SZAKDOLGOZAT

Farkas András

Budapest

2018

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2018

Farkas András
[redacted]

Nappali Építőmérnök szakos
BSC hallgató részére

A feladat címe: Nagyfolyó melletti bakdarupálya alapozás tervezése

Belső konzulens: Prof. Dr. Telekes Gábor főiskolai tanár

Külső konzulens: Dr. Baksai Róbert statikus tervező Talent-Plan Kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2018. január 5 (péntek) $12^{\underline{00}}$

Budapest, 2017. december 18.

Dr. Dombay Gábor Phd.
intézetigazgató

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernöki.intezet@ybl.szie.hu

Részletes feladatkiírás

Farkas András

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Nagyfolyó melletti bakdarupálya alapozás tervezése

című szakdolgozatához

Készítse el egy nagy folyó árterületére épülő bakdaru egy kijelölt szakaszának alapozás kivitelezési tervét.
Tanulmányban dolgozza fel a darupályatartó méretezéséhez szükséges különböző teherkombinációk meghatározását a különböző szabványok alapján majd végezze el a darupályatartó kijelölt szakaszának statikai tervezését.

Beadandó munkarészek:
Tanulmány
Műszaki leírás
Statikai számítások
Tervlapok

Budapest, 2018. december 18.

Prof. Dr. Telekes Gábor
belső konzulens

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

NAGY-FOLYÓ MELLETTI BAKDARUPÁLYA

ALAPOZÁS TERVEZÉSE

Belső konzulens: Prof. dr. habil Telekes Gábor PhD

Külső konzulens: dr. Baksai Róbert

Készítette: Farkas András

2018

Tartalomjegyzék

Tartalom

1 Bevezetés 5

1.1 Szakdolgozat célja, felépítése 5

1.2 Környezetvédelmi szerepvállalás 7

2 Tanulmány 10

2.1 Talajparaméterek becslése talajjavítás után 10

2.1.1 Kiindulási adatok 10

2.1.2 Talajjavítás 10

2.1.3 Talajparaméter becslése 12

2.2 Tervezés menete Eurocode alapján 16

2.2.1 Alapozási mód megválasztása 16

2.2.2 Alapozási sík megválasztása 16

2.2.3 Geotechnikai kategória 17

2.2.4 Tervezési élettartam 18

2.2.5 Tervezési módszerek 18

2.2.6 Tervezési állapotok meghatározása 19

2.2.7 Teherbírási határállapotok 20

2.2.8 Használhatósági határállapot 21

2.2.9 Tehercsoportok 23

2.3 Terhek, tehercsoportok meghatározása 24

2.3.1 Daru terhei 24

2.3.2 Tehercsoportok kialakítása 26

2.4 Hatások kombinációinak meghatározása 27

2.4.1 Egyidejűségi tényezők 27

2.4.2 Parciális tényezők 28

2.4.3 Hatáskombinációk MSZ EN 1990:2005 alapján 28

2.5 Szerkezet modellezése AxisVM-ben 30

2.6 Szerkezet modellezése FEM-Design-ban 31

3 Feladat lehatárolása 32

3.1 Építmény, feladat 32

3.1.1 Létesítmény funkciója, rendeltetés, jelleg 32

3.1.2 Terület lehatárolása, elrendezés, méretek 32

3.1.3 Tervezett élettartam 32

4 Műszaki leírás 33

4.1 Előzmények, kiindulási adatok 33

4.1.1 Bakdaru adatai 33

4.1.2 Terhelési jellemzők 33

4.1.3 Talajfeltárás módja, eszközei 34

4.1.4 Szondázás módja, eszközei 34

4.1.5 Szondaeredmények kiértékelése 35

4.2 Helyszíni, környezeti viszonyok 36

4.2.1 Meteorológiai, hidrológiai adottságok 36

4.2.2 Domborzat, növényzet 37

4.2.3 Szomszédos építmények, közművek 37

4.2.4 Közlekedés, megközelíthetőség 38

4.3 Talaj- és talajvízviszonyok 38

4.3.1 Geológiai adottságok 38

4.3.2 Földrengésveszély - szeizmicitás 38

4.3.3 Talajrétegződés, talajjellemzők 39

4.3.4 Talajvízviszonyok 41

4.4 Geotechnikai viszonyok 42

4.4.1 Speciális kedvezőtlen adottságok 42
4.4.2 Talajadottságok, paraméterek a talajjavítás előtt 42
4.4.3 Talajmodell 43
4.4.4 Előzetes elképzelés az alapozásra: 43
5 Alapozási terv 45
5.1 Alapadatok 45
5.1.1 Magassági adatok 45
5.1.2 Minőségi követelmények 45
5.1.3 Süllyedési kritériumok EN 1997-1 NA21. táblázata alapján: 46
5.1.4 Geotechnikai kategória 46
5.2 Szerkezetek bemutatása 46
5.2.1 Darupálya szerkezeti kialakítása 46
5.2.2 Darupálya felépítmény bemutatása 47
5.3 Szerkezetekre jutó terhelések ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
5.3.1 Daru igénybevételei ULS kombináció esetén **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
5.3.2 Daru igénybevételei SLS kombináció esetén **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
5.3.3 Daru igénybevételei SLS_FAT kombináció esetén **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
5.3.4 Földrengés hatása ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
5.4 Vasbeton darupályatartó méretezésének az eredménye 47
5.4.1 Ellenőrzés STR határállapotban: 47
5.4.2 Ellenőrzés EQU határállapotban 47
5.4.3 Ellenőrzés FAT határállapotban 47
5.4.4 Ellenőrzés GEO határállapotban 48
5.4.5 Ellenőrzés SLS határállapotban 48

6 Felhasznált szakirodalom 49
6.1 Felhasznált szabványok 49
6.1.1 EUROCODE 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai 49
6.1.2 EUROCODE 1: A tervezés alapjai és a tartószerkezeteket érő hatások 49
6.1.3 EUROCODE 2: Betonszerkezetek tervezése 49
6.1.4 EUROCODE 3: Design of steel structures 49
6.1.5 EUROCODE 7: Geotechnikai tervezés 49
6.1.6 EUROCODE 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezési előírásai 49
6.2 Felhasznált irodalom 50
6.3 Honlapok 50
7 Mellékletek 51
I. Javaslat a szakdolgozathoz 51
II. Számítási melléklet 51
III. Vasalási terv 51
IV. Átnézeti helszínrajz ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
V. Feltárási helyszínrajz ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
VI. Szondaeredmények ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
VII. Kezelés előtti eredmények ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
VIII. Kezelés utáni eredmények ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
8 Köszönetnyilvánítás 52

1 Bevezetés

1.1 Szakdolgozat célja, felépítése

Szakdolgozatom során egy már meglévő átrakóterminál helyszínére a külső konzulensem, dr. Baksai Róbert által javaslott paraméterekkel rendelkező bakdaru, vasbeton darupályatartójának alapozását végzem el.

Ehhez kiszámoltam a daru által okozott igénybevételeket, bemutatom a számítás elvi hátterét, valamint a már elvégzett talajjavítási technológiát, aminek az eredményeit kiértékelem.

Adatvédelmi okokból a beruházó nem járult hozzá, a valós helyszín beazonosíthatóságához, ezért az erre vonatkozó közvetlen információkat, mint pl. a fúrások koordinátái, helység és utcanevek, kitakarom, illetve nem teszem közzé. A környezet és geológia bemutatásánál is ebből a megfontolásból hanyagolom a pontos megnevezéseket.

A tervezés során kitüntetett figyelmet fordítottem az Eurocode szabványok minél nagyobb mértékű használatára, azonban ezek csak azokra a verziókra terjednek ki, amikhez hozzá tudtam férni, nem feltétlenül a jelenleg hatályookra. Ennek fényében a felhasznált irodalmaknál látható szabványok nem egyenlőek azokkal, amik alapján jelenleg tervezni kellene.

A szakdolgozat felépítése a következő:

„Tanulmányi rész" -ben ismertetem a szabványok ajánlásait és az abból levont következtetéseket, illetve gondolatmenetemet, ami alapján a számítási mellékletben látható módon végül megterveztem a darupályatartót. Ezen kívül itt általános megfontolásokat teszek, melyekből végül a

„Téma kifejtése" részben a műszaki leírás kereteibe beleférő, és részletességű műszaki leírást teszek közzé, melyben a már megtervezésre került szerkezetekről ejtek szót, a megfontolásokat kihagyom. Az egyszerűbb átláthatóságot biztosítandó, külön fejezetet szentelek a számítások során kapott eredményeknek a

„Tervezés összefoglalása" fejezetben. Itt átlátható formában adom meg, milyen ellenőrzésnek mi lett az eredménye, indokolt esetben a biztonsági tényezőkkel.

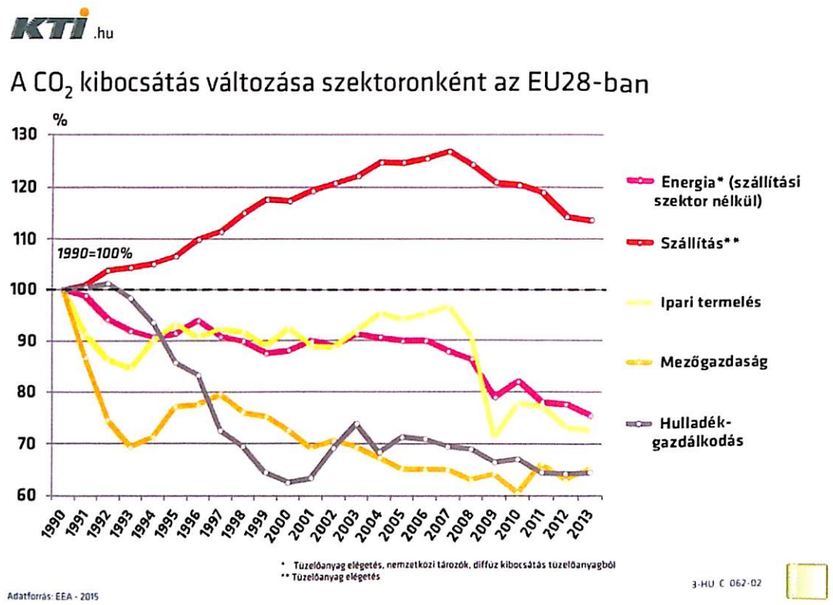
A számításokat Mathcad Prime 3.1-es szoftverrel, valamint AxisVM X4-el

készítettem.

1.2 Környezetvédelmi szerepvállalás

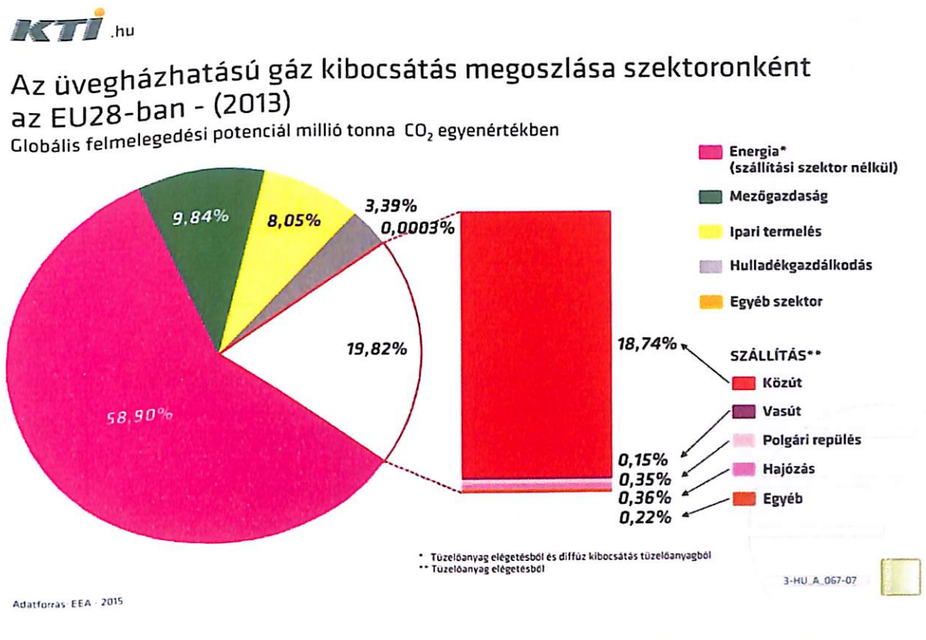
Az építmény környezetkímélő hatása jelentékeny, hiszen a világon és az Európai Unió tagországain belül is a szállítmányozás felelős a legnagyobb szén-dioxid kibocsáltásért, ami egészen 2008-ig folyamatosan növekvő tendenciát mutatott, de a többi ágazathoz képest a 2013-as évben még mindig több mint 10%-kal volt magasabb az 1990-es évek értékeinél.

1. Diagram



Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2013-ös adatai szerint a szállítmányozási ágazat felelős a teljes üvegházhatású gázok kibocsátásának 19,82%-ért. Ebből csak a közúti szállítmányozás 18,74%, a maradék 1,08% oszlik meg a vasút, polgári repülés, hajózás, valamint egyéb szállítmányozási módok között.

2. Diagram



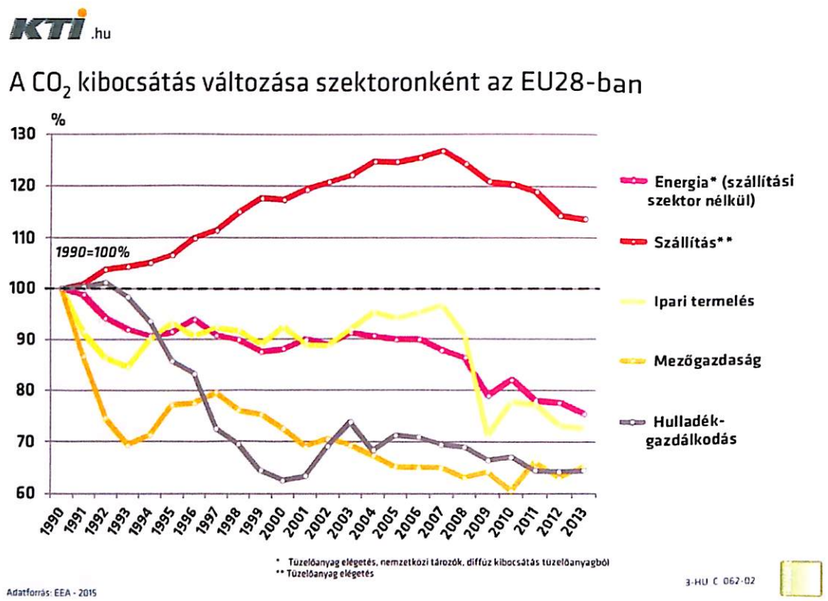
Ha figyelembe vesszük az áruszállítás kibocsátási tényezőit, látható, hogy bár a hajózás NMVOC, VOC, SO2 értékei magasabbak a tehergépjárművek kibocsátásánál, a PM10 értékei nagyjából megegyeznek, minden más értékben pedig alulmaradnak, míg a vasúti szállítmányozás nagyságrenddel kevesebb károsanyag kibocsátással jár, mint a közúti szállítmányozás. Így összességében, ha a tehergépjárművek forgalmát minél nagyobb arányban vasútra, vagy részben hajóra tereljük, a károsanyag kibocsátások csökkennek.

A fentiekből kitűnik, hogy környezetvédelmi szempontból is fontos az átrakóterminálok létesítése.

1.2 Környezetvédelmi szerepvállalás

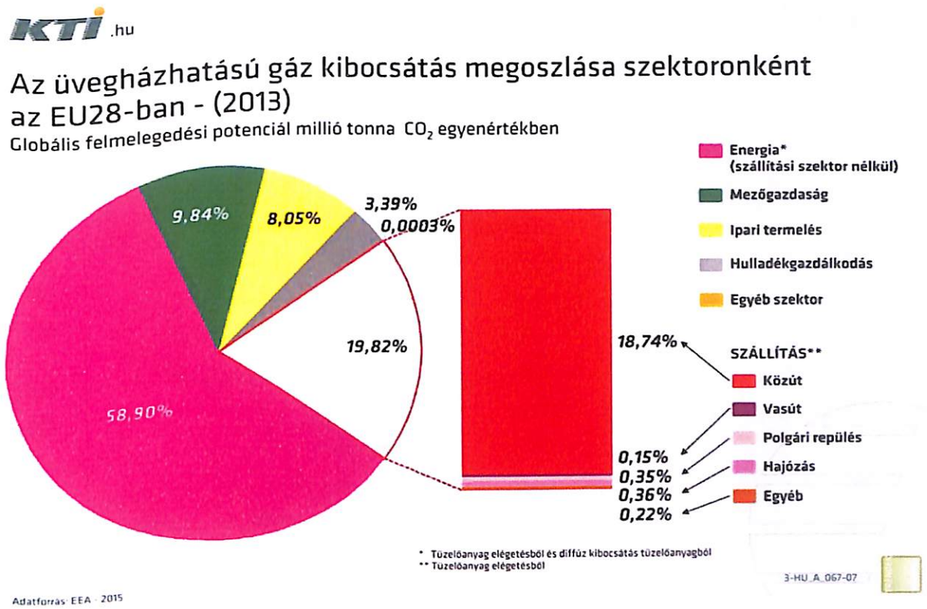
Az építmény környezetkímélő hatása jelentékeny, hiszen a világon és az Európai Unió tagországain belül is a szállítmányozás felelős a legnagyobb szén-dioxid kibocsáltásért, ami egészen 2008-ig folyamatosan növekvő tendenciát mutatott, de a többi ágazathoz képest a 2013-as évben még mindig több mint 10%-kal volt magasabb az 1990-es évek értékeinél.

1. Diagram



Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2013-ös adatai szerint a szállítmányozási ágazat felelős a teljes üvegházhatású gázok kibocsátásának 19,82%-ért. Ebből csak a közúti szállítmányozás 18,74%, a maradék 1,08% oszlik meg a vasút, polgári repülés, hajózás, valamint egyéb szállítmányozási módok között.

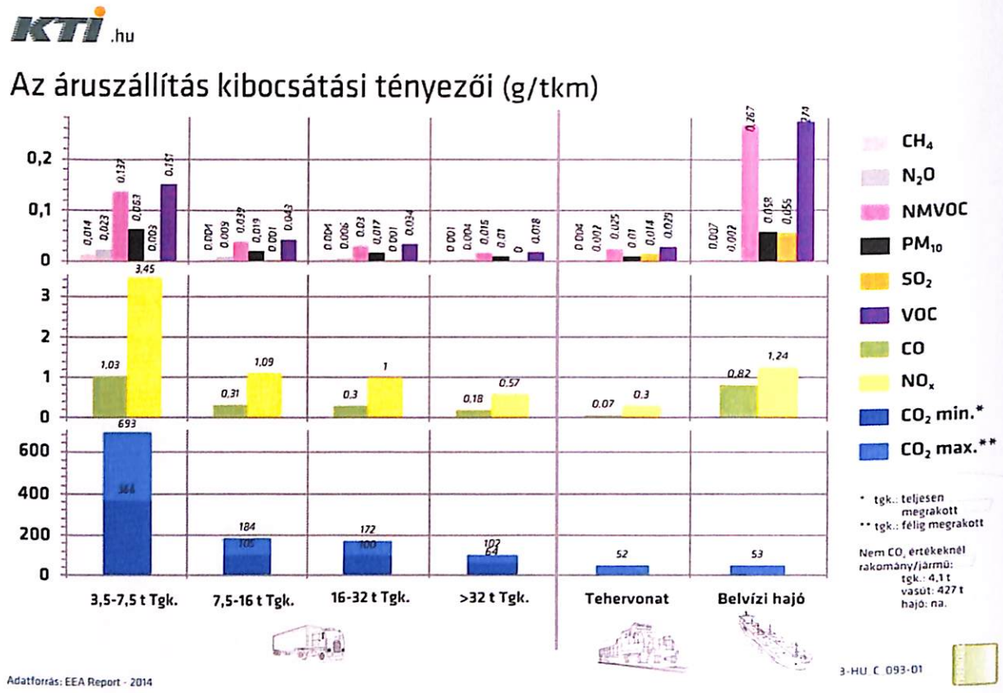
2. Diagram



Ha figyelembe vesszük az áruszállítás kibocsátási tényezőit, látható, hogy bár a hajózás NMVOC, VOC, SO2 értékei magasabbak a tehergépjárművek kibocsátásánál, a PM10 értékei nagyjából megegyeznek, minden más értékben pedig alulmaradnak, míg a vasúti szállítmányozás nagyságrenddel kevesebb károsanyag kibocsátással jár, mint a közúti szállítmányozás. Így összességében, ha a tehergépjárművek forgalmát minél nagyobb arányban vasútra, vagy részben hajóra tereljük, a károsanyag kibocsátások csökkennek.

A fentiekből kitűnik, hogy környezetvédelmi szempontból is fontos az átrakóterminálok létesítése.

3. Diagram



2 Tanulmány

2.1 Talajparaméterek becslése talajjavítás után

2.1.1 Kiindulási adatok

A rendelkezésemre bocsátott dokumentumok a következők voltak:

1) Talajvizsgálati jelentés
2) Szerkezeti műleírás – vasbeton darupályatartó
3) Egyéb:
   - Helyszínrajz
   - Talajtömörítés kiosztási rajz
   - Szondák mérési eredményei

2.1.2 Talajjavítás

A mellékletben szereplő talajjavítás előtti állapotokat tükröző diagrammokból látszik, hogy a tervezési terület altalajában a terepszint alatt 5-6m-es mélységben 3-4-re adódott a 20cm behatoláshoz tartozó ütésszám. A talajvizsgálati jelentés megemlíti, hogy egyes helyeken ez a szám akár 1 is lehetett, ami azt jelenti, hogy az altalaj rendkívüli mértékben roskadásveszélyes.

Ebből az okból kifolyólag helyszínen végzett dinamikus konszolidációs mélytömörítést végeztek Soil-Cons technológiával.

A technológia kifejezetten a kis egyenlőtlenségi mutatóval ($U \leq 3$), nagy hézagtényezővel ($0,8 \leq e$), kis konzisztencia index-el ($I_C \leq 0,6$), és kis N_{20} ütésszámmal ($N_{20} \leq 5$) rendelkező, laza feltöltésű, vizes- lápos- mocsaras területen hatékony.

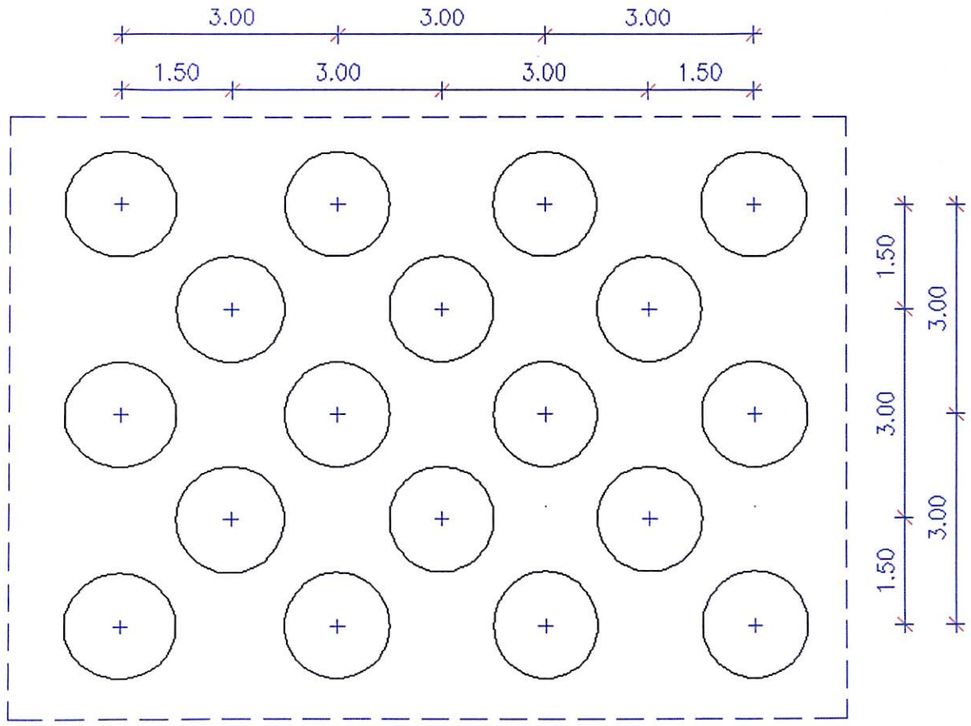
A technológia során a felszínen elterített kulé kavicsra 10-12 tonna súlyú gömb-, vagy körte alakú döngölőt, 15-20m magasságból ejtegetnek egy kijelölt pontra, ahol egy kráter képződik, alatta pedig a feszültség hagyma lefutása mentén tömöríti a talajt, mely ez által oldalirányba is tömörödik.

Azt, hogy hány tonnás súlyt, pontosan milyen magasságból kell ejteni, hogy a kívánt betömörítési mélységet el lehessen érni, a Menard képlettel lehet kiszámolni.

BETOMÖRÍTÉSI MÉLYSÉG - MENARD KÉPLET: $D=\frac{\sqrt{m \cdot h}}{2}$											
m - Ejtődöngölő tömege [t]	h - ejtési magasság [m]										
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
2,0	2,24	2,35	2,45	2,55	2,65	2,74	2,83	2,92	3,00	3,08	3,16
2,5	2,50	2,62	2,74	2,85	2,96	3,06	3,16	3,26	3,35	3,45	3,54
3,0	2,74	2,87	3,00	3,12	3,24	3,35	3,46	3,57	3,67	3,77	3,87
3,5	2,96	3,10	3,24	3,37	3,50	3,62	3,74	3,86	3,97	4,08	4,18
4,0	3,16	3,32	3,46	3,61	3,74	3,87	4,00	4,12	4,24	4,36	4,47
4,5	3,35	3,52	3,67	3,82	3,97	4,11	4,24	4,37	4,50	4,62	4,74
5,0	3,54	3,71	3,87	4,03	4,18	4,33	4,47	4,61	4,74	4,87	5,00
5,5	3,71	3,89	4,06	4,23	4,39	4,54	4,69	4,83	4,97	5,11	5,24
6,0	3,87	4,06	4,24	4,42	4,58	4,74	4,90	5,05	5,20	5,34	5,48
6,5	4,03	4,23	4,42	4,60	4,77	4,94	5,10	5,26	5,41	5,56	5,70
7,0	4,18	4,39	4,58	4,77	4,95	5,12	5,29	5,45	5,61	5,77	5,92
7,5	4,33	4,54	4,74	4,94	5,12	5,30	5,48	5,65	5,81	5,97	6,12
8,0	4,47	4,69	4,90	5,10	5,29	5,48	5,66	5,83	6,00	6,16	6,32
8,5	4,61	4,83	5,05	5,26	5,45	5,65	5,83	6,01	6,18	6,35	6,52
9,0	4,74	4,97	5,20	5,41	5,61	5,81	6,00	6,18	6,36	6,54	6,71
10,0	5,00	5,24	5,48	5,70	5,92	6,12	6,32	6,52	6,71	6,89	7,07
11,0	5,24	5,50	5,74	5,98	6,20	6,42	6,63	6,84	7,04	7,23	7,42
12,0	5,48	5,74	6,00	6,24	6,48	6,71	6,93	7,14	7,35	7,55	7,75
13,0	5,70	5,98	6,24	6,50	6,75	6,98	7,21	7,43	7,65	7,86	8,06
14,0	5,92	6,20	6,48	6,75	7,00	7,25	7,48	7,71	7,94	8,15	8,37
15,0	6,12	6,42	6,71	6,98	7,25	7,50	7,75	7,98	8,22	8,44	8,66

A technológia területi finomhangolásához többféle súllyal más- más magasságból elvégezték a tömörítést, majd a legjobb konstrukciót választották területenként, melyet a statikus tervező határozott meg: a teljes építési két részre lett felosztva, a szerint, hogy milyen létesítmény fog megépülni az adott területen. Az elvárt tömörítés mértékét ezekhez a területekhez határozták meg. A darupályatartó és környezete a szigorúbb T1-es besorolást kapta, ezen 3x3m-es „dobókocka" kiosztású raszterrel végeztek talajjavítást, míg a vasúti pálya és térburkolat alatt, valamivel enyhébb követelményt támasztottak – ezek a T2-es besorolást kapták, 4x4m-es raszter és hasonló kialakítás mellett.

A T1-es besorolás azt jelenti, hogy a felső 2m vastagságban (~"A" réteg) az N_{20} ütésszám átlaga legalább 15, de min. 10 legyen. A 2-5m mélységben (~"B" réteg) az ütésszámok átlaga legalább 6, de min. 3 legyen, míg az alsó 5-8m-es mélységben (~"D" réteg) minimum 2 legyen az ütésszám. A tömörítéseket addig kellett folytatni, amíg a szondázásokkal nem tudták igazolni a talajtömörítés megfelelőségét.



2.1.3 Talajparaméter becslése

A talaj teherbírásának meghatározásához, a DPH szonda adatait választottam, mint kiindulási alap, lévén csak szonda adatokról kaptam információt a talajjavítás előtti és utáni állapotról, így a javítás mértékét is fel tudtam dolgozni.

Kiindulásként a lehatárolt területek szondaeredményeit választottam ki, az adatok feldolgozását pedig az MSZ ENV 1997-3:2000-es szabvány alapján végeztem.

A kapott adatok kiértékelése során, abba a problémába futottam, hogy hogyan lehetne DPH alapján a javított paramétereket meghatározni, ez alapján a talaj javított határfeszültségét meghatározni.

A fúrásokban megadott adatok alapján ugyanis a talajnak jelentős kohéziója van, illetve a szemeloszlási görbe egyenlőtlenségi mutatója nagyságrendekkel nagyobb, mint amit a szabvány a használható tartománynak megjelöl, ami esetében egyáltalán használható a DPH szonda értéke egy adott talajon talajfizikai paraméterek meghatározására.

A legnagyobb probléma, azon túl, hogy a feltárások csak az adott pontban adnak biztos paramétereket, két feltárás között csak találgatni lehet – ebben az esetben a talajszerkezet inhomogenitása miatt ez nagy mértékben súlyosbodik. A verőszondák nagyobb értéket adhatnak egy málló félben lévő téglára, vagy bármilyen építési törmelékre, ezért az ütésszámokból előállított paraméterek nagyon nagyfokú bizonytalanságot hordoznak magukban. Mivel a talajvizsgálati jelentés nem tesz említést arról, hogy a szondázás közben volt e talajvíz, így a kiértékelésnél úgy tekintem, hogy nem volt, így a víz hatásával nem korrigálom az ütésszámokat.

Kísérletet próbáltam tenni, a 40. számú FTV segédlet alapján, a rugalmassági modulus értékének megállapítására, ám a kapott eredményeket az 5.fúráshoz tartozó 3.számú, és a 9-es fúráshoz tartozó 9.-es számú (a hozzá tartozás alatt azt értem, hogy a fúrás pár méteres közelében történtek a szondázások) szondaeredmények kontroll kiértékelése után azt a következtetést kellett levonnom, hogy az ütésszámokból számított rugalmassági modulusok eredményei négyszer-ötször nagyobbra adódtak, mint amik a fúrásszelvényekben szerepelnek. Megjegyezném, hogy az FTV segédletben az összefüggések mellett szerepel egy megjegyzés, mi szerint csak kis volumenű munkálatokra alkalmazhatóak, mint pl. egy családi ház.

A fúrásszelvényekben megadott adatok a talajfeltárási jegyzőkönyv alapján bár származtatott és átlagolt értékek, így is túl nagynak ítéltem meg az eltéréseket.

