet 19. pontja szerint pedig :” A 2. geotechnikai kategóriájú terv keretében rutinszerű eljárásokat szabad használni a terepi és laboratóriumi vizsgálatokra, valamint a tervezésre és kivitelezésre. ”

Megvizsgálva az altalaj viszonyokat, valamint a már meglévő és tervezett építményt, az meghaladja a 17-es pontban megfogalmazottakat, illetve az eddig is elvégzett laboratóriumi vizsgálatok, mint például a triaxiális vizsgálat meghaladják a 19.-es pontban megfogalmazott határokat.

Ezeknek a figyelembe vételével a terület várható geotechnikai adottságai és kockázata, a talajkörnyezet adottságai, a területen található az építmények, az

alkalmazandó geotechnikai megoldások, valamint eljárások, továbbá a környezeti kölcsönhatások szempontjából a 3. geotechnikai kategóriába kell sorolni a területet.

MSZ EN 1997-1:2006 szabvány 2.1./(20) értelmében 3. geotechnikai kategóriába tartoznak azok a tartószerkezetek vagy tartószerkezeti elemek, amelyek nem sorolhatók sem az 1., sem a 2. geotechnikai kategóriába.

2.1/(21) A 3. geotechnikai kategóriába való besorolás azzal jár, hogy az e szabványban foglaltakon túlmenő, alternatív óvintézkedéseket és szabályokat kell általában alkalmazni.

MEGJEGYZÉS: A 3. geotechnikai kategóriába tartoznak a következő példák:

- a nagyon nagy vagy szokatlan szerkezetek;
- a rendkívül nagy kockázatú, illetve a szokatlan vagy rendkívül kedvezőtlen talajadottságú vagy terhelésű tartószerkezetek;
- az erősen földrengésveszélyes térségbe kerülő tartószerkezetek;
- a várhatóan nem állékony vagy ismétlődő talajmozgásokkal fenyegető területeken épülő tartószerkezetek, amelyek ezért további vizsgálatokat vagy speciális megoldásokat igényelnek.

4.7 Terepi vizsgálatok talajfeltárások

A cölöpfalat és közvetlen környékét az elmúlt 15 évben rendszeresen vizsgálták a Cég rendelkezésemre bocsájtotta ezeknek a meglevő dokumentumait. terepi geotechnikai vizsgálatokat hajtottak végre: 2003, 2007, 2011, 2013-ban. Az eredeti szögezett rézsű valamint a cölöpfal terveit nem láthattam.

A talajfeltárások pontos helyszínrajzi elhelyezése a GT-2 jelű rajzi mellékletben találhatóak.

A talajfeltárások adatait egybevetettem, így megismertem a talajszerkezetet és a különböző rétegek talajfizikai jellemzőit. Lehetőségem volt vizsgálni, hogy a talajfizikai jellemzők hogyan változtak 10 év alatt, valamint a változó talajvízszint hatására.

Megnehezítette az adatok egyeztetését, a terület átalakítása az így megváltozó helyszínrajz. Valamint a szabványok változása.

A meglevő adatok alapján az alábbi táblázatba foglaltam össze a talajfeltárásokat:

Év	Fúrások				Megütött	Nyugalmi	
----	---------	--	--	--	----------	----------	--

	száma				tvsz:	tvsz:	
200 3	Fúrás jele	Talpmélység (m)	Terepszint (mAf)	Dátum			
	1F	18,40	158,55	2003.08.13.	-	-	
	2F	16,50	156,40	2003.08.15.	-15,40	-6,55	
	3F	10,70	148,10	2003.08.17.	-8,00	-4,0	
	4F	16,60	158,39	2003.08.13.	-15,00	-12,60	
	5F	17,40	156,50	2003.08.15.	-14,00	-11,87	
	6F		148,20	2003.08.16.	-6,60	-4,70	
200 7	101	5,1	143,50	2007.11.10.	-	-	
	102	9,00	149,00	2007.11.26.	-	-	
	103	8,00	143,50	2007.11.26.	-	-	
	104	7,00	149,00	2007.11.26.	-7	-6,62	
	CPTU	4,00		2007.11.12.	-	-	
201 1	BK1	30,00	158,4	2011.04.20.	NA	-4,78	
	BK2	30,00	146,5	2011.04.16	NA	-11,36	
	BK3	30,00	156,50	2011.03.23.	NA	-12,57	
	BK4	18,50	146,86	2011.04.04	-6,80	-3,0	
	BK5-PC	20,00	146,50	2013.07.17.	NA	3,80	
	BK6	20,50	146,30	2011.04.16.	-10,57	-7,38	
	BK7	NA	NA	NA	NA	NA	
	BK8	4,00	146,7	2011.04.16.	NA	2,7	
201 3	BH1	25,00	156,30	2013.07.2 4	-15,8	-6,20	
	BH2	25,00	156,30	2013.07.2 2	-15,45	-7,10	
	BH3	fúrás elakadt	156,30	2013.07.1 6	-5,70	-4,10	
	BH4	15,35	146,50	2013.07.1 8	-5,85	-4,30	
	BH5	15,90	146,50	2013.07.1 7	-5,50	-3,80	
	BH6	14,45	146,50	2013.07.1 6	-15,8	-6,20	
	BH7	20,00	143,15	2013.06.0 5	-10,20	-10,10	
	BH8	20,00	143,15	2013.06.0 6	-10,20	-9,80	

2. Számú táblázat: talajfeltárások és talajvízszintek

4.7.1 2003

A tárgyi részsű szakasz korábbi mozgásvizsgálata keretein belül, illetve a korábbi megerősítés és részsű átalakítás tervezéséhez több fázisban készültek fúrások. E fúrások pontos helye nem volt beazonosítható, összevethető helyszínrajzok hiányában, illetve az azóta megváltoztatott terepalakulat miatt

A részsű átalakítás és megerősítés tervezéséhez szükséges részletesebb geotechnikai és geohidrológiai adatok (pontos talajrétegződés, talajvíz esetleges előfordulása és helyzete) megismerése érdekében a területen 2 lejtésirányú szelvényben telepítve, 3-3 ponton összesen 6, nagyátmérőjű gépi fúrást végeztek a 2003.08.12-17. közötti időszakban, a mellékelt GT-2 helyszínrajzon feltüntetett helyeken.

4.7.2 Az alkalmazott fúrástechnológia:

Folyadéköblítés nélkül készült, száraz technológiájú geotechnikai fúrás folyamatos magvétellel, 0,220 mm-es kezdő rakattal, üreges spirál szerszámzaton belül alkalmazott 90 mm belső átmérőjű magcsővel.

A feltérési tervben előírányzott 20m fúrásonkénti talpmélység a helyszíni adottságok miatt nem volt kivitelezhető; a fúrások a rétegződés geotechnikai értelemben vett alapképződményben (agyagpalában, cementélt homokban) elakadtak. A talpmélységek 9,4-18,4m között változtak. A fúrások továbbmélyítése műszakilag nem volt indokolt.

A fúrások főbb mélységre vonatkozó paramétereit a 2-es táblázat foglalja össze.

A feltérési tervben, a szemcsés talajrétegek tömörségének meghatározására előírányzott *dinamikus szondázási vizsgálatot* nem hajtották végre, mert a - más területrészen gyakori -, szemcsés réteg betelepülések itt nem fordultak elő, ezért a vizsgálat műszakilag nem volt indokolt.

A fúrások helyszínrajzi elhelyezkedését, magassági adataikat a terület geodéziai felvétele során mérte be az FTV Rt. Geodéziai Irodája. A megadott magasságok a gyár helyi rendszerének megfelelően Adriai alapszintre vonatkoznak. (Forrás: Vizsgálati jelentés 2003.)

4.7.2 2007

2007-ben újabb talajvizsgálatot hajtottak végre A 0+215 szelvény környezetében 4 db. fúrást és 1 db. statikus szondázást (CPTU) készítettek el.

A feltárások elhelyezkedése a terület helyszínrajzán ábrázolva GT-2 rajzi mellékleten. Forrás: Vizsgálati jelentés 2007.)

A fúrásokról és CPTU szondázásról pontosabb adatok nem állnak rendelkezésemre.

4.7.3 2011

2011. március 11. és április 20 közötti időszakban újbóli talajfeltárást végeztek melyeknek az elhelyezése a GT-2 jelű rajzi mellékleten található.

Nyolc furat (BK 1-től BK 8-ig) elkészítése mintavételhez az EN ISO 22475-1 szerint folyamatos fúrómag kihozattal, furatátmérő 178-219 mm (a verőszondás fúrás mag-csőve) ill. 146 mm (a köteles magfúrás magcsőve), a Liner-eljárással történő kivitelezést végeztek, mely során a fúrómag kihozatala egy műanyagcső úgynevezett Liner cső védelmével történt, ami a magládába helyezése előtt mindkét végén lég tömören le lett zárva.

- Négy dőlésmérési hely (INK) felállítása a BK 1, BK 3, BK 4 és BK 6 feltárási ponton.
- Talajvízmérő (GWM) helyek felállítása a BK 2, BK 5, BK 8 és PhiCo 6 jelű pontokon a talajvízszint automatikus rögzítésével egy adatrögzítő egység segítségével.
- Öt fúrás magkihozatal nélkül (PhiCo) 27 nyírási vizsgálat elvégzéséhez a phicométer-szondával az NF P 94-120 számú francia szabványnak megfelelően; furatátmérő 63 mm.

(Forrás: Vizsgálati jelentés 2011.)

4.7.4 2013

A vizsgált területen a talajvizsgálati jelentés elkészítése céljából 3 db 25 méter és 3 db. 15 méter mélységű fúrást mélyítették le MÁN 6x6 típusú tehergépkocsira szerelt URB-2 típusú fúróberendezéssel. A feltárások 148 mm átmérőjű folyamatos magfúrással készültek, a magminták triplafalú magvevővel kerültek kiemelésre 900-1500 mm-es magkiépítési hosszban, 106 mm átmérővel.

A feltárásokat és a kivett minták kezelését, tárolását, szállítását az MSZ EN ISO 22475-1:2006 szabvány előírásai alapján végezték el. A kivett minták A-1 osztályúak.

A fúrások a Gt-2 számú rajzi mellékleten vannak ábrázolva helyszínrajzilag. (Forrás: Vizsgálati jelentés 2013.)

4.8 Talajállapot, a talaj fizikai jellemzői

4.8.1 2003

Elsősorban meg kell említeni, hogy a talajfeltárás a rendkívül csapadékszegény tavaszi és nyári hónapokat követően történt, amely az altalaj vízháztartása tekintetében is extrém állapotot hozott létre. A talajállapotot alapvetően befolyásoló természetes víztartalom nem kapott utánpótlást a beszivárgó csapadékvíztől, ezért a fúrásokkal feltárt talajrétegek észlelt állapota igen nagy valószínűséggel nem felelt meg az átlagos időjárási körülmények természetes talajállapotának. Ez a körülmény meghatározó volt olyan tekintetben, hogy nem tapasztalhattak az eltérő rétegződési adottságokból eredő talajállapot különbséget. Nevezetesen azt, hogy milyen mértékű talajállapot romlást okoz a beszivárgó víz a vízvezető szintekkel tagolt, potenciálisan mozgásveszélyes talajtömegben.

A laboratóriumban meghatározott talajfizikai jellemzőket az 1. számú melléklet tartalmazza.

A rézsű állékonysága szempontjából meghatározó nyírószilárdsági paramétereket zavartalan állapotú (mag) mintákon végrehajtott laboratóriumi kísérlet sorozattal határozták meg.

Az eredmények értékelését megelőzően áttekintették az eddigi vizsgálatok során alkalmazott nyírószilárdsági értékeket.

		ρ t/m ³	Természetes		Átázott állapot	
			Φ	c (kN/m ²)	Φ	c (kN/m ²)
Felső agyag zóna						
GAIA-G BT.	„Száras,	1,90	25	60	-	-
GEOPANNON	„Homokliszt	1,95	22	26,4	13	10,4
Alsó agyag zóna						
GAIA-G	„Száras,	2,09	22	20	-	-
GEOPANNON	„Homokliszt	1,95	20,9	27,5	12,4	10,0

3. számú táblázat: 2003-as Φ és c értékek összehasonlítva korábbi adatokkal.

A GEOPANNON Kft. laborkísérleti eredményei azt igazolták, hogy az elázott állapotú minták esetében mindkét talajzónában a súrlódási szög (ϕ) 40%-al, a kohézió (c) értéke 60%-al csökkent.

A jelenlegi vizsgálat során laboratóriumban meghatározott nyírószilárdsági értékpárokat az alábbi táblázatban foglalták össze:

Minta	Talaj	Φ°	c(kN/m ²)
Felső talaj zóna			
1/6,50 m	Közepes agyag	17,8	208,0
4/5,00 m	Kövér agyag	7,1	69,1
4/5,20 m	Agyagos homok	34,9	37,1
5/4,80 m	Agyagos, iszapos homokliszt	33,7	33,4
Alsó talaj zóna			
1/8,70 m	Homokos, közepes agyag	18,5	161,9
1/10,70 m	Homokos, közepes agyag	15,9	191,8
3/4,80 m	Homokos, közepes agyag	17,7	108,9
3/6,30 m	Homokos, közepes agyag	16,1	127,7
4/9,00 m	Homokos, közepes agyag	16,1	32,2
4/11,00 m	Homokos, közepes agyag	20,8	167,8
4/12,40 m	Homokos, közepes agyag	19,4	127,7
4/14,00 m	Homokos, közepes agyag	20,6	218,7
5/12,50 m	Homokos, közepes agyag	19,3	196,2
6/3,70 m	Homokos, közepes agyag	19,7	144,7

4. számú táblázat: 2003-as talajrétegződés és talajjellemzők

A vizsgálatokat természetes állapotú magmintákon, triaxialis törő kísérlettel hajtották végre. Az eredményeket értékelve és összevetve a korábbi vizsgálati eredményekkel, az alábbiak állapíthatók meg:

Természetes talajállapot

A mintákon a talajvíz mentes „száraz” állapotnak megfelelő reális belső súrlódási szöget és magas kohézió értékeket határoztunk meg.

A kövér agyagnál mért paraméterekre való tekintettel a felső zóna agyag talajai esetében a GEOPANNON Kft. által javasolt ($p=22^\circ$ értéknél alacsonyabb $c_p=16^\circ$ belső súrlódási szöget és mint minimális értéket, $c=69$ kN/m² kohézió értéket tartanak reálisnak.

A B jelű szelvényben feltárt, közbetelepült homoklisztes, agyagos homok esetében a $c_p=35^\circ$ és $c=37,1$ kN/m² kísérletileg meghatározott értékpár helyett

$\varphi=26^\circ$ belső súrlódási szöget és $c=15 \text{ kN/m}^2$ kohézió értéket tartottak reálisnak.

Az alsó zóna homokos agyag mintáin végrehajtott tíz kísérlet $\varphi=15,9\text{-}20,8^\circ$ között változó (átlag: $\varphi=18,4^\circ$) súrlódási szöget, $c=32,2\text{-}218,7 \text{ kN/m}^2$ között változó (átlag $c=140 \text{ kN/m}^2$) kohézió értékeket határozott meg. Ezt figyelembe véve az alábbi nyírószilárdsági értékpárt tartották mértékadónak:

$$\begin{aligned}\varphi &\geq 21^\circ \\ c &= 27,5 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Átázott talajállapot

A víz hatására mozaikosan széteső minták kísérletei nem adtak értékelhető eredményeket, ezért az erre az állapotra mértékadónak tekinthető nyírószilárdsági paramétereket a egy korábbi kísérlet tapasztalatai alapján határozták meg. Nevezetesen azt, hogy átázott állapotban a belső súrlódási szög értéke 40%-al, a kohézió 60-65%-al csökken. Ennek megfelelően:

A felső zóna agyag talajaira figyelembe vehető értékpárok:

$$c=56 \text{ kN/m}^2 \text{ (Az átlag 60\%-al csökkentett értéke)}$$

Az alsó zóna agyag talaja esetében:

$$c=49 \text{ kN/m}^2 \text{ (Az átlag 65\%-al csökkentett értéke)}$$

A B jelű szelvény homoklisztes, agyagos homok rétege esetében a paraméterek mintegy 50%-os csökkenését ($\varphi \geq 19^\circ$ belső súrlódási szöget és $c=7,5 \text{ kN/m}^2$ kohézió értéket) tartják mértékadónak.

4.8.2 2007

A fúrásokból víztartalmi, zavart és zavartalan mintákat nyertek. A mintákból víztartalmat és víztartalmi határértékeket határoztak meg. A talajok osztályozása a plasztikus index (I_p) és a konzisztencia index (I_c) alapján történt.

A zavartalan minták nyírószilárdsági vizsgálatokra való előkészítése az állapotuk miatt csak egy esetben sikerült, a 101. fúrás 1,60 m mélységéből vett mintán. Itt egyirányú nyomókísérletet végeztek.

A fúrásszelvények a laboratóriumi feldolgozás eredményei a 2. számú melléklet 1. ábra - 4. ábráin láthatók.

A fúrásokban (a 103. kivételével, 2 számú melléklet 3. ábra) kemény, közepes-kövér agyagokat találtak. A 103. fúrásban 1,50 m mélységig (142,00 mBf) sodorható, alatta 2,80 m-ig (140,70 mBf) könnyen sodorható volt az állapot.

Az agyagok víztartalma általában 25 % körül ingadozott, a könnyen sodorható rétegben közel 50 % volt. A kőszén réteget a 101. (2 számú melléklet 1. ábra) és a 103. fúrásban (2 számú melléklet 3. ábra), 4,00 m (139,5 mBf), illetve 2,80m (140,70 mBf) találtak meg 100, illetve 50 cm vastagságban, igen kemény állapotban, alatta itt szürke, kemény márga volt. A 104. fúrás (2 számú melléklet 4. ábra) jutott el a homokrétegig, 6,90 m (142,10 mBf) mélységben.

A kemény agyagok nyírószilárdsága: 70-110 kPa,

A könnyen sodorhatóé: 30-50 kPa.

Összenyomódási modulusuk 10-16 MPa, illetve 4,5-7,5 MPa.

Talajvíz csak a 104. fúrásban (2 számú melléklet 4. ábra), 142,40 mBf (nyugalmi szint) volt észlelhető.

A statikus szonda eredményei: 2 számú melléklet 5. ábra. Az eredményekből konszolidálatlan, gyors nyírószilárdságot (2 számú melléklet 6. ábra), és összenyomódási modulusot számítottak (2 számú melléklet 7. ábra). A nyírószilárdság értékét

$$c_u = q_{c'}/14$$

képlettel számolták, ahol

c_u [kPa]: konszolidálatlan, gyors nyírószilárdság;

$q_{c'}$ [kPa]: a szondaellenállás hatékony értéke, $q_{c'} = q_c - u$;

q_c : [kPa]: a szondaellenállás teljes értéke, lásd 2. számú melléklet 5. ábra;

u [kPa]: a pórusvíznyomás, lásd 2. számú melléklet 5. ábra.

Az összenyomódási modulus értékét

$$E_s = 3000 \text{ kPa} + 1,44 \cdot q_{c'}$$

képlettel határozták meg.

A nyírószilárdság értéke a CPTU vizsgálatból 70-2960 kPa, az összenyomódási modulusé 4,4-62,6 MPa lásd 5. sz. táblázat.

A talajrétegződés összességében megegyezett a korábbi vizsgálatok adataival.

Az időjárásból következően a talajállapot általában kedvező volt, az egyébként is fokozott nedvesedést mutató helyeken kevésbé volt nedves, de még itt sem érte el a veszélyes (puha, nagyon puha) értéket.

Agyag		Agyag	Átázott agyag	Márga
Nedves térfogat súly, kN/m ³	γ_n	20	20	21
Telített térfogat súly, kN/m ³	γ_t	20	20	21
Poisson tényező	ν	0,45	0,45	0,30
Összenyomódási modulus MPa	E_s	60	Változó	225
Koházió, kPa	c	70	Változó	150
Belső súrlódási szög	Φ	0°	0°	0°

5. számú táblázat: 2007. talajfizikai jellemzők

(Forrás: Vizsgálati jelentés 2007.)

4.8.3 2011

A 2011-es vizsgálat már nem csak a régebben szegezett területre korlátozódik, hanem a jelenlegi támfal mögötti talajviszonyokról alkot képet.

4.8.3.1 Az alaptalaj rétegviszonyai

A feltárt rétegeket geológiai-geotechnikai szempontból összefoglalva az alábbi talaj- és kőzetfajták közé sorolták be:

- agyagok és iszapok (vályogok)
- homok
- agyagkő
- barnaszén
- homokkő
- mészkő

A fent nevezett rétegeken kívül néhány feltárási ponton a terep felületén csekély mérvű feltöltésekbe is belefűrtak. Ezeknek azonban a tisztázandó problémákkal összefüggésben nincs jelentősége.

A rajzi mellékletben közölt alaptalaj-metszetekben a feltárt rétegeket a lerakódási viszonyok szemléltetéséért összekötöttem. A 2011-es talajfeltárások adatait a GT-5, GT-6 és a GT-8 szemlélteti.

A fúrási magokon a feltárt laza és szilárd kőzeteknek összességében véve közel vízszintes rétegződése volt felismerhető.

A GT-8, amely a rézsű esési irányában húzódik, a vezetősínek összekötése, mint például a barnaszénréteg esetében, szintén vízszintestől alig eltérő rétegződésre enged következtetni.

A GT-5 és GT-6 szelvények, amelyek vonala a rézsű vállrésze, ill. a rézsűtalp mentén húzódik, a lerakódott testek jól kivehető tagozódását mutatják szűken behatárolt, egymástól vetőkkel vagy feltolódásokkal elhatárolt részekre. Ezek a folytonossági hibahelyek valószínűleg meredek elhelyezkedésűek (kb. 70°). A tektonikai elmozdulások környezetében a talajvíz akadályoztatva van, úgyhogy a talajvízszint adatai leképezik a tektonikai mintát.

4.9.3.2 A feltárt rétegek leírása

A 2011-es feltárás megfúrt rétegek részletes leírását a 3. számú melléklet tartalmazza.

4.8.4 2013

4.8.4.1 Laboratóriumi vizsgálatok

A 1013-ban vett minták mérését a geotechnikai vizsgálatot végző cég laboratóriumában végezték az EN ISO 22475 szabvány előírásai alapján

A feltárásokban talált talajrétegek azonosításához, megnevezéséhez és jellemzéséhez szükséges szabványos laboratóriumi vizsgálatokat a hazai, vonatkozó szabályozás alapján végezték el.

A minták természetes víztartalma méterenként került meghatározásra az MSZE CEN ISO/TS 17892-1:2006 előírásai alapján.

A talajminták azonosítását, illetve osztályozását szemcsés talajok esetében az MSZE CEN ISO/TS 17892-4:2006, kötött talajok esetében az MSZE CEN ISO/TS 17892-12:2006 szabványok szerint végezték el.

Az azonosítások során Venticell 222 típusú szárítószekrényt, Kern EMB 2000-2 típusú mérlegeket, továbbá digitális penetrométert (Wykeham Farrance), ISO 3310.1-nek megfelelő szitasort (CISA), hiteles hőmérőt (MSZ 13950), és hiteles hidrométert használtak.

A nyírószilárdsági paramétereket az MSZE CEN ISO/TS 17892-10:2004 alapján közvetlen nyíróvizsgálattal határozták meg. Ezekhez Wykeham Farrance, 27-WF 2160 típusú automata nyíróberendezést alkalmaztak.

Az összenyomódási jellemzőket az MSZE CEN ISO/TS 17892-5:2004 szerinti ödométeres vizsgálat eredményei alapján adták meg. A vizsgálatok során 0,01 mm pontosságú Mitutoyo elmozdulásmérő órákat, illetve 0A1 típusú ödométer-cellákat alkalmaztak. (Forrás: Vizsgálati jelentés 2013.)

4.8.4.2 Talajszelvények bemutatása

A feltárások alapján kiemelték, hogy a rézsű fedőrétege, gyakorlatilag a cölöpfal felső síkjáig átázott gyúrható konzisztenciájú agyag. Ez minden bizonnyal a felszíni vizek hegy felőli lefolyásának és áztató hatásának köszönhető. A felső A jelű agyagréteg sok helyen homok eres, ez a tény is igazolja, hogy az agyagréteg nem vízzáró, azaz az agyagréteg csapadékos időben könnyen átázik, konzisztenciája lecsökken. Az agyagréteg konzisztenciája a cölöpfal közelében kemény állapotú, tehát kijelenthető, hogy a megépített szivárgó test az agyagréteg víztartalmát lecsökkenti, bár megjegyezzük, hogy ez nem minden fúrásban jelentkezett, tehát a szivárgó feltehetőleg nem működik egységesen.

A B jelű merev közepes agyag rétegben már a vízmozgás nem tapasztalható, tehát ez a réteg vízzárónak minősíthető. Ezt már a korábbi szakvélemények is megállapították. Az agyagréteg konzisztenciája merev, így a nyírószilárdsági paraméterei is kedvezőbbek, mint a fedő agyagrétegnek.

A C jelű réteg egy átázott sovány-közepes agyagréteg. A réteg átázottsága az alatta levő iszapos homok rétegben lévő nyomás alatti víz megléte okozza. Ez a felpuhult agyag réteg az alatta lévő tömör rétegeken a lejtő irányába mozog. Ezen réteg konzisztenciájának javítása műszakilag nem lehetséges.

A D jelű iszapos homok réteg helyezkedik el a harmadidőszaki alapkőzeteknek tekinthető rétegeken. Ebben a rétegben nyomás alatti rétegvíz található. A mélyebb fúrásokban ez a nyomás alatti víz tapasztalható volt, bár a különböző időszakokban lévő fúrások alapján ennek az értéke eltérő. A helyszíni tapasztalataink, a feltárások és a laboratóriumi vizsgálatok alapján az alábbi, jól elkülöníthető talajrétegek definiálhatóak:

- A: Gyúrható-merev konzisztenciájú közepes AGYAG
- B: Merev közepes AGYAG
- C: Átázott sovány-közepes AGYAG
- D: Iszapos HOMOK

4.8.4.3 Geotechnikai paraméterek karakterisztikus értékei

A karakterisztikus értékek (x_k) statisztikai módszerrel történő származtatása a következő módon történik:

$$X_k = X_{\text{átl}}(1 - k_n \cdot V_x)$$

ahol: $X_{\text{átl}}$ Geotechnikai paraméterek átlagértéke.

k_n Statisztikai együttható, melynek értéke függ a vizsgált minták számától, azok megbízhatóságától.

V_x Variációs együttható.

$$X_k = X_{\text{átlag}} - 0,5 \cdot s_x$$

Schneider (1999) a karakterisztikus értékek meghatározására vonatkozóan az alábbi képletet javasolja:

ahol: s_x Szórás.

4.8.4.4 Geotechnikai paraméterek karakterisztikus és tervezési értékei

A geotechnikai paraméterek (X_d) tervezési értékeit a karakterisztikus értékekből számítva az alábbi képlettel kell meghatározni

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M}$$

A talajparaméterek parciális tényezőinek (γ_u) értékeit az M1 és M2 értékcsoportokból kell kiválasztani az egyes tervezési módszereknek megfelelően, a 6. táblázat alapján.

Talajparaméter	Jel	Értékcsoport	
		M1	M2
Hatékony súrlódási szög	$\gamma \Phi$	1,0	1,25
Hatékony kohézió	$\gamma c'$	1,0	1,25
Drénezetlen nyírószilárdság	γc_u	1,0	1,4
Egyirányú nyomószilárdság	γq_u	1,0	1,4
Térfogatsúly	γ_γ	1,0	1,0
Ez a tényező a $\tan \Phi$ -re alkalmazandó.			

6. számú táblázat.

A mértékadó talajréteg tervezési és karakterisztikus szilárdsági jellemzőit a 7.-10. számú táblázatokban foglaltam össze.

“A” jelű gyúrható-merev közepes-kövr AGYAG réteg tervezési				
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	$\tan\Phi'$ [1]	c' [kPa]	E_s [MPa]
BH 1 / 5,0 m (drénezetlen)	11,2	0,198	111,0	
BH 2 / 8,0 m (drénezetlen)	0,0	0,000	160,0	
tapasztalati érték	3,0	0,052	120,0	10,00
Átlagérték, [Xátlag]	4,7	0,083	130,3	10,0
Szórás, [sx]	5,798	0,103	26,083	

“A” jelű gyúrható-merev közepes-kövr AGYAG réteg tervezési				
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	$\tan \Phi'$ [1]	c' [kPa]	E_s [MPa]
Variációs együttható,	1,225	1,229	0,200	
Statisztikai értékelés módszere	X_k Geotechnikai paraméterek karakterisztikus értéke			
Schneider (1999)	1,8	0,032	117,3	

7. számú táblázat. „A” jelű anyag

Értékcsoport	X_d Geotechnikai paraméterek tervezési értéke			
M1	1,8	0,032	117,3	
M2	1,5	0,026	93,8	

“B” jelű merev közepes AGYAG réteg tervezési paraméterei				
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	$\tan \Phi'$ [1]	c' [kPa]	E_s [MPa]
BH 1 / 8,1 m	10,6	0,187	61,0	
BH 2 /12,0 m	22,4	0,412	65,0	
BH 6 / 5,7 m	28,3	0,538	37,0	
BH 6 / 7,0 m	22,9	0,422	77,0	
BH 4 / 8,5 m	16,2	0,291	42,0	
BH 5 / 3,0 m	28,7	0,547	51,0	
BH 2 /17,5 m	17,0	0,306	42,0	
Tapasztalati érték	24,0	0,445	70,0	15,00
Átlagérték[Xátlag]	21,3	0,394	55,6	15,0
Szórás, [sk]	6,254	0,125	14,735	
Variációs együttható,	0,294	0,318	0,265	

Statisztikai értékelés módszere	Xk Geotechnikai paraméterek karakterisztikus értéke		
	Schneider (1999)	18,1	0,331 48,3

Értékcsoport		Xd Geotechnikai paraméterek tervezési értéke		
“B” jelű merev közepes AGYAG réteg tervezési paraméterei				
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	tan Φ [1]	c' [kPa]	Es [MPa]
M1	18,1	0,331	48,3	
M2	14,5	0,265	38,6	

8. számú táblázat: „B” jelű agyag

“C” jelű átázott sovány-közepes AGYAG réteg tervezési paraméterei				
Fúrás 1 vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	$\tan \Phi$ [1]	c' [kPa]	Es [kPa]
BH 2 / 20,0 m	3,6	0,063	200,0	
BH 1 / 15,0 m	0,0	0,000	111,0	
BH 4 / 6,1 m	9,7	0,171	86,0	
BH 4 / 7,0 m	3,3	0,058	93,0	
BH 5 / 11,0 m	12,6	0,224	79,0	
tapasztalati érték	8,0	0,141	90,0	7,50
Átlagérték[Xátlag]	6,2	0,109	109,8	7,5
Szórás, [sk]	4,692	0,083	45,446	
Variációs együttható,	0,757	0,761	0,414	

Statisztikai értékelés módszere	Xk Geotechnikai paraméterek karakterisztikus		
	Schneider (1999)	3,9	0,068 87,1

Értékcsoport		Xd Geotechnikai paraméterek tervezési értéke		
M1		3,9	0,068	87,1
M2		3,1	0,054	69,7

9. számú táblázat: „C” jelű agyag

“D” jelű iszapos HOMOK réteg tervezési paraméterei						
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték			Φ [°]	$\tan \Phi$ [1]	c' [kPa]	E_s [kPa]
BH	4	/10,0	m33,7	0,667	9,1	
BH	4	/12,0	m30,2	0,582	17,9	

“D” jelű iszapos HOMOK réteg tervezési paraméterei				
Fúrás / vizsgálat Statisztikai érték	Φ [°]	$\tan \Phi$ [1]	c' [kPa]	E_s [kPa]
BH 2 / 22,5 m	32,1	0,627	5,7	
tapasztalati érték	32,0	0,625	8,0	20,00
Átlagérték[Xátlag]	32,0	0,625	10,2	20,0
Szórás, [sk]	1,431	0,035	5,341	
Variációs együttható,	0,045	0,055	0,525	

Statisztikai értékelés módszere	Xk			
	Geotechnikai paraméterek karakterisztikus			
Schneider (1999)	31,3	0,608	7,5	

Értékcsoport	Xd			
	Geotechnikai paraméterek tervezési értéke			
M1	31,3	0,608	7,5	
M2	25,0	0,486	6,0	

10. számú táblázat: „D” jelű homok

Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok, illetve tapasztalatok alapján a jellemző talajrétegek (A-D) nyírószilárdsági paramétereit, összenyomódási modulusainak tervezési értékeit az “M1” értékcsoportnak megfelelően a 11. táblázatban foglalom össze.

A későbbi állékonysági vizsgálatokat is ezen értékekkel végeztem el.

Talajréteg		Térfogatsúly y [kN]	Belső Súrlódási szög Φ°	Kohézió c' [kPa]	Összenyomódási modulus E. [MPa]
jele	megnevezése				

A	Gyúrható - merev konzisztenciájú közepes AGYAG	20-22	1,8	117,3	10,0
B	Merev közepes AGYAG	20-21	18,1	48,3	15,0
C	Átázott sovány-közepes AGYAG	19-20	3,9	87,1	7,5
D	Iszapos HOMOK	18-20	31,3	7,5	20,0

11. számú táblázat: Talajjellemzők

4.9 Talajvíz viszonyok

A korábbi vizsgálatok talajvíz észlelései igazolják a terület sajátos hidrológiai adottságait. A 1999.03. hónapban készített talajmechanikai szakvéleményének 11 fúrásában 10m talpmélységig nem érték el a talajvizet, illetve csak egy fúrásban tapasztaltak nedves talajszintet. Megjegyezte a szakvélemény, hogy „a rézsű lábon szivárgó vizek megjelennek, jelenleg aktív forrás fakad, mely feltehetőleg rétegforrás.”

A vizsgálat 2000. szeptemberében végrehajtott kiegészítő fázisában készült 6 fúrás igen eltérő szinteken ütötte meg a talajvizet. A tapasztalt 3-4 m-es szintemelkedés a talajvíz nyomás alatti állapotát igazolta. Ugyanakkor egyes fúrásokban nem észleltek vizet.

A 2003. augusztusában mélyített új fúrások egy kivétellel észleltek talajvízszintet, ezáltal a talajvíz elhelyezkedése ismertté vált.

