



# Tartalomjegyzék

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés .....                                                          | 3  |
| 2. MOL, mint ipari környezet .....                                          | 3  |
| 3. Tartályok felújításához kapcsolódó mérnökgeodéziai munkák .....          | 5  |
| 3.1. Tartálypalást deformáció mérés.....                                    | 6  |
| 3.2. Deformáció kimutatásának módszere.....                                 | 7  |
| 3.3. Regressziós egyenes, kör illesztések .....                             | 8  |
| 3.3.1. Regressziós egyenes .....                                            | 9  |
| 3.3.2. Kiegyenlítő kör.....                                                 | 11 |
| 3.4. Regresszió gyakorlati alkalmazásai GeoEasy program használatával ..... | 12 |
| 4. Tartálykörnyezet bemérése .....                                          | 14 |
| 4.1. Tartályudvar mérés .....                                               | 14 |
| 4.2. Feldolgozás különböző módszerei.....                                   | 15 |
| 4.2.1. Digitális domborzatmodellek .....                                    | 15 |
| 4.2.2. Alkalmazott szoftverek .....                                         | 15 |
| 4.2.3. Megoldási lehetőségek térfogathiány esetében .....                   | 25 |
| 5. Összefoglalás .....                                                      | 26 |
| Köszönetnyilvánítás .....                                                   | 27 |
| Mellékletek jegyzéke.....                                                   | 28 |
| Felhasznált irodalom .....                                                  | 49 |
| Forrásjegyzék .....                                                         | 49 |
| Táblázatok jegyzéke .....                                                   | 50 |
| Ábrajegyzék .....                                                           | 50 |

## 1. Bevezetés

A százhalombattai Dunai Finomító területén számos mérnökeodézia feladat megoldására van szükség. Mind az iparterületről készült térképek évről évre történő felújítására, az alapponthálózat karbantartására, mind a különböző létesítmények, közművek telepítésével kapcsolatos geodéziai munkákra igény van.

Dolgozatomban a kőolajtermék tartályok felújításához szükséges geodézia munkákat és eltérő megoldással történő feldolgozásukat vizsgálom. A tartály palást deformáció mérési eredményeit az eddig használt módszer helyett más megközelítéssel dolgozom fel.

A tartálymérésekhez szorosan kapcsolódik a tartály környezetének mérése is. A tartályudvarok akadályozzák meg *havária* helyzet esetén a tartályokban lévő különböző vegyi oldatok, folyadékok kiömlését, és terjedését. Ehhez azonban fontos tudnunk, hogy a tartályudvarok befogadó képessége eleget tesz az előírtaknak. A különböző programokkal kiszámított tartályudvar térfogat esetleges eltéréseit vizsgálom végül.

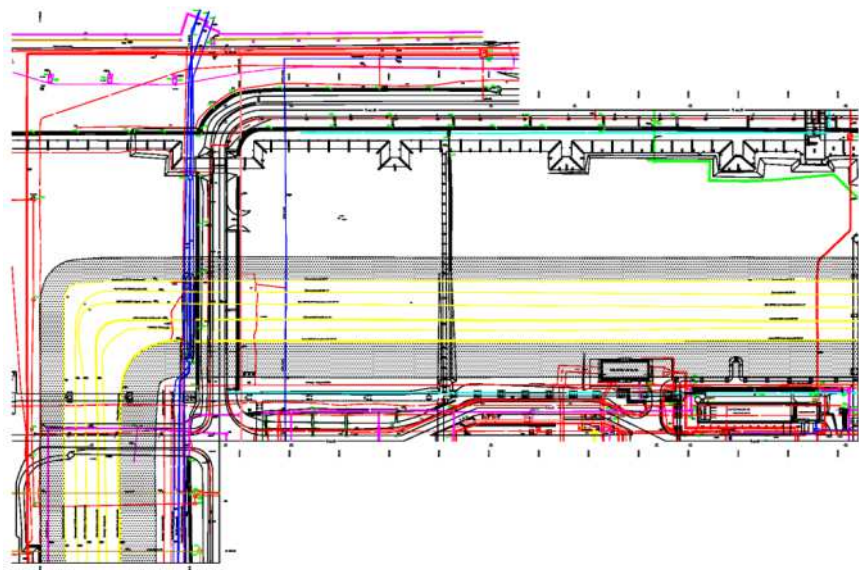
A dolgozatomat a Wéber 2000 Kft.-nél végzett technikus gyakorlat alatt megszerzett tapasztalatokból írom. A számításokat a Dunai Finomítóban tartályokra és tartálykörnyezetre végzett mérések alapján készítem el. A cél, hogy az eddig használt feldolgozási módszerek mellett új eljárással vizsgáljam a mérési eredményeinket, új alternatívát dolgozzak ki az alkalmazott módszerekre.

## 2. MOL, mint ipari környezet

A százhalombattai Dunai Finomító 1965 óta üzemel. A jelenlegi kiépítettségének kialakításához elkerülhetetlen tényező volt a geodézia. Mind a teljes körű geodéziát, mind a finomító terjeszkedésével a birtokjogi és térinformatikai munkákat el kellett látni.

Az építkezések során több száz kilométer vezeték, betoncsatornát, műanyag- és acélcsövet helyeztek a föld alá. A folyamatos karbantartáshoz szükséges volt egy megfelelő térképi rendszer és egy nagy pontosságú alapponthálózat kialakítása. Ezen kívül sok felszíni létesítmény épült meg az eltelt évek alatt és további beruházások is várhatóak a jövőben, melyek során az építkezések kezdetétől fogva szükség van a földmérők munkájára.

A terület, és az azon megtalálható minden föld felszíni és földalatti létesítmény térképezésére szükség van. A közműtérképek  $M=1:250$  méretarányban készülnek nagy részletességgel. A finomító területét a könnyebb kezelhetőség érdekében több, mint 100 blokkra osztották fel. A blokkok változása miatt minden évben szükséges - a térképek hitelességének megőrzése végett - a területek helyszíni bejárása, ellenőrzése és a digitális térképek felújítása. Minden blokkról három térkép készül. Egy digitális megvalósulási térkép (1. ábra), egy kábeltérkép és egy kiemelt földalatti térkép.



1. ábra: Digitális megvalósulási térkép

További geodéziai munkák ellátására van még szükség egy ekkora ipari terület esetén. Kitűzési és bemérési jegyzőkönyveket kell készíteni a megépítendő és már megépült létesítmények helyéről, vezetékek nyomvonaláról. Emellett a tartályok süllyedésmérését, tartálypalást deformáció vizsgálatát, a tartálykörnyezetének mérését és további mérnökgeodéziai feladatokat kell ellátni.

A megfelelő pontosság eléréséhez helyi koordinátarendszerben határozták meg az alapponthálózatot. Az alappontokat fúrt acéllemezekkel állandósították az aszfaltozott utakon. Mivel a GNSS mérések nem alkalmasak az ipari területen belüli feladatok (közművek és ipari létesítmények mérése) néhány mm pontosságú felméréséhez, emiatt a pontok karbantartására nagy szükség van. A hálózat pontjainak évenkénti ellenőrzése szükséges, mivel a mérések ezekből az alappontokból kiindulva történnek. A hálózat  $1:200000$  relatív hibával bír, ami  $5 \text{ mm/km}$ .

### 3. Tartályok felújításához kapcsolódó mérnökgeodéziai munkák

A tartályok felújításának munkálatai 2007-ben kezdődtek el. Az előírt, 10-15 év eltelte után kötelezően felül kell vizsgálni a tartályok szerkezetét, teherbírását, a használat során a szerkezetben ébredő feszültségeket, és azok hatásait a további használat engedélyezéséhez. A tartályok mérésénél különböző geodéziai feladatokat kell ellátni. Ezek a feladatok a tartálypalást deformációjának, az úszótető geometriájának, a fenéklemez deformáltságának mérésére, illetve a tartályok süllyedésmérésére terjednek ki. További feladat ezen kívül még a tartályokhoz vezetett, kicserélt habvezetékek és ipari víz vezetékek bemérése és térképezése.

A területen különböző méretű tartályokat telepítettek. (2. ábra) Ezek számozása a térfogat alapján történik (és így is hivatkozom a későbbiekben rájuk):

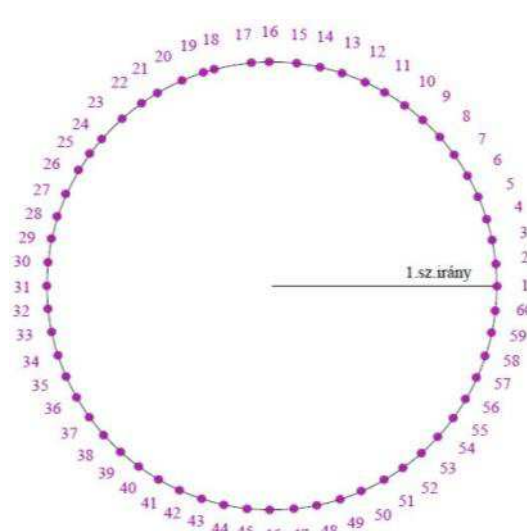
- 500 m<sup>3</sup> (d = ~ 9 m)
- 1 000 m<sup>3</sup>
- 2 000 m<sup>3</sup>
- 5 000 m<sup>3</sup>
- 10 000 m<sup>3</sup>
- 20 000 m<sup>3</sup>
- 30 000 m<sup>3</sup>
- 40 000 m<sup>3</sup> (d=~ 29 m)



2. ábra: 20009-es kőolajtermék tartály

A tartályok többségének alakja henger, de kisméretű ( $500 - 1\,000\text{ m}^3$ ) cseppfolyós gázokat tartalmazó gömbtartályok is vannak a finomítóban. Dolgozatomban a nagyméretű tartályok vizsgálatával foglalkozom.

### 3.1. Tartálypalást deformáció mérés



A tartálypalást deformáció méréseket mérőállomással végezzük el. A mérések legalább öt álláspontból történnek, ami a környezet zsúfoltságától és szabad beláthatóság mértékétől függ. (1. sz. melléklet) A műszerrel vagy a tartály védőudvar rézsűjének a tetején állunk fel, ahonnan a belátható tartálypalástot bemérjük vagy a tartály belsejében.

3. ábra: Irányok-jelölések

A tartály belsejéből végzett mérések során a mérési körülmények sokkalta rosszabbak, mivel zárt térben kell elvégezni a mérést, ahol sötét van, mérgező és robbanékony szénhidrogén származékok kerülhetnek a szervezetünkbe. Emellett az álláspont bizonytalanabb a rugalmas fenéklemez és az ingó úszótető miatt. A kívülről végzett mérések esetében a szabad műszerállások helyzetét az úton elhelyezett alappontokra végzett méréssel határozzuk meg.

A mérések prizma nélküli távmérő üzemmódban TOPCON 3003N típusú infralézer impulzus mérőállomással végezzük. A tartálypalást függőleges metszeteit folyamatos méréssel hajtjuk végre. A kezdő referencia irányt 1-es számmal jelöljük az első övlemez függőleges varratánál (3. ábra). A mérési irányokat a függőleges varratok jelölik meg, vagyis a felmért metszetek száma a tartályok nagyságától függ. Általában nagyméretű tartályoknál fél távolságra is mérünk. Ez a számozott övlemezek közötti függőleges metszet, mely a második övlemez-sor függőleges varratával egybeesik.



4. ábra: Tartály falának újrabordázása

Függőleges értelemben a sarokvarrattól, mint 0 m-es vonatkozási szinthez viszonyítva méterenként végezzük a méréseket. A mérések becsült megbízhatósága vízszintes és magassági értelemben  $\pm 3$  mm.

### 3.2. Deformáció kimutatásának módszere

A terepi méréseket 3D-s adatként rögzítjük. A felmért pontok száma a felvett irányok és vonatkozási szinttől felvett vízszintes síkok függvénye. Számuk az 500-700 pontot is elérheti. A 3D-s pontokat AutoCAD szoftverrel dolgozzuk fel. A továbbiakban bemutatásra kerülő dokumentációkat a Wéber 2000 Kft. készítette a MOL Nyrt. részére, melyek elkészítésében én is közreműködtem. A függőleges metszetek szerkesztése során kétféle metszet készül el. Az egyik esetben a tartálypalást metszősíkjában mért egyenestől való eltéréseit adjuk meg, vagyis a sarokvarrat és a legfelső vízszintes metszetet összekötő egyeneshez képesti eltéréseket. (2. sz. melléklet) A dokumentáció második része pedig az elméleti (palástvonaltól) függőlegestől való eltéréseket tartalmazza (3. sz. melléklet). A deformáció további szemléltetésére a vízszintes körmetszeteken is ábrázoljuk az eltéréseket. Az eltérések pozitív értelemben sugár irányban kifelé mutatkoznak, míg negatív értelemben a tartálytér felé jelöljük. Az eltérések nagyságát mm-ben adjuk meg. (4. sz. melléklet)

A 2.-3. sz. mellékleten jól látható, hogy a néhány mm-es, de 10-15 cm nagyságrendű deformációk is vannak a tartálypaláston. A kritikus értékeket a zárszerkezet méretétől függően vizsgáljuk és határozzuk meg. A 4. sz. melléklet 12 m-es szinten megrajzolt körmetszetet szemlélteti, melyen jól láthatóak a deformációk.



5. ábra: Úszótető és a tartály falának kapcsolata

A tartálypalást mérések legfőbb célja, hogy a tartályban elhelyezett úszótető ne szoruljon be a tartályban lévő folyadék térfogatának változása során, vagyis függőleges irányú mozgása biztosítva legyen. Ehhez az úszótető geometriát is meg kell határoznunk a tartály falához képest, illetve az előbbieken említett tartálypalást függőlegességet. (5. sz. melléklet) Az 5. ábrán is látható, hogy az úszótető valamekkora vízszintes irányú elmozdulásra képes, de a lényeg, hogy a tartály deformáltsága ellenére is tudjon mozogni. Ehhez kell tudnunk a kritikus eltéréseket.

### **3.3. Regressziós egyenes, kör illesztések**

A dolgozatom egyik célja, hogy a korábban alkalmazott módszerek helyett egy új módszerrel dolgozzam fel és értékeljem a tartálypalástra végzett méréseket. Ehhez regresszió számításokat végzek a GeoEasy programban.

A regresszió számítást ismert koordinátájú pontok vizsgálatára alkalmazhatjuk, melyekre feladattól függően például egyenest, kört, síkot, gömböt illeszthetünk, és a pontokra legjobban illeszkedő alakzatok paramétereit határozhatjuk meg. A geodéziában különösen deformáció vizsgálatra, a mérnöki létesítmények ellenőrzésére és terveknek megfelelés vizsgálatára használhatjuk. Ezáltal a mérési eredményeinkből, a mért pontok helyzetéből információkat nyerhetünk. [2]

Az elvégzett számításokat a legkisebb négyzetek elve alapján végezzük. A feltétel, hogy több mérési eredményünk (egyenletünk) legyen, mint ahány minimálisan szükséges az

ismeretlenek (paraméterek) meghatározásához. Ezen kívül ismernünk kell a méréseink súlyviszonyait és durva hibáktól mentesnek kell lenniük a mérési eredményeinknek (ennek kiküszöbölésére durva hiba szűrést szoktak végezni). A dolgozatomban használt regresszió számításoknál fiktív mérési eredményeket alkalmazok, a pontok koordinátáit tekintem mérési eredménynek és mindegyiket azonos súllyal veszem figyelembe, mivel azonos technológiával és körülmények között határozzuk meg a koordinátákat. Ha a közvetítő egyenletek nem lineárisak, akkor előzetes értékeket kell felvenni a paraméterek meghatározásához és az összefüggéseket linearizálni kell.

A geometriai összefüggéseket a feltételi egyenletek írják le, melyek a mért mennyiségeket és paramétereket tartalmazzák. A feltételi egyenletek lineárisak vagy nem lineárisak. A nem lineáris egyenletek linearizáljuk Taylor-sorba fejtéssel. Előfordulhat, hogy az előzetes értékek nagyobb változást kapnak. Ilyenkor újra kell számítani a feladatot, ahol a kiegyenlített paraméterek lesznek az új előzetes értékek. Az eljárást addig kell ismételni, amíg a kellő pontosságot el nem érjük. Ezt a számítási módszert nevezik iterációnak. [3]

A meglévő síkbeli és térbeli ponthalmazra végzett regresszió számításnak különböző megoldásai lehetnek, attól függően, hogy egyenest, síkot vagy görbét akarunk illeszteni a pontokra:

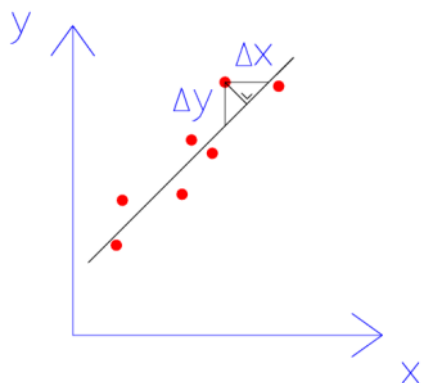
- Regressziós egyenes
- Regressziós sík
- Regressziós görbe
- Térbeli regressziós egyenes meghatározása

### **3.3.1. Regressziós egyenes**

A regressziós egyenes számítása során az egyenes egyenlet két paraméterének a meghatározása a cél, melyek az egyenes meredeksége és az egyenes y tengelyén való metszéspontja. [1]

$$y = m * x + b \quad m = ? \quad b = ?$$

A számítást háromféle módon oldhatjuk meg a szerint, hogy vagy az y vagy az x értékeket tekintjük hibásnak, vagy mindkettőt egyaránt hibával terheltnek vesszük. (6. ábra)



6 . ábra: Lineáris regresszió

1. Csak az y értékek terheltek hibával
2. Csak az x értékek terheltek hibával
3. Mindkét értéket hibásnak tekintjük. Keressük a regressziós egyenesre merőleges javítások ( $v_i$ ) négyzetösszegének minimumát.

$$y_i + v_{yi} = m * (x_i + v_{xi}) + b$$

A feladat megoldásánál a már említett legkisebb négyzetek módszerét alkalmazzuk. A mérési eredményekhez keressük azokat a  $v_i$  javításokat, melyek megszüntetik az ellentmondásokat, és négyzetösszegük minimális lesz.