A sikertelen próbálkozások után azt a tanulságot vontam le, amit az EC7-es szabvány előre vetített: A kohézióval rendelkező talajok esetén a dinamikus verőszonda nem alkalmas arra, hogy talajparamétereket közvetlenül számítsak belőle. Jelen esetben a fúrásszelvényekben megjelölt értékek alapvetően származtatottak voltak, és a teljes tervezési terület összes fúrására gyakorlatilag azonos rugalmassági modulusok lettek megadva a rétegekre, ami nyilvánvalóan a lehatárolt területem arányát nézve nagyon erő túlzás.

Végül a problémát úgy oldottam meg, hogy ne kelljen figyelembe venni az esetleges talajvízszint és pontos rétegződésből fakadó bizonytalanságot, hogy a szabványban meghatározott módon kiszámítottam az ID tömörségi indexet, azonban a pontos korrelációt nem innen vettem, hanem én állítottam elő, olyan módon, hogy a Geotechnikai és Építésföldtani Útmutató M6. melléklete alapján felvettem „Iszapos Kavicsos homok, homokos kavics" – kohézióval nem rendelkező talajt, erre

kiszámítottam a szabvány által adott talajvízszint feletti korrelációval az ID tömörségi indexet, úgy hogy az ütésszámokat 1-100ig adtam meg. Ugyanezt megtettem egy kohéziós talajjal is „Finom homokos iszap".

Azzal a feltételezéssel éltem, hogy az A és B réteg valahol a két talaj között van. Mivel síkalapot tervezek, a hatásmélység nem éri el az 5m-t, így a C és D rétegeket figyelmen kívül hagytam - tettem ezt annak a szellemében, hogy ezek tömörebb rétegeknek bizonyultak a szondák értékei alapján.

A talajvizsgálati jelentés szerint A és B rétegek összetétele megegyezik, de A réteg tömörebb.

A számolt ID tömörségi index korrelációja egy konstansból és egy szorzó tényezőből áll, utóbbit az ütésszámok 10. alapú logaritmusával szorozza a szabvány. A bevitt M6. mellékletben definiált talajok alapján létrehoztam egy táblázatot, ahol a hézagtényező alakulásával az általam meghatározott értéktartományok között a talaj lineárisan interpolálva megkap egy E_{oed} összenyomódási modulus értéket, amit az ödométeres kísérletekből vettem „A" és „B" réteghez. – Sajnos a 14,5ha-s területen összesen 1db „A" rétegre jellemző és 3db „B" rétegre jellemző laborvizsgálat eredményét tartalmazta a talajvizsgálati jelentés – amit én kaptam. Utóbbi valószínűleg teljesen eltérő talajokból áll.

Az e hézagtényezőt az ID tömörségi indexből számoltam, ahol az e_{max} és e_{min} értékeit a rendelkezésemre bocsáltott adatok és az Építésföldtani Útmutató táblázata alapján határoztam meg.

Iterációval úgy alakítottam a korrelációs tényezőt, hogy az reálisan a két talajra felvett görbék közé essen. Ezt visszaellenőriztem, hogy a mintavételhez közeleső szondaeredmények hasonló értéket állapítanak e meg?

Ezután megadtam az általam meghatározott, 20cm-es rétegenkénti, az ütések legalább 80%-ra igaznak bizonyuló ütésszámokat, mind a talajjavítás előtti, mind a talajjavítás utáni szondákra. Az így kapott ütésszámokat beraktam az excel táblába, ami a már általam készített korrelációval számolta ki az ID tömörségi indexet, majd interpolálva az E_{oed} összenyomódási modulust, valamint a ϕ belsősúrlódási tényezőt. Ezekből az értékekből először poisson számot, majd abból poisson tényezőt számoltam ki, végül az E rugalmassági modulust.

Csak a végeredményt átlagoltam a felső 2m-es A rétegre, és az alatta elhelyezkedő 3m vastag B rétegre. Ezt megtettem mind a talajjavítás előtt, mind a talajjavítás utáni állapotra, majd ábrázoltam melléjük a fúrásszelvényeknél is megadott becsült értéket.

Az így kapott görbéknél azt akartam elérni, hogy a korreláció hatására, az általam számolt javítás előtti Es rugalmassági modulus ábrája simuljon bele, a megadott átlag Es ábrájába.

Jól érzékelhetően nem azonos az A és B réteg, hiszen arányaiban csak akkor teljesült ez a feltétel, amikor B rétegnek eltérő volt a korrelációs tényezője.

Az így kapott származtatott értékek megítélésem szerint reális mértékben növekedtek, míg az A réteg esetében – ami alapvetően már jó teherbírónak számított – kisebb mértékben – mintegy 2Mpa-val növekedtek (7-8-ról 9,8.ra), míg a lazább B réteg az átlag 4Mpa helyett 8-9Mpa értéket ért el. A tömörségi index alapján „A" réteg a kezelés előtt is tömörnek, míg „B" réteg csak a kezelés után érte el a körülbelül 60%-os tömörséget, ami a szabvány alapján már tömörnek minősül.

Külön kiemelném, hogy mindenhol erőteljesen a biztonság javára igyekeztem tévedni.

Mivel a szakdolgozatom témája eltér ettől, nem bocsátkoztam mélyebb részletezésbe, de ismertetni szerettem volna, hiszen csak egy megoldandó részproblémának indult, majd aránytalanul sok időt töltöttem azzal, hogy – a realitást megközelítő - megoldást találjak rá.

MELLÉKLETEK, ID KÉPLET

2.2 Tervezés menete Eurocode alapján

2.2.1 Alapozási mód megválasztása

A méretezés azzal kezdődött, hogy kiértékeltem a kapott adatokat, és összeszedtem a vonatkozó szabványokat. A felhasznált részeket a 3.1-es fejezetbe gyűjtöttem össze, hogy hivatkozhassak rájuk. Lehatároltam a területből egy 150m-es szakaszt, majd a szondák EOV koordinátájuk alapján felraktam a kapott helyszínrajzra. A lehatárolt területre eső szondákat és fúrásokat külön kigyűjtöttem.

Az első gondolat egy hasonló cölöpalapozás megtervezése volt, mint ami megépült, ehhez azonban ki akartam zárni a jóval olcsóbb síkalapozási módot, ami a 150m -es hossza alapján rugalmas ágyazású gerendaalap lehetett.

Előtervezésként a kapott adatszolgáltatásból vettem fel a keréknyomásokat, majd egyszerű törőképlettel a talajjavítás előtti talajadatokkal ellenőriztem a talaj teherbírását, amire az jött ki, hogy a függőleges feszültségre egy 50cm széles alaptest is megfelel, a külpontosságot is figyelembe véve pedig 80cm széles alaptestre felelt meg.

A cölöpalapozást nem vetettem el végleg, a 3.1-es fejezet alapján a talajvíz és a roskadásra való hajlam miatt, de a kapott adatok és szondaértékek tanulmányozása után nem találtam egyértelmű bizonyítékot arra, hogy a „D" réteg tényleg annyival erősebb lenne, illetve a talajvíz hatása ilyen talajrétegekkel ne okozhatna problémát. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy a betontörmelékes feltöltés tömörítés után a talajvíz hatására is van annyira ellenálló, hogy az én kisebb igénybevételeim mellett biztonsággal megálljon. Továbbá a tömörítési technológia velejárója, hogy a felszínhez közelebb lévő rétegek jobban tömörödnek.

Ezen megfontolások miatt végül a rugalmasan ágyazott gerenda-alap mellett döntöttem.

2.2.2 Alapozási sík megválasztása

MSZ EN 1997-1:2006 (6.4) alapján az alapsíkot olyan mélységbe kell felvenni, ahol

- víz hatására duzzadó – szmektitet tartalmazó, majd száradásra zsugorodó talajok – tehát a térfogatváltozó talajok - hatása már nem érvényesül.
- Ahol a fagyhatás vagy nem érvényesül, vagy hőszigeteléssel ellátva, és ellenőrizve már nem okoz károsodást. (EN ISO 13793 alapján)
- A talajvíz mértékadó szintje nem éri el a terhelés hatására mobilizálódó föld csúszó

lapját.

- Közeli közművezetékek megfelelő védőtávolsága biztosított.
- Aláüregelődés veszélye nem áll fenn, kellő távolság biztosítva van.

Az alapozási sík felvétele külön kalkuláció nélkül, a 103,5mBf szinten történt, ami a kialakított rendezett terepszint, erre a szintre az alaptest alá kerül fél méter zúzott kavics ágy (104,00 mBf felső szint), a kapilláris vízfelszívást megakadályozandó, valamint az egyenletesebb feszültségátadást megerősítendő. A talajvíz mértékadó szintje a darupályatartó alatt a talajvízviszonyok és a terület vízgazdálkodásának változásából fakadóan elérheti így is a ±0,00 – 103,5 mBf magasságot, így vizsgálni kell a hatását UPL teherbírási határállapotban.

A fagykárosodást megakadályozandó, az alaptestet köré trapéz formában visszatöltésre kerül a kitermelt talaj, ami a talajvizsgálati jelentés szerint erre alkalmas. A tömörítés mértéke az alaptesthez közel eső részen magasabb, majd egyre csökkentve kell kialakítani, hogy a víz biztosan elfolyjon, ennek a visszatöltésnek takarnia kell az oldalirányú erők felvételére szolgáló pengefalat is, a mintakeresztszelvénynek megfelelően.

2.2.3 Geotechnikai kategória

MSZ EN 1997-1:2006 2.1. alapján,

A geotechnikai tervezési követelmények meghatározásához kategorizálni kell a tartószerkezetet – jelen esetben a darupályatartót, amit később felül lehet vizsgálni, illetve kérdéses esetben több kategória értékelését figyelembe véve kell megítélni a legrosszabb esetet.

1. Kategóriába csak kis, egyszerű szerkezetek tartoznak, jelen esetben ezt sehol sem használom.
2. Kategóriába sorolhatók az olyan szerkezetek, ahol nem merül fel kivételes kockázat, vagy nem kedvezőtlenek a talaj- vagy tervezési viszonyok. A szabvány ide sorolja a hagyományos alapozási módokat, és megszokott megoldásokat.
3. Kategóriába kerülnek azok a szerkezetek, amikre nincsen, vagy csak kevés tapasztalat áll rendelkezésre, rendkívül nagy kockázatú, illetve a rendkívül kedvezőtlen talajadottságokkal rendelkező esetek, erősen földrengésveszélyes

területen létesítendő szerkezetek.

A kategorizálásról a szabvány NA9.-es nemzeti melléklete ad tájékoztatást, ahol az NA9.1-es pont kimondja, hogy síkalapok esetén minden esetben a 2. kategória alapján kell számolni.

2.2.4 Tervezési élettartam

Az MSZ EN 1990:2005 2.3.-as fejezete alapján kell figyelembe venni egy szerkezet előírt tervezési élettartamát, melyet a szabvány öt osztályra bont:

Osztály	Előírt tervezési élettartam	Példák
1.	10 év	Ideiglenes tartószerkezet
2.	10-25 év	Cserélhető tartószerkezeti részek
3.	15-30 év	Mezőgazdasági épületek
4.	50 év	Szokásos tartószerkezetek
5.	100 év	Monumentális épületek

Jelen tervezési feladatban a fáradási követelmények meghatározásához szükséges N ismétlés szám meghatározásánál volt fontos szerepe.

2.2.5 Tervezési módszerek

MSZ EN 1997-1:2006 2.4.7.3.4.– tervezési módszerek és B1. és MSZ EN 1990:2005 A.1.3.1 melléklet alapján a szabványok a teherbírási határállapotokban három tervezési módszert különböztet meg, abban az esetben, ha a szerkezetet geotechnikai hatások terhelik. A tervezési módszert a geotechnikai kategóriától függően kell megválasztani, illetve a határállapot típusától függően.

A módszerek abban térnek el egymástól, hogy a (A) - Hatásokhoz, (E) - Igénybevételekhez, (M) - Anyag-jellemzőkhöz, (R) - Ellenállásokhoz tartozó parciális tényezőket a szabvány által megadott táblázat más-más oszlopából veszik.

1. Tervezési módszer tengelyirányban terhelt cölöp és horgony esetén alkalmazandó:

   A1 „+” M1 „+” R1 és A2 „+” (M1 vagy M2) „+” R4

   kombinációkat kell kiszámolni és a rosszabb esetet kell venni, egyéb esetben pedig:

A1 „+" M1 „+" R2 és A2 „+" M2 „+" R1

kombinációkat kell használni. Ez a tervezési módszer Magyarországon nem járatos.

2. Tervezési módszer esetében az EC7-1/ NA9.1 melléklet alapján:

A1 „+" M1 „+" R2

parciális tényező- kombinációt, illetve a tervezési érték származtatását adja meg: A hatások karakterisztikus értékéből (F_K) meg kell határozni az igénybevételek karakterisztikus értékét (E_K), majd ezt az értéket kell parciális tényezővel szorozni. Ez a módszer alkalmazandó GEO és STR határállapotokban, amikor is teherbírást vizsgálunk. Ezt a módszert kell választani síkalapok, cölöpök, támszerkezetek és talajhorgonyok esetén.

3. Tervezési módszer esetén az EC7-1/ NA9.2 melléklet szerint

A2 „+" M2 „+" R3

kombinációt kell alkalmazni. Ezt az értékcsoportot kell EQU - általános állékonyság vizsgálatnál is használni, itt a szabvány megengedi, hogy tervezési értékkel vegyük figyelembe a nyírószilárdsági paramétereket, és a végén az igénybevétel és ellenállás hányadosának kell 1-nél kisebb számot adnia.

„A1" akkor választandó, ha szerkezetet, míg az „A2" geotechnikai hatások esetén érvényes.

A1. táblázat: A hatások parciális tényezői (γ_F)

Hatás	Jel	Érték
Állandó		
Kedvezőtlen [a]	$\gamma_{G;dst}$	1,1
Kedvező [b]	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Esetleges		
Kedvezőtlen [a]	$\gamma_{Q;dst}$	1,5
Kedvező [b]	$\gamma_{Q;stb}$	0
[a] Állékonyságcsökkentő		
[b] Állékonyságnövelő		

2.2.6 Tervezési állapotok meghatározása

MSZ EN 1990:2005 3.2-es fejezete alapján a tervezési állapotokban azokat az eseteket kell felvenni, melyek üzemszerű használat mellett bekövetkezhetnek.

lehetnek:

- Tartós tervezési állapot, ami a szokásos használatból fakadó terhelési eseteket tartalmazza.
- Ideiglenes tervezési állapot, a tartószerkezetet csak rövid ideig érő hatások, pl. szerkezet építése közben a munkatérhatárolás kivitelezése közben.
- Rendkívüli tervezési állapot, egy tartószerkezetre ható környezeti feltételek kivételes körülményeit írják le például bakkal való ütközés.
- Szeizmikus tervezési állapotban a szerkezet életében fellépő esetleges földrengés esetén.

A vizsgált tervezési állapotoknak kellően szigorúnak és elegendően változatosnak kell lenniük ahhoz, hogy minden olyan körülményt és feltételt vizsgáljanak, ami előfordulhat a szerkezet kivitelezése – illetve üzemszerű használata közben.

2.2.7 Teherbírási határállapotok

Az MSZ EN 1990:2005 3.3. fejezete alapján az emberek és a tartószerkezetek biztonságával közvetlen vagy közvetett módon kapcsolatos határállapotok.

A3.5 fejezete a határállapot-koncepció, az adott határállapotnak megfelelő tartószerkezeti és tehermodellek alapján kell igazolni, hogy a (A) - hatások, (M) - anyagjellemzők, termékjellemzők és geometriai jellemzők a tervezési értékükkel nem lépik túl a (R) – ellenállás határállapotát, melyeket két fő csoportra: teherbírási és használhatósági határállapotra kell bontani, és különböző mértékben kell kombinálni és növelni a terheket.

Az igazolásokat minden lehetséges tervezési állapotban minden terhelési esetre el kell végezni, illetve meg kell határozni mely esetek történhetnek meg egy időben, ezeket egyidejűségi tényezővel kell figyelembe venni.

MSZ EN 1997-1:2006 (2.4.7.1) és MSZ EN 1990:2005 (6.4-6.5) alapján a teherbírási határállapotok:

- EQU – Általános állékonyság - A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy bármely tartószerkezeti rész helyzeti állékonyságának elvesztése. Igazolni kell, hogy a destabilitásért felelős igénybevételek tervezési értéke nem éri el a stabilizáló hatásokból származó hatások tervezési értékét. Ez a hatás elsősorban rézsűk – támfalak esetén jelentős, jelen esetben azért kell vizsgálni, mert az alaptestre ható oldallökő erő mértéke akkora, ami ezt indokolhatja.
- STR – Tartószerkezeti elem – alaptestet – törése elcsúszás miatt, tartószerkezet

és alap együttes tönkremenetele, tartószerkezet tönkremenetele az alap mozgása, túlzott mértékű alakváltozása miatt.

- GEO – Talaj törése, túlzott mértékű alakváltozása, mint az STR határállapotban, ezek igazolásának a módszerét az EC0 szabvány „A" jelű melléklete tartalmazza.

  GEO és STR határállapotokban igazolni kell, hogy a hatások és ellenállások tervezési értékének aránya egynél kisebb legyen.
- FAT – A tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elemek tönkremenetele az anyag fáradásából fakadóan.

  Igazolni kell, hogy az N ütésszámnál kialakuló feszültségváltozás kisebb, mint a vizsgált anyag (beton, acél, sín) adott irányú ellenálásának tervezési értéke.
- UPL – Felúszás - talajtörés bekövetkezése a víz indukálta függőleges irányú felhajtóerő által. Az alap kialakításából és az alapozási sík mélységéből fakadóan a víz felhajtóerejét csak az alapra ható erő csökkentésére lehetett volna figyelembe venni, de ettől a biztonság javára eltekintettem.
- HYD – Hidraulikus talajtörés – hidraulikus gradiens – potenciálkülönbség miatt, a víz a nyomáskülönbség kiegyenlítése folytán áramlani kezd, ami a talajszerkezetben károsodást okozhat. A hidraulikus talajtörést ellenőrizni kell a munkaárok kiemelése utáni állapotban, ez, illetve a víztelenítés kérdése nem témája a szakdolgozatnak. – Úgy feltételezem, hogy akkor történik az alapozás amikor a talajvízszint az alapozási szint alatt van legalább 50cm-el. Ellenőrzés nélkül abból a megfontolásból sem okozhat kárt, hogy a talaj szerkezete önmagában is, de a bedolgozott kulé kavics hatására is igen nagyfokú vízáteresztő képességgel rendelkezik, így valószínűtlen a talajvíz nyomás okozta talajtörés.

2.2.8 Használhatósági határállapot

MSZ EN 1992-1-1:2010 (2.3.3) – vb. szerkezet zsugorodása: A (3)-as bekezdés értelmében a zsugorodásból származó hatásokat figyelmen kívül hagytam, helyette az ajánlott 30m-es szakaszokra dilatáltam a vasbetonszerkezetet.

A sín esetében a rögzítés lehetővé teszi a tengelyével párhuzamos mozgást, így a hőmérsékletváltozás következtében kialakuló többletfeszültségekkel nem számoltam.

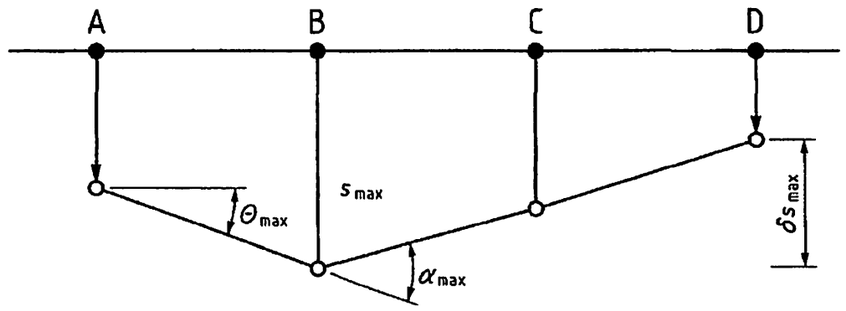
MSZ EN 1997-1:2006 (2.4.7.1) alapján, az SLS – használhatósági határállapot a tartó elmozdulása, deformációja, ami a szerkezetben nem okoz kárt, de szubjektív hatások - például nem szívesen dolgoznak az emberek egy olyan daru mellett, ami látszólag el akarna dőlni.- vagy a használhatóságot negatívan befolyásoló elmozdulások.

A szabvány 6.6.2 bekezdése alapján használhatósági határállapotban vizsgálni kell:

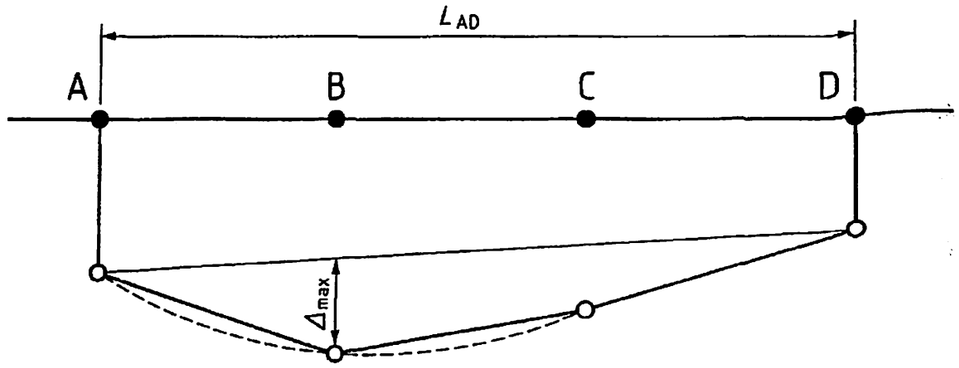
- s_0 – azonnali süllyedést, ami jelen esetben (drénezett viszony) a talaj térfogatcsökkenéséből adódik,
- s_1 – konszolidációs süllyedés – ami az azonnali süllyedést követő, hosszú távon a talajszemcsék átrendeződéséből és maradék pórus víz eltávozásából következik.
- s_2 – kúszás miatt fellépő süllyedés – ha a talaj nyírószilárdsága kimerül

Az alapmozgásokat az MSZ EN 1997-1:2006 H melléke alapján kell értelmezni. A megadott ábrákat abban az esetben szabad használni, ha a tartószerkezet egyenletesen van terhelve, ill. teknőszerű besüllyedés esetében (rugalmas ágyazás esetén). Amennyiben nyeregszerű besüllyedés keletkezik (merev alap esetén) a szabvány megengedi az értékek felezését.

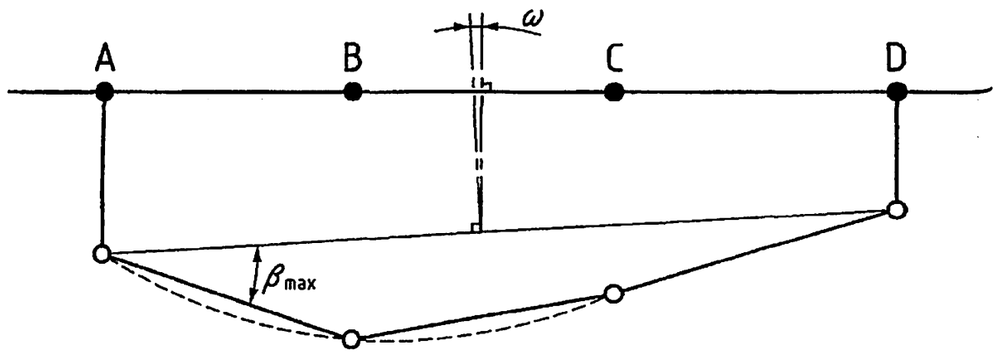
a



s – süllyedés, δs – süllyedéskülönbség, θ – elfordulás, α – szögforgás



Δ – relatív lehajlás,



ω – dőlés, β – relatív elfordulás

Egyedül az s_0 – azonnali – süllyedéssel kalkuláltam, mivel ez okozza a legnagyobb értéket, valamint a daru mozgó terheinek a hosszú távú konszolidációs hatása egy nagyon komplex probléma.

2.2.9 Tehercsoportok

Az MSZ EN 1990:2005 4.1.1. -es fejezete alapján időbeli változásuk szerint is csoportosítani kell a terheket:

- Állandó hatások (G): Ide tartoznak azok a hatások, amik a szerkezet életciklusában közel állandó mértékben fordulnak elő, akkor is ha ez változó időközönként és mértékben történik meg. Előbbire példa az önsúlyteher, míg utóbbira a zsugorodásból, hőmérsékletváltozásból keletkező feszültségek, egyenlőtlen – folyamatos – támaszmozgások. Jelen esetben állandó hatás az alaptest és a sín önsúlya.
- Esetleges hatások (Q): Többnyire az épület funkciójából általánosan adódó

hatások, amik váltakozó mértékben vannak jelen, pl. a darunak a terhei, sínferdeségből adódó többletnyomaték, a futómacska mozgásának dinamikus hatásai, ha ezek rendszeresen előfordulnának állandó tehernek minősülnének, de mivel nem megjósolható, ezért ide sorolandók.

- Rendkívüli hatások (A) alatt olyan esetleges hatásokat értünk, amik a szerkezet életében elhanyagolható ideig tartanak, de akkora intenzitással rendelkeznek, ami tönkremenetelhez, vagy maradandó alakváltozáshoz vezethetnek.

Az MSZ EN 1997-1:2006-1 NA5. melléklet alapján ebben az esetben minden parciális tényezőt 1-nek kell megválasztani.

2.3 Terhek, tehercsoportok meghatározása

2.3.1 Daru terhei

A darupálya méretezéséhez szükséges daru igénybevételek számításához az eseteket és vizsgálandó tehercsoportokat az EN 1991-3:2006* tartalmazza.

Minden tehercsoport esetén más-más dinamikus tényezővel kell figyelembe venni az adott hatásokat.

2.2-es táblázata alapján a figyelembeveendő hatások:

- Daru terheletlen önsúlya(*1.4.1.2.),
  ami magába foglal minden szerelvényt, mozgó alkatrészt, ami nem az emelő súlya. A megadott függőleges keréknyomás értékek már tartalmazzák az emelt súlyt, ezért a teljes leterhelt súlyból kivonva az emelt súlyt, megkaptam a daru önsúlyát.
- Emelő súlya(*1.4.1.3.),
  ami magában foglalja az emelt teher, a macska, az emelő kampó, és a kötelek súlyát.
- Daruhíd gyorsulásából és fékezéséből keletkező igénybevétel (*2.7.2.)
  a darupályatartó tengelyével párhuzamos értelemben az erő a meghajtott kerekek felülettel való érintkezéséből származik, ami függ a K meghajtó erőtől, illetve a surlódó felületek anyagminőségétől – acél-acél kapcsolatot vettem.
  Ez a hatás egyenletesen hat az összes kerékre a sínnel párhuzamos irányba, viszont az erő külpontossága miatt keletkezik egy nyomaték a súlypontban, amit oldalirányú erőkkel lehet csak egyensúlyban tartani, tehát itt keletkezik oldalirányú erő is.

- Daruhíd ferdénfutásából – befeszülés - keletkező igénybevételek (*2.7.4.)
  Abból adódik, hogy egy szakaszon a sín valamilyen okból kifolyólag eltér az egyenestől.
  A befeszülési igénybevételnél, a longitudinális értelemben vett feszültségek a támaszok közti független kerékmeghajtás miatt nem keletkeznek, a transzverzális értelemben vett feszültségek meghatározása során a kerekek előtt lévő megvezető eszköz által felvett eredő erőt osztottam vissza a kerekekre mindkét oldalon.
- Darukocsi gyorsulásából és fékezéséből keletkező igénybevétel (*2.7.5)
  Transzverzális irányban löki meg a darut, egyenetlenül terhelve a bal és jobb oldalt.
- Üzemi szélteher (EN 1991-1-4)
  Mivel nincs valós daru geometria, csak skicc, a széltehernél csak körülbelüli felületet tudtam felvenni a sínnel párhuzamos és merőleges irányokra. A vonalmenti geometriákat 1m széles tömör felületnek vettem, ez alapján határoztam meg egy C=2 ~120km/h szélsebességű rendkívüli igénybevételt, illetve C=1 ~60km/h sebességű üzemi szélterhet.
- Teszteher (*2.10.)
  a használhatósági határállapotban az emelt teher helyett annak 25%-val növelt
- Ütközési erő (*2.11.)
  A daruhíd ütközése a sín végén lévő bakkal. Mivel jelen esetben a lehatárolt területen nincs ütköző bak, ezért ezzel az erővel nem számoltam.
- Felborulásból keletkező erő (*2.11.3)

- A fentieken kívül vizsgálni kell a daru fárasztó hatását, amit a szabvány *2.12. pontjában ismertet. Az itt megadott eljárás a ~károsodási egyenérték számítás üzemi tehercsoporttal, a szerint, hogy milyen osztályba sorolható a daru, illetve milyen ismétlésszámmal fordul elő a terhelés. Ezzel szemben én az anyagokra vonatkozó fáradási ellenállásokkal számoltam, üzemi tehercsoporttal, de teherbírási határállapotban.
- Földrengés teher:
  Az alapozásokra nem különösen veszélyes, ezért csak egy egyszerű számítást végeztem az EC8 szeizmikus zónatérképe alapján felvett gyorsulási érték és az

alaptest súlyának korrelációjából.

2.3.2 Tehercsoportok kialakítása

A felveendő tehercsoportokat az EN 1991-3:2006 2.2-es táblája adja meg. A szabvány 2.3-as pontja alapján a tervezési helyzeteket ugyanúgy kell meghatározni, mint ahogy az előző pontban részleteztem.

Minden tehercsoporthoz a tábla alapján terhenként meghatároz egy tényezőt a szabvány, amivel adott esetben a dinamikus hatásokat lehet figyelembe venni. Itt hét teherbírási, egy használhatósági, és két rendkívüli határállapothoz tartozó tehercsoport van. A tehercsoportok a mellékleten találhatóak

2.4 Hatások kombinációinak meghatározása

A kombinációk arra szolgálnak, hogy minden hatás figyelembe vehető legyen, de ennek következtében ne legyen indokolatlanul túlméretezve a szerkezet.

Ezért a tervezési állapotok szerint kell csoportosítani a hatásokat, majd ezeket kell kombinálni, úgy hogy az állandó (G) hatások összegét meg kell nézni különböző esetlegesen (Q) működő hatásokkal, olyan módon, hogy egy esetlegesen működő teher kiemelésre kerül(Q_1), majd ehhez a hatáshoz az egyidejűségi tényezővel (Ψ) figyelembe vett többi hatás kerül párosításra.

Ha a hatásokat parciális tényezővel (Υ) kell ellátni, akkor ezt a szerint kell megválasztani, hogy az várhatóan kedvezően vagy kedvezőtlenül fog hatni a szerkezetre – amennyiben ezt nem lehet eldönteni, úgy minden esetet vizsgálni kell. A tényezőkről a megállapított tehercsoportokra a vonatkozó szabványok adnak értékeket, illetve a nemzeti mellékletek szabályozhatják. Attól függően, hogy a hatás kedvező, vagy kedvezőtlen, csökkenteni vagy növelni kell az értékét. A parciális tényezők értékei függnek továbbá attól, hogy milyen határállapotban, mit vizsgálunk

2.4.1 Egyidejűségi tényezők

Az egyidejűségi tényezőből (Ψ) három esetet határoz meg az MSZ EN 1990:2005, az értékeit a nemzeti mellékletek szabályozhatják, egyébként a szerkezet vagy hatás típusától függően a hatályos szabvány adja meg.