Az alábbi táblázatban foglalom össze a talajvízre vonatkozó adatokat:

Fúrás	Terepszint (mAf)	Megütött talajvízszint (m)	Nyugalmi talajvízszint (m)	Észlelés időpontja
1F	158,55	-	-	2003.08.13.
2F	156,40	-15,40	-6,55	2003.08.15.
3F	148,10	-8,00	-0,40	2003.08.17.
4F	158,39	-15,00	-12,60	2003,08,13,
5F	156,50	-14,00	-11,87	2003.08.15.
6F	148,20	-6,60	-4,70	2003.08.16.

12.számú táblázat: 2003-as talajvíz adatok

A talajvizet az agyag összlet fekvését képező márgás, palás szint, illetve a szenes zóna elérésekor, közel azonos szinten (140,10-143,39 mAf.) ütötték meg a fúrások. A nyomás alatti víz szintje rövid idő alatt megemelkedett

különböző mértékben (1,8-8,85 m). Az így kialakult nyomásszint a tereplejtéssel egyező esést mutatott.

Az észlelt talajvíz az agyagmárga és a palás agyag, illetve a széntelepes összlet (és az alattuk fekvő zóna) hidrológiai viszonyait tükrözi, amelyet a 2003-as vizsgálati szerint nem befolyásol jelentős mértékben a terület szezonális vízháztartása. A későbbi események ezt cáfolják.

A rétegződési és domborzati adottságokból következik, hogy a háttérterületen beszivárgó csapadékvíz a vízzáróság szempontjából nem homogén agyag összletben (a homokos, homoklisztes zónákban, de az agyag pórusaiban is) lejtés irányban szivárog. Megvan a potenciális lehetősége annak, hogy az összességében víz érzékeny talajtömeg kvázi telített, vagy átázott, puha állapotú legyen erősen csapadékos időszakot követően. Az ebben a zónában kialakuló talajvíz is nyomás alá kerülhet. A GEOPANNON Kft. szakértői véleményének megállapítása a csapadék adatok elemzésével igazolja, hogy a 2000-ben bekövetkezett rézsűcsúszást az átlagos csapadékmennyiség 200 %-át is meghaladó csapadék talajvizet megemelő hatása okozhatta. A rendelkezésemre bocsájtott csapadék adatok ezt az információt nem igazolják. 1998-as és a 1999-es években volt olyan mennyiségű csapadék mely az addig átlagoktól eltért. Ennek a hatása jelentkezhetett a 2000-es évi tönkrementeknél. A korábbi észleléseken kívül a talajvíz rézsűsík alatti időszakonkénti elhelyezkedését bizonyítja, hogy a kialakított padkán vízkedvelő növények telepedtek meg.

A teljesség kedvéért megemlíjtük, hogy az elvégzett vegyvizsgálatok szerint a talajvíz kismértékben agresszív hatású: pH=6,8-7,0; Cr=40,0-60,0 mg/dm³; SO₄²⁻=420-785 mg/dm³. A későbbi 2007-es vizsgálatban a talajvíz agresszivitása már nem merült fel.

2007-ben Talajvíz csak a 104. fúrásban (2 számú melléklet 4. ábra), 142,40 mBf (nyugalmi szint) volt észlelhető.

A 2011. 09. 15 - 16, közötti időszakban készült fúrásokban a talajvíz nyugalmi szintje 5,28 - 6,25 m közötti terepszint alatt mélységben, 143,16-144,08 Bm. szintek között jelentkezett.

A fúrásokban észlelt nyugalmi talajvízszint adatokat a következő táblázat tartalmazza:

Fúrások jele	Terepszint (Bm.)	Talajvízszint		Dátum
		Relatív (m)	Abszolút (Bm)	
I.F	148,81	-5,63	143,18	2011.09.15.
2. F	148,41	-5,10	143,31	2011.09.15.
3. F	148,41	-5,25	143,16	2011.09.16.
4. F	148,84	-4,76	144,08	2011.09.16.

13. számú táblázat 2011-es talajvíz adatok.

A talajvíz mindenütt az agyagos iszap (clSi) rétegben helyezkedik el, tehát viszonylag mély helyzetű. Maximális szintjének meghatározásához felhasználható talajvízszint észlelő kút csak nagyobb távolságra, eltérő vízföldtani körülmények között található, ezért azt a Budapest Építés-hidrologiai Atlasz (FTV 1988) hidroizohipszás térképe alapján tudjuk megadni;

Becsült maximális talajvízszint: 144,08 Bm.

A mértékadó talajvízszint a fenti értékeknél 50 cm-rel magasabb szinten veendő figyelembe.

2011-ben slug teszt segítségével vizsgálták a talaj vízáteresztő képességét. A tesztek eredményeit táblázatba rendezve az 5. számú melléklet tartalmazza.

A 2013-as feltárások során már minden fúrásban észleltek talajvizet.

FELTÁRÁS		MEGÜTÖTT TALAJVÍZSZINT		NYUGALMI TALAJVÍZSZINT	
jele	mBf.	mR.	mBf.	mR.	mBf.
BH1	156,30	-15,8	140,50	-6,20	150,10
BH2	156,30	-15,45	140,85	-7,10	149,20
BH4	146,50	-5,70	140,80	-4,10	142,40
BH5	146,50	-5,85	140,65	-4,30	142,20
BH6	146,50	-5,50	141,00	-3,80	142,70

14. számú táblázat: 2013-as talajvíz adatok

5. A feltárások eredményeinek kiértékelése

A feltárások eredményei és a káresetek képe arra utal, hogy a lejtős részeken fellépő elmozdulásoknak lényegében két oka van:

A nagy víznyomás a homokkőben destabilizálja a rézsű talapzati részét. Elviekben a fölfelé irányuló víznyomásnak ugyanolyan hatása van, mint például ha a rézsűtalpat tehermentesítjük egy elvezető árokkal.

A homokkő fedőrétegeinek átnedvesedése a feszültség alatti talajvíz következtében hátrányosan befolyásolja ezeknek a rétegeknek a nyírófeszültségét. A legerősebb kihatása ennek valószínűleg a barnaszén-réteg tartományában van.

A fent nevezett okok mellett szól többek között, hogy az eddigi talajmozgások összefüggésben vannak a csapadékmennyiséggel. A csapadékban gazdag időszakokban megnő a talajvíz nyomása, és ezzel együtt fokozódik a fentebb leírt destabilizáló hatás is.

Igazolja, hogy ez a gyenge zóna a barnaszén környezetében van, a fal megfigyelt elmozdulása is: A fal délkeleti szakaszában a cölöpök a barnaszén fölött végződnek, miáltal a barnaszénben lévő potenciális elcsúszási felületen a fal mellett az afölött lévő altalaj-rétegek is elmozdultak. A nyugati falszakaszban a felszínhez közelebb húzódó barnaszén-rétegeken a cölöpök áthatolnak. Miután a fal talapzata így betagolódik a homokkőbe, az megtartotta azt eredeti pozíciójában, míg a fal felső része eltolódott. Ennek összegzéseként adódott a fal megfigyelt megdőlése.

6. Geotechnikai tervezés

6.1 Helyreállítási javaslatok

A rézsú és támfal globális stabilitását csak úgy lehet elérni ha, meggátoljuk az alámetsző csúszó lap kialakulását. A jelenlegi leterhelés megállította a mozgásokat, de a 2010-ben bekövetkezett mozgások hasonló csapadék mennyiség esetén újfent bekövetkehetnek és a jelenlegi ideiglenes megoldás nem tudja garantálni a globális biztonságot. A területre telepített tartályokat és a Sókristályosító üzemet veszélyeztetni a rézsú mozgása. Ezért elengedhetetlen a globális biztonság kialakítása. A dolgozatomban később részletesen kitérek a rézsú által jelentett kockázatra. Első lépésként bármilyen helyreállítási munkálat megkezdése előtt a terület tereprendezése szükséges a későbbi átalakításokkal összhangban.

A támfal és rézsú mozgások megállítására a leghatékonyabb megoldás a talajban áramló víz mennyiségének a csökkentése. Egy másik a földmegtámasztó szerkezet megerősítése olyan módon, hogy a támfalat a stabil talajrétegbe horgonyozzuk. A rézsústabilizálásának másik lehetősége lenne a tehermentesítés, de a jelenlegi helyzetben ez nem megvalósítható.

A talajkörnyezet nem alkalmas a talajerősítésre (pl. szegezés), amint ez már bebizonyosodott a régebbi lejtőstabilizációs próbálkozásoknál.

A cölöpfal megerősítése, megkettőzése hatásos (amint ez az első 50 m-es szakaszon látható), de nem költséghatékony megoldás.

A víztelenítésre több megoldási lehetőséget kidolgoztam, melyeket részletesen bemutatom a következő fejezetekben.

6.2 Tereprendezés

A felszíni vizek becsorgásának megakadályozására már korábban is tettek lépéseket: növényzet telepítése, tereprendezés. Ezeken felül a felszíni beszivárgás csökkentésére még a következő feladatokat szükséges végrehajtani.

- A cölöpfal mögötti rézsűfelület megtisztítása ~ 3 m szélességben (a gyepszőnyeg megóvásával, a georáccsal együtt felgöngyölve);
- A cölöpfal mögött 50 cm széles, és 50 cm mély tömörített agyagzárás kialakítása;
- A ~3 m széles sáv lefedése érdes felületű geomembránnal, felül 50 cm mély árokban, alul a folyóka belsejében, szegezéssel rögzítve;
- A georács és a gyepszőnyeg visszahajtásával a geomembrán védelmének biztosítása.
- A védelem tartóssága miatt igen fontos a membrán fektetési előírásainak pontos követése:
 - a tárolási és beépítési hőmérséklet;
 - az építés közbeni terhelhetőség (lépésteher, járművek, gépek);
 - beépítés közbeni biztosítás elmozdulás ellen;
 - a felület megengedhető nedvessége;
 - hibás, vagy sérült darabok cseréje;
 - üregek, mélyedések áthidalása tilos;
 - a fektetés általában lejtőirányban történjen;
 - az előírt átfedések betartása.

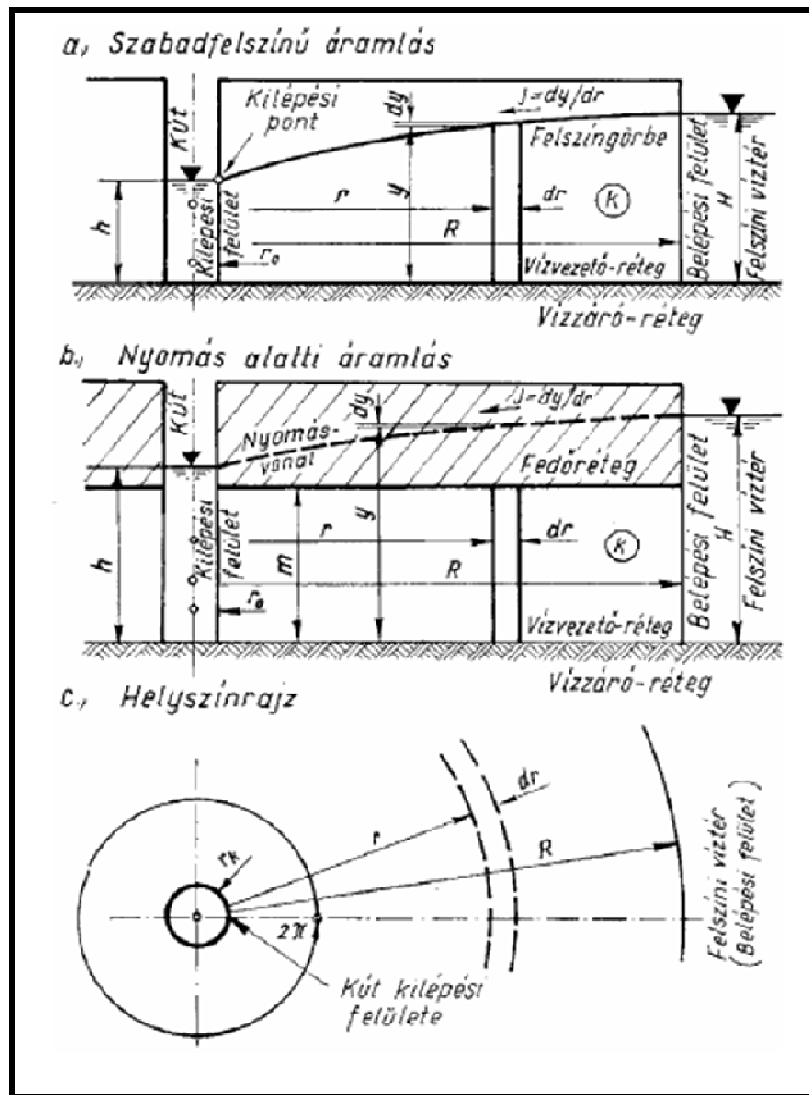
6.3 Függőleges drénezés vagy mélykutas víztelenítés

A függőleges drénezés vagy más néven a mélykutas víztelenítés lényege az, hogy a nyomás alatti vízáadó réteget kutakkal megcsapoljuk, hogy erőteljesen csökkentjük a piezometrikus nyomás szinteket, és ezzel mentesítjük a felső réteget a felfelé szivárgó víztől. Ez a víztelenítés formailag hasonlít a csőkutas vízkitermelésre, de a mélykutas víztelenítéssel a piezometrikus nyomást (nyomásszintet) csökkentjük, a csőkúttal pedig a szabadfelszínű talajvízszintet. A függőleges drénezés (víztelenítést) különösen akkor előnyös alkalmazni, ha egy rossz vízvezető képességű és vastag fedőréteg alatt jó vízvezető és nyomás alatti réteg van. Ilyen helyeken a mélydrénezés műszakilag nehezen kivitelezhető ezért költséges. A támfalnál ez a rétegződés áll fenn, hiszen a felső agyagréteg vízzáró tulajdonságokkal rendelkezik, és a kritikus csúszó lap a telített, nyomás alatti szénrétegnél alakul ki.

Hazánkban mélykutas víztelenítést főleg külszíni bányászat érdekében létesítenek. A tapasztalatok szerint hatékony és gazdaságos víztelenítési módszer; ezért alkalmazásánál különösen körültekintően kell eljárni. Akár egyetlen kúttal is viszonylag nagy területen lehet, szélsőséges esetben akár 10–20 m-rel is csökkenteni a talajvíz nyomásszintjét, melynek jelentős környezeti hatásai lehetnek.

A kutakból a vízkitermelés búvárszivattyúval történik, amely a vizet nem szívja, hanem nyomja. A víz a kútba a kavicsszűrő-rétegen és szűrőcsövön keresztül lép be. A kavicsolást a kút teljes hosszában kell elkészíteni. A szűrőcső hossza a búvárszivattyú alatt legalább 2-3 m és felette legalább a tervezett leszívási szintig terjed. A szivattyú és a kút alja között 3–5 m biztonsági magasságot kell hagyni, nehogy az esetleg beszüremelő homok magát a szivattyút iszapolja körül; e szakasz legalja perforáció nélküli béléscső.

A kutak hidraulikai számítása szerint megkülönböztethetünk szabadfelszínű és nyomás alatti áramlást. Ez utóbbiakat feszített tükrű kutaknak is nevezzük, mert a piezometrikus szint meghaladja a fizikai vízszintet.



7. Számú ábra: A mélykutak (függőleges drének) számítási jellemző
 Forrás: HEFOP:2004/3.3.1.

A Dupuit–Thiem-féle kútegyenlet a következő:

$$Q = (k * \Pi(H^2 - h^2)) / \ln\left(\frac{R}{r_k}\right)$$

ahol:

Q — a kút vízhozama, m^3/d ,

k — a talaj szivárgási tényezője, m/d ,

H — az eredeti talajvízmagasság a vízzáró réteg felett az R sugarú körön, m ,

h — a vízmélység a kútban, m ,

R — a kút ún. hatótávolsága (meghatározás például a $R=3000 \sqrt{k}$

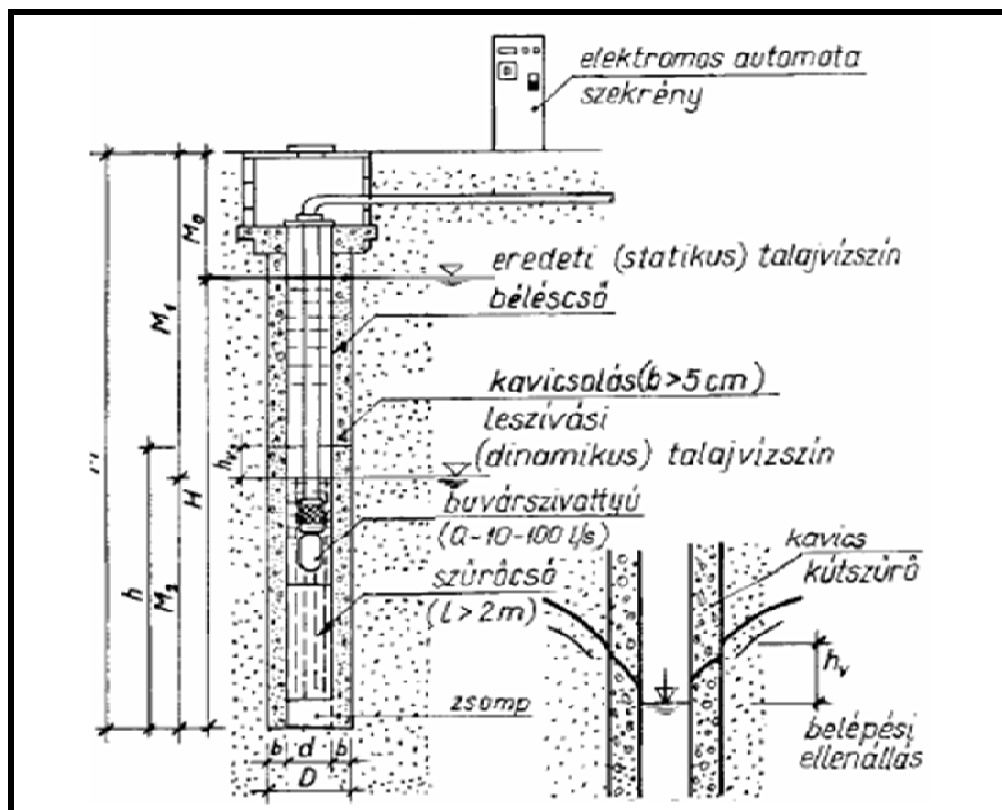
ahol:

l_2 — a hatótávolság, m ,

s — az ún. lehúzás mértéke, m ($s = h_2 - h_0$), képlettel lehetséges), m ,

r_k — a kút (belépési felületéhez tartozó) sugara, m .

A vízhozam képlet szerint ugyanazon leszívás esetén a szállított vízmennyiség csak jelentéktelen mértékben változik a kútátmérő változásával. Ezért gazdaságosság szempontjából ésszerűbb kisebb átmérőjű, s egymás mellé telepített kutakkal megcsapolni a területet, mint a kútátmérő növelésével fokozni a kút vízhozamot. Például két 0,5 m átmérőjű, azonos szűrőhosszúságú kút vízadása kb. egy darab 1,0 m átmérőjű kútéval azonos. Az előbbieket fúrással az utóbbiakat aknasüllyesztéssel lehet építeni és jelentős költségtöbblettel.



8. Számú ábra. A függőleges drén (mélykút) általános kialakítási módja
Forrás: HEFOP:2004/3.3.1

A kutak általános kialakítását a 11. ábra szemlélteti. A függőleges drén (mélykút) mélysége 20–50 m és átmérője (D) 0,4–1,0 m között van általában. A kútpalást kavics-szűrővel van körbevéve, s az alsó szakasz pedig, vagyis a vízvezető vagy vízadó rétegnél, perforált szűrőcső van, hogy a víz a kútba könnyebben beszívároghasson. Szabad felszínű áramlás esetén általában a kút 1/3 részét látjuk el szűrővel. Nyomás alatti talajvíz áramlás esetén a kutat a vízadó réteg 70-80%-ig kell szűrőzni. A kedvező módon kialakított kútszerkezet

esetén a megengedhető maximális virtuális sebesség $v = 0,01 \text{ m/s}$, esetleg még ennél nagyobb is lehet.

A fent kifejtett ajánlásokat és elveket figyelembe véve tervezetem a területre egy hét darab kútból álló rendszert a talajvízszint csökkentésért. A talajvíz nyomásának csökkentéséért a telepített kutakat a telített szenes rétegig le kell mélyíteni. A talajvizet - ami a szűrőrétegen keresztül a bélés csőbe kerül -, a szivattyú terepszintre emeli, onnan szárítóbordába süllyesztett drén cső segítségével vezetem a támfalig ahonnan a már meg lévő vízelvezető rendszert használva a csatornarendszerbe juttatja.

A kivitelezés idejére a rézsűn padkát kell kialakítani. Valamint előzetesen meg kell vizsgálni, a csapadékvíz rendszert, hogy el tudja-e szállítani a megnövekedett vízhozamot.

A kutak méretezését az 5-ös számú melléklet tartalmazza, valamint a kutak helyszínrajzi elhelyezését a GT-13, egy jellemző keresztmetszetet pedig a GT-12 jelű rajzi mellékleten ábrázoltam.

A kutak átmérője: 0,5m

Mélységük:

- Kút1: 28m
- Kút2: 28m
- Kút3: 28m
- Kút4: 15m
- Kút5: 15m
- Kút6: 10m
- Kút7: 6m

A tervezett kutak általános felépítését a GT-14-es rajzi mellékleten ábrázolom a leszívás okozta depressziós görbével egyetemben.

6.4 Kavics ejtő kutas rendszer

Másik alternatívaként a kavics ejtő kutas rendszer kiépítését javaslom, amely a Sycons Kft. szabadalmában van (Forrás: <http://www.epinfo.hu/>). Az ehhez tervezett műszaki megoldás vázlattervét a GT-11 és GT-10 Számú rajzi melléklet tartalmazza.

A költséghatékonyabb és hosszútávon üzembiztosabb az előző – függőleges drén -, megoldáshoz viszonyítva az ejtő kutas megoldás.

A rendszer főbb elemei és kiegészítő elemei az alábbiak:

- 40cm átmérőjű kavics ejtő kutak,
- tekercselt szivárgó cső,
- süllyesztett vasbeton akna,
- kivezető cső,
- beton tisztító akna.

A rézsűbe szivárgó, a felszíni és a hátsó rétegekből érkező vizet a rézsű koronán kialakított, 15m mélységű 40cm átmérőjű, egymástól 2,5m tengelytávolságú kavics testekkel (109db) össze lehet gyűjteni elrendezése a GT-10. A kavics testek vertikálisan összekötik az egymástól vízzáró rétegekkel elhatárolt, egymással hidrológiailag nem kommunikáló vízvezető rétegeket, és az így összegyűlő vizet gravitációs úton a kavics testek alá vezetik. Az egyes kavics testek alá vezetett vizet irányított fúrásos technológiával beépített, tekercselt szivárgó csővel lehet összegyűjteni és bevezetni a közbenső, süllyesztett vasbeton aknába. A tekercselt szűrőcső kialakítása olyan, hogy a résméret befelé növekszik, ami miatt az eldugulás esélye jelentősen csökken. A közbenső akna horizontális elhelyezése egyrészt technológiai szempontból, másrészt a csövek nagynyomású mosóval való tisztíthatósági követelménye alapján lettek meghatározva. Azok legnagyobb távolsága 130m, az aknáktól egy irányba vezető szűrőcsövek hossza 60m. A közbenső aknákból a vizet irányított fúrással beépített csövön keresztül, szintén gravitációs úton vezetjük ki a rézsű lába elé telepített NA100-as vasbeton tisztító aknába, ahonnan a víz a már meglévő csatornahálózatba köthető.

Az összegyűjtött víz elvezetésére szolgáló belső csapadékelvezető hálózathoz kell igazítani az új rendszert. Belátható, hogy a gravitációs víztelenítő rendszer legmélyebb, fix pontját a meglévő hálózat határozza meg. Ezért a csatornahálózat szintadatainak pontosítása után a kavicscölöpök, vasbeton akna mélysége valamennyit változhat. A megoldás kidolgozásakor feltételeztem, hogy a kapott terveken, a cölöpfal előtt jelölt csatorna létezik, funkcióját betölti, működik. A talajvíznyomás megszüntetése után a nyomópadkára már nem lesz szükség, így elbontásra kerülhet, valamint helyre

lehet állítani a csatornát. Amennyiben a nyomópadka nem kerül elbontásra, úgy a kivezető KPE csöveket a tisztítóaknak után, nyíltárkos fektetéssel lehet elvezetni a legközelebbi csatornáig.

A meglévő cölöpfal tetején lévő övárkot el kell bontani, a helyére bentonitos geotextíliára és kavicságyra rakott új árok készül. A bentonitos geotextíliát az árok rézsű felé eső oldalán túl kell vezetni, és agyagos feltöltéssel kell fedni.

6.5 Talaj horgonyok

Talajhorgonyok segítségével elméletileg meg lehetne állítani a támfal mozgását, de ennél a megoldásnál a kivitelezés problémás: a horgonyokat a kialakult csúszólapon kívül kell befogni az altalajba. Ekkora méretű horgonyt telepíteni nem gazdaságos. A változó talajvízszint pedig idővel csökkentheti a horgony teherbírását.

6.6 Vízzintes víztelenítő kutak

Ugyancsak gravitációs víztelenítési mód a rézsű homlokoldala felőli kavicsdrén rendszer kiépítése, a módszer hátránya, hogy a terület lejtése valamint a telített réteg mélysége miatt nem tudja hatékonyan vízteleníteni a kritikus mélyebb rétegeket.

6.7 Szárító bordák

A rézsű homlokfelületébe épített szárítóbordák segítségével a rézsűfelület stabilizálható, de ez a megoldási lehetőség sem szünteti meg a mélyebb rétegeknél kialakuló talajvíznyomást. A domboldalból odaáramló talajvíz így nem küszöbölhető ki, így önmagában nem, de egy másik víztelenítési eljárással kombinálva hasznosítható ezért is egészítettem ki a mélykutas víztelenítési tervemet a rézsűhomlokra telepített szárító bordákkal így módon növelve a rézsűfelszín szilárdságát.

7. Kockázat értékelés

7.1 Probléma megfogalmazása

Napjainkban a klímaváltozás hatására az elmúlt évtizedekben megszokott csapadék tendenciák jelentősen változtak (extrém mennyiségű csapadék rövid idő alatt). Ezen hatásokon kívül a növekvő szeizmikus aktivitás (földrengések), egyéb nem várt természeti jelenségek, hatására eddig bevált szerkezetek, rendszeresen alkalmazott műtárgy kialakítások könnyebben eléri a használhatósági határállapotukat.

Jelenleg a mérnöki műtárgyak jelentős részét a szabványoknak megfelelően a kizárólagosan csak a közvetlen környezet figyelembe vételével készítik el. Ez az eljárás megfelelő biztonságot tud garantálni az esetek nagy részében, de bizonyos körülmények között az építési terület átfogóbb vizsgálatára lenne szükség.

Különösen szükséges lenne átfogóbb vizsgálatra ipari területeken, ahol valamilyen meghibásodás esetén nem csak anyagi kár keletkezik, de környezeti kár lehetősége is fennáll, valamint a területen dolgozók, illetve a környéken élők testi épsége is kockázatnak van kitéve.

Veszélyes ipari létesítmények bővítése, telepítése során a tervekben és biztonsági jelentésben több esetben nem veszik figyelembe azokat a kockázati tényezőket, amelyek nem közvetlenül a technológiából erednek. Ezen kockázatok példának okáért lehetnek geotechnikai jellegűek vagy árvízi kockázatok is.

Ipari létesítményekben telepített meglévő tározó létesítmények üzemelésének vagy földmegtámasztó szerkezetek fenntartása során az előbbi kölcsönhatások, illetve azok katasztrófavédelmi szempontú elemzése szintén nem kerül előtérbe (Forrás: Elek Barbara 2015),

Fentiek alapján egyre inkább szükségessé válhat egy olyan kockázatvizsgálati és elemzési metodika kifejlesztése, mely gyors és hatékony segítséget nyújthat a már meglévő, illetve tervezett műtárgyak (pl. ipari tározók, tartályok, földmegtámasztó rendszerek stb.) katasztrófavédelmi szempontú értékeléséhez.

Szakdolgozatomban az előzőekben felvázolt támfal teljes állékonyság vesztes csúcseseménynél végzek kockázatvizsgálatot és kockázatelemzést. Gyors

számítási eljárásokat mutatok be a legsúlyosabb esemény (a csúszólapon történő rézsűcsúszás) bekövetkeztekor lejátszódó jelenségekre. Keresem a hatékony kockázatcsökkentési lehetőségeket és javaslatot teszek monitoring rendszer kialakítására, fejlesztésére.

7.2 A vizsgált terület bemutatása

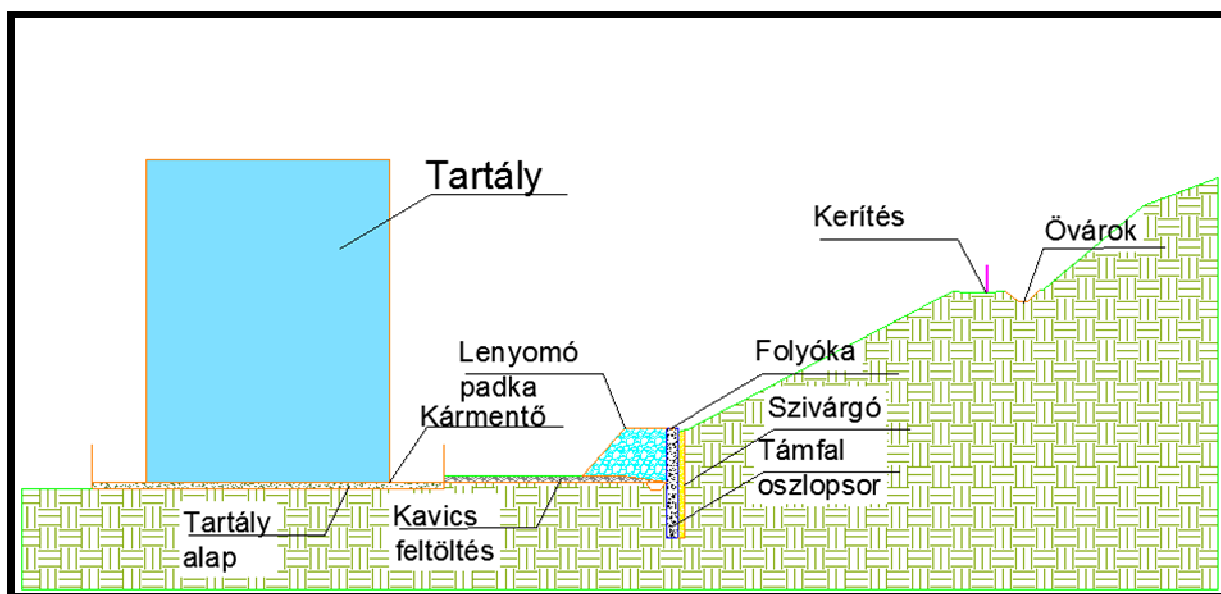
Az Üzemrészt és a gyártelepet DNy-ról határoló rézsű közötti, beruházásra előkészített területen lépcsőzetesen 3 db 5000 m³-es tartályt építettek 2013-ban.

2 tartályban prekuzort tárolnak. A prekuzor tartályokban további feldolgozásra szánt, még terméknek nem tekinthető anyagot tárolnak (prekuzor: előanyag). A tartályokban ideiglenesen tárolják a prekuzort, ezt tervezetten további feldolgozásra visszaadják a megfelelő technológiai egységébe (a további feldolgozásnak megfelelő technológiai lépésbe). A harmadik tartályban anilint tárolnak.

A tartályok felépítése megegyezik a Cég területén található hasonló nagy tartályok „szokásos” felépítésével. Földfeletti, hengeres, szénacélból készülő szimplafalú tartályok, vasbeton kármentő tálcában elhelyezve.

A tartályokat természetesen ellátták őket a szokásos biztonsági szerelvényekkel (pl.: tartály légző szelep, azaz protego). A tartályok kilégzésakor (töltéskor) a bennük tárolt anyagot nem lélegeznek ki, csak inert nitrogént, így légszennyező diffúz kibocsátásuk nincs. A kármentőben elhelyezett tartályoknak normál üzemmódban a környezetre kimutatható befolyásoló hatásuk nincs.

A 3 db 5000m³-es tartály föld feletti, 78x31m alapterületű, 2,7m magasságú vasbeton kármentő tálcában vannak elhelyezve. A tartályok mérete: Ø 17m, magasság 23,3m, és acél feljáróval és kezelő járdával vannak ellátva. A tartályalapok magassága: 0,5m.



9. Számú ábra: vizsgált terület vázlata.

A tartályoktól mintegy 15 méterre található az előző fejezetben ismertetett támfal, amely mozgása miatt kockázatot jelent a tartályokra. A tartályokban található anilin veszélyes anyag, amit a következő fejezetben részletesen ismertetek.

Környezeti jellemzőként meg kell említeni, hogy a Cégnél 2600 fő dolgozik. Két település található 1km körzeten belül.

7.3 Monitoring rendszer

Az Üzem területén kiterjedt monitoring rendszer található 16 db talajvíz figyelő kút, valamint magán a rézsűn található 2 talajvízszint figyelő kút és két inklinométer amit 2011-ben telepítettek. A rézsűn található monitoring rendszer adatait a nyomópadka telepítése óta nem kérték le.

A rézsűn telepített monitoring rendszer pontos helyét feltüntettem az GT-2-számú rajzi mellékleten.

A telepített inklinométerek mérési adatai közül csak a kezdeti referencia adatokat bocsájtották rendelkezésemre a későbbi mérési eredmények nem álltak rendelkezésemre.

