

Csuszamlásveszélyes domboldalak kijelölése domborzatmodell felhasználásával

Vágó János

Miskolci Egyetem, Földrajz Intézet, Természetföldrajz-Környezettan Intézeti Tanszék,
3515 Miskolc-Egyetemváros
ecoeged@uni-miskolc.hu

Bevezetés

Dombvidékeken, a Bükkaljához hasonló hegyláb felszíneken gyakran találkozunk a különböző szállítóközeg nélküli lejtős tömegmozgások eredményeként kialakuló felszínformákkal. E tömegmozgások szerencsétlen esetben jelentős károkat okozhatnak az emberi létesítményekben is. Az ellenük való védekezés legegyszerűbb módja, ha „elkerüljük” őket, vagyis kijelöljük azokat a területeket, ahol nagy a valószínűsége egy tömegmozgás kialakulásának. Az általam vizsgált területen a potenciálisan veszélyeztetett felszíneket domborzatmodell felhasználásával és az ArcGIS 9.2 térinformatikai program segítségével próbáltam elhatárolni. A Bükkalján előforduló csuszamlások tulajdonságainak vizsgálatával meghatároztam azokat a természetföldrajzi (főleg domborzati) feltételeket, amelyek teljesülése okozhatja a csuszamlások bekövetkezését. E feltételeket elemezve nagy valószínűséggel megállapítható és térképen megjeleníthető a terület csuszamlás-veszélyességének mértéke.

A Bükkalja földtani felépítése

A hegyláb felszín a Déli-Bükkhöz keskeny óharmadidőszaki üledéksávval csatlakozik, ezek késő-kréta – kora-eocén tarkaagyagok, és a késő-eocénban keletkezett nummuliteszes-lithothamniumos mészkő, mész- és agyagmárga (BALOGH K. 1964). A fiatalabb oligocén képződmények kisebb-nagyobb foltjaival elsősorban a terület É-i részén találkozhatunk (agyag, agyagmárga, homok, homokkő). A késő-oligocénban szárazföldi lepusztulás következett, amit a Noszvaj környéki kavicspadok, ill. demjéni tarkaagyagok igazolnak (HEVESI A. 1978).

A terület széles, közbenső részét a kora miocéntól 3 szakaszban képződött laza, vagy többé-kevésbé összesült riolit-riodácit ignimbritek, illetve ezek áthalmozott anyagai építik fel (HEVESI A. 2002a). A vulkáni működés szakaszai közül az első az ún. Gyulakeszi Riolituffa Formációt eredményezte (Alsó Riolituffa). A kárpáti korszak végén újraindult vulkáni működés zömében szárazföldön felhalmozódott dácitignimbrit összletet hozott létre. Ez a Tari Dácituffa Formáció (Középső Riolituffa). A bádeni korszakban újraindult tűzhányó-tevékenység hatására főleg hullott és áthalmozott riolituffa, tufit keletkezett: Harsányi Riolituffa Formáció (Felső Riolituffa; PENTELÉNYI L. 2002).

A miocén tufatípusok közül az összesült, ignimbrites változatok azok, amelyek viszonylag nagy szilárdságúak, ezek 5-10 m magas állékony falakat képezhetnek. A hullott, laza, nem összesült tufaváltozatokban a Bükkalján sok helyen pincesorokat, magas partfalakat képeztek ki, melyeken pergések, omlások alakulhatnak ki (ZELENKA T. 1999). A laza, nagy porozitású

tufarétegekben bekövetkező tömegmozgások fő oka, hogy az egyébként közepes szilárdságú kőzetek szilárdsága víz hatására jelentősen (40-60%-ra) leromlik (1. táblázat; KLEB B. 1999).

1. táblázat a Bükkalja területén előforduló tufák nyomószilárdsága (Kleb B. 1999)

kőzet	Száraz nyomószilárdság (MPa)	Vízzel telített nyomószilárdság (MPa)
Dácittufa (Szomolya)	18,9	11,2
Andezittufa (Bogács)	28,6	19,8
Riodácittufa (Eger-Tihamér)	5,5	2,4
Riodácittufa (Eger-Hajdúhegy)	7,9	3,8