A darura vonatkozó értékeket az EN-1991-3:2006 szabvány A.2-es táblázatából vettem.

Ψ_0	1,0	Karakterisztikus
Ψ_1	0,9	Gyakori
Ψ_2*	0,89	Kváziállandó

*Értékét a teljes daruteher állandó és teljes terhének aránya adja, ez 1928/2160=0,893 ~0,89

A meteorológiai terhek egyidejűségi tényezőit az MSZ EN 1990:2005 szabvány szerint a vonatkozó MSZ EN 1991-3,4 szabványok adják meg, amik viszont visszairányítanak az MSZ EN 1990:2005 NA3 szakaszához ami szerint:

Ψ_0	0,5	Karakterisztikus
Ψ_1	0,2	Gyakori
Ψ_2	0	Kváziállandó

A meteorológiai terheket nem vettem külön figyelembe kombinációs tényezővel, mivel az EC1-3:2006 (2.2.2/6.) pontjában a 2.2-táblát adja meg, hogy az ott mértékadónak számító, megadott teherkombinációkat egy esetleges teherként kell figyelembe venni a tartón, amiben már benne van a szélteher.

Egyéb meteorológiai terhet nem vettem figyelembe, mert a szerkezet pontos kialakításának ismerete nélkül nem lehetne érdemben számításba venni.

2.4.2 Parciális tényezők

A használt parciális tényezők értékei a II. Számítási melléklet 1/1-es fejezetében található meg.

2.4.3 Hatáskombinációk MSZ EN 1990:2005 alapján

- EQU - határállapotban: a 6.10. általános összefüggést ajánlja:

$$6.10.\quad \sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\ "+"\ \gamma_P P\ "+"\ \gamma_{Q,1}Q_{k,1}\ "+"\ \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$$

- STR és GEO - határállapotban a tartós és ideiglenes tervezési helyzethez a 6.10.a és 6.10.b kombinációkat kell alkalmazni, majd a szerkezet vagy altalaj szempontjából legkedvezőtlenebb esetet kell venni.

$$6.10.a\quad \sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}\Psi_{0,1}Q_{k,1}+\sum_{i\neq 1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i},$$

$$6.10.b\quad \sum_{j\geq 1}\xi_j\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\sum_{i\neq 1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$$

a ξ_j csökkentő tényezőt ($0{,}85\leq \xi_j<1$) a kedvezőtlen állandó hatásokhoz kell használni.

- A - Rendkívüli tervezés állapotban (6.11.):

$$6.11.\quad \sum_{j\geq 1}G_{k,j}+P_k+A_d+\Psi_{1,1}Q_{k,1}+\sum_{i\neq 1}\Psi_{2,i}Q_{k,i}$$

A_d a rendkívüli hatás tervezési értéke

- A_E - Szeizmikus tervezési állapotban (6.12.b):

6.12.b $$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } A_{Ed} \text{ "+" } \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

A_{Ed} a szeizmikus hatás tervezési értéke

- FAT fáradási határállapotra az MSZ EN 1992-1:1:2010 (6.69.) adja meg az ismétlődő hatással kombinált alapkombinációt (gyakori kombináció):

6.69. $$\left(\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \Psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \Psi_{2,i} Q_{k,i} \right) \text{ "+" } Q_{fat}$$

Q_{fat} a fárasztó teher, jelen esetben a daru N ismétlőszámából adódó fárasztó hatás.

SLS használhatósági határállapotokban külön kombinációt ad meg a szerint, hogy milyen gyakorisággal fordul elő az adott hatás, illetve milyen jellegű (reverzibilis/irreverzibilis) a teher. E szerint lehet:

- Karakterisztikus kombináció:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i\neq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

amit az irreverzibilis – nem visszafordítható hatású - határállapotok esetén kell alkalmazni;

- Gyakori kombináció:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

reverzibilis – visszafordítható hatású - határállapotok esetén;

- Kváziállandó kombináció:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

tartós hatások ellenőrzéséhez, ami szintén visszafordítható pl. alakváltozás, és repedéstágasság.

A fenti képletekben P, illetve P_k a feszítésből származó hatás reprezentatív, illetve karakterisztikus értéke, amit sehol sem kellett figyelembe vennem.

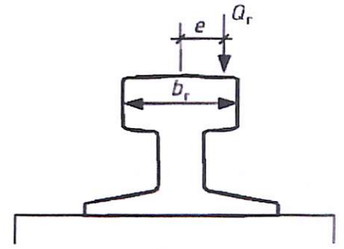
2.5 Szerkezet modellezése AxisVM-ben.

Az alaptestet 3db 30m-es gerendával vettem fel, aminek az az oka, hogy a programban nem lehet megadni a mozgó terhet úgy, hogy a 0. pont előtti pontról folyamatosan lépjen át a vizsgált elemre. A három gerenda szemlélteti a teljes darupályának első, közbenső, és utolsó elemét.

A dilatációs hézagot úgy modelleztem, hogy a gerendák két végét „gömbcsuklóként" állítottam be, tehát minden irányba szabad mozgása van, nincsenek összekapcsolva.

Mivel jelen esetben egy közbenső részen lett lehatárolva a tervezési szakasz, ezért a három elemből csak a középen elhelyezkedő értékeivel számoltam.

A daru terheit „Mozgó teher vonalelemen" eszközzel modelleztem, melyet a sínen működtettem.



1. ábra

A tehernél adtam meg az EC1/3/2.5.2.1/2.2-es ábra alapján a külpontosságot (2. ábra), valamint növeltem további 10cm kivitelezési pontatlansággal. Ettől függetlenül, ilyen esetben elvárható, hogy geodétákkal tűzzék ki pontosan a sín vonalát, illetve az alaptest betonozáskor is fokozott figyelemmel kell kísérni a kivitelezést, valamint a sín rögzítésénél használt technológia gondoskodik arról, hogy 15mm-es építési pontatlanság ne okozzon gondot.

A sín gerendaként lett kialakítva és pont-pont kapcsolati elemmel lett 1m-ként rögzítve az alaptesthez. A pont-pont kapcsolati elem merevségét nyomásra a beton rugalmassági modulusára vettem fel, a hajlítónyomatékokra 2-3 nagyságrenddel csökkentettem a merevséget – ez utóbbit minden tudományos alapot nélkülözve, csak érzésre vettem fel. Az összekötő pontok csomópontjait szabadon mozgóra hagytam minden irányba.

A talaj megtámasztó hatását vonalmenti támaszként vettem figyelembe, melynek értékét a számolt Winkler féle ágyazási tényező 80%-os értékeként adtam meg, abból a megfontolásból, hogy az alaptest szélén nem fog kialakulni nagyobb összenyomódás. A süllyedést azért nem befolyásolja mert azt végeselemes módszerre számolom, így az ágyazási tényező egyedül a szerkezet méretezéséhez használtam a biztonság javára közelítve.

2.6 Szerkezet modellezése FEM-Design-ban.

Kiindulásként, fúrásszelvények alapján modelleztem az egész lehatárolt területet, minden szerkezeti elemet valós geometriával és elhelyezéssel adtam meg, de sajnálatos módon nem volt olyan gép, ami ki tudtam volna számolni belátható időn belül.

Ezért a szerkezet igénybevételeinek tervezéséhez vonalmenti rugóval modelleztem a talajt, ide a gyengébb B réteg származtatott Es rugalmassági modulusát adtam meg a rugóknak, hogy a lehető legnagyobb igénybevétel érje a süllyedésből. A pengefalakat először úgy modelleztem, hogy nyomatékot ne vegyenek fel, de a terhelés külpontossága, és a süllyedéskülönbségek miatt, végül a mellett döntöttem, hogy egybevasalom a keresztmetszetet ezáltal végül nyomatékot is felvenni képes pont béli megtámasztásként számoltam. A sínszálat gerendaként vettem figyelembe, pont béli megtámasztással, mozgó teherként definiált daru igénybevételét pedig ennek a felületén futtattam végig.

Az MSZ EN 1997-1:2006 a 11.-es pontban kitér arra, hogy az általános állékonyság vizsgálatánál (EQU) ellenőrizni kell a teljes szerkezeten a relatív süllyedések kialakulását. Ezen kívül a talajvíz hatását sem lehet rugómodellel modellezni, ezért a kapott mértékadó igénybevétel környezetét lehatároltam, és azt a program talaj elemével modelleztem (nem-lineáris anyagmodell), különböző vízállások mellett. Ide a származtatott becsült értékeket adtam meg „A" és „B" talajrétegeknek a paraméterének, a kohéziót leszámítva, utóbbit a fúrásszelvényből vettem. Itt a sín már nem került be a modellbe, csak az önsúlyával növeltem a keréknyomást, amit viszont felületi teherként számoltam, a sín magasságának arányában 45°-os feszültségterjedést figyelembe véve. A sín magasságából adódó nyomatékot a kerék támadási pontjába raktam pont béli nyomatékként.

3 Feladat lehatárolása

3.1 Építmény, feladat

3.1.1 Létesítmény funkciója, rendeltetés, jelleg

Az építtető a telephelyére szeretett volna egy konténerátrakó bázist létrehozni. Ehhez irodaházat, út- és vasútépítési műtárgyakat, valamint a közúti és vasúti szállítás közti átrakást lehetővé tevő bakdarut és pályát terveztek megvalósítani.

A Talent-Plan Kft. részéről dr. Baksai Róbert feladata volt többek között a bakdaru pálya alap-gerendájának a tervezése, akitől - mint külső konzulenstől - az én feladatomhoz szükséges információkat kaptam.

Az eredeti létesítmény esetében hat darab daruzható vágány létesült az átrakáshoz, ezeknek a szelvényei a 0+000-tól 0+910-ig tartanak.

3.1.2 Terület lehatárolása, elrendezés, méretek

A Szakdolgozat feladata a 3.1.1-es pontban leírt létesítmény bakdaru pályájának tervezése, kisebb – kezelhetőbb geometria és terhelés mellett.

A tervezési feladathoz előbb egy 250m hosszú szakaszt határoltam le, a 0+125 szelvénytől a 0+375 szelvényig. Ezen a területen vizsgáltam a szondákat és fúrásokat, ezt a területet tüntettem fel a helyszínrajzon is. Ebből a méretezendő szakasz egy 150m-re lehatárolt rész a 0+175-0+325-ös szakaszok között.

A darupálya három nyomtávú vasúti sínt fog közre, melyeknek tengelye egymástól 5-5m-re, míg a sín tengelyétől 4,5m-re vannak.

3.1.3 Tervezett élettartam

MSZ EN 1990:2005: 2.3/2.1.-es tábla szerinti 4. osztályba sorolható, vagyis az előírt tervezési élettartam amire tervezve lett ≤50 év.

4 Műszaki leírás

4.1 Előzmények, kiindulási adatok

4.1.1 Bakdaru adatai

A bakdaru típusára vonatkozó információk nem állnak rendelkezésre, a befoglaló főbb geometriai méreteket és terhelési paramétereket adatszolgáltatásként a rendelkezésemre bocsátotta dr. Baksai Róbert.

A kapott bakdaru, konzultálás alkalmával pontosított adatokkal a mellékletben szereplő rajzon látható, az EC1-9-es szabványban megfogalmazott HC2, S4-S5 osztályokba sorolható, 2 főtartós, iFF meghajtás rendszerű, vagyis a kerekek mereven kapcsolódnak a tengelyekhez, melyek nincsenek összekötve a szemközti párral.

Főtartója, a mindkét oldalon fix támasza között 19,00 m hosszú, 8-8 m konzolos kinyúlással, magassága pedig 15m. A bakdaru négy oszlopának 4-4, így összesen 16db kereke van, melyek tengelytávolsága 80cm.

Az oldalnézetből látható oszlopok tengelyének távolsága 12,4m, ami azt eredményezi, hogy az első oszlop utolsó, és a második oszlop első kerekének tengelye között 10m távolság van.

A sín típusa a közölt adatok alapján PRI85, ami az alaptest felső síkjának középpontján megy keresztül.

4.1.2 Terhelési jellemzők

Állandó terhek:	PRI85 sín + szerelvények
	Darupályatartó alap önsúlya
Esetleges terhek:	Daru terhei – ULS kombinációhoz (számítási melléklet)
	Max. keréknyomás:
	Min. keréknyomás:
	Max. vízszintes oldallökő erő:
	Max. Hosszirányú erő:
Meterológiai terhek:	Szélerő

Üzemi

Rendkívüli

Földrengési teher:

4.1.3 Talajfeltárás módja, eszközei

A kapott Talajvizsgálati jelentés alapján a talajmechanikai fúrásokat Joy-2 típusú, önjáró fúrógéppel, illetve tehergépkocsira szerelt DrillMaster-50 típusú fúrógéppel készítették. A fúrás folyamatos spirál fúrószárral történt 130mm-es átmérővel.

Az EN ISO 22475-1 szabvány alapján a víztartalmi mintavételezés méterenként és minden jellemző rétegből történt, kivételt képeznek a zavartalan minták, melyeket öt különböző helyen, különböző mélységekből a salak rétegből történtek. Míg a zavart minták a szabvány B mintavételi kategóriájának 4. minőségi osztályába, a zavartalan minták a 3. minőségi osztályba sorolhatók.

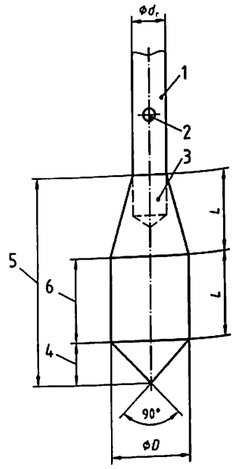
4.1.4 Szondázás módja, eszközei

A területen több féle szondázási módszerrel mérték fel a talajjavítás előtti állapotot, de egyedül a dinamikus szonda eredményei állnak rendelkezésre a javítás után is, így jelen feladat kapcsán egyedül ez releváns.

A GeoTool típusú megmaradó nehéz verőszonda felépítése az ábrán látható. Az eszköz ütésszámaiból közvetett módon talajfizikai paramétereket is lehet becsülni, mint a tömörségi index, vagy belső súrlódási szög, de ezek használatát csak kisebb jelentőséggel bíró épületekhez ajánlja az FTV 40. melléklete.

Az EC7-3 szabvány alapján fontos tényező, a köpenysúrlódás meggátolása céljából beinjektált anyag, vagy a szár időnkénti elforgatása.

Verőeszköz	
a verőkos tömege, m [kg]	50±0,5
ejtési magasság, h [m]	500±10
hossz/átmérő (Dh) aránya	1≤Dh≤2
Üllő	
átmérő, d [mm]	100<d<0,5*Dh
tömeg a verőrudazattal [kg]	18
90°-os csúcs	
névleges alapterület, A [cm2]	15
átmérő D új állapotban [mm]	43,7±0,3
átmérő kopott áll. min. [mm]	42
köpeny hossza [mm]	43,7±1
a felső vékonyodás hajlásszöge [°]	11
a kúpos rész magassága [mm]	21,9±0,1
a kúpos rész megengedett kopása [mm]	4
Verőrudazat	
maximális tömeg [kg/m]	6
legnagyobb átmérő, OD [mm]	32
ferdeség a legalsó 5m-en [%]	0,1
ferdeség a több részen [%]	0,2



2. ábra

A készülék felépítése MSZ EN ISO 22476-2:2005 alapján:

(1.)Verőrudazat; (2.) Injektáló lyuk, (3.)Menetes rögzítés, (4.)Menetes rögzítés

(5.)Szonda csúcs, (6.)Palást, (7.)Verőkos

(L) Palást hossz; (D) Átmérő; (dr) Verőrúd átmérője

Bár a szabvány alapján a DPH szondánál 10cm-es előrehaladást kellene rögzíteni, a szondázás során a 20cm-es behatoláshoz szükséges értékeket rögzítették a magyar gyakorlatnak megfelelően.

A tömörségi állapotot az FTV 32. tervezési segédlete alapján a szemcsés talajokra megadott értékek alapján értékelték a talajjavítás előtti állapot meghatározásakor.

Tömörségi állapot	laza	közép tömör	tömör	igen tömör
N_{20} [ütésszám]	0 - 6	6 - 40	40 - 100	> 100

4.1.5 Szondaeredmények kiértékelése

A 2.1.3-as fejezetben leírt eljárás eredményei a következőek:

Talajjavítás előtti és utáni állapotok N_{20} ütésszámainak összehasonlításai a melléklet-en látszanak. Az itt látható diagrammokon azok a szonda-párok vannak, amik pár méteres távolságban vannak egymástól. Javítás előtt és után a terepszint, illetve a szondázott mélység eltérő volt, amit figyelembe vettem az összehasonlításkor. Általánosságként elmondható, hogy a minimum ütésszámok legalább a duplájukra nőttek, ugyanakkor a

felső réteg a döngölés hatására széttöredezett és kitöltötte az alatta lévő 1-2m-es jóval lazább szerkezetű réteget. Az alsó 6-7m-ig tartó réteg javítás után jóval gyengébbnek bizonyult, ami azt jelenti, hogy még nem a teherbíró réteg, inkább széttöredező építési törmelék.

A 2.1.3-as fejezetben leírt átlagolás eredménye a mellékletben láthatóak. Itt összehasonlításra került a talajjavítás előtti állapot N20 as ütésszám minimum, maximum, átlag, illetve „tervezési" értéke.

A tervezési értékek azok az N20 ütésszámok, amiknél legalább 80%-ban volt nagyobb ütésszám.

A talajjavítás utáni állapot hasonló módon történt kiértékelése a mellékletben látható. Itt a „tervezési" ütésszámon kívül a magyarázatban látható egyéb százalékos értékek is megadásra kerültek.

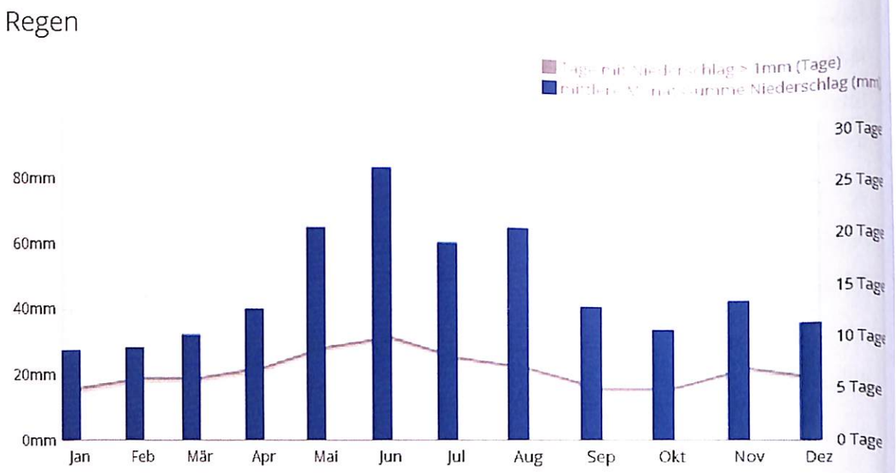
A talajjavítás előtti és utáni állapotok „tervezési" N20 ütésszámainak közvetlen összehasonlítása a mellékletben látható. Az átlagértékek alapján javítás előtt csak a felső 2m-es, illetve az alsó 6,4-7m sávban volt közepesen tömör állapotú, míg a javítás után a felső 3,4m-es réteg közepesen tömör.

Ezek az értékek azt jelentik, hogy a lehatárolt szakaszon a szondák pontjaiban és vélhetően a környezetükben az itt közölt értékeknél, az esetek 80%-ban magasabb tömörséget ért el a talaj.

4.2 Helyszíni, környezeti viszonyok

4.2.1 Meteorológiai, hidrológiai adottságok

Az területre jellemző éves csapadékmennyiség (www.wetter.de):



	Jan.	Feb.	Márc	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Okt.	Nov.	Dec.
átl.[mm]	27	28	32	40	65	83	60	65	41	34	43

4.2.2 Domborzat, növényzet

A Nagy-folyó felőli részen a telek igen meredek rézsűben végződik, melyen nagyobb fák voltak megtalálhatóak, ezen kívül főleg a víz közelében cserjék, kisebb fák fordultak elő, legnagyobb részt a fű volt az egyetlen vegetáció.

A terület geotechnikai értelemben véve sík, de a régi depóniák különböző magassága miatt 2-3 m-es szintkülönbség előfordult a tereprendezés előtt.

4.2.3 Szomszédos építmények, közművek

A vizsgált terület - a beruházó telephelye – kisebb részén régi, nem használt burkolt és burkolatlan, nem használt rakodó területek feküdtek, bár nagyrészben zöldterület volt. A telken korábbi épület-maradványok nyomai voltak megtalálhatóak elszórtan.

A terület ipari területen fekszik, így a szomszédos épületek többsége is ipari célú, a 2.1.7-es pontban részletezett módon azonban hatással volt a talajjavítási technológia megválasztására.

A teljes terület északi részén csatorna közmű halad át, így a szolgáltatótól kellett kérni engedélyt, illetve a szükséges védőtávolságok kijelölését, ahhoz, hogy megkezdődhessen az építkezés.

A lehatárolt területen nem halad át közmű.

4.2.4 Közlekedés, megközelíthetőség

A terület jól megközelíthető mind nagyforgalmú autóúton, mind a folyó által.

4.3 Talaj- és talajvízviszonyok

4.3.1 Geológiai adottságok

A Geotechnikai és Földtani útmutató 52. táblázata és 52. ábrája alapján a terület domborzati típusa síkvidék, aminek a talajszerkezetét az azt átszelő folyók hordaléka építette.

A táblázat szerint középtáj átlagos lejtésszöge 0-2, átlagos terephajlása 0-3%, relatív magasságkülönbsége 10m, míg a tengerszint feletti magasság 80-200mBf között változik.

A jellemző felszínformák: füves rónák, szikes puszták, lápok, ártéri erdők.

Jellemző képződmények: réti- és öntéstalajok, futóhomok, kavics, tőzeg, infúziós lösz.

A szűkebb körben vett kistájról a talajvizsgálati jelentés tesz említést, e szerint a terület jórészt ártéri színterű, hordalékkúp-síkság. A kistáj teraszokkal tagolt hordalékkúp, melynek felszíne enyhén Dél felé, illetve a Nagy-folyó felé lejt.

A kistájon a pannóniai üledékre durvaszemcsés folyami üledéksor települt, mely vastagsága 10-20m és felszín közeli helyzetű.

4.3.2 Földrengésveszély - szeizmicitás

A talajvizsgálati jelentés alapján: „A tervezett létesítmények szeizmikus tervezéshez szükséges talajgyorsulás referenciaértéke a szeizmikus zónatérképről olvasható le. A térképről leolvasható horizontális gyorsulás értékek 50 évre vonatkoznak 10%-os meghaladási valószínűség mellett (PNCR), ami a visszatérési periódus értékét TNCR=475 évben állapítja meg. A horizontális gyorsulás agR=0,14g-re vehető fel a térkép és az MSZ EN 1998-1:2008 (A tartószerkezetek tervezése földrengésre) alapján." A talajvizsgálati jelentés a C típusú altalaj osztályba sorolja a talajvizsgálati jelentés a területet a szabvány 3.1. táblázata alapján.

3.1. táblázat: A talajviszonyok osztályozása

Altalaj-osztály	A 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	> 250
C	Tömör vagy közepesen tömör homok-, kavics- vagy merev agyagrétegek több tíz vagy akár több száz m vastagságban	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Laza vagy közepesen tömör, kohézió nélküli talaj (némi puha kötött réteggel vagy anélkül), vagy túlnyomóan puha – gyúrható kötött talaj	< 180	< 15	< 70
E	Felszíni üledékréteg, amely a v_s érték szerint C vagy D osztályú, 5 és 20 m közötti vastagságú, alatta 800 m/s-nál nagyobb nyíróhullám-sebességű, merevebb anyag			
S_1	Puha agyagból/iszapból álló vagy legalább egy 10 m vastag agyagot/iszapot tartalmazó, nagy plaszticitású (PI > 40) és nagy víztartalmú rétegek	< 100 (az érték figyelmeztető)	–	10 – 20
S_2	Folyósodásra hajlamos talajok, érzékeny agyagok vagy más olyan talajrétegek, amelyek nem sorolhatók az A–E vagy S_1 osztályba			

4.3.3 Talajrétegződés, talajjellemzők

A talajrétegek egységesen heterogén építési törmelékes, pernyés, iszapos rétegek, amik különböző időkben, különböző féle anyagok depóniái voltak, amik eltérő idő és erőhatásra tömörödtek.

A szemcsés talajok vizsgálatához szemeloszlási vizsgálattal az MSZ 14043-2:2006 szabvány alapján történt.

A talajjavítás előtti meghatározott rétegrendek a Talajvizsgálati jelentés alapján:

"A" jelű réteg: átlagosan 1,6-2,0 m vastag, durvaszemcsés talaj. Homokos kavics (saGr), illetve kavicsos homok (grSa) és iszapos homokos kavics (saGr). A réteg helyenként 1,3-6,6 m vastag is lehet, főként fekete, helyenként sötétszürke, tömör- igen tömör salak feltöltés. A réteget 17-59% kavics, 34-69% homok, 6-13% iszap, 1-2% agyag frakció alkotja. A szemeloszlási görbéje Cu=10,73-81,44 között változik. Mértékadó szemcseátmérője 0,35-0,8mm, illetve 6-12mm közé tehető.

"B" jelű réteg: összetételét tekintve megegyezik az „A" réteggel, de „laza" tömörségű.

A réteg vastagsága meglehetősen változó, van, ahol a 1,1-3-3 m-en helyezkedik el az alsó síkja, van, ahol 3,0-9,0 m mélyen terül el. Összetétele 26-57% kavics, 28-62% homok, 4-17% iszap, 1-4% agyag.

A szemeloszlási görbéje Cu=15,76-269,87 között váltakozik. Mértékadó szemcseátmérője 0,35-13mm közé tehető.

"C" jelű réteg: vöröses barna, váltakozó mértékben laza, vagy éppen tömör salakréteg. Összetételét tekintve megegyezik „A" és „B" jelű rétegekkel: 36-43% kavics, 41-49% homok, 11% iszap, 4-5% agyag frakció. Különbség, hogy ennek a rétegnek a kavics méretű frakciója sokkal porózusabb, könnyebb, mint a rajta elhelyezkedő rétegek esetében.

A szemeloszlási görbe lapos lefutású, az egyenlőtlenségi mutató Cu=82,1. A feltöltést főként közepes homok alkotja, mértékadó szemcseátmérője 0,3 mm.

"D" jelű réteg: durvaszemcsés üledék - homokos kavics (saGr), iszapos-homokos kavics (si,saGr). 4,9-9,1 m mélységtől jelentkezik. A réteget 49-69% kavics, 21-47% homok, 3-14% iszap és 2-4% agyag frakció alkotja. A réteg jól graduált, a szemeloszlási görbe lapos lefutású, az egyenlőtlenségi mutató Cu(21,24-199,42 között változik. A réteget főként közepes homok és közepes kavics alkotja, a mértékadó szemcseátmérő: 5-14mm között váltakozik.

"E" jelű réteg: Szürke, tömör, homokos iszapos agyag, főként durva iszap és finom homok alkotja. A 14F jelű fúrásban találták meg, a terület egyéb fúrásaiban ritkán jelentkezik. Felső szintje 6,9-7,3m mélységben kezdődik. 4% kavics, 44% homok, 43% iszap és 12% agyag frakció alkotja. Szemeloszlási görbéje lapos lefutású, egyenlőtlenségi mutatója Cu=66,31, mértékadó szemcseátmérője: 0,16mm-re tehető.

Talajrétegek összetétele Talajvizsgálati jelentés alapján						
Réteg	Talajtípus	Kavics [%]	Homok [%]	Iszap [%]	Agyag [%]	
A réteg	salak feltöltés (saGr, grSa)	31,5	59	8	1,4	átlag
		59	69	13	2	max
		17	34	6	1	min
B réteg	salak feltöltés (saGr, grSa)	40,4	48,7	9,6	2,7	átlag
		57	62	17	4	max
		26	28	4	1	min
C réteg	Vörösesbarna salakfeltöltés (saGr, grSa)	39,5	45	11	4,5	átlag
		43	49	11	5	max
		36	41	11	4	min
D réteg	Homokos kavics (saGr)	58,3	32,7	7,2	3,2	átlag
		69	47	14	4	max
		49	21	3	2	min

A 2.1.3-es pontban részletezettek szerint az ütésszámok alapján kialakított – javítás utáni - talajrétegek megközelítő vastagsága: „A" réteg esetén 2m, „B" réteg esetén 5m. A többi talajréteget nem vettem külön figyelembe,

4.3.4 Talajvízviszonyok

A tervezési terület a Nagy-folyó közvetlen szomszédságában fekszik, így a talajvízviszonyokat is legnagyobb részt ez befolyásolja, ugyanis a durvaszemcsés üledék nagyon jó vízvezető képességgel rendelkezik, ezért ha a folyónak magas a vízszintje, az szinte azonnal megjelenik talajvíz formájában is.

A feltárások alapján a megütött vízszint 6,8-6,9m-es mélységben észlelték, ugyanakkor a folyó közelsége miatt a talajvizsgálati jelentésben a teljes terület folyóhoz közeli oldalán 103,5 mBf-re, míg a legtávolabbi pontjában 101,5 mBf-re becsüli a maximálisan bekövetkező vízszintet. A tervezési terület körülbelül a távolság felében található, így ez alapján vettem fel a becsült maximális vízszintet.

Feltárás*	Rendezés előtti [mBf]	Megütött vízszint [m]	Rendezett terep m. [mBf]	Megütött tvsz. [m]	Becsült max. [mBf]	Tervezési tvsz. [mBf]	[m]
1F	104,45	-6,8	103,5	-5,85	102,5	103,0	-0,5
2F	104,36	-6,9	103,5	-6,04	102,5	103,0	-0,5
3F	104,72	-6,9	103,5	-5,68	102,5	103,0	-0,5

*A feltárások kívül esnek a lehatárolt területen.

A nyeletéses úton meghatározott vízáteresztő képesség 2.59cm/nap-ra alakult a felső

feltöltött rétegen.

A laborvizsgálatok a talajvízminta enyhén agresszív mutatták ki. A talajvizsgálati jelentés XA1-es – betonra enyhén agresszív – kitéti osztályt állapít meg, mely az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázata alapján C30/37-es betonminőség használatát jelenti legalább.

E1.N táblázat: Előirányzott szilárdsági osztályok

	Környezeti osztályok a 4.1. táblázat szerint									
Korrózió										
	Karbonátosodás miatti korrózió				Kloridok által okozott korrózió			Tengervízből származó klorid által okozott korrózió		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Előirányzott szilárdsági osztály	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
A beton károsodása										
	Nincs korróziós kockázat				Fagyás/olvadás miatti károsodás			Kémiai hatás miatti károsodás		
	X0				XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Előirányzott szilárdsági osztály	C12/15				C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45

4.4 Geotechnikai viszonyok

4.4.1 Speciális kedvezőtlen adottságok

A terület korábbi funkciójából fakadóan – miszerint évtizedekig nagymennyiségű ipari melléktermék és bontási törmelék együttes lerakatául szolgált – a felsőbb rétegek heterogén módon tartalmaznak betontörmelékeket, kohósalakot, téglát, és egyéb anyagokat.

Az időben és anyagban eltérő depóniák lerakásának köszönhetően a nagyobb betontörmelékek alatt lazább szerkezetű „talaj" rétegek találhatóak, így a helyenként erős felsőbb rétegek hirtelen elveszthetik az állékonyságukat terhelés hatására. Gyakorlatilag az egész területen jellemzők ezek az apróbb üregek, amik a talajvíz növekedésével még nagyobb problémát jelenthetnek.