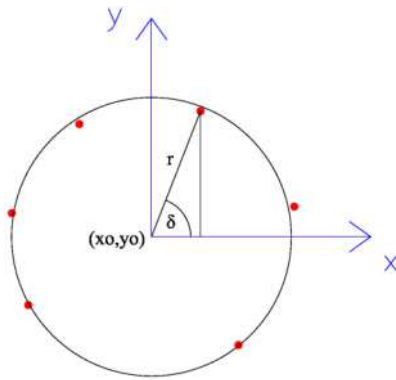
$$\sum v_i^2 = v * v = \min$$

A felhasznált mérési eredmények (x és y koordináták) kapcsolatának szorosságát megadhatjuk a korrelációs együtthatóval ( $r_{x,y}$ ). Az r értéke -1 és 1 között változhat. (1.)

$$r_{x,y} = \frac{c_{x,y}}{\sigma_x * \sigma_y}, \quad \text{ahol a} \quad c_{x,y} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{n-1}$$

Ha a pontok nem illeszkednek egy egyenesre ( $r < 0.6$ ), akkor a pontok között nincs lineáris kapcsolat, vagy gyenge lineáris kapcsolat van köztük. Ha a pontok egy egyenes mentén fekszenek, akkor r értéke közel -1-et vagy +1-et ad eredményül, akkor a két változó között a lineáris kapcsolat szoros. A pontok növekvő egyenesen vannak, ha  $r > 0$  és csökkenő egyenesen vannak rajta, ha  $r < 0$ .

### 3.3.2. Kiegyenlítő kör



A kiegyenlítő kör esetében a megadott pontokra legjobban illeszkedő kör paramétereit szeretnénk meghatározni. A kör illesztése esetében a nehézséget az okozza, hogy az összefüggések nem lineárisak. [1], [2]

7. ábra: Kiegyenlítő kör

A megoldás kétféleképpen történhet:

- Iterációval
- Linearizálással

A kör meghatározásához minimum három pontra van szükségünk. Ebből a meghatározandó paraméterek a három ponton átmenő kör középpontja és sugara. (7. ábra) Az iterációs eljárásnál a kör paraméteres egyenletét alkalmazzuk. Az előzetes kör középpont alapján kiszámítjuk a  $\delta$  paraméter értékét minden pontra, majd a középpont koordinátáit és a sugár értékét iterációval finomítjuk a II. kiegyenlítési csoporttal, amíg a változásuk elhanyagolhatóan kicsi lesz.

A kör paraméteres egyenlete:

$$y = y_0 + r * \sin(\delta) \qquad x = x_0 + r * \cos(\delta)$$

A második esetben a nem lineáris egyenleteket Taylor-sorba fejtéssel linearizáljuk. A sorbafejtést a mérési eredmények értékeinek és a keresett paraméterek előzetes értékeinél végezzük. Majd az előzetes  $y_0, x_0, r$  értékekre el lehet végezni a kiegyenlítést.

### 3.4. Regresszió gyakorlati alkalmazásai GeoEasy program használatával

#### Körillesztések

Az adott vízszintes metszetekben mért pontokra kört illeszttek valamennyi pont figyelembevételével. Ez alapján megkapom az egyes vízszintes metszetekben a kör középpontjának  $(y_0, x_0)$  koordinátáit, illetve a sugár értékét. (6. sz. melléklet) Ezen kívül a sugárirányú eltéréseket is megjeleníti az eredményablak. (7. sz. melléklet) Az eltéréseket sugárirányban befelé (-) és sugárirányban kifelé (+) értelmezhetjük. A kapott táblázatokban látható, hogy mindegyik metszetnek saját kör középpontja van, így az eredményekből egyelőre arra lehet következtetni, hogy az adott metszetek néhány pontjában jelentősebben deformálódott a tartály palást. A jelentősebb, 10 cm-nél nagyobb negatív irányú eltéréseket megjelöltem a 7. sz. mellékletben, mivel ez az úszótető függőleges és vízszintes irányú mozgásában fontos lehet. A metszetek sugarának nagysága alapján szabályos henger alakú tartályról beszélhetünk, mivel a legnagyobb eltérés 3 cm, ami  $\sim 29$  m sugarú tartály esetében elhanyagolhatóan kicsi.

#### Térbeli egyenes illesztés

A tartály ferdeségét az egyes metszetekre kapott kör középpontokra illesztett 3D egyenes illesztésével vizsgálhatom tovább.

A regressziós körök középpontjaira illesztett térbeli egyenes paraméteres egyenlete:

$$Y = Y_1 + (Y_2 - Y_1) * t \qquad Y = 1.796 + 0.00087112 * t$$

$$X = X_1 + (X_2 - X_1) * t \qquad X = 72.356 + 0.00163425 * t$$

$$Z = Z_1 + (Z_2 - Z_1) * t \qquad Z = 3.731 + -0.99999860 * t$$

A  $t \in \mathbb{R}$  paraméter együtthatói az egyenes irányvektor megfelelő komponenseit jelölik. Az irányvektor komponensei alapján a pontok kis eltéréssel egy térbeli egyenesre illeszkednek. Tökéletesen akkor illeszkednének egy függőleges egyenesre a pontok, ha az Y és X irányú együttható komponense 0 lenne.

A koordináták közti kapcsolat szorosságát az YZ és XZ síkban vizsgálom meg regressziós egyenes illesztésével. A korrelációs együttható eredménye az első esetben -0.91, a második

esetben pedig -0,87 lett. Ez alapján megállapítható, hogy a koordináták között lineáris kapcsolat áll fenn.

### **Függőleges tengelyű henger illesztés**

A függőleges tengelyű henger illesztésénél az összes pontot belevettem a számításba. A számítás során a Z koordinátákat nem veszi figyelembe az algoritmus, tehát a kör illesztéssel egyenértékű a számítási módszer. A program a kapott kör középpontot és sugarat az összes pont felhasználásával határozza meg.

A kapott paraméterek:

$$Y_0 = 1.796 \text{ m}$$

$$X_0 = 72.356 \text{ m}$$

$$R = 28.961 \text{ m}$$

Megfigyelhető, hogy a térbeli egyenes egyenletében is ezt az eredményt kaptuk a középpont koordinátáira.

Az eredményben a sugárirányú eltéréseket a kör középpontjához képest kaptuk meg, így ebből az eredményből már lehet következtetni az úszótető és a tartály falának geometriai kapcsolatára. Ha az egyes vízszintes körmetszetek eredményeit összehasonlítjuk a függőleges tengelyű henger illesztés eredményeivel, akkor ~1-2 cm-es eltérések tapasztalhatók, ami a függőleges tengely rögzítéséből (henger illesztés) adódik. Az 5. sz. melléklet az úszótető geometriáját jelöli a tartály falához képest. Itt látható, hogy a két szerkezet közötti rés 20-25 cm körül van 2,3 m-es szinten. Ez alapján meg tudjuk határozni, hogy hol kritikus a tartály falának deformációja, eltérései. Mivel az úszótető nemcsak függőleges irányban, hanem vízszintesen is tud mozogni, így kiemeltem a 10 cm-nél nagyobb eltéréseket sugáriránynak befelé, ahol szűkül a tartály fala. (8. sz. melléklet.) Kék színnel jelöltem a pozitív irányban megfigyelhető 10 cm-nél nagyobb eltéréseket, ebből és a negatív irányú eltérésekből a tartály fala kissé deformáltnak mondható, mely leginkább a felső övlemezeknél jelentkezik.

A 6. és 8. sz. mellékletekben látható az RMS értéke is. Az RMS (Root Mean Square) a négyzetes hibaátlagot jelöli. A négyzetes hibaátlag az eltérések négyzetösszeg átlagának a négyzetgyöke. Ez a mennyiség a regressziós alakzat illeszkedését jellemzi. A kiszámításához a sugárirányú eltéréseket használja fel a program. A függőleges tengelyű henger sugárirányú eltérései alapján számított RMS=0.056.

A 9. sz. mellékletben látható a függőleges tengelyű henger illesztés során kapott sugárirányú eltérésekből a sarokvarratra állított függőleges egyenestől kiszámított eltérések. A 0 m-es

szint jelöli a sarokvarratot. A Wéber 2000 Kft. korábban alkalmazott számítási módszerével kapott eredmények a 10. sz. mellékletben láthatók. A eltérések kiszámításánál a sugár változásának eltéréseit nem vették figyelembe, egy közelítő sugár értékhez képest számították az eltéréseket. A GeoEasy program a henger illesztése során a sugárirányú eltéréseket kiszámította, és ebből határoztam meg a sugár változásának figyelembevételével az eltéréseket. Összehasonlítva két dokumentáció eredményét a 33, 44 és 48-as függőleges metszet kivételével az értékek  $\pm 1$  mm-re megegyeznek. (9-10. sz. melléklet)

## **4. Tartálykörnyezet bemérése**

A tartály környezetének mérése is fontossá vált a tartályok felújítása során. A tartályudvar megvédi az üzem környezetét vészhelyzet esetén (pl. a folyadék szivárgása, kiömlése esetén). A tartályudvarok befogadó képességét az alapján alakítják ki, hogy mennyi és mekkora tartályokat fognak közre az udvarral. A nagyobb ( $40\,000\text{ m}^3$ ,  $20\,000\text{ m}^3$ ,  $10\,000\text{ m}^3$ ) tartályok esetén egy tartályt helyeznek el egy tartályudvarban, míg  $2\,000\text{ m}^3$  tartályok esetén kettőt,  $1\,000\text{ m}^3$  tartályoknál négyet.

### **4.1. Tartályudvar mérés**

A tartályudvar mérése hasonlóan a tartály méréséhez a rézsű tetejéről történik. A 11. sz. mellékleten látható, hogy a szabad álláspontokat úgy vesszük fel, hogy a mérési helyekről láthatóak legyenek az alappontok. Az álláspontok száma függ a tartályudvar nagyságától, attól hogy hány darab tartályt helyeztek el a tartályudvarban, ami a kitakarás szempontjából lehet fontos, és hogy kellő sűrűséggel fel tudjuk mérni a terepet. A terepen mért pontok számát és helyét úgy választjuk meg, hogy a feldolgozás során a pontokra illesztett felületmodell jól közelítse a felszínt. A felmérés a tartályudvar fenékszintjén kb.  $5 \times 5$  m sűrűséggel történik, ezen kívül a rézsű alját és tetejét is megmérjük. A rézsű tető két szélét és az elméleti középvonalát is bemérjük. A cél, hogy a felmért 3D-s pontjaink alapján ki tudjuk számolni a tartályudvar térfogatát.

A védőudvar térfogatszámítás során különböző rajzi munkarészek készülnek:

- Áttekintő térkép és pont meghatározási vázlat 11. sz. melléklet)
- Szintvonalas térkép (9. ábra)
- Mérési helyek vázlat (12. sz. melléklet)

## **4.2. Feldolgozás különböző módszerei**

### **4.2.1. Digitális domborzatmodellek**

A térfogatszámítás elvégzéséhez különböző szoftverek állnak rendelkezésünkre. Minden megoldás a domborzatmodell előállításán alapul. A domborzatmodellek célja, hogy az ismert magasságú pontok alapján tetszőleges, a DTM területére eső pontban a magasságot elő tudjuk állítani interpolációval. Az ismert magasságú pontokat, vagyis támpontokat különböző mérési módszerrel szerezhetjük be. Például topográfiai felméréssel, területszintezéssel, fotogrammetriai kiértékeléssel és szintvonalak digitalizálásával. A támpontokkal szemben támasztott követelmény, hogy a terep domborzatilag jellemző pontjai legyenek. A támpontok elrendezése alapján megkülönböztetünk szabályos és szabálytalan elrendezésű DTM modelleket. [4]

*A szabályos elrendezésű domborzatmodellek* esetén a négyzetrács sarokpontjai adják meg a terep magasságát. Az esetek nagy részében szórt pontok állnak a rendelkezésünkre, így a szabálytalan elrendezésű pontokból állítunk elő négyzetrácsot (GRID). A magasság levezetésére különböző módszereket dolgoztak ki:

- IDW (Inverse Distance Weight) távolsággal fordított arányú súlyozás
- Krigelés: támpontok súlyozott átlaga alapján
- Felületek interpolálásával

A másik lehetőség, hogy a felmért *szabálytalan elrendezésű* pontokra háromszögrácsot (TIN) illesztünk. A háromszögek csúcsai tartalmazzák a támpontokat és a háromszögrácsot úgy határozzák meg, hogy a háromszögek terület összege minimális legyen. A TIN levezetésére az egyik legelterjedtebb eljárás a Delaunay-háromszögelés. A területminimumra vonatkozó feltétel mellett további kényszerfeltételeket alkalmazunk, például az idom- illetve törésvonalakat nem metszhet háromszög oldal.

### **4.2.2. Alkalmazott szoftverek**

A védőudvarok terepmodell előállítását és térfogatszámítását különböző szoftverekkel oldhatjuk meg. A dolgozatom második részében ezen programok egy részének alkalmazásával oldom meg a felületmodell létrehozását, és a térfogatok meghatározását. Az egyes programokban különböző eljárásokat alkalmazhatunk a modellek előállításához. Így az

ebből számított térfogatok is valamekkora mértékben el fognak térni egymástól. Az alkalmazott szoftverek eredménybeli és kezelhetőségi használhatóságát fogom összehasonlítani.

## 1. **GeoEasy**

A számítás elvégzéséhez először a Geoeasy program DTM modulját alkalmazom, mely szabálytalan háromszögrács (TIN) alapú domborzatmodellt hoz létre. A domborzatmodell kialakításánál kijelölöm a jellemző idom-, törés- és határvonalakat, mely jelen esetben a rézsű tetejét és alját jelenti az ellátandó munka során, majd létrehozom a DTM modellt. A program a megadott pontokra olyan háromszögrácsot illeszt, amelynek a terület összege minimális, és a kényszerek miatt a háromszög élek nem metszhetik a kijelölt határvonalakat. A program a szintvonalakat a terepmodellt alkotó háromszögekben lineáris interpolációval állítja elő. [5]

A domborzatmodell kialakítása során háromféle elemet használhatunk:

- 3D-s pontok a modell támpontja
- 3D vonalakkal (idom-, törés-, határvonalak) állíthatjuk elő a DTM-t
- 2D vagy 3D-s pontok, a modellből kihagyandó területek megadására (maszk)

A domborzatmodell kialakításánál lehetőség van arra is, hogy határvonalakon belüli területet kihagyjunk a modellből. Ehhez egy maszk pont megadására van szükség. Ebben az esetben egy zárt sokszögön belül kell megadni a maszk pontot és így nem hoz létre háromszögeket az idomon belül.

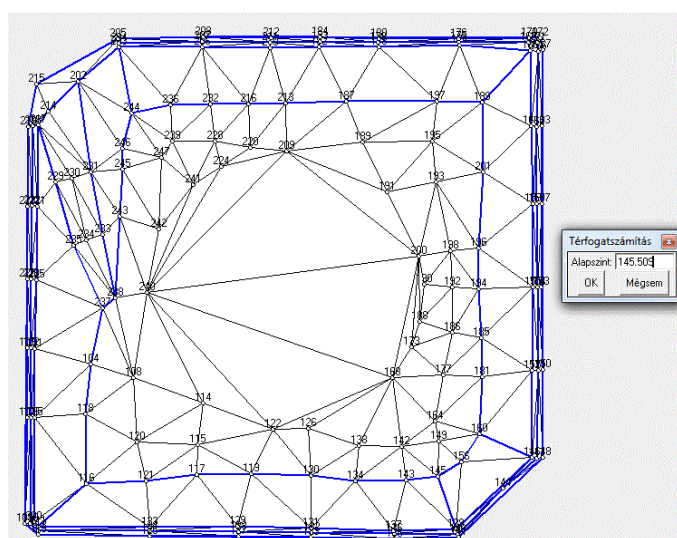
A térfogat számítására két megoldást alkalmazhatunk. Az egyik esetben egy megadott, viszonyítási síkhoz képest számítja ki a program az értéket, a másik esetben pedig két felület közötti térfogatot határozza meg, melyhez két domborzatmodellre (GRID modellre) van szükségünk. A kapott végső érték az első esetben háromszög alapú hasábok térfogatösszegéből adódik, míg a második esetben a felhasználó által megadott méretű, levezetett pontokra illeszkedő négyszög alapú hasábokból.

