

MIHAI NICULIȚĂ

**Evaluarea activității alunecărilor de teren  
din Podișul Moldovei în holocen și antropocen:  
element fundamental pentru evaluarea hazardului  
la alunecări de teren în contextul  
schimbărilor climatice  
(LAHAMP)**

**RAPORT DE CERCETARE**





Evaluarea activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei în holocen și antropocen: element fundamental pentru evaluarea hazardului la alunecări de teren în contextul schimbărilor climatice (LAHAMP). Raport de cercetare.

Cod proiect: PN-III-P1-1.1-PD-2016-0154

Director: Lect. dr. Mihai NICULIȚĂ

Departamentul de Geografie

Facultatea de Geografie și Geologie

Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași



Editura TEHNOPRESS  
Str. Lascăr Catargi nr. 38  
700107 Iași  
Tel./fax: 0232 260092  
E-mail: [tehnopress@yahoo.com](mailto:tehnopress@yahoo.com)  
<http://www.tehnopress.ro>  
Editură acreditată CNCSIS, cod 89

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României  
Evaluarea activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei în holocen și antropocen: element fundamental pentru evaluarea hazardului la alunecări de teren în contextul schimbărilor climatice (LAHAMP): raport de cercetare / Mihai Niculiță. - Iași: Tehnopress, 2020  
Conține bibliografie  
ISBN 978-606-687-433-5

I. Niculiță, Mihai

624.131



---

## CUPRINS

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>I. Alunecările de teren ca procese de deplasare în masă - hazardul și riscul asociat acestora .....</b>                  | <b>5</b>   |
| <b>II. Identificarea alunecărilor de teren .....</b>                                                                        | <b>14</b>  |
| <b>I.1 Tipologia alunecărilor de teren din Podișul Moldovei .....</b>                                                       | <b>16</b>  |
| <b>I.2 Morfologia și cartarea alunecărilor de teren din Podișul Moldovei .....</b>                                          | <b>40</b>  |
| <b>II.3 Structura geologică și litologia ca elemente fundamentale în înțelegerea evoluției alunecărilor de teren .....</b>  | <b>76</b>  |
| <b>II.4 Regionarea geomorfologică a Podișului Moldovei și factorii alunecărilor de teren .....</b>                          | <b>108</b> |
| <b>II.4.1 Limitele Podișului Moldovei și alunecările de teren .....</b>                                                     | <b>108</b> |
| <b>II.4.2 Subdiviziunile Podișului Moldovei și alunecările de teren .....</b>                                               | <b>108</b> |
| <b>II.4.3. Problema “câmpiilor” din Podișul Moldovei .....</b>                                                              | <b>111</b> |
| <b>II.4.4 Factorii geomorfologici ai alunecărilor de teren din Podișul Moldovei .....</b>                                   | <b>114</b> |
| <b>II.5 Sursele de date privind alunecările de teren din Podișul Moldovei .....</b>                                         | <b>134</b> |
| <b>II.5.1 Surse de teledetecție .....</b>                                                                                   | <b>134</b> |
| <b>II.5.2 Interpretarea geomorfologică în teren .....</b>                                                                   | <b>142</b> |
| <b>II.5.3 Prospecțiunea geofizică .....</b>                                                                                 | <b>172</b> |
| <b>III. Datarea alunecărilor de teren prin metoda radiocarbon .....</b>                                                     | <b>176</b> |
| <b>III.1 Contextul teoretic și metodologic al datărilor cu radiocarbon .....</b>                                            | <b>176</b> |
| <b>III.2 Analiza datărilor alunecărilor de teren .....</b>                                                                  | <b>185</b> |
| <b>III.3 Situri cu posibilități de datare .....</b>                                                                         | <b>193</b> |
| <b>IV. Identificarea siturilor de probare dendrocronologică și dendrogeomorfologică, probarea și analiza acestora .....</b> | <b>199</b> |
| <b>IV.1 Analiza datelor dendrocronologice și dendrogeomorfologice .....</b>                                                 | <b>203</b> |
| <b>V.     Compilarea bazei de date cu alunecările istorice și din ultimii 100-60 de ani și cartarea lor .....</b>           | <b>204</b> |
| <b>VI.     Modelul de evoluție al alunecărilor .....</b>                                                                    | <b>228</b> |
| <b>VI.1 Climatul în Podișul Moldovei post LGM .....</b>                                                                     | <b>228</b> |
| <b>VI.2 Modelul de evoluție al alunecărilor din Podișul Moldovei .....</b>                                                  | <b>231</b> |
| <b>VII.    Concluzii .....</b>                                                                                              | <b>240</b> |
| <b>Mulțumiri .....</b>                                                                                                      | <b>242</b> |
| <b>Referințe bibliografice .....</b>                                                                                        | <b>243</b> |
| <b>Lista de figuri .....</b>                                                                                                | <b>261</b> |
| <b>ANEXA 1. Rezultatele datărilor .....</b>                                                                                 | <b>270</b> |
| <b>Costești .....</b>                                                                                                       | <b>270</b> |
| <b>Breazu .....</b>                                                                                                         | <b>274</b> |
| <b>Lețcani .....</b>                                                                                                        | <b>278</b> |