4.4.2 Talajadottságok, paraméterek a talajjavítás előtt

Az Es rugalmassági modulus aretáló ödométeres kísérlettel meghatározott (MSZ CEN ISO/TS 17892/5:2007 alapján) Eoed – összenyomódási modulus – értékből lett meghatározva.

Talajrétegek összetétele Talajvizsgálati jelentés alapján						
Réteg	Talajtípus	Kavics [%]	Homok [%]	Iszap [%]	Agyag [%]	
A réteg	salak feltöltés (saGr, grSa)	31,5	59	8	1,4	átlag
		59	69	13	2	max
		17	34	6	1	min
B réteg	salak feltöltés (saGr, grSa)	40,4	48,7	9,6	2,7	átlag
		57	62	17	4	max
		26	28	4	1	min
C réteg	Vörösesbarna salakfeltöltés (saGr, grSa)	39,5	45	11	4,5	átlag
		43	49	11	5	max
		36	41	11	4	min
D réteg	Homokos kavics (saGr)	58,3	32,7	7,2	3,2	átlag
		69	47	14	4	max
		49	21	3	2	min

A 2.1.3-es pontban részletezettek szerint az ütésszámok alapján kialakított – javítás utáni - talajrétegek megközelítő vastagsága: „A" réteg esetén 2m, „B" réteg esetén 5m. A többi talajréteget nem vettem külön figyelembe,

4.3.4 Talajvízviszonyok

A tervezési terület a Nagy-folyó közvetlen szomszédságában fekszik, így a talajvízviszonyokat is legnagyobb részt ez befolyásolja, ugyanis a durvaszemcsés üledék nagyon jó vízvezető képességgel rendelkezik, ezért ha a folyónak magas a vízszintje, az szinte azonnal megjelenik talajvíz formájában is.

A feltárások alapján a megütött vízszint 6,8-6,9m-es mélységben észlelték, ugyanakkor a folyó közelsége miatt a talajvizsgálati jelentésben a teljes terület folyóhoz közeli oldalán 103,5 mBf-re, míg a legtávolabbi pontjában 101,5 mBf-re becsüli a maximálisan bekövetkező vízszintet. A tervezési terület körülbelül a távolság felében található, így ez alapján vettem fel a becsült maximális vízszintet.

Feltárás*	Rendezés előtti [mBf]	Megütött vízszint [m]	Rendezett terep m. [mBf]	Megütött tvsz. [m]	Becsült max. [mBf]	Tervezési tvsz. [mBf]	[m]
1F	104,45	-6,8	103,5	-5,85	102,5	103,0	-0,5
2F	104,36	-6,9	103,5	-6,04	102,5	103,0	-0,5
3F	104,72	-6,9	103,5	-5,68	102,5	103,0	-0,5

*A feltárások kívül esnek a lehatárolt területen.

A nyeletéses úton meghatározott vízáteresztő képesség 2.59cm/nap-ra alakult a felső

feltöltött rétegen.

A laborvizsgálatok a talajvízminta enyhén agresszív mutatták ki. A talajvizsgálati jelentés XA1-es – betonra enyhén agresszív – kitéti osztályt állapít meg, mely az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány E1.N táblázata alapján C30/37-es betonminőség használatát jelenti legalább.

E1.N táblázat: Előirányzott szilárdsági osztályok

	Környezeti osztályok a 4.1. táblázat szerint									
Korrózió										
	Karbonátosodás miatti korrózió				Kloridok által okozott korrózió			Tengervízből származó klorid által okozott korrózió		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Előirányzott szilárdsági osztály	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
A beton károsodása										
	Nincs korróziós kockázat				Fagyás/olvadás miatti károsodás			Kémiai hatás miatti károsodás		
	X0				XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Előirányzott szilárdsági osztály	C12/15				C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45

4.4 Geotechnikai viszonyok

4.4.1 Speciális kedvezőtlen adottságok

A terület korábbi funkciójából fakadóan – miszerint évtizedekig nagymennyiségű ipari melléktermék és bontási törmelék együttes lerakatául szolgált – a felsőbb rétegek heterogén módon tartalmaznak betontörmelékeket, kohósalakot, téglát, és egyéb anyagokat.

Az időben és anyagban eltérő depóniák lerakásának köszönhetően a nagyobb betontörmelékek alatt lazább szerkezetű „talaj" rétegek találhatóak, így a helyenként erős felsőbb rétegek hirtelen elveszthetik az állékonyságukat terhelés hatására. Gyakorlatilag az egész területen jellemzők ezek az apróbb üregek, amik a talajvíz növekedésével még nagyobb problémát jelenthetnek.

4.4.2 Talajadottságok, paraméterek a talajjavítás előtt

Az Es rugalmassági modulus aretáló ödométeres kísérlettel meghatározott (MSZ CEN ISO/TS 17892/5:2007 alapján) Eoed – összenyomódási modulus – értékből lett meghatározva.

A nyírószilárdsági paraméterek, mint a kohézió és a belső súrlódási szög, közvetlen nyírókísérlettel (MSZ CEN ISO/TS 17892/10:2007) lettek meghatározva.

Geotechnikai paraméterek	A réteg	B réteg	C réteg	D réteg	E réteg
$\gamma_n - \gamma_t$ [kN/m^3]	20-21*	15-17*	15-17*	19-20*	20-21*
Φ[°]	31-33*	27-29*	27-29*	32-34*	22-24*
c [kPa]	15-20*	20-25*	20-25*	-*	20-22*
E_s [MPa]	7-8*	3-5*	3-5*	12-15*	6-8*
Fejtési osztály	F-IV.-F-V.	F-I.-F-III.	F-I.-F-V.	F-II.	F-II.
Tömöríthetőség (kedvező víztart. mellett)	T-1 (jól)	T-1 (jól)	T-1 (jól)	T-1 (jól)	T-2 (közepesen)
Földműanyagként való alkalmazás	M-2 (jó)	M-2 (jó)	M-2 (jó)	M-2 (jó)	M-3 (megfelelő)
Vízvezető képesség	V-2-V-3 (jó-közepesen)	V-2-V-3 (jó-közepesen)	V-2-V-3 (jó-közepesen)	V-2-V-3 (jó-közepesen)	V-4 (gyengén)
Erózióérzékenység	E-2 (nem)	E-2 (nem)	E-2 (nem)	E-2 (nem)	E-2 (nem)
Fagyveszélyesség	X-1 (fagyálló)	X-1 (fagyálló)	X-1 (fagyálló)	X-1 (fagyálló)	X-3 (fagyveszélyes)
Térfogatváltozó hajlam	D-1 (nem)	D-1 (nem)	D-1 (nem)	D-1 (nem)	D-2 (kissé)

A *-gal jelölt értékek tapasztalati összefüggések alapján származtatott geotechnikai paraméterek.

1. Táblázat: Geotechnikai paraméterek a Talajvizsgálati jelentésből

4.4.3 Talajmodell

A tervezéshez használt jellmezőket, talaj adatokat, a feltárások, szondák és laboratóriumi vizsgálatok alapján a 2.1.3-as pontban részletezettek szerint határoztam meg, melynek eredményei a táblán láthatók, ezek lettek a karakterisztikus talajértékek a számítások során. „A" réteget 2m vastagnak, „B" réteget pedig 5m vastagnak tételeztem fel, tehát a teljes vizsgált talajszelvény 7m vastag.

A határmélység (~2*Alaptest szélesség+alaptest magasság) körülbelül 4,5 m mélységig hat a talajra, ezért az „E" (4.3.3.) mélységére (6,9m<) nem adtam meg a modellemben külön adatokat.

Réteg	Nedves térf.súly γn kN/m3	Száraz térf.súly γd kN/m3	Szilárd térf.súly γs kN/m3	Telített térf.súly γt kN/m3	Hézagtény. e -	Hézagtérf. n %	Belső súrl. szög φ fok	Kohézió c kPa	Drénezetlen nyíró szilárdság cu kPa	Összenyomódási modulus Eoed MPa	Poisson szám m -	Poisson tényező ν -	Rugalmassági modulus Es MPa	Egyirányú nyomószil. qu kPa
"A"	20,0	17,0	26,5	20,6	0,56	0,36	33	18,00	33,15	11,30	4,4	0,22	9,80	66,30
"B"	18,0	16,7	26,5	20,4	0,59	0,37	32	22,00	39,69	9,80	4,3	0,23	8,40	79,38

4.4.4 Előzetes elképzelés az alapozásra:

Az előzetes elképzelés a darupályatartóra egy cölöpökön nyugvó többtámasz

tartóként kialakított, cölöpösszefogó-gerenda lett volna, de ahogy a 2.2.1-es pontban részleteztem, végül egy rugalmasan ágyazott gerenda alap mellett döntöttem, amit szögtámfalként alakítottam ki.

5 Alapozási terv

5.1 Alapadatok

5.1.1 Magassági adatok

Abszolút magasság [mBf]	Relatív magasság [m]	Leírás	Réteg vstg. [m]	Szerkezet vstg. [m]
103,6	0,1	Alaptest felső síkja		
103,5	±0,00	"A" réteg tető Rendezett terepszint		Tárcsa: 100
103,0	-0,5	Mértékadó talajvízszint		
102,6	-0,9	Tárcsa alsó síkja Lemez felső síkja	"A" rtg. 2,00	
102,1	-1,4	Lemez alsó síkja. Szerelőbeton felső síkja		Lemez: 50
102,0	-1,5	Szerelőbeton alsó síkja, Alapozási sík		Szerelőbeton: 10
101,5	-2	"B" Réteg tető	"B" rtg. 5,00	
96,5	-7	"B" Réteg alja		

5.1.2 Minőségi követelmények

Az egyes szerkezeti elemek tervezett anyagminősége,

Szerelőbeton:	C12/C15-X0
Vasbeton alaptest:	C30/37 -XA1 (4.3.4. alapján)
Betonacél:	B500B
Sín minősége:	S620 QL MSZ EN 1993-1-12 3.1 tábla
Hegesztési varratok:	MSZ EN ISO 5817:2008 szerinti „C" osztályú varratok
Kötőelemek:	8.8 minőségű csavarok
Dübelek:	HILTI dűbelek
Kiöntőhabarcs:	Pagel Vergussenmörtel, vagy egyenértékű megoldás
Korrózióvédelem:	Külső térben tüzihorgonyzással

5.1.3 Süllyedési kritériumok EN 1997-1 NA21. táblázata alapján:

A süllyedési kritérium a legkevésbé süllyedéstűrő szerkezeti elemre lett számolva, ami a darupálya sín. Az alakváltozás jellege a 2.2.8.-as pont szerint értendő.

A határértékek

Szerkezet	Alakváltozás jellege	Max	Határérték
Alaptest: Statikailag határozatlan VB. lassú konszolidáció esetén:	s_{max} – legnagyobb süllyedés		
	hossz irányba		50mm
	β – relatív elfordulás		
	hossz irányba		0,0010
Darupálya sín:	s_{max} – legnagyobb süllyedés		
	hossz irányba		50mm
	β – relatív elfordulás		
	hossz irányba		0,0040
	kereszt irányba		0,0030

5.1.4 Geotechnikai kategória

AZ MSZ EN 1997-1/2.1 alapján a 2. geotechnikai kategóriába soroltam a szerkezetet, mivel nem merül fel kivételes kockázat. Bővebben a 2.2.3-as pontban részletezem a gondolatmenetet.

5.2 Szerkezetek bemutatása

5.2.1 Darupálya szerkezeti kialakítása

Az eredetileg megépült darupálya hossza 717fm, melyből a lehatárolt területen 150m-es tervezési szakasz lett kiválasztva, azonban szerkezetileg 30m-es részekre osztottam az alakváltozások kedvezőtlen hatásainak kiküszöbölése érdekében, és mind az öt ilyen szakasz hasonlóképpen „gerenda közép" helyzetben van, tehát a legnagyobb nyomatékok nem ezen a szakaszon fognak mértékadó méreteket ölteni, ezért csak egy ilyen 30m-es szakasz méretezését végeztem el.

Az alaptest keresztmetszete fordított „T" szelvény, mely szögtámfalként lett kialakítva a konzoljai által. Az alaptestet egy „tárcsa" és egy „lemez" részre osztottam. A tárcsa része 50cm széles és 100cm magas téglalap, a talpa pedig 150cm széles és 50cm vastag lemez. A „tárcsa" a „lemez" rész középpontjában csatlakozik, így a két oldalon a konzol hosszak megegyeznek.

Az alaptest alá min. 10cm vastag szerelőbeton kell, hogy kerüljön, amit a statikai számításoknál nem vettem figyelembe.

Mivel a talajjavítási technológia során nagymennyiségű kulé kavics lett már előzetesen bedolgozva a talajba, így a felső rétegeknél nincs szükség további anyagbevitelre, a szerelőbeton közvetlenül betonozható a kellően visszatömörített alapozási síkra.

A kivitelezés 3 betonozási ütemben készül: először a szerelőbeton készül, lehetővé téve a lemez vasszerelését és betonozását, majd a zöldszilárdság elérése után a kiálló tüskékre készül el a „tárcsa" vasszerelése és betonozása.

5.2.2 Darupálya felépítmény bemutatása

Adatszolgáltatás alapján a kialakítandó síntípus PRI85R hézagnélküli kivitelben. A sín rögzítése az alaptesthez osztott leerősítő szerkezettel történik. A leerősítések közötti tengelytávolság 100 cm. Az alátétlemez 200x300x20mm-es acél- lemez, ami 4db HILTI M20 tőcsavarral kerül rögzítésre a vasbeton gerendához. A sín alátétlemezhez való rögzítése Gantry rendszerű sínrögzítő elemekkel és M20-as HILTI csavarokkal történik. A darupálya sín hézagnélküli kivitelű szabadon dilatáló, a két vége irányában.

5.3 Vasbeton darupályatartó méretezésének az eredménye

MSZ EN 1990:2005 4.3. fejezete alapján a geometriai jellemzőkre vonatkozó szabályok

5.3.1 Ellenőrzés STR határállapotban:

STR határállapotban a szerkezet törésre való megfelelését vizsgáltam, valamint az alaptest elcsúszását. A vasalást is ebben a határállapotban méreteztem, ugyanakkor ellenőriztem II. feszültségi állapotban SLS használhatósági határállapotban is.

5.3.2 Ellenőrzés EQU határállapotban

EQU határállapotban ellenőriztem az alaptest billenését

5.3.3 Ellenőrzés FAT határállapotban

Fáradási határállapotban ellenőrzésre került a sín, a beton és a betonacél.

5.3.4 Ellenőrzés GEO határállapotban

GEO határállapotban ellenőriztem, hogy létrejön e a szerkezet alatt talajtörés.

5.3.5 Ellenőrzés SLS határállapotban

6 Felhasznált szakirodalom

6.1 Felhasznált szabványok

6.1.1 EUROCODE 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

6.1.2 EUROCODE 1: A tervezés alapjai és a tartószerkezeteket érő hatások

- MSZ ENV 1991-1 A tervezés alapjai
- EN 1991-3:2006 Actions Induced By Cranes And Machinery
- MSZ ENV 1991-2-1 Sűrűség, önsúly és hasznos terhek
- MSZ ENV 1991-2-3 Hóteher
- MSZ ENV 1991-2-4 Szélhatás
- MSZ ENV 1991-2-5 Hőmérsékleti hatások

6.1.3 EUROCODE 2: Betonszerkezetek tervezése

- MSZ ENV 1992-3 Beton alapozások

6.1.4 EUROCODE 3: Design of steel structures

- EN 1993-6:2007 Crane supporting structures

6.1.5 EUROCODE 7: Geotechnikai tervezés

- MSZ ENV 1997-1 Általános tervezés
- MSZ ENV 1997-2 Tervezés laboratóriumi vizsgálatok alapján
- MSZ ENV 1997-3 Helyszíni vizsgálatokkal támogatott tervezés

6.1.6 EUROCODE 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezési előírásai

- MSZ ENV 1998-1-1 Általános szabályok. Szeizmikus hatások és tartószerkezetekre vonatkozó általános követelmények
- MSZ ENV 1998-5 Alapozások, megtámasztó szerkezetek és geotechnikai szempontok

6.2 Felhasznált irodalom

- „ SM-1/A Szerkezetépítési műszaki leírás" - Talent–Plan Kft.
- „Talajvizsgálati jelentés" – EFERTE Mérnöki Tanácsadó és Szolgáltató Kft.
- „Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek tervezése az MSZ EN 1997 szerint" – Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. 2012
- „Vasbeton szerkezetek - Tervezés az Eurocode alapján" – Deák-Draskóczy-Dulácska-Kollár-Visnovitz– 3. változatlan kiadás 2014
- „Alapozási Gyakorlatok a Mélyépítő szakos hallgatók számára" - dr. Bolgár Péter-Pőcz Béla
- „Geotechnikai és Földtani útmutató" - Kecskés Gábor és Szoboszlai Béla

6.3 Honlapok

- www.wetter.de/klima
- www.kti.hu

7 Mellékletek

I. Javaslat a szakdolgozathoz

II. Számítási melléklet

III. Vasalási terv

IV. Egyéb

8 Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megragadni az alkalmat, hogy tiszteletemet és köszönetemet fejezzem ki, mindazoknak, akik nagyban hozzájárultak a szakdolgozatom elkészítéséhez. Köszönettel tartozom mindenkinek, aki lehetővé tette számomra, hogy ez a munka megszülethessen.

Mindenekelőtt szeretném megköszönni konzulensemnek dr. Telekes Gábornak azt az átfogó tudást, amit e képzés során átadott, valamint a dolgozat elkészítésében nyújtott segítséget, és rendkívül értékes szakmai tanácsait és türelmét.

Köszönöm külső konzulensemnek dr. Baksai Róbertnek, szakmai segítségét, támogatását, valamint, hogy rendelkezésemre bocsátotta azon műszaki dokumentumokat, melyek a szakdolgozatom alapját képezték.

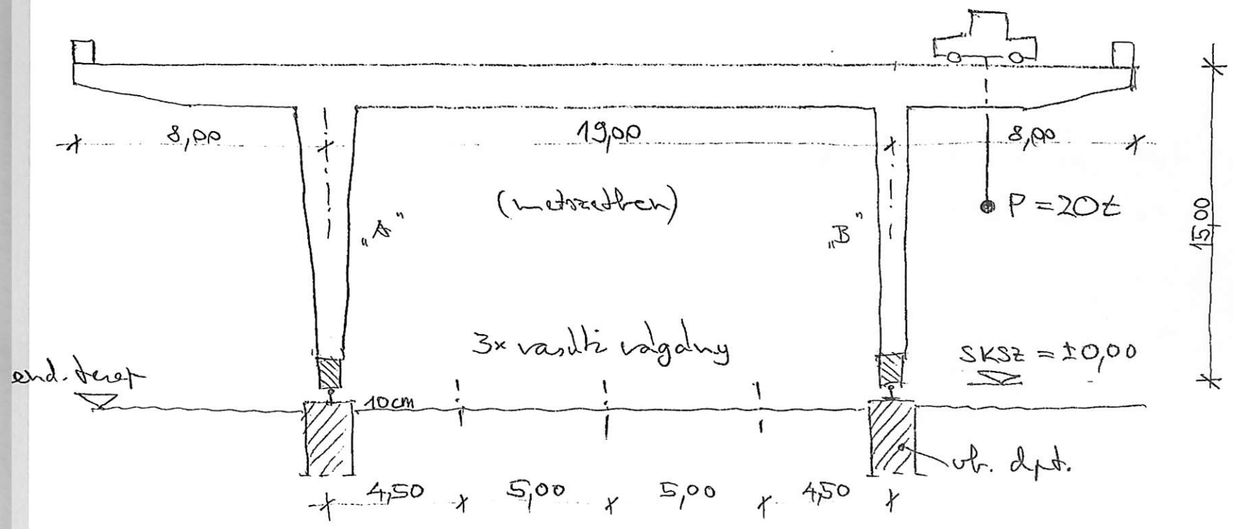
Továbbá szeretném megköszönni Szabó Balázsnak, hogy a darupálya méretezésének konzultálásával, segített tisztázni a kérdéseimet.

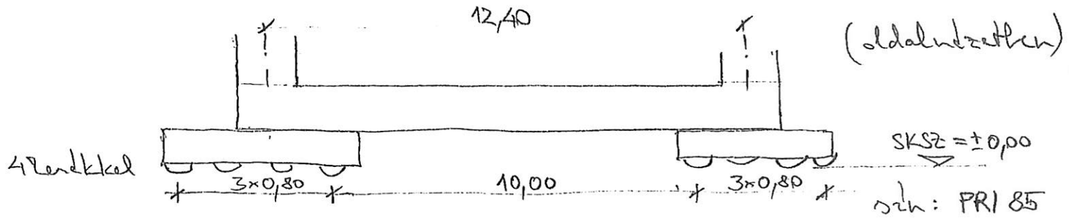
Végül, de nem utolsó sorban, szeretném megköszönni Kecskés Gábornak, hogy az általa oktatott tárgyak keretein belül hozzájárult a szakmai szemléletem kialakításához, illetve a szakdolgozat vázát adó, Komplex Projekt során nyújtott segítségét.

JAVASLAT A DIPLOMATERVUNKA DARUJÁRA

darupályaudvari rakló hossza: $L_o = 150\,m$ (vízszintes tengely)

daru kialakítása:



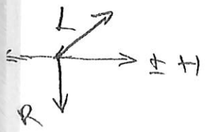


Keréknyomásból, reakciókból:

$R_{max} = 200\,kN$; $R_{min} = 70\,kN$ az üres kerékre

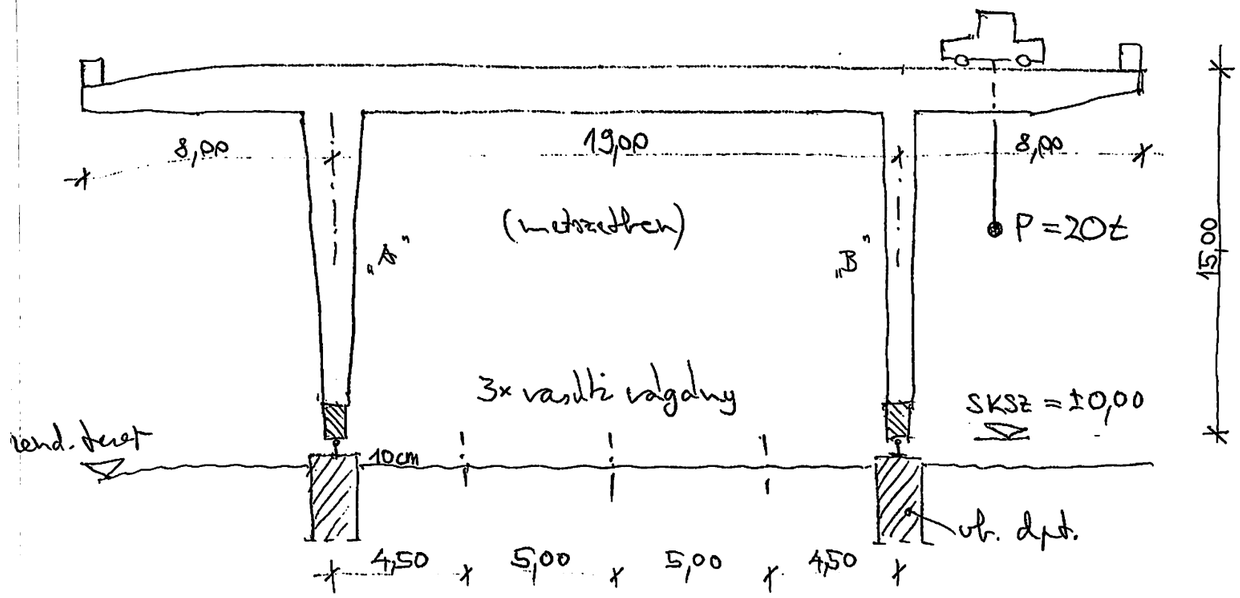
H_{max} kerékirány = $\begin{cases} \pm 25\,kN \\ \pm 10\,kN \end{cases}$ az A-oldali oszlop kerekeire (4+4)

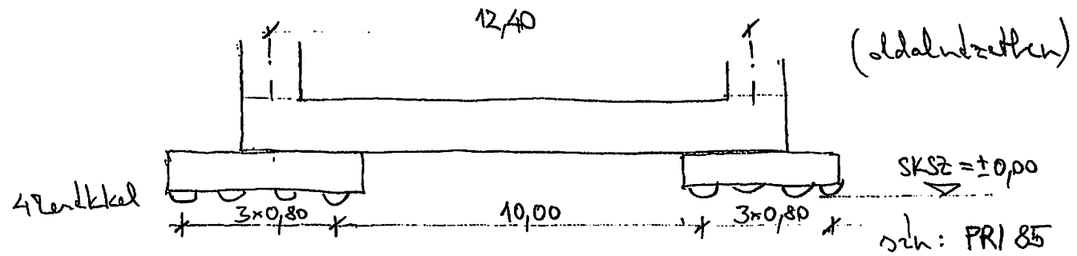
L_{max} hosszirány = $\begin{cases} \pm 150\,kN \\ 100\,kN \end{cases}$ A ill. B oldalon, szélfelhúzó + darunzemblő üzemzavar (a vágüzközökön)



JAVASLAT A DIPLOMAMUNKA DARUJÁRA

- darupályaudvari vasút hossza: $L_o = 150$ m (utkozok D=20t)
- daru főméretei:



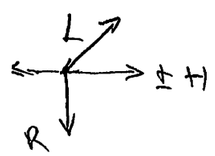


Keréknyomások, reakciók:

$R_{max} = 200$ kN ; $R_{min} = 70$ kN az összes kerékre

H_{max} keresztirány = $\begin{cases} \pm 25 \text{ kN} & \text{az A-oldali összes kerékre (4×)} \\ \pm 10 \text{ kN} & \text{a B- " " " (4×)} \end{cases}$

L_{max} hosszirány = $\begin{cases} \pm 150 \text{ kN} & \text{A ill. B oldalon, szélső + darunzembl} \\ 100 \text{ kN} & \text{üt. közös (a vágüt. közök)} \end{cases}$



A darusin nyomtávolsága: 19.000 mm

A dpt. vb. szerkezete min. 10 cm-t álljon ki a rendezett terepből.

Tervezendő:

- a vb. darupályatartó
- a darusín (pontonkénti aláhalmozással)
- a DPT alaptestbe

ill. mindezt olyan kivitelben és részletességgel, ahogy ezt a hatósági követelményekre tekintettel meghatározza.

Győr, 2016.12.05.

Bakai Róbert
külső konzulens

II. SZÁMÍTÁSI MELLÉKLET

I. PARCIÁLIS TÉNYEZŐK - HATÁRÁLLAPOTOKHOZ

1/1 EQU határállapotIban: DA-2* A1"+"M1"+"R2 / síkalap esetén

Állandó terhek kedvezőtlen esetben:	$\gamma_{G.equ.sup} := 1.10$
Állandó terhek kedvező esetben:	$\gamma_{G.equ.inf} := 0.90$
Esetleges terhek kedvezőtlen esetben:	$\gamma_{Q.equ.sup} := 1.30$
Esetleges terhek kedvező esetben*	$\gamma_{Q.equ.inf} := 0$
*Ha a terhek biztosan jelen vannak egy időben:	$\gamma_{Q.equ.inf} := 1$
MSZ EN 1997-1:2006 A2. tábla alapján:	
Hatékony belső súrlódási szög ($\tan\varphi$-hez):	$\gamma_{\varphi.equ} := 1.25$
Hatékony kohézió:	$\gamma_{c.equ} := 1.35$
Térfogatsúly:	$\gamma_{\gamma.equ} := 1.00$
Földellenállás síkalapnál/támszerkezetnél:	$\gamma_{Re.equ} := 1.00$

1/2 STR/GEO állapotban:DA-2* A1"+"M1"+"R2

Állandó terhek kedvezőtlen esetben:	$\gamma_{G.geo.sup} := 1.35$
Állandó terhek kedvezőtlen esetben:	$\gamma_{G.str.sup} := 1.35$
Állandó terhek kedvező esetben:	$\gamma_{G.geo.inf} := 1.00$
Állandó terhek kedvező esetben:	$\gamma_{G.str.inf} := 1.00$
Esetleges terhek kedvezőtlen esetben	$\gamma_{Q.geo.sup} := 1.50$
Esetleges terhek kedvezőtlen esetben	$\gamma_{Q.str.sup} := 1.50$
Esetleges terhek kedvező esetben:	$\gamma_{Q.geo.inf} := 1.00$
Esetleges terhek kedvező esetben:	$\gamma_{Q.str.inf} := 1.00$
Esetleges terhek kedvező esetben:	$\gamma_{Q.geo.inf} := 1.00$
Esetleges terhek kedvező esetben:	$\gamma_{Q.str.inf} := 1.00$
Daruteher kedvezőtlen esetben:	$\gamma_{Q.crn.sup} := 1.35$
Daruteher kedvező esetben:	$\gamma_{Q.crn.inf} := 1.00$
Talajtörés síkalapnál/támszerkezetnél:	$\gamma_{Rv.geo} := 1.40$
Földellenállás síkalapnál/támszerkezetnél:	$\gamma_{Re.geo} := 1.40$
Elcsúszás síkalapnál/támszerkezetnél:	$\gamma_{Rh.geo} := 1.10$
Hatékony belső súrlódási szög:	$\gamma_{\varphi.geo} := 1.00$
Hatékony kohézió:	$\gamma_{c.geo} := 1.00$
Térfogatsúly:	$\gamma_{\gamma.geo} := 1.00$

1/3 FAT határállapotban:

Károsodásnak kis következménye van (acél):	$\gamma_{Mf1} := 1.15$
Károsodásnak nagy következménye van (acél):	$\gamma_{Mf2} := 1.35$
Parciális tényező betonhoz:	$\gamma_{Mf3} := 1.35$

1/4 Rendkívüli állapotban: Az MSZ EN 1997-1:2006-1 NA5.

