

Talajtömörítés IMPACT technológiával

Soil compaction with IMPACT technology

drd. FÜLÖP Balázs – Csaba¹, prof. KÖLLŐ Gábor²

¹S.C. Inreco Remix S.r.l.,
Str. Mureseni, Nr. 50, Marosvásárhely, Maros megye,
www.inreco.ro,

²Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTC-N),
str. Memorandumui, nr. 28, Kolozsvár, Kolozs megye, www.utcluj.ro

Abstract

The load from every building, bridge, road and railroad is transmitted in direct or indirect way into the deeper earth layers, through the earthwork. Whenever a structure is damaged, the quality of earthwork is checked first and in many cases the cause is found in it. This is when the question always arises: "Why did it happen? Who is to blame? What should have been done differently?". The answers we can find in Karl von Terzaghi's words: "The one thing an engineer should be afraid of is the development of conditions on the job which he has not anticipated. The construction drawings are no more than a wish dream. I have the impression that the great majority of dam failures were due to negligent construction and not to faulty design."

Key words: compaction, compacting, verification, impactor

Kivonat

Minden egyes épület, hid, út és vasút tömegéből eredő terhelés közvetett vagy közvetlen módon, de végül egy földművön keresztül jut át a föld mélyebb rétegeibe. Valahányszor egy szerkezet megsérül, legelőször a földmű állapotát ellenőrzik és nagyon sok esetben ebben is találják meg a kiváltó okot. Ilyenkor mindig felmerül a kérdés: „Miért történt? Ki a hibás? Mit kellett volna másként tenni?”. A választ megtaláljuk Karl von Terzaghi szavaiban: „The one thing an engineer should be afraid of is the development of conditions on the job which he has not anticipated. The construction drawings are no more than a wish dream. I have the impression that the great majority of dam failures were due to negligent construction and not to faulty design.”, miszerint a kiváltó ok a legtöbb esetben nem a tervezésben, hanem a kivitelezésben keresendő.

Kulcsszavak: tömörség, tömörítés, ellenőrzés, impactor

1. TÖMÖRSÉG

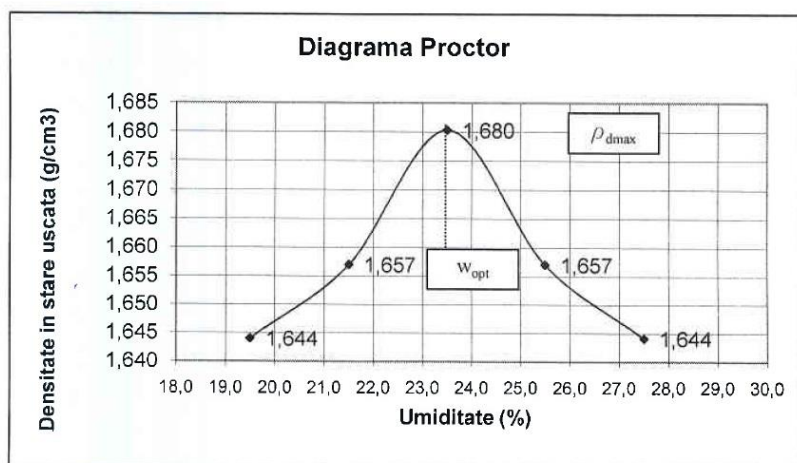
A tömörödés az a fizikai folyamat, amely során mechanikai munka hatására az anyag szilárd összetevői újra rendeződnek, csökkentve az anyag porozitását és ezáltal egységnyi tömegű anyagnak a térfogatát. Más szóval, a tömörítés hatására megnövekszik az anyag sűrűsége. Ebből a gondolatmenetből kiindulva, a tömörség ellenőrzésére a legjobb módszer a sűrűség változásának a követése.

A tömörség növekedésének következménye az anyag mechanikai ellenállóképeségének a növekedése és a vízáteresztő képességének a csökkenése. Vannak tömörség vizsgálatok, amelyek az anyag mechanikai ellenállásának mérésére alapoznak. Fontos megjegyezni, hogy az anyag tömörsége nagyban befolyásolja a teherbírást, de nem írja le annak valós értékét, így minősítésére célszerű külön teherbírás mérést végezni.

A tömörség mérésére a következő módszerek vannak használatban hazánkban:

1.1. Proctor vizsgálat

Proctor vizsgálat [11] során követni lehet az anyag sűrűség változását a víztartalom függvényében. A próba sorozatban növekvő víztartalom mellett azonos mechanikai munkával tömörítik a próba testeket, majd egy Gauss görbén ábrázolják az eredményeket. A görbe csúcsán található az optimális tömörödési víztartalom (w_{opt}) hatására kialakult maximális sűrűség száraz állapotban ($\rho^{d,max}$).



CARACTERISTICI DE COMPACTARE	SIMBOL	VALOARE
Umiditatea optimă în domeniul umed	w_{opt}	23,50%
Densitatea în stare uscată maximă în domeniul umed	ρ_{dmax}	1,680 g/cm³

1. ábra

Tömörítési jellemzők ábrázolása egy Proctor görbén: száraz térfogatsűrűség, víztartalom

A beépített anyag tömörségének a megállapításához [12] szükséges a beépített anyag sűrűségének a lemérése. Ehhez a vizsgálandó réteg teljes vastagságából mintát vesznek és megméri mérleg (m), a minta térfogatát (V) vízzel vagy homokkal helyettesítve mérik le. Innen a beépített anyag sűrűsége $\rho^d = m/V$.