A DTM létrehozásánál még két hasznos beállítást alkalmazhatunk. Az egyik a vízszintes háromszögek elkerülése, ami a szintvonalas ábra (9. ábra) elkészítésénél lehet kedvező, mivel "az élesebb szintvonal elfordulásoknál is el tudjuk kerülni a háromszögek kialakulását". A

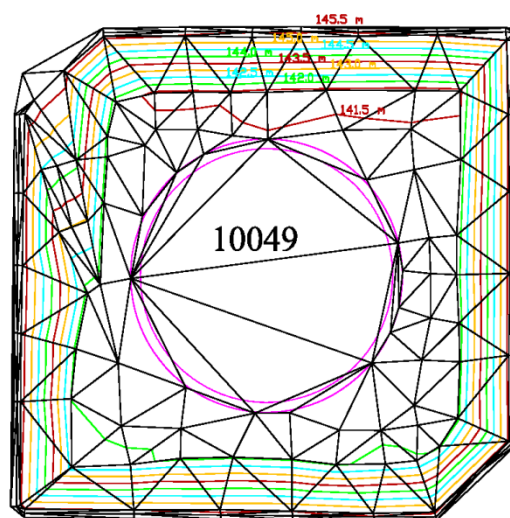
másik opció a konvex körvonal. Ekkor a modell határvonalát megrajzolja automatikusan, ha mi nem tesszük meg, és ráilleszti az optimális háromszögrácsot.

### Feladat megoldás GeoEasy-vel

A 3D-s pontok betöltésével és a jellemző idomvonalak (rézsű alja, teteje, személygépkocsi bejáró) megrajzolásával a térfogat számítása elvégezhető (8. ábra). A viszonyítási alapszint minden esetben az a mért pont, ahol a folyadék leghamarabb eltávozna a védőudvarból, tehát a rézsű tetején bemért legalacsonyabb pont. Ezt a pontot a legtöbb esetben az elméleti középvonalon mért pontok között találjuk. A rézsű teteje úgy néz ki, hogy az elméleti középvonal magasabban van, mint a két széle, így a tartályudvar belsejétől távolabb eső pontsor nem vesszük figyelembe a számítás során, mivel torzítaná az eredményt. Ha a kintebb eső rézsű élt belevennénk a számításba, akkor ott is lenne "Alatta" térfogat, amit nem szabadna figyelembe venni. A 5. sz. mellékleten látható a mérési helyek sűrűsége, a tartály elhelyezkedése és a pontok magassága is.



8. ábra: DTM modell Geoeasy-vel



9. ábra: Szintvonalas ábra

| Alapszint | Térfogat | Felette | Alatta  | Terület | Felszín |
|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 145.509   | -10467.2 | 47.4    | 10514.6 | 3897.4  | 4112.7  |

1. táblázat: Számítási eredmények

A tartályudvarok nagyságát a tartály térfogatára kell méretezni, mivel *havária* helyzet esetén, ha a tartályban lévő folyadék kiömlene, a tartályudvarnak a tartályfolyadék egy részét el kell bírnia, a másik része pedig a tartályban egyenlítődik ki. Mivel a védőudvar mérése során a tartályt nem mérjük be, emiatt a tartályudvar térfogat nagyságának annyinak kell lennie, mint

a tartá Az 1. táblázatból kiolvasható, hogy a  $10\,000\text{ m}^3$  nagyságú 10049-es tartályudvar térfogata a  $145,509\text{ m}^3$  alapszinthez számítva  $10\,515\text{ m}^3$ . A mérés megbízhatóságát ( $\pm 2\%$ ) figyelembe véve megfelelő a kapott eredmény.

Látható, hogy a kapott érték az alapszint alatti térfogatot jelöli. A felette lévő térfogat a meghatározott viszonyítási sík feletti "bevágás" térfogata. Ezt az eredményt leginkább földmunka meghatározásoknál alkalmazzák, hogy a bevágás és a töltés mértékét kiegyenlítsék, és hogy gazdaságosabb legyen az építkezés. Az 1. táblázatban a "Térfogat"-nál megjelent érték az "Alatta" és a "Felette" kiszámított térfogatkülönbséget adja meg. A leg gazdaságosabb, akkor ha ez az érték 0, mert akkor ugyanakkora a töltés-bevágás. A tartályudvarok esetében a "Felette" térfogatot arra lehetne alkalmazni, hogy meghatározzuk a szükségesnél kisebb térfogat esetén, hogy a legmagasabb ponthoz viszonyítva megfelelő e a térfogat. Így ez egy opció lehetne a védőudvar térfogatonövelésére.

## 2. AutoCAD Civil 3D

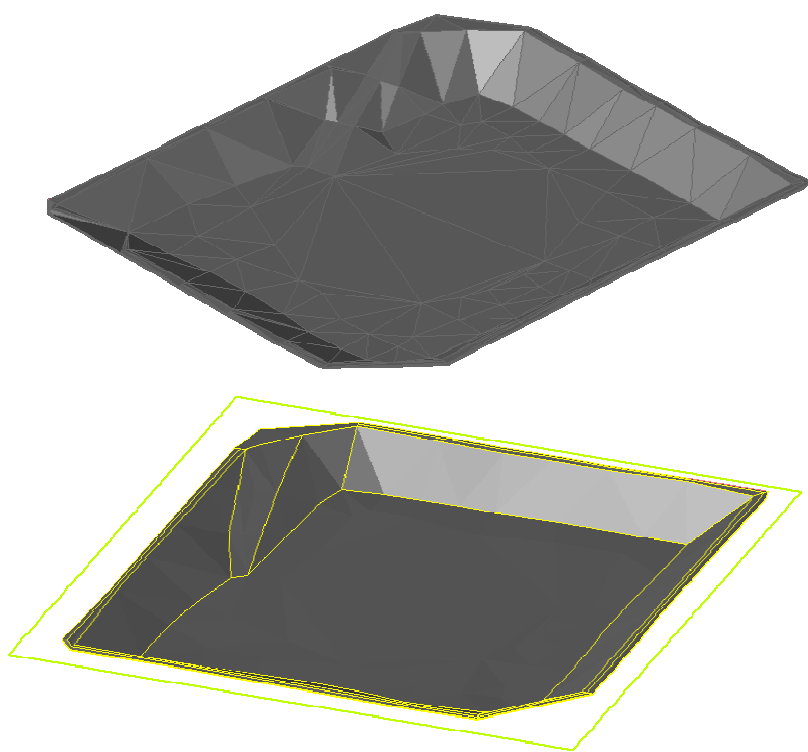
A másik program az AutoCAD Civil 3D, melyben a térfogatszámítást is elvégzem. A szoftverben négyféle lehetőség közül választhatunk a felület létrehozása során. A leggyakrabban alkalmazott felületmodell a TIN-felület, de GRID-felületet (hálófelület) is létrehozhatunk. Ezt viszont akkor tudjuk használni, ha DEM (Data Elevation Model) fájlok állnak rendelkezésünkre. A DEM (külső digitális domborzatmodell) modell szabványos fájl formátuma a GIS rendszereknek. Ezek jellemzően nagy méretarányúak, így tervezési célokra a leginkább megfelelőek. A DEM-fájlnak számos formátuma létezik. Importálhatunk USGS DEM, ASCII Grid vagy GeoTiff fájlokat. A GeoEasy szoftver képes rá, hogy az ott létrehozott domborzatmodellből DEM állományt exportáljon, így egyik megoldása a térfogatszámításnak ez a módszer lesz. Ezáltal egy külső domborzatmodellt olvasok be az AutoCAD Civil 3D programba, melyben nem lesz szükség a törésvonalak, határvonalak szerkesztésére. (13. ábra) (3.)

A TIN- és GRID-felület beolvasásán kívül még rácstérfogat-felületet és TIN-térfogatfelületet is alkalmazhatunk. Mind a négy módszer esetében két felület között számítja ki a meghatározandó térfogatot. A TIN modell hátránya, hogy nem lehet két azonos (X,Y) koordinátapárral rendelkező pont a felületen, mivel függőleges felületek között nem képes térfogatot számolni a program (pl. függőleges falakra nem alkalmazható ez a módszer). (2.)

A támpontjainkra illesztett felületmodellt szerkeszthetjük, úgy hogy törésvonalakat, határvonalakat viszünk fel a modellre. Ezen kívül vonalakat törölhetünk, pontokat vihetünk fel és módosíthatunk. Ezekből a finomításokból létrehozott felületmodell a terep idomvonalait már megfelelően közelíti.

A térfogatszámításhoz meg kell határoznunk egy alapfelületet és egy viszonyítási felületet. A két felület között kiszámolja a magasságkülönbségeket a háromszögcsúcsokban, és ebből előállított háromszög alapú hasábok egy térfogatfelületet fognak alkotni. A program a két felület között csak a közös területre számol térfogatot. Hátránya, hogy a pontok egymáshoz képesti elhelyezkedése befolyásolja a végeredményt. Mivel ha a közös területek határvonalán nincsenek a két felületen azonos vízszintes koordinátákkal rendelkező pontok, akkor a közös részterületekbe csak részben lesznek beleeső háromszögek.

### Feladat megoldás AutoCAD Civil 3D szoftverrel



Az AutoCAD Civil 3D programmal háromféle módszerrel hozok létre felületet. Első két esetben megvizsgálom, hogy mennyiben térnek el a kapott térfogatok egymástól a törésvonalak használatának függvényében. A két felület elkészítéséhez mindkét esetben szükséges a pontcsoport(ok) létrehozása a beolvasott pont-koordinátákból. Második lépésben a felület létrehozása következik, ahol négyféle felületmodellből választhatunk. (2.)

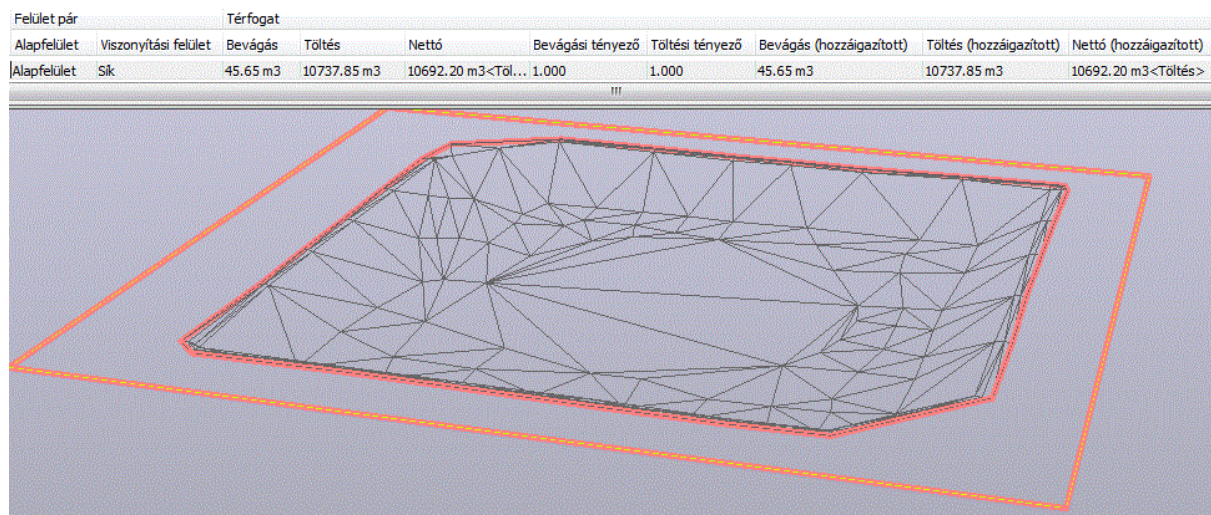
10. ábra: TIN-modellek AutoCAD Civil 3D-ben

Az 10. ábrán láthatóak a létrehozott TIN-modellek, melyeket a támpontokra illeszttem. Az első esetben kizárólag a pontcsoport alapján hoztam létre a felületet, míg a második esetben meghatároztam a terepet jellemző határoló vonalakat is. A védőudvar bal felső sarkában látható, hogy a határoló vonalak kijelölése nélkül a háromszögrácsot másként definiálja a program.

Ez megmutatkozik majd a térfogatszámításban is. A térfogatszámításhoz egy viszonyítási felületet is létre kell hozni, ami jelen esetben egy sík lesz. (11-12. ábra) Ennek a síknak a magassága 154,51 m. A két felület létrehozásával már ki lehet számolni a tartályudvar térfogatát.

A térfogatkülönbség a két módszer között mindössze 31 m<sup>3</sup>, ami nem számottevő a tartályudvar esetében, mivel a két felület közötti magasságkülönbség 4 m. A határoló vonalak pontosítják a felületet, de jelentős eltérést ebben az esetben nem mutatnak.

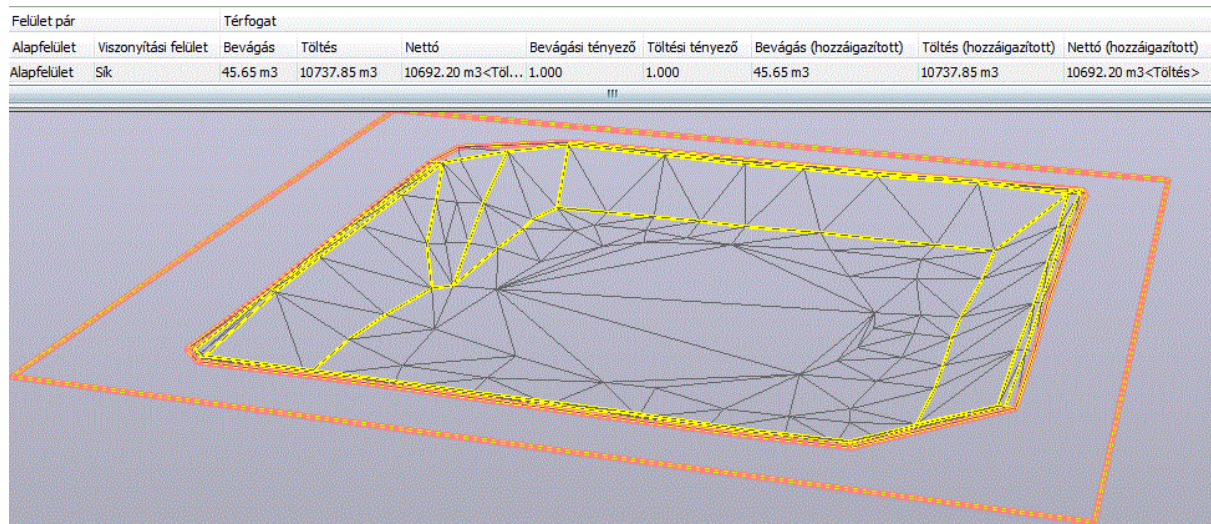
A GeoEasy-vel kiszámított DTM modellhez képest a térfogatkülönbség jelentősebben eltér az AutoCAD Civil 3D-ben kapott eredménytől (1. táblázat) annak ellenére, hogy mindkét esetben háromszögrácsot illeszttem a pontokra és pontok számában sem változtattam. A térfogatkülönbség 223 m<sup>3</sup> a számítások alapján. A meghatározott viszonyítási felület (145.51 m) feletti térfogatok között viszont csak néhány m<sup>3</sup> eltérés mutatkozik.



11. ábra: TIN-felület határoló vonalak nélkül

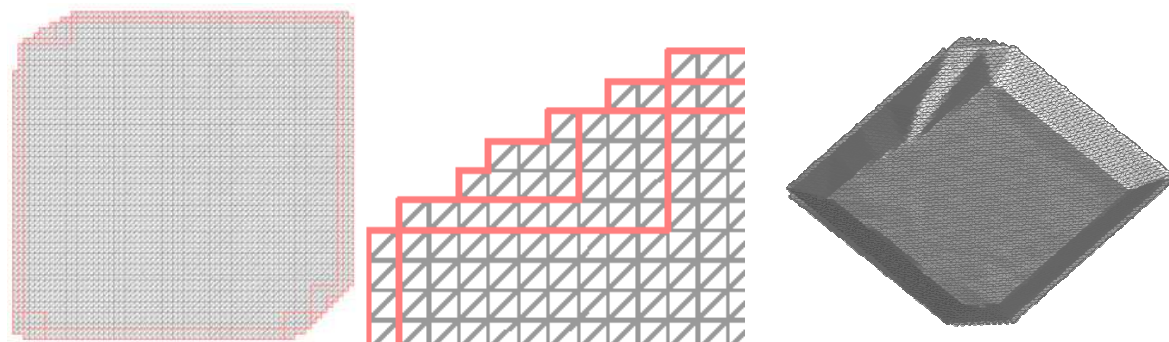
Az AutoCAD Civil 3D-ben egy harmadik módszert is alkalmazok térfogatszámításra. Ebben az esetben már meglévő fájlból dolgozok, amit DEM-felületként fogok beolvasni. Ezt a felületet ASCII Grid fájlként exportálok a GeoEasyből. A felületmodell már tartalmazni

fogja a jellemző törésvonalakat, így azok szerkesztésére nincs szükség. A DEM-fájlok esetében be kell állítani a háló lépésközét. Az 1 értékű hálótérközhez képest a 2 értékű hálótérköznel a pontok negyede szükséges az adott terület lefedéséhez, így csökkenthetjük a rendszer igénybevételét is. Az Autodesk ajánlása alapján magasabb számértéket használunk a kisebb méretű és kevésbé részletes felületek leképezéséhez. (4.)



12. ábra: TIN-felület határoló vonalakkal

A GRID modellek hátránya, hogy a rácshálók lépésközének megválasztása függvényében változik a felületmodell is. Minél nagyobb rácsháló lépésközt állítunk be a modellre annál kevésbé fogja közelíteni a felületet. A 13. ábrán látható az 1\*1 m-es, 3\*3 m-es és az 5\*5 m-es beállított lépésközökből adódó különbség. Magában a térfogatszámításban is megmutatkoznak az eltérések.