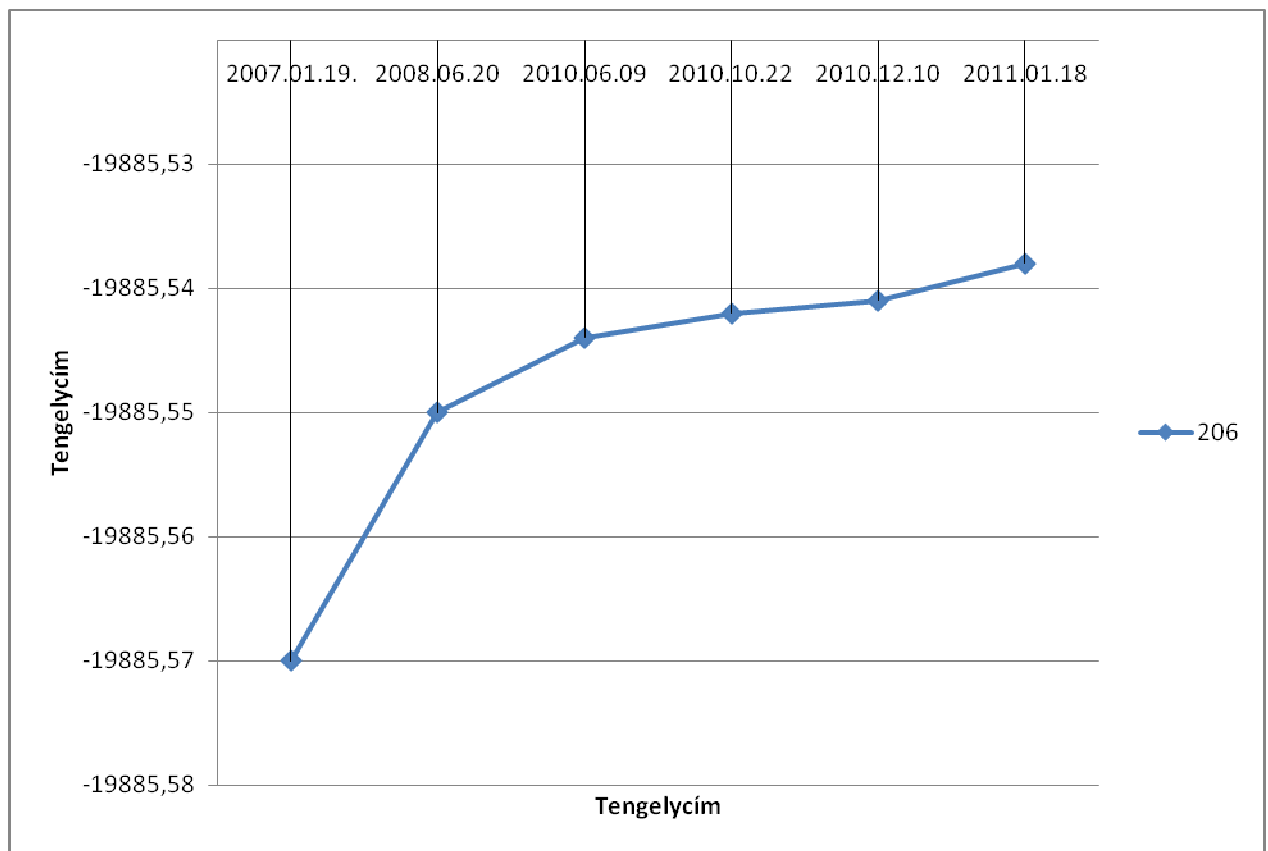
A területre telepített talajvíz monitoring rendszer adatait nem sikerült megkapnom.

7.3.1 Mozgás vizsgálat

Mozgásvizsgálatok csak a 2006. év végén, 2007. év elején bekövetkezett károsodások után kezdődtek meg, így az abszolút nulla állapot jelenleg, ezek alapján nem értelmezhető.

Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy pontosan nem tudjuk, hogy mennyi volt a cölöpfal mozgása a megépítés kezdetétől.

Egy jellemző geodéziai pont – a 206-os jelű pont –, mérési eredményeinek feldolgozását a 1-számú diagramon mutatom be.

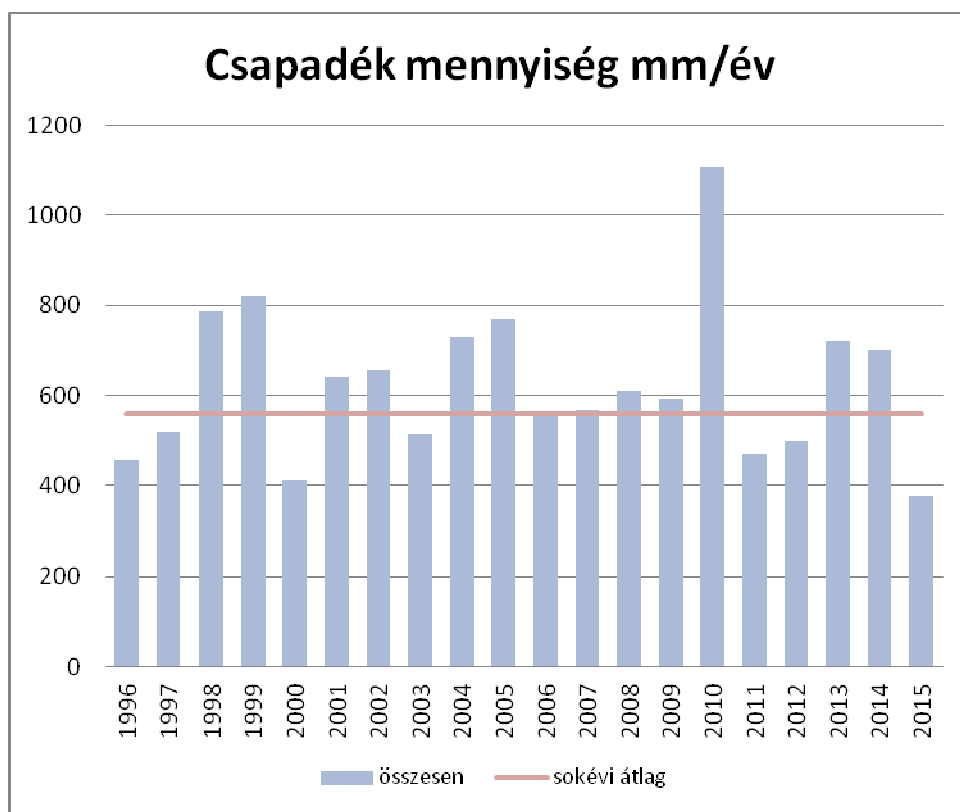


1. számú diagram: 206-os jelű pont mozgásai.

Az ábrából egyértelműen látszik, hogy a mozgások a károsodás első szakaszában gyakorlatilag lineárisak voltak, folyamatosan nőttek. Eddigi tapasztalataink alapján cölöpfalak vízszintes irányú bemozdulása statikai jellegűknél fogva elkerülhetetlen, azonban ezek megfelelően méretezett falak esetében nem haladják meg az egy-két cm-es tartományt, majd a szerkezet nyugalomba kerül.

Ezzel szemben itt folyamatos mozgás volt megfigyelhető, azaz a nyugalmi állapot nem tudott kialakulni. Figyelembe véve, hogy a károsodás csak a kivitelezést követően évek múltával jelentkezett, kijelenthető, hogy a mozgásokat a megváltozott földnyomások, annak jelentős növekedése idézte elő. Ez csak abban az esetben tud előfordulni, ha a talajtömeg szilárdsági paraméterei leromlanak, csökkennek.

Ezt követően 2010 tavaszán, hirtelen az eddigiektől eltérő mozgások következtek be. A cölöpfal 2010 áprilisa és 2011 januárja között további, közel 5 cm-es nagyságrendű mozgást "szenvedett el", a mozgás sebessége exponenciálisan felgyorsult.



2. számú diagram: a Cég területén mért csapadék mennyiségek 1996-2015-ig terjedő időszakban.

(Forrás: Szentpéteri Sándor)

Erre magyarázatot az 2. számú diagramon látható csapadékmennyiség eloszlás diagram ad, mely alapján jól látható, hogy 2010-ben az átlagos mennyiség több mint kétszerese hullott le a területére. Ez a mennyiség a nyírószilárdsági paraméterek olyan, drasztikus leromlását idézte elő, mely már a használhatósági határállapotot veszélyeztette.

Ennek hatására a terület tulajdonosa azonnali támasztópadka építése mellett döntött, melynek anyaga betontörmelék volt. Ez a megoldás mindenképpen helyes lépés volt, mivel ezzel az ún. passzív oldali földellenállás növelésre került, azaz a stabilizáló erőket növelték. A mérési program 2012. októberi befejezéséig további jelentős elmozdulásokat nem rögzítettek, a rézsű és a tám szerkezet nyugalomba került.

7.4 Anilin

Az anilin, (fenil-amin vagy amino-benzol) az aminok csoportjába tartozó, nitrogéntartalmú szénvegyület. Összegképlete $C_6H_5NH_2$. Színtelen jellegzetes szagú, olajszerű folyadék, enyhén csípős íze van. Igen kevésbé vízzoldható, 18°C-on 100 g víz 3,6 g anilint old fel. Ezzel szemben minden arányban elegyedik sok szerves oldószerrel, például etanollal, dietil-éterrel, szén-diszulfiddal.

Mérgező hatású vegyület. Az anilin tulajdonságait az 7. melléklet tartalmazza (Forrás: Bruckner Győző: Szerves kémia, II-1-es kötet).

Az anilintartályok meghibásodásával kapcsolatban katasztrófa helyzet kialakulására nem találtam adatot. Az emberi felelőtlenség miatt következett be az alábbi eset:

1981-ben Spanyolországban több mint 600 embert halt meg az ún. toxikus olaj szindrómában (toxic oil syndrome). Ennek a katasztrófának az oka, hogy anilinnal szennyezett, csak ipari felhasználásra szán olaj került az emberi fogyasztásra szánt repceolajba.

(forrás: <http://www.theguardian.com/education/2001/aug/25/research.highereducation>, https://en.wikipedia.org/wiki/Toxic_oil_syndrome)

Tehát az anilin tárolásakor, felhasználásakor a veszélyes anyagokra vonatkozó előírásokat kell betartania a Cégnek, illetve dolgozóinak.

7.4.1 A területen tárolható anilin mennyisége

A területre 1 db 5000m³-es anilin tartályt telepítettek

Anilin sűrűsége: 1,0217g/ml

Teljesen feltöltött tartálynál (75%): 3831,375t

Általában közel 6000 t anilint tárolnak összesen a Cégnél, természetesen más – a dolgozatot szempontjából érdektelen –, tartályokban és helyen is. Jelenleg a folyamatos termeléshez az üzem anilin szükséglete kb. 400t anilin/nap.

7.5 Rézsűk tönkremeneteli formái (gravitációs felszínmozgások)

Csuszamlásként definiálja a természetföldrajz azokat a lejtős tömegmozgásokat, amikor a lejtő anyaga egy markáns felszín (ún. csúszólap) mentén a nyíróerők hatására gyorsan elmozdul. Az omlástól az különbözteti meg, hogy ott a tömegáthelyeződés részben szabadeséssel megy végbe.

A gravitációs felszínmozgások jelentősen átlapíthatják a felszínt. Akkor következnek be, amikor a lejtők anyagának nyírási ellenállása kisebb lesz, mint a lejtők súlyából és esetlegesen más hatásokból származó csúsztató erő.

Az ellenállások klimatikus hatások, például nagyobb mennyiségű csapadék miatt csökkenhetnek valamint e hatásokkal együtt, vagy önmagában is csökkenti a stabilitást pl. a lejtő alávágása, áramló vagy hullámzó víz hatása (Forrás: dr. Szepesházi Róbert Geotechnika).

Gravitációs lejtőmozgások típusai				
Típus	Képe	Jelenség	Kőzetfajta	Ok
Omlás		Kőzettömbök letörés	Szilárd kőzet	meredek rézsű, kőzet-repedések
Rogyás		Gyors leszakadás meredek csúszólapon	Homoklencsékkel rétegzett talaj	víznyomás növekedés
Suvadás		Csúszás görbe csúszólapon néhány nap alatt	Agyagtalaj	Egyensúlyvesztés
Réteg csúszás		Viszonylag lassú csúszás réteghatáron	Jellemzően agyagréteg felszínén	Egyensúlyvesztés
Kúszás		Nagyon lassú időszakos lejtőmozgás	puha agyag	viszkózus anyagjellemzők

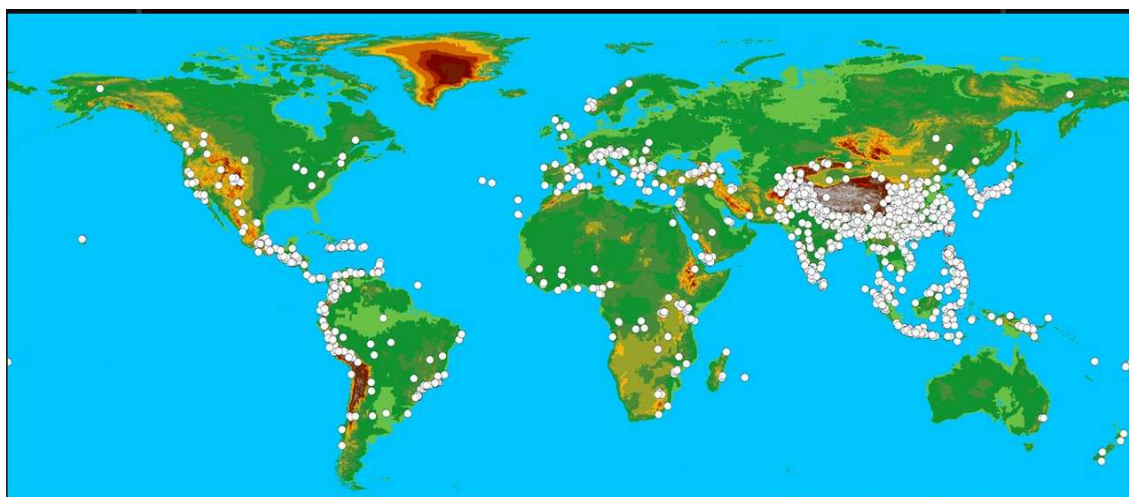
Folyás		Lefolyás felszínhez közeli csúszólapon	Puha agyag, folyós homok, kőagyag	felpuhulás, gyors telítődés dinamikus hatások
--------	---	--	-----------------------------------	--

15. számú táblázat: Gravitációs lejtőmozgások Forrás: dr. Szepesházi Róbert Geotechnika).

A nemzetközi szakirodalomban további tönkre meneti formákat is megemlítenek, de hazai viszonylatban a 15 táblázatban foglaltak a legjellemzőbbek.

7.6 Bekövetkezett földcsuszamlások

2004 és 2010 között Cavid Petley szerint 2620 alkalommal történt végzetes földcsuszamlás világszerte. Ezekben 32322 ember vesztette életét és ezen statisztikák még nem is tartalmazzák a földrengések okozta katasztrófákat.



10. Számú ábra: Földcsuszamlások 2004-2010 között.
(Forrás: Petley, D. Geology)

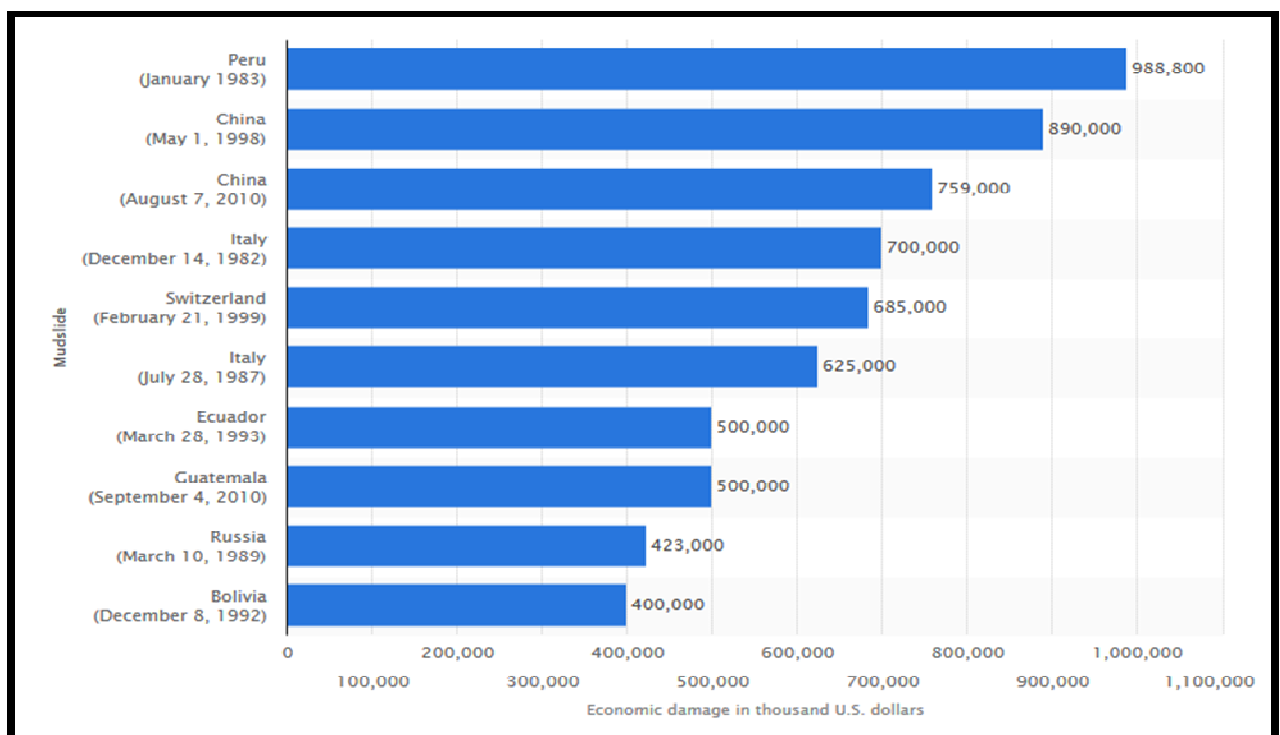
A statisztikák azt mutatják, hogy a földcsuszamlások leggyakrabban az északi féltekén, nyáron valamint ősszel a leggyakoribbak. Ugyanis Kelet és Dél Ázsiában ez a monszunok, Közép-Amerikában a szigetvilágon valamint Karibi szigetvilágon, valamint a Csendes óceánon ez a tájfunok időszaka

A vizsgált időszakban a földcsuszamlások száma nagynak tűnhet, de valószínűsíthető, hogy ha 2015-ig tartó intervallumot vizsgálnánk, akkor még nagyobb éves átlagértéket tapasztalnánk. Az eddigi összegyűjtött adatok nem elég átfogóak ahhoz, hogy messzemenő következtetéseket lehessen levonni,

de sejtetik, hogy a földcsuszamlások gyakorisága emelkedik (Petley, D. Geology <http://dx.doi.org/10.1130/G33217.1> (2012)).

Az emberi életéken túl jelentős gazdasági vonatkozásai is vannak a földcsuszamlásoknak, hiszen ha lakott területen történik, akkor jelentős anyagi kárral jár.

Az 3. számú diagram szemlélteti a legjelentősebb földcsuszamlások okozta gazdasági károk nagyságát 1900-tól 2010-ig ezer USA dollárban.



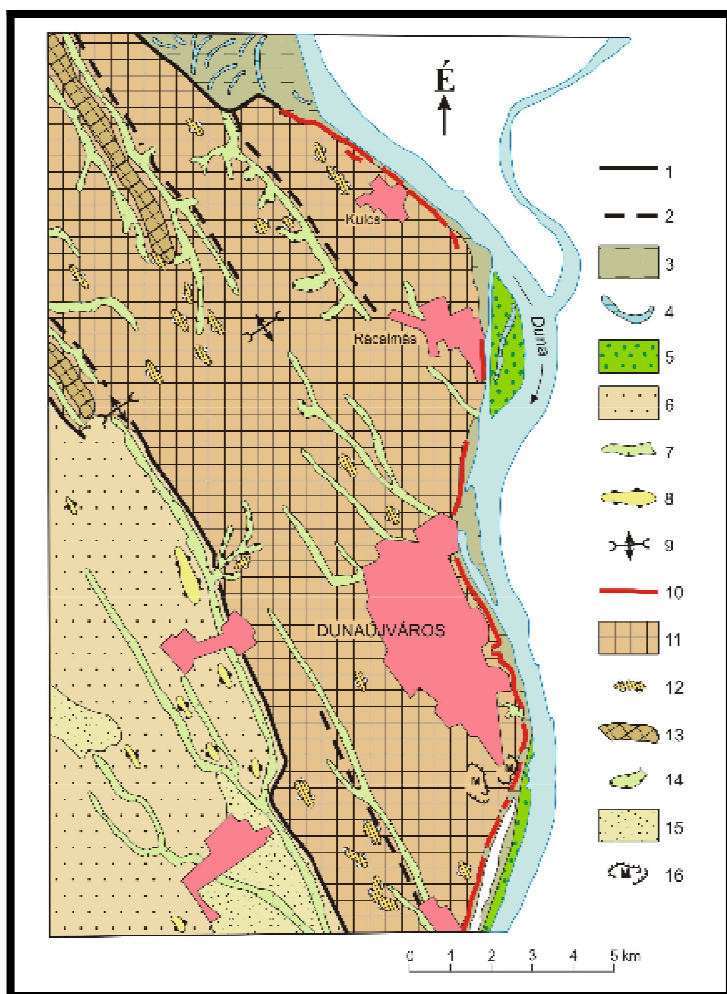
3. számú diagram: Földcsuszamlások okozta károk gazdasági nagyságai (forrás: <http://www.statista.com/statistics/267837/economic-damage-caused-by-mudslides/>).

7.6.1 Magyarországi példák

A Duna mentén az omlás- és csúszás-veszélyes partfalak állékonyságának komplex biztosítására szolgáló partfal védelmi műszaki beavatkozások és az ezekhez kapcsolódó partfal rehabilitációs vizsgálatok az 1964. évi nagy dunaújívárosi földcsuszamlás eseményei után gyorsultak fel.

Dunaújvárosban ekkor építették ki a jelenleg is hatékonyan működő partvédelmi rendszert Kézdi Árpád tervei szerint, amit később a havária eseményeknek megfelelően tovább alakítottak.

A földtömegmozgásos események napjainkban is gyakoriak, az ezredforduló óta több esetben előfordultak Dunaújváros környezetében (x. ábra) és más dunai magasparti településeken is. (JAKAB G.–SZALAI Z. (szerk) 2014)



1. tektonikus árok, medence perem:
2. törésvonal
3. alacsony ártér
4. lefűzött meander
5. zátony sziget erdővel borítva
6. löszös üledékekkel fedett hordalékkúp síkság
7. eróziós völgy általában
8. futóhomok bucka
9. vízválasztó
10. tömegmozgásokkal veszélyeztetett magaspárt
11. löszplató
12. eróziós-deráziós tanúhegy
13. völgyközi hát
14. deráziós völgy általában
15. futóhomok felszín
16. meddőhányó

11. számú ábra. Dunaújváros környezetének geomorfológiai térképe
Forrás: Szerk.: BALOGH J. 2011)

2014. december 10-én kisebb partfalomlás történt a Balatonboglári Várdomb északi oldalán, a Suzuki autószalon feletti részen. A Katasztrófavédelem által végzett helyszíni szemle jegyzőkönyve szerint a leomlott homokos talaj mennyisége kb. 10 m³ volt. Az omlás nem veszélyeztetett lakóépületet és emberi életet.

2015 Január 25-én támfalkövek hullottak a sínekre a Déli pályaudvari vasúti alagút kelenföldi oldalán, másnap pedig a támfal is megcsúszott. A MÁV Zrt. a támfal első megcsúszásakor lezárta az alagútnál lévő egyik vágányt és átszervezte a Déli pályaudvar közlekedését, január 31-én pedig teljesen lezárta a pályaudvart.



7. kép: Déli pályaudvari rézsúcsúszás

(Forrás: <http://kozpontban.hu>)

8. Földmegtámasztások mennyiségi kockázatelemzése

8.1 Hibafa- és eseményfa-elemzés módszere

A nemzetközi gyakorlatban különböző elemzési módszerek terjedtek el a földcsuszamlások kockázat elemzésére. Ezek közül az egyik az úgynevezett hibafa- (FTA: Fault Tree Analysis) és eseményfa-elemzési (ETA: Event-Tree Analysis) technikák. Mindkettő módszer „hibrid” elemzési módszernek tekinthető, hiszen a mennyiségi (kvantitatív) és a minőségi (kvalitatív) kockázatelemzést is lehetővé teszik.

A hibafa elemzési módszert elsőként Clemens mutatta be 1993-ban, majd ezt követő évben, 1994-ben Goldberg és társai egy NASA tanulmányban

ismertették ezzel kapcsolatos kutatásaikat. ABONYI ÉS FÜLEP [2014] jegyzetükben részletesen ismertetik a módszer lényegét:

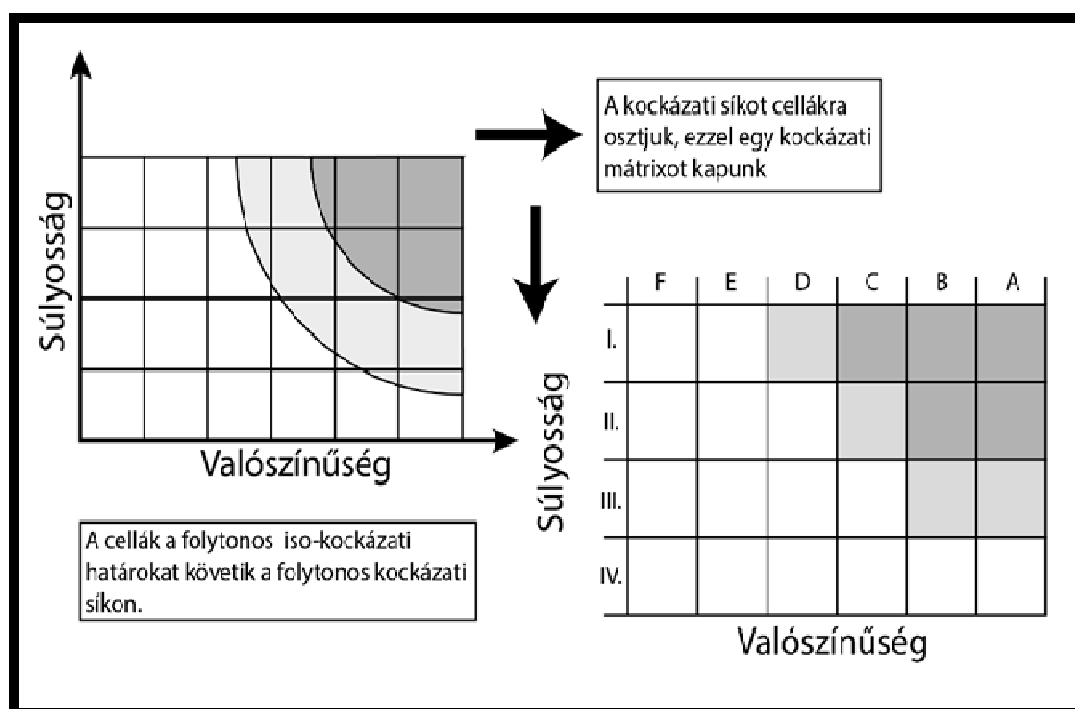
„A hibafa-elemzés (Fault Tree Analysis – FTA) egy adott balesetre vagy súlyos rendszerhibára (csúcsesemény) összpontosít, és az esemény okainak a meghatározásához ad eljárást. A hibafa olyan gráf, amely a berendezés meghibásodásainak (minimális hibaesemény kombinációk), a nem független meghibásodásoknak és az emberi hibáknak a kérdéses csúcseseményt eredményező különböző kombinációit jeleníti meg. A minimális metszethalmazok meghatározásához a Boole-algebra szabályait alkalmazzák. Az elemzés során alkalmazott számszerűsítés különbözőképpen történhet, pl. az alapesemény valószínűségének közvetlen becslésével, kinetikus elmélet alapján, Markov-láncok vagy Monte Carlo szimuláció alkalmazásával. A hibafa-elemzés, mint minőségi elemzési módszer erőssége az, hogy meghatározhatók azok a berendezés-meghibásodási, nem független meghibásodási és emberi hiba kombinációk, amelyek a káros következmény kialakulásához vezethetnek. Ezzel az elemzőnek lehetősége nyílik arra, hogy megelőző intézkedésekkel az alaphibákat célozza meg, és csökkenthesse a bekövetkezési gyakoriságokat. A hibafa elemzés általánosan alkalmazható bármilyen rendszer esetében.”

Az eseményfa-elemzést az 1970-es évek elején kezdték alkalmazni, olyan helyzetekben, ahol a hibafákkal való rendszermodellezés kezelhetetlenül nagy modelleket eredményezett volna. A módszerének lényege ABONYI ÉS FÜLEP [2014] alapján a következőkben adható meg:

„Az eseményfa elemzés egy előre haladó (bottom-up), lentől felfele építkező szimbolikus logikai modell, melyet mind a meghibásodási-, mind a sikertartományban generálunk. Az eseményfa lényegében egy feltételezett kezdeti esemény által kiváltott védelmi működések kvalitatív reprezentációja, egy bináris eseménylánc logika. A kezdeti esemény ebben az esetben lehet akár egy meghibásodás, vagy üzemzavar, de egy helyes, normális módon üzemelő berendezés is. Egy általános eseményfa a rendszer minden lehetséges működési útvonalát, sorozatát ábrázolja, a kezdeti eseményből kiindulva.”

8.2 Kockázatértékelési mátrix

ABONYI ÉS FÜLEP [2014] munkája alapján elmondható, hogy a kockázatértékelési mátrix nem más, mint egy kvalitatív kockázatértékelési eszköz. Előnye, hogy a módszeres mérnöki munkát megfelelően támogatja. Így a tározók kockázatértékeléséhez is hatékony segítséget nyújthat. A technika alapját a következmény súlyossága és a bekövetkezés gyakorisága által definiált koordináta rendszerben az azonos kockázati szinteket jelentő pontokat összekötő, úgynevezett iso-kockázat görbék képezik. A görbéket a kockázati mátrix cellái közelítik (lásd: 15. számú ábrát).



12. számú ábra: Az iso-kockázati görbék közelítése a kockázati mátrix celláival.

Forrás: Abonyi és Fülep [2014].

ABONYI ÉS FÜLEP [2014] leírása alapján az alkalmazás folyamata a következő:

„1. Kategorizáld a nem kívánt események bekövetkezési valószínűségét. A technika szubjektív, így ennek megfelelően a kategóriák: gyakori, valószínű, alkalmi, a távoli jövőben talán várható, valószínűtlen és lehetetlen (a MIL–STD–882C szabvány szerint a következő angol kifejezéseket alkalmazhatók: frequent, probable, occasional, remote, improbable, and impossible).

2. Kategorizáld a következmény súlyosságának mértékét szubjektív következményi skálát alkotva, mint például katasztrofális, kritikus, marginális, elhanyagolható.
3. Készíts egy mátrixot a két változó felhasználásával. Közelíts az iso-kockázati görbéket a mátrix celláival. A mátrix cellái rögzítik a kockázat elfogadható értékét. Fontos megjegyezni, hogy az elfogadható kockázat értékét nem az adott kockázatot elemző, hanem a kockázatmenedzsmentet végzők határozzák meg.
4. Kalibráld a kockázati mátrixot egy – egy cella kiválasztásával és a gyakorlatban előforduló veszélyhelyzet hozzárendelésével. E veszélyhelyzet ismerős kell, hogy legyen az elemző számára, illetve meghatározható kell hogy legyen annak elfogadhatósága. Ez és más hasonló jellegű kalibrációs pontok benchmarkként szolgálnak a további, adott esetekhez hasonló kockázatok értékelésében.”

8.4 A kockázatértékelésnél alkalmazott módszer

A vizsgálatok első fázisában ellenőriztem a kritikus keresztmetszeten a rézsústabilitást a Geo5 program segítségével.

A vizsgálatokhoz a 2013. évi készített talajvizsgálatok eredményeit használtam, figyelembe véve a régebbi eredményeket is.

8.5 A mennyiségi kockázat elemzésem adatai

A vizsgált támfal esetén az alábbi csúcsesemények vezethetnek rendkívüli események, illetve súlyos balesetek bekövetkeztéhez:

- a támfal alatt csúszó lap alakul ki,
- támfal tönkremenetel.

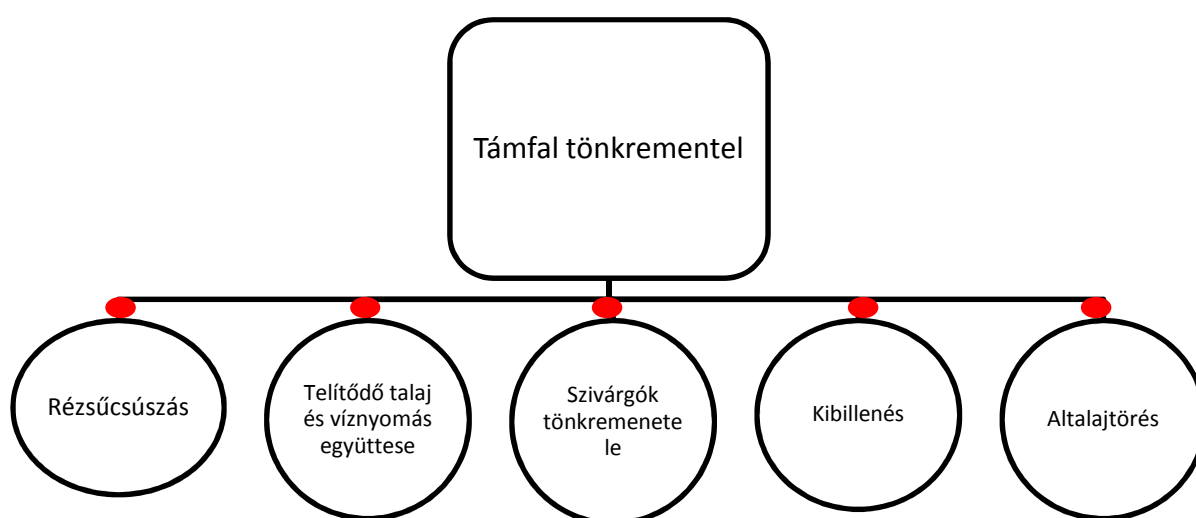
Továbbiakban a támfal tönkremenetel csúcseseményt vizsgáltam.

Támfal tönkremenetel alatt azt definiálom, hogy a támfal szerkezete egy vagy több keresztmetszeten belül állékonyságának olyan mértékű leromlását, deformálódását, amely a támfal és rézsú részleges sérülésével vagy teljes állékonyságvesztésével jár.

A támfal tönkremenetelét a következő események okozhatják:

- telítődő altalaj és víznyomás együttese,

- szivárgók tönkremenetele,
- kibillenés,
- altalajtörés,
- rézsúcsúszás.