A laboratóriumban végzett Proctor vizsgálat eredményét tekintjük 100%-nak. A réteg tömörsége a Proctor vizsgálat eredményéhez viszonyított arány szám, százalékban kifejezve: $D = (\rho^d / \rho^{d,max}) * 100$ (%).



2. ábra

Tömörség mérés talajjavítás után: NTN Csarnok, Szeben, Szeben megye

1.2. Könnyű ejtősúlyos tárcsa

Dinamikus tárcsás teherbírás vagy könnyű ejtősúlyos teherbírás (LWD – Light Weight Deflectometer) esetén [18] egy dinamikus erő hatására mért elmozdulást mérnek. A kapott adatokat (E_{VD}) felhasználhatjuk teherbírás mérésére (MN/m^2) és a tömörség kiszámítására. Európa nagy részén széles körben használják úgy teherbírás, mint tömörség mérésére, úgy szemcsés, mint kötött talajok esetén, de nem javasolt stabilizált talajok vizsgálatára, főleg miután a kötési folyamat megindult. Romániában ez a mérési módszer a földmunkák [1] belső ellenőrzéshez elfogadják, kapunk hozzá iránymutatást és határértékeket, de nincs szabványosítva.



3. ábra
LWD teszt: DJ 693, Temes megye

1.3. Statikus tárcsa

Statikus tárcsás teherbírás [4] [17] vagy Lucas tárcsás teherbírás esetén egy statikus, több lépcsős erő terhelés hatására mért elmozdulást mérnek. A második terhelésből (E_{v2}) kapott adatokból kiszámítható teherbírás (MPa vagy N/mm^2) és a két terhelés adataiból következtethetünk egy valószínű tömörségre. Ezt tömörödési tényezőnek [1] hívjuk (E_{v2}/E_{v1}).

Pământuri coezive		Pământuri necoezive	
Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}	Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}
>100 %	<2.3	>100 %	<2.3
>97 %	<2.5	>98 %	<2.5
>95 %	<2.6	>97 %	<2.6

4. ábra
AND 530 – tömörödési tényező (E_{v2}/E_{v1}) és tömörödési fok (D%) kapcsolata szemcsés és kötött talajok esetén

A tömörödési tényezőt nem tekinthetjük egyértelmű eredménynek a tömörség meghatározására. Értelmezése tapasztalatot igényel és nehéz számszerűsíteni. Mivel a dinamikus tárcsával ellentétben, a statikus tárcsás mérés szabványosított hazánkban [13], a tervezési fázisban az elérendő teherbírást gyakran az E_{v2} értékében határozzák meg és vele együtt a tömörödési tényezőt $E_{v2}/E_{v1} < 2$ -ben. A realitás azt mutatja, hogy ez az érték csak zúzott kő és CKT esetén garantálható optimális körülmények között, míg a talajok esetén a fenti táblázatban is leírt 2,3 érték a várható, de előfordulhat cementes és meszes talajstabilizáció esetén a $E_{v2}/E_{v1} < 2$ eredmény.



5. ábra

Lucas teszt: Kaufland Brassó, Brassó megye

Továbbá fontosnak tartom megjegyezni, hogy a fenti mérések és a tömörség közti relációk hiányosak és nehezen értelmezhetők. Ugyanakkor a statikus és a dinamikus tárcsás mérések [1] közötti összefüggésre van egy megközelítő képlet, ami nagy szórást eredményez $E_{v2}/E_{VD}=(1-4)$. Elméletileg lehetségessé teszi a tárcsás teherbírás kiváltását, de gyakorlatilag nagy valószínűséggel újabb téves eredményekhez vezet.

$$E_{v2} \approx 600 \times \ln \frac{300}{300 - E_{vd}}$$

2. TÖMÖRÍTÉSI MÓDSZEREK

A helyes tömörítési módszer [6] kiválasztásához szükséges előzetesen meghatározni a tömörítendő anyag típusát és a tömörítendő réteg vastagságát/mélységét.

Statikus tömörítés során a tömörítéshez csak a gép saját súlya járul hozzá, ami a kerekek felületén adódik át. Legtöbb esetben gumikerekekkel szerelt henger vagy juh lábás vaspalástú henger.