13. ábra: DEM-fájl rácsháló lépésközei és a felületmodell (1\*1 m rácsháló)

A 2. táblázat első részében megvizsgáltam, hogy mekkora eltérések adódnak a térfogatszámításban a viszonyítási síkhoz (1\*1 m-es lépes közzel előállított) képest, ha a

lépésközt megnövelem eggyel. A 1\*1 m-es rácshálóval (legjobban illeszkedő felületmodell) kialakított modelltől eltekintve a kapott eredmények jól közelítik a kiszámított térfogatokat. Az 1\*1 m-es lépésköz alapján kapott térfogatra jelen esetben nem tudok magyarázatot adni, hiszen az 1\*1-es lépésközzel létrehozott modell (13. ábra) közelíti meg legjobban a terepet, ezáltal a térfogatszámítás eredményében is ennek kellene tükröződni, és a lépésköz nagyításával romlania az eredménynek.

| Alapfelület                | Viszonyítási felület       | Bevágás [m <sup>3</sup> ] | Töltés [m <sup>3</sup> ] | Nettó [m <sup>3</sup> ] |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Háló DEM-fájlból 10049 1*1 | Háló DEM-fájlból sík       | 6                         | 22918                    | 22912                   |
| Háló DEM-fájlból 10049 2*2 | Háló DEM-fájlból sík       | 14                        | 10717                    | 10703                   |
| Háló DEM-fájlból 10049 3*3 | Háló DEM-fájlból sík       | 3                         | 10586                    | 10583                   |
| Háló DEM-fájlból 10049 4*4 | Háló DEM-fájlból sík       | 4                         | 10531                    | 10527                   |
| Háló DEM-fájlból 10049 5*5 | Háló DEM-fájlból sík       | 6                         | 10433                    | 10426                   |
|                            |                            |                           |                          |                         |
| Háló DEM-fájlból 10049 1*1 | Háló DEM-fájlból 10049 2*2 | 14                        | 10102                    | 10087                   |
| Háló DEM-fájlból 10049 1*1 | Háló DEM-fájlból 10049 3*3 | 7                         | 55                       | 48                      |
| Háló DEM-fájlból 10049 1*1 | Háló DEM-fájlból 10049 4*4 | 17                        | 142                      | 125                     |
| Háló DEM-fájlból 10049 1*1 | Háló DEM-fájlból 10049 5*5 | 22                        | 180                      | 158                     |

2. táblázat: Térfogatszámítás különbségei

A táblázat második részében azt vizsgáltam, hogy az 1\*1 m-es lépésközhöz képest mennyiben térnek el az egy-négy méterrel megnövelt rácshálóból kialakított modellek. Itt is láthatóak az első részében található anomáliák.

| Lépésköz | Felette térfogat | Alatta térfogat |
|----------|------------------|-----------------|
| 1        | 54               | 10745           |
| 2        | 57               | 10753           |
| 3        | 13               | 10769           |
| 4        | 16               | 10663           |
| 5        | 70               | 10699           |

3. táblázat: Grid alapú felület GeoEasy szoftverrel

Az AutoCAD Civil 3D-ben jelentkező hibajelenség vizsgálatára a GeoeEasy-ben is létrehozok különböző lépésközzel kialakított négyzetrács alapú felületmodellt. Elméletben a rácsháló méretének növelésével, ezáltal a felület rosszabb közelítésével (13. ábra) nagyobb eltéréseket kellene kapni a TIN-ből számított térfogathoz képest.

A 3. táblázatban látható, hogy az 1\*1 m rácsháló sűrűség mellett is közelítően jó eredményt kaptam. Ezen kívül a lépésközök növelésével a térfogat értékekre is csökkenés figyelhető meg. Következtetésképpen nem a felületmodellel és a beállított lépésközzel van a probléma.

Számomra egyelőre még ismeretlen okból fals értéket ad az AutoCAD Civil 3D számítása sűrű rácsháló beállításával.

## Surfer

A Surfer 8 verziójú térinformatikai jellegű szoftver a domborzati modellt a DTM területére eső, tetszőleges pontokban a magasságok interpolálásával hozza létre, melyhez a felmért, ismert magasságú támpontok állnak rendelkezésre. A Surfer programban is két felületet kell definiálni a térfogatszámításhoz. A két felületet megadhatjuk felületként, de síkokat is meghatározhatunk konstans magassági értékkel. A két felületnek azonos XY határokkal kell rendelkeznie és azonos nagyságúnak kell lennie.

Három módszert használ a Surfer program a térfogat meghatározására. A három számítási formula: a trapézsabály, a Simpson-módszer és a 3/8 Simpson-módszer. A különbség a három módszerben a térfogatszámítás pontossága. Ha a három eredmény nagyjából megközelíti egymást, akkor helyes térfogatértéket kaptunk. Ha ez a három eredmény különbözik, akkor újra kell definiálnunk a modellt a rácsközök sűrítésével, és újból kiszámolni a térfogatot. (5.)

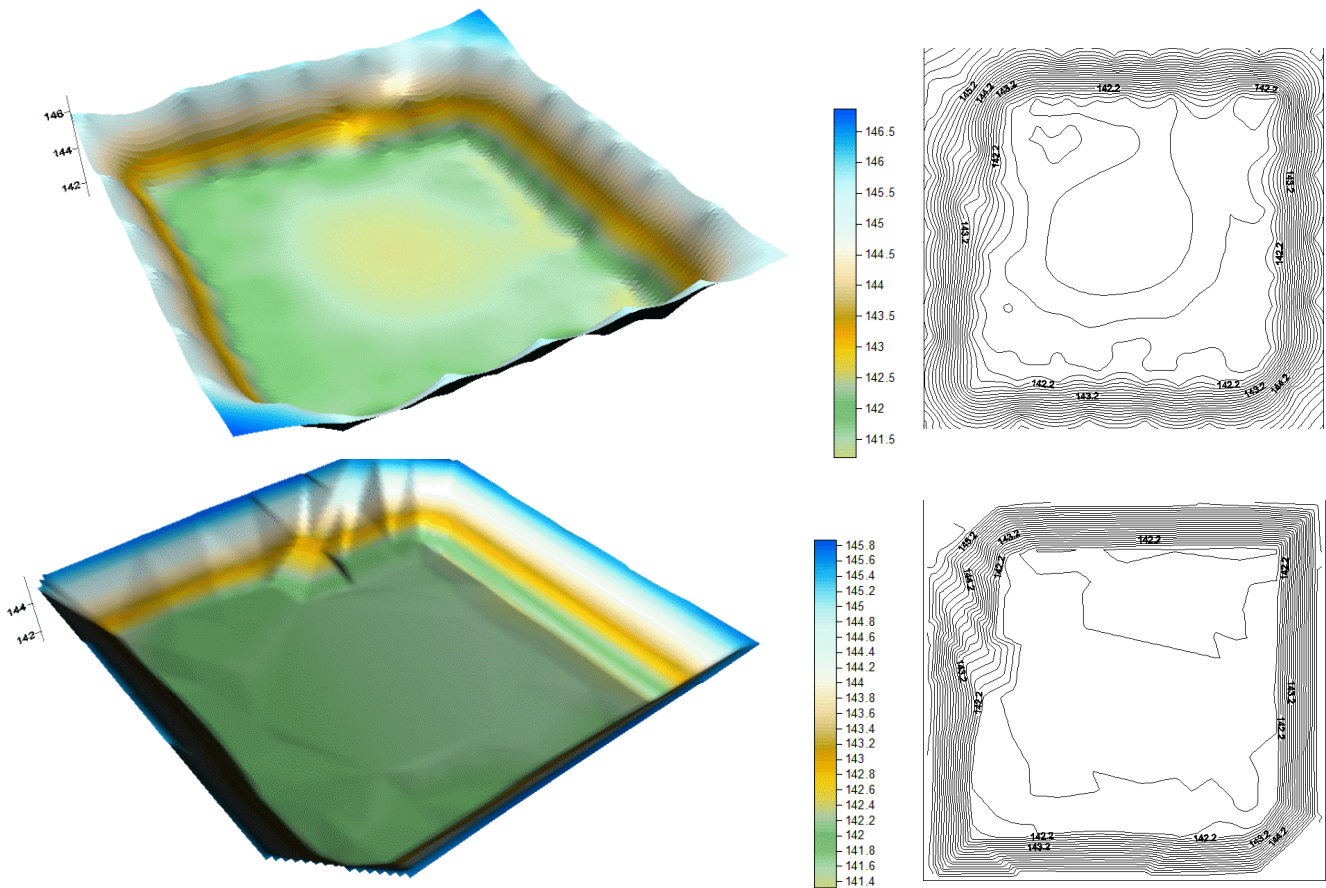
## Feladat megoldás Surfer 8 szoftverrel

Első esetben a szabályos elrendezésű rács létrehozására szolgáló „krigelés” eljárást választom, amelybe a négyzetrács sarokpontjai adják meg a terep magasságát a támpontok súlyozott átlaga alapján. A másik módszer lineáris interpolációval előállított háromszögrács. A módszer a Delaunay-háromszögelésen alapul. (14. ábra) A felületek létrehozására ezen kívül még számos eljárást alkalmazhatunk, ilyen például a IDW távolsággal fordított arányba súlyozás, a felületekkel interpolálás, a természetes szomszédok, ezek mind szabályos elrendezésű rácshálót hoznak létre.

| Alapszint | Geoeasy |                     | AutoCAD Civil 3D |                            |                     | Surfer 8         |        |
|-----------|---------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|--------|
| 145.509 m | TIN     | GRID<br>Lépésköz: 1 | TIN              | TIN<br>határoló vonalakkal | GRID<br>Lépésköz: 2 | GRID<br>Krigelés | TIN    |
| Töltés    | 10 515  | 10 745              | 10 767           | 10 738                     | 10 717              | 11 243           | 10 765 |
| Bevágás   | 47      | 54                  | 38               | 46                         | 14                  | 86               | 35     |

4. táblázat: Térfogat összesítő

Mind a DTM modelleken, mind a szintvonalas ábrán látható, hogy a TIN alapú felület jobban közelíti a valóságos terepet. A térfogatszámításban is nagy különbségek adódtak ebből adódóan. Az első módszernél a térfogat  $11\,243\text{ m}^3$ , addig a háromszögrácossal kialakított felület esetében  $10\,765\text{ m}^3$  a tartályudvar térfogata.



14. ábra: DTM és szintvonalas ábrák krigelés és háromszögrács létrehozásának módszerével

A 4. táblázatban a kapott eredményeket foglaltam össze az alkalmazott szoftverek, felületmodellek alapján. A 10049-es tartályudvar térfogatára kapott eredményekből a védőudvar átlag térfogata körülbelül  $10\,750\text{ m}^3$ . Ez megfelel az elvárt térfogatnak.

A kapott térfogatok alapján a Surfer 8 program szabályos elrendezésű DTM modelljét nem alkalmaznám térfogatszámításra. A számítások megbízhatósága  $\pm 2\%$ , így egy  $10\,000\text{ m}^3$ -es tartályudvar esetében  $\pm 200\text{ m}^3$ -es eredménybeli eltérés a különböző programok számítása között megengedhető. Emellett a különböző programokkal még szükséges lenne további modelleket, térfogatszámításokat végezni, hogy a különbségek valóban megállapíthatóak legyenek. A felületmodellek alkalmazása és a térfogatszámítás mindhárom programban egyszerűen megoldható. A Surfer program hátránya, hogy nem lehet kijelölni a

törésvonalakat, így nem a legjobban illeszkedő felületet hozza létre egy bonyolultabb terep esetén. Az AutoCAD Civil 3D programban a hálórács alkalmazása nagyobb teljesítményt vesz igénybe, ez az összetettebb felületek esetén okozhat nehézségeket, illetve meg kell találni a megfelelő lépésközt a rácshálók sűrűségének beállításánál, hogy a megfelelő térfogatot kapjuk. A költségek szempontjából a Geoeasy és a Surfer 11 program körülbelül ugyanannyiba kerül. Viszont a Geoeasy egy földmérő célú program, melyben számos más feladatot is meg lehet oldani ellentétben a Surferrel, ami hasznos lehet a mérnökgeodéziai munkák során. Az AutoCAD Civil 3D is nélkülözhetetlen program a sokrétű szerkesztési, modellezési lehetőségekkel, viszont sokkal költségesebb a két említett programnál.

#### **4.2.3. Megoldási lehetőségek térfogathiány esetében**

Különböző megoldásokat alkalmazhatnak, abban az esetben, ha a kapott térfogatok nem felelnek meg az elvárt mennyiségnek. Ilyen lehetőség például, hogy a tartálykörnyezeten tereprendezeit végezzék. Vagy a tartályudvar fenekét mélyítik vagy a rézsű tetejét emelik meg. Ebben az esetben meg lehet vizsgálni, hogy a megadott viszonyítási sík felett mekkora bevágás van, és ez alapján meghatározhatjuk, hogy elegendő a legmagasabb pontig felemelni a rézsűt. Ezt viszont nem mindig lehet alkalmazni, mert ehhez az eljáráshoz tömöríteni kell a rézsű tetejére felhordott földet, ez azonban nem garantálja a folyadék benntartását minden esetben, illetve nincs is mindig lehetőség rá. Egy harmadik megoldás lehet az, ha a védőudvar fenékről leszedett földet a rézsű tetejére hordják, így kétszer hatékonyabb a földmunkavégzés. (13. sz. melléklet) Ezen kívül olyan megoldást is szoktak alkalmazni, hogy csak addig határozzák meg a maximális folyadékszintet, amit még a védőudvar elbírna.

## 5. Összefoglalás

Dolgozatomban rövid áttekintést adtam a MOL területén ellátandó sokszínű mérnökgeodéziai feladatokról, ezek szerepéről, illetve a munkákról készülő dokumentációk egy részéről. A témám elsősorban a kőolajtermék tartályok felújítási munkáira irányult. Ezen belül bemutattam a tartálypalást mérését és feldolgozási módszereit, illetve a vele szorosan összefüggő tartálykörnyezetének bemérési munkálatait és szerepét is.

A célom elsősorban az volt, hogy új módszereket ismerjek meg, alkalmazzak a két feladat megoldására, és elősegítsem újabb technikák megoldásával a feldolgozás menetét. A dolgozat első részében regresszió számítást használtam a tartálypalást deformációjának meghatározására. A regresszió számítással bővebb információkat kaptam a korábban alkalmazott módszerhez képest. Például meghatároztam a sugárirányú eltéréseket függőleges tengelyű henger illesztéssel, az egyes metszetekben a kör középpontokra való térbeli regressziós egyenes illesztéssel megállapítottam a henger ferdeségének paramétereit, ezen kívül a korrelációs együttható számításával megadtam a paraméterek szorosságának kapcsolatát is.

A dolgozat második felében a tartályok védőudvarának térfogatszámításával foglalkoztam. A térfogatok meghatározásához először a különböző felületmodellek megismerése volt a cél, majd a térfogatszámítás elvégzése. A feladat elvégzéséhez különböző szoftvereket alkalmaztam, melyek a következők voltak; GeoEasy, AutoCAD Civil 3D, Surfer 8. Mindegyik programban a terepre illesztett különböző felületmodellek létrehozásának módszereit, és az általuk kapott térfogat eredményeket vizsgáltam. Az eredmények azt igazolták, hogy a TIN alapú modellek biztosabb eredményt adnak, mint a GRID felületmodellek.

A dolgozat jövőbeni vagy harmadik részében vizsgálnám a süllyedésmérések és a deformációk alakulásának kapcsolatát. A süllyedésmérések eredményei egyelőre még nem álltak rendelkezésemre. Viszont a regresszió számítással kapott eredményekből és a süllyedésmérésekből dőlésirányú eltéréseket lehetne vizsgálni.

