

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
KITAIBEL PÁL KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA
GEOKÖRNYEZETTUDOMÁNYI PROGRAM

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A NÖVÉNYZET SZEREPE A FÖLDCSUSZAMLÁSOK
KIALAKULÁSÁBAN**

BÓDIS VIRÁG BERENIKÉ

TÉMAVEZETŐ:

Dr. Mentés Gyula

Sopron, 2014

I. A kutatás aktualitása és előzményei

A földcsuszamlások száma és az általuk okozott károk nagysága évről évre nő, és a klímaváltozás hatásai csak erősítik ezt a tendenciát. A probléma már nem csak a trópusi éghajlaton, hanem a mediterrán területeken is megjelent. Aktuálissá vált a tömegmozgásos folyamatok e fajtáinak jobb megismerése, a rá ható tényezők vizsgálata, valamint olyan környezetbarát védekezési módszerek kifejlesztése, melyekkel az okozott károk hatékonyan csökkenthetők.

Napjainkban egyre nagyobb számban jelennek meg olyan cikkek, melyek arról szólnak, hogy a csuszamlással veszélyeztetett területeken, milyen és mekkora szerepet játszanak a környezeti paraméterek. Kevés azonban az olyan tanulmány, amely a hosszú periódusú mozgások lefolyása mellett a rövid periódusú, pl. napos mozgásokat is vizsgálja. Különösen kevés azon tanulmányok száma, amelyek a környezeti paraméterek, valamint a növényzet élettani folyamatai és a földcsuszamlásos folyamatok közötti kapcsolatot elemzi.

A megelőzéssel kapcsolatos kutatásoknál hosszú ideig többnyire a mesterséges módszerek domináltak, azonban napjainkban egyre több vizsgálat irányul a természetes és tájba illeszthető megoldások, így a növényzet felé. Ezek a kutatások a növényi gyökérzetet veszik alapul és nincsenek tekintettel a növényi életfolyamatokra, amelyek nagy szerepet játszanak a talaj vízháztartásában. Ily módon a talajszemcsék közti összetartó erőkre is nagy hatással vannak, melyek kulcstényezők a lejtők stabilitása szempontjából.

Mivel Magyarországon is évről évre egyre többször előforduló, és egyre nagyobb tömeget megmozgató földcsuszamlások (Dunaszekcső 2008.02.12., Szentendre 2010.05.15., Kulcs 2011.01.17., Dunaszekcső 2011.04.04.) jelentkeznek, ezért nálunk is a legfontosabb veszélyforrásként tartható számon. Emiatt választotta az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet egyik fő kutatási témájának a tömegmozgásos folyamatok e csoportjának kutatását és emiatt lett doktori munkám témája is.

A kutatást nehezítette, hogy a földcsuszamlások a környezetükben bekövetkező legkisebb változásra is érzékenyen reagálhatnak, így a környezeti paramétereket nem csak önálló tényezőként, hanem összefüggő rendszerként is kellett vizsgálnom, kimutatva több környezeti paraméter együttes hatását a dőlési értékekre.

Másfél éves egyetemi-, valamint négy éves doktori munkám keretében vizsgáltam a különböző meteorológiai és hidrológiai paraméterek hatását növényzettel borított, földcsuszamlással veszélyeztetett lejtős területeken, valamint tanulmányoztam, hogy a különböző növényfajok milyen hatással vannak a lejtős területek stabilitására.

II. Célkitűzések

Kutatásaimnak két fő célja volt. Egyik, hogy átfogóbb ismereteket szerezzek azokról a környezeti paraméterekről (hidrológiai és meteorológiai), amelyek hatással lehetnek a növényzettel borított lejtős területeken a talaj stabilitására. Ezen belül a különböző paraméterek egyéni hatását vizsgálni, illetve bemutatni azt is, hogy milyen mértékben változik egyéni hatásuk abban az esetben, ha egységként (környezeti rendszerként) vizsgáljuk őket, mely során figyelembe vesszük a területek növényi borítottságát is.