## Raport științific in extenso privind implementarea proiectului de cercetare LAHAMP

Proiectul “*Evaluarea activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei în holocen și antropocen: element fundamental pentru evaluarea hazardului la alunecări de teren în contextul schimbărilor climatice (LAHAMP)*”, cod proiect PN-III-P1-1.1-PD-2016-0154, nr. contract PD 159/2018, este un proiect de cercetare de tip Postdoctorat (PD), finanțat de UEFISCDI prin PNIII și este coordonat de Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași, prin director Lect. univ. dr. Mihai NICULIȚĂ, Departamentul de Geografie, Facultatea de Geografie și Geologie.

Obiectivul principal al proiectului este obținerea de datări ale alunecărilor de teren din Podișul Moldovei, pentru holocen și antropocen, pentru a îmbunătăți modelul de evoluție și recurență temporală a acestui fenomen, în scopul de a studia hazardul temporal al alunecărilor de teren.

Ca obiective specifice, sunt următoarele:

OS.1 Identificarea siturilor alunecărilor de teren databile cu radiocarbon și datarea lor;

OS.2 Identificarea siturilor alunecărilor de teren databile cu metoda dendrocronologică și determinarea activității;

OS.3 Identificarea alunecărilor de teren active în antropocen și cartarea spațială a fenomenelor active în ultimii 50-60 de ani, obținându-se baza de date a alunecărilor istorice;

OS.4 Identificarea alunecărilor de teren recente și cartarea lor;

OS.5 Creare curbei temporale de magnitudine-frecvență;

OS.6 Crearea scenariilor de evoluție a alunecărilor;

OS.7 Extrapolarea curbei de frecvență-magnitudine și a scenariilor de evoluție a alunecărilor la inventarul alunecărilor de teren din Podișul Moldovei și a nesiguranței asociate.

Podișul Moldovei este un areal cu relief colinar, având o suprafață de 24 803 kmp (10,4 % din teritoriul României) și unde alunecările de teren ocupă 18,3 % (**Mărgărint și Niculiță, 2017**). Acestea reprezintă un fenomen de hazard, cu risc pentru societatea umană în cadrul acestei zone, atât din perspectivă a factorilor favorizanți, cât și a factorilor declanșatori, ce generează pagube importante în special asupra locuințelor, căilor de transport și a rețelelor de utilități. Alunecările de teren din Podișul Moldovei sunt în general vechi, predominant holocene, fără a se putea exclude vârsta pleistocen superioară a unora, în urma datărilor efectuate, confirmându-se această vârstă. Climatul, în general arid al regiunii, în decursul holocenului și în prezent, a permis păstrarea morfologiei alunecărilor de teren, degradarea acestora realizându-se predominant prin evoluția regresivă a cornişelor și prin reactivări ale maselor alunecate. Magnitudinea alunecărilor de teren a scăzut continuu de-a lungul timpului, cele mai mari (ca suprafață, volum și diferență de nivel între cornişă și bază) alunecări fiind, cele pleistocen superioare-holocen inferioare, dezvoltate în special pe versanții aliniamentelor structurale de tip frunte de cuestă (coastă), unde există straturi cu litologii rezistente la eroziune (calcare, gresii, tufuri). Aceste alunecări s-au dezvoltat în condiții climatice diferite de cele actuale, în prezent ele având caracter fosil sau relict și fiind inactive. Ulterior, corpurile de alunecare și cornişele acestor alunecări fosile au constituit areale de reactivare a alunecărilor de teren, pe toată perioada holocenă, probabil mai intens în anumite perioade caracterizate de creșterea cantităților de precipitații, însă magnitudinea a scăzut, în prezent păstrându-se în relief morfologia alunecărilor recente. Pentru a se putea prognoza evoluția și frecvența temporală a fenomenelor de alunecare în acest areal este foarte importantă stabilirea unei curbe de frecvență temporală, care să îmbunătățească actualul model de evoluție și să permită evaluarea hazardului la alunecări de teren, și ulterior a riscului. Acest demers, este cu atât mai important, cu cât revenirea unui ciclu de climă umedă, în contextul schimbărilor climatice globale, ar crește frecvența fenomenelor de alunecare, în special ținând cont de extinderea zonelor construite și a rețelelor de comunicații și utilități, după ultimul ciclu umed (1970-1980), ca și schimbarea materialelor de construcție (de la lemn și chirpici la cărămidă și BCA) și a stilului arhitectonic (de la case cu parter la case cu unu sau două etaje), în special în perioada de după anii 1990.