## **Köszönetnyilvánítás**

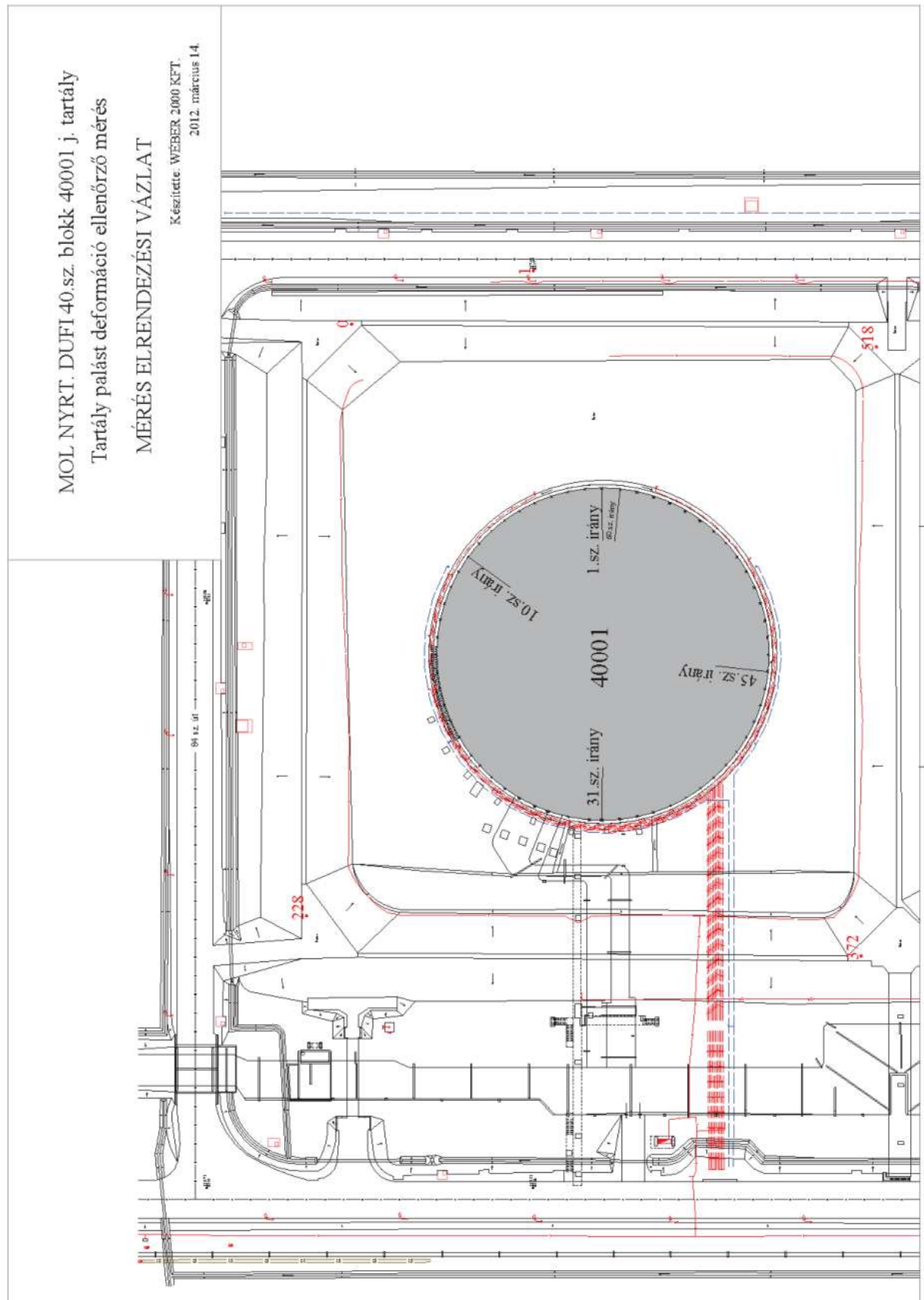
Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Siki Zoltánnak, hogy segítséget nyújtott a TDK dolgozatom megírásához, rendelkezésemre bocsájtotta a szükséges programot, melyet készített és szakmai tudásával előrébb segítette a témámat.

Köszönöm a Wéber 2000 Kft.-nek, Wéber Józsefnek és Wéberné Jánossy Katalinnak, egyben külsős konzulenseimnek, hogy megosztották velem tudásukat, tapasztalataikat a MOL területén végzett mérnökgeodézia munkáikkal kapcsolatban. Ezen kívül segítséget nyújtottak abban, hogy a számítások elvégzéséhez szabadon felhasználhattam a tartályokra végzett mérési eredményeket, és elkészített dokumentációkat.

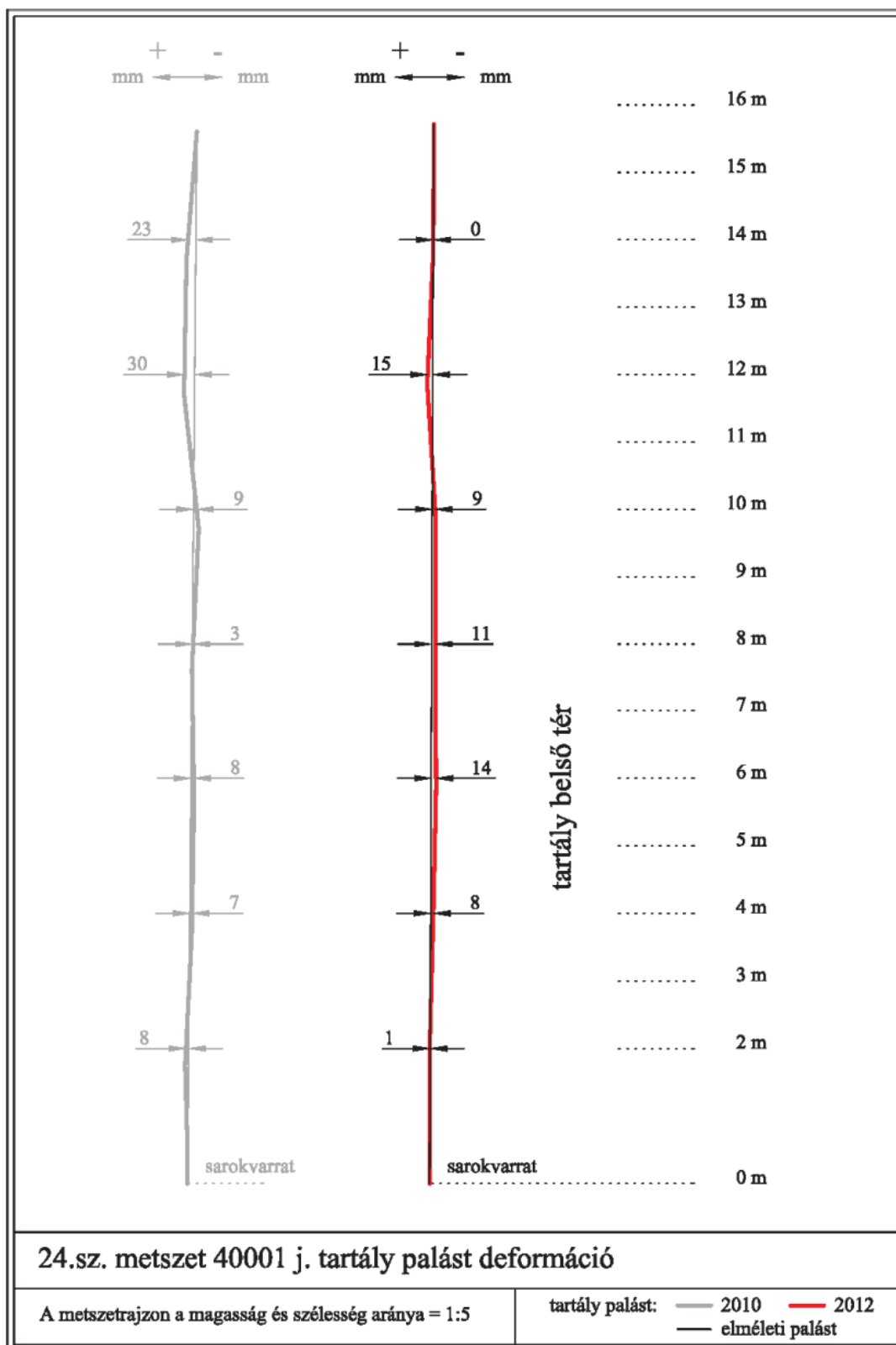
## Mellékletek jegyzéke

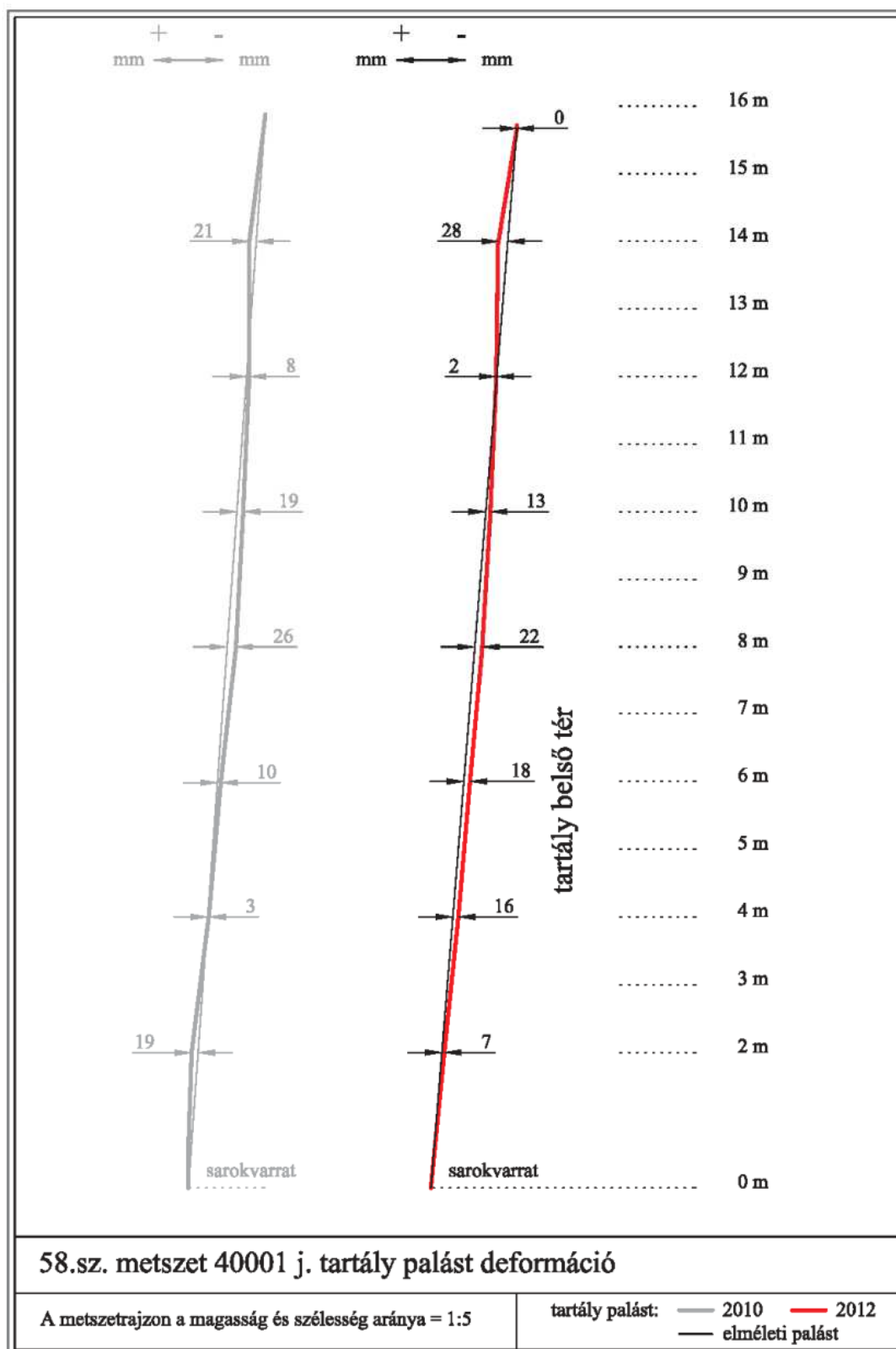
|     |                                                                                                                    |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | sz. melléklet: Méréselrendezési vázlat .....                                                                       | 29 |
| 2.  | sz. melléklet: Tartály palást deformáció két metszetben.....                                                       | 30 |
| 3.  | sz. melléklet: Függőleges metszet két metszetben .....                                                             | 32 |
| 4.  | sz. melléklet: Vízszintes körmetszet 12 m-es szinten .....                                                         | 34 |
| 5.  | sz. melléklet: Úszótető geometria .....                                                                            | 35 |
| 6.  | sz. melléklet: Regressziós kör paraméterei .....                                                                   | 36 |
| 7.  | sz. melléklet: Sugár irányú eltérések az adott metszetekben.....                                                   | 37 |
| 8.  | sz. melléklet: Sugárirányú eltérések függőleges tengelyű henger illesztés alapján .....                            | 39 |
| 9.  | sz. melléklet: Sarokvarratra állított függőleges egyenestől való eltérések.....                                    | 41 |
| 10. | sz. melléklet: Függőleges egyenestől való eltérés (Wéber 2000 Kft. korábban .....<br>alkalmazott módszerével)..... | 43 |
| 11. | sz. melléklet: Áttekintő térkép és pontmeghatározási vázlat .....                                                  | 46 |
| 12. | sz. melléklet: Mérési helyek.....                                                                                  | 47 |
| 13. | sz. melléklet: Feltöltési helyek .....                                                                             | 48 |

1. sz. melléklet: Méréselrendezési vázlat

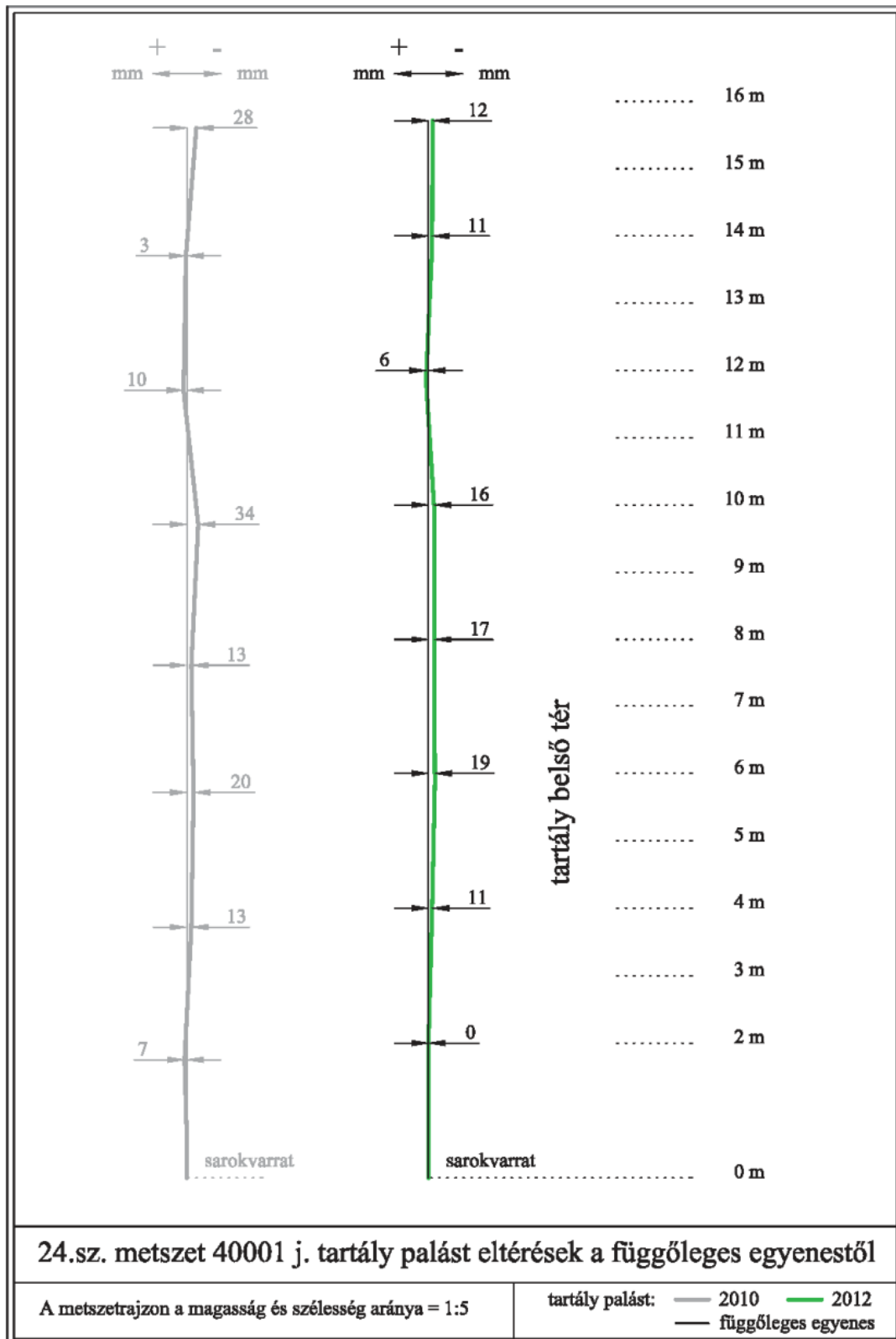


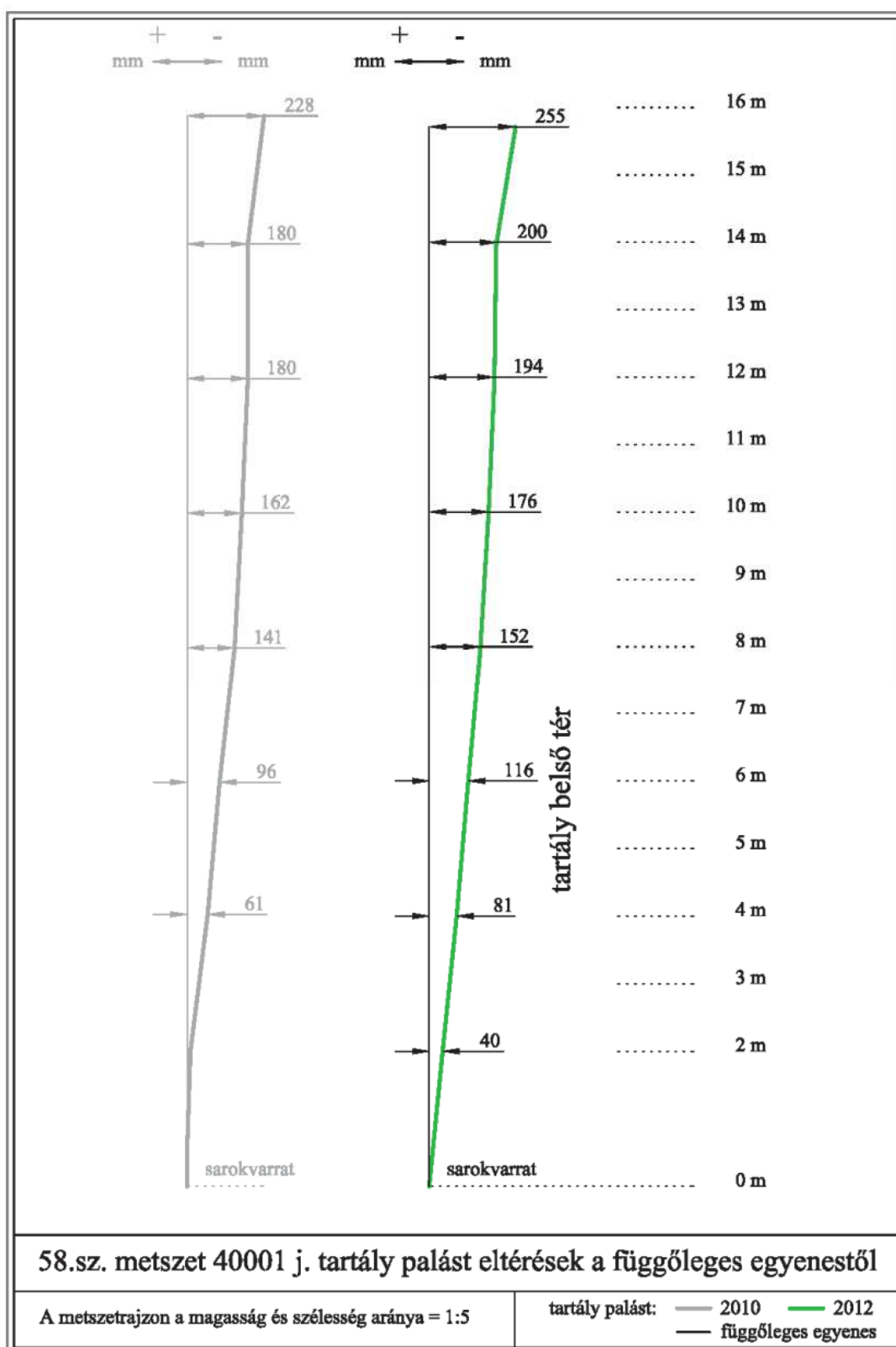
2. sz. melléklet: Tartály palást deformáció két metszetben