13. Ábra: Támfal tönkrementekhez vezető események

„Esemény” megnevezés	Bekövetkezési valószínűség
Telítődő talaj és víznyomás együttese	0,001
Szivárgók tönkremenetele	0,001
Kibillenés	0,0002
Altalaj törés	0,0006
Rézsúcsúszás	0,001

16. Táblázat: Eseményekhez rendelt bekövetkezési valószínűségek
(Forrás: Elek B. 2015)

A 16. táblázatban a gátsérülést kiváltó „Események” és azok bekövetkezési valószínűsége található. Ezek az „Események” ugyanazon kiváltó okokra vezethetők vissza, melyek logikai kapcsolatát mutatja be az alábbi (16. ábra) hibafa.

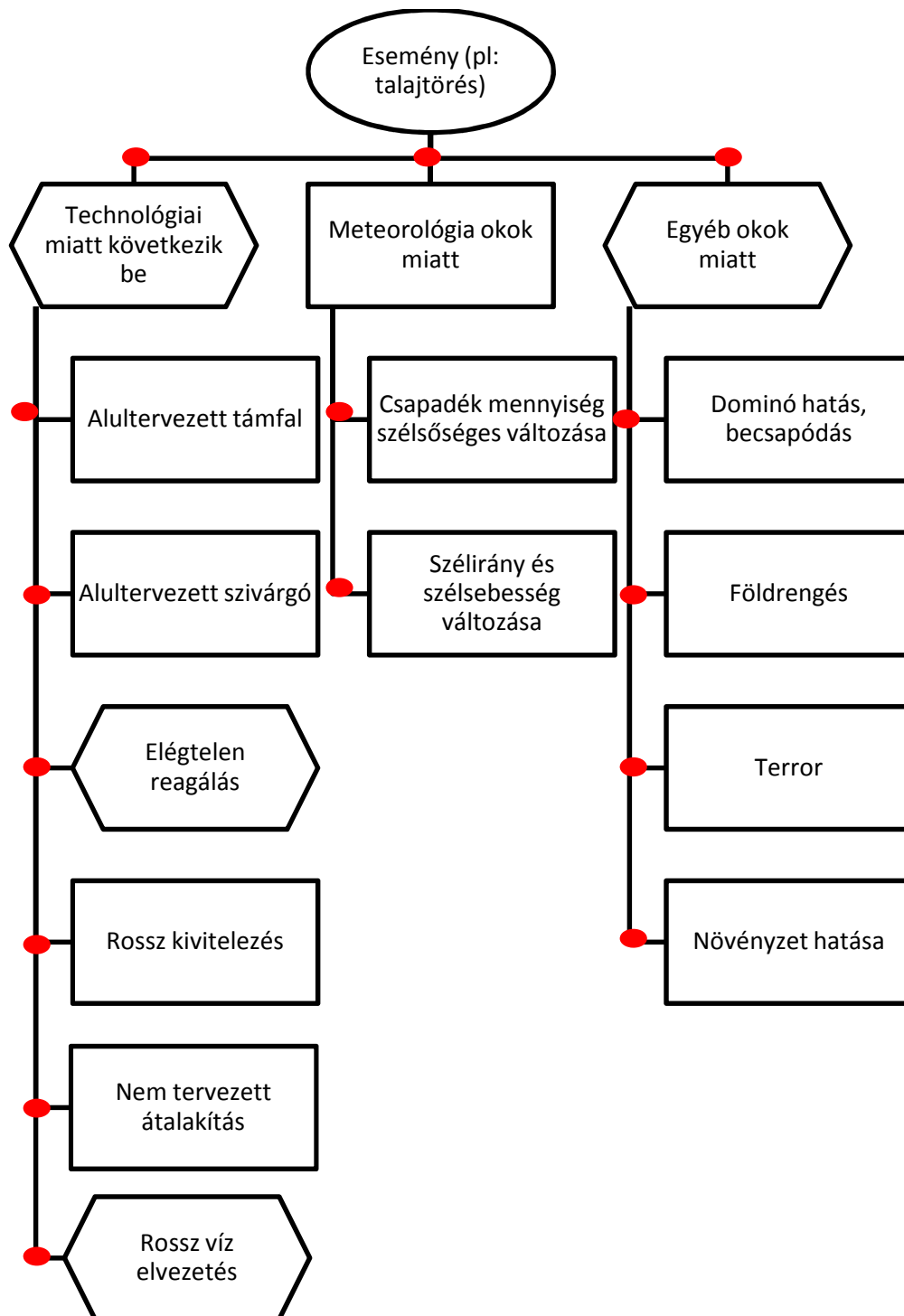
8.6 Hibafa-elemzés

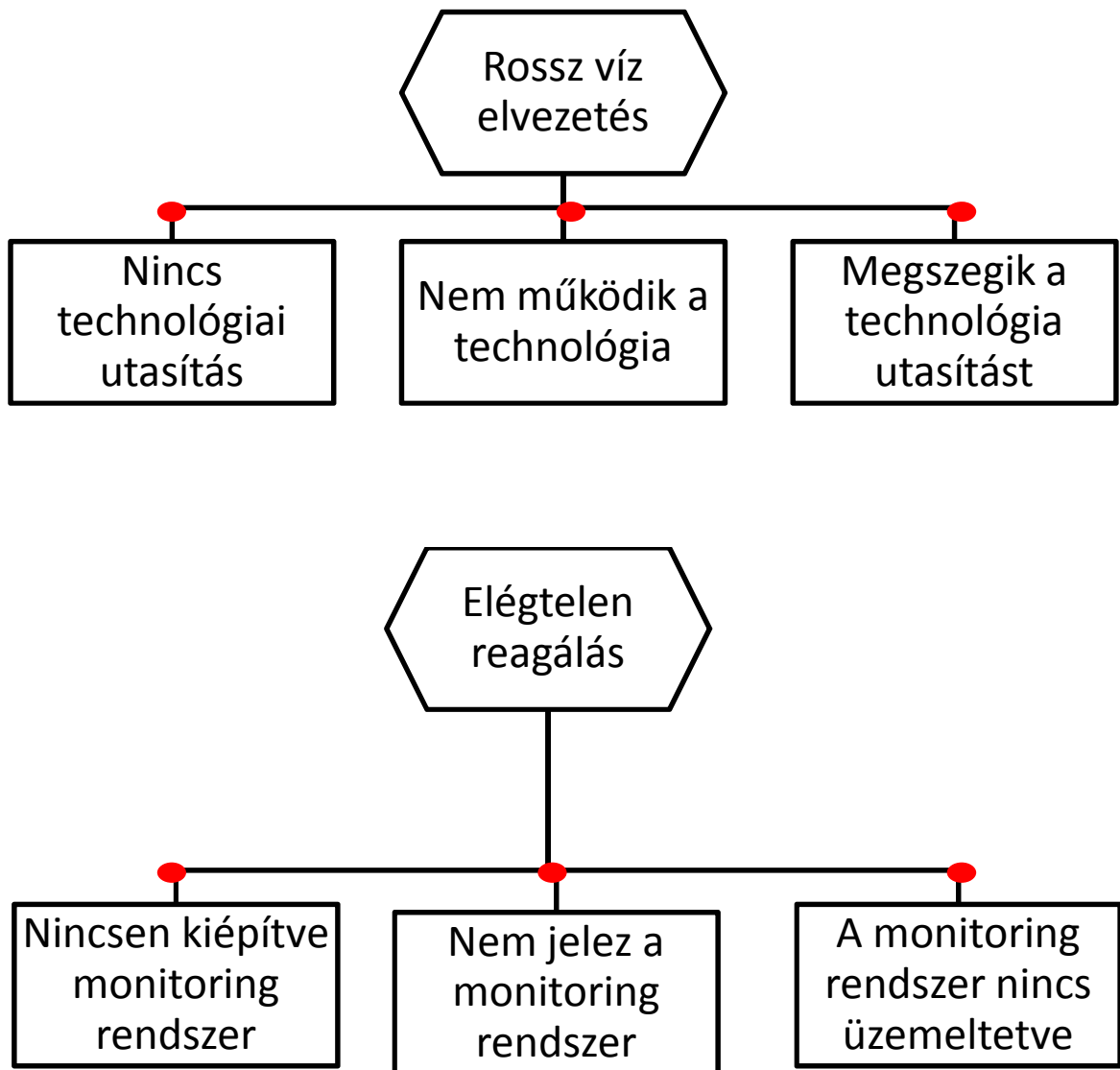
A gyakoriságelemzés során a hibafa elemzés módszerét alkalmaztam. Az egyes alapesemények bekövetkezési gyakoriságát az alábbi kategória rendszer (17. táblázat) szerint értékeltem. Az alkalmazott kategóriarendszert mind hazai és nemzetközi kutatásokra, mind pedig saját üzemeltetői tapasztalataimra alapoztam valamint a konzulensem segítségével határoztuk meg.

KATEGÓRIÁK	VALÓSZÍNŰSÉG
Nagy valószínűségű	$>0,5$; $0,5-1,0$
Valószínű	$0,1-0,5$
Mérsékelten valószínű	$0,001-0,1$
Nagyon kicsi valószínűségű	$0,0001-0,001$
Valószínűtlen	$<0,0001$

17. Táblázat: Valószínűségek számszerűsítése

(Forrás: Elek B. 2015)





14. Számú ábra: Hibafa elemzés

A hibafa-elemzésnél azonosításra került az összes olyan alapesemény, amelyek önálló vagy együttes bekövetkezése a fentiekben bemutatott „Események” (altalajtörés, kibillenés, rézsúcsúszások, telítődő talaj és víznyomás együttese, szivárgók tönkremenetele) bekövetkezéséhez vezet 15. Ábra. Az alapeseményeket azok bekövetkezési valószínűségével együtt 9. számú melléklet részletezi. A hibafa elemzésen a vagy kapukat piros pontokkal

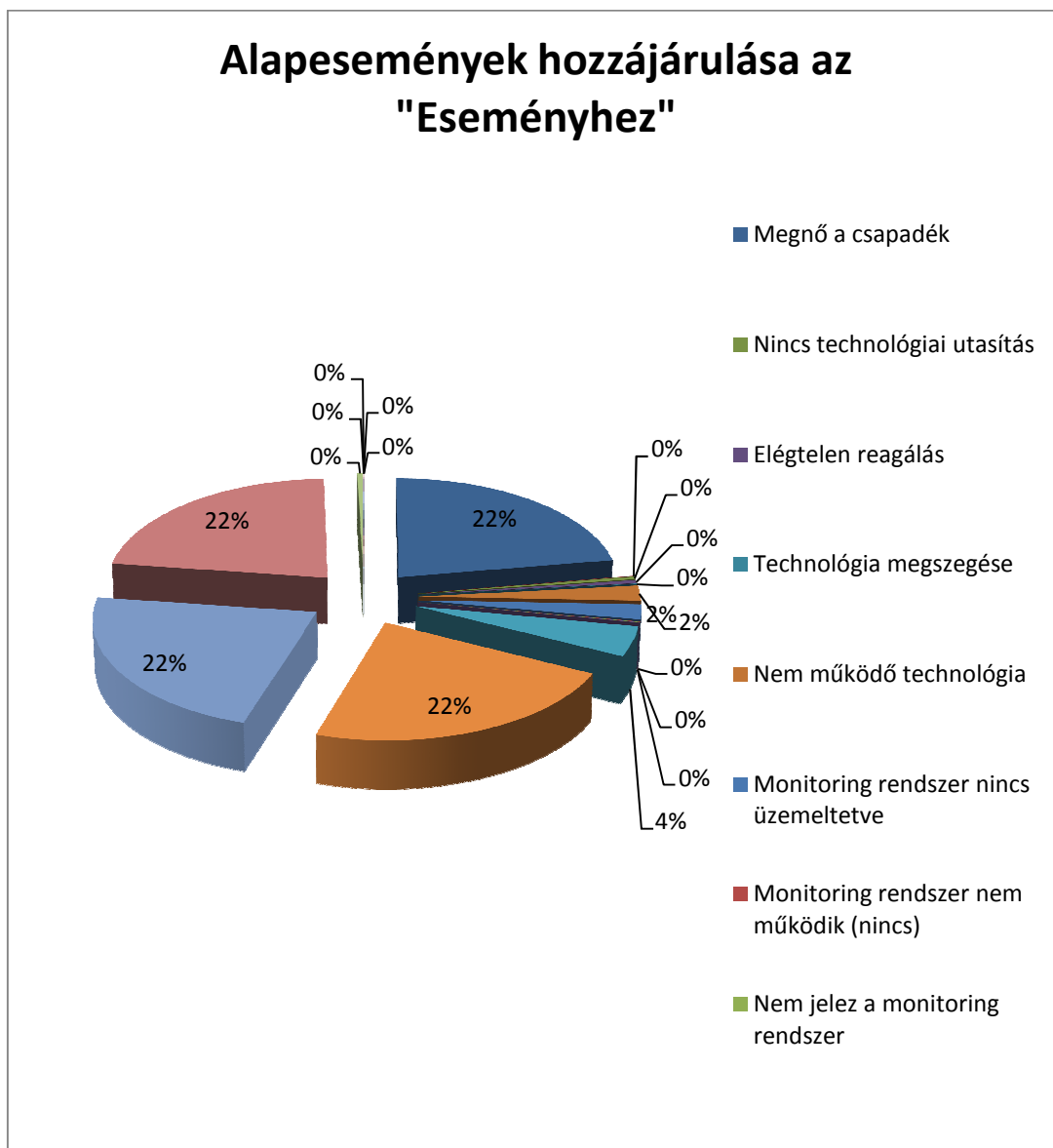
jelöltem téglalappal a kis eseményeket, hatszöggel azon eseményeket melynek bekövetkezése más eseménytől függ.

Az „Esemény” bekövetkezési valószínűségének értéke: 2,13, azaz a nagy valószínűségű kategóriába tartozik.

Fontos itt megemlíteni, hogy az „Esemény” létrejötte nem fog feltétlenül támfal tönkremenetelt eredményezni.

A támfal tönkremenetel csúcsesemény – az azt okozó valószínűségeket figyelembe véve –további vizsgálatokat igényel

Az „Esemény” (pl. altalajtörés, süllyedés, szivárgók tönkremenetele, rézsúcsúszások, telítődő altalaj) az alábbi esetek együttes fennállása esetén következik be:



4. Diagram: Alapesemények hozzájárulása az eseményhez.

A fenti elemzés szerint (4. diagram) az „Esemény” bekövetkezte több eseményhez köthető legtöbb a vízelvezetés nem megfelelő kialakítására és fenntartása vonatkozik. A támfal tönkremenetel csúcsesemény következményeit a 12. számú melléklet eseményfa elmézésében foglalom össze.

	Következmények				
	Elhanyagolható 1	Nem jelentős 2	Súlyos 3	Jelentős 4	Katasztrofális 5
Nagyon magas 5					
Magas 4					
Átlagos 3					
Alacsony 2					
Nagyon alacsony 1					

15. Ábra: Kockázat értékelési mátrix

- Zöld mező: Elfogadható kockázat, különösebb védelmi intézkedésekre nincs szükség.
- Sárga mező: Magas kockázat, az üzemeltetőnek költség-haszon elemzéssel kell megállapítani a kockázatcsökkentés mikéntjét.
- Piros mező: Elfogadhatatlan kockázat, az üzemeltetőnek megelőző, vészelhárító és redundancia növelő intézkedéseket kell fogyanatosítani a kockázatcsökkentés érdekében.

8.8 Valószínűségi skála

- Nagyon alacsony: Ilyen típusú meghibásodásról az iparban nincs adat, a gyakoriság kisebb, mint 10-4/év.
- Alacsony: Ilyen típusú meghibásodás az iparban már előfordult, gyakorisága kisebb, mint 10-3/év
- Átlagos: Ilyen típusú meghibásodás az iparban már előfordult néhányszor, gyakorisága kisebb, mint 10-2/év

- Magas: Ilyen típusú meghibásodás egy évben többször is előfordulhat a teljes ipari struktúrát tekintve, gyakorisága kisebb, mint 10-1/év
- Nagyon magas: Ilyen típusú meghibásodás egy évben többször is előfordulhat egy vállalatnál, gyakorisága nagyobb, mint 10-1/év.

8.9 Súlyossági skála

- Elhanyagolható: Kisebb mértékű személyi sérüléssel jár és nem okoz termeléskiesést.
- Nem jelentős: Munkaidő kieséssel járó sérülés, kisebb károk, és kis mértékű termeléskiesés.
- Súlyos: Súlyos sérülés, károk és részleges leállás.
- Jelentős: Maradandó sérülések és egészségkárosodások, komoly károk és
termelésleállítás.
- Katasztrofális: Egy vagy több halálos baleset, kiterjedt károk, hosszú idejű termelésleállítás.

Az eddigi vizsgálataim alapján a valószínűségi skálán átlagosnak minősíteném. A súlyossági skálán súlyosnak minősítem. Az anilin toxikus tulajdonságai miatt, valamint ha anyag szabadul ki azonnali beavatkozás esetleges részleges leállást idézhet elő.

A mátrixban így sárga mezőbe kerül, vagyis kockázatcsökkentő beavatkozások szükségesek.

A támfal és a nyomópadka sikeresen tartják a földtömeget bár extrém mennyiségű csapadék hatására már több 10cm terepmozgások következhetnek be. Ez nem ipari területen is problémát jelentene, de egy veszélyes anyag tartály közvetlen közelében ez a kockázat nem engedhető meg. A tartály biztonsági jelentésében a teljes keresztmetszeten történő tönkremenetel van említve.

A Plaxis által számolt 20cm talajmozgás elegendő arra, hogy elszakítsa az anilin tartályba érkező és távozó vezetékeket vagy a tartály szerkezetében okozna kárt.

8.10 Következmények meghatározása: állékonyságvizsgálat

Azt vizsgáltam, hogy rézsúállékonyság vesztes esetén milyen hatással van az anilin tartályokra.

A támfal tönkremenetel következményeit Plaxis 8x alkalmazás segítségével véges elemes modellel vizsgáltam. A 2013-as talajvizsgálati jelentésben szereplő talajadatokat alkalmazva valamint a 2011-es próbafúrással feltárt támfaladatokat figyelembe véve elkészítettem a terület modelljét. Talajvíz szintnek kezdeti állapotban ugyancsak a 2013-as talajvízszintet vettem fel. Az alkalmazás biztonságot a tényleges és a stabilitáshoz legalább szükséges belső súrlódási szög tangense, illetve a tényleges és a stabilitáshoz legkevesebb szükséges kohézió hányadosaként értelmezi a Plaxis program:

$$n = \frac{\tan\Phi}{\tan\Phi'} = \frac{c}{c'}$$

A fentiek szerinti csökkentő tényezővel mindaddig változtatja a program a modellben szereplő anyagok nyírószilárdságát,

$$\tan\Phi' = \frac{\tan\Phi}{n}, c' = \frac{c}{n}$$

amíg, csak a mozgások nem növekednek korlátlanul. A csökkentő tényező lehetséges maximuma adja az állékonysági biztonság értékét.

Mélyépítési létesítményeknél szokás:1,5-ös biztonsággal számolni.

A számított biztonsági tényező:

$n=1,45$.

Az agyag átázásának hatásvizsgálata

Ekkor a terepszinttől a B agyag réteig átázott agyaggal számoltam és a rézsűszinten lévő talajvíz-tükörrel.

A víznek kettős hatása van:

- nyomást gyakorol a megtámasztó szerkezetre,
- rontja az agyag szilárdsági tulajdonságait.

Ez utóbbi hatást egy csökkentő szorzóval vettem figyelembe a kohézióban és az összenyomódási modulusban. A fenti hatások eredményeként a cölöpfal elmozdul. A mozgás a csökkentő szorzó függvényében: 50 %-os csökkentésnél már nem stabil a megtámasztó cölöpfal, márpedig a víz hatása még ennél is nagyobb lehet. A falmozgás lehet billenés, ha a felső rétegek áznak el. Ilyen látható a 0+215 szelvény környékén. Ha mélyebben fekvő rétegben jelentkezik a vizesedés, eltolódás a következmény, amely felszínmozgásokkal is jár.

A nyomópadkát megszüntetve a modell szerint a támfal valamint a rézsű jelentős állékonyság veszítést szenved ugyanannál a talajvízszintnél. Ez az extrém állapot csak akkor jön létre ha a talaj minden szilárdsági értékét elveszíti. A 2003-ban végzett laborvizsgálatoknál „ A víz hatására mozaikosan széteső minták kísérletei nem adtak értékelhető eredményeket,” Vagyis talaj telítődés esetén a nyírószilárdsági paraméterek drasztikus változása következik be. Ezt figyelembe véve a rézsű stabilitása nem garantálható a 2010-es időjáráshoz hasonló körülmények között.

9. Összegzés a konklúzió

A dolgozatomban bemutatam egy olyan földmegtámasztó rendszert, amely elérte a használhatósági határállapotát.

A támfal egy felső küszöbös veszélyes ipari létesítmény mellett található közvetlenül, így ez a műtárgy mindenképpen kiemelt figyelmet érdemel.

A dolgozat elején röviden bemutatam, hogy a Cég milyen jelentős gazdasági, kulturális és szociális befolyással bír nem csak a közvetlen környezetére, hanem az országra is. A később részleteztem a területen történt eseményeket, amelyek a jelenlegi helyzet kialakulásához vezettek.

A dolgozatom további részében részletesen ismertetem a területen végzett talajfeltárásokat, azok milyen rétegződéseket állapítottak meg, mekkora területet érintettek, valamint a mért talajvízszinteket. A talajvizsgálati jelentések egybehangzóan a nyomás alatti talajvíz réteget és a telítődés miatti nyírószilárdság csökkenéssel magyarázzák a támfal mozgását.

A geotechnikai dokumentáció részeként bemutatam több helyreállítási javaslatot.

A javaslatok közül a mélykutas víztelenítés és a kavics ejtő kutas rendszert dolgoztam ki részletesen.

A dolgozat második felében a talajmozgások kockázataival foglalkoztam. Kutatásokat végeztem a lejtőmozgásokhoz kapcsolódó katasztrófák időbeli alakulásáról, világszerte és hazánkban.

Megvizsgáltam hibafa elemzéssel, hogy a dolgozat első felében bemutatott rézsű –jelenlegi állapotában - a közvetlen közelében található létesítményekre milyen kockázatot jelent.

Az elemzésben szereplő eseményeket modelleztem.

A támfal jelen pillanatban állékony, de egy,- a mostani extrém időjárási tendenciák alapján valószínűsíthető -, csapadékos pár hónap alatt ismét elérheti a használhatósági határállapotot.

Fontosnak tartom, hogy a telepített monitoring rendszert rendszeresen ellenőrizzék, illetve megfelelő működését biztosítsák.

Bízom abban, hogy a helyreállítási javaslataim közül valamelyiket végrehajtják ha erre nincs lehetőség a közel jövőben, készítenek egy akciótervet, amely tartalmazza a monitoring rendszer jelzései alapján végrehajtandó műszaki megoldásokat, a tartályok valamint a sókristályosító üzem biztonságos működéséhez.

Rajzi mellékletek:

GT-1 Számú: 2003 terep

GT-2 Számú: Talajfeltárások

GT-3 Számú:2003 B-B

GT-4 Számú:2003 A-A

GT-5 Számú:2011 C-C

GT-6 Számú:2011 D-D

GT-7 Számú:2013 E-E

GT-8 Számú:2013 F-F

GT-9 Számú:2013 G-G

GT-10 Számú: Tervezés 2 Helyszínrajz

GT-11 Számú: Tervezés 2 Általános metszetet

GT-12 Számú: Tervezés 1 Általános metszet

GT-13 Számú: Mélykút általános metszete

GT-14 Számú: Tervezés 1 Helyszínrajz

Mellékletek:

1. Hivatkozás jegyzék

1. <http://www.google.hu/-légifelvétel> a Cégről
2. Gábor 2011. március 21-i fénykép felvétele a támfalról
3. Google maps támfal elhelyezkedés
4. <http://map.mfgi.hu/fdt100/> Magyarország Földtani Térképe
5. <http://fold1.ftt.uni-miskolc.hu/~foldshe/mof04.htm>, Talajvizsgálati jelentés és szakértői vélemény)

6. Földrengés.hu: Magyarország szeizmikus zónatérképe
7. MSZ EN 1998-1/2008, Tartószerkezetek tervezése földrengésre 1. rész: Általános szabályok, szeizmikushatások és az épületekre vonatkozó szabályok: 32 oldal 3.1-es táblázat
8. MSZ EN 1997-1:2006 Geotechnikai tervezés 1. rész: Általános szabályok
9. MSZ EN ISO 22475:2006 Geotechnikai vizsgálatok. A mintavétel módszerei és a talajvíz mérése 1. rész: A megvalósítás műszaki alapelvei
10. MSZE CEN ISO TS 17892-1:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata 1 rész: Víztartalom meghatározása
11. MSZE CEN ISO TS 17892-4:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata 4. rész: Szemcseeloszlás meghatározása
12. MSZE CEN ISO TS 17892-5:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata 5. rész: Kompressziós vizsgálat lépcsőzetes terheléssel.
13. MSZE CEN ISO TS 17892-10:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata 10. rész: Közvetlen nyíróvizsgálat
14. MSZE CEN ISO TS 17892-12:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata 12. rész: Az Atterberg-határok meghatározása
15. Vizsgálati jelentés 2003. GEOPANNON Kft. laborkísérleti eredményeik Cég rendelésére
16. Vizsgálati jelentés 2007, 2007. Szakvélemény C. Zoltán Cég rendelésére
17. Vizsgálati jelentés 2011. Cég rendelésére
18. Vizsgálati jelentés 2013 Cég rendelésére
19. BMEEOVVAT27 segédlet: Vízkárelhárítás Az építész-és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése HEFOP:2004/3.3.1.
- 4.3.5. fejezet: Nyomás alatti talajvíz elvezetés függőleges drénezés, vagy mélykutas víztelenítés
20. Kecskés Gábor- Szoboszlai Béla Geotechnikai Építésföldtani útmutató III. rész 4. fejezet Magyarország földjének kialakulása 91-117. oldal
21. Dr. Bartos Sándor-Králik Béla Mélyépítés II.. Rézsűk állékonysági vizsgálata 52.o.
22. Bruckner Győző: Szerves kémia, II-1-es kötet

23.
<http://www.theguardian.com/education/2001/aug/25/research.highereducation>,
https://en.wikipedia.org/wiki/Toxic_oil_syndrome)
24. dr. Szepesházi Róbert Geotechnika-. Gravitációs lejtőmozgások
26. Petley, D. Geology <http://dx.doi.org/10.1130/G33217.1> (2012).
27. <http://www.statista.com/statistics/267837/economic-damage-caused-by-mudslides/>). Földcsuszamlások okozta károk gazdasági nagyságai
28. Jakab G.-Szalai Z. –Balogh J. A talajpusztulás mint potenciális katasztrófaforrás:
Dunaújváros környezetének geomorfológiai térképe 2011.
- 29.<http://kozpontban.hu>:Déli pályaudvari rézsűcsúszás
30. Dr. Abonyi János – Dr. Fülöp Tímea , ztonságkritikus rendszerek 2014. 1.3. fejezet kockázatértékelési matrix, 6. fejezet: hibafa elemzés, 8. fejezet: eseményfa elemzés
31. 253/1997 (XII.20.) Kormány rendelet. Az országos településrendezési és építési követelményekről
32. 219/2011. (X.20) Kormány rendelet:a veszélyes anyagokkal kaocsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
33. 34/2015. (II. 27.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet módosításáról, valamint az egységes kormányzati ügyiratkezelő rendszerrel összefüggő egyes kormányrendeletek módosításáról
34. Budapest Építés-hidrológiai Atlasz (FTV 1988)
35. Plaxis sofver
36. <http://www.epinfo.hu/>
36. Elek B. 2015. Szakdolgozat

2. Képek ábrák és táblázatok jegyzéke

A szakdolgozat ábráinak listája

1. sz. ábra: Cég területi felosztása.
2. sz. ábra: Szivárgó kialakítása

3. sz. ábra: Szivárgó kialakítása 0+200 metszetben
4. sz. ábra: Támfal elhelyezkedése
5. sz. ábra Magyarország Földtani Térképe
6. sz. ábra: Magyarország szeizmikus zónatérképe
7. sz. ábra: A mélykutak (függőleges drének) számítási jellemző
8. sz. ábra: A függőleges drén (mélykút) általános kialakítási módja
9. sz. ábra: vizsgált terület vázlata.
10. sz. ábra: Földcsuszamlások 2004-2010 között.
11. sz. ábra. Dunaújváros környezetének geomorfológiai térképe
12. sz. ábra: Az iso-kockázati görbék közelítése a kockázati mátrix celláival..
13. sz. ábra: Támfal tönkrementekhez vezető események
14. sz. ábra: Hibafa elemzés
15. sz. ábra: Kockázat értékelési mátrix

A szakdolgozat képeinek listája

1. Számú kép: A Cég
2. Számú kép: Rézsű kép: Saját fotó (2015.10.05)
3. Számú kép: Felszínemelkedésre utaló károk a támfal lábánál Kép: C. Zoltán:2007
4. Számú kép A támfal deformálódva Kép: K. Gábor (2009)
5. Számú kép Telepített növényzet, nyomópadka Kép: K. Gábor 2011. március 21-i felvétel
6. Számú kép Támfal és környéke 2015 őszén. Kép: Saját fotó. 2015.10.
7. Számú kép: Déli pályaudvari rézsűcsúszás (Forrás: <http://kozpontban.hu>)

A szakdolgozat diagramjainak listája

1. sz. diagram: 206-os jelű pont mozgásai.
2. sz. diagram: a Cég területén mért csapadék mennyiségek 1996-2015-ig terjedő időszakban.
3. sz. diagram: Földcsuszamlások okozta károk gazdasági nagyságai
4. sz. diagram: Alapesemények hozzájárulása az eseményhez.