Pentru analiza hazardului, în special cel temporal, este nevoie de datarea relativă sau precisă a evenimentelor de alunecare. Pe baza unui inventar spațial al alunecărilor de teren (**Niculiță și Mărgărint, 2014**) și pe baza cercetărilor de teren, la nivelul Podișului Moldovei au fost identificate:



- peste 50 de situri, unde există vestigii arheologice, care pot fi relaționate de cartarea geomorfologică a alunecărilor de teren, astfel încât să se poată stabili o datare relativă a acestora, utilizând informația arheologică;
- peste 30 de situri, unde există situații geomorfologice care păstrează depozite databile prin radiocarbon și luminescență stimulată optic;
- peste 10 areale unde metoda dendrocronologică este aplicabilă pentru a determina perioadele în care arborii au suferit înclinări datorate alunecărilor de teren;
- peste 10 areale unde există imagini aeriene pentru ultimii 50 de ani, în cel puțin două serii de timp, prima în anii 1950-1960 și a doua după anul 2000 și unde inventarierea multi-temporală a alunecărilor de teren este posibilă.

Pe lângă posibilitățile de datare absolută sau relativă menționate au fost identificate prin studiul diverselor surse scrise (documente istorice, lucrări științifice, publicistică variată):

- peste 30 de situri unde alunecările de teren s-au produs în perioade istorice și au afectat monumente istorice sau așezări, cu mențiunea acestor evenimente în surse istorice;
- peste 1000 de evenimente de alunecări de teren petrecute în ultimii 100 de ani.

Prezentul proiect și-a propus aplicare metodelor de datare absolută și relativă prezentate mai sus obținându-se o bază de date cu alunecările de teren și o curbă de frecvență temporală a alunecărilor de teren pentru teritoriul Podișului Moldovei, din pleistocen, și până în holocen și antropocen, pentru fundamentarea cantitativă a hazardului la alunecări de teren, etapă fundamentală în procesul de estimare a riscului la alunecări de teren.



# **I. Alunecările de teren ca procese de deplasare în masă - hazardul și riscul asociat acestora**

Noțiunea de fenomene de deplasare în masă vine să extindă termenul de alunecări de teren, așa cum în literatura internațională se diferențiază termenii „*mass wasting processes*” și „*landslides*”, sau „*landslip*” (Cruden, 1991). În literatura românească, s-au utilizat termenii: *alunecări de teren* (Macarovici, 1942), *pornituri de teren* (Martiniuc și Băcăuanu, 1961), *deplasări de teren* (Tufescu, 1966), sau alte regionalisme (Micu, 2017).

Alunecările de teren au primit diverse definiții:

- *O porțiune de teren care a alunecat ca o consecință a perturbării provocate de un cutremur sau din subminarea de către apă a straturilor inferioare care îl susțin* (Lyell, 1833);
- *Deplasarea rapidă a unei mase de roci, sol rezidual sau sedimente învecinate unei pante în care centrul de greutate al masei care se mișcă avansează în jos și spre exterior* (Terzaghi, 1950);
- *Transportul în masă, în josul pantei sub influența gravitației, a solului și rocii. Cel mai adesea materialul deplasat se mișcă pe o zonă bine delimitată sau suprafață de fricțiune* (Bates și Jackson, 1987);
- *Mișcarea de obicei rapidă în aval a unei mase de roci, pământ sau umplutură artificială, pe o pantă* (Dicționarul Webster - <http://www.merriam-webster.com/dictionary/landslide>);
- *Mișcarea unei mase de roci, pământ sau deșeurii în jos pe o pantă* (Cruden, 1991).