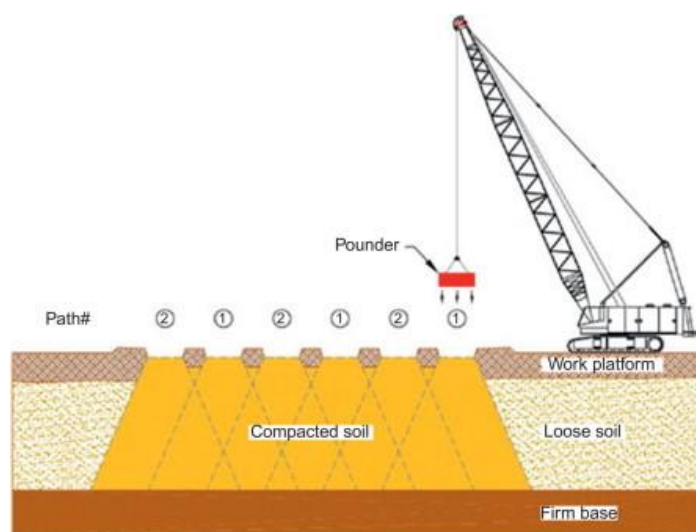
6. ábra

Szemcsés anyag statikus tömörítése gumihengerrel: DJ693, Temes megye

Dinamikus tömörítés során a tömörítéshez együttesen járul hozzá a gép saját súlya és egy mozgási energia. Annak függvényében, hogy a tömörítendő réteg hol helyezkedik el, beszélhetünk felszíni és mély tömörítésről.

2.1. Mélytömörítés

Dinamikus mélytömörítés esetén egy beton és acélból álló, mérettől függően 6-40 tonna tömegű súlyt engednek szabadon esni 10-30 méter magasságból. Ezen módszer javasolt azoknak a homokos és lösszöid altalajoknak melynek vastagsága minimum 2-3 m, de a gép méreteinek függvényében lehet akár 6-8 méter is.



7. ábra

Dinamikus mélytömörítés: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/dynamic-compaction>

2.2. Felületi tömörítés

Felületi dinamikus tömörítés esetén a célgép rendelkezik egy vibráló szerkezettel. A súlyok szabadesése helyett az általa keltett vibrációkkal járul hozzá a folyamathoz. Az előző gépekhez képest tömegük kisebb: 100 – 25.000 kg, ahogy az általuk tömörített vastagság is: ~50cm. Ebből az okból kifolyólag nem javasolják a szabványok [1] [3] a 30 cm-nél vastagabb rétegek betöltését/ tömörítést.



8. ábra

Dinamikus felszíni tömörítés: WDP Ștefănești de Jos, Ilfov megye

Saját tapasztalataink alapján, az optimális tömörség eléréséhez a henger méretének megválasztásakor a következőket érdemes tartani:

- kötött talajok: 500 kg/cm
- szemcsés anyagok: 500 kg/cm

2.3. Impact technológia

Az Impact technológia felszíni és a mélytömörítés közti rést hivatott kitölteni, azaz 50-200 cm közti rétegek tömörítésére képes. A szerkezet a vontatott hengerek csoportjába tartozik [5]. Működési elve ugyan csak az előbbi két technológia keveréke. A vontatott eszköz egy forgó szögletes test valamely élével üti meg a felületet. Ez lehet három, négy vagy öt oldalú.



9. ábra

Impactor 2000 típusú vontatott impact henger: <http://www.impactor2000.com/>

A dinamikus hengereknél látott vibráló szerkezet helyett, egy a szabadesést felgyorsító rugós szerkezet segíti növelni a becsapódási energiát. Mivel az ütések frekvenciája és amplitúdója a két korábbi technológiában tapasztaltak közé esik, úgy az általa kifejtett hatás is ezen kettő közé esik.

Munka stílusa a felületi tömörítéshez hasonló, mozgás közben végzi az energia átadást. Ugyanakkor a hatása a mélytömörítésre hasonlít inkább, nagy energiát ad át viszonylag kis felületen. Ennek következtében pontszerű süllyedések következnek be és mivel többszöri átmenet szükséges előfordulhat, hogy a folytatás előtt ki kell egyenlíteni a felületet. Vannak modellek, amelyek gyárilag fel vannak szerelve a henger mögött egy profilozó vágólappal, a munkák felgyorsításának érdekében.

3. ESETTANULMÁNY: ATERM CSARNOK, MEDGYES, SZEBEN MEGYE

3.1. Előzmények

A munkaterület Medgyes településen, Szeben megyében található. Az eredeti természetes talajszint megközelítőleg 2,5 - 6 méter mélyen volt a mellette található út aszfalt szintjétől. Ezt a területet három éven keresztül építési hulladék lerakónak használták, így közel az aszfalt szintjéig töltötték a területet. Ez a folyamat megközelítőleg három évig tartott és nem alkalmaztak semmilyen tömörítést. Az így kialakult földmű egy minimális természetes konszolidáción esett át, amelynek teherbírása elhanyagolható.

cote foraj x [T] raportate la cota teren natural =0,00m	Grosimea stratului	Adancimea apei subterane (NA-Nivelul ap. NH-Nivel Hidrostatic la data executării)	Simbol	Litologie	Proba	Granulozitate ISO 14688, 1-2-2018						Limite Atterberg				Caracteristici de stare				Caracteristic Mecanice						
						Nr. Probă / Sample No.	Adancime Probă	Argilă< 0,002 mm	Praf 0,002-0,063 mm	Nisip 0,063-2,00 mm	Pietriș 2-63 mm	Bobovăniș 63-200 mm	Umiditate naturală (W)	Limita de lichiditate (WL)	Limita inferioară de plasticitate (WP)	Indice de plasticitate (Ip)	Indice de consistență (Ic)	Greutate volumică naturală (γ _n)	Greutate volumică uscată (γ _d)	Porozitatea (n)	Indicele porilor (e)	Grad de umiditate (Sr)	Modulul edometric (M _v 200-300)	Tare specifică la 20kN/cm ² (Ep200)	Unghi de frecare sp. Φ _{ik}	Coeziona c _k
(m)	(m)	(m)				m	%	%	%	%	%	%	%	%	kN/m ³	kN/m ³	%	-	-	kPa	%	°	kPa	kPa		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4,00	4,00			UMPLUTURĂ (material argilos nisipos cu pietriș, resturi mat.construcție)																						
5,00					S1	5,00	11	45	44	0	0	26,24	34,80	16,76	18,04	0,47	18,19	14,41	44,98	0,818	0,856	4600	6,24			
7,00	3,30			Praf nisipos cafeniu deschis-gălbui cu nivele argiloase de consistență scăzută, moale	S2	7,00	12	51	37	0	0	26,02	36,47	15,81	20,68	0,51	18,39	14,59	44,30	0,795	0,874	5200	5,92	0		
7,30																										
7,80				Nisip prăfos-argilos, cenușiu																						
9,00	2,40			Pietriș cu nisip grosier, cenușiu, mediu îndesat	S3	9,00	2	21	38	41	0	8,79									0,593	0,393				300
9,70																										
11,00	2,30			Argilă prăfoasă- nisipoasă cenușie, cu aspect mălos, moale/ consistentă	S4	11,0	21	58	21	0	0	24,02	39,43	13,05	26,38	0,58	16,33	14,78	43,99	0,785	0,823	6600	5,36	16		
12,00				Nisip argilos cenușiu, umed, moale/ consistent	S5	12,0	12	24	84	0	0	17,69	24,31	11,21	13,10	0,52	17,88	15,18	42,01	0,724	0,845					

Obs.: Zona forajului F8= paleorelief cu teren slab consolidat, înmuat cu capacitate portantă scăzută

10. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye - Tala vizsgálat fúrt mintavételből: természetes talajszinthez viszonyított fúrési mélység, réteg vastagsága, talajvíz szintje, réteg leírás (kavics, homok, agyag, iszap), természetes víztartalom, plasztikus index

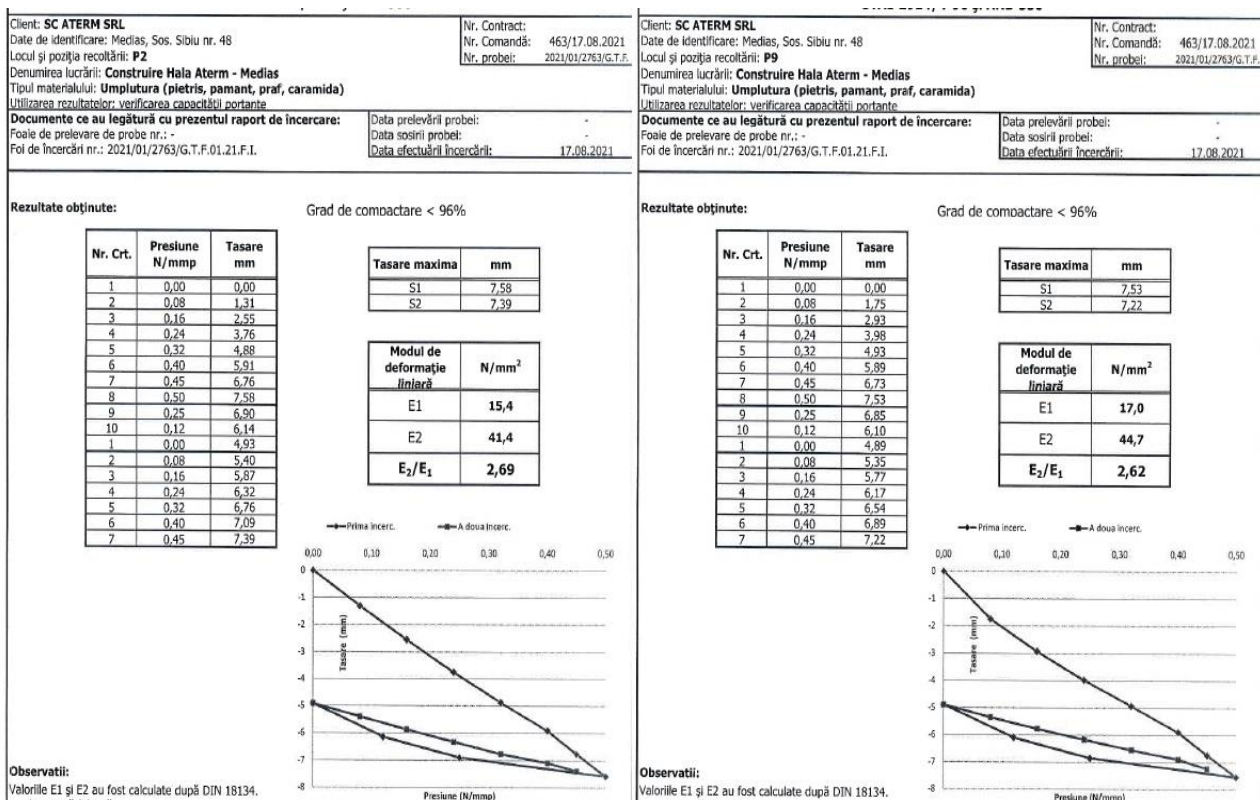
A földmunkálatokat egy közel 1-1,5 méter vastag réteg eltávolításával kezdődött, kialakítva ezzel a földmű felső szintjét. Ezt a felületet dinamikus felszíni módszerrel tömörítették egy 16 tonnás kombi-vibro hengerrel.

3.2. Elvárások, munkavégzés, eredmények

3.2.1. Elvárások

Tervezési fázisban a legelső és csaknem a lefontosabb feladat az alapozás megtervezése. Ez a földmű a geotechnikai szabványok alapján gyengének számít alapozáshoz, így cölöp alapokat terveztek az épületnek. A gond az úthálózat és az épület padlólemezének lehetséges süllyedésében van.

Tekintve, hogy a földmű nem homogén, a benne található nagyobb beton darabok miatt penetrációs vizsgálattal a teherbírás nem volt megállapítható. A padlólemez szerkezete alatti földmű teherbírását $E_{v2} \geq 45$ MPa-ban határozták meg. A tömörítési folyamat befejeztével, ahol szemcsés anyagból volt a töltés, ott nagyrészt megközelítették a mérési eredmények az elvárt értékeket, a felületen magas agyag tartalmú zónák messze elmaradtak. További gondot jelentett, hogy az egyetlen rétegvastagság és nem homogén rétegek süllyedési mértéke nem előrelátható.



11. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye

Statikus tárcsával mért teherbírás: nyomás, süllyedés, lineáris deformáció modulusz

Elvárásként a következők fogalmazódtak meg:

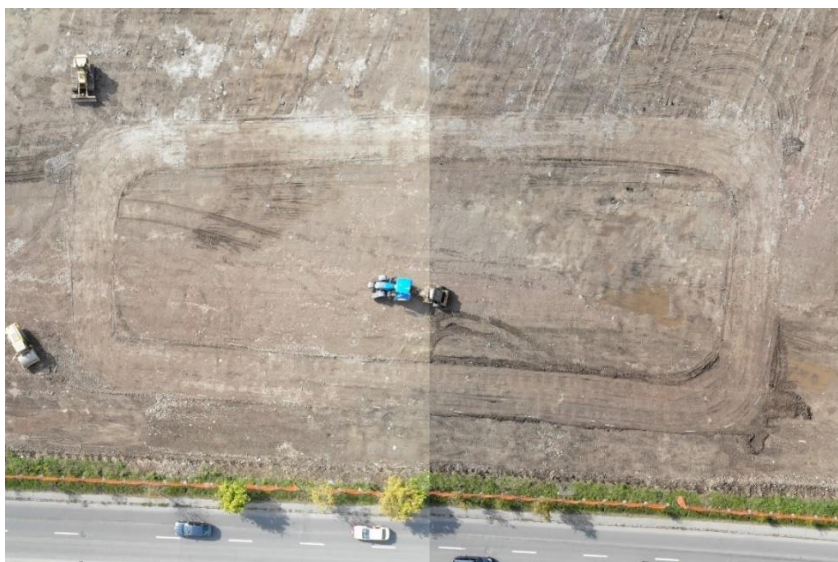
1. általánosan el kellett érni az $E_{v2} \geq 45$ MPa értéket
2. minimálisra csökkenteni a későbbi süllyedés esélyét
3. megtalálni és kijelölni azon területeket a földműből amit feltétlenül szükséges kicserélni

3.2.2. Munkavégzés

A munkavégzés első szakaszában indokolt egy próbaszakasz építése annak érdekében, hogy meg lehessen állapítani a szükséges menetek számát. Ennek érdekében egy ellipszis alakú pályát alakítottunk ki úgy, hogy az egyik fele a szemcsés anyagon míg másik fele az agyagos területen fekdjön. Ahhoz, hogy a felület minden pontját ütés érje, minimum 3 hengerjárt szükséges. Többszöri próba után, a minimum szükséges hengerjárt számot 5-ben állapítottuk meg.

Amint az Impactor végzett a szükséges számú járattal, az így egyenletlenné vált felületet bulldózerrel egyenesre simítottuk, ügyelve arra, hogy csak a próbaszakasz területéről ne hordjon ki anyagot. Az így lazává vált felületet földmunka hengerrel újra tömörítettük.

A próba szakasz felületét és a tengerszinhez mért magasságát, a geodéták felmérték GPS segítségével és összetett drón felvételeket készítették úgy tömörítés előtt mint a tömörítés után. Fotogrammetriával követni lehet a szint változásokat, a méréseket egymásra helyezve meghatározhatjuk süllyedés mértékét. A méréseket a SC. MTC Real Consulting S.r.l. hajtotta végre az INRECO Remix S.r.l. megrendelésére. A mérésekhez egy GNSS Hi-Target V90 jellevő készüléket és egy DJI Mavic 2 Enterprise Dual típusú drónt használtak.



12. ábra

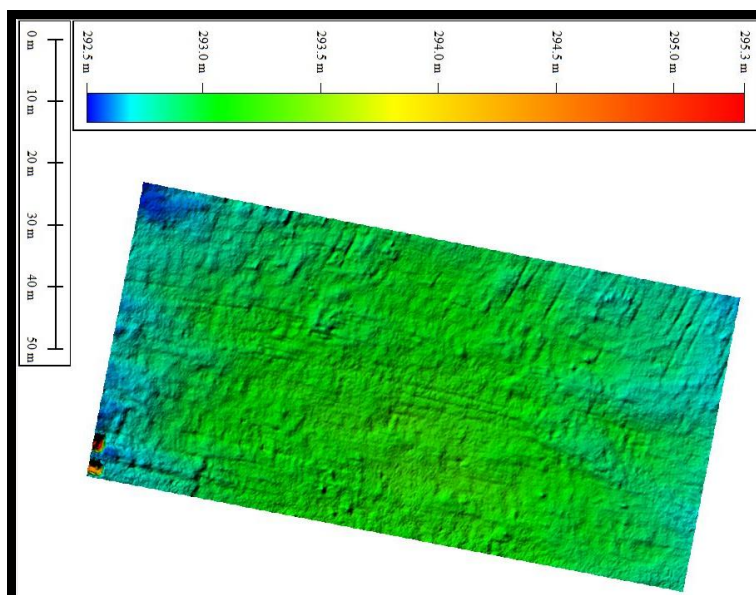
Próbaszakasz felülnézetből: ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye

Első szakaszban, a GNSS technológiával pontokat vettek fettek fel a próbaszakasznak kijelölt területen, tömörítés előtt. Ezt követően légifelvételeket készítettek a drón segítségével a talajszint feletti 80 m magasságból.

Név	N	E	Z
pt1	518157.7475	448145.0329	292.301
pt2	518156.4105	448151.1305	292.2711
pt3	518156.9111	448156.3255	292.2883
pt4	518161.7037	448162.0438	292.3356
pt5	518174.3125	448165.1136	292.3121
pt6	518193.5915	448169.6518	292.4438
pt7	518212.3943	448173.3729	292.4085
pt8	518226.5859	448176.4235	292.403
pt9	518232.5454	448173.1873	292.3572
pt10	518236.0909	448165.2561	292.3941
pt11	518238.8985	448154.0711	292.3069
pt13	518236.86	448148.6324	292.4347
pt14	518227.6422	448143.2588	292.3513
pt15	518213.3085	448140.6841	292.4237
pt16	518197.8592	448138.8127	292.4512
pt17	518181.8066	448136.8136	292.3996
pt18	518168.5207	448135.1525	292.4241
pt19	518160.2779	448138.7167	292.409

13. ábra

Első szakaszban készített felmérés: ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye



14. ábra

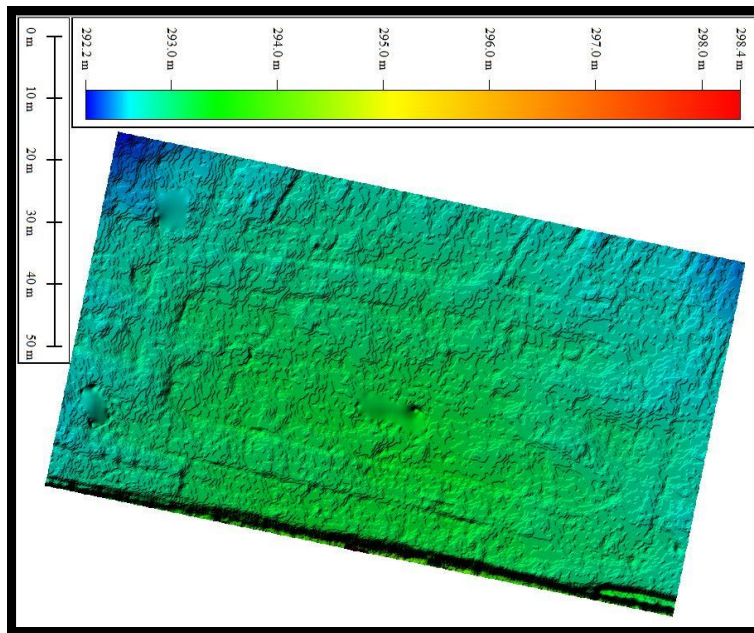
Első szakasz légi felvétele digitális 3D modellje: ATERM csarnok, Medgyes, Szegen megye

Második szakaszban a tömörítést követően, a GNSS technológiával újra felmérték a próbaszakasz területét, ügyelve arra, hogy az újonnan felvett pontok pontosan az előzőleg felvett pontok helyén legyenek. Ezt követően légifelvételeket készítettek a drón segítségével a talajszint feletti 80 m magasságból, az előző felvételekkel megegyező körülmények közt.

