

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A TALAJERÓZIÓ ÉS A SUVADÁS KÖZÖTTI
KAPCSOLATOK VIZSGÁLATA TÉRKÉPEZÉSI
MÓDSZEREKKEL A NYÁRÁDMAGYARÓSI-MEDENCE
MINTATERÜLETEIN**

PhD thesis

**STUDYING THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL
EROSION AND SLUMPS BY MAPPING METHODS IN
STUDY AREAS
IN THE NYÁRÁDMAGYARÓS BASIN**

Fazakas Csaba

Témavezető: Prof. Dr. Kerényi Attila



**DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola**

1. Előzmények

A szakirodalomban igen kevés olyan munka jelent meg, amely a Nyárárdmenti-dombság talajainak állapotát, a térség geomorfológiai arculatának változását vizsgálná. E térség domborzata, közettani felépítése és földrajzi helyzete sajátos talajfeleségek, különleges pusztulási és felhalmozódási formák kialakulására ad lehetőséget, melyek kutatásaim tárgyát képezik.

A mintaterület alkalmas a talajeróziós térképezés különböző módszereinek alkalmazására és összehasonlító elemzésére.

Vannak olyan kutatási témák, melyek az eróziós kutatás határterületét jelentik, s amelyekkel kevésbé foglalkoznak a kutatók. Ilyenek azok a geomorfológiai jelenségek, amelyek az erózió folyamatát befolyásolják, és közvetlen hatással vannak a talajok termékenységére.

A kutatásaim tárgyaként a suvadások vizsgálatát választottam abból a szempontból, hogy azok milyen hatással vannak a talajerózióra, új talajtípusok kialakulására és ezen keresztül a termékenységre. Ez az interdiszciplináris téma szükségessé tette, hogy feldolgozzam az általam legfontosabbnak ítélt szakirodalmi publikációkat mind a talajerózió, mind pedig a suvadások kutatása terén. Disszertációmban mintegy 255 szakirodalmi munka szerepel, így téziseimben azokra érdemben nem lehet hivatkozni.

Vizsgált területem olyan települések (Nyárárdmagyarós, Nyárádselye) közelében fekszik, melyek igen kevés termőterülettel rendelkeznek, tehát az itt élő emberek számára elengedhetetlen lenne, hogy a megművelhető talajokat okosan hasznosítsák, termékenységüket megőrizzék. A mintaterület jelenlegi állapota a gazdaságosság szempontjából nem teszi indokolttá a növénytermesztési célú hasznosítást, mégis történnek erre irányuló erőltetett próbálkozások, amelyek a talajok további pusztulásához vezetnek.

2. Célok

A talajerózió különböző megnyilvánulási formáit, valamint a suvadásokkal való kapcsolatait vizsgáltam a Nyárárdmagyarósi-medence területén.

A vizsgálataim célját a következőképpen foglalhatom össze:

- a talajok eróziós állapotát mérem fel és térképezem a „hagyományos” és a digitális kartográfia eszközeivel,
- az egyetemes talajvesztés-becslési egyenletet felhasználom a digitális eróziós térképalakításban,

- suvadások talajok eróziójában valamint a termőterületek megművelhetőségének csökkenésében betöltött szerepét kutatom,
- a felszabdaltságnak, a megváltozott lejtőviszonyoknak és a talajképző kőzetnek a talajtípusok kialakulására gyakorolt hatását vizsgálom,
- meghatározom mintaterületemen azokat a feltételeket, amelyek suvadások kialakulását idézhetik elő,
- a digitális térképalkotás eszközeivel elhatárolom azokat a felszíneket, amelyek rendelkeznek suvadások kialakulását elősegítő feltételekkel. Ezeket a területeket egy „suvadásérzékenységi térképen” ábrázolom.

3. Kutatási módszerek

A Nyárádmagyarósi-medence északi részét képező Peres-, és Kövespatakok vízgyűjtő medencéje területén a talajok eróziós állapotát vizsgálom és térképezem „hagyományos” eszközökkel.

A területen 41 pontot jelöltem ki mintavételezés céljából.

A hagyományos eróziós térképezés során a szelvényekből 173 talajmintát vettem, melyeket laboratóriumban elemeztünk a következő eljárásokkal:

pH – potenciométeres eljárással,

CaCO₃ – Schreiber-féle kalciméterrel,

Humusztartalom – Schollenberg-féle eljárással,

Össznitrogén-ellátottság – Kyeldahl-féle eljárással,

Felvehető foszfor- ellátottság – Egner-Riehm-Domingo eljárással,

Felvehető kálium-ellátottság – Egner-Riehm-Domingo eljárással,

SB (bazoid-kation kicserélő képesség) – Kappen-féle eljárással,

SH (hidrogénion- kicserélő képesség) – Cernescu-féle eljárással,

Szemcseösszetétel – Kacsinski-féle eljárással.

A mintaterületen ásott szelvények segítségével, 8 talajtípust különítettem el. Ezután típusonként a kontroll szelvényvel való összehasonlítást követően, a humuszos réteg vastagsága alapján különböző eróziós fokozatokat határoltam el.