Másik céлом egy olyan módszer alapköveinek letétele volt, amellyel osztályozni lehet a növényfajok lejtőstabilitást befolyásoló hatását különböző tulajdonságaik alapján (magasság, gyökérmagyság, párologtató felület, stb.). Ezzel megteremtve egy természetes védekezési módszer alapjait, amely az eddigieknél hatékonyabban lenne alkalmazható földcsuszamlásra hajlamos területek stabilizálására és, amely az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásoknak is jobban megfelelhet.

A leírtak alapján a konkrét célkitűzéseim a következők voltak:

- A napos illetve hosszabb periódusú dőlési értékek vizsgálata különböző típusú földcsuszamlással veszélyeztetett területeken. Az esetlegesen előforduló tendenciák és kiugró értékek vizsgálata és magyarázata a különböző meteorológia és hidrológiai paraméterekkel.
- A különböző környezeti paraméterek önmagukban milyen és mekkora hatással vannak a mért dőlési értékekre? A csapadék, talajnedvesség és hőmérséklet mellett vizsgálni a szél és a növényi párologtatás hatását is.
- Mely meteorológiai, ill. hidrológiai paraméternek van a legnagyobb hatása lejtős területeken?
- A környezeti tényezők milyen és mekkora mértékben módosulnak, ha a más tényezőket is (pl. csapadék – talajnedvesség – talajvíztartalom – levegő hőmérséklete kapcsolata) figyelembe vesszük?
- A hidrológiai és meteorológiai paraméterek hatása milyen és mekkora mértékben módosul, ha a növényzetet is figyelembe vesszük a vizsgálatoknál?
- Osztályozási rendszer létrehozása, mellyel kimutatható, hogy mely növény fajok hatnak pozitívan vagy negatívan a lejtők stabilitására.

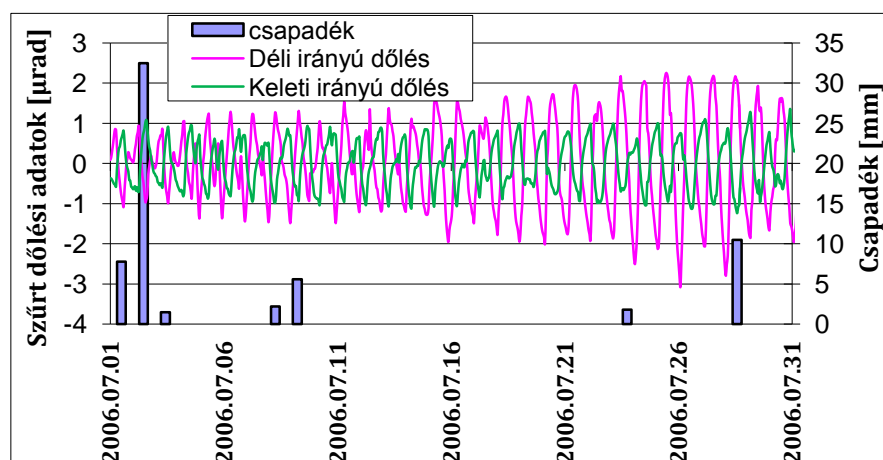
III. Az önálló kutatási eredményeket magában foglaló tézisek

Munkám során három vizsgálati terület regisztrált dőlési adatsora, valamint a mért környezeti paraméterek és a különböző növényzet lehetőséget adott arra, hogy különböző tulajdonsággal rendelkező területeken vizsgáljam a földcsuszamlások érzékenységét a növényzet, valamint az azon keresztül ható környezeti tényezők megváltozására. Ezen kívül, hogy a különböző növényfajok hatását vizsgáljam és kategorizáljam a lejtők stabilitására.