A szakdolgozat táblázatainak listája

1. sz. táblázat. Forrás: MSZ EN 1998-1/2008, 32 oldal 3.1-es táblázat
2. sz. táblázat: talajfeltárások és talajvízszintek
3. sz. táblázat: 2003-as Φ és c értékek összehasonlítva korábbi adatokkal.
4. sz. táblázat: 2003-as talajrétegződés és talajjellemzők
5. sz. táblázat: 2007. talajfizikai jellemzők
6. sz. táblázat.
7. sz. táblázat. „A” jelű anyag
8. sz. táblázat: „B” jelű agyag
9. sz. táblázat: „C” jelű agyag
10. sz. táblázat: „D” jelű homok
11. sz. táblázat Talajjellemzők
12. sz. táblázat: 2003-as talajvíz adatok
13. sz. táblázat 2011-es talajvíz adatok.
14. sz. táblázat: 2013-as talajvíz adatok
15. sz. táblázat: Gravitációs lejtőmozgások
16. sz. táblázat: Eseményekhez rendelt bekövetkezési valószínűségek
17. sz.. táblázat: Valószínűségek számszerűsítése

**3. Számú melléklet: 2003 Laboratóriumban meghatározott
talajfizikai jellemzők:**

Közepes agyag			
természetes víztartalom (w): /%/		17,8-29,7	
plasztikus határ (w _P): /%/		19,7-35,3	
folyási határ (w _L):/%/		43,4-65,1	
plasztikus index (IP): /%/		20,5-29,8	
konzisztencia index (I _c):		0,8-1,6	átlag: 1,16
hézagtenyező (e)		0,71-1,02	átlag:0,79
telítettség (S _r):		0,67-0,94	átlag:0,83
térfogatsűrűség: (p) /t/m ³ /		1,70-2,02	átlag: 1,86
Kövér agyag			
természetes víztartalom (w): /%/		20,8-25,9	
plasztikus határ (w _P): /%/		21,7-29,3	
folyási határ (W _i _):/%/		53,4-68,3	
plasztikus index (IP): /%/		30,3-41,2	
konzisztencia index (I _c):		0,9-1,2	
hézagtenyező (e)		0,71-0,74	

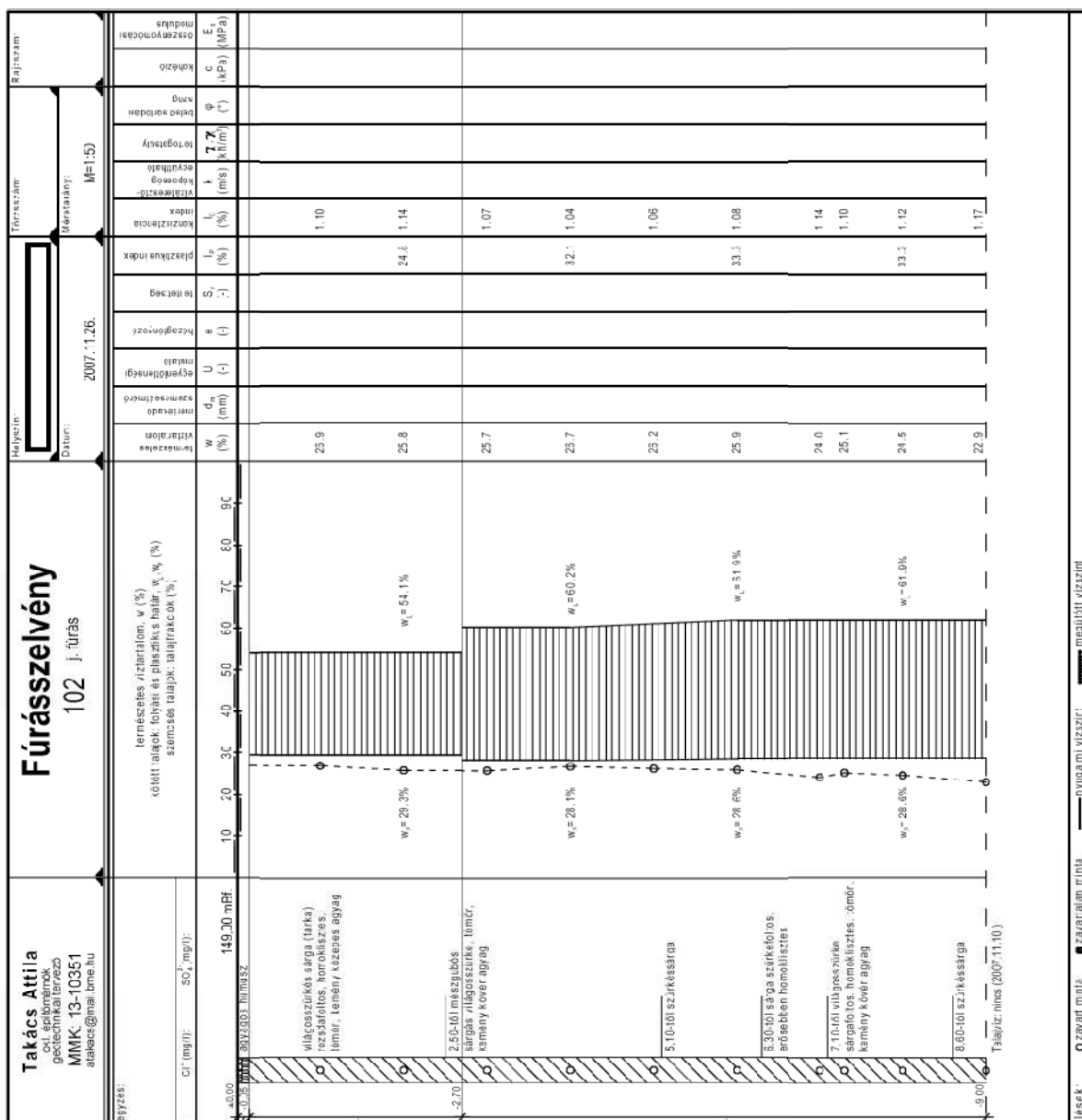
telítettség (Sr):		0,91-0,92	
térfogatsűrűség: /p (t/m3)/		2,00-2,02	
Agyagos iszapos homokliszt			
Az 5F jelű fúrásban észlelték, 4,5-5,0 m között.			
iszap + agyagtartalom: /%/		32,1-49,0	
homokliszt-tartalom: /%/		26,6-30,2	
homoktartalom: /%/		19,8-41,3	
kavicstartalom: /%/		0-0,9	
mértékadó szemcseátmérő: /dn	, (mm)/	1,0210-0,0655	
egyenlőtlenségi mutató: AJ/		-	
áteresztőképességi együttható: /k	(cm/s)/	1,9·10 ⁻¹⁷ -17,7-lű"5	
hézagtényező (e)		0,65	
telítettség (Sr):		0,21	
térfogatsűrűség: /p (t/m3)/		1,71	
súrlódási szög: /cp°/		33,7	
kohézió: /c (kN/m2)/		33,4	
Homoklisztes, agyagos (iszapos) homok			
A 4F, 5F, 6F jelű fúrásokban észlelték változó homokliszt, agyag, iszap tartalommal.			
iszap + agyagtartalom: /%/		21,0-43,8	
homokliszt-tartalom: /%/		24,8-26,6	
homoktartalom: /%/		31,5-52,6	
kavicstartalom: /%/		-	
mértékadó szemcseátmérő: /dm	(mm)/	0,0347-0,1052	
egyenlőtlenségi mutató: AJ/		23,5	
szivárgási tényező: /k (cm/s)/		1,9·10 ⁻² - (	3,6·10 ⁻⁵
térfogatsűrűség: /p (t/m3)/		1,80	(becsült)
súrlódási szög: /cp0/		28	(becsült)
kohézió: /c (kN/m2)/		10	(becsült)
agyagos homok			
természetes víztartalom (w): /%/		23,2-26,3	
hézagtényező (e)		0,65-0,77	
telítettség (Sr): t		0,21-0,94	
térfogatsűrűség: /p (t/m3)/		1,71	
súrlódási szög: /cp°/		34,9	
kohézió: /c (kN/m2)/		37,1	
Homokos, közepes agyag			
természetes víztartalom (w): /%/		18,3-27,2	

plasztikus határ (wP): /%/		19,9-34,2	
folyási határ (wl):/%/		42,4-58,4	
plasztikus index (Ip): /%/		21,3-25,2	
konzisztencia index (Ic):		0,9-1,2	
hézagtényező (e) :		0,69-0,93	
telítettség (Sr):		0,66-0,91	
térfogatsűrűség: /p (t/m ³)/		1,81-2,01	

4. Számú melléklet

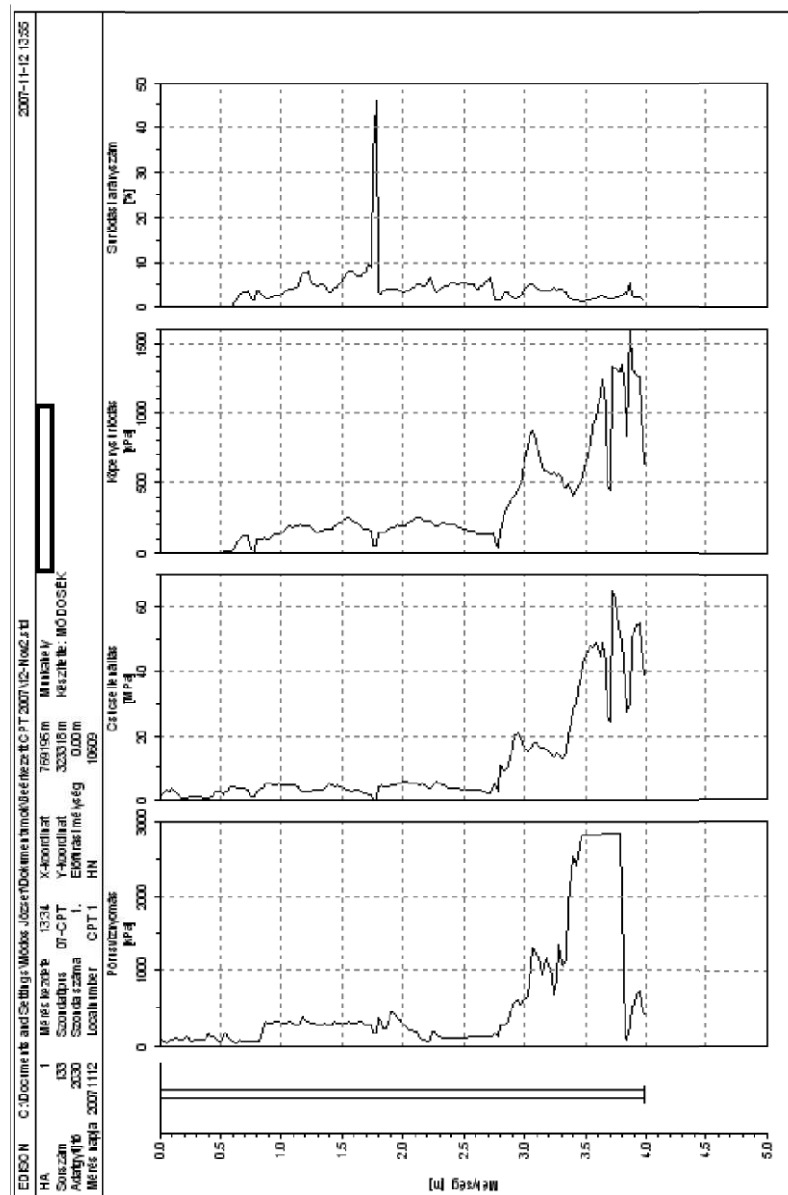
[illegible]

1. Ábra.

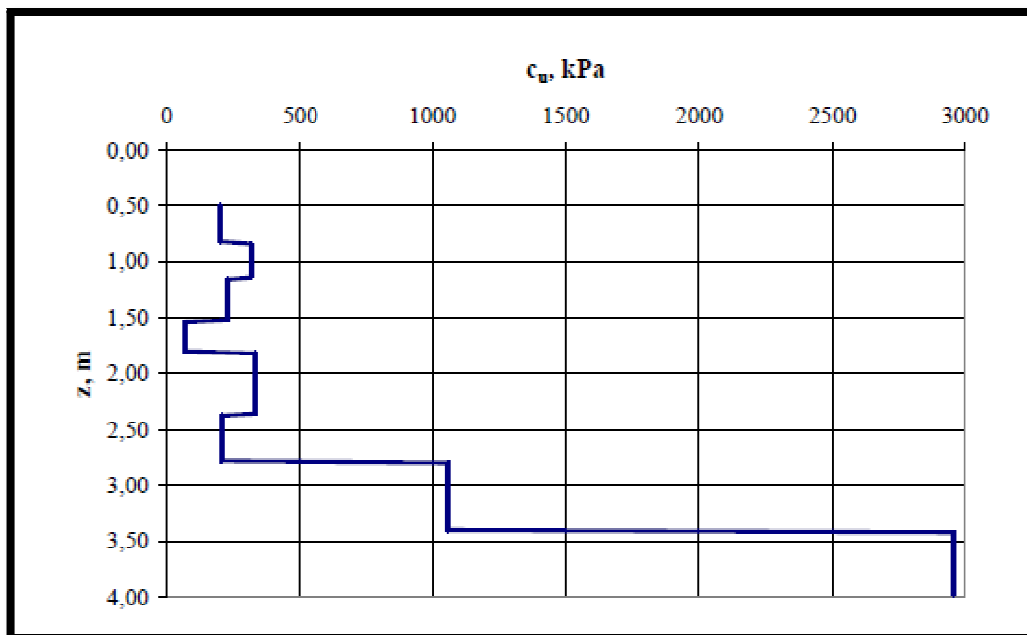


2. Ábra

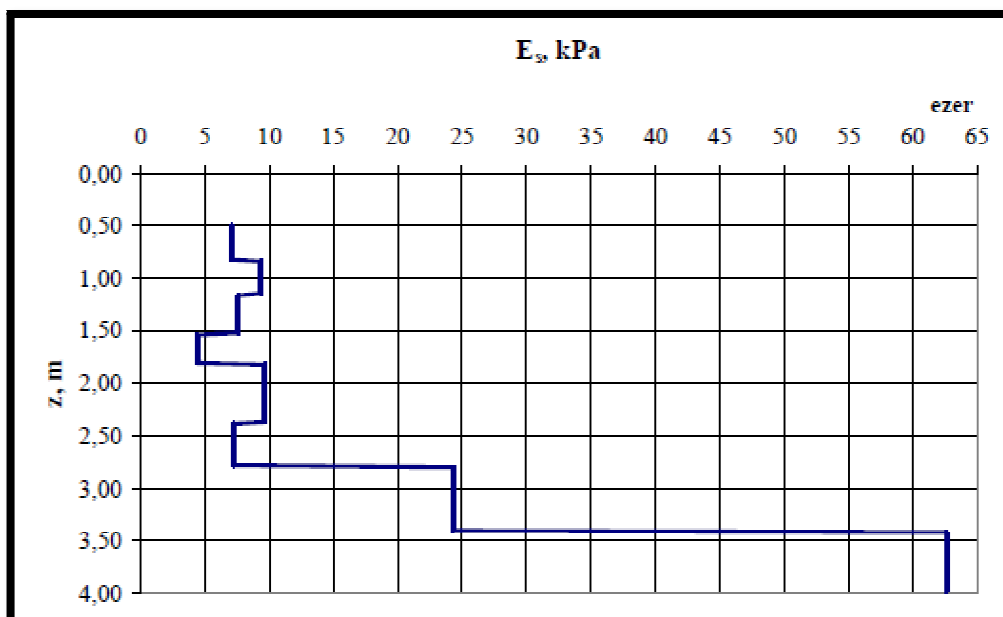
4.Ábra



5. Ábra



6. Ábra: Konszolidálatlan gyors nyírószilárdság a CPTU szondázás adatai alapján



7. Ábra: összenyomódási modulus a CPTU szondázás adatai alapján

5. Számú melléklet: 2011 talajfeltárás rétegek részletes ismertetése

Agyagok és iszapok (vályogok)

Az adott telephelyen a rárakódott kőzetes réteg finomszemcsés miocén korabeli (tercier) üledékekből áll, amelyet helyenként és mélységben váltakozva agyagnak vagy iszapnak kell tekinteni. A legfelső, kissé nedvesebb talajzónától eltekintve a feltárt agyagban és iszapban viszonylag csekély volt a víztartalom.

Konzisztenciája általában merev. A mélyebben fekvő részekben egyre inkább keményedő, részben nagy keménységű kötött talajokat is tártak fel.

Azon laboratóriumi kísérletek alapján, amelyeket a korábbi altalaj-vizsgálatok keretében végeztek el, ezeknek az agyag- és iszap típusú anyagoknak közepestől a kifejezetten jellegzetesig terjedő képlékenysége van.

Ezekben a talajokban a fő alkotókon – agyag és iszap – kívül változó részarányban kimutatható homokos és kavicsos hozzákeveredett anyag is. A kavicsos részek részben kvarc-, részben agyag-görgetegből állnak. Ezen túlmenően a rétegekben gyakran fordulnak elő ősmaradványok (fossziliák).

A fúrási magokban számos elválási határfelületet, mint például ferde hasadékokat és csúszási felületeket regisztráltak. Ezek a közetszöveti képződmények az agyag- és iszaprétegek tektonikai igénybevételére és nyíró alakváltozásaira utalnak.

Homok

A BK 2, BK 3 és BK 6 j. furatokkal az agyag és iszap alsó tartományában egy közbetelepült réteget mutattak ki finom- és közepes minőségű homokból nagy finomszemcse részaránnyal.

Agyagkő

A BK 1, BK 4, BK 6 és BK 7 j. pontokon az agyag és üledék talapzatán egy 0,7 m-2,2 m vastagságú erősen meszes és ősmaradványokat tartalmazó agyagkő-réteg következik. Ahogy az a BK 2 j. ponton látható, hasonló agyagkő-betelepülések nagyobb mélységben is előfordulnak a homokkő rétegen belül.

A megfúrt agyagkő enyhén elmállott és keménysége a kismértékűtől közepesen keményig terjed. Lemezestől taréjosig terjedő, vízszintesen elhelyezkedő rétegződése és ferdén lejtő hasadéakai vannak, amelyeken részben csúszási felületek találhatók.

Barnaszén

Valamennyi helyen legalább egy, részben azonban két (ld. BK 1 és BK 4) barnaszén-települést is feltártak 0,2 m-0,9 m rétegvastagsággal. A barnaszénnek a kevésbé elmállott állapotában számos ferde és függőleges lefutású hasadéka van csúszási felületekkel. A hasadékok felülete helyenként feltűnően sima. A barnaszén könnyen hasítható és törékeny; a magrészt nagyobb erő kifejtés nélkül is szét lehet törni.

A vizsgált terület északnyugati részén fekvő BK 5 és BK 8 j. feltárási helyen a már viszonylag felszín közelben fekvő barnaszenet erősen mállott állapotában találtak. A mállási folyamat következtében a barnaszén erősen szerves lágy állagú agyag- ill. iszap-típusú anyaggá bomlott szét.

Homokkő / mészkő / agyagkő

A felső barnaszén-réteg alatt valamennyi fúrás ponton egészen az elért legalsó mélységig mésztartalmú és gyakorta ősmaradványokban gazdag homokkővet találtak egyedi mész- és agyagkő-betelepülésekkel valamint vékony barnaszén-csíkokkal. Helyenként még a barnaszén fölött is bukkantak már iszapos-agyagos homokkőre (ld. a BK 2 és BK 3 j. helyet).

A homokkőben csak kevés elválási felületet észleltek; a kőzet főleg vastagtömbös rétegződésű (rétegvastagság > 0,3 m).

6. számú melléklet: 2013-as fúrások

BH-1 j. fúrás (156,30 mBf.)

A fúrás során főként kötött talajrétegek jelentkeztek. 4,60 m mélységig sárgásszürke, rozsdafoltos merev közepes agyag ($I_p=28,3\%$, $I_c=0,99$) található. Alatta 8,00 m mélységig szürke merev kövér agyag ($I_p=33,5-44,2\%$, $I_c=0,66-0,89$) került feltárássra, a réteg felső részén rozsdafoltos, homokos. 8,60 m-ig szemcsésebb réteg, iszapos agyag ($K=0\%$, $H=9\%$, $1=62\%$, $A=29\%$) található, ezt ismét kötött rétegek követik,

9,0m-ig sötétszürke, homokos gyúrható kövér agyag ($I_p=33,1\%$, $I_c=0,75$). 10,80 m-ig sötétszürke, merev közepes agyag ($I_p=28,9\%$, $I_c=0,75$) jelentkezett, ezt

fekete, szenes merev kövér agyag ($I_p=37,5\%$, $I_c=0,80$) követte 12,90 m-ig. Alatta szintén merev kövér agyag ($I_p=33,8\%$, $I_c=0,80$) található, szürke színű, 14,40 m mélységig. Ezután 10 cm vastagságban szürke homokos agyagos iszap ($K=0\%$, $Fl=36\%$, $1=54\%$, $A=10\%$) sáv található. 14,50-17,90 m mélységek között fekete, szürkefoltos merev közepes agyag került feltárássra ($I_p=27,2\%$, $I_c=0,90$). 20,30 m mélységig szürke, gyúrható közepes agyag ($I_p=26,7\%$, $I_c=0,72$) található. Ezt követően 22,60 m-ig szürkésbarna, aprókavicsos agyag jelentkezett, majd a fúrás talppontjáig, 25,00 m mélységig csigamaradványos, kemény homokkővet tártak fel.

BH-2j. fúrás (156,30 mBf.)

A feltárás során 4,60 m mélységig szürke, rozsdafoltos merev kövér agyag ($I_p=31,9\%$, $I_c=0,93$) jelentkezett. A rétegen belül 4,10-4,20 m között tőzeges, szerves sáv található. 6,10 m-ig szürkésbarna, merev közepes agyag ($I_p=25,9\%$, $I_c=0,85$) került feltárássra. 9,20 m mélységig szürke, meszes merev közepes agyag ($I_p=29,0\%$, $I_c=0,90$) található, a réteg alsó része rozsdafoltos. Alatta 9,60 m-ig sötétszürke, merev közepes agyag ($I_p=29,4\%$, $I_c=0,95$) jelentkezett. Ezt 30 cm vastagságban sötétszürke agyagos homok ($K=1\%$, $H=62\%$, $1=29\%$, $A=8\%$) követte. 9,90-12,40 m között szürke merev közepes agyag ($I_p=29,0\%$, $I_c=0,90$) került feltárássra. 12,90 m-ig sötétszürke kemény kövér agyag ($I_p=30,5\%$, $I_c=1,07$) található. Ezután 15,30 m-ig szürke közepes agyag jelentkezett, konzisztenciája alapján kemény, alatta pedig merev ($I_p=21,5-26,8\%$, $I_c=0,97-1,35$). 17,0 m-ig sárga, márgás kemény sovány agyag ($I_p=19,1\%$, $I_c=1,05$) jelentkezett. 19,60 m mélységig szürke merev közepes agyag ($I_p=20,6-29,9\%$, $I_c=0,83-1,00$) került feltárássra. Ezt 21,7 m-ig szürke, sárgásszürke merev közepes agyag ($I_p=29,8\%$, $I_c=0,78$) követi. 23,30 m-ig szemcsés réteg található, sárgásbarna, rozsdafoltos agyagos homok ($K=0\%$, $H=72\%$, $1=17\%$, $A=11\%$). 23,90 m-ig szürke agyag, utána 24,30 m-ig sötétszürke, márgás, szenes agyag következett. Ezt követően a fúrás talppontjáig, 25,10 m-ig fekete szén jelentkezett.

BH-4 j. fúrás (146,50 mBf.)

A feltárás során elsőként merev közepes agyag ($I_p=26,7-29,0\%$, $I_c=0,80-0,94$)

jelentkezett 3,40 m mélységig. A réteg felső részén barna színű, mészkonkréciós volt, körülbelül 2,50 m-ig, alatta kékesszürke színű, homokosabb. Alatta 5,90 m mélységig változatos, szemcsés réteg került feltárássra, kékesszürke homokos agyag, mely 3,60 m környékén iszapos, 5,50 m-nél kavicsos. 8,10 m mélységig szürke, az alsóbb részeken fekete, sötétszürke merev közepes agyag ($I_p=21,1-27,2\%$, $I_c=0,79-0,80$) található. 9,30 m-ig szürke közepes agyag található, melynek konzisztenciája puha és gyúrható ($I_p=22,8-29,5\%$, $I_c=0,41-0,67$). 12,50 m mélységig szemcsés réteg, szürke agyagos homok ($K=3\%$, $H=63\%$, $1=23\%$, $A=11\%$) található. Alatta 13,30 m-ig szürke, kemény közepes agyag ($I_p=25,8\%$, $I_c=1,16$) következett. A fúrás talppontjáig, 15,35 m-ig sötétszürke, csigamaradványos homokkő jelentkezett.

BH-5 j. fúrás (146,50 mBf.)

A fúrás során elsőként 1,70 m-ig sárga, kemény közepes agyagot ($I_p=26,2\%$, $I_c=1,19$) tártak fel. Alatta 3,60 m-ig sárgásszürke, kemény sovány agyag ($I_p=15,3-17,5\%$, $I_c=1,22-1,39$) jelentkezett. 6,10 m-ig sárgásszürke kemény iszap ($I_p=11,9-14,0\%$, $I_c=1,31-1,56$) következett. Ezt követően szürke, kemény sovány agyag ($I_p=14,2-18,8\%$, $I_c=1,31-1,50$) jelentkezett. Alatta 12,20 m-ig fekete, szenes agyag található, melyet 12,90 m mélységig fekete szén követett. Alatta szemcsés réteg került feltárássra, 13,50 m-ig szürke kavicsos iszapos homok ($K=28\%$, $H=54\%$, $1=17\%$, $A=1\%$) található. A fúrás talpáig, 15,90 m-ig szürke, csigamaradványos, kemény iszapos homok ($K=0\%$, $H=75\%$, $1=22\%$, $A=3\%$) jelentkezett.

BH-6 j. fúrás (146,50 mBf.)

A feltárás során 5,60 m mélységig sárgásszürke, kemény sovány agyag ($I_p=19,7-20,0\%$, $I_c=1,07-1,09$) jelentkezett. Alatta 9,20 m-ig szürke kemény közepes agyag ($I_p=22,2-28,3\%$, $I_c=1,05-1,06$) található. Ezt követően 10,00 m mélységig cementálódott homokkővet tártak fel, melyek 10,60 m-ig fekete szén követett. Alatta 11,00 m-ig sárgásszürke, szenes agyag található. 13,70 m-ig sötétszürke, csigamaradványos, nagyon tömör iszapos homok ($K=0\%$, $H=79\%$, $1=19\%$, $A=2\%$) található. A fúrás talpáig, 14,45 m-ig cementálódott homokkő

jelentkezett.

BH7. fúrás

A feltárás a rendezett terepszintről került lemélyítésre (143,15 mBf.). A fúrás során 0,4 m mélységig betontörmelékes feltöltést találtak. Ez alatt 9,8 m mélységig szürkésbarna-szürkéssárga, homokos kemény közepes agyag ($I_p = 21,7-25,8\%$, $I_c = 1,15-1,29$) jelentkezett, melyet sötétszürke, erősen meszes, murvás, kemény közepes agyag ($I_p = 22,0\%$, $I_c = 1,17$) váltott fel 10,2 m mélységig. E homogén agyag réteget 12,1 m mélységig barna, szerves, nagyon tömör agyagos homok/homokos agyag váltotta fel, melynek szerves anyag tartalma az izzítási vizsgálat során $I_{zz} = 9,2-19,8\%$ -ra adódott. A szerves rétegeket 15,2 m mélységig sötétszürke, csigás, tengeri maradványos sovány agyag ($I_p = 19,7\%$, $I_c = 1,28$), majd 17,3 m mélységig

sötétszürke, csigás, tengeri maradványos kemény közepes agyag ($I_p = 28,0\%$, $I_c = 1,01$) váltotta. Az agyagrétegek alatt 18,5 m mélységig sötétszürke, nagyon tömör, nagyon szerves, erősen meszes, murvás homokos agyagot harántolt a fúró. E réteg szervesanyag tartalma $I_{zz} = 37,7\%$! Ezt követően a furat talpáig szürke, tömör iszapos homok ($I+A = 23\%$, $H = 77\%$) jelentkezett.

BH8. fúrás

A fúrás során feltárt talajrétegződés gyakorlatilag megegyezik a BH2 feltárásban feltártakkal. A 0,4 m vastagságú zúzottkő feltöltés alatt 9,8 m mélységig homogén szürkésbarna-barnásszürke, kemény közepes agyagot ($I_p = 21,4-28,1\%$, $I_c = 1,01-1,13$) harántoltak. Ez alatt sötétszürke, szerves, erősen meszes, murvás kemény agyag jelentkezett, melynek szerves anyag tartalma $I_{zz} = 11,3\%$. A kötött rétegek alatt 15,5 m mélységig szürke, nagyon tömör, agyagos homokot ($I+A = 36\%$, $H = 64\%$) tártak fel, melyet újabb agyag rétegek követtek a feltárás talpáig, sorrendben 17,2 m-ig szürke, kemény sovány agyag ($I_p = 17,4\%$, $I_c = 1,17$), 18,4 m-ig szürke, csigás, tengeri maradványos, merev közepes agyag ($I_p = 28,5\%$, $I_c = 0,82$), 20,0 m-ig szürke, csigás, kemény sovány agyag ($I_p = 17,8\%$, $I_c = 1,34$).

7. Számú melléklet: Számítási melléklet

1. Kút:

$$Q = (k * \Pi(H^2 - h^2) / \ln(\frac{R}{r_k}))$$

ahol:

Q — a kút vízhozama, m^3/d ,

k — a talaj szivárgási tényezője, m/d ,

H — az eredeti talajvízmagasság a vízzáró réteg felett az R sugarú körön, m ,

h — a vízmélység a kútban, m ,

R — a kút ún. hatótávolsága (meghatározás például a $R=3000 \text{ s } \sqrt{k}$ képlettel lehetséges), m ,

ahol:

R — a hatótávolság, m ,

s — az ún. lehúzás mértéke, m ($s = h_2 - h_0$),

k pedig a szivárgási tényező m/s -ban

furat	a kísérlet típusa	a kísérleti szakasz [m a kezdőpont alatt]	áteresztőképességi együttható k_f [m/s]
BK 1	újólagos emelkedés	29 - 30	$4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
BK 2	újólagos emelkedés	29 - 30	$3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
BK 3	újólagos emelkedés	29 - 30	$3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
BK 3	feltöltéses kísérlet	27 - 30	$2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
BK 4	újólagos emelkedés	17 - 18	$6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
BK 6	újólagos emelkedés	19 - 20	$6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

r_k — a kút (belépési felületéhez tartozó) sugara, m .

$M_o=4,4\text{m}$

$s=5,42\text{m}$

$H=16,1-4,4=11,7\text{m}$

$h=5,0\text{m}$

$k=4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

$R=3000 \text{ s } \sqrt{k} = 3000 * 5,42 * \sqrt{4 * 10^{-6}} = R=32,52\text{m}$

Vízhozam számítás

$$Q = (k * \Pi(H^2 - h^2)) / \ln\left(\frac{R}{r_k}\right)$$

$Q=33,6\text{m}^3/\text{d}$

8. Számú melléklet: Anilin tulajdonságai (Forrás: Wikipédia)

Kémiai tulajdonságai

Az anilin oxidációra érzékeny, ezért a kezdetben színtelen vegyület sárga, majd barna színű lesz, majd elgyantásodik. Az oxidáció során gyakran különféle termékek bonyolult elegye képződik Lúgos közegben (például klórmészoldattal vagy kálium-permanganáttal) végzett oxidációjának a fő termékei a nitro-benzol és az azobenzol. Savas közegben krómsavval vagy klorátokkal végzett oxidációja más irányú, ilyenkor polimolekuláris átalakulási termékek képződnek, ilyen például az anilinfekete. Ezek krómsavas oxidációkor lebomlanak.

Gyenge bázis, még a lakmusz színét sem változtatja kékre. Az anilin sói állandó, kristályos vegyületek, de vizes oldatban hidrolizálnak, emiatt az oldat savas kémhatású.

Élettani hatása

Mérgező hatású vegyület. Komoly ártalmakat okozhat a gőzeinek rendszeres vagy tartósabb belégzése. Az anilingőzők belégzése kékülést okoz az ujjak hegyén, az ajkakon és a fülön. Fejfájást, émelygést szédülést is kiválthat. Krónikus mérgezés esetén elsősorban az idegrendszerre hat. Felszívódhat a bőrön át is.

Az anilin Eu osztályozás értelmében toxikus (T), környezetkárosító (N), karcinogén (3. kat), mutagén (3.kat).

A veszélyes anyagokat, a veszélyes keverékeket és azon keverékeket, amelyek legalább egy veszélyes anyagot tartalmaznak, a 2000. évi XXV.törvény és a végrehajtására kiadott külön jogszabály szerint kell osztályozni, csomagolni és feliratozni (címkézni).

A veszélyességi besorolást veszélyjellel és veszélyszimbólummal és/vagy R mondattal (a veszélyes anyag vagy keverék használatával járó különös kockázatokat megjelölő, az egészségügyért felelős miniszter által meghatározott szabványmondatokkal), valamint S mondattal (a veszélyes

keverék biztonságos használatával kapcsolatos, az egészségügyért felelős miniszter által meghatározott szabványmondatokkal) jelöljük.

- **R mondat és R szám:** a veszélyes anyagok, illetve a veszélyes keverékek kockázataira utaló mondat, illetőleg e mondat sorszáma
- **S mondat és S szám:** a veszélyes anyagok, illetve a veszélyes keverékek biztonságos használatára utaló mondat, illetve e mondat sorszáma.

Anilinra vonatkozó R mondatok

- R23/24/25 Belélegezve, bőrrel érintkezve mérgező.
- R40 Rákkeltő hatás korlátozott mértékben bizonyított.
- R41 Súlyos szemkárosodást okozhat.
- R43 Bőrrel érintkezve túlérzékenységet okozhat (szenzibilizáló hatású lehet.)
- R48/23/24/25 Hosszabb időn át belélegezve, bőrön és szájon keresztül a szervezetbe jutva mérgező, súlyos egészségkárosodást okozhat.
- R68 Maradandó egészségkárosodást okozhat
- R50 Nagyon mérgező a vízi szervezetekre.
- (S1/2) Elzárva gyermekek számára hozzáférhetetlen helyen tartandó.
- S26 Ha szembe jut, bő vízzel azonnal ki kell mosni és orvoshoz kell fordulni.
- S27 A szennyezett ruhát azonnal le kell venni.
- S36/37/39 Megfelelő védőruházatot, védőkesztyűt és szem-/arcvédőt kell viselni.
- S46 Lenyelése esetén azonnal orvoshoz kell fordulni, az edényt, vagy csomagolóburkolatot és a címkét az orvosnak meg kell mutatni.
- S61 Kerülni kell az anyag környezetbe jutását.
- S63 Belélegzés miatt bekövetkező baleset esetén a sérültet friss levegőre kell vinni és biztosítani számára a nyugalmat.

Mivel a CLP jogszabály rendelet, ezért Magyarországon a hatályba lépését követően közvetlenül alkalmazandó. Előírásai alapján 2010. december 1. óta az anyagok (egy összetevős termék) címkéit a korábbi R és S mondatok helyett ezekkel a H és P mondatokkal kell ellátni (CLP rendelet 21. cikk).

- H: 351 Feltéhetően rákot okoz < meg kell adni az expozíciós útvonalat, ha meggyőzően bizonyított, hogy más expozíciós útvonal nem okozza a veszélyt >.
- H: 341 Feltéhetően genetikai károsodást okoz < meg kell adni az expozíciós útvonalat, ha meggyőzően bizonyított, hogy más expozíciós útvonal nem okozza a veszélyt >.
- H: 331 Belélegezve mérgező.
- H: 311 Bőrrel érintkezve mérgező.
- H: 301 Lenyelve mérgező.
- H:372 Ismétlődő vagy hosszabb expozíció esetén < meg kell adni az expozíciós útvonalat, ha meggyőzően bizonyított, hogy más expozíciós útvonal nem okozza a veszélyt > károsítja a szerveket< vagy meg kell adni az összes érintett szervet, ha ismertek >.
- H: 318 Súlyos szemkárosodást okoz.
- H: 317 Allergiás bőrreakciót válthat ki.
- H: 400 Nagyon mérgező a vízi élővilágra.
- P: 273 Kerülni kell az anyagnak a környezetbe való kijutását.
- P: 280 Védőkesztyű/védőruha/szemvédő/arcvédő használata kötelező.
- P: 308+313 Expozíció vagy annak gyanúja esetén: orvosi ellátást kell kérni.
- P: 302+352 HA BŐRRE KERÜL: Lemosás bő szappanos vízzel.
- P: 305+351+338 SZEMBE KERÜLÉS esetén: Több percig tartó óvatos öblítés vízzel. Adott esetben a kontaktlencsék eltávolítása, ha könnyen megoldható. Az öblítés folytatása.
- P: 309+310 Expozíció vagy rosszgullét esetén: forduljon TOXIKOLÓGIAI KÖZPONTHOZ vagy orvoshoz.