Összes parciális tényező értékét 1-nek kell felvenni: $\gamma_U := 1.00$

1/5 Rendkívüli állapotban:

II. DARU IGÉNYBEVÉTELEI - Dinamikus tényezők

EC1-6 B melléklet alapján: B.1 tábla
HC2-es osztály, S4 - S5 osztály
iFF rendszer, vagyis a kerekek mereven kapcsolódnak a tengelyekhez, amik nincsenek összekötve. $m_f := 0$

2/1 A daruszerkezet gerjesztett rezgése a tehernek a földről való felemelésekor:

$$\varphi_1 := 1.1 \quad 0.9 < \phi_1 < 1.1$$

Osztály: HC1, a 2.5-ös táblázat alapján:
Emelési sebesség:

$$v'_h := 8 \text{ m/perc}$$

$$v_h := \frac{v'_h}{60} = 0.13 \text{ m/sec}$$

2/2 Az emelt tehernek a földről a daruszerkezetre való átadódása következtében fellépő dinamikus hatás

$$\varphi_{2.min} := 1.1$$

$$\beta_2 := 0.34$$

$$\varphi_2 := \varphi_{2.min} + \beta_2 \cdot v_h = 1.15$$

Az emelt teher hirtelen elengedéséből/elejtéséből származó dinamikus hatás

$$\Delta_m := 50 \text{ ,ha } m_c := 100$$

2/3 Elengedett teherrész és az összes emelt teher hányadosa - pl.: a kábelek fele elszakad:

$$\varphi_3 := \frac{\Delta_m}{m_c} = 0.5$$

2/4 A darupályatartón történő haladás közben fellépő dinamikus hatások - vasúti pálya toleranciájának a függvénye.
EN 1993-6-ban meghatározott

$$\varphi_4 := 1$$

2/5 EN 1991-3:2006(E) 2.6-os tábla alapján
A daru (daruhíd és darukocsi) irányváltoztatásaiból származó dinamikus hatások lassú mozgások, de hirtelen változások előfordulhatnak

$$\varphi_5 := 1.5$$

2/6 A teherteher felemelése és mozgatása közben fellépő dinamikus hatások - statikus vizsgálathoz

$$\varphi_{6s} := 1$$

2/7 Rugalmas hatások végütközéskor $0 \le \xi b \le 0{,}5$ esetén

$$\varphi_7 := 1.25$$

III. DARU IGÉNYBEVÉTELEI - Daru igénybevétele

Emelt teher karakterisztikus súlya (adatszolgáltatás):

$$Q_h := 200 \ \boldsymbol{kN}$$

Futó macska súly:

$$Q_{cw} := 22 \ \boldsymbol{kN}$$

Fülke és egyéb szerkezet súlya:

$$Q_{ee} := 50 \ \boldsymbol{kN}$$

3/1 Emelő súlya:

$$Q_{h.nom} := Q_{cw} + Q_h = 222 \ \boldsymbol{kN}$$

Leterhelt daru legnagyobb keréknyomása (adatszolgáltatás):

$$Q_{r.MAX} := 200 \ \boldsymbol{kN}$$

Leterhelt daru legkisebb keréknyomása (adatszolgáltatás):

$$Q_{r.max} := 70 \ \boldsymbol{kN}$$

Tengelyek száma (adatszolgáltatás):

$$n_t := 8 \ \boldsymbol{db}$$

Kerekek távolsága:

$$a_w := 0.8 \ \boldsymbol{m}$$

Kerék osztástáv:

$$a_{w2} := 10 \ \boldsymbol{m}$$

Első és hátsó kerék távolsága azonos tengelyen:

$$a_{w3} := 6 \cdot a_w + a_{w2} = 14.8 \ \boldsymbol{m}$$

Darupályák száma (adatszolgáltatás):

$$n_r := 2 \ \boldsymbol{db}$$

Darupályák távolsága:

$$l_r := 19 \ \boldsymbol{m}$$

Daru magassága:

$$l_h := 15 \ \boldsymbol{m}$$

Daru konzol hossza:

$$l_k := 8 \ \boldsymbol{m}$$

Kerekek száma:

$$n_{kerék} := 16 \ \boldsymbol{db}$$

Kerekek száma egy osztásban:

$$n_k := 4 \ \boldsymbol{db}$$

Meghajtott kerekek száma:

$$m_w := 4 \ \boldsymbol{db}$$

Összekötött kerekek száma:

$$m_f := 0 \ \boldsymbol{db}$$

Meghajtott kerekek aránya:

$$\eta_{wc} := \frac{m_w}{n_{kerék}} = 0.25$$

Leterhelt daru tengelynyomás - bal:

$$\Sigma Q_{r.MAX} := n_t \cdot Q_{r.MAX} = 1600\ kN$$

Leterhelt daru tengelynyomás - jobb:

$$\Sigma Q_{r.max} := n_t \cdot Q_{r.max} = 560\ kN$$

Leterhelt daru szumma súlya:

$$\Sigma Q_r := \Sigma Q_{r.MAX} + \Sigma Q_{r.max} = 2160\ kN$$

3/2 Daru önsúlya:

$$Q_c := \left(\left(Q_{r.MAX} + Q_{r.max}\right) \cdot n_t\right) - Q_{h.nom} = 1938\ kN$$

Tengelyterhelés aránya (bal tengely):

$$\xi_1 := \frac{\Sigma Q_{r.MAX}}{\Sigma Q_r} = 0.74$$

Tengelyterhelés aránya (jobb tengely):

$$\xi_2 := 1 - \xi_1 = 0.26$$

Terheletlen daru tengelynyomás - bal:

$$\Sigma Q_{r.MIN} := Q_c \cdot \xi_1 = 1435.56\ kN$$

Terheletlen daru tengelynyomás - jobb:

$$\Sigma Q_{r.min} := Q_c \cdot \xi_2 = 502.44\ kN$$

Terheletlen daru legnagyobb keréknyomása:

$$Q_{r.MIN} := \frac{\Sigma Q_{r.MIN}}{n_t} = 179.44\ kN$$

Terheletlen daru legnagyobb keréknyomása:

$$Q_{r.min} := \frac{\Sigma Q_{r.min}}{n_t} = 62.81\ kN$$

Meghajtóerő - kerekenkénti meghajtással:

Súrlódási tényező:

$$\mu := 0.2 \text{ - acél sín esetén}$$

Meghajtóerő kerekenként:

$$K_f := \mu \cdot m_w \cdot Q_{r.min} = 50.24\ kN$$

3/3 Daruhíd fékező hatása:

$$H_L := \frac{K_f}{n_r} = 25.12\ kN$$

3/4 Daruhíd fékező hatása bal oldal:

$$H_{T1} := \frac{\xi_1 \cdot K_f \cdot l_r \cdot \left(\xi_1 - 0.5\right)}{a_{w2} + 3 \cdot a_w} = 13.73\ kN$$

3/5 Daruhíd fékező hatása jobb oldal:

$$H_{T2} := \frac{\xi_2 \cdot K_f \cdot l_r \cdot \left(\xi_1 - 0.5\right)}{a_{w2}} = 5.96\ kN$$

3/6 Darukocsi gyorsulás-lassulásából származó hatás:

$$H_{T.O} := \frac{\mu \cdot \eta_{wc} \cdot Q_{h.nom}}{n_r} = 5.55\ kN$$

3/6 Ferdén futásból származó erő - befeszülési erő*:
*Feltételezem, hogy egy tengelyen, csak az első és utolsó kerekekre hat.

Sínferdeség megengedett legnagyobb értéke RAD:

$$\alpha := 0.015\ rad$$

Szorzó tényező

$$f_f := min\left(0.3 \cdot \left(1 - \exp\left(-250 \cdot \alpha\right)\right), 0.3\right) = 0.29$$

Tengelyek távolsága a megvezetőtől e_j:

$$e_1 := 0\ m$$
$$e_2 := e_1 + a_w = 0.8\ m$$
$$e_3 := e_2 + a_w = 1.6\ m$$
$$e_4 := e_3 + a_w = 2.4\ m$$
$$e_5 := e_4 + a_{w2} = 12.4\ m$$
$$e_6 := e_5 + a_w = 13.2\ m$$
$$e_7 := e_6 + a_w = 14\ m$$
$$e_8 := e_7 + a_w = 14.8\ m$$

Forgáspont távolsága a megvezetőtől: $\Sigma e := e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5 + e_6 + e_7 + e_8 = 59.2\ m$

$$h_h := a_{w3} = 14.8\ m$$

Szorzó tényező 2.9-es tábla (iFF) kerekekhez:

Bal oldal kereszt irányú irányú:

$$\lambda_{S.1.1.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_h}\right) = 0.09$$
$$\lambda_{S.1.2.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_2}{h_h}\right) = 0.09$$
$$\lambda_{S.1.3.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_3}{h_h}\right) = 0.08$$
$$\lambda_{S.1.4.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_4}{h_h}\right) = 0.08$$
$$\lambda_{S.1.5.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_5}{h_h}\right) = 0.02$$

Jobb oldal kereszt irányú irányú:

$$\lambda_{S.2.1.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_h}\right) = 0.03$$
$$\lambda_{S.2.2.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_2}{h_h}\right) = 0.03$$
$$\lambda_{S.2.3.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_3}{h_h}\right) = 0.03$$
$$\lambda_{S.2.4.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_4}{h_h}\right) = 0.03$$
$$\lambda_{S.2.5.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_5}{h_h}\right) = 0.01$$

$$\lambda_{S.1.6.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_6}{h_h}\right) = 0.01 \qquad \lambda_{S.2.6.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_6}{h_h}\right) = 0$$

$$\lambda_{S.1.7.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_7}{h_h}\right) = 0.01 \qquad \lambda_{S.2.7.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_7}{h_h}\right) = 0$$

$$\lambda_{S.1.8.T} := \frac{\xi_1}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_8}{h_h}\right) = 0 \qquad \lambda_{S.2.8.T} := \frac{\xi_2}{n_t} \cdot \left(1 - \frac{e_8}{h_h}\right) = 0$$

Szorzó tényező, 2.9-es tábla (iFF) megvezetőhöz:

$$\lambda_S := 1 - \frac{\Sigma e_j}{n_t \cdot h_h} = 0.5$$

Megvezetőre eső erő - Bal:

$$S_b := f_f \cdot \lambda_S \cdot \Sigma Q_r = 316.38\ kN$$

3/7 Daruhíd ferdénfutásából származó oldalerők:

$H_{S.1.1.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.1.T} \cdot \Sigma Q_r = 58.59\ kN$
$H_{S.1.2.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.2.T} \cdot \Sigma Q_r = 55.42\ kN$
$H_{S.1.3.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.3.T} \cdot \Sigma Q_r = 52.25\ kN$
$H_{S.1.4.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.4.T} \cdot \Sigma Q_r = 49.09\ kN$
$H_{S.1.5.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.5.T} \cdot \Sigma Q_r = 9.5\ kN$
$H_{S.1.6.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.6.T} \cdot \Sigma Q_r = 6.33\ kN$
$H_{S.1.7.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.7.T} \cdot \Sigma Q_r = 3.17\ kN$
$H_{S.1.8.T} := f_f \cdot \lambda_{S.1.8.T} \cdot \Sigma Q_r = 0\ kN$

$H_{S.2.1.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.1.T} \cdot \Sigma Q_r = 20.51\ kN$
$H_{S.2.2.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.2.T} \cdot \Sigma Q_r = 19.4\ kN$
$H_{S.2.3.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.3.T} \cdot \Sigma Q_r = 18.29\ kN$
$H_{S.2.4.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.4.T} \cdot \Sigma Q_r = 17.18\ kN$
$H_{S.2.5.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.5.T} \cdot \Sigma Q_r = 3.33\ kN$
$H_{S.2.6.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.6.T} \cdot \Sigma Q_r = 2.22\ kN$
$H_{S.2.7.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.7.T} \cdot \Sigma Q_r = 1.11\ kN$
$H_{S.2.8.T} := f_f \cdot \lambda_{S.2.8.T} \cdot \Sigma Q_r = 0\ kN$

3/8 Teszttteher SLS teheresethez - statikus esetben

$$Q.T := Q_{h.nom} \cdot 1.25 = 277.5\ kN$$

Teszttteher keréknyomása (központos elhelyezkedés):

$$Q_T := \frac{Q.T}{n_{kerék}} = 17.34\ kN$$

IV. FELBORULÁS VIZSGÁLAT:

Daru önsúlyából adódó stabilizáló nyomaték a kerekekre:

$$M.stbl := Q_c \cdot \frac{l_r}{2} = 18411\ kNm$$

Szükséges tömeg a konzol szélén ami a daru felborulását okozná:

$$M.dstbl := \frac{M.stbl}{l_k \cdot g} = 234.67\ t$$

Szükséges vízszintes erő ami a daru felborulását okozná:

$$M.dstbl := \frac{M.stbl}{l_h} = 1227.4\ kN$$

Mivel a szükséges erők legalább egy nagyságrenddel nagyobbak mint ami kialakulhat, így a darut nem vizsgálom tovább felborulásra.

V. SZÉLTEHER - 1db 40 lábas konténerre

Konténer magassága:

$$h_{ko} := 2591\ mm$$

Konténer hossza:

$$l_{ko} := 12192\ mm$$

Konténer legnagyobb felülete:

$$A_{ko} := 1\ db \cdot \left(h_{ko} \cdot l_{ko}\right) = 31.59\ m^2$$

Daru felülete y irányba:

$$A_{daruy} := 2 \cdot 15\ m^2 = 30\ m^2$$

Daru felülete x irányba:

$$A_{darux} := \left(35 + 2 \cdot 14\right) m^2 = 63\ m^2$$

Teljes felület y irányba:

$$A_{wy} := A_{ko} + A_{daruy} = 61.59\ m^2$$

Teljes felület x irányba:

$$A_{wx} := A_{ko} + A_{darux} = 94.59\ m^2$$

5/1 Szélteher rendkívüli esetben, daruüzemen kívül:

Alaki tényező, a támadott oldallal párhuzamos nyomás $c_1 := 2$ 120km/h

Torlónyomás:

$$W_0 := 0.8\ \frac{kN}{m^2}$$

Szélerő értéke a sínnel merőleges irányba:

$$F_{wT1y} := c_1 \cdot W_0 \cdot A_{daruy} = 48\ kN$$

Szélerő értéke a sínnel párhuzamos irányba:

$$F_{wT1x} := c_1 \cdot W_0 \cdot A_{darux} = 100.8\ kN$$

Kerkéknyomások rendkívüli szélteherre, sínre merőleges irányba:

$$R_{fw1y} := \frac{F_{wT1y}}{16} = 3\ kN$$

Kerkéknyomások rendkívüli szélteherre, sínnel párhuzamos irányba:

$$R_{fw1x} := \frac{F_{wT1x}}{16} = 6.3\ kN$$

5/2 Szélteher daruüzemenben:

Alaki tényező, a támadott oldallal párhuzamos nyomás $c_2 := 1$ 60km/h

Torlónyomás:

$$W_0 := 0.8\ \frac{kN}{m^2}$$

Szélerő értéke a sínnel merőleges irányba:

$$F_{wT2y} := c_2 \cdot W_0 \cdot A_{wy} = 49.27\ kN$$

Szélerő értéke a sínnel párhuzamos irányba:

$$F_{wT2x} := c_2 \cdot W_0 \cdot A_{wx} = 75.67\ kN$$

Kerkéknyomások üzemi szélteherre, sínre merőleges irányba:

$$R_{fw2y} := \frac{F_{wT2y}}{16} = 3.08\ kN$$

Kerkéknyomások üzemi szélteherre, sínnel párhuzamos irányba:

$$R_{fw2x} := \frac{F_{wT2x}}{16} = 4.73\ kN$$

VI. ANYAGMINŐSÉGEK

6/1 ALAPTEST BETON - EN 1991-1-1 A.1 táblázat alapján:

j	Minőség	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctd}	f_{ctm}	f_{bd}	E_{cm}	$E_{c.eff}$	φ_{28}
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)	
1	"C20/25"	20	13.3	1	2.2	2.3	30	8.5	2.55
2	"C25/30"	25	16.7	1.2	2.6	2.7	31	9.3	2.35
3	"C30/37"	30	20	1.4	2.9	3	33	10.5	2.13

Minőség = "C30/37"

Térfogatsúly:

$$\gamma_b := 25\ \frac{kN}{m^3}$$

Beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke:

$$f_{ck_j} = 30\ MPa$$

Beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd_j} = 20\ MPa$$

Beton nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm_j} := f_{ck_j} + 8\ MPa = 38\ MPa$$

Beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{ctd_j} = 1.4\ MPa$$

Beton húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm_j} = 2.9\ MPa$$

B500B bordás acél tapadásának tervezési értéke:

$$f_{bd_j} = 3\ MPa$$

Kúszási tényező átlagos végértéke:

$$\varphi_{28} := 2.55$$

Beton rugalmassági modulusa:

$$E_{cm_j} = 33000\ MPa$$

Beton rugalmassága sín támaszhoz:

$$E_{cm.axis_j} := E_{cm_j} = 33000\ MPa$$

Beton hatásos alakváltozási tényezője

$$E_{c.eff_j} = 10.5\ GPa$$

6/2 BETONACÉL B500B

Acél folyáshatárának karakterisztikus értéke: $f_{yk} := 500\ MPa$

Acél folyáshatárának tervezési értéke: $f_{yd} := 435\ MPa$

Az acél határnyúlásának karakterisztikus értéke: $\varepsilon_{uk} := 18\%$

Betonacél rugalmassági modulusa: $E_s := 200\ GPa$

Nyomott beton magasság és hatékony magasság aránya képlékeny állapotban: $\xi_{c0} := 0.49$

Nyomott beton magasság és hatékony magasság aránya rugalmas állapotban: $\xi'_{c0} := 2.11$

6/3 SÍN ANYAGMINŐSÉG 100mm<t<150mm/ esetén:

k	Minőség	$f_{yk.rail}$ (MPa)	$\tau_{yk.rail}$
1	"S460QL"	460	$\frac{f_{yk.rail_1}}{\sqrt{3}}$
2	"S500QL"	440	$\frac{f_{yk.rail_2}}{\sqrt{3}}$
3	"550QL"	490	$\frac{f_{yk.rail_3}}{\sqrt{3}}$
4	"S620QL"	560	$\frac{f_{yk.rail_4}}{\sqrt{3}}$
5	"S690QL"	630	$\frac{f_{yk.rail_5}}{\sqrt{3}}$

Sín súlya vezetékekkel és kiegészítőkkel: $G_{rail} := 2.5\ \frac{kN}{m}$

VII. TALAJ - ALAPADATOK

	"A" jelű talaj	"B" jelű talaj
Nedves térfogatsúly*:	$\gamma_{nA} := 20\ \frac{kN}{m^3}$	$\gamma_{nB} := 18\ \frac{kN}{m^3}$
Szilárd térfogatsúly*:	$\gamma_{sA} := 26.5\ \frac{kN}{m^3}$	$\gamma_{sB} := 26.5\ \frac{kN}{m^3}$
Belső súrlódási szög*:	$\varphi_A := 33°$	$\varphi_B := 32°$
Kohézió*:	$c_A := 18\ \frac{kN}{m^2}$	$c_B := 22\ \frac{kN}{m^2}$
Hézagtényező*:	$e_A := 0.56$	$e_B := 0.59$
Száraz térfogatsúly:	$\gamma_{dA} := \frac{\gamma_{sA}}{1+e_A} = 16.99\ \frac{kN}{m^3}$	$\gamma_{dB} := \frac{\gamma_{sB}}{1+e_B} = 16.67\ \frac{kN}{m^3}$
Összenyom. modulus*:	$E_{oedA} := 11.3\ MPa$	$E_{oedB} := 9.8\ MPa$
Poisson szám:	$m_A := \frac{2}{(1-\sin(\varphi_A))} = 4.39$	$m_B := \frac{2}{(1-\sin(\varphi_B))} = 4.25$
Poisson tényező:	$\nu_A := \frac{1}{m_A} = 0.23$	$\nu_B := \frac{1}{m_B} = 0.24$

Rugalmassági modulus:

$$E_{sA} := \frac{E_{oedA} \cdot (1-2\cdot\nu_A)\cdot(1+\nu_A)}{1-\nu_A} = 9.78\ MPa$$

$$E_{sB} := \frac{E_{oedB} \cdot (1-2\cdot\nu_B)\cdot(1+\nu_B)}{1-\nu_B} = 8.38\ MPa$$

Hézagtérfogat: $n_A := \frac{e_A}{1+e_A} = 0.36$ $n_B := \frac{e_B}{1+e_B} = 0.37$

Telített térfogatsúly:

$$\gamma_{tA} := \gamma_{sA}\cdot(1-n_A) + \gamma_W \cdot n_A = 20.58\ \frac{kN}{m^3}$$

$$\gamma_{tB} := \gamma_{sB}\cdot(1-n_B) + \gamma_W \cdot n_B = 20.38\ \frac{kN}{m^3}$$

Víz alatti térfogatsúly: $\gamma'_A := \gamma_{tA} - \gamma_W = 10.58\ \frac{kN}{m^3}$ $\gamma'_B := \gamma_{tB} - \gamma_W = 10.38\ \frac{kN}{m^3}$

Egyirányú nyomószil.:

$$q_{uA} := \frac{c_A \cdot 2}{\tan(45° - \varphi_A \cdot 0.5)} = 66.3\ kPa$$

$$q_{uB} := \frac{c_B \cdot 2}{\tan(45° - \varphi_B \cdot 0.5)} = 79.38\ kPa$$

Drénezetlen nyírószil.: $c_{uA} := q_{uA}\cdot 0.5 = 33.15\ kPa$ $c_{uB} := q_{uB}\cdot 0.5 = 39.69\ kPa$

VIII. FÖLDNYOMÁSI TÉNYEZŐK:

Nyugalmi nyomás:

$$K_{01} := 1 - \sin(\varphi_A) = 0.46$$
$$K_{02} := 1 - \sin(\varphi_B) = 0.47$$

Aktív földnyomás:

$$K_{A1} := \tan\left(45° - \frac{\varphi_A}{2}\right)^2 = 0.29$$

$$K_{A2} := \tan\left(45° - \frac{\varphi_B}{2}\right)^2 = 0.31$$

Passzív földnyomás:

$$K_{P1} := \tan\left(45° + \frac{\varphi_A}{2}\right)^2 = 3.39$$

$$K_{P2} := \tan\left(45° + \frac{\varphi_B}{2}\right)^2 = 3.25$$

IX. MAGASSÁGI ADATOK

Rendezett térszín magassága:

$$G_L := 103.5 \ \textit{mBf}$$

Becsült maximális vízszint:

$$GWL := 102.5 \ \textit{mBf}$$

Tervezési talajvízszint*:

$$GWL_D := GWL + 0.5 \ m = 103 \ \textit{mBf}$$

"A" réteg vastagsága:

$$H_A := 2 \ m$$

"B" réteg vastagsága:

$$H_B := 5 \ m$$

Alapozási sík:

$$t_{FL} := 1.4 \ m$$

Talajvízszint:

$$t_{wd} := GWL_D - G_L = -0.5 \ m$$

X. SÍN GEOMETRIAI KIALAKÍTÁSA

10/1 PRI85

Magasság:

$$R_M := 152.4 \ \textit{mm}$$

Talpszélesség:

$$R_{TSZ} := 152.4 \ \textit{mm}$$

Fej szélesség:

$$R_{FSZ} := 101.6 \ \textit{mm}$$

Gerinc szélesség

$$R_{GSZ} := 34.93 \ \textit{mm}$$

Súlypont távolsága:

$$s_{y.f} := 7.68 \ \textit{cm}$$
$$s_{y.a} := R_M - s_{y.f} = 7.56 \ \textit{cm}$$
$$s_z := R_{TSZ} \cdot 0.5 = 7.62 \ \textit{cm}$$

Felület:

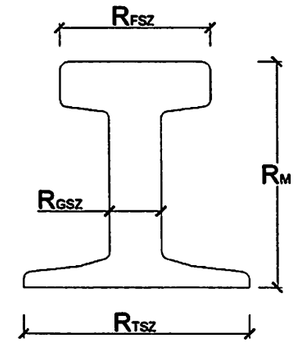
$$A_{rail} := 111.3 \ \textit{cm}^2$$
$$A_y := 53.2 \ \textit{cm}^2$$
$$A_z := 28 \ \textit{cm}^2$$

Inercia:

$$I_y := 3068 \ \textit{cm}^4$$
$$I_z := 975 \ \textit{cm}^4$$

Sínre ható erő külpontossága:

$$e_{bk} := 0.25 \cdot R_{FSZ} = 25.4 \ \textit{mm}$$



Keresztmetszeti tényezők:

$$W_{y.a} := \frac{I_y}{s_{y.a}} = 405.82 \ \textit{cm}^3$$

$$W_{y.f} := \frac{I_y}{s_{y.f}} = 399.48 \ \textit{cm}^3$$

$$W_z := \frac{I_z}{s_z} = 127.95 \ \textit{cm}^3$$

10/2 ALAPTEST GEOMETRIAI KIALAKÍTÁSA

Felszín felett kilógó hossz:

$$h'_{10} := 10 \ \textit{cm}$$

Alapteset teljes magassága:

$$h := t_{FL} + h'_{10} = 150 \ \textit{cm}$$

Alaptest lemez vastagsága:

$$h'' := 50 \ \textit{cm}$$

Alaptest tárcsa magassága:

$$h' := h - h'' = 100 \ \textit{cm}$$

Alaptest tárcsa szélessége:

$$a := 50 \ \textit{cm}$$

Alaptest lemez hossza:

$$t := h'' = 50 \ \textit{cm}$$

Alaptest lemez szélessége:

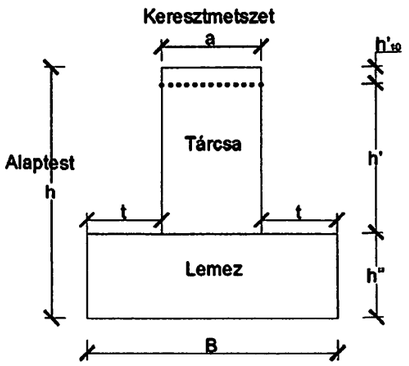
$$B := a + 2 \cdot t = 1.5 \ m$$

Alaptest teljes hossza a lehatárolt területen:

$$L_t := 150 \ m$$

Dilatációs szakasz hossza:

$$L := 30 \ m$$



Felület:

$$A_{vb} := B \cdot h'' + a \cdot h' = 1.25 \ \textit{m}^2$$

Önsúly:

$$G_b := A_{vb} \cdot 1 \ \textit{fm} \cdot \gamma_b = 31.25 \ \textit{kN}$$

XI. FÖLDNYOMÁSOK - KARAKTERISZTIKUS ÉRTÉKEK

Felszíni teher:

$q := 10\ kPa$

Függőleges földnyomás: $z := 0\ m, 1\ cm .. t_{FL}$

$\sigma(z) := \gamma'_A \cdot z$

Nyugalmi földnyomás:

$\sigma_0(z) := \sigma(z) \cdot K_{01}$

$E_0(z) := \int_0^z \sigma_0(z)\, dz \cdot fm$

Aktív földnyomás:

$\sigma_A(z) := \sigma(z) \cdot K_{A1}$

$E_A(z) := \int_0^z \sigma_A(z)\, dz \cdot fm$

Passzív földnyomás:

$\sigma_P(z) := \sigma(z) \cdot K_{P1}$

$E_P(z) := \int_0^z \sigma_P(z)\, dz \cdot fm$

Nyomaték ábra:

$M_0(z) := \int_0^z E_0(z)\, dz$

$M_A(z) := \int_0^z E_A(z)\, dz$

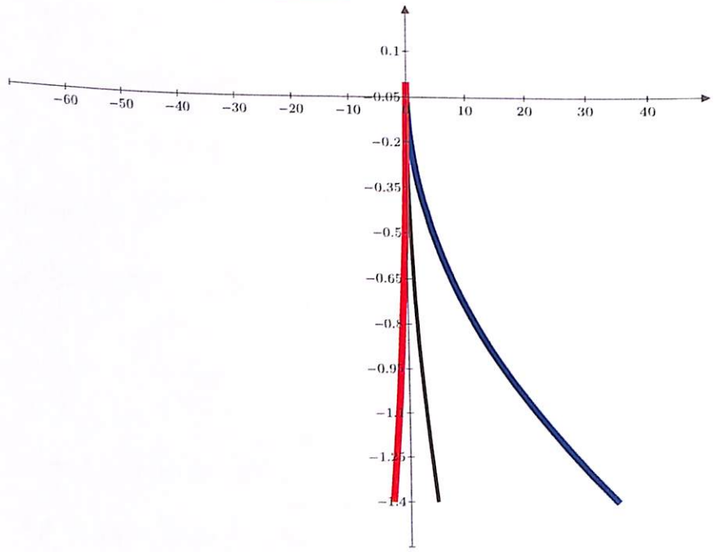
$M_P(z) := \int_0^z E_P(z)\, dz$

$-z\ (m)$

$E_0(z)\ (kN)$

$E_P(z)\ (kN)$

$-E_A(z)\ (kN)$



XII. FÖLDRENGÉS HATÁSA AZ ALAPTESTRE:

Gyorsulási érték EC8 alapján:

$a_{gR} := 0.14\ g = 1.37\ \frac{m}{s^2}$

Földrengés oldallökő ereje egy folyóméterre:

$F_s := \frac{a_{gR} \cdot G_b}{g \cdot fm} = 4.38\ \frac{kN}{fm}$

XIII. MÉRTÉKADÓ IGÉNYBEVÉTELEK - EXCEL TÁBLA AxisVM-ből.

Sínre ható tervezési értékek

	Önsúly	ULS1	ULS2	ULS3	ULS4	ULS5	ULS6	ULS7
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Szelvény	K	min. max.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
PRI85	Nx	min	59,996	-271,11	55,07	382,66	10,2	-2,44	-0,34	ULS2
PRI85	Nx	max	29	178,36	3,35	27,67	0	-14,25	1,68	ULS6
PRI85	Vy	min	21,006	-62,24	-99,84	-462,26	-10,9	23,96	-3,5	ULS6
PRI85	Vy	max	68,995	-62,17	99,84	461,73	10,87	23,84	-3,5	ULS6
PRI85	Vz	min	21	-62,24	-99,84	-462,28	-10,9	26,49	-4,04	ULS6
PRI85	Vz	max	69	-62,17	99,84	462,18	10,87	26,44	-4,04	ULS6
PRI85	Tx	min	89	114,48	-30,71	-296,65	-63,4	56,29	-5,12	ULS1
PRI85	Tx	max	0,8	-114,48	30,71	289,51	63,39	-7,84	1,02	ULS1
PRI85	My	min	0,42	0	-35,5	-154,4	0	-65,15	14,91	ULS6
PRI85	My	max	88	-3,08	-63,3	-326,02	-5,49	90,89	-15,56	ULS6
PRI85	Mz	min	1	0	53,87	245,12	9,14	76,41	-16,33	ULS6

XIV. DARUSÍN SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATA ULS KOMBINÁCIÓKRA

14/1 Tervezési igénybevételek:

Normálerő feszültség:

$$\sigma_d(i) := \left| \frac{M_{y_i}}{W_{y.f}} + \frac{M_{x_i}}{W_z} \right|$$

Nyíróerő feszültség:

$$\tau_d(i) := \left| \frac{V_i}{A_y} + \frac{H_i}{A_z} \right|$$

14/2 Ellenállás $k := 5$ $\text{Minőség}_k = \text{“S690QL”}$ $\gamma_{M.rail} := 1.25$

Sín folyáshatárának karakterisztikus értéke: $f_{yk.rail_k} = 630\ \textit{MPa}$

Sín folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd.rail}(k) := \frac{f_{yk.rail_k}}{\gamma_{M.rail}}$$

$$f_{yd.rail}(3) = 392\ \textit{MPa}$$

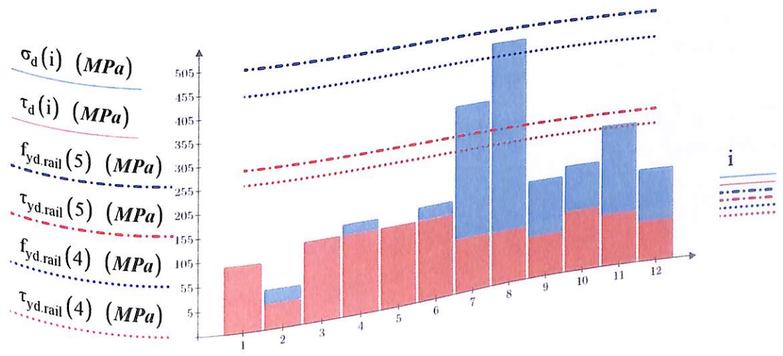
Sín nyírási ellenállásának karakterisztikus értéke: $\tau_{yk.rail_k} = 363.73\ \textit{MPa}$

Sín nyírási ellenállásának tervezési értéke:

$$\tau_{yd.rail}(k) := \frac{\tau_{yk.rail_k}}{\gamma_{M.rail}}$$

$$\tau_{yd.rail}(3) = 226.32\ \textit{MPa}$$

14/3 Sínre ható feszültségek és ellenállások $i := 1,2..12$:



XV. MÉRTÉKADÓ ULS IGÉNYBEVÉTELEK - EXCEL TÁBLA AxisVM-ből.
Alaptestre ható erők

		Önsúly	ULS1	ULS2	ULS3	ULS4	ULS5	ULS6	ULS7
	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Szelvény	K	min. max.		Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
150x150	Nx	min		-297,11	-1,28	-6,03	0,66	-4,26	0	ULS6
150x150	Nx	max		296,52	-0,74	-3,41	0,38	4,56	0	ULS6
150x150	Vy	min		55,54	-116,26	-516,44	26,84	-45,6	39,84	ULS6
150x150	Vy	max		218,76	85,69	-375,11	-44,04	0,26	0	ULS6
150x150	Vz	min		-63,52	-114,05	-516,4	26,33	44,92	9,52	ULS6
150x150	Vz	max		-255,87	1,46	17,28	-0,75	-5,89	0	ULS6
150x150	Tx	min		218,76	85,69	-375,11	-44,04	0,26	0	ULS6
150x150	Tx	max		-86,4	-108,11	-477,63	55,57	-4,89	0	ULS6
150x150	My	min		11,94	-0,4	-3,53	5,8	-214,67	70,33	ULS6
150x150	My	max		-12,25	-0,16	-3,37	5,63	213,06	-35,53	ULS6
150x150	Mz	min		-159,7	-0,23	-3,05	0,15	150,32	-71,51	ULS6
150x150	Mz	max		193,27	-26,01	-112,05	5,23	-179,53	90,5	ULS6

X irányú erő min/max karakterisztikus értékek:

$$N_{min} := N_1 = -220.08\ \boldsymbol{kN}$$

$$N_{max} := N_2 = 219.64\ \boldsymbol{kN}$$

Y irányú erő min/max karakterisztikus értékek:

$$H_{min} := H_3 = -86.12\ \boldsymbol{kN}$$

$$H_{max} := H_4 = 63.47\ \boldsymbol{kN}$$

Z irányú erő min/max karakterisztikus értékek:

$$V_{min} := V_5 = -382.52\ \boldsymbol{kN}$$

$$V_{max} := V_6 = 12.8\ \boldsymbol{kN}$$

X tengely körül forgató nyomaték min/max karakterisztikus értékek:

$$M_{x.min} := M_{x_7} = -32.62\ \boldsymbol{kNm}$$

$$M_{x.max} := M_{x_8} = 41.16\ \boldsymbol{kNm}$$

Y tengely körül forgató nyomaték min/max karakterisztikus értékek:

$$M_{y.min} := M_{y_9} = -159.01\ \boldsymbol{kNm}$$

$$M_{y.max} := M_{y_{10}} = 157.82\ \boldsymbol{kNm}$$

Y tengely körül forgató nyomaték min/max karakterisztikus értékek:

$$M_{z.min} := M_{z_{11}} = -52.97\ \boldsymbol{kNm}$$

$$M_{z.max} := M_{z_{12}} = 67.04\ \boldsymbol{kNm}$$

15/1 Sín önsúly (az igénybevételek tartalmazzák):

$$G_{rail} = 2.5\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m}}$$

15/2 Alaptest önsúlya:
Tárcsa súlya:

$$G'_b := \gamma_b \cdot a \cdot \left(h' + h'_{10}\right) = 13.75\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m}}$$

Lemez súlya:

$$G''_b := \gamma_b \cdot B \cdot h'' = 18.75\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m}}$$

Alaptest teljes súlya 1fm-re:

$$G_b := \left(G'_b + G''_b\right) \cdot 1\ \boldsymbol{fm} = 32.5\ \boldsymbol{kN}$$

15/3 Alapozási síkra ható függőleges teher karakterisztikus és tervezési értéke:

$\gamma_{Q.crn.sup} = 1.35 \quad \gamma_{G.str.sup} = 1.35$

$$V_k(i) := -V_i + G_b$$

$$V_d(i) := -V_i \cdot \gamma_{Q.crn.sup} + G_b \cdot \gamma_{G.str.sup}$$

15/4 Súlypont távolsága az alapozási síktól:

$$S_1 := \frac{\frac{B \cdot h''^2}{2} + h' \cdot a \cdot \left(\frac{h'}{2} + h''\right)}{A_{vb}} = 55\ cm$$

Építési pontatlanság mértéke:

$$e_e := 10\ cm$$

Külpontosság mértéke:

$$e(i) := \frac{\left|M_{x_i} + (S_1 - h'') \cdot H_i\right|}{V_k(i)} + e_e$$

15/5 Nyomaték a tárcsa és lemez kapcsolatára:

$$M_{x1}(i) := \left|M_{x_i}\right| + e(i) \cdot V_k(i)$$

15/6 Külpontosság mértéke:

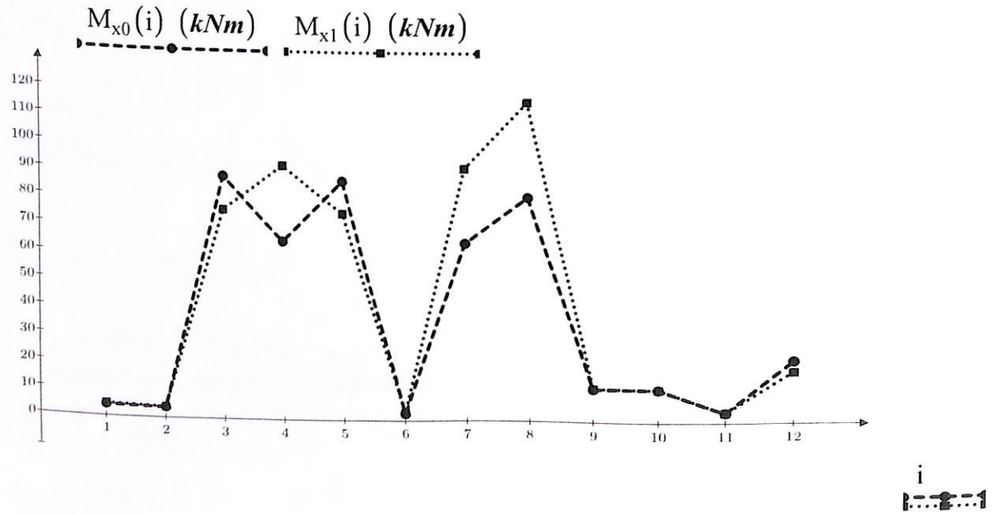
$$e_k(i) := \frac{\left|M_{x_i} + (S_1) \cdot H_i\right|}{V_k(i)} + e_e$$

15/7 Nyomaték az alapozási síkra:

$$M_{x0}(i) := \left|M_{x_i}\right| + e_k(i) \cdot V_k(i)$$

$$M_{x1.max} := M_{x1}(8) = 116.95\ kNm$$

$$M_{x0.max} := M_{x0}(3) = 88.87\ kNm$$



XVI. TALAJTÖRÉS ELLENŐRZÉS - GEO HATÁRÁLLAPOT - DRÉNEZETT VISZONY

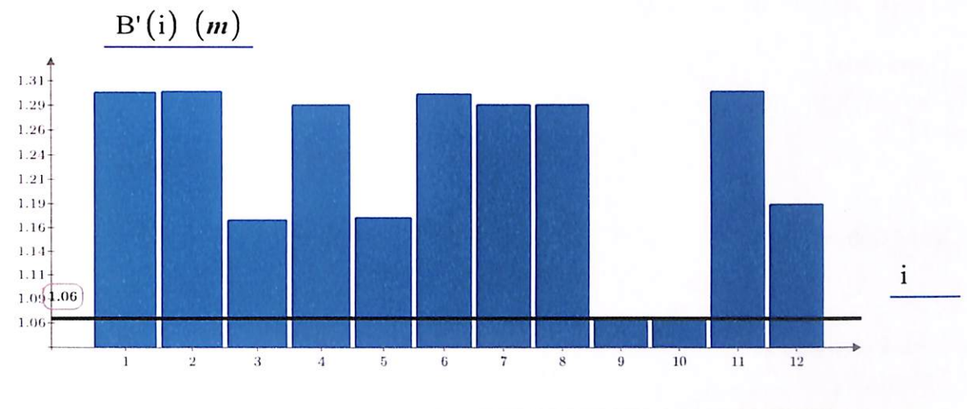
Külpontosság mértéke az alapsíkon: $i := 1,2..12$

$$e_k(3) = 166.22\ mm$$

16/1 Alaptest hatékony szélessége:

$$B'(i) := B - 2 \cdot e_k(i)$$

$$B_{eff} := B'(9) = 1.06\ m$$



Külpontosság = "Az eredő erő a magidomon belül van -> Központos feszültség eloszlás"

16/2 Teherbírási tényezők:

Túlterheléshez:

$$N_q := \exp(\pi \cdot \tan(\varphi_A)) \cdot \tan\left(45° + \frac{\varphi_A}{2}\right)^2$$

Kohézióhoz:

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi_A)$$

Önsúlyhoz:

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi_A)$$

16/3 Alap ferdeségi tényező:

Alap ferdesége:

$$\alpha := 0°$$

Önsúlyhoz:

$$b_\gamma := 1 - \alpha \cdot \tan(\varphi_A)^2 = 1$$

Túlterheléshez:

$$b_q := b_\gamma = 1$$

Kohézióhoz:

$$b_c := b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan(\varphi_A)} = 1$$

16/4 Külpontosság szerinti tényező $L'' := 1\ fm$

H erő B oldallal párhuzamos

$$m_B(i) := \frac{2 + \frac{B'(i)}{L''}}{1 + \frac{B'(i)}{L''}}$$

16/5 Teher ferdeségi tényezők

Túlterheléshez:

$$i_q(i) := \left(1 - \frac{|H_1|}{V_k(i) + B'(i) \cdot L'' \cdot c_A \cdot \cot(\varphi_A)}\right)^{m_B(i)}$$

Önsúlyhoz:

$$i_\gamma(i) := \left(1 - \frac{|H_1|}{V_k(i) + B'(i) \cdot L'' \cdot c_A \cdot \cot(\varphi_A)}\right)^{m_B(i)+1}$$

Kohézióhoz:

$$i_c(i) := i_q(i) - \frac{1 - i_q(i)}{N_c \cdot \tan(\varphi_A)}$$

16/6 Alaki tényezők

Túlterheléshez:

$$s_q(i) := 1 + \frac{B'(i)}{L''}$$

Kohézióhoz:

$$s_c(i) := \frac{(s_q(i) \cdot N_q - 1)}{N_q - 1}$$

Önsúlyhoz:

$$s_\gamma(i) := 1 - 0.3 \cdot \frac{B'(i)}{L''}$$

16/7 Hatékony térfogatsúly:

$\gamma'_{Ae}(i) :=$ if $0.5 \cdot B'(i) \geq t_{wd}$
$\quad \gamma_{tA} - \gamma_W$
else if $0.5 \cdot B'(i) < t_{wd} < 1.5 \cdot B$
$\quad \gamma_{tA} - \gamma_W + (\gamma_{nA} - (\gamma_{tA} - \gamma_W)) \cdot \left(\frac{t_{wd}}{B'(i)} - 0.5\right)$
else if $1.5\ B'(i) < t_{wd}$
$\quad \gamma_{nA}$

$\gamma'_{Be}(i) :=$ if $0.5 \cdot B'(i) \geq t_{wd}$
$\quad \gamma_{tB} - \gamma_W$
else if $0.5 \cdot B'(i) < t_{wd} < 1.5 \cdot B$
$\quad \gamma_{tB} - \gamma_W + (\gamma_{nB} - (\gamma_{tB} - \gamma_W)) \cdot \left(\frac{t_{wd}}{B'(i)} - 0.5\right)$
else if $1.5\ B'(i) < t_{wd}$
$\quad \gamma_{nB}$

$\gamma'_e(i) :=$ if $h < H_A$
$\quad \gamma'_{Ae}(i)$
else
$\quad \gamma'_{Be}(i)$

16/8 Takarási nyomás az alapsík szintjén:

$q'(i) :=$ if $h \leq H_A$
$\quad \gamma'_{Ae}(i) \cdot h$
else if $h > H_A$
$\quad \gamma'_{Ae}(i) \cdot H_A + \gamma'_{Be}(i) \cdot (h - H_A)$

16/9 Hatékony kohézió:

$$c'_k := c_A = 18\ \frac{kN}{m^2}$$

16/10 Ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k(i) := B'(i) \cdot \left(c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c(i) \cdot i_c(i) + q'(i) \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q(i) \cdot i_q(i) + \frac{1}{2} \cdot \gamma'_e(i) \cdot B'(i) \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma(i) \cdot i_\gamma(i)\right)$$

16/11 Ellenállás tervezési értéke:

$$R_d(i) := \frac{R_k(i)}{\gamma_{Rv.geo}} \cdot fm$$

16/11 Hatás tervezési értéke:

$$V_d(i)$$

16/12 Kihasználtság ($i := 1,2..12$):

$$\text{Kihasználtság}(i) := \frac{V_d(i)}{R_d(i)} \cdot 100$$

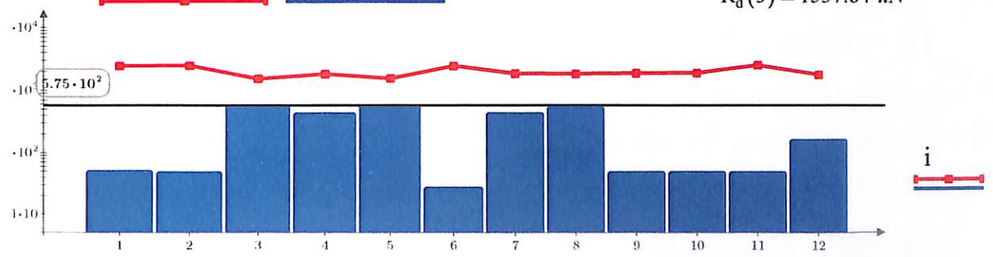
16/13 Talaj nyomófeszültsége az alaptestre:

$$\sigma_{talaj} := \frac{V_d(3)}{1\ fm \cdot B'(5)} = 478.87\ kPa$$

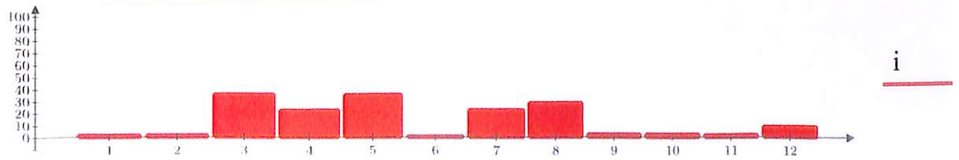
Ellenőrzés = "Talajtörésre: Megfelel"

$R_d(i)$ (kN) $V_d(i)$ (kN)

$V_{d.max} := V_d(3) = 560.32\ kN$
$R_d(3) = 1537.84\ kN$



Kihasználtság(i)



XVII. VASALÁS TERVEZÉSE

17/1 Betontakarás (talaj síkra előkészített, megfelelően tömörített):

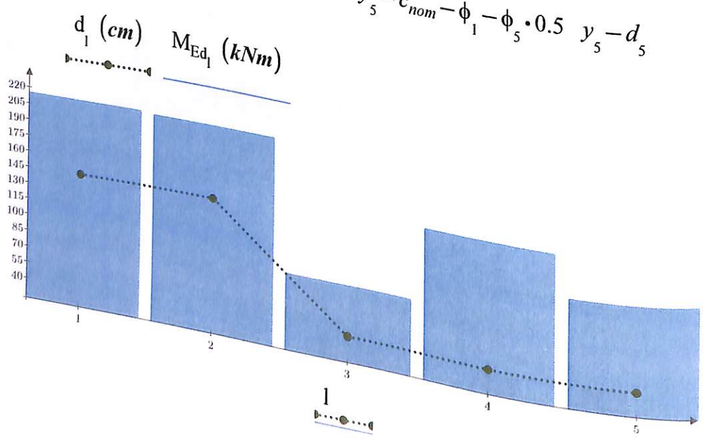
$c_{min.dur} := 25\ mm + 5\ mm = 30\ mm$

$c_{nom} := 10\ mm + \max(12\ mm, c_{min.dur}, 10\ mm) = 40\ mm$

17/2 Keresztmetszeti kialakíatások: $l := 1,2..5$ $\gamma_{Q.crn.sup} = 1.35$

#	km.	M_{Ed}	ϕ (mm)	x	y	A_c
1	"Alaptest, alul húzott"	$\lvert M_{y.min}\rvert \cdot \gamma_{Q.crn.sup}$	12	B	h	A_{vb}
2	"Alaptest, alul nyomott"	$M_{y.max} \cdot \gamma_{Q.crn.sup}$	12	a	h	$x_2 \cdot y_2$
3	"Tárcsa, Mz"	$M_{z.max} \cdot \gamma_{Q.crn.sup}$	8	h	a	$x_3 \cdot y_3$
4	"Tüske"	$M_{x1.max} \cdot \gamma_{Q.crn.sup}$	12	1 fm	a	$x_4 \cdot y_4$
5	"Lemez, X"	$M_{x0.max} \cdot \gamma_{Q.crn.sup}$	12	1 fm	h''	$x_5 \cdot y_5$

#	km.	a'	d	d_2
1	"Alaptest, alul húzott"	c_{nom}	$y_1 - c_{nom} - \phi_1 \cdot 0.5$	$y_1 - d_2$
2	"Alaptest, felül húzott"	c_{nom}	$y_2 - c_{nom} - \phi_1 \cdot 0.5$	$y_1 - d_2$
3	"Tárcsa, Mz"	c_{nom}	$y_3 - c_{nom} - \phi_2 \cdot 0.5$	$y_3 - d_3$
4	"Tüske"	0 mm	$y_4 - c_{nom} - \phi_3 - \phi_4 \cdot 0.5$	$y_4 - d_4$
5	"Lemez, X"	0 mm	$y_5 - c_{nom} - \phi_1 - \phi_5 \cdot 0.5$	$y_5 - d_5$



Betonacél keresztmetszeti terüelete: $A_s(l) := \frac{\phi_l^{\,2} \cdot \pi}{4}$

Húzott és nyomott acélok távolsága: $z_s(l) := d_l - d_{2_l}$

17/3 Szerkesztési szabályok

Minimális húzott vashányad: $\rho_{min} := \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm_j}}{f_{yk}}, 0.0015\right) = 1.51 \cdot 10^{-3}$

Min. vasmennyiség a km-ben: $A_{s.min}(l) := \rho_{min} \cdot A_{c_l}$

Max. vasmennyiség a km-ben. $A_{s.max}(l) := 0.04 \cdot A_{c_l}$

Adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $d_g := 45\ mm$

Vasak legkisebb osztástávolsága: $a_{min}(l) := \max\left(\phi_l, 20\ mm, d_g + 5\ mm\right)$

Vasak legnagyobb osztástávolsága: $a_{max} := 400\ mm$

17/4 Nyomott beton zóna magasság:

$$x_c(l) := \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{M_{Ed_l}}{f_{cd_j} \cdot x_l \cdot d_l^{\,2}}}\right) \cdot d_l$$

17/5 Szükséges acél keresztmetszet:

$$A_{s.req}(l) := \left(\frac{\lvert M_{Ed_l}\rvert}{\left(d_l - \frac{x_c(l)}{2}\right) \cdot f_{yd}}\right)$$

$$\varphi_{db.req}(l) := \left(\frac{A_{s.req}(l)}{A_s(l)}\right)$$

Szükséges vasak száma:

$$\varphi_{db}(l) := \mathrm{ceil}\left(\varphi_{db.req}(l)\right)$$

Felkerekített darabszám:

Ténylegesen bevasalt keresztmetszet, a minimum vashányad figyelembevételével:

#	$A'_{s.prov}$	A'_s
1	$\varphi_{db}(1)\cdot A_s(1)$	$A'_{s.prov_1}+A'_{s.prov_2}$
2	$\varphi_{db}(2)\cdot A_s(2)$	$A'_{s.prov_1}+A'_{s.prov_2}$
3	$\varphi_{db}(3)\cdot A_s(3)$	$A'_{s.prov_3}\cdot 2$
4	$\varphi_{db}(4)\cdot A_s(4)$	$A'_{s.prov_4}\cdot 2$
5	$\varphi_{db}(5)\cdot A_s(5)$	$A'_{s.prov_5}\cdot 2$

17/6 Ténylegesen kiosztandó acél:

$$A''_{s.prov}(1) := \text{if } A'_{s_1} < A_{s.min}(1) \;\|\; \frac{A_{s.min}(1)}{2} \;\|\; \text{else} \;\|\; A'_{s.prov_1}$$

$$\varphi_{db.prov}(1) := \text{ceil}\left(\frac{A''_{s.prov}(1)}{A_s(1)}\right)$$

$$A_{s.prov}(1) := \varphi_{db.prov}(1)\cdot A_s(1)$$

17/7 Szükséges sorok száma:

$$\text{Kihasználtság}(1) := \frac{A_{s.req}(1)}{A_{s.prov}(1)}\cdot 100$$

$$n(1) := \text{ceil}\left(\frac{\phi_1\cdot\varphi_{db.prov}(1)+\left(a_{min}(1)\cdot\left(\varphi_{db.prov}(1)-1\right)\right)}{x_1-2\cdot a'_1}\right)$$

17/8 Vas osztás távolsága: 10mm-re, lefele kerekítve:

$$a_{prov}(1) := \min\left(\text{Floor}\left(\frac{x_1-\left(\frac{\varphi_{db.prov}(1)}{n(1)}\cdot\phi_1+2\cdot a'_1\right)}{\left(\frac{\varphi_{db.prov}(1)}{n(1)}\right)-1}, 10\ mm\right), a_{max}\right)$$

17/9 Végleges acél-km. értelmezése húzás és nyomás szerint az egyes esetekben.

#	A_{s1}	A_{s2}
1	$A_{s.prov}(1)$	$A_{s.prov}(2)$
2	$A_{s.prov}(2)$	$A_{s.prov}(1)$
3	$A_{s.prov}(3)$	$A_{s.prov}(3)$
4	$A_{s.prov}(4)$	$A_{s.prov}(4)$
5	$A_{s.prov}(5)$	$A_{s.prov}(5)$

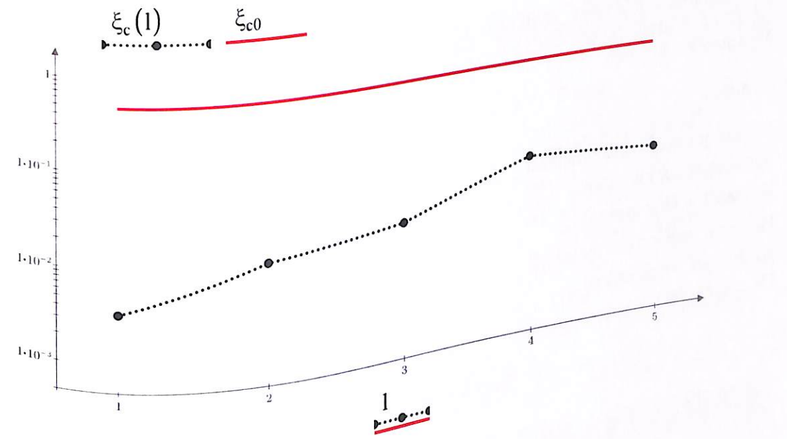
Nyomott vasak feszültsége (felt.: húzott acél folyik):

$$\sigma_{s2}(1) := \frac{-\left(f_{cd_j}\cdot x_c(1)\cdot x_1-\left(A_{s1_1}\cdot f_{yd}\right)\right)}{A_{s2_1}}$$

17/10 Végleges nyomott beton magasság:

$$x_c(1) := \frac{\left(-A_{s2_1}\cdot\sigma_{s2}(1)+A_{s1_1}\cdot f_{yd}\right)}{f_{cd_j}\cdot x_1}$$

$$\xi_c(1) := \frac{x_c(1)}{d_1}$$



Ténylegesen bevasalt keresztmetszet, a minimum vashányad figyelembevételével:

#	$A'_{s.prov}$	A'_s
1	$\varphi_{db}(1)\cdot A_s(1)$	$A'_{s.prov_1}+A'_{s.prov_2}$
2	$\varphi_{db}(2)\cdot A_s(2)$	$A'_{s.prov_1}+A'_{s.prov_2}$
3	$\varphi_{db}(3)\cdot A_s(3)$	$A'_{s.prov_3}\cdot 2$
4	$\varphi_{db}(4)\cdot A_s(4)$	$A'_{s.prov_4}\cdot 2$
5	$\varphi_{db}(5)\cdot A_s(5)$	$A'_{s.prov_5}\cdot 2$

17/6 Ténylegesen kiosztandó acél:

$$A''_{s.prov}(1) := \text{if } A'_{s_1} < A_{s.min}(1) \;\|\; \frac{A_{s.min}(1)}{2} \;\|\; \text{else} \;\|\; A'_{s.prov_1}$$

$$\varphi_{db.prov}(1) := \text{ceil}\left(\frac{A''_{s.prov}(1)}{A_s(1)}\right)$$

$$A_{s.prov}(1) := \varphi_{db.prov}(1)\cdot A_s(1)$$

17/7 Szükséges sorok száma:

$$\text{Kihasználtság}(1) := \frac{A_{s.req}(1)}{A_{s.prov}(1)}\cdot 100$$

$$n(1) := \text{ceil}\left(\frac{\phi_1\cdot\varphi_{db.prov}(1)+\left(a_{min}(1)\cdot\left(\varphi_{db.prov}(1)-1\right)\right)}{x_1-2\cdot a'_1}\right)$$

17/8 Vas osztás távolsága: 10mm-re, lefele kerekítve:

$$a_{prov}(1) := \min\left(\text{Floor}\left(\frac{x_1-\left(\frac{\varphi_{db.prov}(1)}{n(1)}\cdot\phi_1+2\cdot a'_1\right)}{\left(\frac{\varphi_{db.prov}(1)}{n(1)}\right)-1}, 10\ \textit{mm}\right), a_{max}\right)$$

17/9 Végleges acél-km. értelmezése húzás és nyomás szerint az egyes esetekben.

#	A_{s1}	A_{s2}
1	$A_{s.prov}(1)$	$A_{s.prov}(2)$
2	$A_{s.prov}(2)$	$A_{s.prov}(1)$
3	$A_{s.prov}(3)$	$A_{s.prov}(3)$
4	$A_{s.prov}(4)$	$A_{s.prov}(4)$
5	$A_{s.prov}(5)$	$A_{s.prov}(5)$

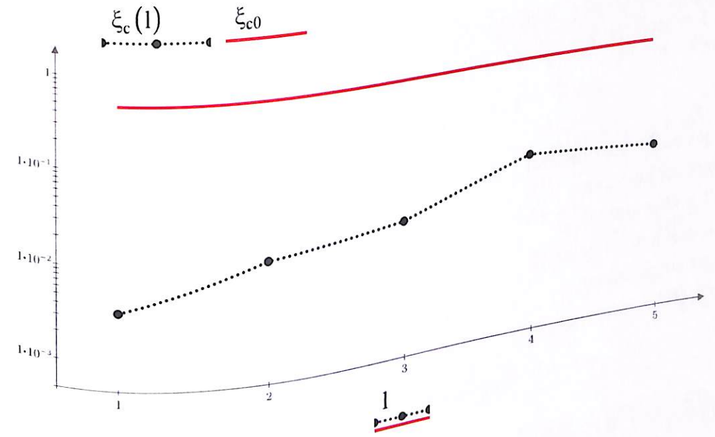
Nyomott vasak feszültsége (felt.: húzott acél folyik):

$$\sigma_{s2}(1) := \frac{-\left(f_{cd_j}\cdot x_c(1)\cdot x_1-\left(A_{s1_1}\cdot f_{yd}\right)\right)}{A_{s2_1}}$$

17/10 Végleges nyomott beton magasság:

$$x_c(1) := \frac{\left(-A_{s2_1}\cdot\sigma_{s2}(1)+A_{s1_1}\cdot f_{yd}\right)}{f_{cd_j}\cdot x_1}$$

$$\xi_c(1) := \frac{x_c(1)}{d_1}$$



$\#_l = 1$ km.$_l$ = "Alaptest, alul húzott" $'_l$ = "ULS6"

Nyomaték a km-ben: $M_{Ed_l} = 214.67$ *kNm*

Átmérő: $\phi_l = 12$ *mm*

Szükséges acél keresztmetszet: $A_{s\ req}(1) = 339.98$ *mm²*
Szükséges acélok száma: $\varphi_{db\ req}(1) = 3.01$ *db*
Bevasalt acélok száma: $\varphi_{db\ prov}(1) = 9$ *db*
Bevasalt acél keresztmetszet: $A_{s\ prov}(1) = 1017.88$ *mm²*
Szükséges sorok száma: $n(1) = 1$ *db*
Osztástávolság: $a_{prov}(1) = 160$ *mm*
Állapot(1) = "Képlékeny"

Kihasználtság$(1) = 33.4$ %

$\#_l = 2$ km.$_l$ = "Alaptest, felül húzott" $'_l$ = "ULS6"

Nyomaték a km-ben: $M_{Ed_l} = 213.06$ *kNm*

Átmérő: $\phi_l = 12$ *mm*

Szükséges acél keresztmetszet: $A_{s.req}(1) = 338.57$ *mm²*
Szükséges acélok száma: $\varphi_{db.req}(1) = 2.99$ *db*
Bevasalt acélok száma: $\varphi_{db.prov}(1) = 6$ *db*
Bevasalt acél keresztmetszet: $A_{s.prov}(1) = 678.58$ *mm²*
Szükséges sorok száma: $n(1) = 1$ *db*
Osztástávolság: $a_{prov}(1) = 60$ *mm*
Állapot(1) = "Képlékeny"

Kihasználtság$(1) = 49.89$ %

$\#_l = 3$ km.$_l$ = "Tárcsa, Mz" $'_l$ = "ULS6"

Nyomaték a km-ben: $M_{Ed_l} = 90.5$ *kNm*

Átmérő: $\phi_l = 8$ *mm*

Szükséges acél keresztmetszet: $A_{s.req}(1) = 461.65$ *mm²*
Szükséges acélok száma: $\varphi_{db.req}(1) = 9.18$ *db*
Bevasalt acélok száma: $\varphi_{db.prov}(1) = 12$ *db*
Bevasalt acél keresztmetszet: $A_{s.prov}(1) = 603.19$ *mm²*
Szükséges sorok száma: $n(1) = 1$ *db*
Osztástávolság: $a_{prov}(1) = 120$ *mm*
Állapot(1) = "Képlékeny"

Kihasználtság$(1) = 76.54$ %

$\#_l = 4$ km.$_l$ = "Tüske" $'_l$ = "ULS6"

Nyomaték a km-ben: $M_{Ed_l} = 157.89$ *kNm*

Átmérő: $\phi_l = 12$ *mm*

Szükséges acél keresztmetszet: $A_{s.req}(1) = 830.62$ *mm²*
Szükséges acélok száma: $\varphi_{db.req}(1) = 7.34$ *db*
Bevasalt acélok száma: $\varphi_{db.prov}(1) = 8$ *db*
Bevasalt acél keresztmetszet: $A_{s.prov}(1) = 904.78$ *mm²*
Szükséges sorok száma: $n(1) = 1$ *db*
Osztástávolság: $a_{prov}(1) = 120$ *mm*
Állapot(1) = "Képlékeny"

Kihasználtság$(1) = 91.8$ %

$\#_l = 5$ km.$_l$ = "Lemez, X" $'_l$ = "ULS6"

Nyomaték a km-ben: $M_{Ed_l} = 119.97$ *kNm*

Átmérő: $\phi_l = 12$ *mm*

Szükséges acél keresztmetszet: $A_{s.req}(1) = 633.88$ *mm²*
Szükséges acélok száma: $\varphi_{db.req}(1) = 5.6$ *db*
Bevasalt acélok száma: $\varphi_{db.prov}(1) = 6$ *db*
Bevasalt acél keresztmetszet: $A_{s.prov}(1) = 678.58$ *mm²*
Szükséges sorok száma: $n(1) = 1$ *db*
Osztástávolság: $a_{prov}(1) = 180$ *mm*
Állapot(1) = "Képlékeny"

Kihasználtság$(1) = 93.41$ %

XVIII NYÍRÁS - ÁTSZÚRÓDÁS ELLENŐRZÉSE ULS HATÁRÁLLAPOTBAN

18/1 Talaj nyomófeszültsége az alaptest aljára(Talajtörési vizsgálatból):

Átlagos hatékony magasság a lemezben: $\sigma_{talaj} = 478.87\ kPa$

$d_y := d_1 - h' = 454\ mm$

$d_x := d_5 = 442\ mm$

Hatékony terület meghatározása (felt.: 45°-os feszültségterjedés)* $d_{eff} := \frac{d_x + d_y}{2} = 448\ mm$
*Az Y irányú oldalt a lemez folyamatossága miatt nem csökkentem.