Fenomenele de deplasare în masă reprezintă un termen general, care vine să completeze termenul alunecare de teren, pentru a include o serie de deplasări gravitaționale care generic se încadrează în definirea termenului de alunecare de teren, dar care prezintă o serie de caracteristici care nu se încadrează în aceste definiții: prăbușirile și căderile de roci (nu se încadrează la criteriul de mișcare de-a lungul unei suprafețe de ruptură), avalanșele (materialul alunecat nu este de natură litică), alunecările de deșeurii/norioase (debris-flow/mud-flow, unde materialul alunecat are un conținut mare de apă, și care fac trecerea spre viituri), laharurile (unde materialul alunecat are un conținut mare de apă, și care fac trecerea spre viituri), alunecările submarine, etc. Fenomenele de deplasare în masă se referă mai mult la proces, iar alunecările de teren se referă mai mult la forma rezultată, deși cele două sintagme sunt utilizate cu ambele înțelesuri.

Alunecările superficiale implică în general doar stratul de sol și zona superioară a regolitolui, în timp ce alunecările adânci implică pe lângă acestea și roca de bază până la anumite adâncimi. Volumul alunecărilor de teren pot varia de la câteva zeci de metri cubi până la câțiva kilometri cubi pentru



alunecări de teren uriașe, în timp ce viteza de alunecare poate varia de la câțiva centimetri pe an pentru alunecări de teren care se deplasează lent la zeci de kilometri pe oră pentru alunecări rapide și extrem de distructive. În funcție de starea de activitate sau de mișcare, alunecările de teren existente pot fi clasificate ca active (prezintă la momentul în care se face cartarea deplasare cu viteze variate), latente (cu potențial de reactivare) sau inactive (adeseori relict sau fosile).

Alunecările de teren sunt în general induse atunci când forța de forfecare pe pantă depășește rezistența la forfecare a materialului. Apariția și reactivarea alunecărilor de teren este condiționată de un număr de factori precum caracteristicile terenului și factori de mediu, în strânsă dependență cu proprietățile stratului pedologic și materialul petrografic, condițiile climatice, structurale, morfologia și morfometria preexistentă a versanților, modul de utilizare a terenului, debitul apelor de la suprafață și debitul apelor subterane etc.

Alunecările de teren pot fi declanșate de procese fizice naturale, cum ar fi cantitățile mari de precipitații sau de lungă durată, cutremure, erupții vulcanice, topirea rapidă a zăpezii, râuri subterane, valuri și dezghețul permafrostului. De asemenea, acestea pot fi declanșate de activități antropice cum ar fi excavarea și supraîncărcarea terenului (de exemplu, construcția de drumuri și clădiri, extracția și exploatarea de tip carieră), modificări ale utilizării terenurilor (de exemplu defrișări), descărcarea rapidă a rezervoarelor, irigarea, vibrațiile de sablare, pierderile de apă de la utilități sau prin orice combinație de procese induse natural și/sau de către om.

Alunecările de teren reprezintă un hazard major în cele mai multe regiuni muntoase și deluroase, precum și în zonele costiere sau malurile râurilor. Impactul lor depinde în mare măsură de mărimea și viteza lor, de elementele expuse riscului și de vulnerabilitatea acestor elemente. În fiecare an, alunecările de teren cauzează decese și produc daune mari infrastructurii (drumuri, căi ferate, conducte, rezervoare artificiale etc.) și proprietăților (clădiri, terenuri agricole etc.).

Hazardul geomorfologic (**Figura 1**) reprezintă probabilitatea ca anumite fenomene geomorfologice să se manifeste pe un teritoriu, într-un interval de timp determinat, fenomene care avea potențial de a provoca pierderi societății umane. Hazardul alunecărilor de teren reprezintă probabilitatea spațială și temporală de apariție a fenomenului de alunecare, cu potențialul de a crea pagube (**Varnes, 1984; Lee și Jones, 2004**). O serie de elemente ale societății umane (populația, clădirile, activitățile economice, serviciile publice, rețelele de utilități) sunt supuse riscului de a fi afectate (cu producerea de pagube), dacă alunecările de teren se produc (Lee și Jones, 2004).