Vizsgálati területeimen a dőlési regisztrátumokat alul- vagy felüláteresztő szűrővel szűrtem, a vizsgálandó jelenség frekvenciájának megfelelően. A mért, ill. a szűrt adatsorokat különböző statisztikai módszereknek vettem alá, hogy a paraméterek közvetlen és a növényzeten keresztüli hatását vizsgálhassam. Annak érdekében, hogy kimutathassam, mely paraméternek van a legnagyobb hatása a lejtő stabilitására főkomponens analízist alkalmaztam. A környezeti paraméterek és a dőlési értékek közötti kapcsolat kimutatására Pearson korrelációt és Spearman rangkorrelációt használtam. Az adatok feldolgozását és kiértékelését Microsoft Excel, valamint MATLAB program megfelelő függvényei segítségével végeztem. Az ábrák egy részét AutoCad program segítségével készítettem.

A doktori munka különböző fázisait és eredményeit a következő tézisekben foglalom össze:

1. Az eddigi kutatások nagy jelentőséget tulajdonítottak a csapadék talajlazító hatásának, azonban vizsgálataim során **kimutattam, hogy amíg a csapadék a kis léptékű (órás, napos) dőlési értékek menetét jelentős mértékben megváltoztatja (csökkenti) (1. ábra), addig a nagyobb léptékű dölések értékében közvetlen módon nem okoz változást.** Módosító hatását ekkor azzal fejtí ki, hogy a talajvíz tartalmát növeli. A Hidegvíz-völgyi területre kiszámoltam a csapadék intenzitását és a talajvíz tartalom változását, mely segítségével bizonyítottam fenti állításomat.



1. ábra. A csapadék hatása a dőlési amplitúdók nagyságára (Dunaföldvár)

2. **Főkomponens analízis segítségével bizonyítottam, hogy az összes vizsgált paraméter közül a talajvíztartalomnak van a legnagyobb hatása a lejtődőlés értékére.** Míg a második legnagyobb hatással a levegő hőmérséklete volt. **Ezt Spearman korrelációval, és Pearson-féle rangkorrelációval is alátámasztottam** (1. táblázat). A Hidegvíz-völgyi adatok segítségével **kimutattam, hogy a talajvíztartalom mennyiségében akkor következett be változás, ha az intenzitás 5-10 mm/nap felett volt.** Ez alatt túl kevés volt a csapadék, hogy átáztassa a talajt, míg felette túl intenzív volt az eső, hogy beszivároghasson a lejtőn a talajba és leginkább elfolyt a felszínen.

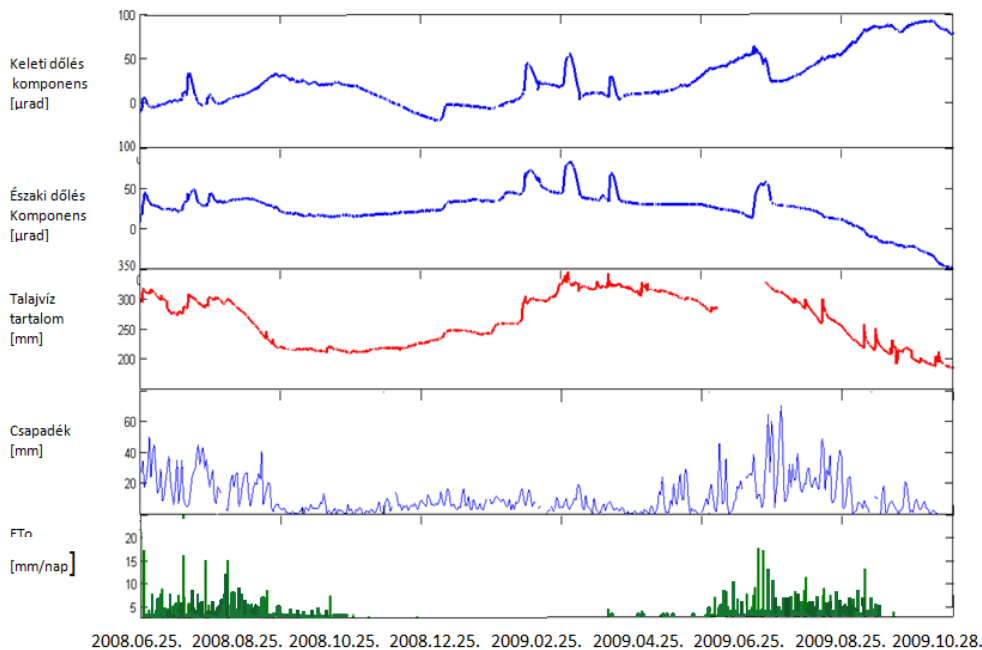
1. táblázat. *Korrelációs együtthatók, a dőlési komponensek és a mért paraméterek közötti kapcsolat Pearson és Spearman rangkorrelációval számítva*