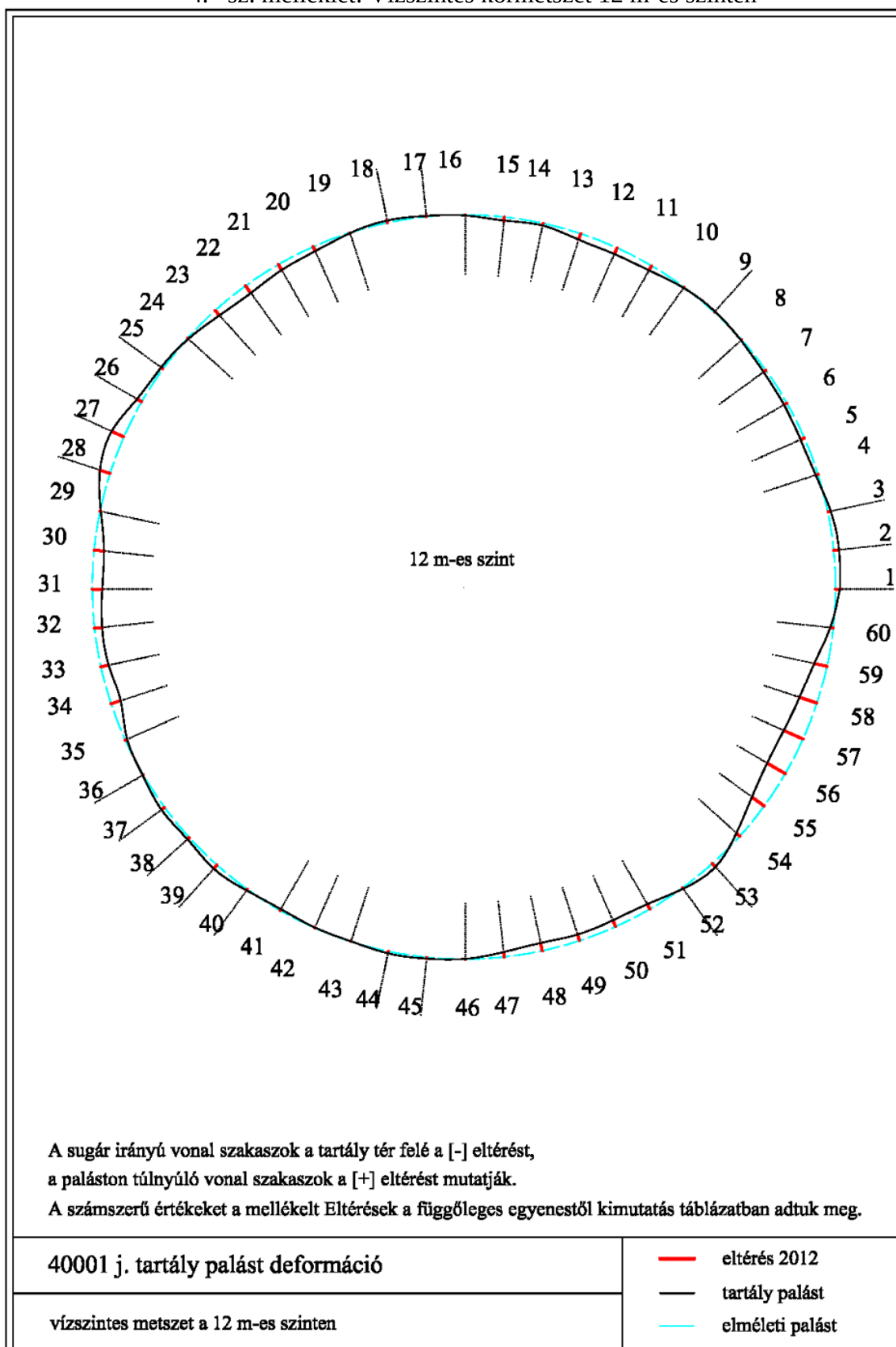


3. sz. melléklet: Függőleges metszet két metszetben





4. sz. melléklet: Vízszintes körmetszet 12 m-es szinten

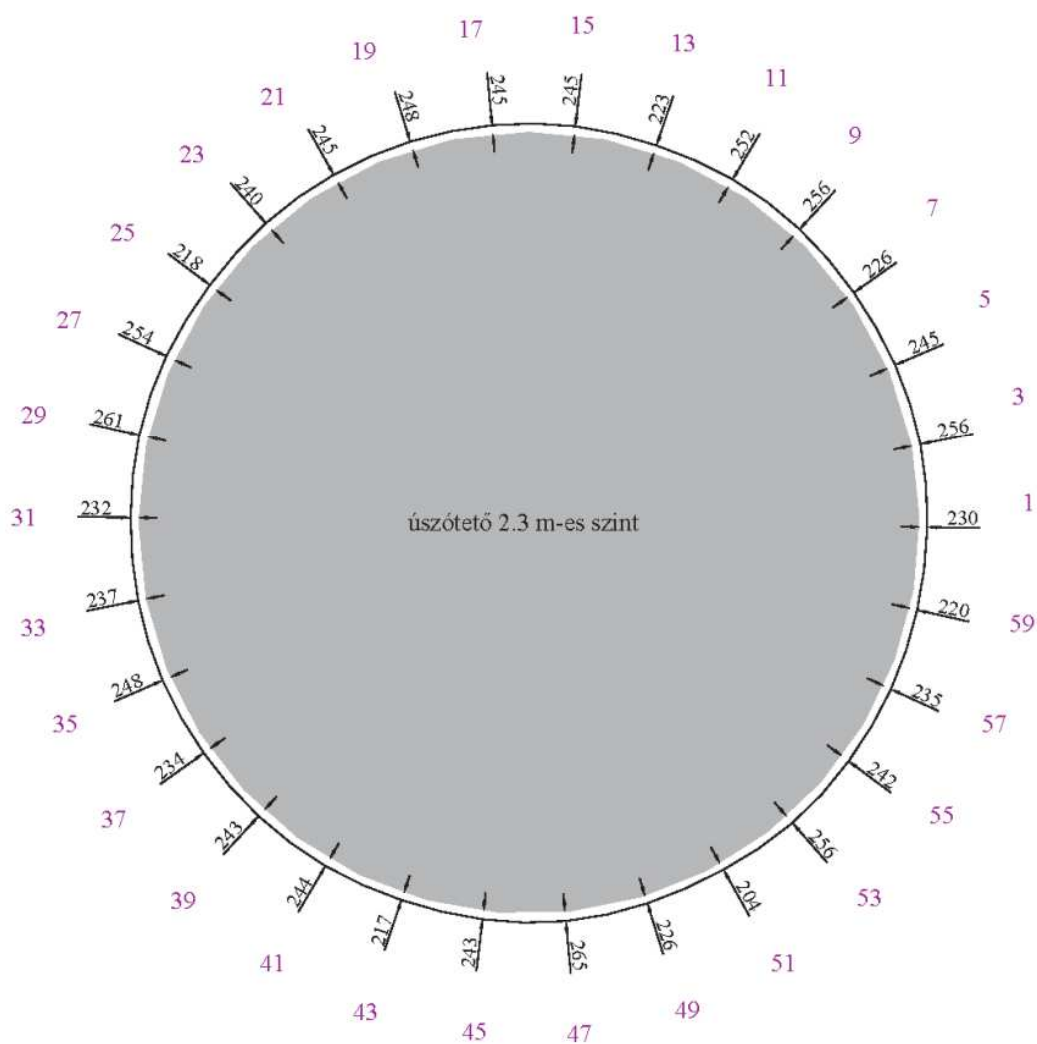


## 5. sz. melléklet: Úszótető geometria

MOL NyRt. DUFI 40.sz. blokk 40001 j. tartály úszótető geometria

Palást és úszótető helyzete, mérés belső térben alulról újonnan szerelt zárszerkezetre.

Az értékeket [mm]-ben adtam meg.



Úszótető geometria - 40001 j. tartály palást és úszótető helyzete

vízszintes metszet a 2,3 m-es szinten

— úszótető 2012  
— tartály palást

6. sz. melléklet: Regressziós kör paraméterei

A keresett paraméterek az adott vízszintes körmetszetekben

| Paraméterek   | Metszet | Sarokvarrat | 2      | 4      | 6      | 8      | 10     | 12     | 14     | 16     |
|---------------|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kör középpont | $Y_0$   | 1,806       | 1,797  | 1,800  | 1,800  | 1,796  | 1,794  | 1,791  | 1,792  | 1,790  |
|               | $X_0$   | 72,374      | 72,371 | 72,352 | 72,358 | 72,353 | 72,349 | 72,349 | 72,349 | 72,346 |
|               | R       | 28,944      | 28,977 | 28,952 | 28,956 | 28,947 | 28,950 | 28,954 | 28,955 | 28,950 |
| RMS           |         | 0,021       | 0,043  | 0,018  | 0,036  | 0,047  | 0,055  | 0,065  | 0,072  | 0,089  |

A körök középpontjának és a sugár eltérései a sarokvarrathoz képest

| Metszet    | Sarokvarrat | 2      | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    |
|------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Y_0$      | 0,000       | -0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,010 | 0,012 | 0,015 | 0,014 | 0,016 |
| $X_0$      | 0,000       | -0,003 | 0,022 | 0,016 | 0,021 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,028 |
| Távolságuk |             | 0,009  | 0,023 | 0,017 | 0,023 | 0,028 | 0,029 | 0,029 | 0,032 |
| Sugár      | 28,944      | 0,033  | 0,008 | 0,012 | 0,003 | 0,006 | 0,010 | 0,011 | 0,006 |

7. sz. melléklet: Sugár irányú eltérések az adott metszetekben

Sugárirányú eltérések adott vízszintes körmetszetben [mm]

|       | Metszet |     |    |    |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |
|-------|---------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
|       | 1       | 2   | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8  | 9   | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  |
| Szint | 1       | 2   | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8  | 9   | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 0 m   | -8      | 10  | -7 | -4 | -4  | -16 | -5  | -1 | 1   | -1 | 10  | 10  | 0   | 13  |
| 2 m   | 19      | 33  | 28 | 9  | -20 | -29 | -29 | -9 | 13  | -4 | 8   | 14  | 19  | 4   |
| 4 m   | 43      | 68  | 46 | 11 | -22 | -46 | -20 | -8 | 22  | -5 | 5   | 15  | 30  | 22  |
| 6 m   | 60      | 78  | 53 | 35 | -31 | -54 | -17 | 24 | 9   | -1 | -5  | 9   | 20  | 15  |
| 8 m   | 73      | 98  | 72 | 40 | -44 | -44 | -6  | 45 | 30  | 4  | -13 | 2   | 17  | 14  |
| 10 m  | 82      | 107 | 73 | 33 | -21 | -33 | 1   | 33 | 44  | 16 | -10 | -8  | -5  | 5   |
| 12 m  | 92      | 119 | 82 | 38 | 0   | -14 | 6   | 31 | 49  | 32 | -8  | -22 | -16 | 4   |
| 14 m  | 113     | 123 | 80 | 59 | 9   | 8   | -12 | 42 | 58  | 43 | -9  | -38 | -18 | 4   |
| 16 m  | 131     | 132 | 89 | 52 | 37  | 31  | 1   | 33 | 101 | 48 | -3  | -32 | -14 | -12 |

|       | Metszet |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |     |     |     |
|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
|       | 15      | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24 | 25 | 26  | 27  | 28  |
| Szint | 15      | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24 | 25 | 26  | 27  | 28  |
| 0 m   | 28      | 18  | -12 | -12 | -8  | -11 | 1   | 5   | 6   | 0  | 5  | -1  | -24 | -9  |
| 2 m   | -10     | -9  | -8  | -8  | -2  | 0   | -1  | -9  | -11 | 4  | 11 | 23  | 3   | 18  |
| 4 m   | -3      | 10  | -2  | -3  | -17 | -26 | -24 | -33 | -31 | -6 | 19 | 34  | 16  | 39  |
| 6 m   | 4       | -12 | 7   | -3  | -7  | -12 | -29 | -46 | -30 | -3 | 22 | 43  | 52  | 54  |
| 8 m   | -4      | -18 | 3   | 7   | -3  | -24 | -59 | -58 | -38 | 0  | 32 | 61  | 106 | 62  |
| 10 m  | 1       | -16 | 17  | 18  | 3   | -36 | -51 | -62 | -35 | -7 | 34 | 59  | 119 | 81  |
| 12 m  | 3       | -9  | 23  | 16  | -3  | -33 | -68 | -76 | -62 | 12 | 36 | 67  | 143 | 102 |
| 14 m  | 17      | 0   | 27  | 13  | -13 | -36 | -54 | -61 | -79 | -6 | 40 | 68  | 141 | 71  |
| 16 m  | 15      | 10  | 34  | -8  | -34 | -66 | -92 | -96 | -94 | -5 | 61 | 137 | 177 | 123 |

|       | Metszet |     |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |
|-------|---------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
|       | 29      | 30  | 31   | 32   | 33   | 34  | 35  | 36  | 37 | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  |
| Szint | 29      | 30  | 31   | 32   | 33   | 34  | 35  | 36  | 37 | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  |
| 0 m   | 0       | 15  | 5    | 0    | 47   | -16 | -17 | -29 | -4 | -6 | -9 | -1  | 0   | 7   |
| 2 m   | 46      | 19  | -10  | -33  | -38  | -22 | -4  | -24 | 28 | 26 | 19 | -15 | -18 | 11  |
| 4 m   | 54      | 22  | -34  | -54  | -54  | -32 | -9  | -22 | 28 | 29 | 39 | 33  | -5  | -10 |
| 6 m   | 29      | 9   | -35  | -80  | -63  | -45 | -29 | 3   | 41 | 31 | 28 | 14  | -2  | 14  |
| 8 m   | 17      | -22 | -51  | -88  | -70  | -52 | -24 | 6   | 37 | 39 | 26 | 21  | 10  | 11  |
| 10 m  | 27      | -39 | -67  | -111 | -89  | -62 | -28 | 9   | 37 | 46 | 54 | 22  | 1   | 6   |
| 12 m  | 17      | -53 | -78  | -113 | -102 | -80 | -25 | 6   | 42 | 50 | 58 | 26  | 1   | 21  |
| 14 m  | 7       | -46 | -100 | -114 | -108 | -65 | -35 | -6  | 34 | 80 | 78 | 49  | 11  | 31  |
| 16 m  | 24      | -61 | -142 | -155 | -132 | -64 | -42 | 10  | 35 | 74 | 95 | 60  | 0   | 20  |

Sugárirányú eltérések adott vízszintes körmetszetben [mm]

| Metszet |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     |     |      |      |
|---------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|------|------|
| Szint   | 43 | 44 | 45 | 46 | 47  | 48  | 49  | 50  | 51 | 52 | 53  | 54  | 55   | 56   |
| 0 m     | 5  | 0  | -5 | -4 | -17 | 128 | -17 | -12 | -6 | -6 | -15 | -2  | -3   | -4   |
| 2 m     | -6 | 13 | 14 | 18 | 11  | -9  | -1  | -10 | 15 | 0  | -4  | -6  | -11  | -30  |
| 4 m     | -1 | 20 | 18 | 15 | 7   | -3  | -18 | 4   | -6 | 0  | -9  | 8   | -11  | -56  |
| 6 m     | 8  | 36 | 39 | 29 | -7  | -27 | -35 | -3  | 7  | 18 | 7   | 3   | -8   | -70  |
| 8 m     | 22 | 46 | 51 | 28 | -5  | -17 | -43 | -40 | 11 | 66 | 53  | 18  | -31  | -95  |
| 10 m    | 36 | 41 | 48 | 36 | 2   | -18 | -50 | -21 | 3  | 65 | 73  | 18  | -62  | -135 |
| 12 m    | 44 | 51 | 52 | 50 | 0   | -46 | -29 | -13 | 13 | 71 | 84  | 20  | -102 | -176 |
| 14 m    | 45 | 65 | 59 | 42 | 5   | -29 | -39 | -47 | 26 | 80 | 87  | 4   | -126 | -202 |
| 16 m    | 67 | 56 | 65 | 47 | -11 | -24 | -15 | -12 | 32 | 90 | 110 | -11 | -165 | -227 |

| Metszet |      |      |     |    |
|---------|------|------|-----|----|
| Szint   | 57   | 58   | 59  | 60 |
| 0 m     | -11  | -6   | -2  | -1 |
| 2 m     | -5   | -23  | -1  | 16 |
| 4 m     | -57  | -45  | -16 | 31 |
| 6 m     | -97  | -67  | -23 | 37 |
| 8 m     | -127 | -88  | -47 | 21 |
| 10 m    | -148 | -111 | -52 | 28 |
| 12 m    | -166 | -132 | -59 | 25 |
| 14 m    | -190 | -138 | -78 | 33 |
| 16 m    | -239 | -187 | -84 | 31 |

Az eltérések az egyes metszetek sugárirányú eltérései.

|                           |                                                                                   |                                 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| [-] sugár irányban befelé |  | $\Delta r \leq -100 \text{ mm}$ |
| [+] sugár irányban kifelé |  | $\Delta r \geq 100 \text{ mm}$  |

Maximum eltérés sugárirányban befelé -239  
Maximum eltérés sugárirányban kifelé 177

8. sz. melléklet: Sugárirányú eltérések függőleges tengelyű henger illesztés alapján

Függőleges tengelyű henger sugárirányú eltérései [mm]

|       | Metszet |     |    |    |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     |
|-------|---------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Szint | 1       | 2   | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 0 m   | 42      | 60  | 41 | 44 | 41  | 28  | 37  | 38 | 39 | 35  | 43  | 41  | 30  | 41  |
| 2 m   | 50      | 63  | 58 | 39 | 9   | -1  | -1  | 18 | 38 | 19  | 31  | 35  | 38  | 22  |
| 4 m   | 52      | 77  | 55 | 18 | -15 | -39 | -13 | -2 | 27 | -1  | 9   | 18  | 33  | 25  |
| 6 m   | 56      | 74  | 48 | 30 | -36 | -60 | -23 | 18 | 2  | -8  | -13 | 1   | 12  | 7   |
| 8 m   | 56      | 81  | 55 | 23 | -61 | -29 | -22 | 29 | 13 | -11 | -28 | -13 | 2   | 0   |
| 10 m  | 63      | 88  | 55 | 15 | -39 | -50 | -15 | 18 | 29 | 1   | -24 | -21 | -17 | -6  |
| 12 m  | 77      | 105 | 68 | 25 | -12 | -25 | -4  | 22 | 41 | 25  | -14 | -28 | -21 | 0   |
| 14 m  | 99      | 109 | 67 | 47 | -3  | -2  | -21 | 33 | 50 | 35  | -15 | -44 | -22 | 0   |
| 16 m  | 111     | 111 | 69 | 33 | 19  | 13  | -15 | 19 | 88 | 36  | -14 | -41 | -22 | -19 |

|       | Metszet |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |
|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| Szint | 15      | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25 | 26  | 27  | 28  |
| 0 m   | 54      | 42  | 10  | 8   | 11  | 6   | 16  | 20  | 21  | 0   | 18 | 12  | -10 | 5   |
| 2 m   | 7       | 6   | 6   | 3   | 9   | 9   | 6   | -3  | -5  | 7   | 15 | 25  | 5   | 19  |
| 4 m   | 0       | 13  | 1   | -1  | -15 | -24 | -22 | -31 | -29 | -4  | 21 | 36  | 19  | 42  |
| 6 m   | -5      | -21 | -2  | -12 | -16 | -21 | -38 | -55 | -39 | -12 | 13 | 35  | 44  | 47  |
| 8 m   | -18     | -31 | -10 | -5  | -15 | -35 | -70 | -69 | -48 | -10 | 22 | 51  | 97  | 53  |
| 10 m  | -9      | -26 | 8   | 10  | -5  | -43 | -57 | -68 | -41 | -11 | 29 | 55  | 115 | 78  |
| 12 m  | 0       | -10 | 21  | 16  | -3  | -33 | -67 | -75 | -60 | 14  | 38 | 69  | 145 | 105 |
| 14 m  | 13      | 0   | 25  | 12  | -13 | -36 | -53 | -60 | -77 | -4  | 42 | 70  | 143 | 73  |
| 16 m  | 9       | 5   | 30  | -11 | -37 | -67 | -93 | -96 | -94 | -5  | 62 | 138 | 178 | 124 |

|       | Metszet |     |      |      |      |     |     |     |    |    |    |    |     |    |  |
|-------|---------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|--|
| Szint | 29      | 30  | 31   | 32   | 33   | 34  | 35  | 36  | 37 | 38 | 39 | 40 | 41  | 42 |  |
| 0 m   | 0       | 30  | 20   | 0    | 65   | 4   | 3   | -7  | 19 | 20 | 19 | 29 | 32  | 41 |  |
| 2 m   | 47      | 21  | -9   | -32  | -36  | -19 | -1  | -20 | 32 | 31 | 26 | -7 | -9  | 21 |  |
| 4 m   | 58      | 27  | -29  | -49  | -48  | -26 | -3  | -16 | 35 | 37 | 47 | 41 | 4   | -1 |  |
| 6 m   | 21      | 2   | -41  | -87  | -68  | -51 | -35 | -1  | 37 | 27 | 24 | 10 | -5  | 12 |  |
| 8 m   | 8       | -31 | -60  | -98  | -80  | -62 | -34 | -4  | 27 | 28 | 15 | 9  | -2  | -2 |  |
| 10 m  | 23      | -43 | -70  | -116 | -93  | -67 | -33 | 3   | 31 | 39 | 46 | 14 | -7  | -4 |  |
| 12 m  | 20      | -51 | -78  | -112 | -102 | -81 | -27 | 3   | 39 | 46 | 52 | 20 | -6  | 13 |  |
| 14 m  | 8       | -44 | -99  | -113 | -107 | -65 | -36 | -7  | 31 | 76 | 74 | 44 | 5   | 24 |  |
| 16 m  | 24      | -61 | -143 | -156 | -135 | -67 | -46 | 4   | 29 | 67 | 87 | 51 | -11 | 8  |  |

Függőleges tengelyű henger sugárirányú eltérései [mm]

| Szint | Metszet |    |    |    |     |     |     |     |     |    |    |     |      |      |  |  |
|-------|---------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|------|------|--|--|
|       | 43      | 44 | 45 | 46 | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52 | 53 | 54  | 55   | 56   |  |  |
| 0 m   | 42      | 0  | 36 | 38 | 27  | 175 | 30  | 37  | 44  | 45 | 37 | 51  | 50   | 49   |  |  |
| 2 m   | 6       | 27 | 30 | 34 | 28  | 10  | 20  | 13  | 39  | 25 | 21 | 22  | 17   | -2   |  |  |
| 4 m   | 8       | 31 | 29 | 25 | 18  | 9   | -6  | 16  | 5   | 11 | 1  | 19  | 0    | -45  |  |  |
| 6 m   | 5       | 34 | 37 | 27 | -9  | -29 | -37 | -5  | 6   | 16 | 5  | 2   | -9   | -72  |  |  |
| 8 m   | 9       | 33 | 38 | 13 | -20 | -32 | -59 | -56 | -5  | 49 | 37 | 2   | -48  | -112 |  |  |
| 10 m  | 25      | 29 | 36 | 23 | -11 | -32 | -65 | -37 | -13 | 48 | 56 | 0   | -81  | -154 |  |  |
| 12 m  | 35      | 41 | 41 | 38 | -13 | -59 | -42 | -27 | -2  | 56 | 69 | 4   | -118 | -192 |  |  |
| 14 m  | 37      | 56 | 50 | 32 | -5  | -41 | -52 | -60 | 12  | 66 | 73 | -10 | -141 | -217 |  |  |
| 16 m  | 54      | 42 | 49 | 31 | -28 | -42 | -34 | -32 | 11  | 69 | 89 | -33 | -186 | -249 |  |  |

| Szint | Metszet |      |      |    |
|-------|---------|------|------|----|
|       | 57      | 58   | 59   | 60 |
| 0 m   | 42      | 46   | 50   | 51 |
| 2 m   | 24      | 7    | 29   | 46 |
| 4 m   | -48     | -35  | -7   | 40 |
| 6 m   | -100    | -69  | -26  | 34 |
| 8 m   | -144    | -105 | -64  | 4  |
| 10 m  | -167    | -130 | -71  | 9  |
| 12 m  | -182    | -147 | -75  | 11 |
| 14 m  | -205    | -153 | -92  | 19 |
| 16 m  | -261    | -209 | -105 | 10 |

Az eltérések a függőleges tengelyű henger sugárirányú eltérései az R=29,961 m képest.

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | $\Delta r \leq 100 \text{ mm}$ |
|  | $\Delta r \geq 100 \text{ mm}$ |



[-] sugár irányban befelé  
[+] sugár irányban kifelé

A kör középpont koordinátái:

Y<sub>0</sub>= 1,796 m  
X<sub>0</sub>= 72,356 m

Négyzetes hibaátlag: RMS=0,056

9. sz. melléklet: Sarokvarratra állított függőleges egyenestől való eltérések

Sarokvarratra állított függőleges egyenestől való eltérések [mm]

| Szint | Metszet |    |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|---------|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | 1       | 2  | 3  | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 0 m   |         |    |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2 m   | 8       | 3  | 17 | -5  | -32  | -29 | -38 | -20 | -1  | -16 | -12 | -6  | 8   | -19 |
| 4 m   | 10      | 17 | 14 | -26 | -56  | -67 | -50 | -40 | -12 | -36 | -34 | -23 | 3   | -16 |
| 6 m   | 14      | 14 | 7  | -14 | -77  | -88 | -60 | -20 | -37 | -43 | -56 | -40 | -18 | -34 |
| 8 m   | 14      | 21 | 14 | -21 | -102 | -89 | -59 | -9  | -26 | -46 | -71 | -54 | -28 | -41 |
| 10 m  | 21      | 28 | 14 | -29 | -80  | -78 | -52 | -20 | -10 | -34 | -67 | -62 | -47 | -47 |
| 12 m  | 35      | 45 | 27 | -19 | -53  | -53 | -41 | -16 | 2   | -10 | -57 | -69 | -51 | -41 |
| 14 m  | 57      | 49 | 26 | 3   | -44  | -30 | -58 | -5  | 11  | 0   | -58 | -85 | -52 | -41 |
| 16 m  | 69      | 51 | 28 | -11 | -22  | -15 | -52 | -19 | 49  | 1   | -57 | -82 | -52 | -60 |

| Szint | Metszet |     |     |     |     |     |      |      |      |     |    |     |     |     |
|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|----|-----|-----|-----|
|       | 15      | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21   | 22   | 23   | 24  | 25 | 26  | 27  | 28  |
| 2 m   | -47     | -36 | -4  | -5  | -2  | 3   | -10  | -23  | -26  | 7   | -3 | 13  | 15  | 14  |
| 4 m   | -54     | -29 | -9  | -9  | -26 | -30 | -38  | -51  | -50  | -4  | 3  | 24  | 29  | 37  |
| 6 m   | -59     | -63 | -12 | -20 | -27 | -27 | -54  | -75  | -60  | -12 | -5 | 23  | 54  | 42  |
| 8 m   | -72     | -73 | -20 | -13 | -26 | -41 | -86  | -89  | -69  | -10 | 4  | 39  | 107 | 48  |
| 10 m  | -63     | -68 | -2  | 2   | -16 | -49 | -73  | -88  | -62  | -11 | 11 | 43  | 125 | 73  |
| 12 m  | -54     | -52 | 11  | 8   | -14 | -39 | -83  | -95  | -81  | 14  | 20 | 57  | 155 | 100 |
| 14 m  | -41     | -42 | 15  | 4   | -24 | -42 | -69  | -80  | -98  | -4  | 24 | 58  | 153 | 68  |
| 16 m  | -45     | -37 | 20  | -19 | -48 | -73 | -109 | -116 | -115 | -5  | 44 | 126 | 188 | 119 |

| Szint | Metszet |     |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |
|-------|---------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
|       | 29      | 30  | 31   | 32   | 33   | 34  | 35  | 36  | 37 | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  |
| 2 m   | 47      | -9  | -29  | -32  | -101 | -23 | -4  | -13 | 13 | 11 | 7  | -36 | -41 | -20 |
| 4 m   | 58      | -3  | -49  | -49  | -113 | -30 | -6  | -9  | 16 | 17 | 28 | 12  | -28 | -42 |
| 6 m   | 21      | -28 | -61  | -87  | -133 | -55 | -38 | 6   | 18 | 7  | 5  | -19 | -37 | -29 |
| 8 m   | 8       | -61 | -80  | -98  | -145 | -66 | -37 | 3   | 8  | 8  | -4 | -20 | -34 | -43 |
| 10 m  | 23      | -73 | -90  | -116 | -158 | -71 | -36 | 10  | 12 | 19 | 27 | -15 | -39 | -45 |
| 12 m  | 20      | -81 | -98  | -112 | -167 | -85 | -30 | 10  | 20 | 26 | 33 | -9  | -38 | -28 |
| 14 m  | 8       | -74 | -119 | -113 | -172 | -69 | -39 | 0   | 12 | 56 | 55 | 15  | -27 | -17 |
| 16 m  | 24      | -91 | -163 | -156 | -200 | -71 | -49 | 11  | 10 | 47 | 68 | 22  | -43 | -33 |

Sarokvarratra állított függőleges egyenestől való eltérések [mm]

|       |         |    |    |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |   |   |   |
|-------|---------|----|----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|---|---|---|
|       | 0       | 0  | 0  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0 | 0 | 0 |
|       | Metszet |    |    |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |   |   |   |
| Szint | 43      | 44 | 45 | 46  | 47  | 48   | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55   | 56   |   |   |   |
|       |         |    |    |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |      |   |   |   |
| 2 m   | -36     | 27 | -6 | -4  | 1   | -165 | -10 | -24 | -5  | -20 | -16 | -29 | -33  | -51  |   |   |   |
| 4 m   | -34     | 31 | -7 | -13 | -9  | -166 | -36 | -21 | -39 | -34 | -36 | -32 | -50  | -94  |   |   |   |
| 6 m   | -37     | 34 | 1  | -11 | -36 | -204 | -67 | -42 | -38 | -29 | -32 | -49 | -59  | -121 |   |   |   |
| 8 m   | -33     | 33 | 2  | -25 | -47 | -207 | -89 | -93 | -49 | 4   | 0   | -49 | -98  | -161 |   |   |   |
| 10 m  | -17     | 29 | 0  | -15 | -38 | -207 | -95 | -74 | -57 | 3   | 19  | -51 | -131 | -203 |   |   |   |
| 12 m  | -7      | 41 | 5  | 0   | -40 | -234 | -72 | -64 | -46 | 11  | 32  | -47 | -168 | -241 |   |   |   |
| 14 m  | -5      | 56 | 14 | -6  | -32 | -216 | -82 | -97 | -32 | 21  | 36  | -61 | -191 | -266 |   |   |   |
| 16 m  | 12      | 42 | 13 | -7  | -55 | -217 | -64 | -69 | -33 | 24  | 52  | -84 | -236 | -298 |   |   |   |

|       | Metszet |      |      |
|-------|---------|------|------|
| Szint | 57      | 58   | 59   |
| 2 m   | -18     | -39  | -21  |
| 4 m   | -90     | -81  | -57  |
| 6 m   | -142    | -115 | -76  |
| 8 m   | -186    | -151 | -114 |
| 10 m  | -209    | -176 | -121 |
| 12 m  | -224    | -193 | -125 |
| 14 m  | -247    | -199 | -142 |
| 16 m  | -303    | -255 | -155 |

Az eltérések a függőleges tengelyű henger sugárirányú eltérései az R=29,961 m képest.

[-] sugár irányban befelé  
[+] sugár irányban kifelé



|                                |
|--------------------------------|
| $\Delta r \leq 100 \text{ mm}$ |
| $\Delta r \geq 100 \text{ mm}$ |

A kör középpont koordinátái:

Y<sub>o</sub>= 1,796 m  
X<sub>o</sub>= 72,356 m

Négyzetes hibaaátlag:

RMS=0,056

10. sz. melléklet: Függőleges egyenestől való eltérés  
(Wéber 2000 Kft. korábban alkalmazott módszerével)

MOL NyRt. DUF1 40.sz. blokk

4000tj. tartály palást deformáció

Eltérések a függőleges egyenestől kimutatás [mm]

| szint  | metszet |    |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|--------|---------|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 15,5 m | 69      | 52 | 28 | -10 | -22  | -15 | -51 | -20 | 48  | 1   | -58 | -82 | -52 | -60 | -44 | -37 | 20  | -18 | -47 | -74 | -109 | -116 | -114 |
| 14 m   | 58      | 50 | 26 | 3   | -43  | -30 | -58 | -6  | 12  | 0   | -59 | -85 | -52 | -41 | -40 | -42 | 15  | 4   | -25 | -44 | -72  | -81  | -100 |
| 12 m   | 35      | 46 | 27 | -19 | -53  | -53 | -41 | -14 | 2   | -10 | -58 | -68 | -50 | -40 | -53 | -52 | 11  | 8   | -14 | -39 | -83  | -94  | -82  |
| 10 m   | 21      | 29 | 14 | -29 | -80  | -78 | -52 | -21 | -10 | -33 | -67 | -61 | -47 | -46 | -62 | -68 | 0   | 3   | -16 | -49 | -74  | -87  | -63  |
| 8 m    | 14      | 21 | 10 | -21 | -102 | -89 | -59 | -10 | -26 | -46 | -71 | -54 | -28 | -40 | -71 | -73 | -20 | -12 | -25 | -41 | -87  | -88  | -68  |
| 6 m    | 14      | 14 | 7  | -14 | -78  | -88 | -60 | -21 | -37 | -43 | -56 | -40 | -18 | -34 | -58 | -64 | -12 | -19 | -27 | -27 | -56  | -75  | -60  |
| 4 m    | 10      | 17 | 13 | -26 | -56  | -68 | -50 | -40 | -22 | -36 | -34 | -23 | 4   | -16 | -54 | -31 | -9  | -10 | -25 | -31 | -38  | -51  | -50  |
| 2 m    | 8       | 3  | 17 | -5  | -33  | -29 | -38 | -21 | -2  | -16 | -12 | -6  | 9   | -18 | -46 | -36 | -4  | -4  | -2  | 3   | -10  | -22  | -26  |
|        | 1       | 2  | 3  | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21   | 22   | 23   |

MOL NyRt. DUFI 40.sz. blokk

Eltérések a függőleges egyenestől kimutatás [mm]

40001j. tartály palást deformáció

Eltérések mm-ben a sarokvarratra állított elméleti függőleges egyeneshez képest  
[-] sugár irányban befelé  
[+] sugár irányban kifelé

Készítette: WÉBER 2000 KFT.  
2012.03.14.

| szint  | metszet |    |     |     |     |     |     |      |      |      |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |    |    |     |
|--------|---------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 15,5 m | -12     | 44 | 130 | 191 | 119 | -23 | -90 | -164 | -135 | -128 | -71 | -49 | 11  | 9  | 47 | 68 | 22  | -43 | -34 | 13  | 16 | 13 | -7  |
| 14 m   | -11     | 25 | 60  | 155 | 70  | -38 | -79 | -125 | -93  | -101 | -69 | -41 | 0   | 12 | 56 | 55 | 15  | -45 | -17 | -4  | 30 | 14 | -5  |
| 12 m   | 6       | 20 | 57  | 156 | 99  | -28 | -79 | -100 | -91  | -95  | -85 | -31 | 10  | 20 | 27 | 34 | -8  | -38 | -28 | -7  | 14 | 5  | 0   |
| 10 m   | -16     | 11 | 43  | 128 | 73  | -24 | -75 | -91  | -95  | -86  | -71 | -35 | 10  | 11 | 19 | 27 | -15 | -39 | -46 | -16 | 3  | 0  | -15 |
| 8 m    | -17     | 4  | 39  | 109 | 50  | -39 | -64 | -81  | -77  | -73  | -66 | -37 | 3   | 7  | 8  | -3 | -19 | -34 | -43 | -32 | 6  | 2  | -25 |
| 6 m    | -19     | -5 | 24  | 55  | 42  | -25 | -35 | -62  | -66  | -62  | -55 | -38 | 6   | 18 | 7  | 5  | -19 | -37 | -30 | -37 | 7  | 1  | -11 |
| 4 m    | -11     | 3  | 24  | 30  | 38  | 10  | -8  | -46  | -28  | -42  | -30 | -11 | -9  | 16 | 17 | 28 | 13  | -28 | -42 | -34 | 4  | -7 | -12 |
| 2 m    | 0       | -3 | 13  | 15  | 13  | 0   | -8  | -31  | -12  | -30  | -23 | -5  | -13 | 13 | 11 | 7  | -35 | -41 | -20 | -36 | 0  | -6 | -4  |
|        | 24      | 25 | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31   | 32   | 33   | 34  | 35  | 36  | 37 | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  | 43  | 44 | 45 | 46  |

Eltérések mm-ben a sarokvarratra állított elméleti függőleges egyeneshez képest

[-] sugár irányban befelé

[+] sugár irányban kifelé

Készítette: WÉBER 2000 KFT.  
2012.03.14.

| szint  | metszet |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |
|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| 15,5 m | -55     | -72 | -64 | -68 | -32 | 23  | 52  | -84 | -236 | -297 | -303 | -255 | -155 | -42 |
| 14 m   | -33     | -71 | -77 | -96 | -31 | 20  | 37  | -61 | -191 | -266 | -248 | -200 | -142 | -33 |
| 12 m   | -40     | -88 | -75 | -64 | -45 | 11  | 32  | -47 | -167 | -241 | -224 | -194 | -125 | -40 |
| 10 m   | -39     | -63 | -90 | -73 | -56 | 3   | 19  | -51 | -131 | -203 | -209 | -176 | -121 | -42 |
| 8 m    | -47     | -62 | -90 | -93 | -49 | 4   | 0   | -49 | -98  | -161 | -187 | -152 | -115 | -47 |
| 6 m    | -36     | -59 | -72 | -42 | -39 | -29 | -31 | -49 | -60  | -121 | -142 | -116 | -76  | -18 |
| 4 m    | -9      | -22 | -43 | -21 | -39 | -34 | -35 | -32 | -49  | -94  | -89  | -81  | -57  | -11 |
| 2 m    | 1       | -20 | -15 | -23 | -6  | -20 | -15 | -29 | -35  | -51  | -18  | -40  | -12  | -5  |
|        | 47      | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60  |

Eltérések mm-ben a sarokvarratra állított elméleti függőleges egyeneshez képest

[-] sugár irányban befelé

[+] sugár irányban kifelé

Készítette: WÉBER 2000 KFT.

2012.03.14.

11. sz. melléklet: Áttekintő térkép és pontmeghatározási vázlat



**WÉBER 2000**

Földmérési, Ingatlanügyi és Térinformatikai Mérnöki Kft.

Telephely: 1163 BUDAPEST, Vámosgyörk u. 7. Telefon/fax: (06-1) 403-1897

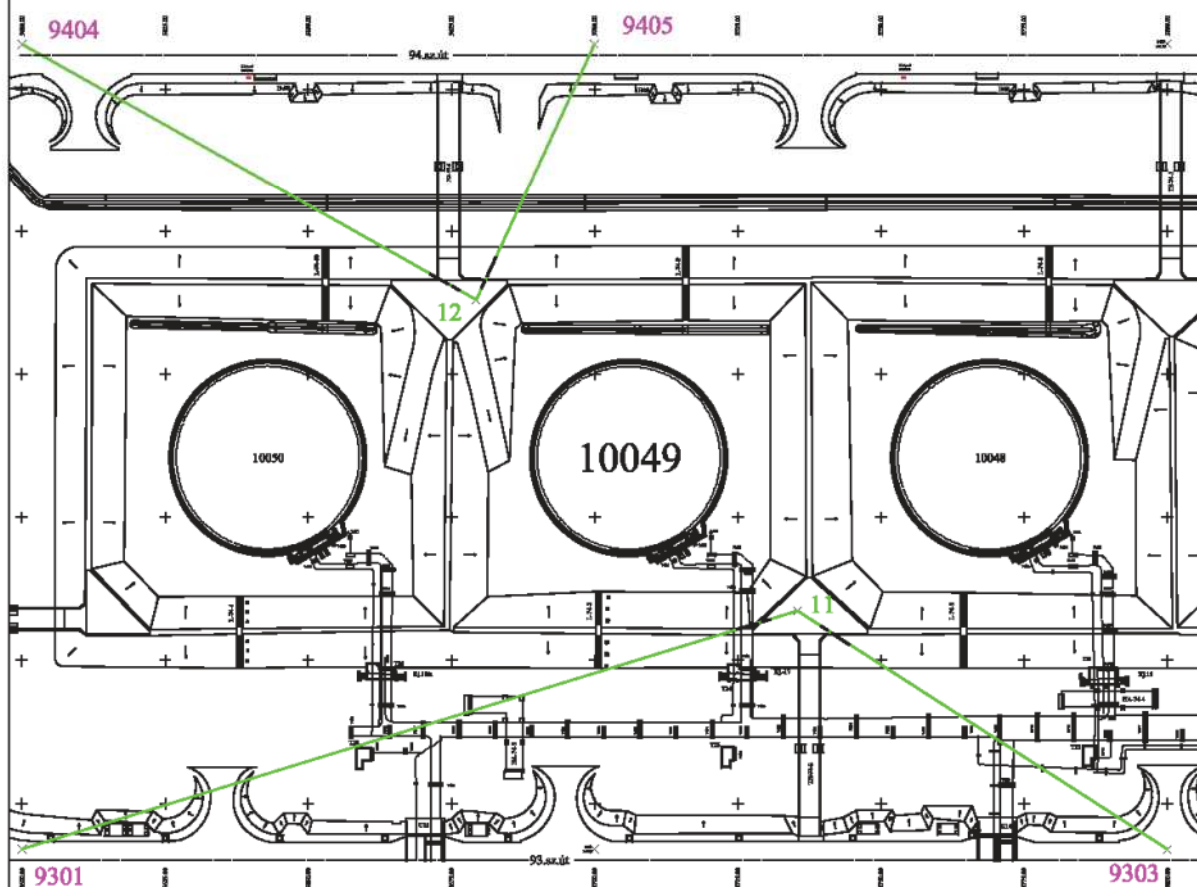
ISO 9001



DNV

Tanúsított cég

**Bemérési jegyzőkönyv**  
**MOL NYRT.DUFI Százhalombatta**  
**10049. sz. tartálykörnyezet bemérése**  
**(térfogat számítás)**  
**Áttekintő térkép és pontmeghatározási vázlat**







**WÉBER 2000**

Földmérési, Ingatlanügyi és Térinformatikai Mérnöki Kft.

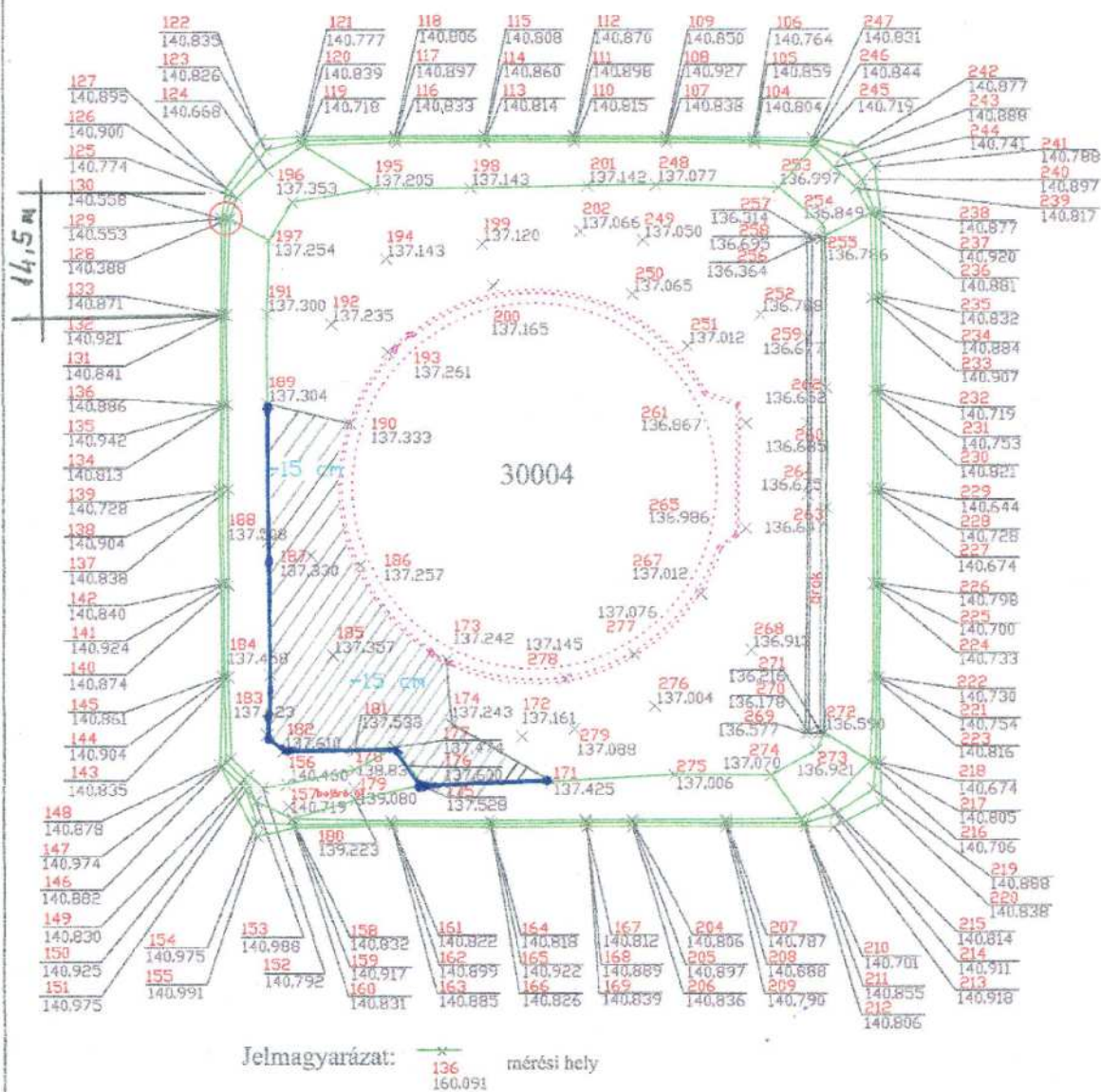
Telephely: 1163 BUDAPEST, Vámosgyörk u. 7. Telefon/fax: (06-1) 403-1897

ISO 9001



Integrált cég

Bemérési jegyzőkönyv  
MOL NYRT. DUFI Százhalombatta  
30004. sz. tartálykörnyezet bemérése (térfogat számítás)  
Feltöltési helyek



Budapest  
2013.08.27.

Készítette:  
Zubály Viktória

13. sz. melléklet: Feltöltési helyek

## Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Siki Zoltán.: Mérnöki létesítmények geodéziája c. tantárgy segédlet, Regresszió számítás előadása (<http://www.agt.bme.hu/tantargyak/mernlet/mernlet5.pps>)
- [2] Detrekői Ákos: Kiegyenlítő számítások (Budapest, Tankönyvkiadó, 1991., 2. kiadás)
- [3] Dr. Siki Zoltán: Mérnöki létesítmények geodéziája c. tantárgy segédlet, Digitális domborzatmodellek előadása  
([http://www.agt.bme.hu/tantargyak/bsc/bmeeoafasi2/BMEEOAFASI2\\_ea\\_06.pdf](http://www.agt.bme.hu/tantargyak/bsc/bmeeoafasi2/BMEEOAFASI2_ea_06.pdf))
- [4] Dr. Siki Zoltán: GeoEasy V2.05+, Digitális terepmodell modul. DigiKom Kft. (2006-2010.) (<http://www.digikom.hu/szoftver/help/dtm.pdf>)
- [5] Dr. Siki Zoltán: GeoEasy V2.05+, Regresszió számítás modul. DigiKom Kft. (2006-2010.) (<http://www.digikom.hu/szoftver/help/reg205.pdf>)

## Forrásjegyzék

- (1.) <http://autodeskcivil3d.phoenixeducom.com>
- (2.) [http://autodeskcivil3d.phoenixeducom.com/segment\\_e\\_a.html](http://autodeskcivil3d.phoenixeducom.com/segment_e_a.html)
- (3.) <http://docs.autodesk.com/CIV3D/2012/HUN/filesCTU/GUID-D6A26C51-7B88-43ED-B984-63C00468A93-61.htm>
- (4.) Surfer Help
- (5.) <http://rs1.szif.hu/~szorenyi/elm/bioselm7.htm>

## Táblázatok jegyzéke

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat: Számítási eredmények .....                  | 17 |
| 2. táblázat: Térfogatszámítás különbségei.....           | 22 |
| 3. táblázat: Grid alapú felület GeoEasy szoftverrel..... | 22 |
| 4. táblázat: Térfogat összesítő .....                    | 23 |

## Ábrajegyzék

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra: Digitális megvalósulási térkép .....                                                 | 4  |
| 2. ábra: 20009-es kőolajtermék tartály .....                                                  | 5  |
| 3. ábra: Irányok-jelölések.....                                                               | 6  |
| 4. ábra: Tartály falának újrabordázása.....                                                   | 7  |
| 5. ábra: Úszótető és a tartály falának kapcsolata .....                                       | 8  |
| 6. ábra: Lineáris regresszió.....                                                             | 10 |
| 7. ábra: Kiegyenlítő kör.....                                                                 | 11 |
| 8. ábra: DTM modell Geoeasy-vel .....                                                         | 17 |
| 9. ábra: Szintvonalas ábra.....                                                               | 17 |
| 10. ábra: TIN-modellek AutoCAD Civil 3D-ben.....                                              | 19 |
| 11. ábra: TIN-felület határoló vonalak nélkül .....                                           | 20 |
| 12. ábra: TIN-felület határoló vonalakkal .....                                               | 21 |
| 13. ábra: DEM-fájl rácsháló lépésközei és a felületmodell (1*1 m rácsháló).....               | 21 |
| 14. ábra: DTM és szintvonalas ábrák krigelés és háromszögrács létrehozásának módszerével..... | 24 |