$X := t - d_{eff} = 52\ mm$

18/2 A talajnyomásból adódó nyíróerő tervezési értéke:

$A_{eff} := (B_{eff} - 2 \cdot X) \cdot 1\ fm = 0.96\ m^2$

Az átszúródás fajlagos nyíróerő tervezési értéke: $\Delta V_{talaj} := \sigma_{talaj} \cdot A_{eff} = 460\ kN$

Nyírt kerület a tárcsa mentén: $\beta := 1$

18/3 Vizsgált keresztmetszetre ható nyíróerő tervezési értéke $V_{d.max}$ a talajra ható erő, tehát a biztonság javára téved: $u_0 := 2 \cdot (x_c(5) + x_5) = 2.03\ m$

Talaj ellennyomásának figyelmenkívül hagyásával: $v_{Ed} := \frac{\beta \cdot V_{d.max} - \Delta V_{talaj}}{u_0 \cdot d_{eff}} = 110.44\ kPa$

18/4 Nyírási ellenállás tervezési értéke: $v_{Ed} := \frac{\beta \cdot V_{d.max}}{u_0 \cdot d_{eff}} = 616.85\ kPa$

$\upsilon := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck_j}}{250\ MPa}\right) = 0.53$

$v_{Rd.max} := 0.5 \cdot \upsilon \cdot f_{cd_j} = 5.28\ MPa$

$\text{Kihasználtság} := \frac{v_{Ed}}{v_{Rd.max}} = 11.68\%$

XIX. ELLENŐRZÉS ELCSÚSZÁSRA - GEO HATÁRÁLLAPOT

ULS teherkombináció

19/1 Eltoló hatású igénybevételek: $\gamma_{Q.geo.sup} = 1.5$

$H_d(i) := |H_i| \cdot \gamma_{Q.geo.sup}$

19/2 Ellenállások:
Nyírási ellenállás: EC7-1/6.5.3.\(8)P Drénezett viszony esetén:
Súrlódási szög - Helyben készült alaptest esetén: $\delta_k := \varphi_A = 33\ °$

19/3 Súrlódási ellenállás tervezési értéke: Alapra ható függőleges értékekből:
$\gamma_{Q.geo.inf} = 1 \quad \gamma_{G.geo.inf} = 1 \quad \gamma_{Rh.geo} = 1.1$

$R_{x.d}(i) := \frac{\left(-V_i \cdot \gamma_{Q.geo.inf} + G_b \cdot \gamma_{G.geo.inf}\right) \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{Rh.geo}}$

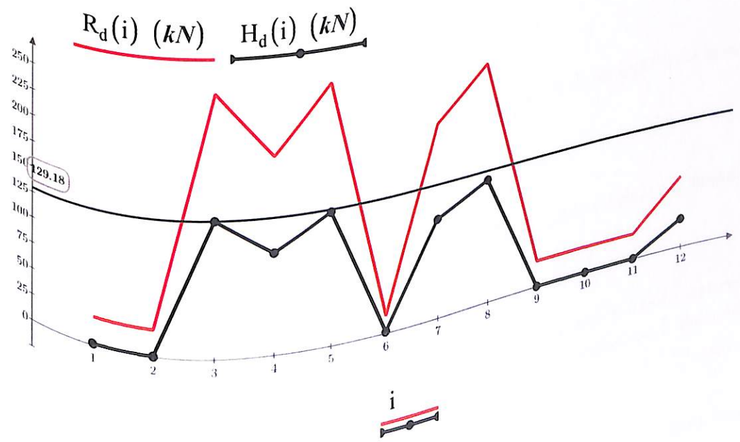
19/4 Földnyomások: Talajvíz a mértékadó szinten
Semleges földnyomás tervezési értéke: $\gamma_{G.geo.inf} = 1$

$E_{0.d} := \frac{E_0(t_{FL})}{\gamma_{G.geo.inf}} = 4.72\ kN$

19/5 Ellenállás tervezési értéke:

$R_d(i) := R_{x.d}(i) + E_{0.d}$

$H_{d.max} := H_d(3) = 129.18\ kN$
$R_d(3) = 249.75\ kN$



HELYZETI ÁLLÉKONYSÁG VIZSGÁLAT - EQU HATÁRÁLLAPOT

ULS tehereset

Forgáspont távolsága az alap szélétől $i := 1,2..12$

$$X_f := B \cdot 0.1 = 15\ cm$$

Stabilizáló hatású nyomatékok

Stabilizáló hatású: Önsúly"+"Z irányú daruteher:

Daruterhek karakterisztikus értéke:

$$V_k(i) := -V_i + G_b$$

Daruterhek tervezési értéke:

$\gamma_{Q.equ.inf} = 1 \quad \gamma_{G.equ.inf} = 0.9$

Daruteher stabilizáló nyomatékának tervezési értéke:

$$V_d(i) := \frac{-V_i}{\gamma_{Q.equ.inf}} + \frac{G_b}{\gamma_{G.equ.inf}}$$

Stabilizáló hatású földvisszatöltés az alaptest konzolján:

$$M_{stb1}(i) := V_d(i) \cdot \left(\left(t + \frac{a}{2}\right) - X_f\right)$$

Földék - visszatöltés - súlya 1fm-en:

Földék - visszatöltés - stabilizáló hatása:

$$F_t := t \cdot \left(t_{FL} - h''\right) \cdot \gamma_{nA} \cdot 1\ fm = 9\ kN$$

$\gamma_{G.equ.inf} = 0.9$

Passzív földnymás stabilizáló hatása:

$$M_{stb2} := \frac{F_t \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot t - X_f\right) + F_t \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot t + a + t - X_f\right)}{\gamma_{G.equ.inf}} = 12\ kNm$$

$\gamma_{Re.equ} = 1$

Súlypont távolsága az alapozási síktól:

$$M_{stb3} := \frac{M_P\left(t_{FL}\right)}{\gamma_{Re.equ}} = 16.41\ kNm$$

$$M_P\left(t_{FL}\right) = 16.41\ kNm$$

Stabilizáló hatások tervezési értéke:

$$S_1 := \frac{\frac{B \cdot h''^2}{2} + h' \cdot a \cdot \left(\frac{h'}{2} + h''\right)}{A_{vb}} = 55\ cm$$

Felborulást okozó nyomatékok:

Daruther destabilizáló hatása:

$$M_{stb.d}(i) := M_{stb1}(i) + M_{stb2} + M_{stb3}$$

$\gamma_{Q.equ.sup} = 1.3$

Aktív földnyomás destabilizáló hatása:

$$M_{dstb1}(i) := \left(\left|H_i\right| \cdot S_1 + M_{X_i}\right) \cdot \gamma_{Q.equ.sup}$$

Aktív földnyomás destabilizáló hatása:

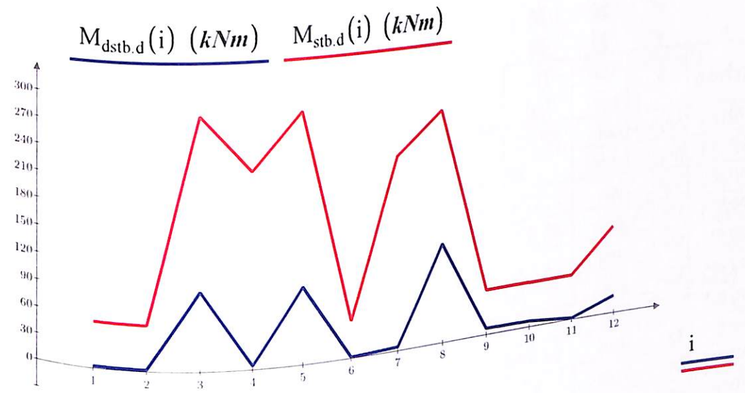
$\gamma_{Re.equ} = 1$

$$M_{dstb2} := M_A\left(t_{FL}\right) \cdot \gamma_{Re.equ} = 1.43\ kNm$$

$$M_{dstb.d}(i) := \left(M_{dstb1}(i) + M_{dstb2}\right)$$

$$M_{dstb.d}(3) = 88.85\ kNm$$

$$M_{stb.d}(3) = 279.6\ kNm$$



XX. MERTEKADÓ SLS_FAT IGÉNYBEVÉTELEK - EXCEL TÁBLA AXIS VM-BŐL
Sínre ható

	Önsúly	ULS1	ULS2	ULS3	ULS4	ULS5	ULS6	ULS7	SLS1
1	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
2	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
3	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
5	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
6	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
8	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
		✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗

Szelvény	K	min. max.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
PRI85	Nx	min	59,616	-649,18	24,01	159,91	4,22	-38,04	4,57
PRI85	Nx	max	29	218,18	2,18	30,92	0	-15,57	1,09
PRI85	Vy	min	21,006	-104,03	-73,97	-342,04	-8,05	17,86	-2,6
PRI85	Vy	max	68,995	-104,19	73,95	341,96	8,05	17,82	-2,59
PRI85	Vz	min	21	-40,33	-43,35	-346,95	-8,15	20,28	-1,76
PRI85	Vz	max	69	-170,53	43,34	345,65	8,15	19,63	-1,75
PRI85	Tx	min	5	-26,28	-42,67	-327,07	-8,21	8,59	-1,19
PRI85	Tx	max	84,999	-140,15	42,68	325,23	8,21	7,51	-1,17
PRI85	My	min	87,6	54,48	-16,03	-160,48	-2,74	-39,94	4,71
PRI85	My	max	88	22,48	-27,48	-249,24	-4,12	70,83	-6,76
PRI85	Mz	min	88	-17,69	-46,89	-244,46	-4,06	69,11	-11,53
PRI85	Mz	max	30	-524,8	-45,94	185,06	-4,23	34,97	10,06

XXI. FÁRADÁS ELLENŐRZÉSE FAT HATÁRÁLLAPOTBAN

Sínre ható

Egy azonos keresztmetszetben lévő feszültségkülönbség:

19/1 Normálerő- feszültség:

$$\Delta\sigma_{fat} := \left|-1.27\ \frac{kN}{cm^2}\right| - \left|0.93\ \frac{kN}{cm^2}\right| = 3.4\ MPa$$

Ismétlődés száma:

$$n := 23.8 \cdot 10^6$$
$$n' := 23.8$$

Sminmax [kN/cm²]

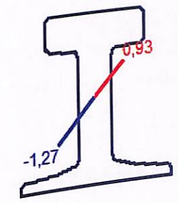
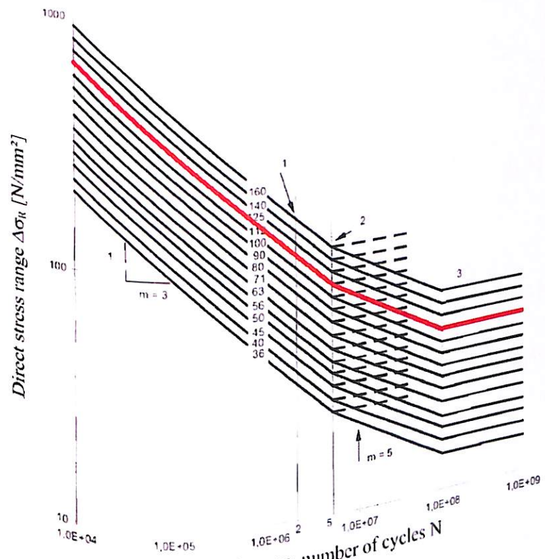


Figure 7.1.



$$\Delta\sigma_c := 112$$

Részletosztály EC-3/9/8.2 tábla:

$$N := 2 \cdot 10^6$$

Ismétlődésszám:

$$m := \frac{1}{3}$$

Meredekség:

19/2 Fáradási szilárdság:

Solvéro feltételes értékelés

$$S_1 := 1$$
$$\frac{\log(S_1) - \log(\Delta\sigma_c)}{\log(5) - \log(2)} = -m$$
$$S_1 := \mathbf{find}(S_1) \cdot \mathrm{MPa} = 82.52\ MPa$$

19/3 Ellenállás tervezési értéke:

$\gamma_{Mfl} = 1.15$

$$\sigma_{fat.R} := \frac{S_1}{\gamma_{Mfl}} = 71.76\ MPa$$

$\Delta\sigma_{fat} < \sigma_{fat.R} = 1$ "Megfelel"

19/4 Nyíróerő- feszültség:

$$\Delta\tau_{fat} := \left|4.06\ \frac{kN}{cm^2}\right| + \left|0.40\ \frac{kN}{cm^2}\right| = 44.6\ MPa$$

Részletosztály EC-3/9/8.2 tábla:

$\Delta\tau_c := 100$

Ismétlődésszám:

$N := 2 \cdot 10^6$

Meredekség:

$m := \frac{1}{5}$

19/5 Fáradási szilárdság:

Solve for a variable or input a value

$T_1 := 1$

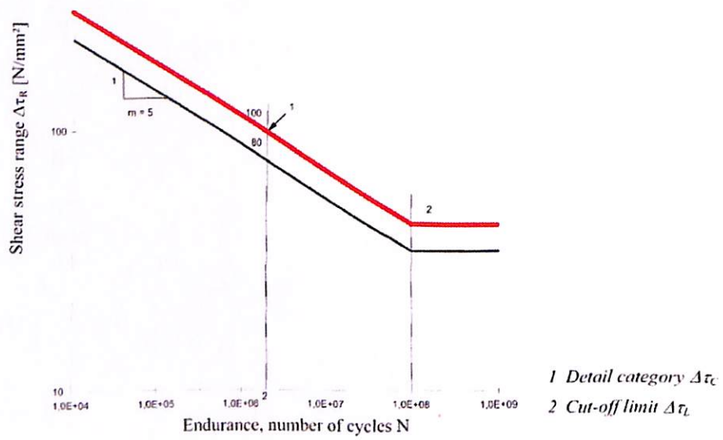
$$\frac{log(\Delta\tau_c) - log(T_1)}{log(n') - log(2)} = m$$

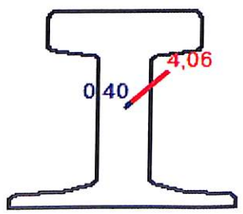
$T_1 := \mathbf{find}(T_1) \cdot \text{MPa} = 60.94\ MPa$

19/6 Ellenállás tervezési értéke:

$$\tau_{fat.R} := \frac{T_1}{\gamma_{Mf2}} = 45.14\ MPa$$

Vminmax [kN/cm²]





$\Delta\tau_{fat} < \tau_{fat.R} = 1$ "Megfelel"

XX. MÉRTÉKADÓ SLS IGÉNYBEVÉTELEK - EXCEL TÁBLA AxisVM-ből.
Kvázi-állandó kombináció alaptestre

	Önsúly	ULS1	ULS2	ULS3	ULS4	ULS5	ULS6	ULS7	SLS1
1	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
3	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
5	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
6	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
8	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Szelvény	K	min. / max.		Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
150x150	Nx	min		-149,84	-0,15	-1,77	0,08	-2,39	0
150x150	Nx	max		149,49	-0,15	-2,4	0,08	2,29	0
150x150	Vy	min		1,95	-23,3	-261,27	5,38	-23,29	7,99
150x150	Vy	max		132,63	17,17	-190,39	-8,83	0,16	0
150x150	Vz	min		-56,4	-22,86	-261,24	5,28	22,4	1,91
150x150	Vz	max		-130,78	0,29	7,3	-0,15	-2,96	0
150x150	Tx	min		132,63	17,17	-190,39	-8,83	0,16	0
150x150	Tx	max		-70,46	-21,67	-241,56	11,14	-2,51	0
150x150	My	min		5,97	-0,08	-2,59	1,16	-108,3	14,09
150x150	My	max		-6,22	-0,03	-2,48	1,13	107,45	-7,12
150x150	Mz	min		-80,94	-0,05	-2,33	0,03	76,07	-14,33

XXI. ELLENŐRZÉS II. FESZ. ÁLLAPOTBAN

21/1 Alapadatok: A keresztmetszetek alap jellemzői megegyeznek az ULS határállapotban megadottakkal, a nyomatékokat leszámítva.

#	km.	M_{Ek}	$l := 1,2..5$
1	"Alaptest, alul húzott"	$\lvert M_{y.min}\rvert$	
2	"Alaptest, alul nyomott"	$M_{y.max}$	
3	"Tárcsa, Mz"	$M_{z.max}$	
4	"Tüske"	$M_{x1.max}$	
5	"Lemez, X"	$M_{x0.max}$	

Beton és acél feszültség-aránya:

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{c.eff_l}} = 19.05$$

Keresztmetszet súlypontja=elfordulási tengely

$x_{II} := 1\ mm \quad l := 1$

Given

$$\frac{1}{2} \cdot x_{II}^{\ 2} \cdot x_l + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_{2_l}\right) \cdot A_{s2_l} + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_l\right) \cdot A_{sl_l} = 0$$

$c_{II_1} := \mathbf{find}\left(x_{II}\right) = 175.55\ mm$

$x_{II} := 1\ mm \quad l := 2$

Given

$$\frac{1}{2} \cdot x_{II}^{\ 2} \cdot x_l + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_{2_l}\right) \cdot A_{s2_l} + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_l\right) \cdot A_{sl_l} = 0$$

$c_{II_2} := \mathbf{find}\left(x_{II}\right) = 223.33\ mm$

$x_{II} := 1\ mm \quad l := 3$

Given

$$\frac{1}{2} \cdot x_{II}^{\ 2} \cdot x_l + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_{2_l}\right) \cdot A_{s2_l} + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_l\right) \cdot A_{sl_l} = 0$$

$c_{II_3} := \mathbf{find}\left(x_{II}\right) = 73.53\ mm$

$x_{II} := 1\ mm \quad l := 4$

Given

$$\frac{1}{2} \cdot x_{II}^{\ 2} \cdot x_l + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_{2_l}\right) \cdot A_{s2_l} + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_l\right) \cdot A_{sl_l} = 0$$

$c_{II_4} := \mathbf{find}\left(x_{II}\right) = 101.26\ mm$

$x_{II} := 1\ mm \quad l := 5$

Given

$$\frac{1}{2} \cdot x_{II}^{\ 2} \cdot x_l + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_{2_l}\right) \cdot A_{s2_l} + \alpha_e \cdot \left(x_{II} - d_l\right) \cdot A_{sl_l} = 0$$

$c_{II_5} := \mathbf{find}\left(x_{II}\right) = 90.74\ mm$

Keresztmetszet másodrendű inercianyomatéka a súlyponti tengelyre:

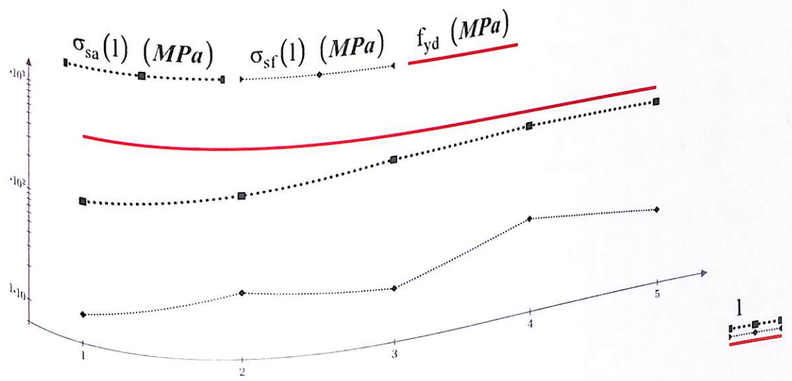
$$I_{II}(l) := \frac{x_l \cdot c_{II_l}^{\ 3}}{3} + \alpha_e \cdot A_{sl_l} \cdot \left(d_l - c_{II_l}\right)^2 + \alpha_e \cdot A_{s2_l} \cdot \left(d_{2_l} - c_{II_l}\right)^2$$

Húzott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{sa}(l) := \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek_l}}{I_{II}(l)} \cdot \left(d_l - c_{II_l}\right)$$

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{sf}(l) := \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek_l}}{I_{II}(l)} \cdot \left|d_{2_l} - c_{II_l}\right|$$



M_y

21/2 Repedéstágasság számítása:

Tényezők $s_{r.max}$ számításához (hajlított, bordás acélbetétekre): $l := 1,2..5$

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := 0.5$$

Nyomott öv számítása:

$$h_{c.ef}(l) := min\left(2.5 \cdot y_l - d_l, \left(y_l - c_{II_l}\right) \cdot 0.33, y_l \cdot 0.5\right)$$

Repedések maximális távolsága:

$$s_{r.max}(l) := \text{if } a_{prov}(l) > 5 \cdot c_{nom} + \phi_l \cdot 0.5 \;\Big\|\; 1.3 \cdot \left(y_l - c_{II_l}\right) \;\Big\|\; \text{else} \;\Big\|\; 3.4 \cdot c_{nom} + 0.425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \phi_l \cdot \frac{h_{c.ef}(l) \cdot x_l}{A_{sl_l}}$$

Húzott acélbetét átlagos nyúlása a repedések között, húzott betonön figyelembevételével:

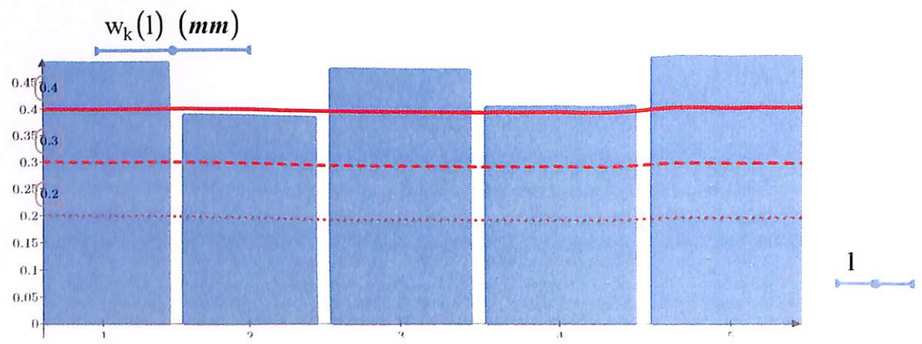
$$\varepsilon_{sm}(l) := \frac{\sigma_{sa}(l) - 0.4 \cdot f_{ctm_j} \cdot \frac{h_{c.ef}(l) \cdot x_l}{A_{sl_l}}}{E_s}$$

Húzott beton átlagos nyúlása a repedések között:

$$\varepsilon_{cm} := \frac{0.4 \cdot f_{ctm_j}}{E_{cm_j}}$$

Repedéstágasság karakterisztikus értéke:

$$w_k(l) := \max\left(s_{r.max}(l) \cdot \left(\varepsilon_{sm}(l) - \varepsilon_{cm}\right), 0.6 \cdot s_{r.max}(l) \cdot \frac{\sigma_{sa}(l)}{E_s}\right)$$



"NEM FELEL MEG -> NÖVELNI KELL A KERESZTMETSZETET"

XXIII. MÉRTÉKADÓ SLS_FAT IGÉNYBEVÉTELEK - EXCEL TÁBLA AxisVM-ből.

	Önsúly	ULS1	ULS2	ULS3	ULS4	ULS5	ULS6	ULS7	SLS1	SLSfat
1	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
2	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
3	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
5	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
6	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
8	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Szelvény	K	min. max.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
150x150	Nx	min	-160,88	-0,73	-297,18	1,04	-9,26	0,65	SLS_FAT
150x150	Nx	max	160,88	-3,34	-297,18	4,72	9,26	-2,97	SLS_FAT
150x150	Vy	min	46,62	-16,95	-136,52	-5,09	49,77	16,85	SLS_FAT
150x150	Vy	max	-120,27	1,21	-130,11	-1,71	-20,02	-1,08	SLS_FAT
150x150	Vz	min	-131,32	-3,18	-365,8	3,75	17,13	2,9	SLS_FAT
150x150	Vz	max	-58,6	-16,78	47,97	-9,37	-20,17	-16,9	SLS_FAT
150x150	Tx	min	67,43	-16,87	35,41	-9,74	2,03	16,81	SLS_FAT
150x150	Tx	max	8,57	-0,16	-241,15	6,32	-4,11	0,05	SLS_FAT
150x150	My	min	-31,05	-8,51	-97,68	-1,73	-60,59	-8,52	SLS_FAT
150x150	My	max	31,05	-8,51	-97,68	-1,73	60,59	8,52	SLS_FAT
150x150	Mz	min	-58,6	-16,78	47,97	-9,37	-20,17	-16,9	SLS_FAT

ELLENŐRZÉS II. FESZ. ÁLLAPOTBAN - Beton ellenőrzése fáradásra
SLS határállapotban, FAT kombinációval: EC2-1-6.8.7 szerint.

Ismétlődés száma (adatszolgáltatás):

$$n := 2.976 \cdot 10^6$$

Beton ellenőrzése fáradásra:
Beton kora:

$$t_0 := 90\ \textit{nap}$$

Cement típusától függő tényező (N osztály) /3.1.2 (6):

$$s := 0.25$$

Tényező 28napos beton esetén:

$$\beta_{cc} := \exp\left(s \cdot \left(1 - \left(\frac{28}{t_0}\right)^{\frac{1}{2}}\right)\right) = 1.12$$

$$k_1 := 0.85$$

Beton fáradási nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd.fat} := k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot (t_0) \cdot f_{cd_j} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck_j}}{250 \cdot \textit{MPa}}\right) = 150.38\ \frac{\textit{kN}}{\textit{cm}^2}$$

N ismétlődési számhoz tartozó max feszültség (AxisVM):

$$\sigma_{cd.max.equ} := 0.46\ \frac{\textit{kN}}{\textit{cm}^2}$$

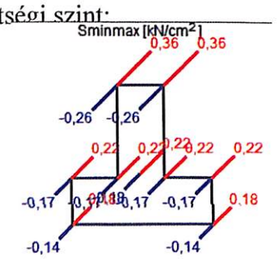
N ismétlődési számhoz tartozó min=0 feszültség (AxisVM):

$$\sigma_{cd.min.equ} := 0\ \frac{\textit{kN}}{\textit{cm}^2}$$

Legalacsonyabb nyomófeszültségi szint:

$$E_{cd.min.equ} := \frac{\sigma_{cd.min.equ}}{f_{cd.fat}} = 0$$

Legmagasabb nyomófeszültségi szint:



$$E_{cd.max.equ} := \frac{\sigma_{cd.max.equ}}{f_{cd.fat}} = 3.06 \cdot 10^{-3}$$

Feszültségarány:

$$R_{equ} := \frac{E_{cd.min.equ}}{E_{cd.max.equ}} = 0$$

$$E_{cd.max.equ} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - R_{equ}} < 1 = 1$$

Ellenőrzés := if $E_{cd.max.equ} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - R_{equ}} > 1 \wedge \frac{\sigma_{cd.max.equ}}{f_{cd.fat}} < 0.5 + \frac{\sigma_{cd.min.equ}}{f_{cd.fat}}$

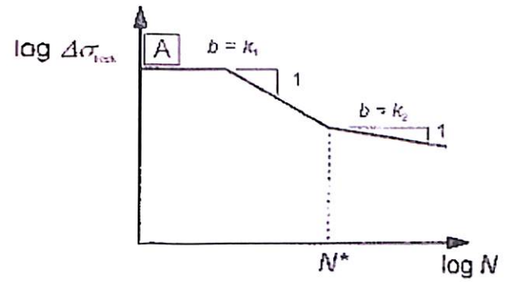
"Beton fáradásra nem felel meg"

else

"Beton fáradásra megfelel"

Ellenőrzés = "Beton fáradásra megfelel"

ELLENŐRZÉS II. FESZ. ÁLLAPOTBAN - Betonacél ellenőrzése fáradásra
SLS határállapotban, FAT kombinációval: EC2-1-6.8.7 szerint.