Korreláció	Dőlési	Adat	TVT	TH	LH	ÉSZS	KSZS	Cs	ET ₀
Pearson	K	Nyers	-	0,467	0,337	0,035	0,088	-	-
		Napos	-	0,468	0,345	-	-	0,027(N)	0,079(N)
		Alul-szűrő	-	0,471	0,347	0,044	0,121	-	-
		Felül-szűrő	-	0,005(N)	0,138	0,036	-0,023	-	-
	É	Nyers	0,718	-0,592	-	0,151	-0,191	-	-
		Napos	0,712	-0,597	-	-	-	0,067(N)	0,006 (N)
		Alul-szűrő	0,719	-0,590	-	0,190	-0,262	-	-
		Felül-szűrő	0,099	0,010(N)	0,079	0,003(N)	-	-	-
Spearman	K	Nyers	-	0,458	0,348	0,102	0,092	-	-
		Napos	-	0,459	0,347	-	-	0,029(N)	0,034(N)
		Alul-szűrő	-	0,460	0,349	0,121	0,112	-	-
		Felül-szűrő	0,024	0,087	0,282	0,013(N)	0,008(N)	-	-
	É	Nyers	0,729	-0,616	-	0,126	-0,136	-	-
		Napos	0,726	-0,618	-	-	-	0,055(N)	0,066(N)
		Alul-szűrő	0,740	-0,613	-	0,169	-0,135	-	-
		Felül-szűrő	0,003	-0,122	0,084	0,013(N)	-	-	-

Megjegyzés: TVT: talajvíz tartalom, TH: talaj hőmérséklet, LH: levegő hőmérséklet, ÉSZS: északi irányú szélesség komponens, KSZS: keleti irányú szélesség komponens, Cs: csapadék, ET₀ számított evapotranszpiráció. (N): nincs szignifikáns kapcsolat, Alul-szűrő: aluláteresztő- szűrő, felül-szűrő: feluláteresztő szűrő

3. **A Hidegvíz-völgyi mérések alapján bizonyítottam, hogy a növényzetten keresztül a szélesség is hatással van a talajdőlési értékekre, ám ezt a hatást csak magas talajvíztartalom esetén és leginkább a növényzet aktív (lombos) időszakában fejtí ki, amikor a fákat lombkoronájuk miatt nagyobb mértékben képes ingatni. Kimutattam, hogy a dőlési értékekben okozott változás nem csak a szél sebességétől, hanem annak irányától és időtartamától is függ.** Hosszabb ideig tartó nagy sebességű szél, ill. a fákat lejtő irányba döntő szél okozhat maradandó változást a dőlési értékek menetében.

4. Thornthwaite és Penmann-Monteith módszerek segítségével kiszámítottam a három vizsgálati terület párologtatását. **Kimutattam, hogy a növényzet, az életfolyamataival (felszívás és párologtatás) nagymértékben befolyásolja a talaj víztartalmát, ami, mint korábban említettem, legnagyobb hatással van a stabilitásra (2. ábra). Bizonyítottam, hogy a dőlési értékek mindhárom vizsgálati területen hasonló éves periodicitást mutatnak, mint a növényi életfolyamatok (tavasszal növekvő dőlési értékek, ősztől csökkenő) (2. és 3. ábra), ami azt jelenti, hogy a növényzet hatását is fontos ható tényezőként kell kezelni csuszamlás-veszélyes területeken.**