Az évi erodált talajmennyiség meghatározását a digitális kartográfia eszköztárával valósítottam meg. Az eljárás során az egytetemes talajvesztés-becslési egyenlet (USLE) tényezőinek területünkre számított értékeit meghatároztam, majd integráltam ezeket az IDRISI térinformatikai szoftver segítségével. Az USLE tényezőit fedvényekbe rendeztem, végül ezeket egymáshoz rendeltem. Az íly módon létrehozott állomány a talajvesztés becsült évi mennyiségét jeleníti meg.

A suvadások talajerózió szempontjából történő vizsgálatát egy viszonylag nagyméretű suvadás (a nyárádmagyarósi suvadás) esetében végeztem el. A felszabdaltság mértékét helyszíni mérések során, Garmin eTrex Vista GPS, illetve mérőszalag segítségével határoztam meg.

A térképállomány előállításához, a suvadások felszínrajzi és talajtani feltételeinek tanulmányozásához 1:10.000 léptékű kataszteri és szintvonalas térképét használtam. A talajok vizsgálatára a suvadásos területen 8 reprezentatív szelvényt készítettem és írtam le, melyekből 32 talajmintát gyűjtöttem. A talajtípusok elhatárolását további 5 kontrollszelvényvel és 25 helyen Pürckhauer-féle szűrőbottal végzett vizsgálatokkal segítettem.

A suvadások kialakulási feltételeinek vizsgálatát egy 1999-ben, Nyárádselye település közelében létrejött nagyméretű suvadás esetében végeztem el. A klimatikus feltételeket a Román Országos Meteorológiai Szolgálat területünkre vonatkozó csapadék- és hőmérsékleti adatainak feldolgozásával kutattam. Összehasonlítottam a suvadást megelőző időszak adatait a területre jellemző átlagértékekkel, és anomáliákat kerestem, amik hozzájárulhattak a mozgás kiváltódásához. A suvadás folyamatának tanulmányozása több időpontban történő terepi megfigyelés és mérés alkalmával történt. A méréseket GPS-es helymeghatározással, illetve mérőszalag használatával végeztem.

A Nyárádmagyarósi - medence suvadásérzékenységet a földrajzi információs rendszer segítségével kívántam elemezni. Elkészítettem a térség digitális domborzatmodelljét, majd ez alapján származtatott állományokat (lejtőszög-, lejtőkiettség-térkép) képeztem. A suvadás létrejötte szempontjából fontos veszélyeztető tényezőket grafikusán ábrázoltam, majd egymáshoz rendeltem. Az így kapott térképállományon veszélyeztetettségi fokozatokat határoltam el.

A tematikus térképeket, szelvényeket, ill. ábrákat, táblázatokat a következő szoftveerekkel készítettem: IDRISI 32, ArcWiew, Microsoft Excel, Microsoft Word, Surfer for Windows 8.0.

4. Eredmények

4.1. Elkészítettem a Nyárádmagyarósi-medence részét képező Peres- és Rigós-patak vízgyűjtőjének talajtérképét, és meghatároztam a terület taljainak eróziós állapotát.

A hagyományos eróziós térképezés során, a mintaterületen ásott szelvények helyszíni elemzése és a laboratóriumi vizsgálatok eredményei segítségével 8 talajtípust különítettem el. A különböző talajtípusok elkülönítése és a kontroll szelvényvel való összehasonlítást követően, a

humuszos réteg, valamint a talajszintek vastagsága alapján különböző eróziós fokozatokat határoltam el.

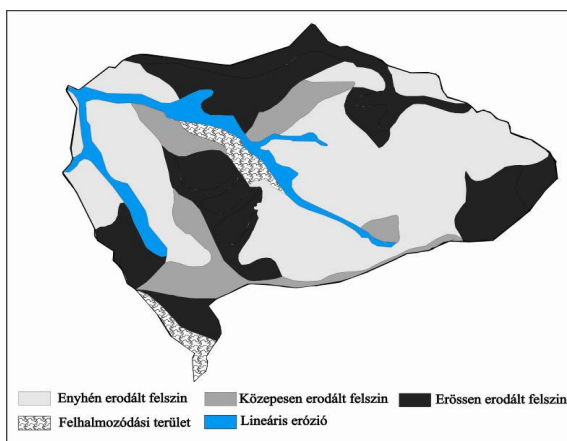
1. Gyengén erodált talajok: ahol az erózió az A-szintet vagy annak egy részét érintette.

2. Közepesen erodált talajok: ahol az erózió az A-szintet teljesen lemosta és a B-szint felső részét is érintette.

3. Erősen erodált talajok: ahol az erózió a B-szint legnagyobb részét is lemosta, és a B-szintnek csak az alsó része maradt meg.

4. Talajképző kőzetig erodált talajok: ahol a C-szint, azaz az alapkőzet van a felszínen. Laza üledék esetén ez legfeljebb gyengén humuszos lehet. Az ilyen talajok a földes kopár talajokhoz sorolhatók.

5. A lehordott talaj felhalmozódási területei: lejtőhordalék talajok. A talajok erodáltsági mértékét rangsoroltam és eróziós térképen ábrázoltam (1. ábra).



1. ábra. A Peres- és a Rigós- patak vízgyűjtő területének hagyományos módszerekkel készített eróziós térképe

Figure 1. Erosion map of the catchment area of the Peres and Rigós streams constructed with traditional methods

A terület talajainak 52,5 %-át gyengén erodálnak, 16, 2 %-át közepesen erodálnak, 19,4 %-át pedig erősen erodálnak minősítettem. A terület többi részét akkumuláció jellemzi (4,5 %) és az eróziós völgyek medrei alkotják.

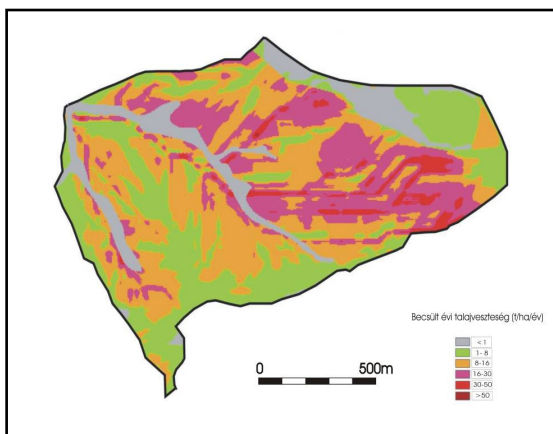
4.2. Az erózió által okozott évi talajvesztéséget földrajzi információs rendszerbe integrált általános talajvesztéségbecslési egyenlettel határoztam meg

A területről olyan földrajzi információs rendszert hoztam létre, amely két fő részből áll: egy digitális terepmodellből és ennek

derivátumaiból (lejtőhajlás, lejtőhosszúság értékeinek eloszlását ábrázoló térképek), valamint a felhasználandó talajeróziós modell(ek)hez szükséges geofaktorok digitalizált térképeiből (a záporok eróziós potenciálja, a talaj erodálhatósága, a növénytermesztés és a talajvédelmi eljárások tényezői viszonyszámának területi eloszlását ábrázoló térképek).

A digitális módszerekkel történő erózióbecslés során az egyetemes talajvesztés-becslési egyenlet tényezőit integráltam egy térinformatikai szoftver (IDRISI) segítségével.

Elkészítettem a Peres- és Rigós-patak vízgyűjtő területének átlagos éves talajvesztéséi értékeit ábrázoló térképet (2. ábra).



2. ábra. A Peres- és Rigós-patak vízgyűjtőjének évi talajvesztése (t/ha/év) az USLE alapján

Figure 2. Annual soil loss of the catchment area of the Peres and Rigós streams based on the USLE

A mintaterület eróziós osztályait csoportosítottam. A csoportosítást a Román Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (I.C.P.A., 1986) által meghatározott erózió osztályok alapján végeztem:

- < 1 t/(ha/év) – elhanyagolható erózió
- 1-8 t/(ha/év) – gyenge erózió
- 8- 16 t/(ha/év) – közepes erózió
- 16-30 t/(ha/év) – erős erózió
- >30 t/(ha/év) – nagyon erős erózió

A vizsgált területen a lepusztult talaj becsült évi összege 0-50 t/ha határértékek között van. Az elkészült térképen vannak pixelek, melyek 50 t/ha feletti talajvesztéséget mutatnak, ezek aránya viszont jelentéktelen.

A mintaterület nagy része (41,2 %) a 1-18 t/ha/év, a gyenge erózió osztályába esik. Ezek a területek az 5-12 % lejtőmeredekségi osztályokkal jellemzett felszínekkal azonosak. Jelentős a 16-30 t/ha/év erodált talajmennyiséggel jellemezhető területek részaránya is (36,5 %). A legnagyobb talajvesztéssel jellemzett területek (22,3 %) egyben a legmeredekebb lejtőszögű területek, amelyek összefüggnek az eróziós árkok helyzetével is. A lineáris formák időszakos mélyülése a lejtődinamikai folyamatok folytonosságát, újraaktiválódását segíti elő.

4.3. Meghatározom a Nyárádmagyarósi-medence területén jelenlévő suvadásoknak a talajok eróziójára gyakorolt hatását.

Nyárádmagyarós település határában elterülő nagyméretű suvadásfelszín vizsgálom a területi felszabdaltság talajtani hatása szempontjából. Jelenleg a 126 ha-nyi suvadás által érintett területet 17 markáns pozitív forma (hupa) és az ezek közötti teret kitöltő medencék (hepék) jellemzik.

A suvadás során létrejött gerincek feldarabolódtak, szabályos vagy kereszt irányban megnyúlt halmokká különültek. Területük egységenként nem nagy, mégis mezőgazdasági potenciált romboló hatásuk jelentős. Bár a hupák összesített területe mindössze 11, 61 ha, a felszabdaltság miatt mezőgazdaságilag hasznosíthatatlan terület ennél sokkal nagyobb.

A suvadásos terület talajainak minőségét vizsgálva megállapítottam, hogy bár a felszín nagy hányadát a felszín pozitív felszínformáiról lemosott anyag felhalmozódása jellemzi, az erózió mértéke és folytonossága, valamint a lemosott anyag minősége következtében ezeken a felszíneken is szegényes, gyenge tápanyag-ellátottságú és csekély humusztartalmú talajok fejlődnek.

Meghatározom a suvadás során végbement talajpusztulás mértékét. Ennek alapján a területet két kategóriába soroltam.

a/ A fő szakadással mentén, valamint a hupafelszín lejtő felőli oldalán, ahol a lejtőviszonyok esetenként meghaladják a 25%-ot, teljes mértékű talajpusztulás jellemző. Ezeken a helyeken semmiféle hasznosításra sem alkalmas kopár felszín (teljesen lepusztult talajok) alakul ki. Ezek az összterület 6%-át képezik, kaszálónak és legelőnek sem használhatók. Fás növényzet telepítésével csökkenthető lenne további pusztulásuk.

b/ A hupák szakadással felőli lejtőin, a meredek lejtőrészek inflexió vonalának övezetében mérsékeltebb az erózió. Ezeken a területeken ugyancsak földes kopár talajok képződnek, de ezek esetében egy vékony, 15-25 cm-es humuszos réteg is kialakult.

4.4. Talajtani vizsgálatok alapján meghatároztam a suvadás létrejötté következtében megváltozott domborzati-, nedvesség- és növényzeti viszonyok hatását a talajok alakulására.

A felszabdaltság következtében a talajban szerkezetromlás következett be, belső kohéziós viszonyok megváltoztak, a lejtőüledék és a talajok tömegében keveredés, különböző tömegek felhalmozódása, kicserélődése jött létre. A talajszintek keveredésével a talajok fizikai és kémiai tulajdonságai megváltoztak.

A lejtősségi viszonyok megváltozásával hirtelen megnőtt a terület eróziós hatásokkal szembeni kiszolgáltatottsága.

A felszínborítottság megváltozott, megnőtt a csupasz felületek részaránya, a növénytársulások átalakultak. A szakadásfalon, illetve a lecsúszott tömegek homlokzatán, főleg a délies kitétségű tápanyagokban szegény oldalakon szárazságtűrő satnya, növényzet telepedett meg. A lecsúszott halmok háttérében lefolyástalan medencék alakultak ki, melyekben hosszabb-rövidebb ideig tavak (hepetavak) jöttek létre. Ezeken a területeken hidrofil növényzet telepedett meg. Aszályos időszakokban elmocsarosodnak, kiszáradhatnak, esetenként, ha a csapadékviszonyok azt megengedik, el is láposodhatnak.

A nyárádselyei suvadás esetében lehetőségem nyílt a mozgás megindulása előtti viszonyokat, a mozgást megelőző jeleket végigkísérni, majd a mozgás megindulása után a suvadás lejátszódását követni, később pedig az új felszínalakzatokat tanulmányozni.

Felmértem a suvadás következtében károsodást szenvedett mezőgazdasági területek méretét.

Az elcsúszott lejtőtömeg 6,1 ha területet tett végérvényesen használhatatlanná, további 11 ha terület szenvedett részleges károsodást. Ezen a 11 ha-nyi területen a talajok minősége romlott, művelésük a jövőben nehézkes, nagyobb anyagi ráfordítással lehetséges.

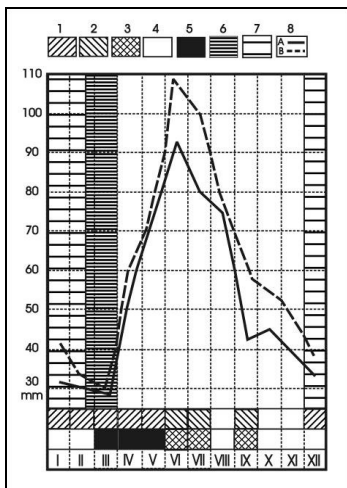
A nyárádselyei suvadást nem tekinthetjük stabilizálódott suvadásnak, véleményem szerint a közeljövőben újra aktiválódhat a mozgás, így a véglegesen használhatatlan területek aránya valószínűleg nőni fog.

4.5. A nyárádselyei suvadás kialakulási feltételeinek elemzésével meghatároztam a mozgás megindulása szempontjából különböző mértékben veszélyes időszakokat.

A Marosmegyei Meteorológiai Szolgálat mintaterületre vonatkozó adatai alapján megállapítottam, hogy a suvadást előkészítő feltételként az előző év rendkívüli csapadék-, illetve hőmérsékleti viszonyai játszottak nagy szerepet. A közvetlen kiváltó okot a lejtő lábánál folyó patak

völgytalpába való jelentős mértékű bevágódás jelentette, a hirtelen hóolvadással egybeeső, bő tavaszi esőzések időszakában.

A suvadások létrejöttének periódusa, a csapadékadatok, a hóolvadás periódusa és a kőzetek túlnedvesedési időszakának ismeretében elkészítettem a csuszamlások kialakulási veszélyének grafikonját.