A Bükkalja déli harmada helyenként pleisztocén üledékekkel fedett késő-miocén – kora-pannon tengeri homokból-agyagból áll. Kora-pannoniai korúak a Csákvári Agyagmárga Formáció tufás, tufakavicsos homok, agyagos összetételű üledékei. A terület déli részén található a késő-pannon Zagytai Formáció zömmel homok- és agygrétegek váltakozásából álló üledékei és a Bükkaljai Lignit Formáció képződményei (PENTELENYI L. 2002). A pannon agyagos rétegösszetétel a mozgások kialakulásában döntő szerepet játszik, hiszen a kismélységű rétegcsúszások ezen, vagy éppen a rétegben alakulnak ki. A tömegmozgások kialakulásában a pannon agyagok a rétegvizek szállításában játszanak szerepet, mert bennük finomszemcsés kifejlődésük révén rövid idő alatt jelentős víznyomásváltozás alakulhat ki, ami a rétegek nyírószilárdságát jelentősen csökkenti (SZABÓ I. 1995).

A Bükkalja pleisztocén lejtőüledékei 1-4 m vastagságban fedik a tetőket, lejtőket. Az erősen tagolt domborzat következtében a területen a negyedidőszaki üledékek számos típusa alakult ki. A lösz mellett találkozunk fakósárga színű, oszlopos szerkezetű löszszerű üledékekkel, dél felé egyre kevesebb agyaggal, és kavics valamint homokrétegek váltakozásából álló lejtőüledékekkel is (PINCZÉS Z.- MARTONNÉ ERDŐS K.- DOBOS A. 1993).

Tömegmozgások a Bükkalján

A tömegmozgások leggyakoribb, legveszélyesebb, és legnagyobb kártétellel járó típusa a csuszamlás: hazánkban a felszínmozgások túlnyomó része (mintegy 85%-a SZABÓ J. 1995) csuszamlás. Az Észak-magyarországi-középhegység hegyláb felszínein is előfordulnak tömegmozgásos formák, melyek ma is aktív részesei a völgyek formálódásának (PÉCSI M. - JUHÁSZ Á. – SCHWEITZER F. 1976).

A KFH felmérésének adatai alapján a Bükkalja területén a felszínmozgások átlagos sűrűsége 5-10 db mozgás/100 km² (SZABÓ J. 1995). Ezek közül az antropogén hatásra kialakult felszínmozgások aránya a terület nyugati részén 0-25%, a keleti részen 25-50%. Az aktív felszínmozgások aránya az összes mozgás kb. 25%-a. A hegyláb felszín tömegmozgásainak túlnyomó része a nagyméretű (>250m²) felszínmozgások közé tartozik, ezek aránya a Bükkalja nyugati felén 50-75%, a keleti felén 75-100% (SZABÓ J. 1995).

Az általam vizsgált területen – a fenn említett adatok ellenére – olyan nagyméretű, a felszínt jelentősen módosító tömegmozgások, csuszamlások, mint amelyeket a Bükk északi előterében PEJA GY. (1956, 1957, 1975) Arló környékéről, vagy a Keleméri-völgyből ismertetett a hazai földrajzi szakirodalomban nem ismeretesek.

Megfigyeléseim szerint a Bükkalja ignimbritvonulatai között, ill. azoktól északra jellemzőbbek a csuszamlásos formák, mint azoktól délre. Gyakori előfordulásukat azonban itt

elsősorban a szálban álló kőzetet fedő talaj- és málladéktakaró viszonylag kis vastagsága korlátozza; a terület ezen részén, ahol sok helyütt a többé-kevésbé összesült tufák vannak a felszínen, a tömegmozgások között az omlások is gyakoriak. A völgyközi hátaik északi, viszonylag meredek lejtőin a tömegmozgások kialakulását a domboldalak erős erdősültsége is akadályozza.

A Bükkalja ignimbritsávjaitól délre elterülő, menedékes völgyközi hátain a csuszamlásos formák a felszínformálás szempontjából *általában* nem meghatározóak. Ennek legegyszerűbb magyarázata az, hogy a terület ezen részén a felszín gyengén tagolt, dél felé haladva egyre enyhébben, nagyon gyengén lejt (a terület jelentős részén kevesebb, mint 3°). A másik ok az, hogy itt a pleisztocén talaj- és málladéktakaró viszonylag homogén szerkezetű és belőle az agyagtartalom jelentős része sok helyütt hiányzik. A hegylábfelszín e déli részén az agyagok helyett lösz, ill. löszszerű és homokos üledékek fordulnak elő. A felszín „egyenetlenségeit” képező deráziós völgyek, dellék szélesek, alapterületükhöz képest meglehetősen sekélyek, a domborzat tagolása szempontjából általában csekély jelentőséggel bírnak.