9. Számú melléklet: mozgásvizsgálatok eredményei

Pontszám	2004.04.		2007.01.19.		2008.06.20		2010.06.09		2010.10.22		2010.12.10		2011.01.18	
	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
101					388,77	-19810,78	388,756	-19810,788	388,759	-19810,791	388,757	-19810,794	388,755	-19810,796
102					388,78	-19835,64	388,762	-19835,632	388,766	-19835,631	388,764	-19835,635	388,756	-19835,635
103					388,79	-19848,08	388,783	-19848,085	388,779	-19848,089	388,781	-19848,089	388,772	-19848,091
104					388,71	-19860,58	388,690	-19860,578	388,678	-19860,578	388,680	-19860,573	388,669	-19860,573
105					388,48	-19873,05	388,442	-19873,051	388,415	-19873,054	388,411	-19873,052	388,393	-19873,048
106					388,43	-19885,56	388,397	-19885,542	388,366	-19885,541	388,363	-19885,540	388,342	-19885,536
107					388,38	-19898,06	388,364	-19898,044	388,333	-19898,045	388,325	-19898,041	388,302	-19898,039
108					388,41	-19910,54	388,382	-19910,547	388,357	-19910,544	388,350	-19910,543	388,321	-19910,541
109					388,37	-19923,05								
110					388,45	-19935,52	388,463	-19935,506	388,427	-19935,506	388,413	-19935,508	388,386	-19935,506
111					388,43	-19947,95	388,427	-19947,961	388,403	-19947,960	388,387	-19947,957	388,349	-19947,958
112					388,43	-19960,45	388,432	-19960,458	388,398	-19960,460	388,381	-19960,459	388,352	-19960,455
113					388,40	-19985,45	388,415	-19985,449	388,377	-19985,448	388,352	-19985,444	388,320	-19985,443
114					380,29	-20010,04								
115					380,24	-20015,72								
116					380,25	-20022,51	380,222	-20022,502	380,186	-20022,497	380,169	-20022,504	380,124	-20022,502
117					380,22	-20029,30								
118					380,25	-20035,02								
119					380,47	-20060,02								
120							380,733	-20084,944	380,709	-20084,941	380,701	-20084,941	380,666	-20084,940
201			388,93	-19810,83		-19810,83	388,930	-19810,818	388,931	-19810,820	388,932	-19810,826	388,928	-19810,826
202			388,95	-19835,65		-19835,65	388,953	-19835,636	388,954	-19835,638	388,952	-19835,635	388,948	-19835,642
203			388,93	-19848,10		-19848,09	388,944	-19848,083	388,938	-19848,087	388,942	-19848,085	388,933	-19848,082
204			388,88	-19860,58		-19860,57	388,878	-19860,567	388,859	-19860,560	388,862	-19860,569	388,849	-19860,566
205			388,63	-19873,11	388,63	-19873,09	388,588	-19873,082	388,559	-19873,084	388,557	-19873,083	388,537	-19873,080
206			388,62	-19885,57	388,60	-19885,55	388,570	-19885,544	388,548	-19885,542	388,540	-19885,541	388,515	-19885,538
207			388,56	-19898,08	388,55	-19898,06	388,526	-19898,059	338,501	-19898,057	388,487	-19898,058	388,464	-19898,057
208			388,56	-19910,58	388,55	-19910,56	388,542	-19910,551	388,501	-19910,548	388,496	-19910,551	388,472	-19910,546
209			388,56	-19923,07	388,56	-19923,04	388,551	-19923,036	388,502	-19923,039	388,498	-19923,043	388,472	-19923,034
210			388,59	-19935,53	388,59	-19935,50	388,590	-19935,496	388,565	-19935,496	388,545	-19935,496	388,518	-19935,495
211			388,61	-19947,98	388,61	-19947,95	388,603	-19947,949	388,572	-19947,948	388,555	-19947,947	388,526	-19947,946
212			388,55	-19960,50	388,55	-19960,47	388,566	-19960,463	388,529	-19960,460	388,509	-19960,460	388,476	-19960,458
213			388,52	-19985,45	388,52	-19985,42	388,522	-19985,418	388,485	-19985,415	388,459	-19985,411	388,422	-19985,411
214			380,42	-20010,07	380,38	-20010,04	380,333	-20010,022	380,292	-20010,023	380,269	-20010,022	380,221	-20010,021
215			380,28	-20015,69	380,24	-20015,66	380,201	-20015,652	380,136	-20015,655	380,114	-20015,654	380,065	-20015,656
216			380,32	-20022,59	380,28	-20022,56	380,230	-20022,549	380,169	-20022,553	380,134	-20022,555	380,076	-20022,557
217			380,38	-20029,27	380,34	-20029,25	380,288	-20029,242	380,202	-20029,243	380,149	-20029,243	380,149	-20029,244
218			380,45	-20035,03	380,43	-20035,03	380,379	-20035,002	380,331	-20034,999	380,299	-20035,000	380,248	-20035,002
219							380,724	-20060,003	380,687	-20060,004	380,673	-20060,004	380,629	-20060,000
220							380,840	-20084,968	380,834	-20084,966	380,818	-20084,967	380,790	-20084,972
301			388,78	-19810,80	388,79	-19810,79	388,775	-19810,794	388,774	-19810,799	388,774	-19810,799	388,769	-19810,797
302			388,78	-19835,64	388,80	-19835,63	388,787	-19835,629	388,787	-19835,630	388,784	-19835,630	388,779	-19835,630
303			388,93	-19848,10	388,80	-19848,09	388,792	-19848,091	388,784	-19848,094	388,790	-19848,091	388,779	-19848,093
304			388,69	-19860,61		-19860,60	388,694	-19860,597	388,677	-19860,599	388,675	-19860,595	388,665	-19860,599
305			388,46	-19873,11	388,47	-19873,08	388,421	-19873,089	388,390	-19873,087	388,387	-19873,088	388,367	-19873,086
306			388,44	-19885,57	388,43	-19885,55	388,394	-19885,552	388,364	-19885,550	388,363	-19885,550	388,337	-19885,546
307			388,39	-19898,08	388,38	-19898,05	388,357	-19898,056	388,332	-19898,052	388,321	-19898,054	388,297	-19898,048
308			388,41	-19910,58	388,41	-19910,57	388,390	-19910,568	388,350	-19910,567	388,349	-19910,562	388,321	-19910,563
309			388,39	-19923,06	388,40	-19923,04	388,385	-19923,042	388,346	-19923,044	388,336	-19923,045	388,305	-19923,043
310			388,43	-19935,54	388,44	-19935,49	388,427	-19935,500	388,398	-19935,502	388,378	-19935,501	388,349	-19935,501
311			388,43	-19947,98	388,43	-19947,94	388,436	-19947,949	388,404	-19947,949	388,387	-19947,946	388,357	-19947,947
312			388,37	-19960,49	388,40	-19960,47	388,398	-19960,463	388,361	-19960,465	388,337	-19960,465	388,305	-19960,462
313			388,37	-19985,51	388,36	-19985,48	388,365	-19985,472	388,313	-19985,467	388,295	-19985,466	388,260	-19985,465
314			380,26	-20010,07	380,22	-20010,04	380,183	-20010,028	380,137	-20010,028	380,117	-20010,028	380,069	-20010,027
315			380,15	-20015,70	380,11	-20015,65	380,043	-20015,643	379,994	-20015,648	379,964	-20015,645	379,925	-20015,649
316			380,17	-20022,60	380,12	-20022,57	380,064	-20022,564	380,006	-20022,567	379,985	-20022,568	379,921	-20022,569
317			380,24	-20029,27	380,19	-20029,24	380,144	-20029,241	380,094	-20029,240	380,059	-20029,248	380,012	-20029,245
318					380,26	-20035,03	380,250	-20035,011	380,185	-20035,010	380,152	-20035,014	380,103	-20035,014
319							380,568	-20060,009	380,541	-20060,011	380,528	-20060,012	380,478	-20060,009

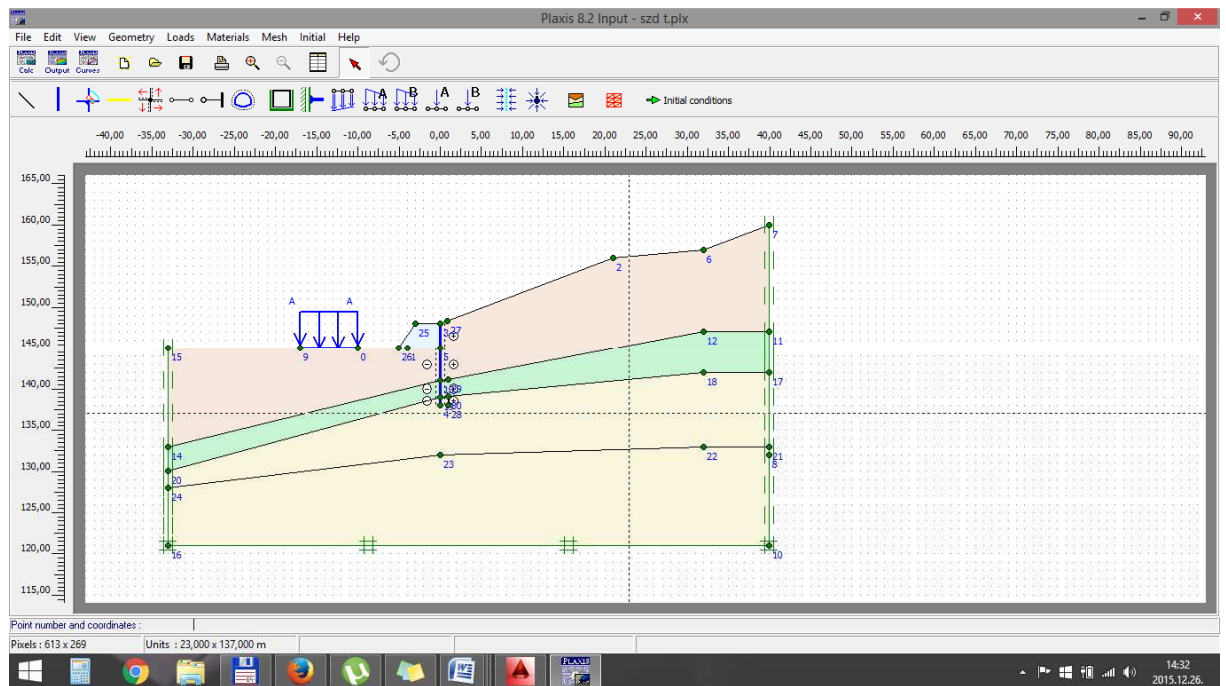
10. Számú melléklet:

Alapesemény megnevezés	Az esemény valószínűsége	Az esemény azonosítója
Megnő a csapadék	0,5	Event1
Szélirány és szélsébség változása	0,001	Event2
Nincs technológiai utasítás	0,01	Event3
Elégtelen reagálás	0,01	Event4
Technológia megszégése	0,001	Event5
Nem működő technológia	0,05	Event6

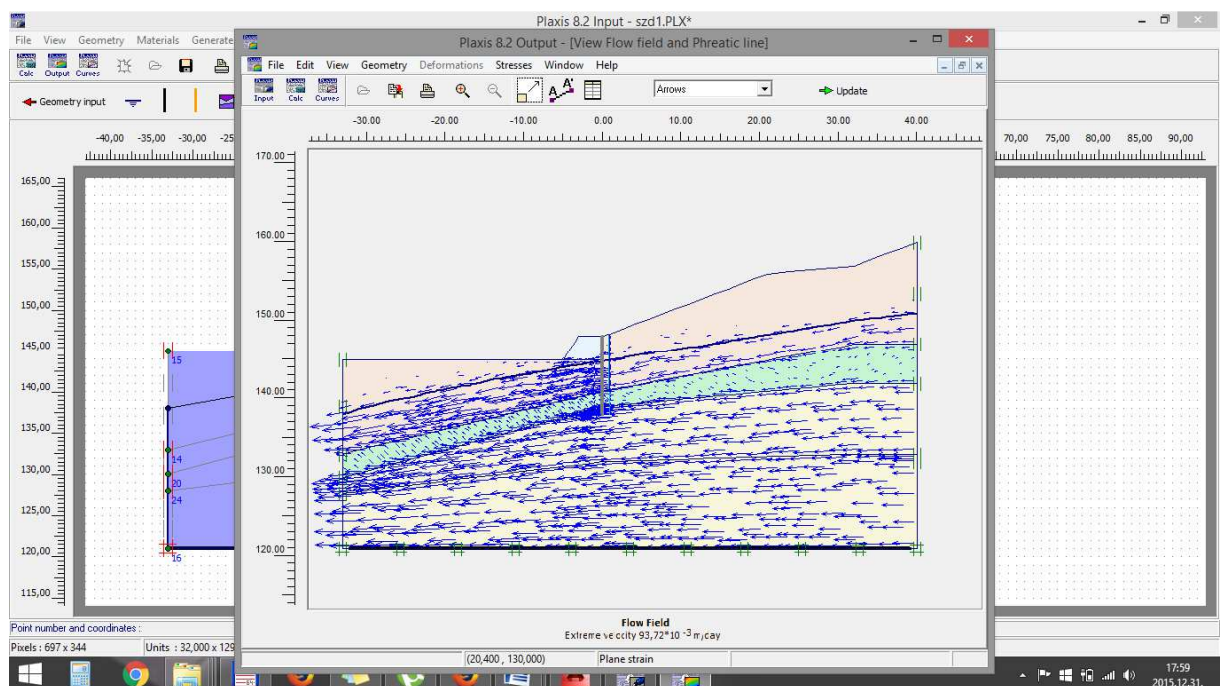
Monitoring rendszer nincs üzemeltetve	0,05	Event7
Monitoring rendszer nem működik (nincs)	0,001	Event8
Nem jelez a monitoring rendszer	0,001	Event9
Megszegik a technológiai utasítást	0,001	Event10
Rossz tervezés	0,1	Event11
Nem megfelelően előkészített(tervezett) átalakítás	0,5	Event12
Alultervezett a támfal	0,5	Event13
Alultervezett szivárgó	0,5	Event14
Növényzet romboló hatása	0,01	Event15
Közlekedési baleset	0,0001	Event16
Földrengés	0,00009	Event17
Terror	0,00009	Event18
Dominó hatás, becsapódás	0,00009	Event19

11. Számú melléklet: Következmények számítása állékonyságvizsgálat

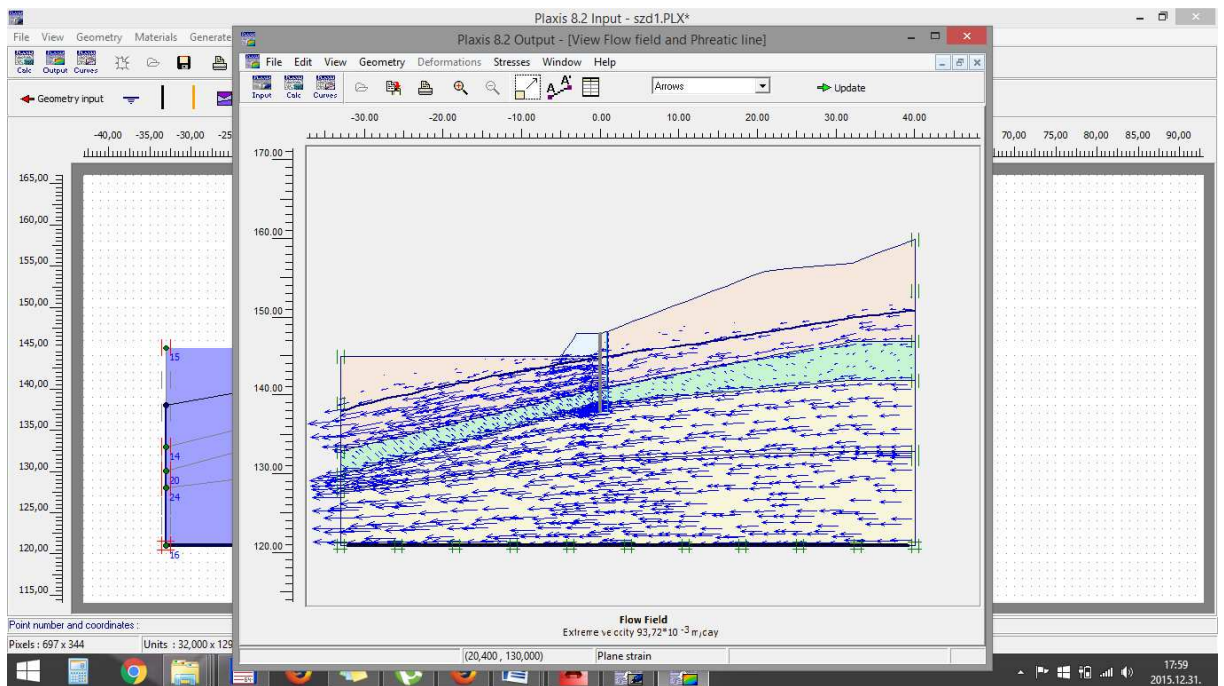
Geometria felvétele:



Talajvíz modellezése:

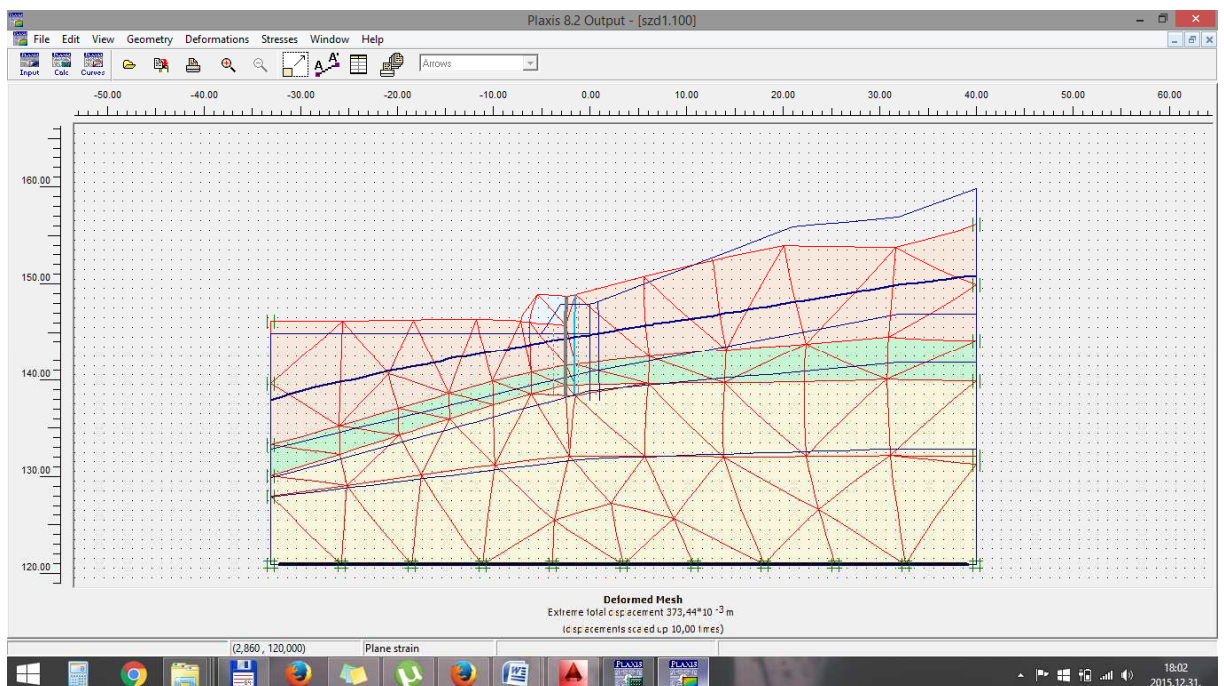


Háló generálása:

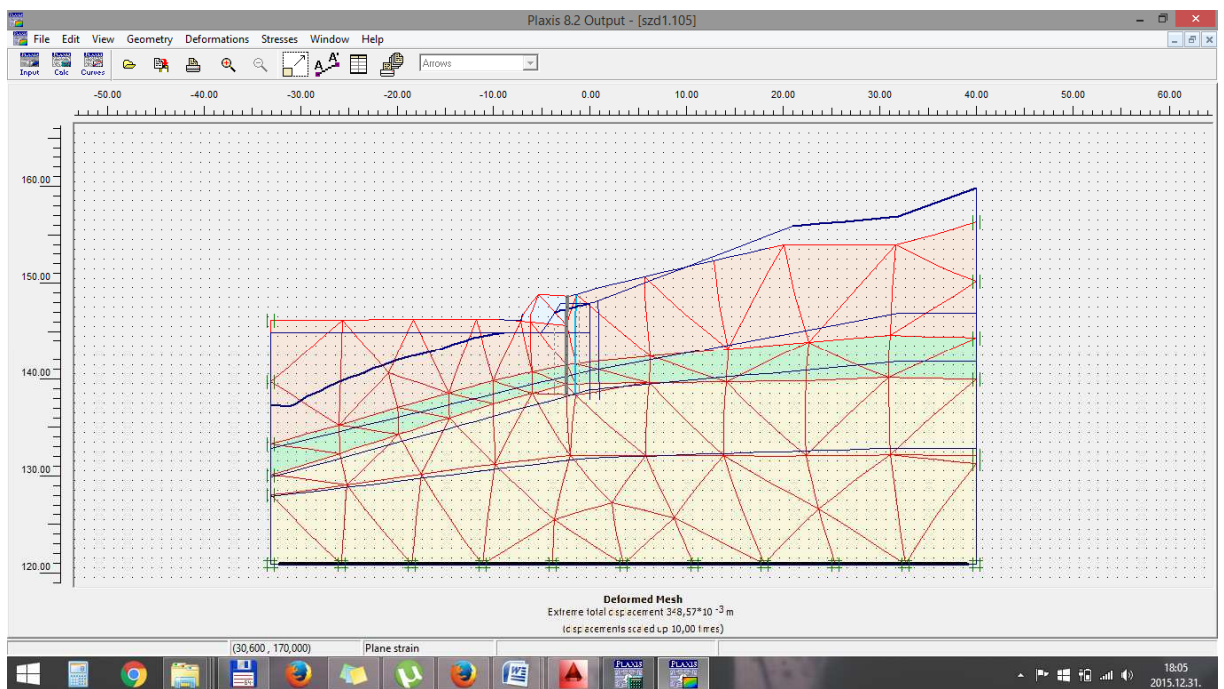
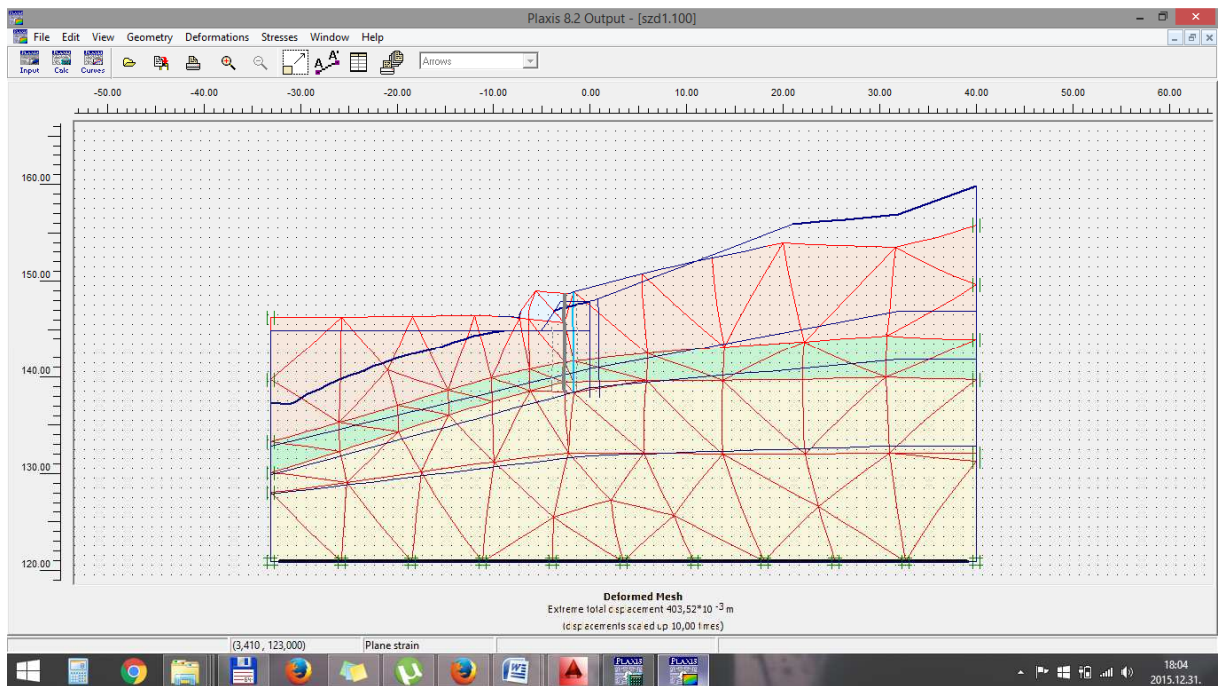


Számítások:

Φ, c redukció:

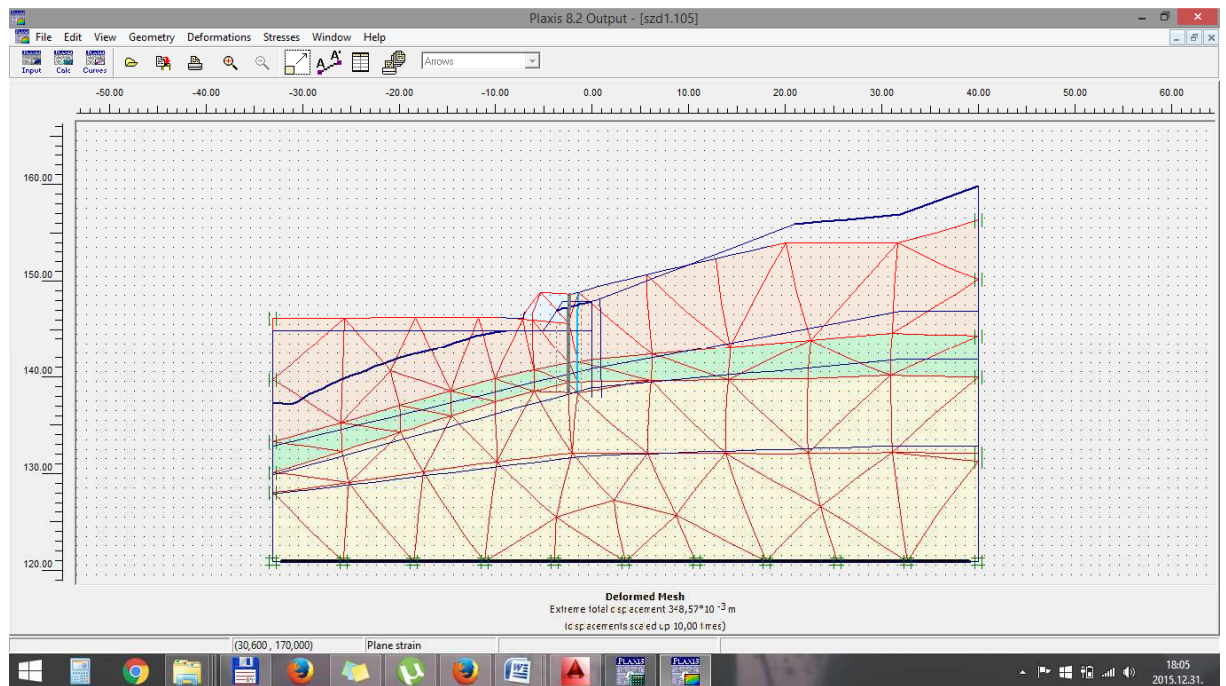


Telített állapotnál:

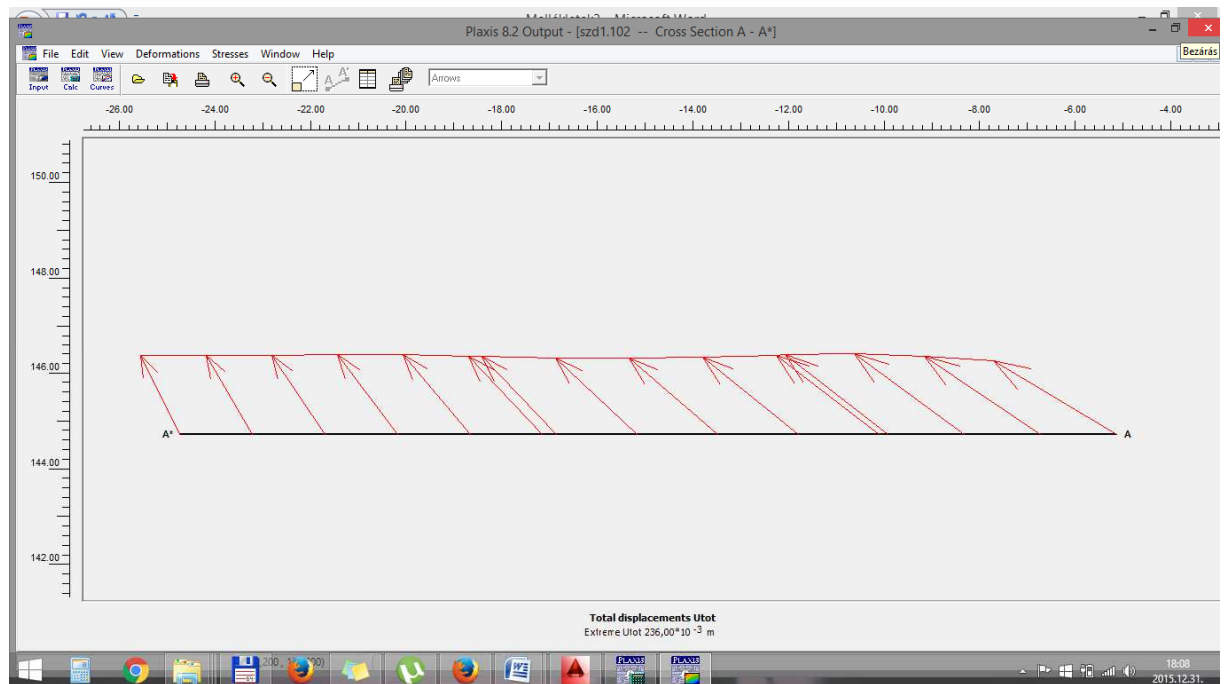


31 napig telített talajállapotnál:

A padka elbontása esetén:



A tartály alatti talaj mozgása telített talaj esetén:

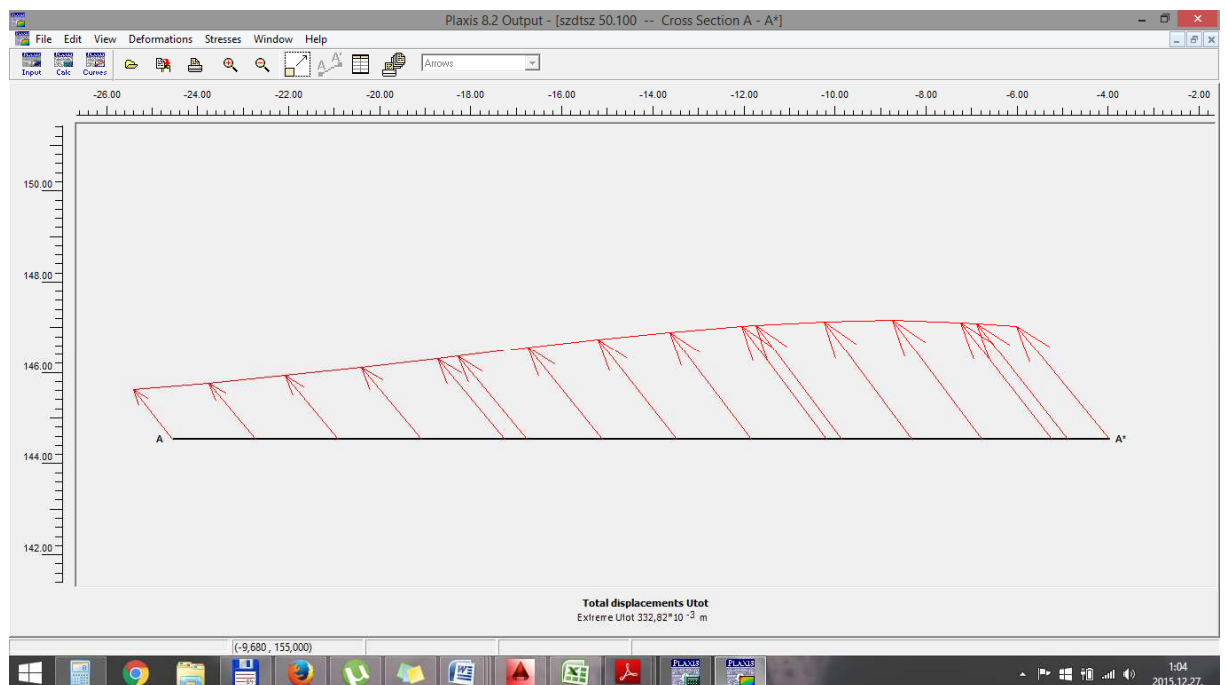
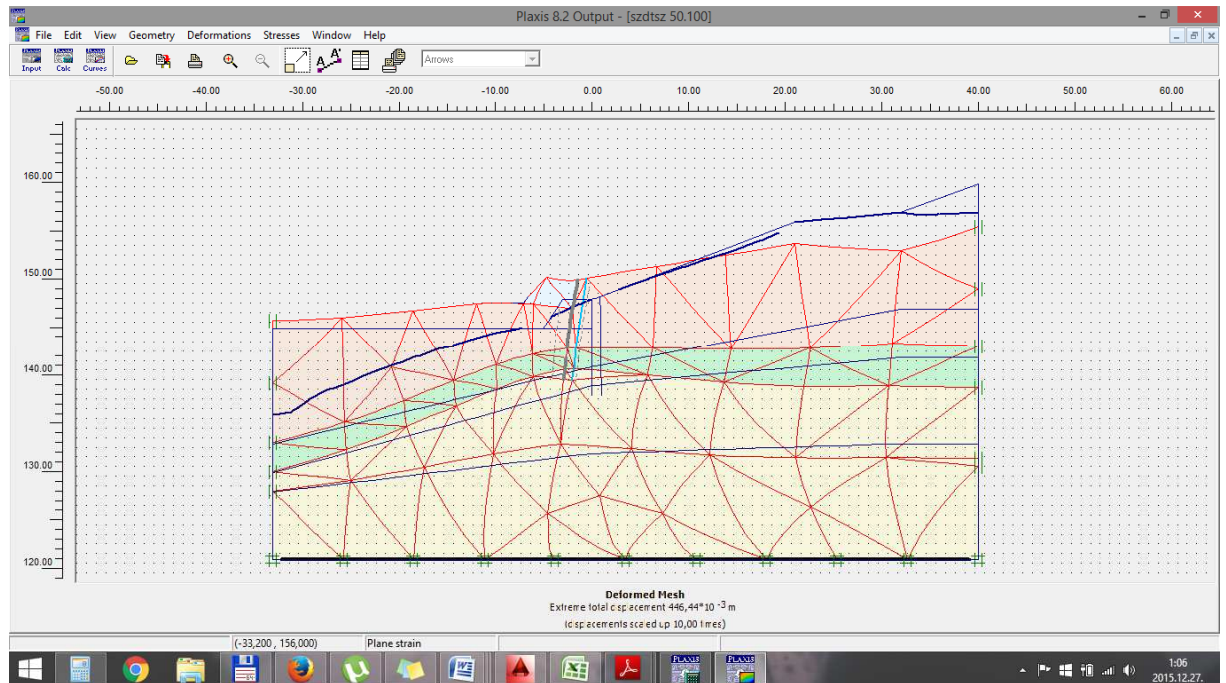


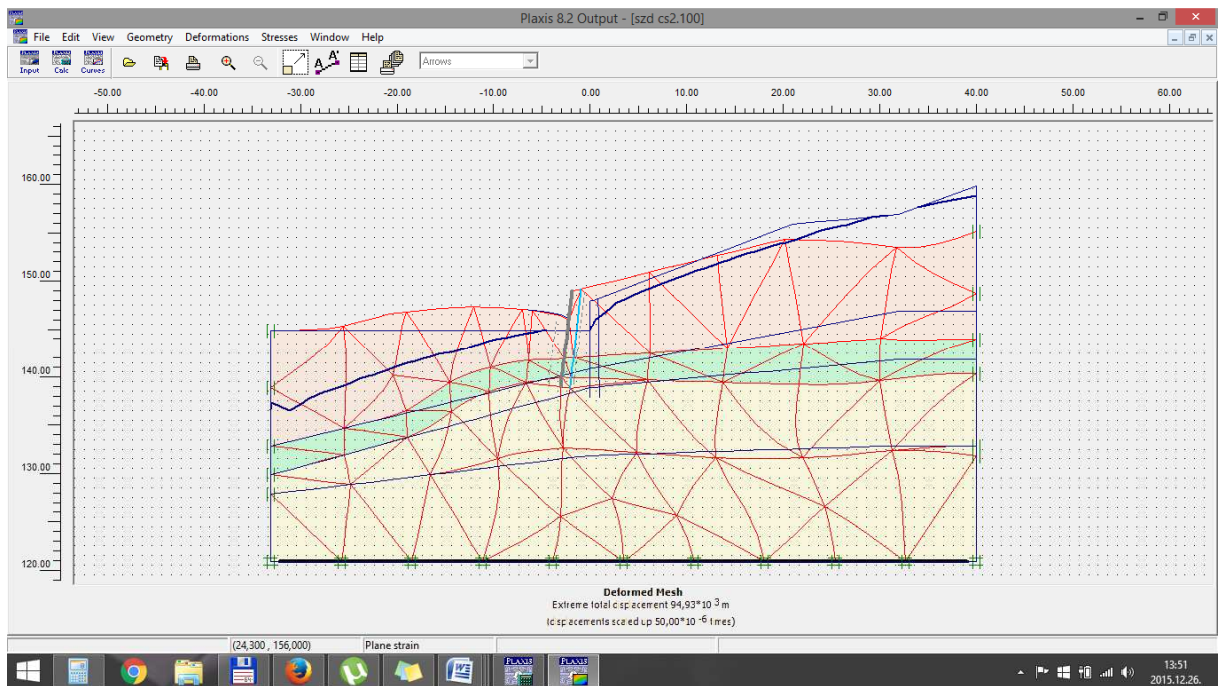
23cm!