3. ábra. A suvadások kialakulásának szempontjából veszélyes időszakok és a veszélyeztetettség fokának grafikonja: 1 – a litológiai túlnedvesedés időszaka, 2 – véletlenszerű, ideiglenes túlnedvesedés időszaka, 3 - a lejtők közepes mobilitási hajlamának időszaka, 4 - a lejtők maximális stabilitásának időszaka, **5 - a lejtők legnagyobb mobilitási hajlamának időszaka**, 6 – a hótakaró végleges elolvadásának időszaka, 7 – a hótakaró ismétlődő olvadási periódusa, 8 – átlagos csapadékmennyiségek: A - Marosvásárhelyen és B - Nyárádmagyarós

Figure 3. Graph showing the periods dangerous regarding slump formation and the degree of risk: 1 – time period of lithological oversaturation, 2 – time period of random, temporary oversaturation, 3 – time period of the moderate mobility inclination of slopes, 4 – time period of the maximum stability of slopes, 5 – time period of the greatest mobility inclination of slopes, 6 – time period of the final melt of snow cover, 7 – repeating melt period of snow cover, 8 – average precipitation amounts: A – in Marosvásárhely and B – in Nyárádmagyarós

4.6. A suvadások kialakulása szempontjából veszélyeztetett területeket térinformatikai módszerekkel szerkesztett „suvadásérzékenységi térképen” ábrázoltam.

Elemeztem a mintaterület földtani, talajtani és domborzati tényezőinek szerepét a suvadások létrejöttében.

A térség földtani viszonyai befolyásolják a domborzat jellegét és időbeli alakulását, meghatározzák a lejtősségi viszonyokat, a lejtők meredekségét, kitétségét, alakját, stb., és ezáltal befolyásolják az egyes felszínek lejtős tömegmozgások kialakulására való hajlamát.

A medence területén a talajképző kőzet agyagmárga. A felépítésében szereplő duzzadó illit/montmorillonit, beydellit típusú agyagásványok ismétlődő duzzadása (nedves időszakokban), illetve zsugorodása (száraz időszakokban) előkészíti a talajokat a lejtőn való elcsúszásra. Saját vizsgálataim a talajok szemcseösszetételének meghatározására is kiterjedtek, így rendelkezésemre álltak a talajképző kőzet agyagtartalmának adatai is.

Szakirodalmi adatokra támaszkodva megállapítottam, hogy a kalcium-karbonát jelentősége a lejtős tömegmozgásokban különösen a délies kitétségű lejtőkön fontos. Hosszú aszályos időszak után bekövetkező torrenonális esőzés alkalmával a talajnedvesség kémhatásának emelkedése következhet be, ami az agyagrézecskek disszociálását eredményezheti.

A fentiek alapján megállapítottam, hogy csupán a kőzetek belsejében lejátszódó kémiai folyamatok során is létrejöhetnek alacsony nyírószilárdságú, illetve csökkent kohézióval jellemezhető erőviszonyok, melyek suvadások kialakulásához vezetnek.

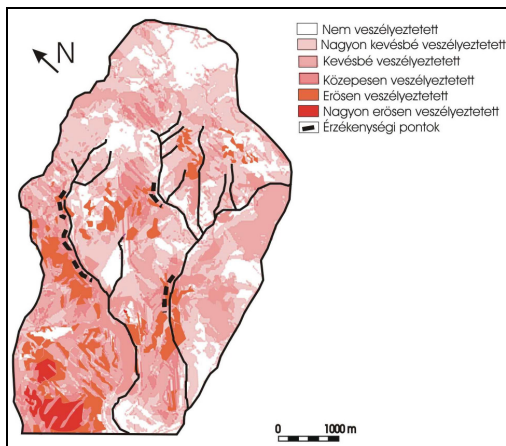
A Nyárádmagyarósi- medence egészére vonatkoztatva, a múltban létrejött suvadások kialakulási helyzetéből következtetve meghatároztam azokat a feltételeket, amelyek suvadások kialakulását idézhetik elő. Ezek közül a lejtőhajlást (5-17%-os lejtőmeredekség), a kitétséget (délies kitétségű lejtők), a felszínborítottságot (szántott felszínek), a talajok agyagtartalmát és kémhatását (bázikus talajok) emeltem ki.

A csuszamlásveszélyes területek kijelölése a suvadások kialakulása szempontjából legmeghatározóbbnak ítélt tényezőket ábrázoló térképi rétegek (gridek) összevetésével történt.

A suvadást okozó tényezők súlyozását az IDRISI-ben szervezett AHP alkalmazásával végeztem el. A tényezőket két kategóriába soroltam. Nagyobb súlyúnak tekintetem a lejtők meredekségét, kitétségét és a területhasználatot. A kevésbé fontos tényezőket (talajtulajdonságok) ezekhez képest 1/3 súlyértékkel láttam el. A 4. ábrán megjelenített veszélyeztetettségi fokozatokat az előidéző tényezők száma, a suvadásos folyamat lejátszódásában betöltött szerepének fontossága („súly”) és területi aránya határozza meg.

Kiemelten fontosnak tartottam a patakbevéődások hatására kialakult, alátámasztásukat veszített lejtők, mint érzékenységi pontok feltüntetését a suvadás-veszélyeztetettségi térképen, amire a szerkesztés utolsó fázisában került sor (4.ábra).

A tömegmozgások kialakulásának alapfeltételeit, pontosabban az egyszerre több feltételnek is megfelelő területeket megjelenítő rétegeket vizsgálva a veszélyeztetettség mértékéről is nyerhettem információkat: minél több feltétel teljesül az adott területen, annál nagyobb ott a suvadások kialakulásának valószínűsége.



4. ábra. A Nyárádmagyarósi-medence suvadás-veszélyeztetettségi térképe
Figure 4. Slump-susceptibility map of the Nyárádmagyarós Basin

A Nyárádmagyarósi-medence területének 25,7 %-a a suvadás kialakulása szempontjából fontosnak ítélt feltételekből csak egyet teljesít. Ezeket a területeket tekintem a suvadások kialakulásának szempontjából legkevésbé veszélyeztetetteknek. 29,3 % kettőt, 10,1 % három feltételt teljesít. Ezeket közepesen suvadásveszélyesnek tartom. A négy feltételt teljesítő területek részaránya az összterület 4,8 %-a. A mind az öt feltételt teljesítő területeken, az összterület 1,8 %-án a legvalószínűbb a suvadás típusú lejtős tömegmozgások kialakulása.

Számításaim alapján a medence mindössze 29,3 %-a nem rendelkezik egyetlen olyan feltétellel sem, amely suvadás típusú lejtőmozgások kialakulását segítené elő.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka a TÁMOP-4.2.2./B-10/1-2010-0024 sz. pályázat támogatásával készült.

Köszönetemet szeretném kifejezni Prof. Dr. Kerényi Attilának a dolgozat megírásában nyújtott szakmai támogatásáért, valamint McIntosh William Richardnak a fordítás nyelvi ellenőrzésében nyújtott segítségéért.

1. Antecedents

Very few publications analyse the soil conditions of the Nyárádmenti Hills and the changing of the geomorphology of the region. Relief, lithology and the geographical location of the region enable the formation of specific soil types, special denudation and accumulation forms that give the objects of my research.

My study area is suitable for applying and comparing the different methods of soil erosion mapping.

Some research topics are at the margin of erosion research, researchers are less interested in. Such are the geomorphological features that influence the process of erosion and have direct effects on the productivity of soils.

Object of my research is studying slumps considering their effect on soil erosion and the formation of new soil types and as a result on their productivity. This interdisciplinary topic required the analysis of the most important publications related to both soil erosion and slump research. As around 255 publications are referred in my PhD work it is not possible to refer them in effect in this short summary of the theses.

The study area is located near settlements (Nyárádmagyarós, Nyárádselye) that have very limited extension of crop land. Therefore the sensible utilization of the cultivable soils and the preservation of their productivity would be essential for the inhabitants. The current state of the study area cannot justify economically the growing of any plants, however, some pretended attempts have been made for this that may result in the further deterioration of the soils.

2. Aims

Various forms of soil erosion and its relationship with slumps have been studied in the Nyárádmagyarós Basin.

Aims of this research can be summarized in the followings:

- Erosion state of the soils has been surveyed and mapped using traditional and digital cartographic tools;
- Universal soil loss estimation equation has been applied in shaping digital erosion maps;
- Role of slumps in soil erosion and in the decrease of cultivability of crop fields has been investigated;
- Effects of dissection, changed slope conditions and soil forming rocks on the formation of soil types have been studied;

- Conditions triggering the formation of slumps have been defined in the study area;
- Using digital mapping tools those surfaces where the conditions promoting the formation of slumps are present have been defined. Such areas have been presented in a “slump-suseptibility map”.

3. Research methods

Erosion conditions of the soils in the catchment area of the Peres and Rigós streams forming the northern part of the Nyárádmagyarós Basin have been studied and mapped using “traditional” tools.

In the study area 41 sampling points were determined.

In the course of the traditional erosion mapping 173 soil samples were taken from the profiles and these were analysed in laboratory applying the following procedures:

pH – potenciometer method,

CaCO₃ – Schreiberler’s calcimeter,

Humus content – Schollenberg’ method

Nitrogen supply – Kyeldahl’s method,

Phosphorous supply – Egner-Riehm-Domingo method,

Potassium supply – Egner-Riehm-Domingo method,

SB (basoid cation exchange capacity) – Kappen’s method,

SH (hydrogen ion exchange capacity) – Cernescu’s method,

grain-size distribution – Kacsinski’s method.

Based on dug profiles, 8 soil types were identified in the study area. After this based on the comparison to the control profile and on the thickness of the humus horizon different erosion grades were determined.

Determination of the annual eroded soil quantity was made using digital cartography tools. In the course of the procedure the values of the universal soil loss estimation equation (USLE) relevant to the study area were determined and then integrated with the help of the IDRISI GIS software. Factors of the USLE were ordered into grids and finally these were displayed together in a map. In this way the estimated annual a quantity of soil loss could be displayed.

Slump investigation in relation to soil erosion was carried out in the case of a relatively large slump (slump at Nyárádmagyarós). Grade of dissectivity was measured in the field using a Garmin eTrex Vista GPS and a tape measure.

In order to produce the maps, to study the relief and soil conditions of slumps 1:10000 scale cadastral and topographic maps were used. In the area of the slumps 8 representative profiles were prepared and described in

order to study the soils. Then 32 soils samples were taken from the profiles. Soil type determination was helped by 5 further control profiles and by measurements using a Prückhauer drilling rod at 25 places.