2. ábra. A napos evapotranszpiráció, a csapadék, a talajvíztartalom, valamint a napos keleti és északi dőlés amplitúdók

5. **Fuzzy-logikán alapuló módszert dolgoztam ki a különböző növényfajok csuszamlás kialakulását elősegítő vagy csökkentő hatásának elemzésére.** A különböző növényfajok szakirodalmi adatai alapján vizsgáltam, a dunaföldvári és dunaszekcsői teszterületek növényfajait. **Eredményeim alapján mindkét területen az akác és a dió pozitív fajnak tekinthető a csuszamlásos folyamatok elleni védekezésben, míg a szőlő, az alma és a körte negatívan hat a lejtő stabilitására. A többi faj hatása pedig a negatívan és pozitívan ható fajok közelségétől és egyedszámától függ (2. táblázat).** Elméleti eredményeim helyességét a teszterületeken található korábbi csuszamlások nyomai is igazolják. A módszer továbbfejlesztésével egy hatékony természetes védekezési módszert lehetne a jövőben kialakítani.

2. táblázat. *A különböző fajok defuzzifikált értéke és hatása a stabilitásra*

faj	defuzzifikált érték	hatás a stabilitásra
gyalogakác	0,821	pozitív
alma	0,107	negatív
bálványfa	0,50	semleges
zöld juhar	0,50	semleges
cseresznye	0,50	semleges
barack	0,50	semleges
körte	0,0975	negatív
szilva	0,50	semleges
meggy	0,50	semleges
királydió	0,804	pozitív
szőlő	0,082	negatív

IV. Az eredmények hasznossága

A földcsuszamlások kialakulását számos tényező együttes hatása okozza. Környezetük legkisebb megváltozására is érzékenyen reagálnak. A pontos kapcsolatok kutatásakor bonyolult rendszerek egymást módosító hatásait kell feltárnunk. Ennek első lépcsőfokát adják doktori munkám eredményei, melyek segítségével lehetőség nyílik arra, hogy a környezeti változásokat figyelembe véve közelebb kerülhessünk a megoldáshoz, hogy bizonyos területekről megmondhassuk, hogy a jövőben földcsuszamlással veszélyeztetett területté válhatnak-e. Ezek az eredmények a földcsuszamlások előrejelzésében is nagy szerepet játszhatnak, mivel környezeti küszöbértékeket állíthatunk fel velük a további kutatások során.

A növényzet osztályozásával kapcsolatos eredményeim pedig egy jövőbeni természetes módszerhez szolgálhatnak alapul, mellyel sikeresebben védekezhetünk a tömegmozgások ellen a tájba-illeszthetőség kérdéskörén belül maradván.

V. A doktori értekezés témájában készült publikációk jegyzéke

Lektorált, idegennyelvű folyóiratcikk

1. **Bódis, V.B.**, Mentés, Gy. 2012. The role of vegetation in the daily and yearly small tilt variations of the Danube's high bank, Hungary Zeitschrift für Geomorphologie 56. 2. 133-141.
2. Mentés Gy., **Bódis, V.B.** 2012. Relationships between short periodic slope tilt variations and vital processes of the vegetation Journal of Applied Geodesy 6. 2. 83-88.
3. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2012. Recurring mass movements on the Danube's bank at Dunaszekcső (Hungary) observed by geodetic methods Journal of Applied Geodesy 6. 3-4. 203-208.
4. Mentés, Gy., **Bódis, V.B.**, Vig, P. 2014. Small slope tilts caused by meteorological effects and vital processes of trees on a wooded slope in Hidegvíz Valley, Hungary. Geomorphology 206. 239-249.
5. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., **Bódis, V.B.** 2014. Rutschungsprozesse des Hochufers der Donau bei Dunaszekcső. AVN, 121, 8, 1-7.