Telített talajállapot modellezése a talajfizikai jellemzők redukálásával:

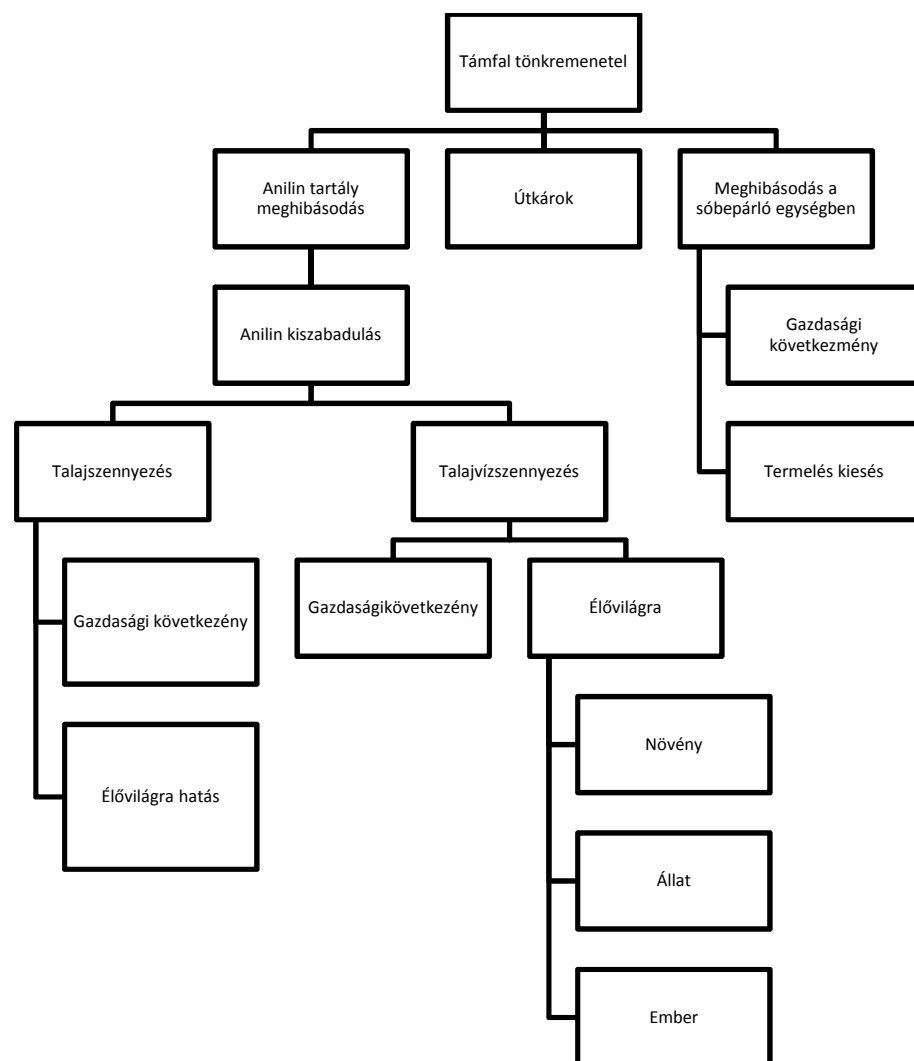
(Tartály teher nélkül)

Állékonysági vizsgálatnál

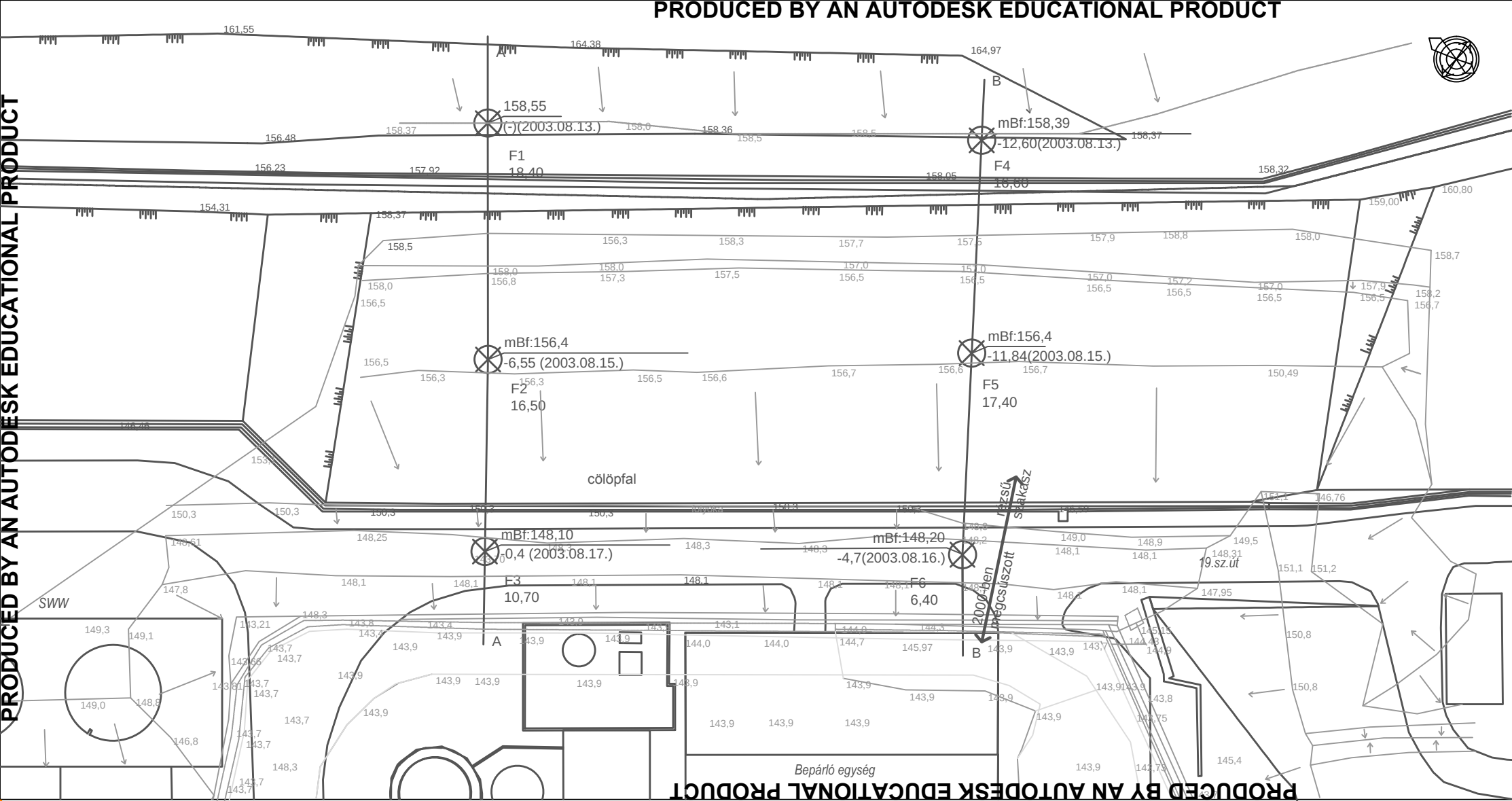




12. Számú melléklet: Eseményfa elemzés



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



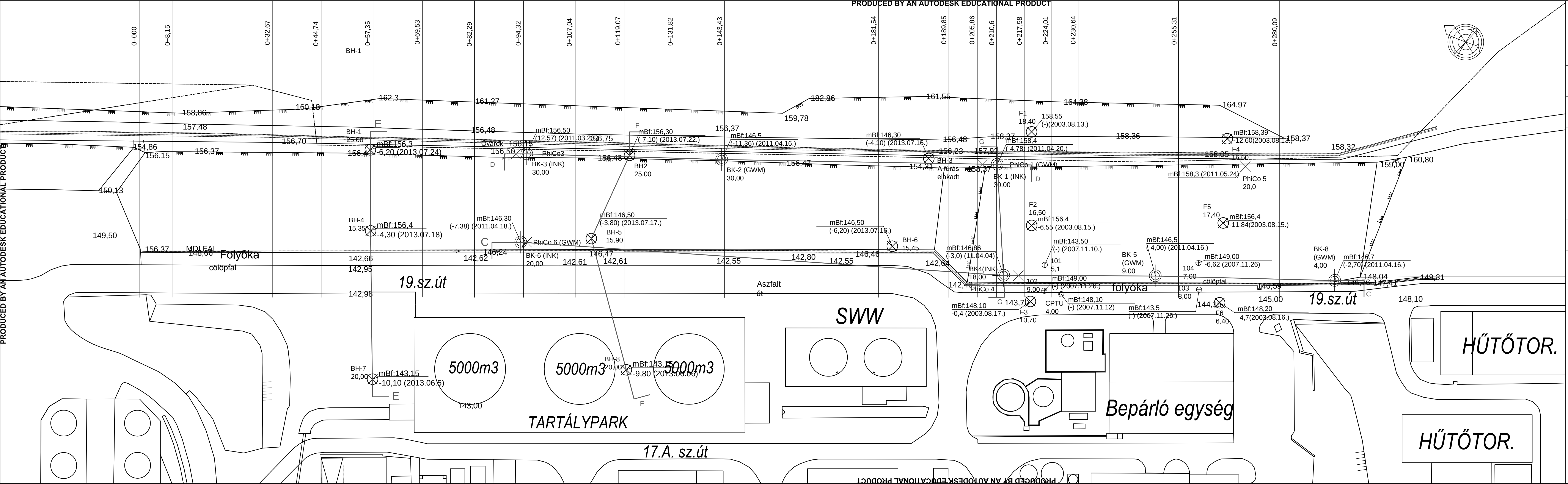
Jelmagyarázat:

- 100mBf
-3,60(2010.03.19.)
- 2.sz fúrás
15,0m
- Talajfeltáró fúrás
helye, terep szint
Nyugalmi talajvíz
szint (Nyugalmi
talajvízszint dátuma)
- Fúrás jelölés
- Fúrás mélysége
- Kerítés
- Terep
2003
- Terep
2015

Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám:	GT - 1
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum:	2015/16
Terv:	2003 terep	Méretarány:	M=1:250
Készítette:	Szép Ágnes	Konzulens:	Dr. Elek Barbara
Rajzszám:	760*312		

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Jelmagyarázat:

Északi irány

Kerítés

Támfal

Rézsű

Terep pontok

Vízvezetés

100mBf
-3,60(2010.03.19)

2.sz
fúrás
15,0m

BK-8
(GWM)
4,00

103
8,00

F5
17,40

PhiCo 5
20,0

CPTU
4,00

Talajfeltáró fúrás
helye, terep szint
(Nyugalmi talajvízszint
dátuma)

2013
Fúrás jele
Fúrás mélysége

2011
Fúrás jele
Fúrás mélysége

2007
Fúrás jele
Fúrás mélysége

2003
Fúrás jele
Fúrás mélysége

2011
Vizsgálat helye
vizsgálat mélység

2007
Vizsgálat helye
vizsgálat mélység

Megjegyzés: a talajfeltársok pontos helyét a terep és
használt koordináta rendszerek változásai miatt szinte
lehetetlen meghatározni. A mindegyik vizsgálat más
relatív rendszert alkalmazott. A jelölt pontok 50 cm
pontossággal jelölik a vizsgálatok helyeit.

Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy: Geotechnika Szakcsoport

Rajzszám: GT - 2

Projekt: Támfal geotechnikai projekt
és kockázat értékelés

Dátum: 2015/16

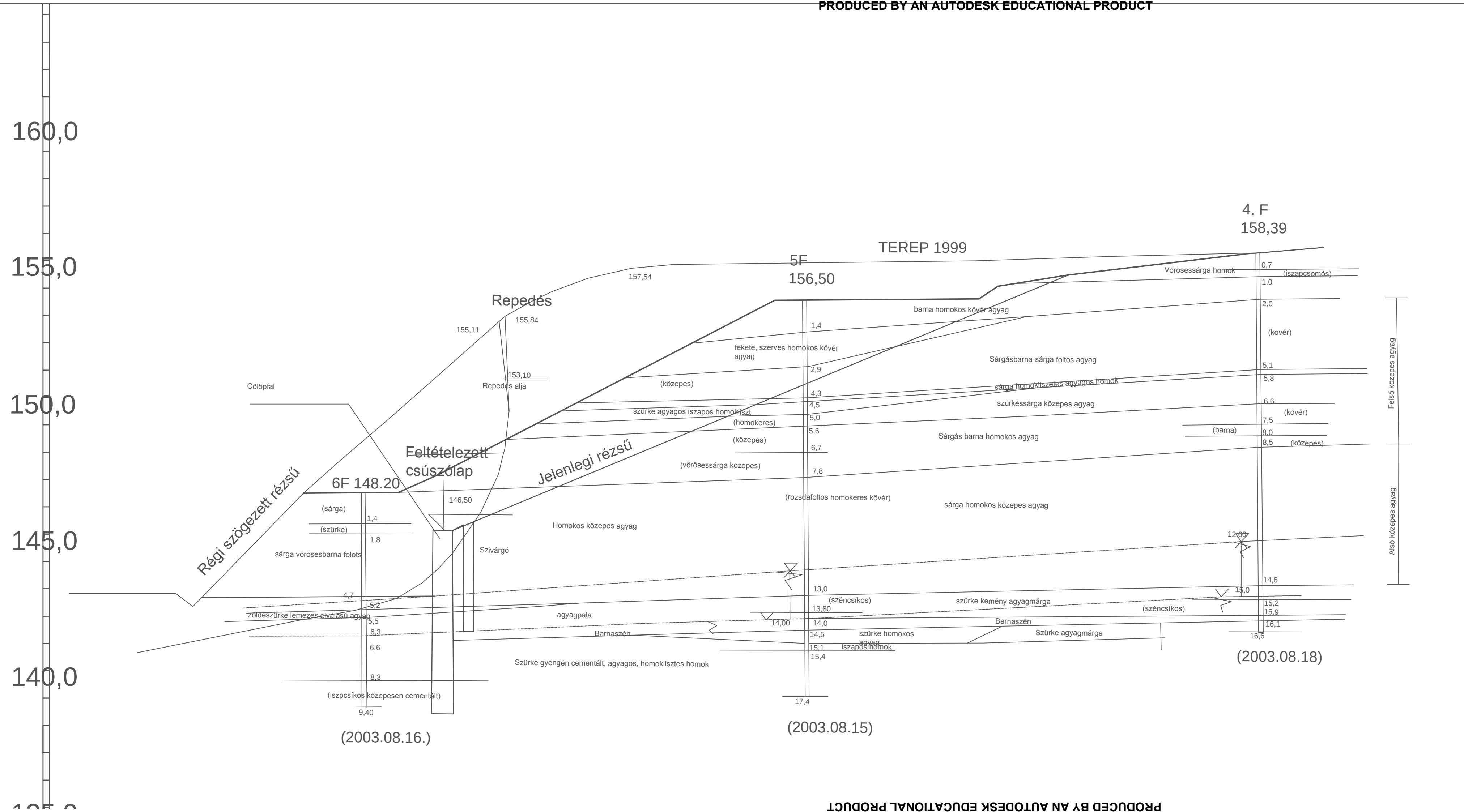
Terv: Talaj feltárások

Méretarány: M=1:1000

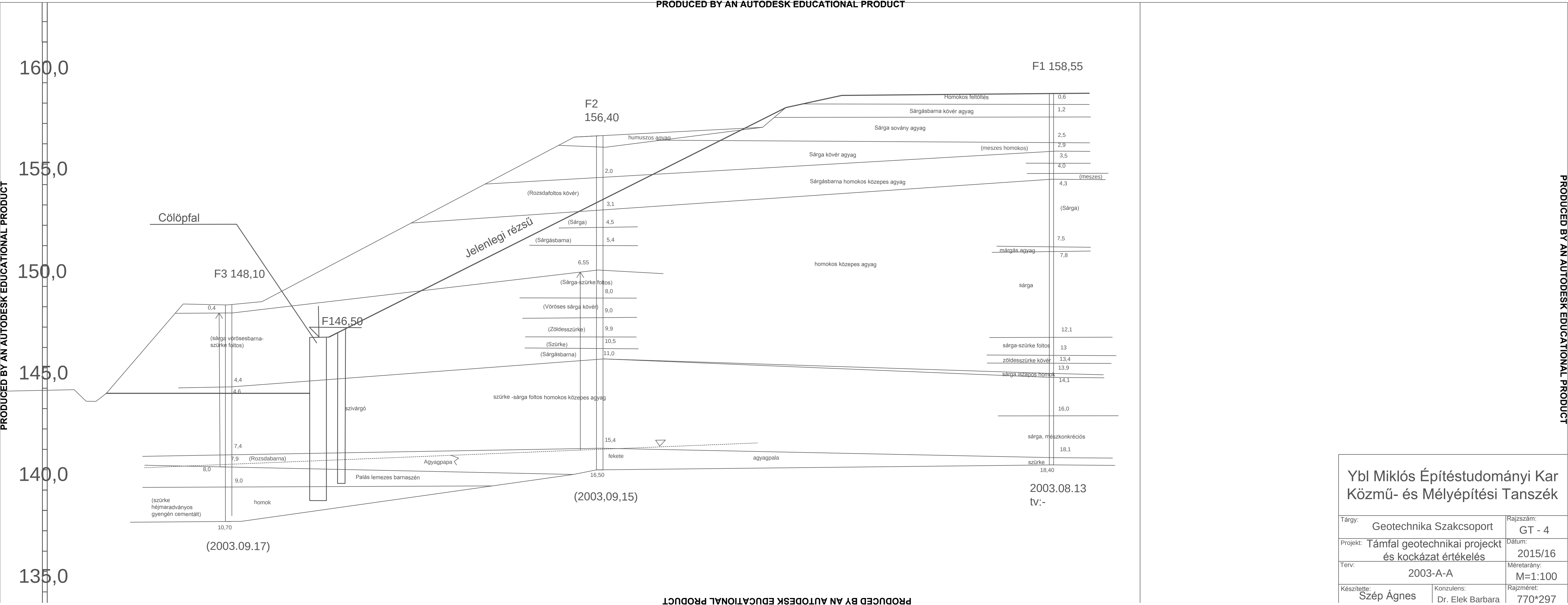
Készítette: Szép Ágnes

Konzulens: Dr. Elek Barbara

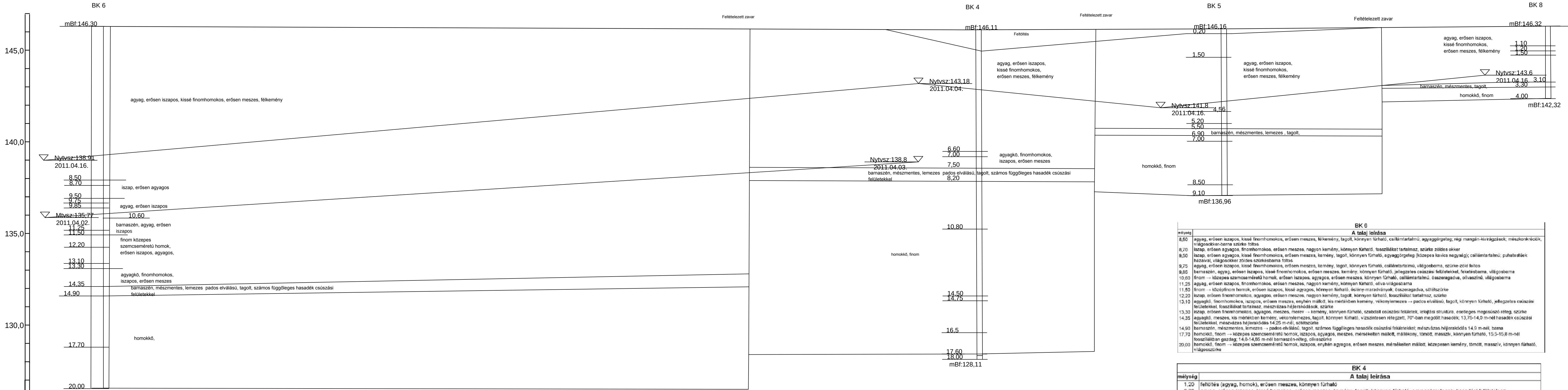
Rajzméret: 1172*297



Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám: GT - 3
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum: 2015/16
Terv:	2003-B-B	Méretarány: M=1:100
Készítette:	Szép Ágnes	Rajzméret: 770*397
Konzulens:	Dr. Elek Barbara	



Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzsám: GT - 4
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum: 2015/16
Terv:	2003-A-A	Méretarány: M=1:100
Készítette:	Szép Ágnes	Rajzméret: 770*297
Konzulens:	Dr. Elek Barbara	

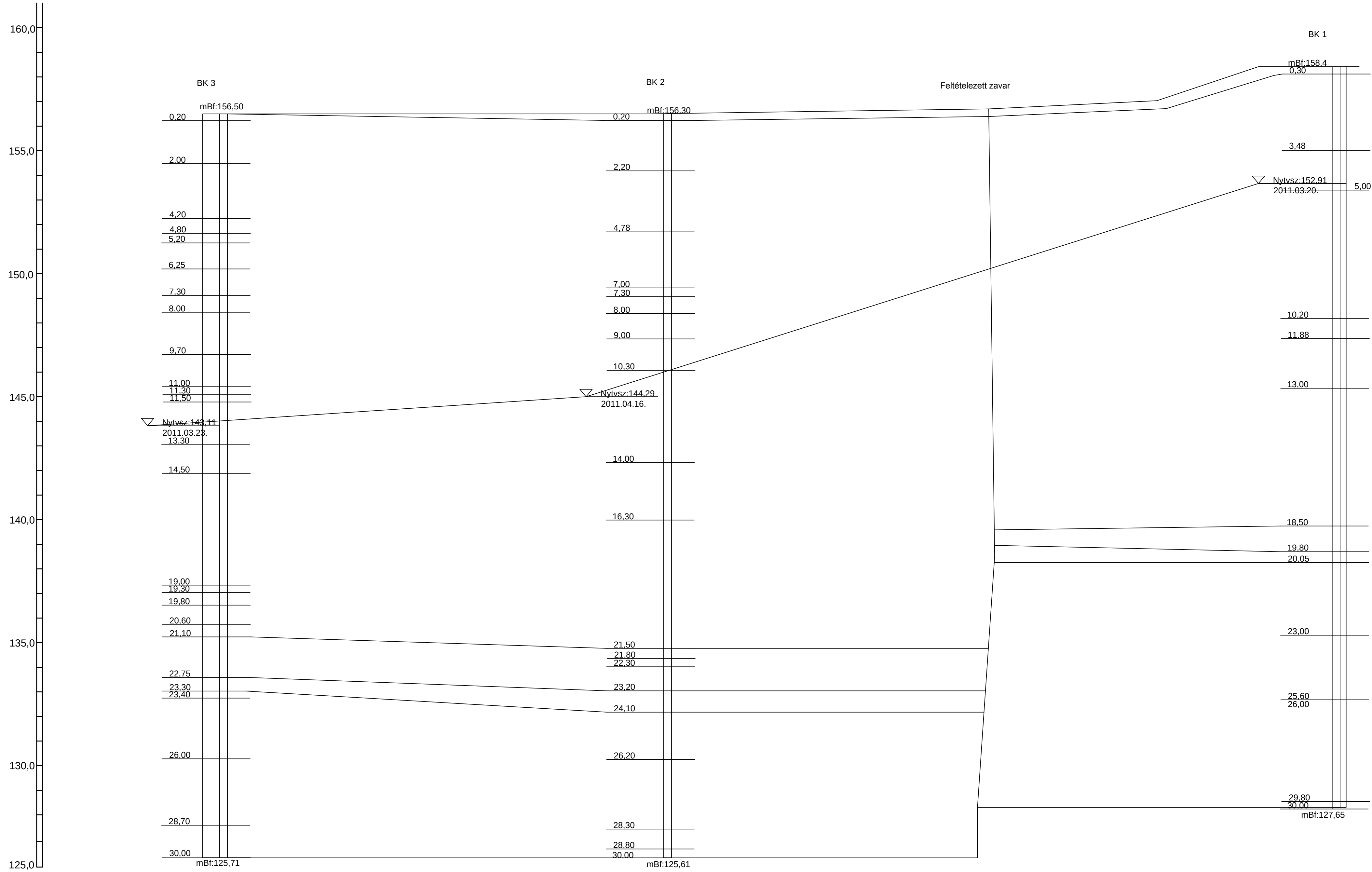


BK 5	
A talaj leírása	
mélység	
0,20	feltöltés (felő humuszos talaj), könnyen fűrható, műanyagrács, betondarabok, sótétbarna
1,50	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, részben bedolgozott agyaggörgetegekkel és agyagdarabokkal, világosoliva-bézsbarna
4,50	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, kemény, tömött, tagolt, könnyen fűrható, agyaggörgetegek és agyagdarabok, világosoliva-bézsbarna
5,20	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény, könnyen fűrható, 4,95-5,05 m-ig kis hasadékos homokkőrétegekkel, mm-es rétegződésben, szilagosan, +/- vízszintes rétegződés kerekben rétegződő testekkel (bordásak) (ld. a fénykép felvételt), világosbarna
5,50	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, kis mértékben szerves, mészmertes, nagyon kemény, könnyen fűrható, barnaszén beágyazódásokkal, egyebekben mint fentebb, sótétbarna
5,90	barnaszén, mészmertes, nedves, puha, felbomlóva, könnyen fűrható, elbomlóva barnaszén iszappá és barnaszén agyaggá, fekete
6,00	agyag, erősen iszapos, homokos, erősen meszes, kemény, könnyen fűrható, mészvázás héjaskódások, sótétoliva-szürke
8,00	homokkő, iszapos, kissé agyagos, erősen meszes, enyhén mállott, tömött, masszív, könnyen fűrható, csillámtartalmú, fossziliákat - többek között cerkhiákat - tartalmaz, 8 m-től kezdődően megszilárdul, sótétoliva-szürke
9,20	homokkő, iszapos, kissé agyagos, erősen meszes, enyhén mállott, kemény, pados elválású, masszív, nehezen fűrható, csillámtartalmú, világosszürke-zöldes

BK 8	
A talaj leírása	
mélység	
1,10	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, mészmertes → meszes, merev, könnyen fűrható, világosbarna-okkar
1,20	konglomerátum, mészmertes, kemény, lemezes, könnyen fűrható, erősen homokos kavics kvarcitos kötással, a szemcse szerkezettel megtámasztva, erősen porózus, nagy sűrűségi értékkel (>1kvarc), világosszürke
1,60	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, meszes, merev → kemény, könnyen fűrható, részben durvahomok- és finomkavics-nagyságú levercal, ritkára beszórva, zöld-barnászürke
3,10	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, agyagkő, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, mészmertes, nagyon kemény, mállékony, erősen tagolt, rétegződése +/- vízszintes, hasadékok meredekségétől függőlegesen 45°-ig, erősen felazulva; a hasadékok részben rozsdás bevonattal, olivabarna-szürke
3,30	barnaszén, mészmertes, puha, felbomlóva, könnyen fűrható, elbomlóva barnaszén iszappá és barnaszén agyaggá, feketebarna
4,00	homokkő, erősen iszapos, agyagos, meszes, elbomlott → erősen mállott, mállékony, pados elválású, erősen tagolt, könnyen fűrható, sok rozsdás agyagbélés az elválástól-fölülteken, világosoliva-barna

BK 4	
A talaj leírása	
mélység	
1,20	feltöltés (agyag, homok), erősen meszes, könnyen fűrható
6,70	agyag, erősen iszapos, kissé homokos, erősen meszes, kemény, tagolt, könnyen fűrható, agyaggörgetegek, hasadási felületek az osztósilikonok, vas-mangán bevonattal, világosbarna, világosoliva szürkén foltos
6,80	agyag, erősen iszapos, kissé homokos, erősen meszes, merev, barnaszén-beágyazódásokkal, víztartó réteg (?)
7,60	agyagkő, meszes, enyhén mállott, közepesen kemény, pados elválású → vastaglemez, könnyen fűrható, 7,6 m-nél fossziliákat - mészvázás héjaskódásokat - tartalmaz, 6,9-7,0 m-nél elaprózódva, olivászürke
8,25	barnaszén, mészmertes, tagolt, csúszási felületek, igen sima elválásztási felületek
8,30	homokkő, erősen meszes, mészvázás üledék
11,00	homokkő, enyhén iszapos, enyhén agyagos, erősen meszes, elaprózódva, mállékony, tömött, masszív, könnyen fűrható, 8,3-8,8 m-nél erősen fosszilia-tartalmú, olivászürke
14,70	homokkő, enyhén iszapos, enyhén agyagos, erősen meszes, enyhén mállott, közepesen kemény, tömött, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz
14,90	mészke, frisse, kemény, pados elválású, osztárgatelep
16,70	homokkő, agyagos, iszapos, enyhén mállott, kemény, vastag telep, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz, szürke
17,60	homokkő, enyhén iszapos, agyagos, meszes, mérsékelten mállott, csekély keménységű, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz, olivászürke
18,00	barnaszén, mészmertes

Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám: GT - 5
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum: 2015/16
Terv:	2011-C-C	Méretarány: M=1:500
Készítette:	Szép Ágnes	Rajzméret: 1100x297
Konzulens:	Dr. Elek Barbara	