Név	N	E	Z
100	518157.7366	448145.0456	292.287
101	518156.3836	448151.1697	292.2021
102	518156.9496	448156.3782	292.2453
103	518161.7126	448162.0478	292.3016
104	518174.2801	448165.1427	292.2361
105	518193.5794	448169.6114	292.3688
106	518212.3483	448173.3698	292.3995
107	518226.5397	448176.4171	292.372
108	518232.5565	448173.2395	292.3322
109	518236.0958	448165.2672	292.3891
110	518238.9005	448154.0844	292.2899
111	518236.9204	448148.6386	292.3897
112	518227.6301	448143.2415	292.3133
113	518213.3084	448140.6502	292.3817
114	518197.8495	448138.7753	292.3482
115	518181.7967	448136.8138	292.3466
116	518168.4618	448135.1491	292.3121
117	518160.2417	448138.72	292.323

15. ábra

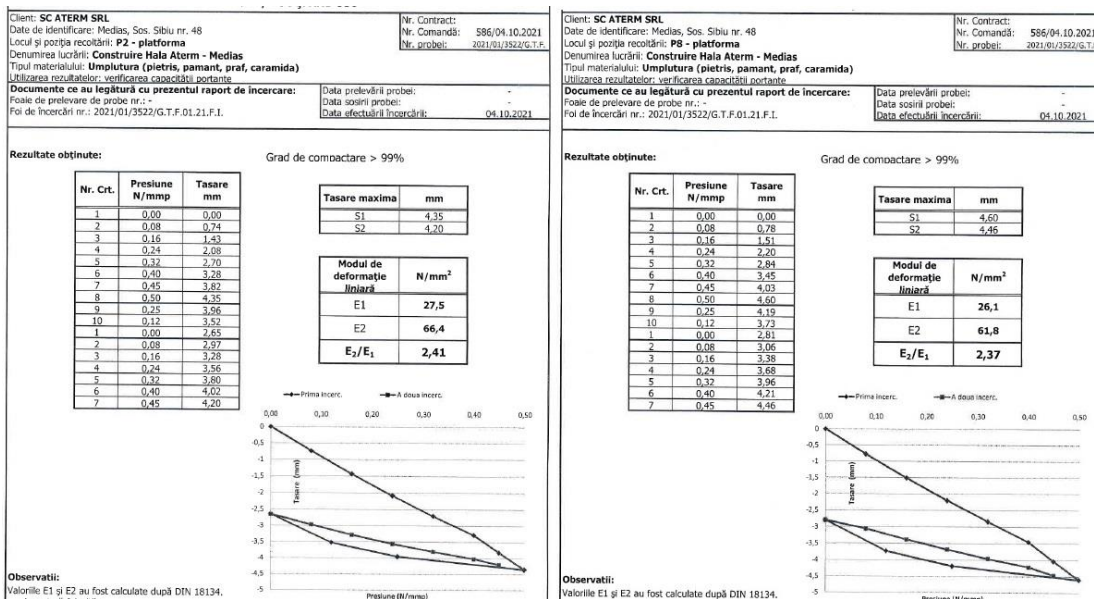
Második szakaszban készített felmérés: ATERM csarnok, Medgyes, Szegen megye



16. ábra

Második szakasz légi felvétele digitális 3D modellje: ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye

A próbaszakasz építése a labormérésekkel ért véget. Ellenőrizve lett a tömörség és a teherbírás statikus tárcsás (Lucas) méréssel. Annak érdekében, hogy a változások minél inkább nyomon követhetőek legyenek, próbáltuk a méréseket a korábbi mérések közelében végezni. Mivel a töltés nem homogén és nagyobb beton elemeket is tartalmaz, nem sikerült sem a tömörítés előtt sem utána penetrációs vizsgálatot végezni.



17. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye

– Statikus tárcsával mért teherbírás: nyomás, süllyedés, lineáris deformáció modulusz

3.2.3. Eredmények

Amint a labor visszaigazolja, hogy az eredmények megfelelnek az elvárásoknak, a munkálatok folytathatók a teljes felületen. A munkálatok előre haladtával folytatódhatnak a labor mérések is. A teljes felület megvizsgálva a következő eredményeket kaptuk:

- sikerült elérni az $E_{v2} \geq 45$ MPa értéket mindenhol, ahol a töltés szemcsés anyagból készült és vele együtt az $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$ tömörödési tényezőt is
- az agyagos területek elveszítik a stabilitásukat a nagy energiájú vibrációk hatására, ezáltal jól behatárolható az a terület, ahol kötelező módon ki kell cserélni a töltést