Lektorált, magyar nyelvű folyóiratcikk

6. **Bódis, V.B.**, Mentés, Gy. 2010. A vegetáció és a felszíni tömegmozgások kapcsolatának vizsgálata. Geomatika Közlemények XIII./2, 149-157.
7. Újvári, G., Bányai, L., Mentés, Gy., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2011. Utómozgások a Dunaszekcsői magasparton. Geomatika Közlemények XIV/1
8. **Bódis, V.B.** 2011. A dunai magasparton mozgásviszonyait befolyásoló növényi életfolyamatok és a csapadék. www.e-tudomany.hu, e-tudomány, 2011/2. I, 1-7.

Idegen nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány

9. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2011. Recurring Mass Movements On The Danube's Bank at Dunaszekcső (Hungary) Observed by Geodetic Methods. Proceedings of the Joint International Symposium on Deformation Monitoring. Hong Kong, China, 2-4. November 2011. Session 3E: Applications in Geosciences on Local and Regional Scale II. 3E-04. 159.pdf

10. Mentés, Gy., **Bódis, V.B.** 2011. Relationships Between Short Periodic Slope Tilt Variations and Vital Processes of the Vegetation. Proceedings on the Joint International Symposium on Deformation Monitoring. Hong Kong, China, 2-4 November 2011. Session 3I: Natural Effects (Groundwater, Erosion, etc). 3I-02. 158.pdf

Magyar nyelvű nem lektorált konferencia kiadványok

11. **Bódis, V.B.** 2009. A növényzet hatása a földcsuszamlásokra. In: XXIX. OTDK Országos tudományos diákköri konferencia. Gödöllő, Magyarország 2009 Gödöllő 197.
12. **Bódis, V.B.** 2010. A növényzet hatása a földcsuszamlásokra. XII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia OFKD 2010. 2010. április 6-7. Sopron 156.
13. **Bódis, V.B.** 2011. A növényi életfolyamatok hatása a földcsuszamlásokra. In: Doktoranduszok Tudományos Konferenciája az Erdőmérnöki Karon. Sopron, Magyarország, 2011. április 13. Sopron. 83-86. (ISBN:978-963-334-013-4)
14. **Bódis, V.B.** 2011. A dunai magaspártok mozgásviszonyait befolyásoló növényi életfolyamatok és a csapadék. In: Doktoranduszok II. Környezettudományi Konferenciája (Környezetállapot változás Magyarországon és az EU-ban) Budapest, Magyarország, 2011. május 14. Budapest. 12-15. (ISBN: 978-963-87569-9-2)
15. Újvári, G., Bányai, L., Mentés, Gy., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2011. Utólagos deformációk a dunaszekcsői magaspárton geodéziai mérések alapján. In: VIII. Veszélyforrások Konferencia. Visegrád, Magyarország, 2011.06.01-2011.06.03. Visegrád. 16.
16. Mentés, Gy., **Bódis, V.B.** 2011. A növényi életfolyamatok hatása a partfalmozgásokra. In: VIII. Veszélyforrások Konferencia. Visegrád, Magyarország, 2011.06.01-2011.06.03. Visegrád. 13.

Külföldi konferencia előadások

17. **Bódis, V.B.** 2011. Investigation of the factors causing small surface tilts on the high loess bluffs along the River Danube. Arbeitskreis Geodäsie-Geophysik wiss. Interessengemeinschaft ohne rechtlichen Status 2011.10.4-7. Németország-Nördlingen