Az *1. képen* látható köpenycsuszamlás a Gyűr-hegy lealacsonyodó déli végén, a völgyközi hát keleti, a Hór-patak völgye felé tekintő oldalán található, Bogács északi határától mindössze néhány 100 méterre. A mozgó anyag vastag talaj- és málladéktakaró. A terület lejtése kb. $8-10^\circ$, a földcsuszamlás vízszintes kiterjedése 1,5-2 m, szélessége 8-9 m, a függőleges elmozdulás nagysága 0,5-1 m. A tömegmozgást kiváltó ok az előtte húzódó földút bevágása lehet.



1. kép: Szeletes földcsuszamlás Bogács északi határában

Az Ostoros és Novaj települések között elhelyezkedő Nagy-gyepföld nevű, kelet felé lejtő domboldalon megfigyelhető csuszamlásokat mutatja be a *2. fénykép*. A lejtő meredeksége kb 5° , a felszínmozgások vízszintes elmozdulása kb. 10-15 m, szélessége 3-5 m, a függőleges elmozdulásuk nagysága 2-3 m.



2. kép: Csuszamlásokkal tarkított domboldal Novaj és Ostoros között

Görömbölytől délre, a Csoznya-tető északi oldalán 2005-ben egy jelentős anyagi kárt okozó szeletes csuszamlás keletkezett (3. kép), ami azóta is fejlődik, a domboldalban a dombtető felé haladva újabb és újabb repedések jönnek létre, amelyek mentén a domboldal darabjai lecsúsznak. A területet pannon agyag és azon települt néhány méter vastag negyedidőszaki, szintén agyagos fedőösszlet építi fel.



3. kép: szeletes csuszamlás a Csoznya-tetőn

Ennél a tömegmozgásnál a negyedidőszaki réteg mozdult el a pannon agyagos rétegeken, valószínűleg a pannon rétegekben szivárgó víz hatására, de a csuszamlás kialakulásában a közelben lévő agyagbánya is hatással lehetett. Ez a fajta tömegmozgás egyébként nagyon gyakori a hasonló felépítésű miskolci Avason is. A legfrissebb szakadásfalnál az elmozdulás

mértéke kb. 1,5-2 m, a csuszamlás következtében domboldallal együtt mozgó, irodahelyiségként használt téglapépület teljesen tönkrement.

Csuszamlásveszélyes területek kijelölhetőségének feltételei

A Bükkalján eddig általam vizsgált csuszamlásos formák –8db– *(ez a szám nagyon kevés, komoly statisztikai vizsgálatok elvégzéséhez nem elegendő, a kapott eredményeket fenntartással is kell kezelni, de a vizsgálatba vont csuszamlások számának további növelésével az alkalmazott módszer megbízhatósága, az eredmények helytállósága, pontossága javítható)* adatainak elemzésével megállapítható, hogy azok mindegyike 5-10°-os meredekségű lejtőn jött létre. Ez alapján valószínűsíthető, hogy ez a domborzati adottság kedvez a tömegmozgások kialakulásának. Hasonló, de kevésbé erős összefüggést állapíthatunk meg a lejtők kitettségének vizsgálatával is: a csuszamlások többsége (nyolcból öt) keleties kitettségű lejtőn keletkezett. Természetesen a terület földtani viszonyait is tanácsos figyelembe venni, mert a legnagyobb méretű, legnagyobb kárt okozó csuszamlások a pannon kori agyagos összleten (Edelényi Tarkaagyag formáció) felépülő térszíneken találhatók.

E megállapításokat alapfeltételként használva domborzatmodellen alapuló területelemzéssel kijelölhetők a hegyláb felszín olyan területei, amelyek a csuszamlások kialakulása szempontjából kedvező adottságokkal rendelkeznek. A csuszamlásveszélyes területek kijelöléséhez a fenti feltételek mellett természetesen más természetföldrajzi adottságok is figyelembe vehetők (pl. közetfizikai adatok, talajmechanikai-talajtani adottságok, csapadékviszonyok stb.), ebben a kutatásban a felsoroltakon kívül az erdőborítottságot vontam még a vizsgálatba. A feltételek elemzésével a csuszamlásveszélyes területek elhelyezkedése és a veszély mértéke térképen megjeleníthető.

Csuszamlásveszélyes területek kijelölése domborzatmodellel

A vizsgálathoz használt domborzatmodell az ArcGIS 9.2-es program felhasználásával, 1:10000-es méretarányú topográfiai térképlapok alapján készült digitalizált 10m-es szintvonalak és magassági pontok, valamint a terület digitalizált völgyhálózatának együttes felhasználásával (3D analyst tools / Raster Interpolation / topo to raster parancs). A DEM felbontása 10 méteres (0,5mm digitalizálási hiba 5m-nek felel meg).

Az elkészült domborzatmodellből egyszerűen generálható a lejtőkategória térkép, mely 5 kategóriába (0-3, 3-5, 5-10, 10-20, 20°-) sorolva ábrázolja a terület lejtésviszonyait. A lejtők dőlése a Bükkalján nagyon fontos szerepet játszik a tömegmozgások kialakulásában. A dőlésszögeket tartalmazó táblázatból (2. táblázat) kitűnik, hogy bár a legkisebb esésű 0-3°-os kategóriába eső lejtők kiterjedése a legnagyobb (42235 hektár, 47,02%), a tömegmozgások kialakulására leginkább alkalmas 5-10°-os lejtők is nagy arányban vannak jelen területünkön: 20964 hektár, az összterület 22,63%-a. A lejtőkategória térkép újraosztályozásával „leválogathatók” és térképen megjeleníthetők a felszín azon területei, amelyek az érzékeny 5-10°-os kategóriába esnek.

2. táblázat: A Bükkalja különböző lejtőkategóriákba eső területeinek nagysága és részaránya

	hektár	%
0-3°	42235,18	47,02
3-5 °	13617,19	15,16
5-10°	20964,09	22,63
10-20°	12024,81	13,39
20°-	1623,65	1,81

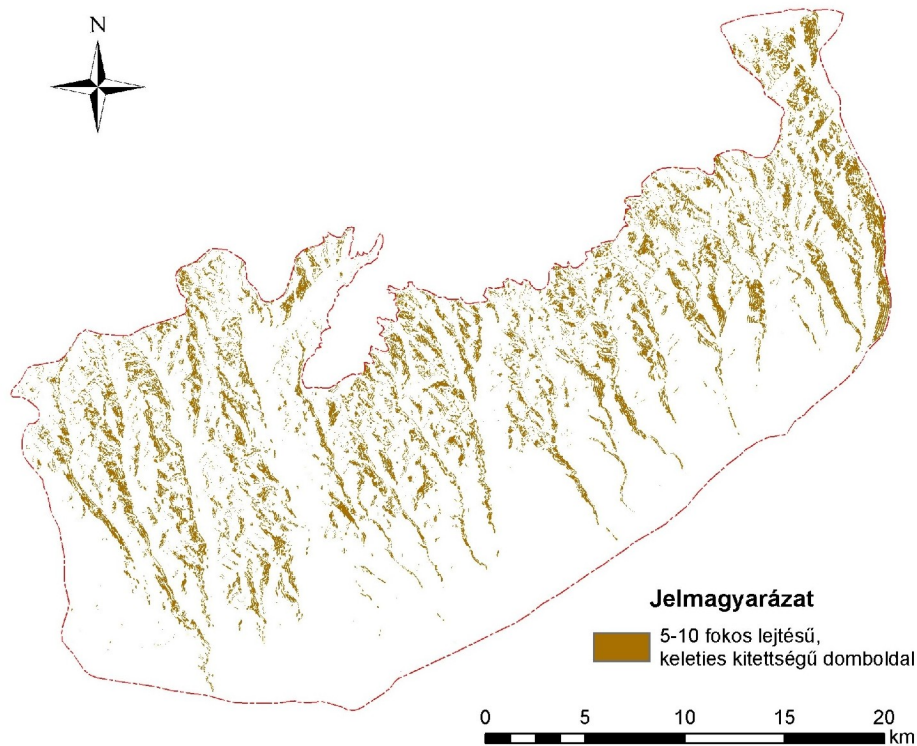
A terület lejtőkitettség-térképe alapján készült táblázat (3. táblázat) adatait elemezve megállapítható, hogy a felszín általános déli lejtésének megfelelően a délies kitettségű lejtők területe a legnagyobb (csaknem 50%), de a csuszamlásos formák kialakulása szempontjából fontos keleties kitettségű domboldalak területe és részaránya is jelentős: 41463 hektár, az összterület 46,15%-a. A kitettség-térkép újraosztályozásával ezek a keleties kitettségű domboldalak is kiválogathatók, megjeleníthetők a felszín egészéből.

3. táblázat: A lejtőkitettség százalékos megoszlása és a különböző kitettségű területek nagysága a Bükkalján

	hektár	%
Sík	0,96	0
É	4271,54	2,06
ÉK	11421,28	12,71
K	15100,4	16,81
DK	14940,94	16,63
D	13722,49	15,28
DNy	15637,91	17,41
Ny	9576,11	10,66
ÉNy	5154,29	5,74

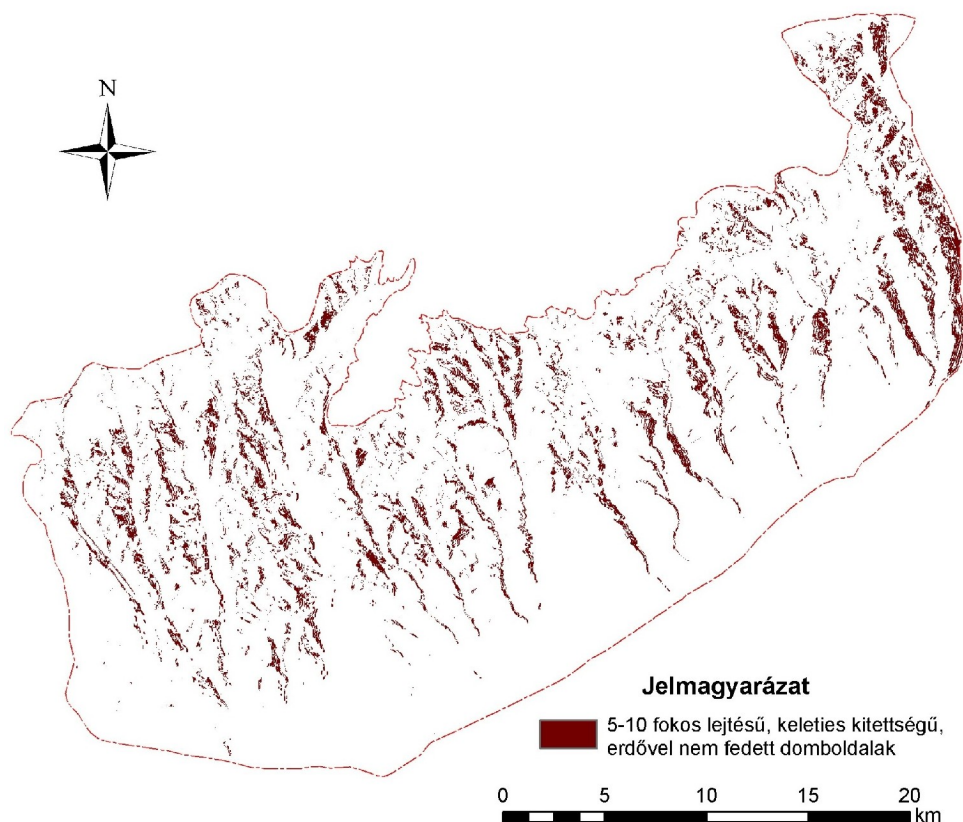
A csuszamlásveszélyes területek kijelölése a különböző alapfeltételeket (lejtőkategória, kitettség, erdővel nem fedett területek, pannon agyagok felszíni elterjedése) ábrázoló térképi rétegek (gridek) összevetésével történt.

Első lépésként az újraosztályozott lejtőkategória és lejtőkitettség térképek egymást fedő részének, tehát az 5-10°-os lejtésű és keleties kitettségű lejtők kiválogatását végeztem el (Spatial Analyst / Raster Calculator) a két réteg összeszorozásával. Az így kapott térképi állomány (1. térkép) azokat a területrészeket mutatja, amelyek a két „legerősebb” feltételnek egyszerre felelnek meg, tehát már csuszamlásveszélyesek. Ezek összterülete 9929 hektár, a Bükkalja teljes területének 11,05%-a.



1. térkép: Az újraosztályozott lejtőkategória- és kitettség térképek (gridek) szorzata

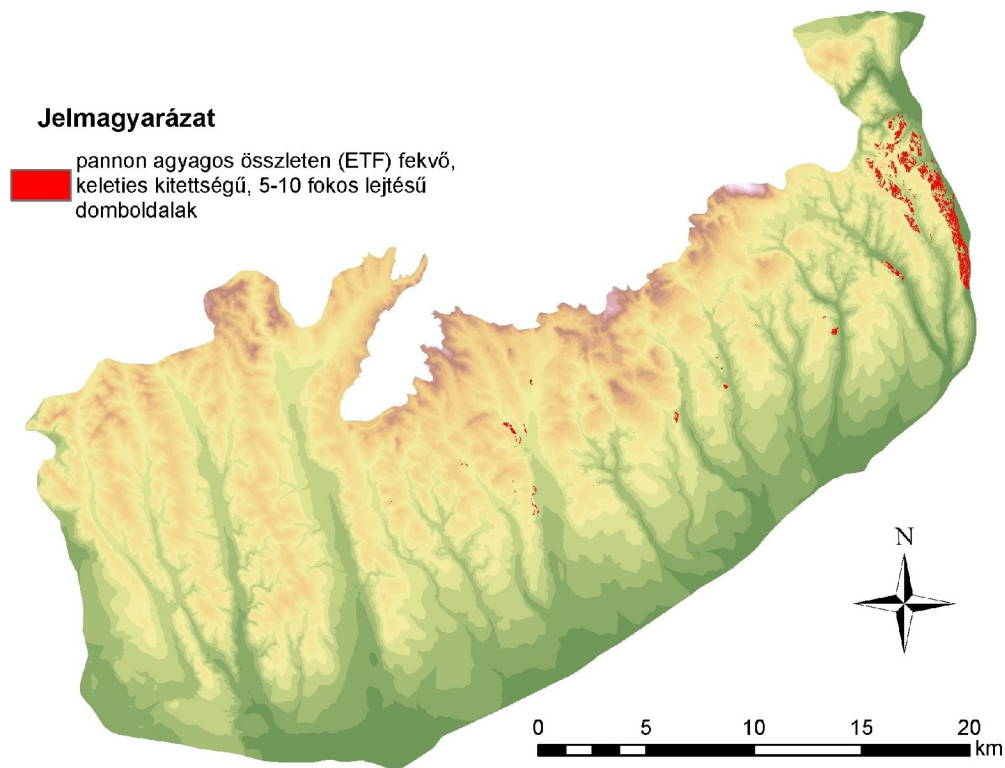
Ezt követően az eddigieken kívül egy harmadik feltételt –az erdővel nem fedett felszint, nagysága 71389 hektár, (79,58%)– is figyelembe vettem az elemzéskor, abból a feltevésből kiindulva, hogy nagyobb a tömegmozgások kialakulásának valószínűsége ott, ahol nincsenek erdőterületek. Az újraosztályozott lejtőkategória-, és kitettség térképek, valamint az erdőmentes területek térképének összeszorzásával megjeleníthetők azon területek (2. térkép), amelyeken a három feltétel egyszerre teljesül: 5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, erdővel nem fedett terület kiterjedése 7152 hektár, az összterület mintegy 8%-a.



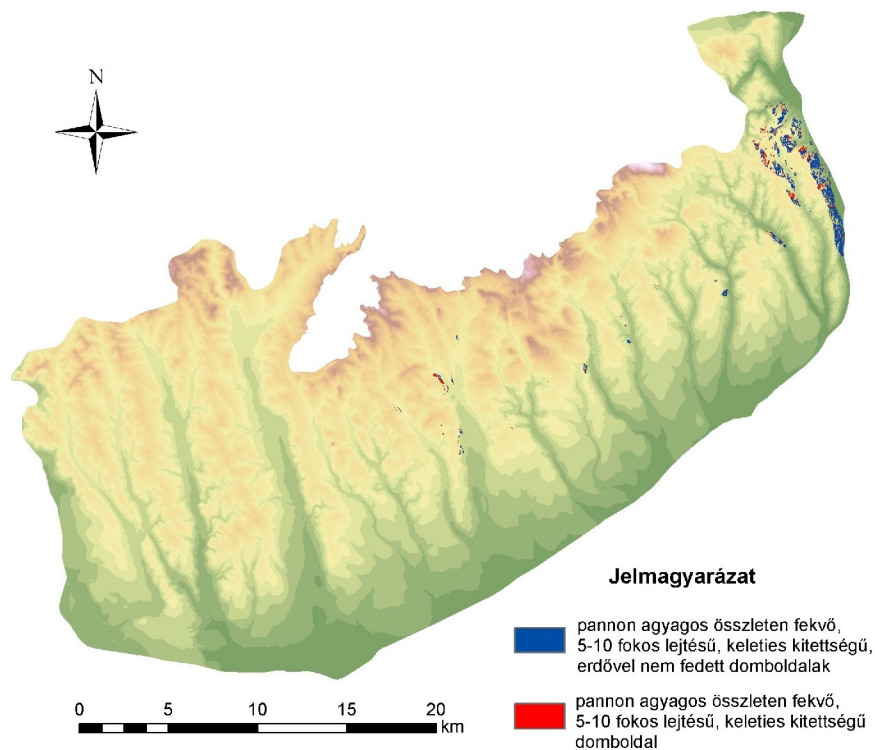
2. térkép: Az újraosztályozott lejtőkategória-, kitettség és az erdőmentes területek térképének szorzata

A hegyláb felszín területének 1,77%-án, 1598 hektáron található a felszínen pannon kori agyagos összlet, az Edelényi Tarkaagyag Formáció képződményei. Mivel az agyagos felépítés kedvez a csúszópálya kialakulásának, ráadásul a formáció rétegeinek dőlése keleti, ezért a csuszamlásveszélyes területek kijelölésekor jelentős tényezőként számolnunk kell az összlettel. Az újraosztályozott lejtőkategória és kitettség térképek szorzatához az agyagos képződményeket tartalmazó réteget hozzászorozva megjeleníthetők a mindhárom feltételnek megfelelő felszínrészek (3. térkép): az 5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, pannon agyagon fekvő, még inkább veszélyeztetett domboldalak (495 hektár, az összterület 0,55%-a).

A csuszamlásos formák kialakulására azok a területek a legalkalmasabbak, tehát a leginkább veszélyeztetettek is, amelyek valamennyi eddig ismertett alapfeltételnek megfelelnek: 5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, erdővel nem fedett, pannon agyagon elhelyezkedő felszínek. Az ezeket a területeket megjelenítő térképi réteget (4. térkép) előállíthatjuk, ha az újraosztályozott lejtőkategória-, kitettség térképek, és az erdőmentes területek térképének szorzatához hozzászorozzuk az agyagos képződményeket tartalmazó réteget. Az összes feltétel a Bükkalja 426 hektáros területén, a teljes felszín 0,47%-án teljesül.

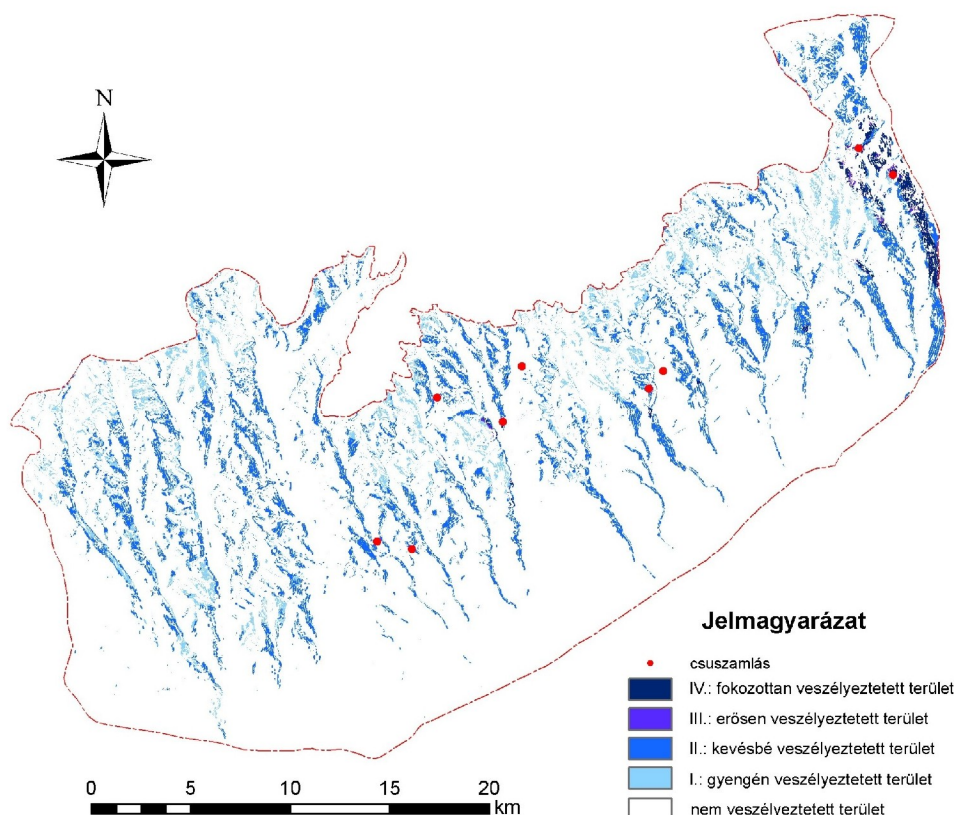


3. térkép: Az újraosztályozott lejtőkategória és kitettség térképek szorzatának és az agyagos képződményeket tartalmazó réteg összege



4. térkép: Az újraosztályozott lejtőkategória-, kitettség térképek, és az erdőmentes területek szorzatának és az agyagos képződményeket tartalmazó réteg összege

A tömegmozgások kialakulásának alapfeltételeit, pontosabban az egyszerre több feltételnek is megfelelő területeket megjelenítő rétegeket vizsgálva a veszélyeztetettség mértékéről is nyerhetünk információkat: minél több feltételt „teljesít” az adott terület, annál nagyobb ott a csuszamlások kialakulásának valószínűsége. Az 1-4-es, különböző veszélyeztetettségi fokú térképi rétegeket egymásra helyezve előállítható a Bükkalja csuszamlás-veszélyesség térképe (5. térkép).



5. térkép: A Bükkalja csuszamlás-veszélyesség térképe

A különböző veszélyeztetettségű területek nagyságát a 4. táblázat tartalmazza: A legnagyobb csuszamlásveszélynek kitett felszín nagysága 426 hektár, a heglábfelszín összterületének 0,47%-a.

4. táblázat

I. gyengén veszélyeztetett terület	5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű domboldal	2777 hektár	3,09%
II. kevésbé veszélyeztetett terület	5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, erdővel nem fedett domboldal	6656 hektár	7,41%
III. erősen veszélyeztetett terület	5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, pannon agyagon fekvő domboldal	71 hektár	0,08%
IV. fokozottan veszélyeztetett terület	5-10°-os lejtésű, keleties kitettségű, pannon agyagon fekvő, erdővel nem fedett domboldal	426 hektár	0,47%

Felhasznált Irodalom

- BALOGH K. (1964): A Bükk hegység földtani képződményei. MÁFI Évkönyve XLVIII. p 719.
- HEVESI A. (1978): A Bükk szerkezet- és felszínfejlődésének vázlata. Földrajzi Értesítő XXVII. 2. pp 169-203.
- HEVESI A. (2002a): Felszínalaktani jellemzés, karsztformakincs. In: A Bükki Nemzeti Park. Szerk.: Baráz Cs. pp 109-148.
- KLEB B. (1999): Vulkáni tufafalak mérnökgeológiai vizsgálata. Földtani Kutatás XXXVI. 3. pp 24-25.
- PEJA GY. (1956): Suvadástípusok a Bükk északi (harmadkori) előterében. Földrajzi Közlemények IV. (LXXX). 3. pp 217-240.
- PEJA GY. (1957): Korráziós formák felszínalakító hatása a Bükk észak-északkeleti előterében. Földrajzi Közlemények V. (LXXXI). 2. pp 109-132.
- PEJA GY. (1975): Geomorfológiai megfigyelések az Északi-középhegység laza kőzetű törmelékmozgásos lejtőin. Földrajzi Értesítő XXIV. Pp 123-140.
- PÉCSI M. - JUHÁSZ Á. – SCHWEITZER F. (1976): A magyarországi felszínmozgásos területek térképezése. Földrajzi Értesítő. XXV. 2-4. füzet. Pp 223-233.
- PENTELENYI L. (2002): A Bükkalja I. Földtani vázlat. In: A Bükki Nemzeti Park. Szerk.: Baráz Cs. Pp 205-216.
- PINCZÉS Z. –MARTONNÉ ERDŐS K. –DOBOS A. (1993): Eltérések és hasonlóságok a hegyláb felszínek pleisztocén felszínfejlődésében. Földrajzi Közlemények CXVII. 3. pp 149-162.
- SZABÓ I. (1995): A Holcim Rt agyagbányája feletti domboldal (HRSZ.: 65.149) felszínmozgásának geotechnikai vizsgálata. Szakvélemény. GEOSZABÓ Mérnöki Iroda Bt. Miskolc.
- SZABÓ J. (1995): Csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi tájak geomorfológiai fejlődésében. Habilitációs értekezés. Kézirat. 2. p.
- ZELENKA T. (1999): A magyarországi miocén tufatípusok és az azokból képződött partfalak állékonysága. Földtani Kutatás XXXVI. 3. pp 22-23.