BK 3

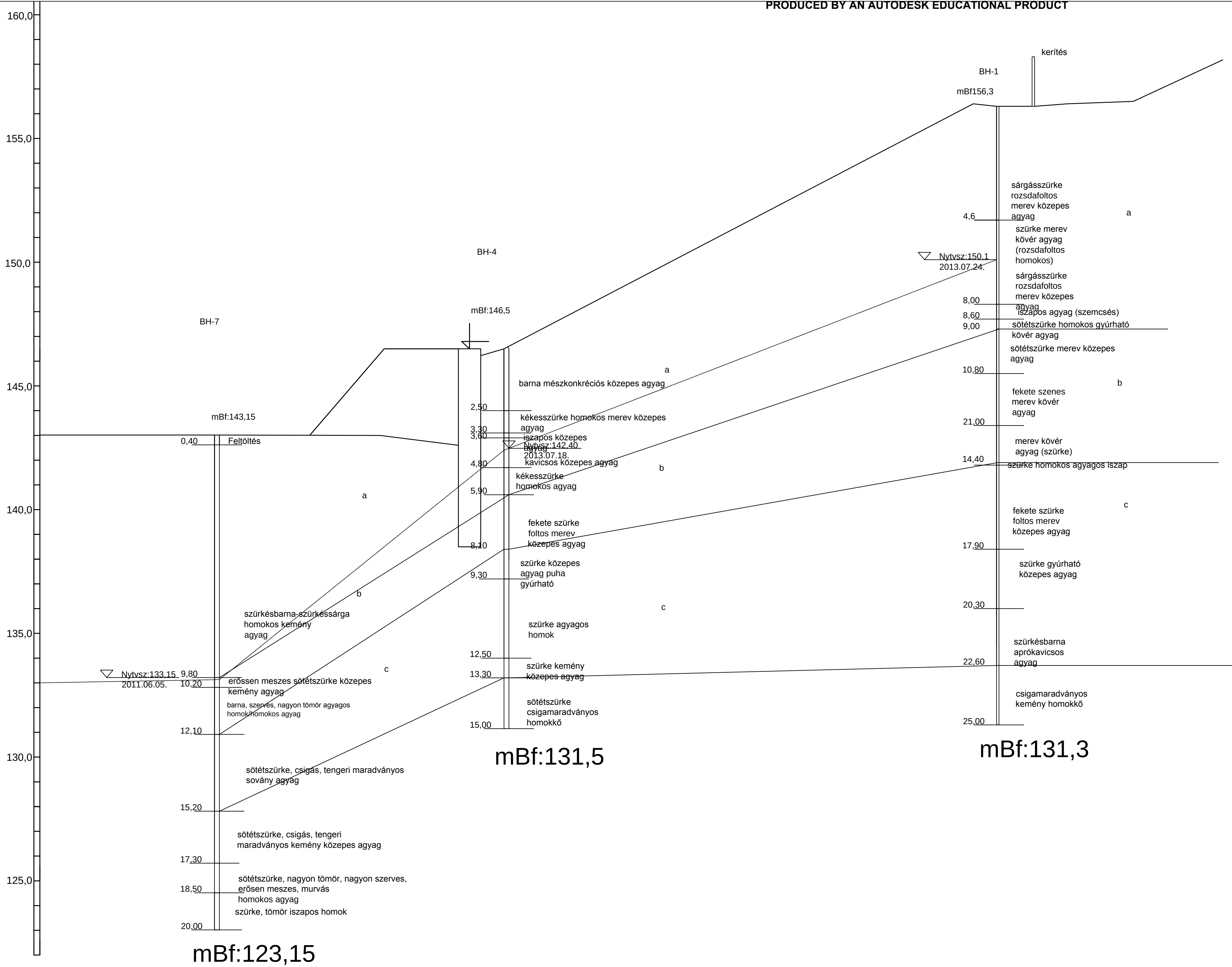
A talaj leírása	
0,20	feleső humuszos talaj, agyag, erősen iszapos, finomhomokos, szerkes, erősen meszes, puha, könnyen fűrható, gyeses föld, sötétszürke/bézs színű
2,00	agyag, erősen iszapos, kissé finomhomokos, erősen meszes, puha–merő, könnyen fűrható, csillámtartalmú, enyhén gyökérrel, mállott lakartóréteg, barnes barna
4,20	agyag, erősen iszapos, kissé finomhomokos, erősen meszes, merev, tagolt, könnyen fűrható, csillámtartalmú, számos gipszkivirágzás, kérges meszlerakódás (ritkán), mangán-képződmények, vasbevonat az osztófelületeken, zöldek, világosbarna
4,80	iszap, erősen finomhomokos, agyagos, erősen meszes, kemény–kemény, könnyen fűrható, számos vasbevonat és –migráció, világosszürkésen bézs barna
5,20	iszap, erősen finomhomokos, agyagos, erősen meszes, nagyon kemény, málló, könnyen fűrható, kérges vaslerakódás és vasmigráció, összesülve, mállékony (ta ajvíz jelenlétére utal), rozsdásbarna
6,25	iszap, erősen finomhomokos, agyagos, erősen meszes, kemény, enyhén tagolt, könnyen fűrható, szabálytalanul megadódó kérges vaslerakódás és –migráció; 0,2 m-nél csúszási felületek, világoszöldek, bézsesszürke / világosbarna
7,30	iszap, erősen finomhomokos, agyagos, erősen meszes, kemény, könnyen fűrható, helyenként gyökérmomokkal, 6,5 m-nél 45°-ban dől hasadék; 7,25-7,30 m-ig enyhén dől kérges vaslerakódás, világoszöldek/szürke
8,00	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény–kemény, tagolt, könnyen fűrható, csillámtartalmú, egy-egy puhatestű, 2 irányban hasadékok, nagyjából egymásra merőlegesen, vasmigráció a hasadékok, erőszett végeződés, olvaszúrke
9,70	iszap, finomhomokos, erősen agyagos, erősen meszes, nagyon kemény–kemény, könnyen fűrható, összeragadva, őslények csigákkal (mint pl. hidrobák), fokozatos színátmenet sötétzöld–szürke, olvaszúrke–zöldesszürkésbe
11,00	iszap, igen erősen agyagos, finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény–kemény, könnyen fűrható, csillámtartalmú, elszórtan csigák, részben összeragadva, sötétolvaszúrke
11,30	külön vett minta
11,50	iszap, finomhomokos, agyagos, kissé kavicsos, erősen meszes, puha–merő, könnyen fűrható, gsimana csiszolódott kavics, sötétszürke
13,30	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, csillámtartalmú, hasadékok ugyanazon anyagból való szemcsékkel, lekerekítve, jól meghatározott felületek, részbenként átrákhóva az ülepedés idején; elszórtan vas csomó/kéregképződés, világosbarnasv
14,50	agyag, erősen iszapos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, csillámtartalmú, zsinorszerű homokformáció, egy-egy durva homokszemcsé, szürkékékesszürke foltokkal
19,00	iszap, erősen agyagos, finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény–kemény, tömött, könnyen fűrható, csillámtartalmú, világosbarnabézs foltos
19,30	külön vett minta
19,80	finomhomok, erősen iszapos, agyagos, erősen meszes, merev–kemény, könnyen fűrható, összesülve, világosbézs
20,60	iszap, erősen agyagos, finomhomokos, erősen meszes, puha, könnyen fűrható, mangán kérges és barnasfagződéseivel, zöldek/olvasz barna
21,10	iszap, erősen agyagos, finomhomokos, erősen meszes, merev–kemény, könnyen fűrható, csillámtartalmú, szürke
22,75	homokkő, iszapos, agyagos, finommeszes, fossziliákban gazdag, puhatestűek, csigák, kagylók, közepesen kemény, nehezen fűrható, 22,5 m-nél 1-2 cm mélységben héjlerakódások; +/- vízszintes rétegződés, egymásra merőleges hasadékok, 45°-os hasadozottság, csökkenő szemcsenagyság, ami átmeny agyagkőbe, erősen meszes 21,6 m-ig, azután mészmertes
23,30	barnaszén, mészmertes, mállékony, darabosan kőredezett, nehezen fűrható, közvetlenül a feletben számos erősen csilgós csúszási felület (d. a fényképen), feketébarna
23,40	agyagkő, homokos, mészmertes, enyhén mállott, közepesen kemény, pados elválású, könnyen fűrható, csúszási felületekkel, szürkés bézseképződéssel, +/- vízszintes lerakódás, sötétszürke
26,00	homokkő, erősen meszes, enyhén–mészkeltlen mállott, mállékony–kissé kemény, tömött, masszív, könnyen fűrható, fossziliákban gazdag 23,6 m-ig, sötétszürke
26,70	homokkő, erősen meszes, enyhén mállott, kemény, tömött, masszív, nehezen fűrható, fossziliákat tartalmaz; 27,4-27,45 m-ig barnaszén, világosszürke
30,00	homokkő, erősen iszapos, agyagos, erősen meszes, enyhén mállott, kissé kemény, könnyen fűrható, nagy kagylók, vastag héjak–osztriga, szürke

BK 2	
A talaj leírása	
0,20	feleső humuszos talaj
2,20	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, világos olva, világosbarna foltos
4,70	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos → finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, lokálisan kvarc-götegekkel (közepes kavicsnagyság), olva-világosbarna
7,00	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, meszes → erősen meszes, merev, könnyen fűrható, barnaszén beágyazódásokkal, szabálytalan eloszlásban, sötétbarna-olvaszúrke
7,30	külön vett minta
8,00	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, erősen meszes, merev → kemény, könnyen fűrható, gipszkivirágzások, nyomokban őslénymaradványok, agyaggörgeteg, barnásszürke foltos
8,00	agyag, iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev → kemény, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz, barnaszén beágyazódásokkal, szabálytalan eloszlásban, feketésszürke
10,30	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev → kemény, könnyen fűrható, világos olvaszúrke
14,00	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, erősen meszes, kemény, könnyen fűrható, sötét olvaszúrke
16,50	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény, erősen tagolt, könnyen fűrható, számos csúszási felülettel, szabálytalan eloszlásban, zöldek, szürke, barna
21,50	agyag, erősen iszapos, enyhén finomhomokos, erősen meszes, nagyon kemény, tagolt, könnyen fűrható, számos csúszási felülettel, részben egymásra merőleges hasadékok, világos olva, szürkésbarna
21,50	homok, erősen iszapos, agyagos, erősen meszes, könnyen fűrható, összeragadva, fossziliákat tartalmaz, világos olva, szürkésbarna
22,30	agyagkő, erősen meszes, pados elválású, tagolt, könnyen fűrható, csúszási felületekkel, meredek hasadékok, sötétszürke
23,20	mészakő, agyagos, mállós, könnyen fűrható, osztrigatelep, osztrigahéj illedék, sötétszürke, világosbézs
24,10	barnaszén, mészmertes, könnyen fűrható
26,00	homokkő, meszes, enyhén mállott, málladozó, tömött, masszív, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz (ceptritia-kagylók) a 24,2-24,7 m vezérszinten, olvaszöld
26,50	homokkő, erősen meszes, enyhén mállott, kismértékben → közepesen kemény, tömött, masszív → enyhén tagolt, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz, világos olvaszúrke
29,80	agyagkő, erősen iszapos, erősen mállékony finomhomokos, erősen meszes, közepesen kemény, tömött, masszív, könnyen fűrható, fossziliákban gazdag, kagylóhéj kismértékben, csigák, kagylók
30,00	homokkő, kismértékben → közepesen kemény, tömött, masszív, könnyen fűrható, fossziliákban gazdag, szürke

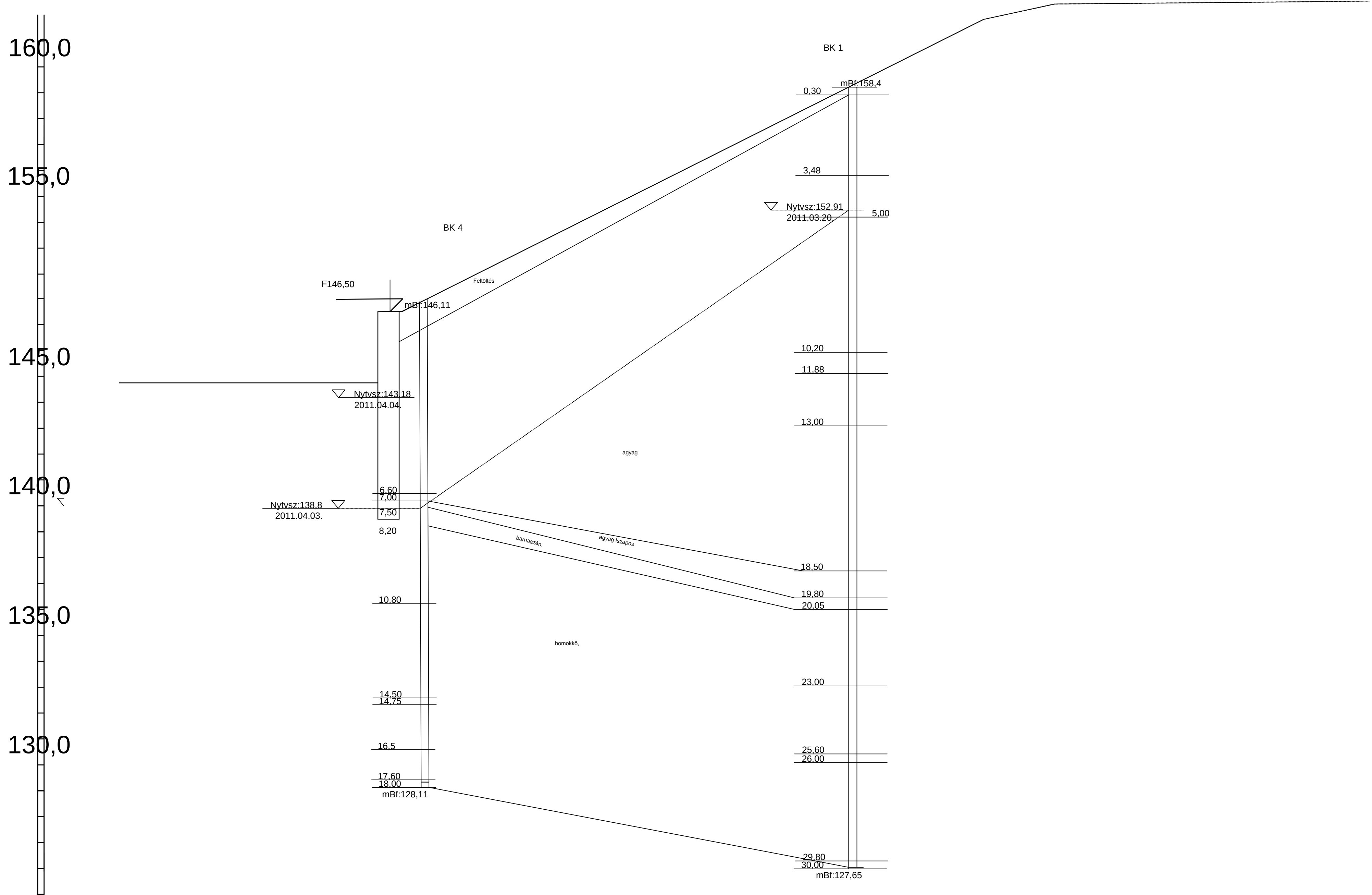
BK 1	
A talaj leírása	
0,30	feltöltés (feleső humuszos talaj, agyag, iszapos, homokos), mészmertes, könnyen fűrható, téglamaradványok
3,40	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, mészmertes, merev, könnyen fűrható, ritkán üreges gyökérhelyek, ritkán szénbeágyazódás, sötétbarna, olvabarna
5,00	iszap, finomhomokos, agyagos, meszes, merev, könnyen fűrható, világosbarna-olva
10,20	iszap, erősen agyagos, finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, egy-egy vas-mangán kéregképződmény, vízájtáthatóság 5,6 m-nél, világosbarna, olva foltos
11,00	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, egy-egy szénbeágyazódás, sötétszürke, világosbarna foltos
13,00	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, merev, könnyen fűrható, szénbeágyazódások, 11,6 m-nél kérges vaslerakódások, vízájtáthatóság, világos olvaszúrke, olvabarna, sötétszürke foltos
18,50	agyag, erősen iszapos, finomhomokos, erősen meszes, kemény → merev, tagolt, könnyen fűrható, hasadékok csúszási felületekkel; egy-egy agyagkő-kikeményedés 16,6 m-nél; 17,0-17,2 és 17,3-17,4 m mélységben, agyaggörgeteg, világosbarna olvaszúrke, szürkén foltos
19,80	agyagkő, erősen meszes, enyhén mállott, közepesen kemény, lemezes, masszív, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz 18,5 m-nél - osztriga kagylóhéj, 15,3 m - mészvázas üledék (vezérszintek), sötétbarna, szürke
20,05	barnaszén, mészmertes, lemezes, erősen tagolt, könnyen fűrható, hasadékok felületek csúszási síkokkal, sötétbarna
23,00	homokkő, erősen iszapos, enyhén agyagos, mérsékeltlen mállott, mállékony, tömött, masszív, könnyen fűrható, fossziliákat tartalmaz (20,1-20,6 m-ig), 20,1 m-nél mészvázas héjlerakódás (vezérszintek), sötétszürke
25,60	homokkő, iszapos, enyhén agyagos, erősen meszes, mérsékeltlen mállott, közepesen kemény, tömött, masszív, könnyen fűrható, szürke
25,90	mészakő, homokos, friss, kemény, pados elválású, könnyen fűrható, osztrigatelep, világosbézs, világosszürke
26,70	homokkő, iszapos, agyagos, erősen meszes, vastagon pados elválású, könnyen fűrható, őslénymaradványokban gazdag, enyhén lyukas; 29,65-29,70 m-ig mészvázas héjlerakódás
30,00	barnaszén, mészmertes, könnyen fűrható, igen sima hasadékok felületek

Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám:	GT - 6
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum:	2015/16
Terv:	2011-D-D	Méretarány:	M=1:500
Készítette:	Szép Ágnes	Konzulens:	Dr. Elek Barbara
		Rajzméret:	1100*400



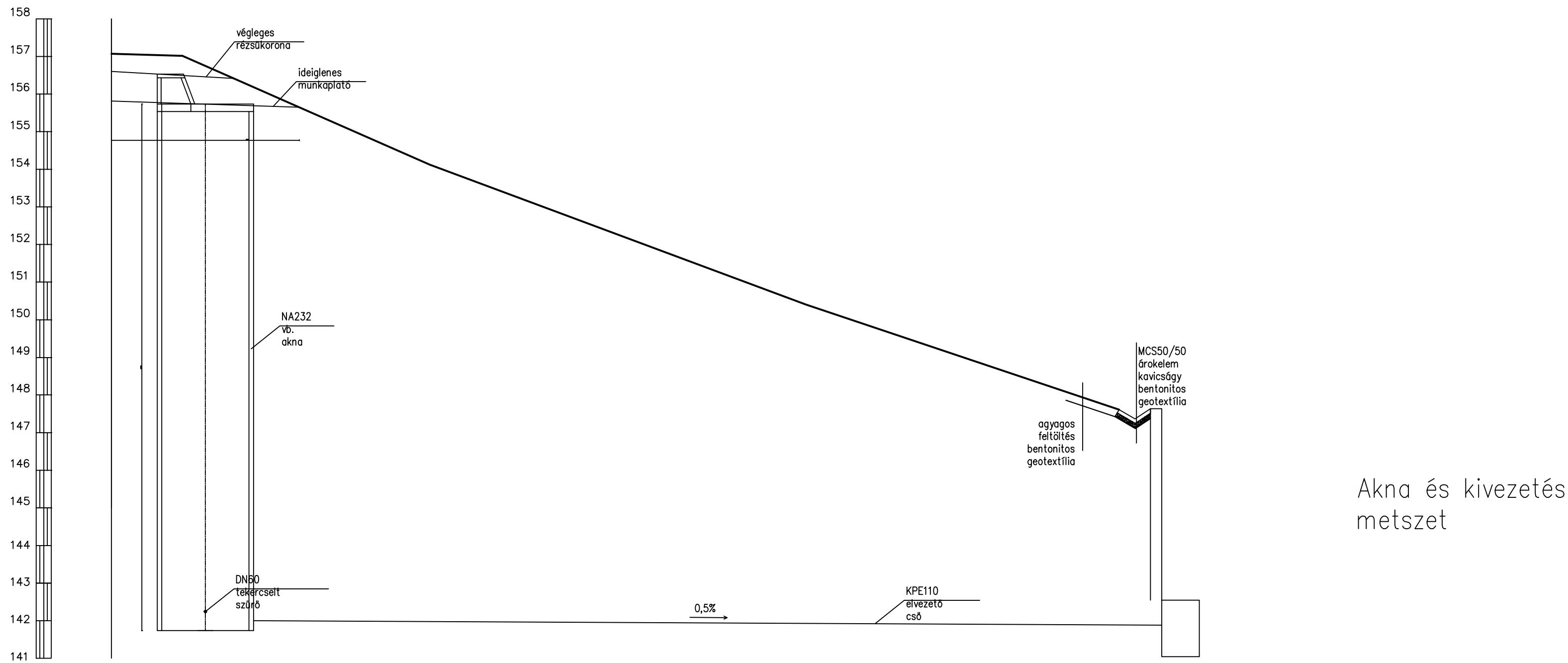
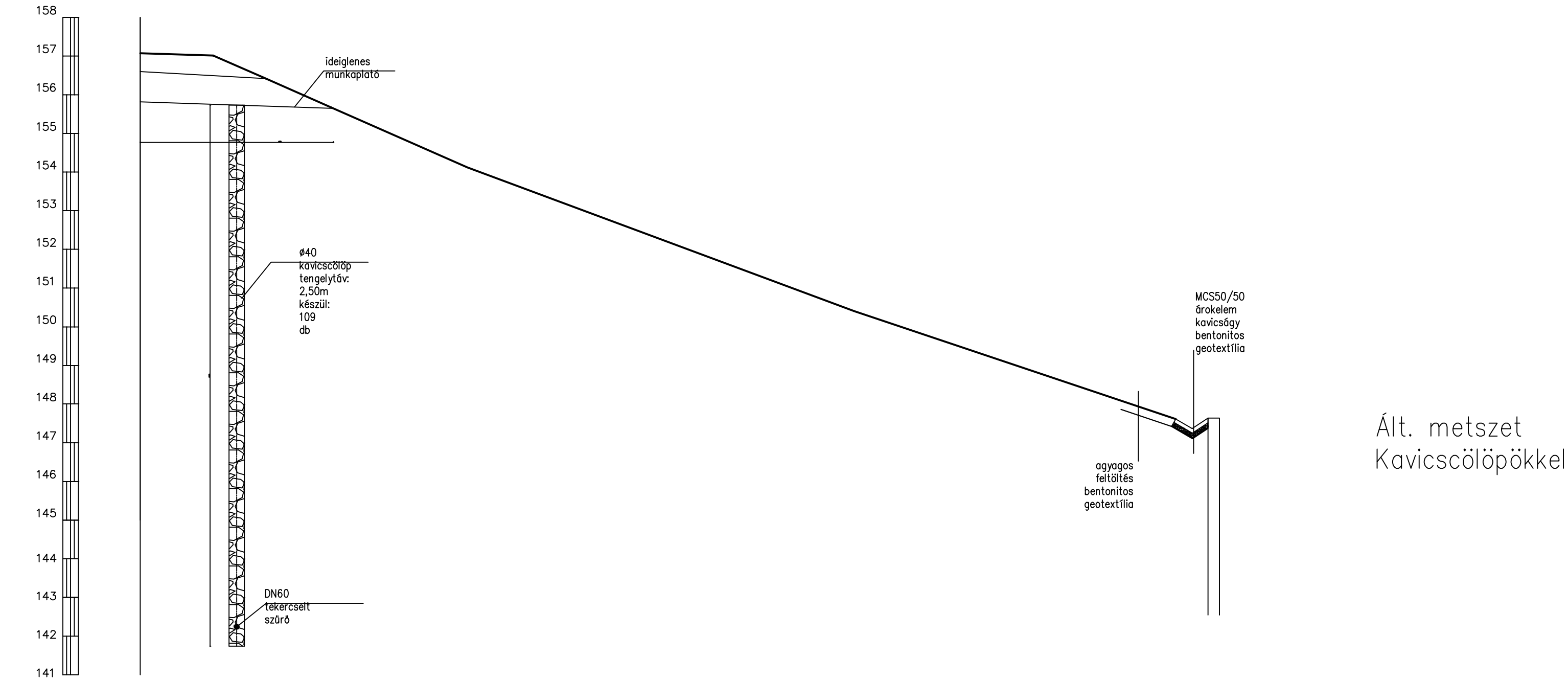
Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám: GT - 7
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum: 2015/16
Terv:	2013-E-E	Méretarány: M=1:100
Készítette:	Szép Ágnes	Rajzméret: 800+400
Konzulens:	Dr. Elek Barbara	



Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám: GT - 9
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum: 2015/16
Terv:	2013-G-G	Méretarány: M=1:100
Készítette:	Szép Ágnes	Rajzméret: 400*800
Konzulens:	Dr. Elek Barbara	

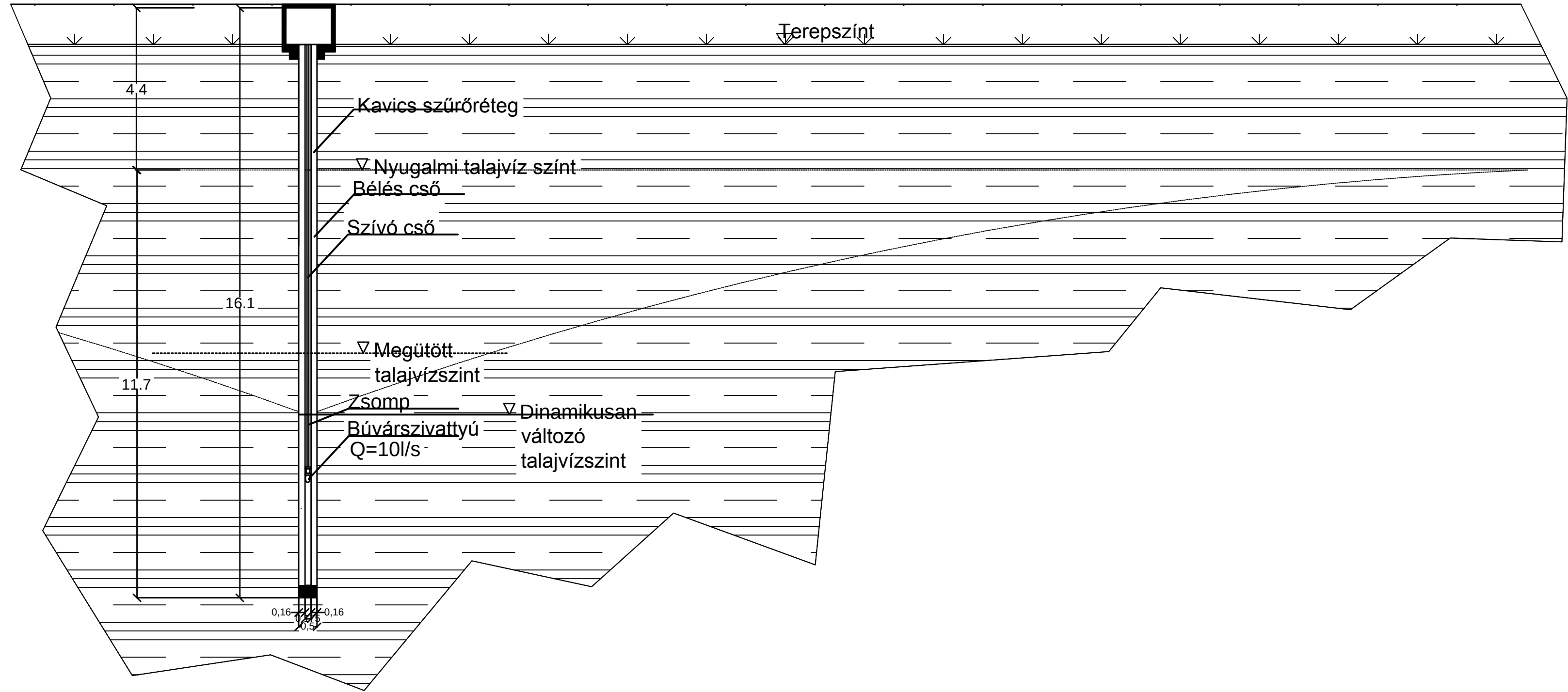


Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék		
Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzsám:
		GT - 10
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum:
		2015/16
Terv:	Tervezés 2 Helyszínrajz	Méretarány:
		M=1:1000
Készítette:	Konzulens:	Rajzméret:
Szép Ágnes	Dr. Elek Barbara	960*297



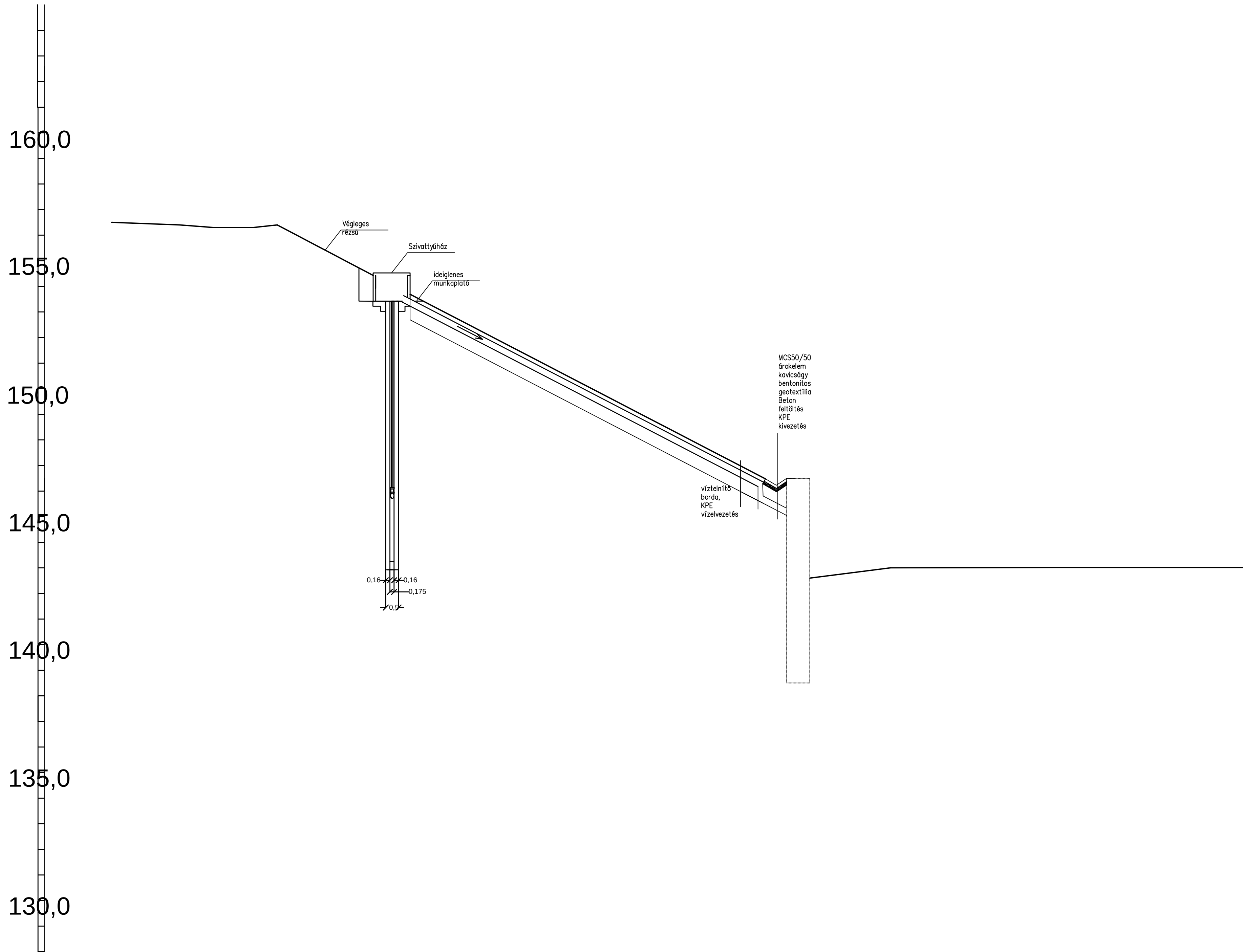
Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy: Geotechnika Szakcsoport		Rajzszám: GT - 11
Projekt: Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés		Dátum: 2015/16
Terv: Tervezés 2 általános metszetek		Méretarány: M=1:100
Készítette: Szép Ágnes	Konzulens: Dr. Elek Barbara	Rajzméret: 800*400



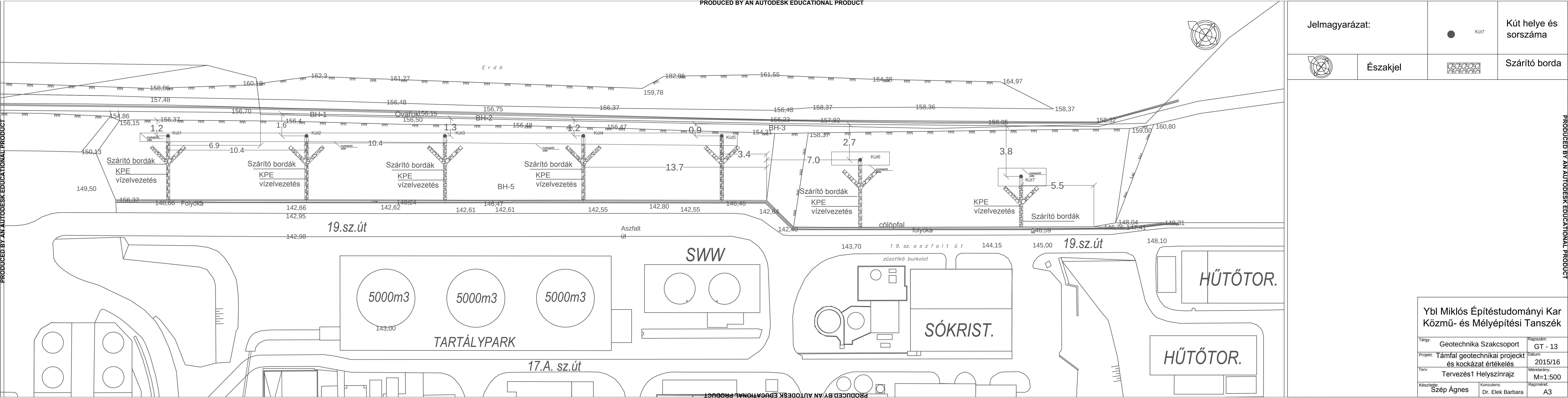
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy:	Geotechnika Szakcsoport	Rajzszám:	GT - 12
Projekt:	Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés	Dátum:	2015/16
Terv:	Mélykút általános metszete	Méretarány:	M=1:100
Készítette:	Szép Ágnes	Konzulens:	Dr. Elek Barbara
		Rajzméret:	750*297



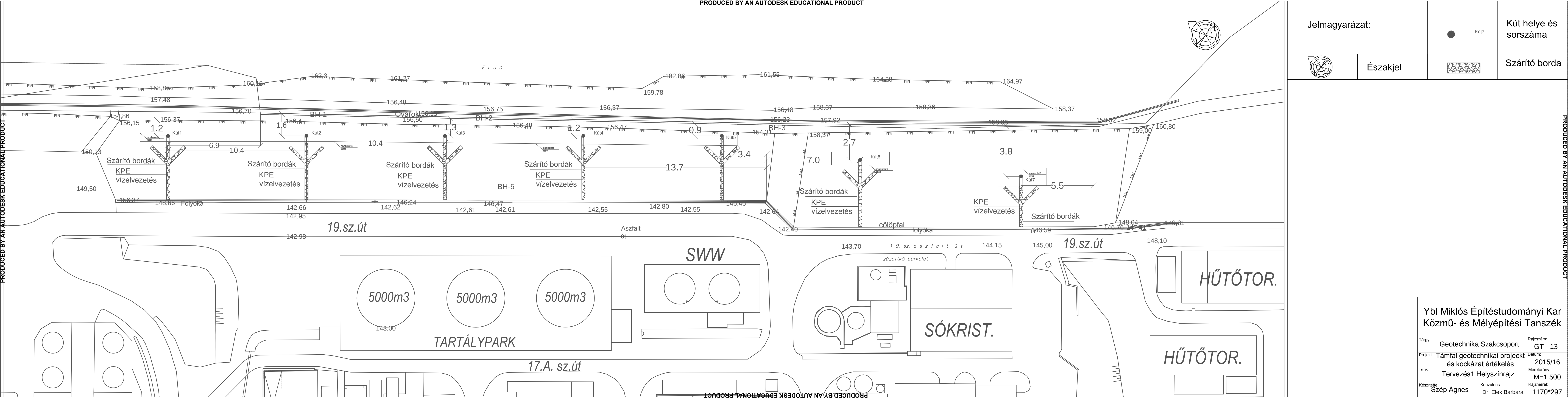
Ybl Miklós Építéstudományi Kar Közmű- és Mélyépítési Tanszék

Tárgy: Geotechnika Szakcsoport		Rajzszám: GT - 12
Projekt: Támfal geotechnikai projekt és kockázat értékelés		Dátum: 2015/16
Terv: Tervezés 1 általános metszetek		Méretarány: M=1:100
Készítette: Szép Ágnes	Konzulens: Dr. Elek Barbara	Rajzméret: 400*800



PRODUCTION BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCTION BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCTION BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCTION BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT