

A Balatonakarattya-Balatonfűzfő közötti vasúti pályaszakasz állékonysága, a magaspart vonulat csapadék-elmozdulás összefüggései a 20. században

The stability of the railway section between Balatonakarattya and Balatonfűzfő, correlations of precipitation and displacement of the high shores in the 20th century

KÁPOLNAINÉ NAGY-GÖDE Fruzsina¹, Dr. TÖRÖK Ákos²

1,2: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 1., tel.: +36 1 463 1447, fax.: +36 1 463 3006

1: nagy-gode.fruzsina@edu.bme.hu

2: torok.akos@emk.bme.hu

<https://epito.bme.hu/geotechnika-es-mernokgeologia-tanszek>

Abstract

Coastal slopes are areas prone to landslide, which stability issues require technical control especially when their movements endanger infrastructure and/or residential areas. Such an area in Hungary is the Eastern Basin of Lake Balaton, where the railway line on the slope, elsewhere on the foot of slope, has already been the site of many mass movements, thus, the study and understanding of movement processes is extremely important in order to prevent further damage events.

Keywords: Lake Balaton, high shore, railway line, slump, precipitation

Kivonat

A part menti lejtők mozgásra hajlamos területek, melyek stabilitási kérdései kapcsán műszaki kontroll szükséges, különösen mikor azok mozgásai infrastruktúrát és/vagy lakott területet veszélyeztetnek. Ilyen terület Magyarországon a Balaton Keleti medencéje, ahol a magaspartok lejtőjén, máshol előterében vezetett vasútvonal már számos suvadás helyszíne volt, így a mozgásfolyamatok tanulmányozása, megértése a további káresemények megelőzése érdekében rendkívül fontos.

Kulcsszavak: Balaton, magaspart, vasútvonal, suvadás, csapadék

1. BEVEZETÉS

A lejtőmozgásos területek rengeteg út- és vasútvonalat veszélyeztetnek az egész világon. Az utóbbi években a társadalom infrastrukturális igényeinek és lehetőségeinek fejlődésével egyidőben egyre több utakat veszélyeztető tömegmozgás következik be különösen a hegyvidéki [1,2] és partmenti [3,4] területeken.

A Balaton menti magaspartok mozgásainak kutatása is infrastrukturális igényekhez köthető, hiszen kutatásuk egy időben kezdődött a területen a vasútépítéssel, az 1860-as években. A vasútépítés előtti mozgások és a vasútépítés közben bekövetkezett partrogyásnak (1908) köszönhetően a vasútvonal építéskor számos állékonyságnövelő beavatkozás történt, a nyomvonalat is újratervezték, hogy elkerülhessék a lejtőmozgásokat, de a mozgások a 20., sőt 21. századba is bekövetkeztek, bekövetkeznek.

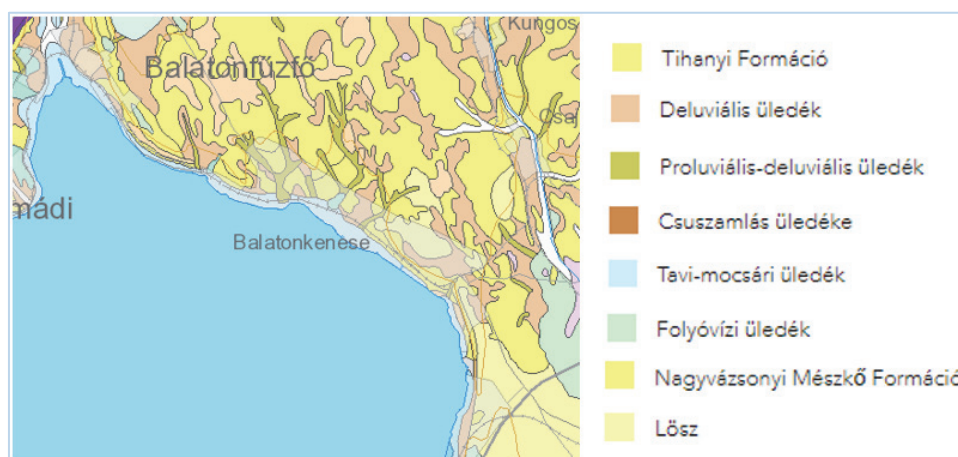
Az 1. ábrán pirossal kiemelve a vasútvonal Balatonakarattya-Balatonfűzfő közötti szakaszát láthatjuk. Ez alatt a zöld poligonok az országos felszínmozgás kataszterben nyilvántartott mozgásveszélyes területeket jelölik. Láthatjuk tehát, hogy az említett szakaszon a vasútvonal közel fele felszínmozgás veszélyes területen halad, amely mozgásveszélyes zóna Balatonaliga, Balatonvilágos fele is folytatódik.



1. ábra. A Balatonakaratya-Balatonfüzfő közötti vasúti pályaszakasz Magyarország Felszínmozgás Kataszter térképén [5]

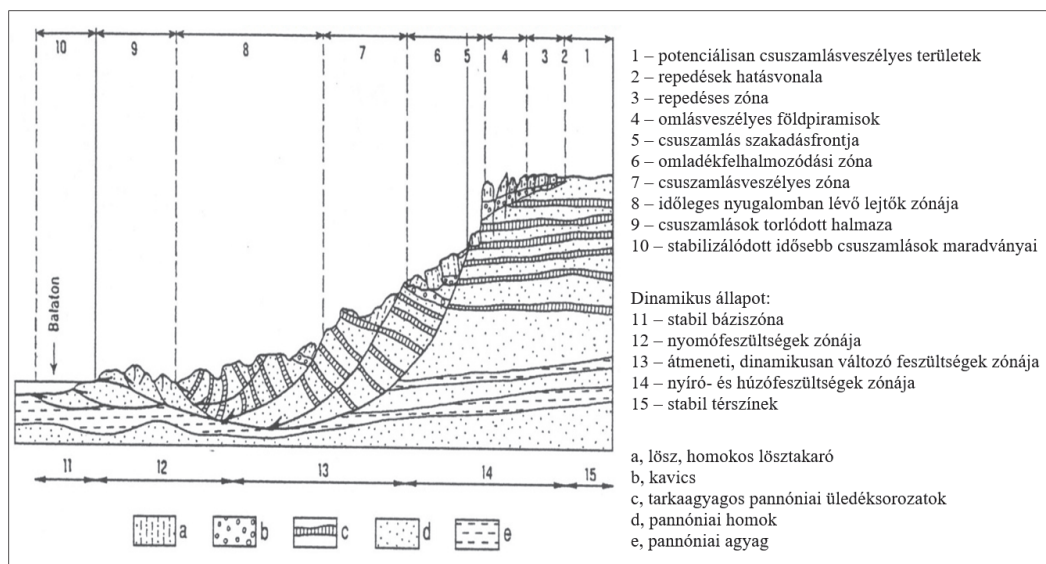
2. FÖLDTANI, GEOMORFOLÓGIAI ÉS HIDROGEOLOGIAI VISZONYOK

A keleti medence magaspartjainak felépítésében túlnyomórészt a Tihanyi Formáció üledéksorozatai (agyag, homok, iszap) vesznek részt. A Tihanyi Formáció rétegei a Pannon-tóba érkező deltákhoz kapcsolódó változatos öskörnyezetben paraszekvenciák soraként rakódtak le. A rétegsor különböző szemcseméretű, de uralkodóan finomhomokos és közetlisztes üledékekből áll. [6] A Tihanyi Formáció rétegeire eltérő vastagságú negyedidőszaki képződmények települnek (2. ábra). A jégkorszak hideg szelei vékony lösztakarót képeztek, ami sok helyen már lepusztult, másutt is csak maximum néhány méter vastagságban van jelen. A legfelső löszös-homokos üledéktakarót pleisztocén patakmedrek durva, kavicsos-törmelékes mederkitöltések tagolják. Alatta tavi-mocsári-szárazföldi tarkaagyagok települnek, míg mélyebben homok és agyag rétegek váltakoznak, alatta iszaprétegek lignites betelepülésekkel. [7]



2. ábra A Balaton keleti medencéjének földtana

A magaspartok mai formája mozgalmas felszínfejlődés eredménye. A Balaton keleti medencéjében a jellemző mozgásforma a szeletes forgó-kibillenő mozgás, suvadás, aminek következtében az eredeti geológiai szerkezet dőlése jelentősen megváltozik (3. ábra), létrehozza a kevert anyagú törmelékletjt, amiben a geológiai, talajmechanikai korreláció már nem lehetséges. A suvadások csúszólapja mindig az átázás mértékének és a pillanatnyi erőviszonyoknak megfelelő helyen alakul ki [8] és ifj. Lóczy felhívta a figyelmet arra, hogy gyakran a Balaton fenékszintje alá nyúlik [9] ami következtében a mederfelemelkedés a múltban szigeteket hozott létre. Balatonakaratya előtt Müller Ignác 1769 évi térképén még két jelentősebb sziget is volt, melyek az 1800-as évek közepére elhabolódtak.



3. ábra A suvadások geomorfológiai modellje [10].

A korábbi mozgások által alakított magaspartok morfológiai alapon előtéri területre, törmeléklejtőre, partfal lejtőre és a partél és a mögöttes területre oszthatóak. Az előtéri területen a talajvíz nyílt tükrű, szintje a Balaton vízszintjétől függ. A törmeléklejtőben és a mögött már rétegvizek jelennek meg, melyek nyomás alatt és a Balaton felé áramlanak, néhol forrásként lépnek a felszínre.

Az agyag rétegek vízvezető homok rétegekkel váltakoznak. Az ilyen rétegekben lévő talajvíz összekötésben van a magasabban fekvő talajvízzel így nyomása annak megfelelő. [11] Jáky [9] azokat a vizeket tartja legveszedelmesebbnek, melyek nem törnek fel forrás alakjában a felszínre, mert ezek a víz eséséből származó lejtő-irányú komponensen kívül az agyagtalajokat teljes hosszukban átáztatják. [9] A törmeléklejtő kevert anyagában a zavart talajrétegzés miatt feltehető, hogy a rézsű talajában vannak olyan elzárt jó vízvezető homok és homokliszt lencsék, melyekben a víz nyomás alatt állhat. [11]

3. A VASÚTVONALAT VESZÉLYEZTETŐ MOZGÁSOK, KÁRESEMÉNYEK

3.1. A múlt század káreseményei

Már a 19. század második felében is több jelentős suvadást, omlást megfigyeltek, magyaráztak, tanulmányoztak a mérnökök a Balaton keleti partjánál is, azonban a legtanulságosabb esetek itt is a vasútépítés kapcsán mutatkoztak meg az 1900-as években. [12] A vasútépítés idején 1908 tavaszán Balatonakarattyán körülbelül 400 méter hosszúságban rogyott le a part (4/b, ábra) amelyben a vasúti bevágást kialakították. A mozgás előjel nélkül, halkan nesztelenül történt, és napokig nagy porfelleget hagyott. A csúszólap megemelte a tó medrét ami valóságos kis antiklinálisként emelkedett ki a vízből ezzel gátat alkotva, míg a hullámok évek alatt leépítették azt. Ez a mozgás miatt a pálya nyomvonalát újratervezték, 30 méterrel beljebb a hegyoldal felé helyezték és egy közel 100 méteres alagúttal fűrték át az 1869-es és 1908-as suvadások között megállva maradt partfalat. [11,12]

1909-ben már használatban volt a vasútvonal. Néhány éven belül, 1914 tavaszán Balatonfűzfő és Balatonkenese között csaknem félmillió köbméternyi föld jött mozgásba, s tolt 40 méterrel a Balaton felé a vasúti pályát, s a pályán haladó gőzmozdonyt a tóba fordította percek alatt. (A mozdonyvezetőnek köszönhetően személyi sérülés nem történt.)

Az említett két eseten túl még számos mozgás sújtotta a tó medencéjét lezáró magaspart vonulatot. A 4.a, áran az 1979 előtti mozgások időpontjait láthatjuk.

A csapadék erodálja a lejtő felszínét, továbbá utánpótlást jelent a Balaton felé áramló rétegvizeknek, melyeknek így a törmeléklejtőben torlódva a megnövekedett csapadékmennyiség megemeli a pórusvíznyomását, ami nagyban növeli a lejtőmozgások kockázatát. Az állékonyság megőrzése érdekében a magaspartokon víztelenítő rendszerek működnek: víztelenítő vágat, övárók, szivárgó rendszer a vasúti pálya mentén, víztelenítő táró, gyűjtő akna, elvezető csatorna. Ezek rendszeres karbantartása létfontosságú.

3.3 Az utóbbi évek megfigyelései, eseményei

Az utóbbi évek helyszíni megfigyelései során lejtőmozgásra utaló jeleket figyeltünk meg. Balatonakarattyán a lejtő lábánál található támfal repedezett, több helyen szétnyílt, kisebb törmelékek vannak mozgásban, mely jelek egy talpponti csúszólap menti mozgási folyamatra utalhatnak. Helyenként szivárgó vizek jelennek meg, amik a lefolyással kissé erodálják a felszínt. A lejtőn görbült törzsű fák, repedezett, meggörbült korlátok (6. ábra) utalnak lassú kúszó mozgásra. A partélen lokális suvadások nyomait fedeztük fel. [17]



6. ábra Görbült törzsű fák a balatonakarattyai magaspart szakaszon

A mozgások valóban folytatódtak a 21. században is. Ennek szemléltetésére Balatonakarattya területéről mutatok be néhány tömegmozgásos eseményt. 2010 májusában 70 méter szélességben megcsúszott a vasúti pálya és a vasút alatti területen omlás, törmelékcúszás következett be. 2011 márciusában 100 méteres hosszban következett be suvadás. a vasúti pályaszakaszt cölöpökkel és injektálással állították helyre. 2014-ben gabion támfal épült az egyik utca megtámasztása érdekében. 2017-ben 200-300 m³ földanyag csúszott meg szabálytalan esővíz elvezetés miatt.

Egy Balatonakarattyá-Balatonkenese határán vizsgált mérnökgeológiai szelvény modellezési eredményei több geotechnikai szofverben (Plaxis, Geo5, Rocscience Slide2) is kimutatták, hogy a magaspart állékonysága nem megfelelő, nem éri el az Eurocode 7 által előírt 1,35-ös értéket. A legnagyobb valószínűséggel a partél lokális suvadása következhet be a vasút feletti szakaszon, aminek kockázatát növeli a csapadékos időszak, a rétegek átázása, telítettsége. Globális talpponti tönkremenetel is kialakulhat több csúszólap geometriával is, melyek közül a törmeléklejtőben való tönkremenetel összetett csúszófelülete mentén egy nagyon lassú mozgást egy inklinométer mérőkútban mért elmozdulásgörbék is kimutatnak [18]. A modellezések egy mélyebb fekvésű köríves talpponti csúszólapot is kirajoltak. A megbízhatósági index alapján a vizsgált magaspart szakasz nem stabil, azonban a tönkremenetel valószínűsége csupán 0,2%, ami Adams [19] alapján stabil lejtőt jelent.

4. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A Balaton keleti medencéjét egy jellegzetes magaspart vonulat zárja le, mely morfológiai és földtani adottságai miatt mozgásveszélyes terület. Az 1900-as évek elején a Balaton északi partján is megépült a vasútvonal, melynek munkálatai közben tömegmozgások következtek be, így a tervezett pályát módosítani kellett, azonban az átadás után néhány évvel újabb lejtőmozgás történt, mely ekkor már vonat balesetet is okozott. A lejtőmozgások a 20-21 században is folytatódtak. A magaspartot időszakos mozgás jellemzi, csapadék időszakok és a feljegyzett mozgások között egyértelmű kapcsolat látható, miszerint a mozgások az átlagostól csapadékosabb időszakok, évek után következtek be. A magaspartok bejárásakor több mozgásforma jelei is megfigyelhetők, melyeket geotechnikai modellezések és monitoring mérési eredmények is alátámasztanak. A Keleti medence magaspartjainak mozgásaira az utóbbi években is több példa volt. Korábbi szakirodalmi feljegyzések, helyszíni megfigyeléseink, modellezés és monitoring eredmények alapján a magaspartot összetett

komplex mozgásorma (kúszás, partél suvadása, globális suvadás) jellemzi, vasútvonalat veszélyeztető nagyobb mozgás bekövetkeztének kockázatát nagyban növeli a csapadékos időjárás.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta (BME TKP2020 BME-IKA-VIZ kutatási projekt, VIZ-08 altéma).

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Muceku, Y., Jaupaj, O. *Landslide Hazard Zonation Along Milot-Kukës Motorway, Albania*, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 62(4), pp. 1083-1095, 2018. <https://doi.org/10.3311/PPci.11914>
- [2] Li, C., Long, J., Liu, Y. et al. *Mechanism analysis and partition characteristics of a recent highway landslide in Southwest China based on a 3D multi-point deformation monitoring system*. In: Landslides (2021). <https://doi.org/10.1007/s10346-021-01698-2>
- [3] Gómez-Gutiérrez A & Gonçalves G. R. *Surveying coastal cliffs using two UAV platforms (multicopter and fixed-wing) and three different approaches for the estimation of volumetric changes*, International Journal of Remote Sensing, 41:21, 8143-8175, 2020 DOI: 10.1080/01431161.2020.1752950
- [4] Barlow, J., J. Gilham, and I. Ibarra Cofrá. 2017. *Kinematic Analysis of Sea Cliff Stability Using UAV Photogrammetry*. International Journal of Remote Sensing 38: 2464–2479. doi:10.1080/01431161.2016.1275061. <https://mbfsz.gov.hu/hatosagi-ugyek/nyilvantartasok/orszagos-felszinmozgas-kataszt7> (utolsó letöltés: 2021.05.14.)
- [6] Sztanó, O., Magyar, I., Szónoky, M., Lantos, M., Müller, P., Lenkey, L., Katona, L., Csillag, G. *A Tihanyi Formáció a Balaton környékén: típusjelvény, képződési körülmények, rétegtani jellemzés*, Földtani Közlöny 143/1 pp. 73-98. Budapest, 2013
- [7] Juhász, Á. *Településeket, létesítményeket veszélyeztető tömegmozgások a balatoni magaspartok mentén*, Földrajzi közlemények 128. 1-4. pp. 19-30., Budapest, Hungary, 2004
- [8] Galli, L. *A dunai és balatoni magaspartok állékonyságának törvényszerűségei*, Hidrológiai Közlöny 32. 11-12. pp. 409-415. Budapest, Hungary, 1952.
- [9] Domján J.-Pappfály F. *A balatonfüzfüi magaspart talajmechanikai vizsgálata*, Hidrológiai Közlöny 33. 9-10. pp. 389-395,11-12. pp. 459-471. 1953
- [10] Juhász Á. 1978a: Magyararzó Balaton füzfü és környéke felszínmozgásos geomorfológiai térképéhez. - In: Magyarországi felszínmozgásos területek térképezése. MTA FKI, Budapest, 20 p.
- [11] Kézdi, Á., *A Balaton északkeleti peremén bekövetkező mozgások vizsgálata*, Hidrológiai Közlöny 32. 1952. 11-12. 1952
- [12] Lóczy, L. *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. 1.1.* 618 p., Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, Budapest, 1913.
- [13] https://map.mbfisz.gov.hu/FDT_veszely_oroszag/
- [14] Toborffy, G., *A balatoni partrogyások sztatikai és hidrológiai viszonyai*. MÁFI Évi Jel. 1917-19-ról, pp. 162-169. 1921
- [15] Juhász Á. 1999: *A klimatikus hatások szerepe a magaspartok fejlődésében*. - Földtani Kutatás 36. 3. pp. 14-19.
- [16] Géruzsz T, Géruzsz M.. *Geotechnikai szakvélemény a Balatonakarattyá-Balatonkenese mozgásveszélyes magaspartjainak vizsgálatáról*, Multi-Fauna Kft, Budapest 1-34., 2002
- [17] Nagy-Göde, F. *A balatonakarattyai magaspart állékonyságának elemzése*, In: Török Ákos (szerk.) Mérnökgeológia új eredményei, Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 2020
- [18] Kápolnainé Nagy-Göde, F. & Török, Á *The probabilistic analysis of steep lakeside slopes; geotechnical-geological-hydrogeological constraints and numerical analysis, an example from Hungary*, In Rocscience International Conference, Taylor & Francis, 2021
- [19] Adams B. M. *Slope Stability Acceptance Criteria for Opencast Mine Design, Australia New Zealand, Conference on Geomechanics At: Wellington, New Zealand Volume: Paper No. 120, 2015*