Studying the triggering conditions of slumps was carried out in the case of a large slump formed near Nyárádselye in 1999. Climatic conditions were investigated based on the precipitation and temperature data of the Romanian National Meteorological Survey relevant to the study area. Data of the time period before the formation of the slump were compared to the average values characteristic for the area and I was searching for anomalies that may have contributed to the triggering of the slump. The process of slump development was followed by field surveys and measurements in several time periods. Measurements were performed with GPS positioning and tape measures.

Slump-suseptibility of the Nyárádmagyarós Basin was analysed based on the geographical information system. The digital elevation model of the region was constructed, then derived maps (slope steepness, slope orientation maps) were obtained. Risk factors important from slump formation point of view were displayed graphically and then were depicted together on a map. On the obtained map risk grades were determined.

Thematic maps, profiles, figures and tables were prepared using the following software: IDRISI 32, ArcWiew, Microsoft Excel, Microsoft Word, Surfer for Windows 8.0.

4. Results

4.1. I constructed the soil map of the catchment area of the Peres and Rígós streams in the northern part of the Nyárádmagyarós Basin and determined the erosion state of the soils of the area.

In the course of the traditional erosion mapping 8 soil types were identified in the study area on the basis of field analysis of dug profiles and of the results of laboratory analyses. Following the identification of different soil types and comparison to the control profile different erosion grades were determined on the basis of the thickness of the humus horizon and the soil layers.

1. Slightly eroded soils: where erosion affected horizon A or parts of it.

2. Moderately eroded soils: where erosion washed horizon A away and affected the upper part of horizon B.

3. Strongly eroded soils: where erosion washed most of horizon B away and only the lower part of horizon B remained.

4. Soils eroded to the soil forming rock: where horizon C, i.e. the base rock is found on the surface. In the case of loose sediments this can be slightly humic at the most. Such soils can be classified as earthy bare soils (lithosols).

5. Accumulation areas of the denuded soil: slope debris soils.

Erosion grade of the soils were ranked and displayed on an erosion map (Fig. 1 page 4.)

52.5%, 16.2% and 19.4% of the soils in the area are qualified as slightly eroded, moderately eroded and strongly eroded respectively. The rest of the area is characterised by accumulation (4.5%) and the beds of the erosion valleys.

4.2. The annual soil loss due to erosion was determined by the universal soil loss estimation equation integrated into the geographical information system.

I created a geographical information system about the area that is composed of two major parts: a digital relief map and its derivatives (slope steepness, maps showing the distribution of slope length values) on the one hand and the digitized maps of geofactors required for the soil erosion models to be applied (erosion potential of downpours, erodibility of the soil, maps displaying the spatial distribution of the ratio of soil protection procedure factors).

In the course of erosion estimation by digital methods the universal soil loss estimation equation factors were integrated with the help of a GIS software (IDRISI).

I constructed the map displaying the average annual soil loss values of the catchment area of the Peres and Rigós strams (Fig 2.,page 5).

Erosion categories of the study area were classified. Classification was based on the erosion categories determined by the Pedological and Agrochemical Research Institute of Romania:

- < 1 t/(ha/year) – negligible erosion
- 1-8 t/(ha/year) – slight erosion
- 8- 16 t/(ha/year) – medium erosion
- 16-30 t/(ha/year) – strong erosion
- >30 t/(ha/year) – very strong erosion

Estimated annual quantity of denuded soil in the study area varies between the limit values of 0 and 50 t/ha. There are pixels on the obtained map that show soil loss higher than 50 t/ha, however, their ratio is insignificant.

The majority of the study area (41.2 %) shows 1-18 t/ha/year plotting in the category of slight erosion. These areas are the same as those characterised by 5-12 % of slope steepness. Ratio of areas having 16-30

t/ha/year denuded soil is also significant (36.5 %). Areas of greatest soil loss (22.3 %) also have the steepest slopes and these correlate with the location of the erosion gullies as well. Periodical deepening of the linear forms helps the continuity and re-activation of slope dynamic processes.

4.3. I determined the effects of slumps present in the area of the Nyárádmagyarós Basin on soil erosion.

An extended slump surface was investigated in the vicinity of Nyárádmagyarós settlement in relation to the pedological effects of spatial dissectivity. Currently in the area of 126 hectares characterised by slumps there are 17 sharp positive forms (hummock) and depressions (hollows) in between them.

Ridges developed in the course of slumping were dissected and separated into orderly heaps or elongated transversally. Their single area is not great but their effect damaging the agricultural potential is significant. Although the total area of the hummocks is only 11.61 ha the area that cannot be utilized agriculturally is much greater.

Studying the soil quality of the soils in the slumped area it can be stated that although a great ratio of the surface is characterised by the accumulation of material washed from the positive landforms soils with small humus content and poor nutrient supply were formed on these surfaces as well due to the grade and continuity of erosion and to the quality of the washed material.

I determined the degree of soil degradation in the course of the slumping. Based on this the area was classified into two categories.

a/ Along the main scarp and on the slope-ward side of the hummock surfaces where slope steepness occasionally exceeds 25 % complete soil denudation occurred. At these places bare surfaces (completely denuded soils) suitable for no utilization developed. These make up 6 % of the total area and cannot be used either for hayfields or grazing lands. Their further denudation could be reduced by planting arborescent vegetation.

b/ On the scarp-ward side of the hummocks and in the zone of inflection on the steeper slope parts erosion is less strong. In these areas also earthy bare soils (lithosols) are formed but in these cases a 15-25 cm thin humus horizon is developed as well.

4.4. Based on the pedological investigations I determined the effects of relief, moisture and vegetation conditions changed due to the formation of the slump on the development of soils.

Due to the dissectivity the deterioration of the structure in the soil was detected, the inner cohesion conditions changed, soil masses were mixed, various masses were accumulated and exchanged. With the mixing of soil horizons the physical and chemical properties of soils were changed.

With the changing of sloping conditions the area suddenly became much more exposed to erosion effects.

Surface cover was changed, ratio of bare surfaces increased, plant associations were transformed. On the scarp and on the face of the slid masses, especially on the southern sides poor in nutrients stunted drought baring vegetation appeared. Behind the slid heaps depressions without outflow were formed in which lakes (hollow lakes) developed that survived for longer-shorter periods. In these areas hydrofilous vegetation developed. In periods of drought they transform into swamps or they become dry, however, occasionally, depending on the precipitation conditions they may become fens.

In the case of the slump at Nyárádselye I had the chance to monitor the conditions and the signs prior to the triggering of the movement and to study the formation of the slump following the start of the movement and later to examine the new landforms.

I measured the size of the agricultural lands damaged as a result of the slump.

The moved slope mass made 6.1 hectares of land irreversibly unusable and further 11 hectares experienced partial damage. In this land of 11 ha the quality of soils deteriorated, their cultivation in the future will be difficult with greater cost.

The slump at Nyárádselye cannot be regarded to be stabilized, in my opinion the movement can be re-activated in the near future thus the ratio of the lands cannot be utilized irreversibly will increase.

4.5. I determined the time periods with different risk of mass movement based on the analysis of the formation conditions of the slump at Nyárádselye.

Based on the data of the Meteorological Survey of Mures County relevant to the study area I concluded that outstanding precipitation and temperature conditions of the year preceding the slump formation had great role in the process. The direct triggering cause was the significant cut in the valley bottom of the stream running at the foot of the slope in the time period of rapid snowmelt and excessive spring rainfall.

I constructed the graph showing the risk of landslide formation based on the formation period of slumps, the data of precipitation, the period of snowmelt and the time period of rock oversaturation (Fig.3, page 8).

4.6. I displayed the areas endangered by slump formation in a „slump-suseptibility map” constructed using GIS methods.

I analysed the role of the geology, soil and relief conditions of the study area in the formation of slumps.

Geological conditions of the region influence the relief conditions and its development through time. They also determine slope conditions, steepness, orientation and shape, etc. of slopes and thus influence the exposition of the land to the formation of mass movements.

The soil forming rock in the area of the basin is claymarl. The repeated swelling (wet periods) and shrinking (dry periods) of the illite/montmorillonite, beydellite type clay minerals constituting the rock prepare the soils for sliding down the slopes. My examinations included the grain-size distribution determination of the soils thus the ratio of clay fraction in the soil forming rock was available as well.

Based on data from the literature, the role of calcium carbonate can be regarded as significant in mass movements especially on southern slopes. In the course of torrential downpour following long periods of drought the pH of soil moisture may increase resulting in the dissociation of clay particles.

Based on the above, I can state that chemical processes in the interior of the rocks alone can result in low shear strength and decreased cohesion conditions that may cause slump formation.

Based on the place of former slumps I identified the conditions that can trigger the formation of slumps in the entire Nyárádmagyarós Basin. Out of these, slope steepness (5-17 %), slope orientation (southern slopes), surface cover (arable lands), clay content and pH of soils (basic soils) were accentuated.

Identification of areas endangered by slumps was performed by comparing the grids displaying the factors considered the most important from slump formation point of view.

Weighting of the factors causing slump formation was made with the help of the AHP application in the software IDRISI. Factors were separated into two categories. Greater weight was added to slope steepness, slope orientation and land-use. Factors regarded to be less important (soil properties) received 1/3 weight. Risk degrees displayed in Figure 4 were determined by the number of triggering factors, the importance of their role in slumping ("weight") and their spatial ratio.

In the last phase of constructing the slump risk map I regarded the indication of the slopes that lost their support due to stream cut in as sensitive spots highly important.

Studying the grids depicting the basic conditions of mass movement formation or rather the areas having several conditions simultaneously information on the degree of risk could have been obtained as well: the more conditions are present in a given area the greater the probability of slump formation is (Fig. 4, page 10).

25.7 % of the area of the Nyárádmagyarós Basin has only one condition of those regarded to be important from slump formation point of view. I consider these areas as of least risk regarding slump development. 29.3 % has two and 10.1 % has three conditions present. These areas are of medium risk. Ratio of those areas that have four conditions present is 4.8 % of the total area. Formation of slump type mass movements is most likely in areas that have all five conditions present, i.e. in 1.8 % of the total area.

Based on my calculations only 29.3 % of the basin has no conditions present at all that would contribute to the formation of slump type mass movements.

Acknowledgements

The work was supported by the project TÁMOP-4.2.2./B-10/1-2010-0024.

I would like to express my thank to Prof. Dr. Attila Kerényi for his professional support in writing the theses and to Richard William McIntosh for his kind help in reviewing the translation of the theses.