A Folyási állapotban lévő vasalás

6.30. ábra: A fáradási szilárdság karakterisztikus értékének megfelelő görbe alakja (betonacélokra és feszítőacélokra vonatkozó S-N görbék)

Egyenes betonacél N ismétlődési számhoz tartozó sigma határ

$$\Delta\sigma_{Rsk1} := 162.5\ \textit{MPa}$$

Egyenes betonacél N ismétlődési száma:

$$N := 1 \cdot 10^6$$

Hajlító tüske átmérője:

$$D(1) := \text{if } \phi_1 \le 16\ \textit{mm}\ \|\ 4 \cdot \phi_1\ \text{else if } \phi_1 > 16\ \textit{mm}\ \|\ 7 \cdot \phi_1$$

Csökkentő tényező hajlított betonacélhoz:

$$\xi(1) := 0.35 + 0.026 \cdot \frac{D(1)}{\phi_1}$$

Feszültségi kitevő:

$$k1 := 5$$
$$k2 := 9$$
$$k := \text{if } n \le N\ \|\ k1\ \text{else}\ \|\ k2 = 9$$

Hajlított betonacél. N ismétlődési számhoz tartozó sigma határ:

$$\Delta\sigma_{Rsk2}(1) := \Delta\sigma_{Rsk1} \cdot \xi(1)$$

Hajlított betonacél N ismétlődési száma:

$$N := 1 \cdot 10^6$$

$$S_S := \frac{-1}{k} \cdot \log\left(\frac{n}{N}\right) + \log\left(\frac{\Delta\sigma_{Rsk1}}{MPa}\right)$$

Egyenes betonacél fáradási ellenállása:

$$\sigma_{s.fat.cal} := \frac{10^{S_s} \cdot MPa}{\gamma_{Mf3}} = 106.63\ MPa$$

▯

Hajlított betonacél fáradási ellenállása:

$$S_B(l) := \frac{-1}{k} \cdot \log\left(\frac{n}{N}\right) + \log\left(\frac{\Delta\sigma_{Rsk2}(l)}{MPa}\right)$$

$$\sigma_{b.fat.cal}(l) := \frac{10^{S_B}\, B(l) \cdot MPa}{\gamma_{Mf3}}$$

Ellenőrzés := "Fáradásra megfelel"

Határmélység számítása Jáky módszerrel: $i := 1,2..31$ $L := 30\ m$ $L'' = 1\ m$

Feszültség az alaptest alján:

$$\sigma_0(i) := \frac{-V_i + G_b}{B_{eff} \cdot L''}$$

Határmélység:

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

Ábra alatti terület:

$$F(i) := \frac{m_0 \cdot \sigma_0(i)}{2}$$

Számított süllyedés:

$$s(i) := \frac{F(i)}{E_{sA}}$$

Ágyazási tényező számítása Winkler módszerrel

$$C_á := E_{sA} \cdot \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{m_0} + \frac{1}{L}\right) = 19.89\ \frac{MN}{m^3}$$

$$C_{á.axis} := C_á \cdot 0.8\ B \cdot 1\ fm = 23870.71\ \frac{kN}{m}$$

Ágyazási tényező a gerenda közepén

$$C_{á.08} := C_á \cdot 0.8 \cdot B = 23870.71\ m \cdot \frac{kN}{m^3}$$

$$L_{08} := L \cdot 0.5 = 15\ m$$

Ágyatási tényező a gerenda szélén:

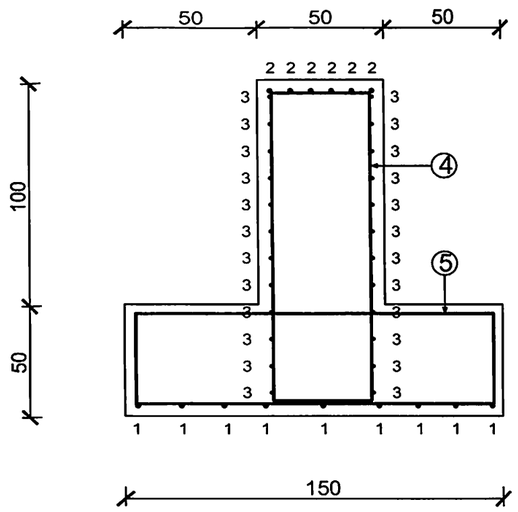
$$C_{á.16} := C_á \cdot 1.6 = 31.83\ \frac{MN}{m^3}$$

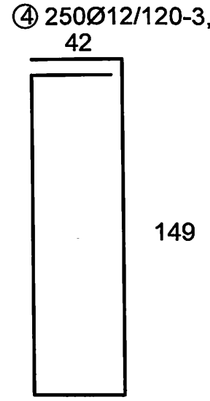
$$L_{16} := L \cdot 0.25 = 7.5\ m$$

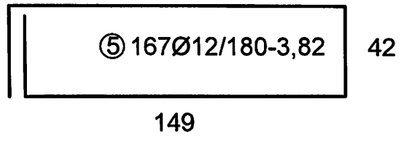
I. APOTT ANYAGOK

III. RAJZI MELLÉKLET

A - A metszet M=1:25







Betonacél kimutatás egy dilatációs egységhez					
Poz	db	ϕ[mm]	l[m]	8	12
1	1	12	270		270,0
2	1	12	150	150,0	150,0
3	1	8	720	720,0	720,0
4	250	12	3,82		955,0
5	167	12	3,82		637,9
			hossz [m]	878,0	2732,9
			[kg/fm]	0,394	0,887
			S[kg]	345,932	2424,118
			Σkg		**2770,05**

Összesen 5 dilatációs egység készül:

	Σkg	**13850,25**

fm

① 9Ø12/160

fm

② 5Ø12/60

fm

③ 2x12Ø8/120

Szent István Egyetem — EGYSÉG: Építőmérnöki Intézet

Ybl Miklós Építéstudományi Kar

TANSZÉK: Geotechnikai Szakcsoport

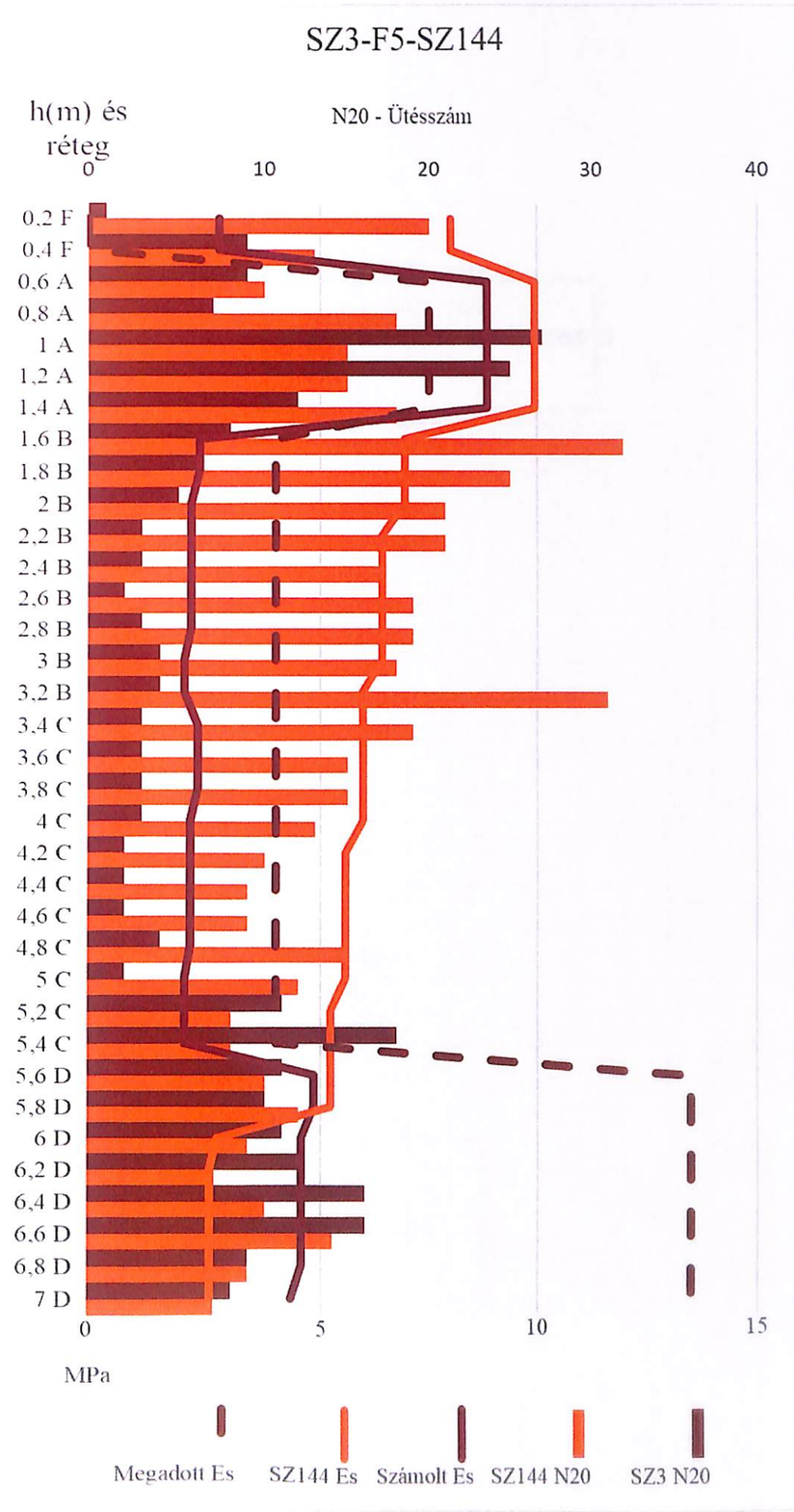
TÁRGY: Szakdolgozat — ÉV/FÉLÉV: 2017/18 II.

FELADAT: Bakdarupálya Alapozása — MÉRETARÁNY: 1:25 — RAJZ MÉRET: A4 — RAJZSZÁM: R1

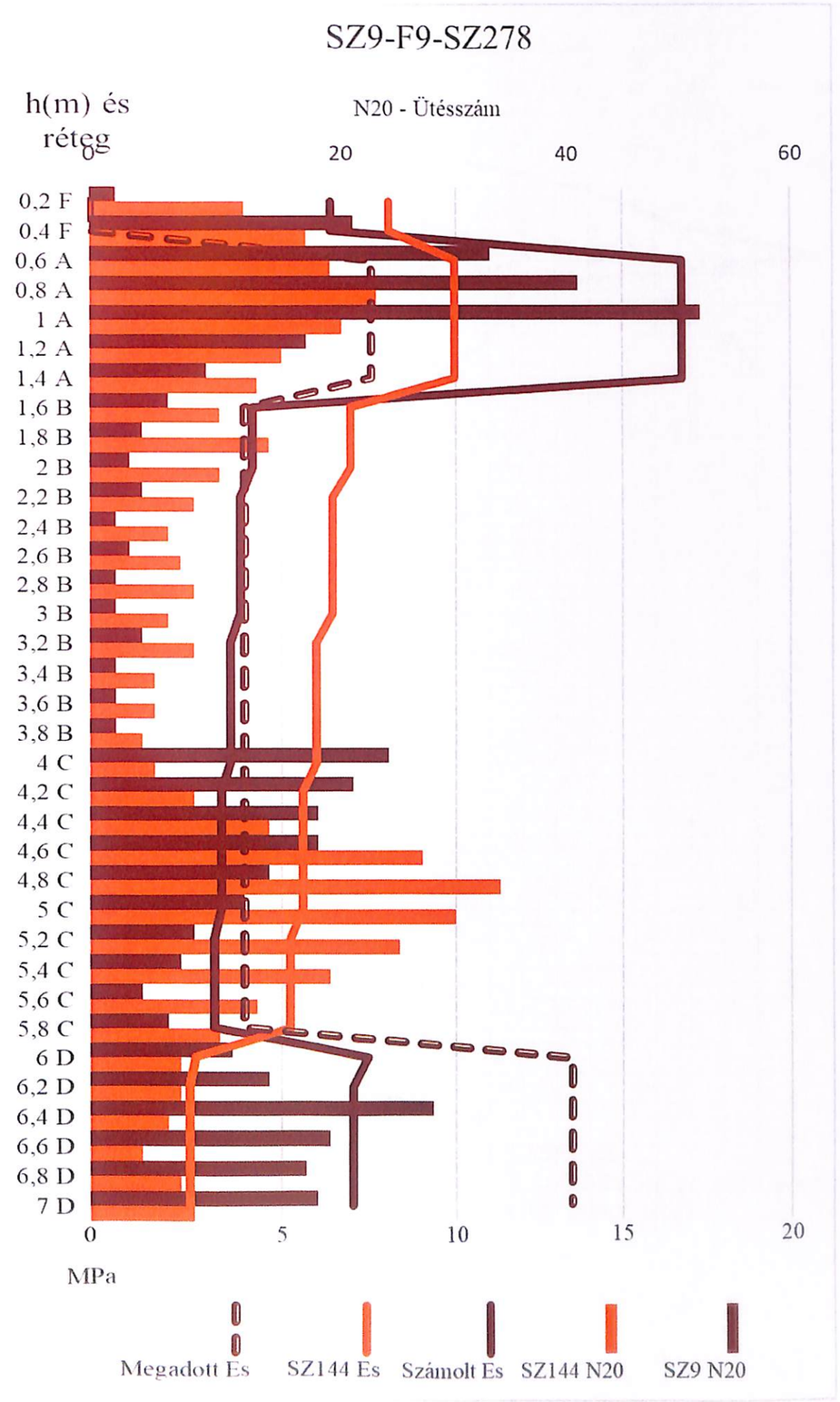
RAJZ: Alaptest vasalási terve

HALLGATÓ	NEPTUN KÓD	SZAK	KONZULENS
Farkas András	JBUX4N	N.ÉP.	dr. Telekes Gábor

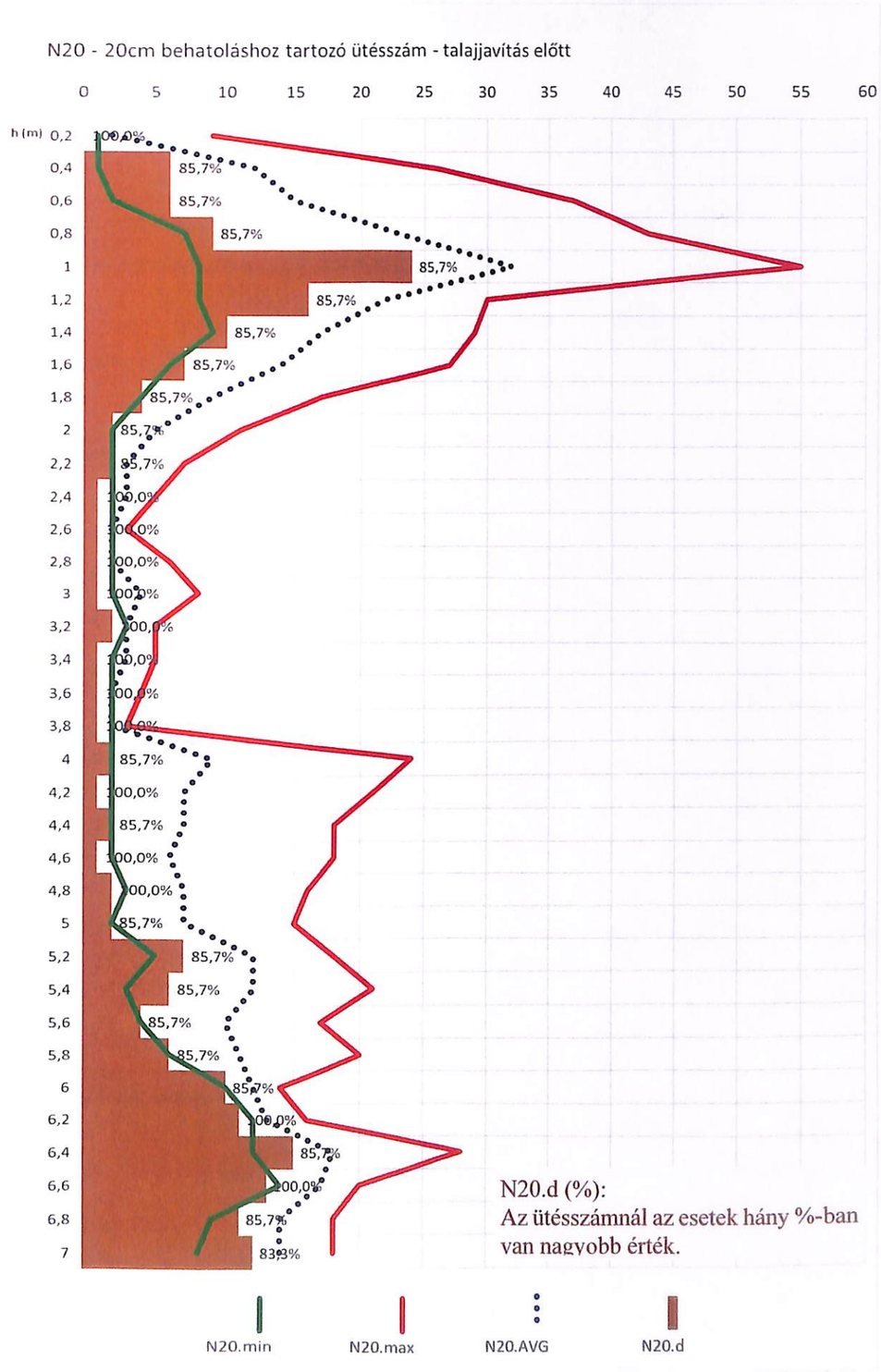
RAJZI MELLÉKLET



RAJZI MELLÉKLET

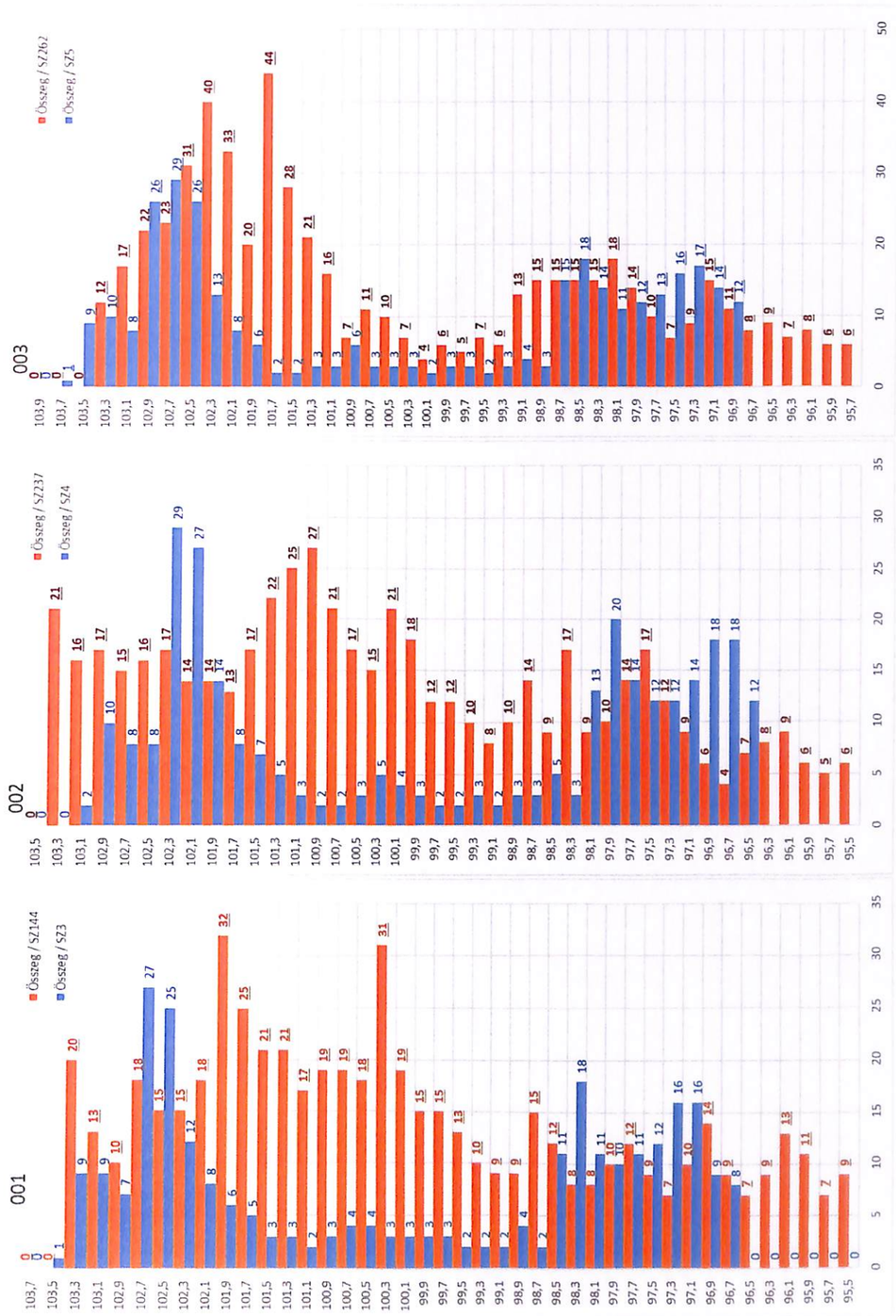


RAJZI MELLÉKLET

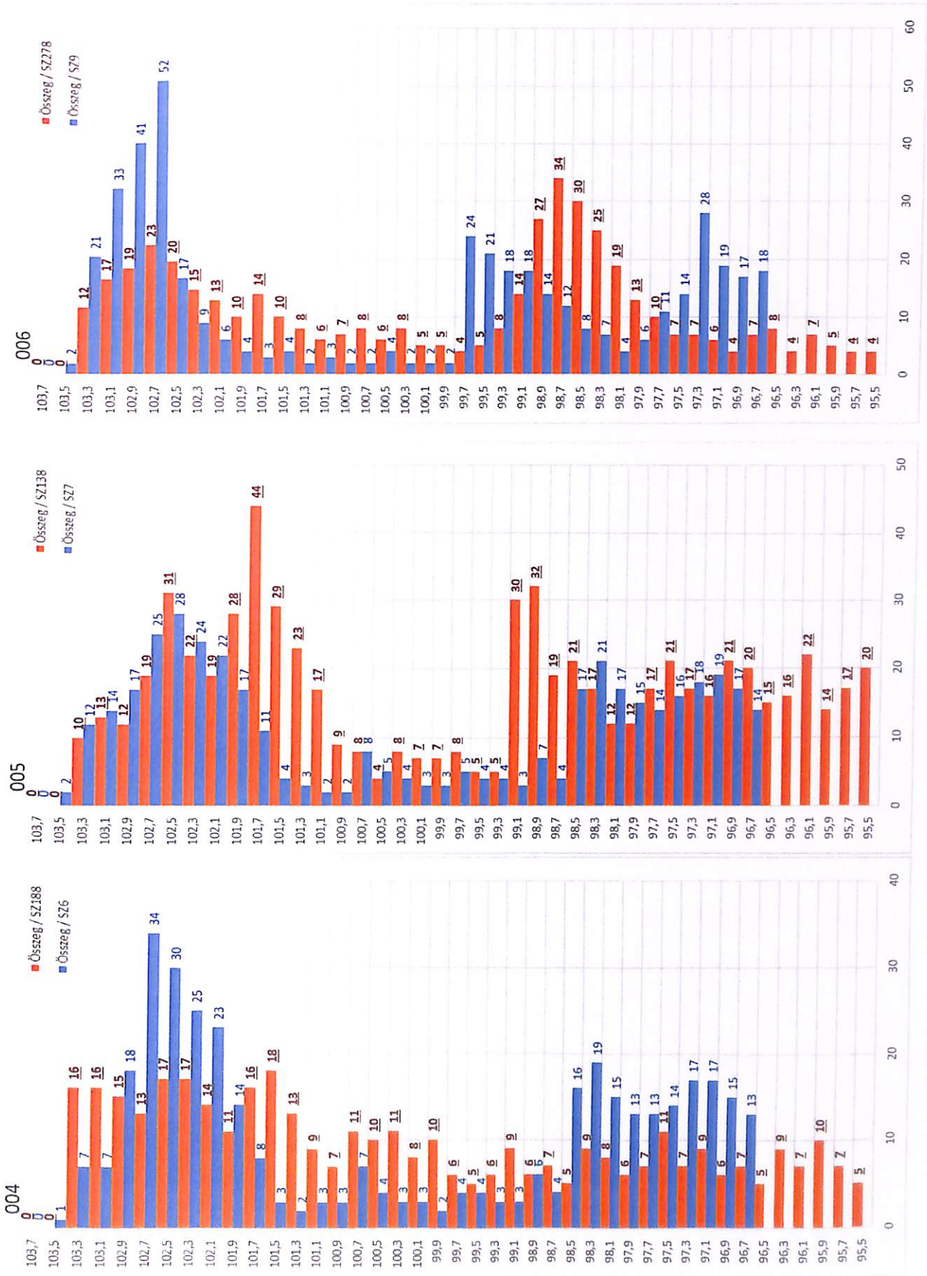


IV. KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK

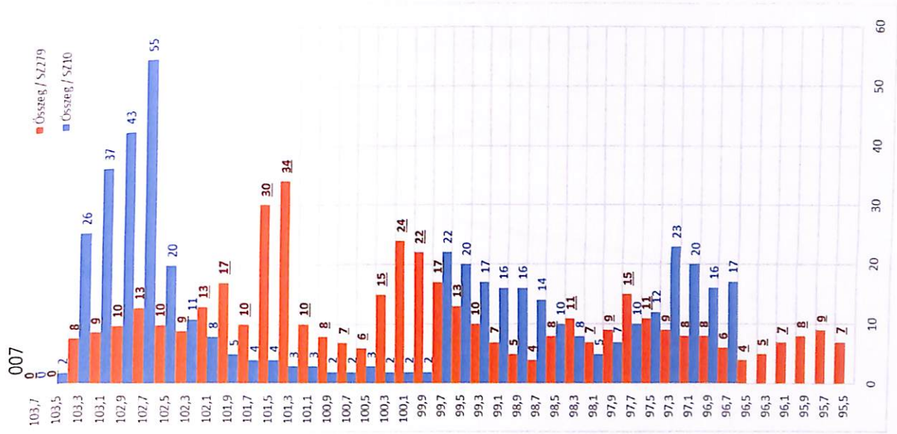
KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK



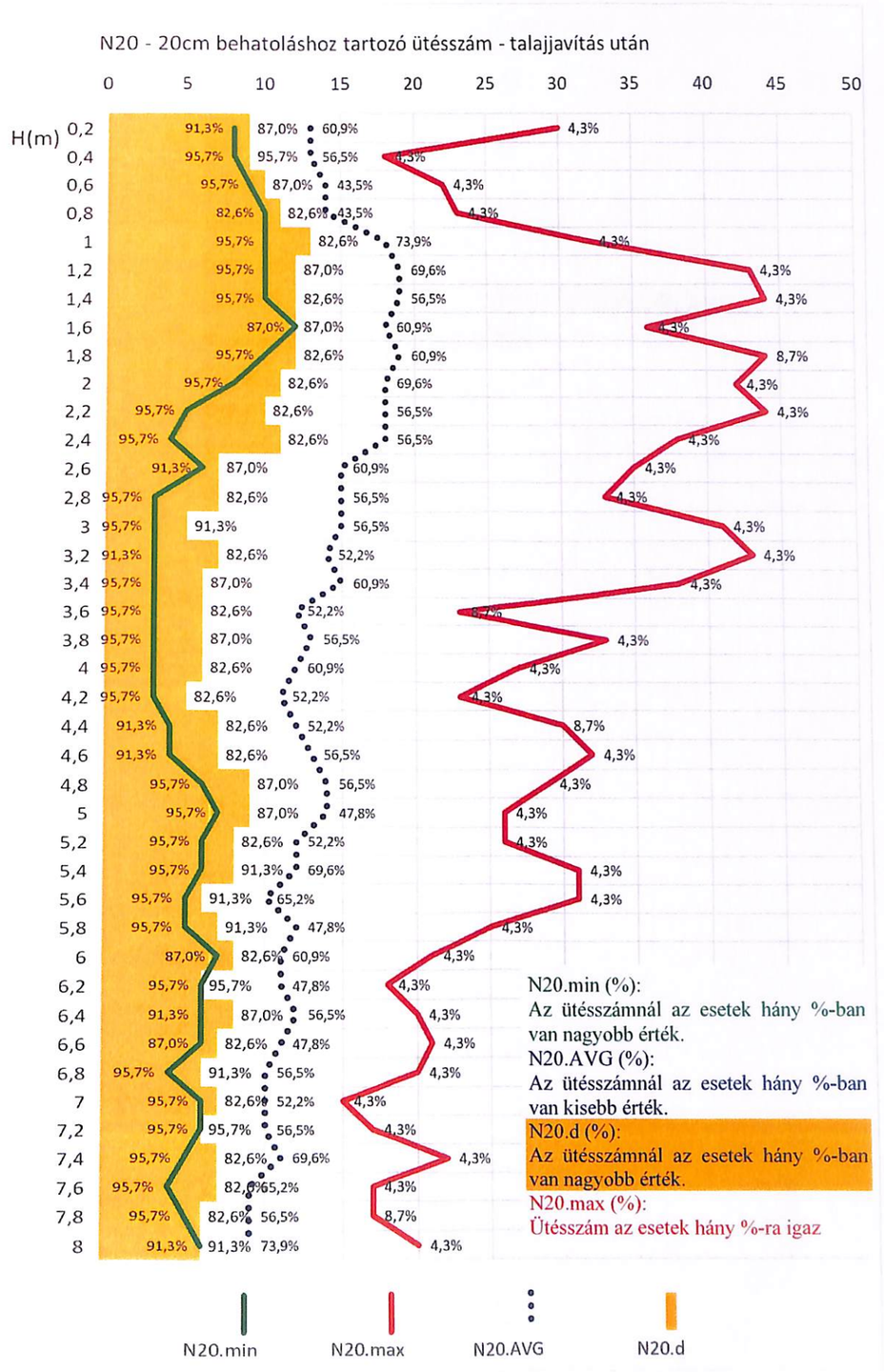
KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK



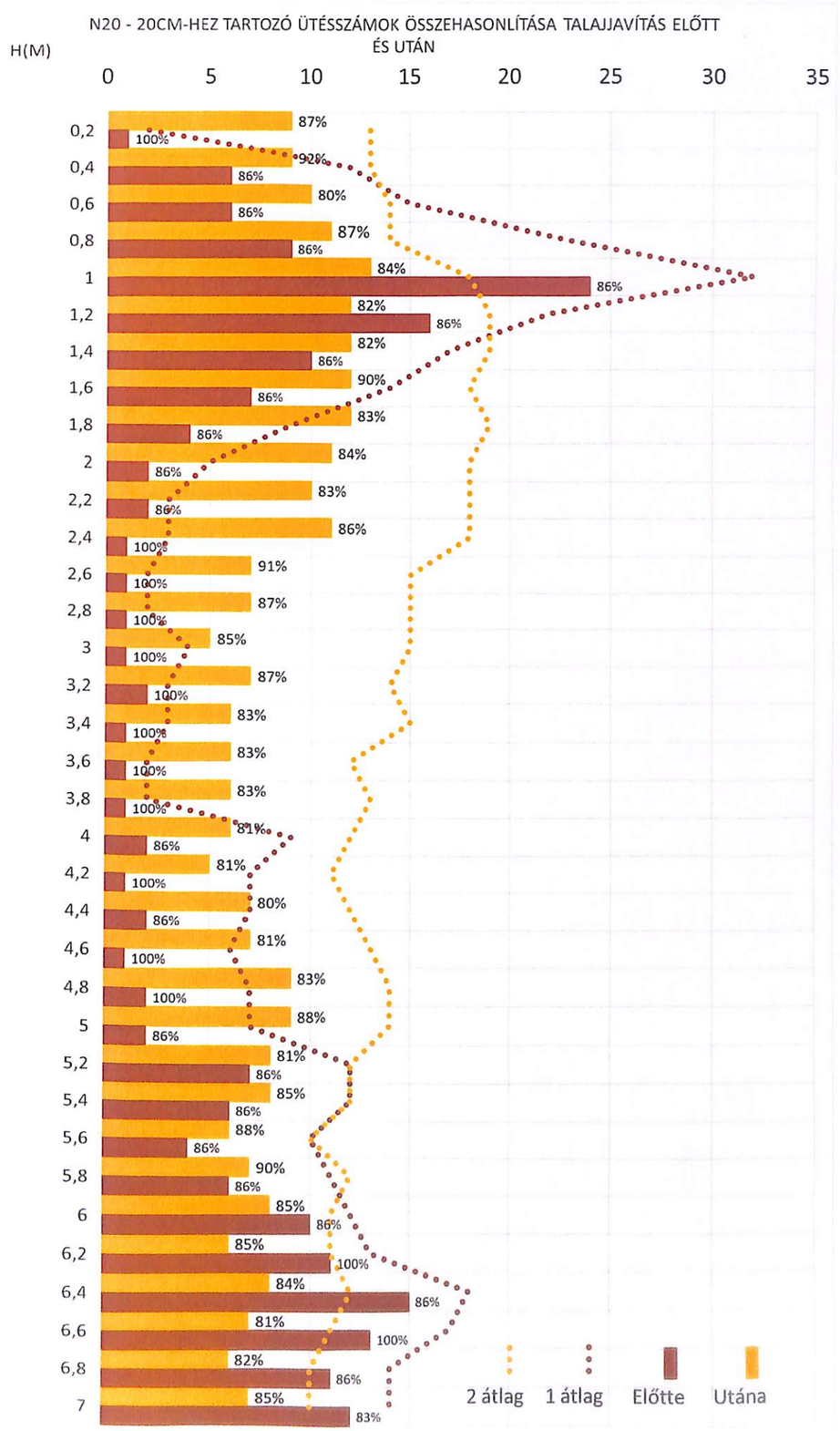
KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK



KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK



KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK



KEZELÉS UTÁNI EREDMÉNYEK

