



# Szegedi sós üledékek - geotechnikai és talajtani kísérletek

## Szeged saline soils - geotechnical and geochemistry tests

<sup>1,2</sup>Imre Emőke, <sup>3</sup>Diego Marchetti, <sup>4</sup>Lachlan Bates, <sup>5</sup>Juhász Miklós

<sup>1</sup>Óbuda University, Bánki Donát Faculty, Budapest, Hungary

<sup>2</sup>EKIK Hydro-Bio-Mechanical Systems Research Center, Budapest, Hungary, [imre.emoke@uni-obuda.hu](mailto:imre.emoke@uni-obuda.hu),

<sup>3</sup>Studio Prof. Marchetti Italy

<sup>4</sup>The School of Engineering, The University of Newcastle Callaghan, Newcastle, Australia, [e-mail](mailto:e-mail)

<sup>5</sup>Debrecen University, Debrecen, [top@taupe.hu](mailto:top@taupe.hu)

---

### Összefoglalás

Egy korábbi statisztikai elemzés eredményét, új feltárásokkal megismételtük. Az eredményt ez megerősítette, és sikerült az eltérés okát is feltárni: Szeged nyugati részén a talajvíz egyrészt felfelé áramlik, másrészt foltokban sót tartalmaz. A talajok emiatt alul-konzolidáltak, és egyes rétegek – geokémiai kísérletek eredménye szerint - sós jellegűek. A cikk az e területen található talajok kompressziós és disszipációs kísérleteinek eredményének a kutatás keretében kidolgozott matematikailag pontos eljárással történő értékelését ismerteti. A sós talajok jellemzői eltérőek, pl. kúszásra hajlamosabbak. A konszolidációs tényező  $c$  lényegesen eltér sós és nem sós talajok, valamint labor és a helyszíni kísérletek esetén.

Kulcs szavak: disszipáció, sós talaj, kúszás

---

### Abstract

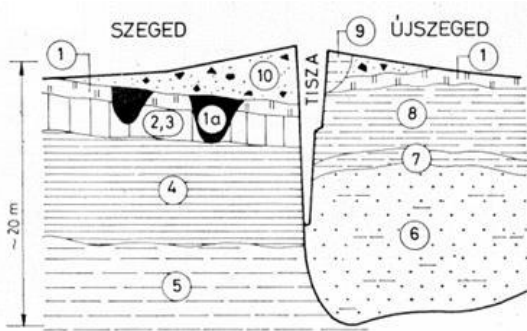
The earlier result of the statistical analysis is supported by the statistical analysis repeated in a modified way by new explorations. The reason for it is explained as follows. The soil features in Szeged-West are influenced by the upward seepage of soil water. The soils are under-consolidated, and some layers are saline. The result of the oedomeric compression test and the CPTu dissipation tests are evaluated by the models and mathematically precise inverse problem solvers elaborated in the ongoing research. According to the results, the properties of the saline soils are different, e.g., are prone to creep. The identified coefficient of consolidation  $c$  is different for laboratory and situ tests.

Keywords: dissipation, saline soil, creep

---

## 1. Bevezetés

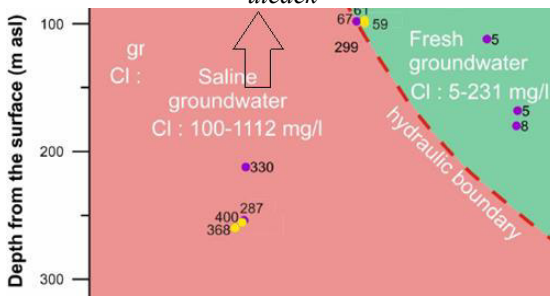
Rétháti és Ungár (1978) [1] statisztikai elemzése Szeged város nyugati oldalán vett 2600 talajminta 11000 laboratóriumi vizsgálatának eredménye alapján azt mutatja, hogy a rétegződés lényegében azonos, de a C jelű területen az üledékek szilárdsági jellemzői rosszabbak, mint a B és A jelű területen (1-4. ábra). Az elemzés OTKA kutatás majd az ELI talajvizsgálata keretében folyik. Kiegészítő geokémiai vizsgálatok is készültek, valamint a disszipációs kísérletek értékelésére is sor került. Az eredmények szerint Szeged nyugati területén sós talajvíz-feláramlás okozza a talaj szerkezetének leépülését és kúszásra való hajlam növekedését.



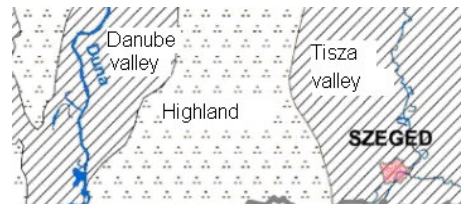
1. ábra Rétegek: 2,3 homokliszt, 4 sárga és 5 kék üledék



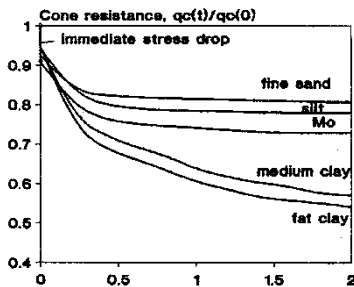
2. ábra Szegegd A, B és C terület és ELI.



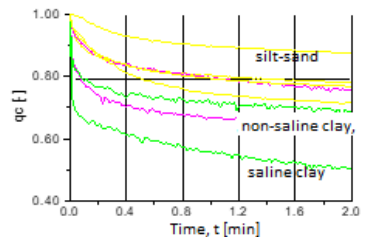
3. ábra A felfelé irányuló sós talajvíz az alsóbb tengeri agyagból [2]



4. ábra A Duna-Tisza közti rész, a szegegd környezete felfelé, a felvidék felé szivárgásos.



5. ábra A statikus szonda csúcs disszipációs kísérlete, átlagos görbék



6. ábra A statikus szonda csúcs disszipációs kísérlete, ELI

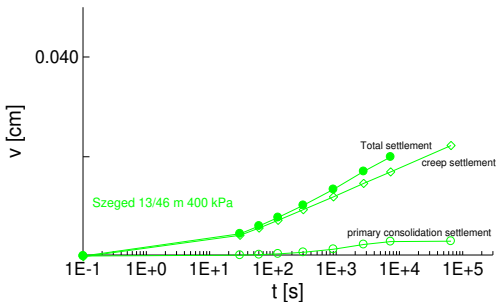
## 2. Hidrogeológiai viszonyok

Vízföldtani szempontból az Alföld magasabb helyzetű homokhátságai (3. ábra) a felszínalatti vizek utánpótlódási területei, míg általánosságban a vele szomszédos, mélyfekvésű területek természetes megcsapolódási területek, ahol a talajvíz felfelé áramlik. Ezek a területeken a felszínalatti víz kettős eredetű, egy része a magas oldott anyag tartalommal jellemezhető mély és köztes áramlási régiókból tart a felszín felé, másik része a mélymedencék üledékeinek tömörödése révén szorul ki a porusokból és szivárog felfelé ([5]).

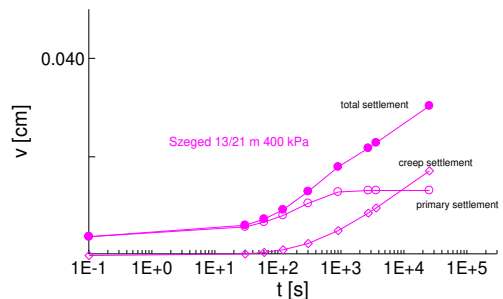
A vizsgált terület (3. ábra) a Duna-Tisza közének keleti felén lévő mélyterület, mélyföld, a 80 méteres magasság szintje. Így felmerül a szikesedési folyamatok jelenlétének lehetősége ([6]). Kutatások e témában eddig a Duna-Tisza közének nyugati felének szikes övezetében ([7]) folytak, amely e vizsgált terület szimmetrikus párja.

A felszín közeli só felhalmozódással jellemezhető zónák rendszerint egy hidrogeológiai csapdában jelennek meg, ahol a belépő vízhozam csak párolgás útján tud távozni a rendszerből. Nem általános, de gyakori a felszínen vagy a felszín közelben a karbonátok (mész, mészszap, konkréciók, lepedékek) jelenléte, a talajvíz nátriumos jelleg. (Ez szolonyec talajoknál feltétel, de ott az ESP 15% feletti.)

Korábbi vélemények szerint a vizsgált terület egy ilyen vízcsapda lehet, a Duna-Tisza közének 140 m vízválasztó szintjéről lefolyó víz itt felfelé áramlik és távozik a felszínről párolgás révén (a telítetlen talajok témakörében ismert, hogy a talajvíztükör felett víz- és vízgőz-áramlás lejátszódik). A mélyben sós rétegek előfordulása feltehetően a talajvíz-áramlás következménye. A kiváló só miatt mélységi sós vagy szikes talajok jöhetnek létre. Az újabb kutatások azonban gyökeresen eltérő eredményre vezettek.



7. ábra Az azonnali süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés sós iszapban



8. ábra Az azonnali süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés sós agyagban

### 3. Módszerek

Két OTKA kutatás keretében [2-5] a 2. ábrán lévő A, B, C területen hét, 15-20 m mély fúrás, folyamatos típusú statikus szondázás, illetve reológiai típusú statikus szondázás (csúcs és palást disszipációs kísérlet) készült. A fúrásokból vett talajmintákon talajazonosító, áteresztőképességi, szilárdsági és kompressziós kísérleten kívül egy új laboratóriumi kísérlet, a többszakaszos ödométeres relaxációs kísérlet is készült. Meghatározásra kerültek a kötött talajok ásványos és geokémiai jellemzői. Ezek statisztikai elemzése is elkészült. Az ELI szakvéleményéket mélyebb feltárások és újabb statikus szondázások készültek. A hidrológiai-mérnökgeológiai jellemzők elemzésre kerültek [6 - 9], és kapcsolatba hozhatók voltak a geotechnikai - talajtani vizsgálatok eredményével.

A pórusvíznyomás-disszipációs kísérletek három modellel kerültek értékelésre. Az első kettő egydimenziós, kapcsolt konszolidációs modellen alapul, amely a korábbi OTKA kutatásban készült, a kezdeti feltétel különböző a két módszer esetén, az illesztés matematikailag pontos. A harmadik módszer egy kereskedelmi értékelő program része, kétdimenziós nem kapcsolt modell és egy közelítő,  $t_{50}$  alapú egyponos-illesztés ([10, 11]) kombinációja.

Az OTKA kutatások keretben öt értékelő módszer-csoport került kialakításra (a statikus szonda csúcs és palást disszipációs kísérletéhez, az ödométeres relaxációs kísérlethez, a kompressziós kísérlethez és a statikus szonda pórusvíznyomás disszipációs kísérletéhez [12-16]).

A kompressziós kísérlet értékeléséhez jelenleg a legegyszerűbb Terzaghi-féle modellt használják. A mért adatokra a modellt közelítő módszerrel illesztik, az időváltozó egyetlen értékénél. E munka során két új modell és egy matematikailag pontos inverz probléma megoldó eljárás került alkalmazásra. A két

modell - a módosított Terzaghi (A) és a módosított Bjerrum (AC) - abban különbözik a két eredetitől, hogy figyelembe veszi az azonnali összenyomódást.

## 4. Eredmények

### 4.1 Talajjellemzők

Az eredmények szerint az eredeti rétegződés (a. feltöltés, b. humuszos talaj, c. infúziós lösz, d. sárga tavi agyag, e. kékesszürke édesvízi üledék) módosítható volt, sárga tavi agyag három szintre volt osztható. A sárga tavi agyag felső szintje korábban kiszáradt, és így kissé előterhelt; a középső szintje kevésbé kötött, az alsó szintje és az alatta lévő rétegek közel normálisan konszolidált állapotúak. Az alsó sárga tavi agyag montmorillonit+illit tartalma kisebb a C jelű területen, mint az A és B jelű területen ([2]). A nyírószilárdság és a statikus szonda átlagos ellenállása kisebb a C jelű területen, mint az A és B jelű területen.

Az eredmények szerint a C jelű területen a só %, 1:5 vizes kivonatban mért kation koncentráció, elektromos vezetőképesség és ESP alapján sós a X jelű fúrás két mintája (lásd 2. táblázat), illetve az egyik szikesnek is tekinthető. E fúrás esetén volt „fúrása” mind a statikus szonda csúcs és palást disszipációs kísérletének eredménye, mind az ödométeres relaxációs kísérlet eredménye, mindkettő a szemcseközi kötések romlására, hiányára utal.

A legutolsó, mélyebb feltárások vizsgált rétegei a következők: egy felső 7 m vastag, nagy hézagtényezőjű agyag, egy alsó, 10 m vastag, szegedi viszonyok között „normál” hézagtényezőjű agyag, majd ez alatt 7 m vastag homokos iszap, és egy nagy hézagtényezőjű iszap. A felső agyagréteg plaszticitási indexe 20 és 25% közötti, hézagtényezője pedig 0.98-1.1 közötti. Az alsó agyagréteg plaszticitási indexe 20 és 33% közötti, hézagtényezője 0.74 és 0.87 között változik, ami a szegedi agyagok esetén normálisnak tekinthető (lásd 1. táblázat).

### 4.2 Kompressziós kísérletek

A meghatározott konszolidációs tényező  $c$  a két modell esetén közel azonos, a Bjerrum modell esetén kicsit nagyobb. Értéke kb. feleződik, ha az iszapot, felső agyagot és alsó agyagot tekintjük. Az identifikált konszolidációs tényezők értéke átlagosan  $1E-7$  m<sup>2</sup>/s az iszapra, ennek fele,  $5E-8$  m<sup>2</sup>/s a felső és negyede  $2.5E-8$  m<sup>2</sup>/s az alsó agyagra. Megjegyezzük, hogy a legalsó iszap (46 m) esetén az agyagokra érvényes köztes érték jelentkezik, feltehetően diszpergált állapot miatt, amelyet a nagy hézagtényező jelez. A paraméter meghatározási hiba általában nagyobb a módosított Terzaghi modell esetén, mint a módosított Bjerrum model [16] esetén.

Az A és AC modell mérési adatokra való illesztésével lehetségessé vált a konszolidációs szakaszok alatt mért süllyedések felbontása a különböző süllyedési komponensekre. A süllyedés a feltehetően sós rétegben legalább másfélszer akkora, mint a feltehetően nem sósban. A sós talajban nagyobb a kúszási és kisebb az elsődleges konszolidációs süllyedés nagysága. Részletesebben, az azonnali süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés arány a feltehetően sós agyagban 0,08: 0,724: 0,200, a feltehetően nem sós agyagban 0,12: 0,651: 0,234.

Az azonnali süllyedés: kúszási süllyedés: elsődleges konszolidációs süllyedés arány feltehetően sós iszapban 0,01: 0,826: 0,161, a feltehetően nem sós iszapban 0,00: 0,512: 0,488. Az azonnali süllyedés aránya közel nulla az iszap esetén, ugyanakkor 10 % körüli az agyagoknál, a paraméter hibája relatíve kicsi. E paraméter a talaj drénezetlen kompresszibilitását tükrözi, amelyet a szemcsék és a pórusvíz kompresszibilitása határoz meg. Szemcsés talajok esetén a szemcsék kompresszibilitása elhanyagolható.

### 4.3 Pórusvíznyomás-disszipációs kísérletek

A pórusvíznyomás-disszipációs kísérletre vonatkozó eredmények részletesen láthatók [3-4]-ben, itt röviden ismertetjük. Három mélységben  $u_2$  disszipációs kísérleteket végeztek: a felső agyagrétegben (17 és 25 m között, szürke közepes agyag,  $e=1.08$ ) az alsó agyagrétegben (25 és 35 m között, szürke merev közepes agyag  $e=0.74$ ), és alatta az iszapban-homokban.

Minden mérés „hosszú” volt, és a végértékek alapján minden vizsgálathoz más-más nyugalmi talajvíz-tükör tartozott. Ennek oka a felfelé áramlás, egyezően a kompressziós kísérlet eredményének értékelésénél tapasztaltakkal, ahol sz előterhelést a felfelé áramlás csökkenti.

A görbék alakja [10] szerint osztályozva nem monoton volt a NC agyagban (III és IV típusú), negatív és monoton volt az iszapos homokban (V. típusú). A disszipáció gyorsabb a sós, mint a nem-sós agyagokban. A  $t_{50}$  és  $t_{90}$  disszipációs idők és a  $c$  kapcsolata az CPTu disszipációs kísérletek értékelésének eredménye szerint a sósnak vélt nagy hézagtenyezőjű agyag (szürke közepes agyag  $e=1.08$ ) és a nem sós agyag (szürke merev közepes agyag  $e=0.74$ ) lényegesen eltért. A  $c$  sós talajokban nagyobb volt, a nem sós jellegű talajokban kisebb.

A disszipációs kísérlet esetén alkalmazott három értékelő módszer eredménye kötött talajban jól egyezett. Szemcsés talajban azonban kissé eltérő volt, részben drénezett viszonyok esetén az ismert elméletek nem érvényesek, a  $t_{50}$  közelítő megállapítása csak nagy hibával lehetséges.

## 5. Tárgyalás, összegzés

Az ödométeres kompressziós kísérlet matematikailag pontos értékelésének eredménye szerint a legkisebb a kúszás az alsó, vélhetően nem-sós agyagban (a szegedi viszonyok között „normál” hézagtenyezőjű agyag), és iszapban. Nagy a kúszási hajlam a felső, vélhetően sós agyagban (nagy hézagtenyezőjű agyag) és a legalsó sós iszapban (nagy hézagtenyezőjű iszap), a süllyedés e rétegekben legalább másfélszer akkora, mint a nem-sós rétegekben. A konszolidációs tényező kisebb a vélhetően nem sós talajokban, mint a vélhetően sós - nagy hézagtenyezőjű - talajokban, mind labor, mind helyszíni kísérletből identifikálva. A konszolidációs tényező kisebb labor kísérletből identifikálva, mint a helyszíni, pórusvíznyomás disszipációs kísérletből meghatározva.

A vizsgált területet korábban nem hozták kapcsolatba a só-felhalmozódással, illetve a szikesedéssel. Az itt közölt első talajkémiai vizsgálati eredmények C jelű területen mélységi sós és szikes rétegek jelenlétét igazolják. A sótartalom eltérő lehet a különböző rétegekben. A C jelű területtel szomszédos mély feltárás esetén tehát valószínűsíthető egyes rétegek sós jellege, e feltevés helyessége ellenőrizendő. Geokémiai kísérlettel tisztázandó, hogy mennyiben határozza meg a hézagtenyező nagy értéke a talajréteg esetleges sós jellegét.

Végül egy általános megfigyelés. A disszipációs görbe alakja iszapban és homokban végig negatív. Ez a csúcs alatti összenyomódás drénezett jellegével függ össze, a palást körüli talaj emiatt túlkonzolidált. A nyírás során fellépő dilatációval és a talajt alkotó szemcsék kis kompresszibilitásával magyarázható a negatív érték, amit a kompressziós kísérlet értékelése is igazol, az azonnali összenyomódás ugyan. Ez utóbbit az e talajokban végzett ödométeres kompressziós kísérlet is igazolja. A matematikailag pontos értékelés eredménye szerint az iszapokban szinte nincs azonnali összenyomódás, az agyagokban van.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA 1456/86 és OTKA T 023119 támogatásával készült.

## 6. Hivatkozások

- [1] Rétháti, L.; Ungár, T. (1978). Large settlement's soil physical data Építés-Építésztud, X. (1-2) In Hungarian.
- [2] Imre, E. (1995). Statistical evaluation of simple rheological CPT data. Proc. Of XI. ECSMFE, Copenhagen, 1, 155-161.
- [3] Imre E. Firgi, T., Juhász M., Hazay M., Hegedűs M., Bakacsi Zs., Singh V. G. (2014). CPTu pore water pressure dissipation tests in saline environment. CPT14.
- [4] Imre E., Juhász M., Józsa V., Hegedűs M., Bíró B., Singh V. G. (2014). CPTu tests and CPT simple dissipation tests in saline environment. CPT14.
- [5] Arany, S., (1956). Salt-affected Soils and Their Reclamation. (In Hungarian) Mezőgazd.Kiadó, Budapest.
- [6] Ballenegger R.; Finály I., (1963). A magyar talajtani kutatás története 1944-ig, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [7] Szendrei G. et al., (2001). Sókiválások hazai elterjedése. In: Földrajzi kutatások, Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2001. okt. 25–27. Absztrakt. 177–178.
- [8] Simon, Sz. (2010). Characterization of groundwater and lake interaction in saline environment. Kelemenszék Lake, Danube-Tisza Interfluve, Hungary. PhD Th. Eötvös Loránd U, Budapest, 167 p.
- [9] Simon, Sz. Mádl-Szőnyi, Müller, I., Pogácsás, Gy. (2011). Conceptual model for surface salinization in an overpressured and a superimposed gravity-flow field, Lake Kelemenszék area, Hungary Hydrogeology Journal. 19: 701–717.
- [10] Sully J P, Robertson P K, Campanella R G, Woeller D J (1999). An approach to evaluation of field CPTU dissipation data in overconsolidated fine-grained soils, Can. Geotech. J. 36: 369–381.
- [11] Teh, C.I. and Houlsby, G.T. (1988). Analysis of the cone penetration test by the strain path method, Proc. 6th Int.
- [12] Imre, E., Rózsa, P., Bates, L., Fityus, S. (2010). Evaluation of monotonous and non-monotonous dissipation test results, COGE. 37: 885-904.
- [13] Imre E, Schanz T, Hegedűs Cs. (2013). Some thoughts in non-linear inverse problem solution. EURO:TUN 2013. Bochum, Németország, 2013.04.17-2013.04.19. pp. 357-365.
- [14] Imre, E., Vijay P. Singh and Fityus S. (2013). The modelling of some point-symmetric tests 166-185. Proc. of the 3rd Kézdi Conference, Budapest, Hungary, 2013.05.28. ISBN 978-963-313-081-0
- [15] Imre E., Schanz T. and Vijay P. Singh Evaluation of staged oedometric tests 251-268. Proc. of the 3rd Kézdi Conference. Budapest, Hungary, 2013.05.28. ISBN 978-963-313-081-0.
- [16] Bjerrum, L. (1967). Engineering geology of normally consolidated marine clays as related to settlements of buildings. Seventh Rankine Lecture. Geotechnique, 16(2): 83-118.