18. Mentés, Gy., **Bódis, V.B.** 2011. Relationships Between Short Periodic Slope Tilt Variations and Vital Processes of the Vegetation. Joint International Symposium on Deformation Monitoring. Hong Kong, China, 2-4. November 2011. Session 3I: Natural Effects (Groundwater, Erosion, etc). 3I-02.
19. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2011. Recurring Mass Movements On The Danube's Bank at Dunaszekcső (Hungary) Observed by Geodetic Methods. Joint International Symposium on Deformation Monitoring. Hong Kong, China, 2-4. November 2011. Session 3E: Applications in Geosciences on Local and Regional Scale II. 3E-04.
20. **Bódis, V.B.**, Bányai, L., Újvári, G., Mentés, Gy. 2012. Relationship between slope stability and vital processes of Vegetation. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint March 26-27 2012. Sopron, Hungary
21. **Bódis, V. B.** 2012. Effect of vegetation and meteorological parameters on wooded slope. VII. Autumn Seminar on Geodesy for PhD Students 12 October 2012, Sopron, Hungary)
22. **Bódis, V.B.** 2012. Environmental effects on vegetated slope Herbsttagung des Arbeitskreises Geodäsie/Geophysik, Németország, Kloster Drübeck, 19.11.2012 - 22.11.2012.
23. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., **Bódis, V.B.** 2013. Rutschungsprozesse des Hochufers der Donau bei Dunaszekcső in Ungarn Herbsttagung des Arbeitskreises Geodäsie/Geophysik, 15.10.2013-18.10.2013, Heppenheim, Németország

Magyar konferencia előadások

24. **Bódis, V.B.** 2010. A növényzet hatása a földcsuszamlásokra. XII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia OFKD 2010. 2010. április 6-7. Sopron
25. **Bódis, V.B.**, Mentés, Gy. 2010. A vegetáció és a felszíni tömegmozgások kapcsolatának vizsgálata. VII. Geomatika szeminárium. 2010. november 4-5. Sopron
26. **Bódis, V.B.** 2010. A növényzet hatása a magaspartok mozgásaira, dunaföldvári és dunaszekcsői esettanulmányok alapján. IX. Földtudományi Anket. 2010. november 18. Nagykanizsa

27. **Bódis, V.B.** 2011. A növényi életfolyamatok hatása a földcsuszamlásokra. Doktoranduszok Tudományos Konferenciája az Erdőmérnöki Karon. 2011. április 13. Sopron
28. **Bódis, V.B.** 2011. A dunai magaspartok mozgásviszonyait befolyásoló növényi életfolyamatok és a csapadék. Doktoranduszok II. Környezettudományi Konferenciája (Környezetállapot változás Magyarországon és az EU-ban) 2011. május 14. Budapest
29. Mentés, Gy., **Bódis, V.B.** 2011. A növényi életfolyamatok hatása a partfalmozgásokra. VIII. Veszélyforrások Konferencia. A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal szervezésében. 2011. június 1-3., Hotel Visegrád, Visegrád
30. Újvári, G., Bányai, L., Mentés, Gy., Papp, G., Gribovszki, K., **Bódis, V.B.** 2011. Utólagos deformációk a dunaszekcsői magasparton geodéziai mérések alapján. pp. 16. VIII. Veszélyforrások Konferencia. A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal szervezésében. 2011. június 1-3., Hotel Visegrád, Visegrád.
31. **Bódis, V.B.** 2012. Szél hatása erdővel borított lejtő stabilitására VIII. Geomatika Szeminárium, 2012.11. 8-9. (poszter) Sopron
32. Mentés, Gy., Bányai, L., Újvári, G., **Bódis, V.B.** 2013. A dunaszekcsői magaspart 2007 és 2012 közötti mozgásfolyamatai. IX. Földtani Veszélyforrások Konferencia. A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal szervezésében. 2013. június 6-7. Visegrád
33. **Bódis, V.B.** 2013. Környezeti paraméterek által okozott talajmozgások monitorozása fúróluk dőlésmérőkkel lejtős területeken Fialat kutatók konferenciája 2013. augusztus 30. Sopron

TDK dolgozat

34. **Bódis, V.B.** 2008. A növényzet hatása a földcsuszamlásokra. NYME-EMK Kari Tudományos Diákköri Konferencia. 2008.december 3. Sopron (4. helyezés)

OTDK dolgozat

35. **Bódis, V. B.** 2009. A növényzet hatása a földcsuszamlásokra. XXIX. OTDK Országos tudományos diákköri konferencia. Környezetgazdálkodás I. tagozat. 2009. április 6-8. Gödöllő