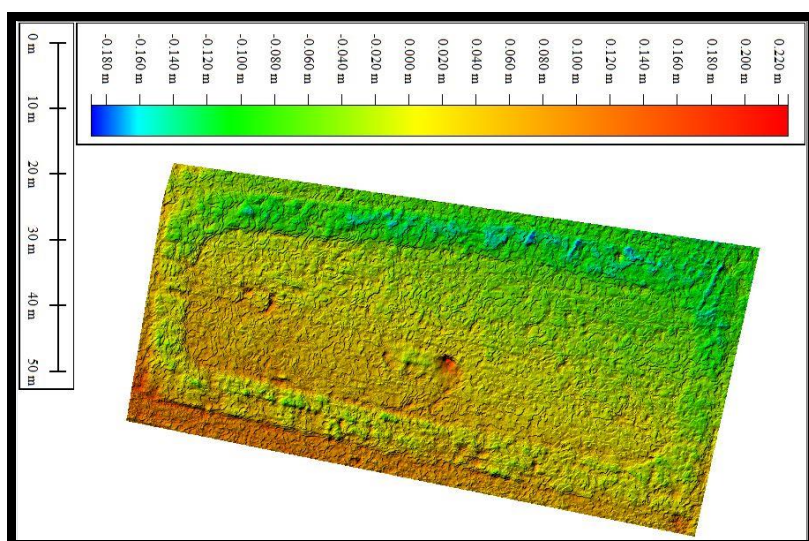
- átlagosan 5-10 cm-t süllyedt a felület. Figyelembe véve, hogy a felület előtte már tömörítve volt, így tényként könyvelhetjük el, hogy a süllyedés 50 cm-nél mélyebben fekvő rétegben jött létre, ezáltal csökkent a későbbi süllyedés esélye

A süllyedés mértékét a két földön készített felmérés különbsége és a légi felvételek digitális modelljének egymásra helyezésével állapítottuk meg.

Pontok	Szintkülömbőség Z [m]
pt1-100	0.014
pt2-101	0.069
pt3-102	0.043
pt4-103	0.034
pt5-104	0.076
pt6-105	0.075
pt7-106	0.009
pt8-107	0.031
pt9-108	0.025
pt10-109	0.005
pt11-110	0.017
pt13-111	0.045
pt14-112	0.038
pt15-113	0.042
pt16-114	0.103
pt17-115	0.053
pt18-116	0.112
pt19-117	0.086

18. ábra

A két szakaszban készített felmérés különbsége: ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye



19. ábra

A két szakaszban készült légi felvételek digitális 3D modelljeinek a különbsége: ATERM csarnok, Medgyes, Szeben megye

Szeretnénk ezen méréseket újra elvégezni egy homogén, természetes állapotában található, lehetőleg kevésbé kötött talajon. Ez esetben egy homogén környezet kizárná a téves eredmények lehetőségét. Ugyanakkor előtte és utána végezhetnénk penetrációs tesztet. Így remélhetőleg még pontosabb rálátást adna a tömörítés mélységéről és mértékéről. Vele egyidejűleg láthatnánk a teherbírás növekedését, olyan eredményeket kapva, amik sokkal értékelhetőbbek és relevánsabbak a tervezés folyamatában.

3.3. Következtetés

Az Impactor 2000 és az impact technológia nagyon hatásos altalajok tömörítése és akár kontrolált töltések készítésére is. Gyenge teherbírású altalajok esetén alternatívát nyújthat a talaj cserére vagy a cements/meszes talaj kezelésére, továbbá kiválthatja a nehezen szállítható mélytömörítő gépezeteket a homokos és löszöid talajok esetén.

Tekintve az elmúlt években példátlanul magas üzemanyag és építkezési anyag árakat, a fent bemutatott technológiákhoz hasonló alternatívákat kell keresnünk egy gazdaságosabb földmunka építéshez, szem előtt tartva a minőségi előírások betartását.

SZAKIRODALOM

- [1] „AND 530-2012 - Instructiuni privind controlul calitatii terasamentelor”.
- [2] „C 169-1988 - Normativ privind executarea lucrărilor de terasamente pentru realizarea fundațiilor construcțiilor civile și industriale.”.
- [3] „C 182-87 - Normativ privind executarea mecanizata a terasamentelor de drumuri”.
- [4] „DIN-18134 - Determining the deformation and strength characteristics of soli by plate loading test”.
- [5] „EN 16907 - Earthworks”.
- [6] „GE 026-1997 - Ghid pentru executia compactarii in plan orizontal si inclinat a terasamentelor”.
- [7] „GT 067-2014 - Ghidul privind controlul lucrărilor de compactare a pamanturilor necoezive”.
- [8] „NE 008-97 - Normativ privind imbunatatirea terenului de fundare prin procedee mecanice - Indicativ C 29-85”.
- [9] „NP 125-2010 - Normativ privind fundarea constructiilor pe pamanturi sensibile la umezire”.
- [10] „SR 4032-1-2002 - Lucrari de drumuri - Terminologie”.
- [11] „STAS 1913-13 - Teren de fundare, Determinarea caracteristicilor de compactare, incercarea PROCTOR”.
- [12] „STAS 1913-15 - Teren de fundare, Determinarea greutatii volumice pe teren”.
- [13] „STAS 2914-4 - Determinarea modulului de deformatie liniara - Lucrari de drumuri si de cale ferata”.
- [14] „STAS 2914-84 - Lucrari de drumuri, Terasamente_Conditii tehnice generale de calitate”.
- [15] „STAS 8840-83 - Lucrari de drumuri, Straturi de fundatii din pamanturi stabilizate mecanic, Conditii tehnice generale de calitate”.
- [16] „STAS 9850-89 - Verificarea Compactarii Terasamentelor, Lucrari de imbunatatiri funciare”.
- [17] „MSZ 2509-3 – Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata_Tárcsás vizsgálat”.
- [18] „UT 2-2.124 - Dinamikus tömörség és teherbírásmérés kistárcsás könnyűejtősúlyos berendezéssel”.