Riscul este o perspectivă umană și culturală de aceea conceptualizarea și estimarea trebuie să se facă în contextul unei analize de tip risc-beneficiu, cost-beneficiu și proces decizional (Lee și Jones, 2004), astfel că pe lângă partea fizică a fenomenului și a vulnerabilității, există și un component social și economic. Aceste elemente supuse riscului sunt vulnerabile, vulnerabilitatea lor fiind mai mică sau mai mare în funcție de magnitudinea evenimentului și de modul în care acesta acționează asupra elementului respectiv. Din acest punct de vedere se pot stabili scenarii de vulnerabilitate la alunecări de teren, care se vor transla în scenarii de risc la alunecări de teren.

Riscul la alunecări de teren reprezintă valoarea/extensia pagubei create elementelor supuse riscului de producerea unei alunecări de teren (**Lee și Jones, 2004**). Dezastrul este un concept care se referă la un hazard ale cărui pagube depășesc capacitatea locală de recuperare și necesită intervenție exterioară (**Lee și Jones, 2004**). Din perspectiva riscului la alunecări de teren, magnitudinea și frecvența acestora sunt elemente esențiale pe baza cărora se poate estima riscul. Pentru a se evalua hazardul la alunecări de teren este nevoie de a se cunoaște probabilitatea spațială și temporală de apariție a fenomenului, respectiv susceptibilitatea unui teritoriu la apariția alunecărilor de teren. Această susceptibilitate poate fi atât spațială, cât și temporală, și nu este relaționată de hazard decât din perspectiva asocierii alunecărilor cu societatea umană.

Foarte adesea cele trei concepte (susceptibilitate, hazard, risc) sunt văzute ca fiind aceleași, și o simplă evaluare a susceptibilității spre exemplu este tratată fie ca evaluare a hazardului fie a riscului. Această abordare însă poate fi periculoasă, deoarece va determina decizii incorecte (supra- sau subevaluate). Practic, această abordare se realizează în cadrul actualei legislații românești privind evaluarea riscului și a hazardului (**ISPIF, 1998**). Aceasta este bazată pe metodologia empirică propusă de **Marchidanu (1995)**, metodologie care în viziunea autorului, este “... foarte utilă ...” deoarece “... permite luarea măsurilor de prevenire a producerii alunecărilor ...” căci “... Există numeroase exemple de construcții care au fost amplasate pe terenuri aparent stabile, dar care în realitate se încadrează în



zone cu potențial ridicat de producere a alunecărilor, acestea fiind ulterior afectate de importante deplasări de teren”.



Figura 1. Reprezentare schematizată a raporturilor dintre diferitele componente ale hazardului și riscului la alunecări de teren (prelucrare după Lee și Jones, 2004; Glade ș.a., 2005, Van Westen ș.a., 2006 și Corominas ș.a., 2013); cu roșu sunt reprezentate zonele unde prezentul raport aduce contribuții.

Deși nu se specifică pe ce baze a fost evaluată aparența, nu există nici o validare a metodologiei propuse care să arate că aceasta ar identifica zonele care în realitate au potențial ridicat de producere a alunecărilor de teren. Această metodologie deși se referă la zonarea potențialului de producere a alunecărilor de teren (cu alte cuvinte la susceptibilitate), introduce “criterii stabilite pe baza unor factori care ... pot influența decisiv stabilitatea versanților” (Marchidanu, 1995) și estimări ale potențialului și probabilității pentru a stabili un coeficient de risc. Deci, se vorbește de risc, dar se propune un model aditiv de bonitare, echivalent al unei susceptibilități. Ghidul (ISPIF, 1998) care însoțește legea definește harta de risc ca “sinteza tuturor evaluărilor privind prognoza stabilității versanților” și menționează că “... hărțile de risc se redactează pentru alunecări care încă nu s-au produs și pentru care nu există nici un semn vizibil că ar exista pericolul declanșării acestora ...”. Această exprimare este contrară tuturor evidențelor din literatura internațională de specialitate (Varnes, 1984; Carrara și Merenda, 1976), căci acestea arată foarte clar că alunecările de teren apar acolo unde au mai apărut și că alunecările existente



au cea mai mare rată de reactivare. Într-adevăr, tot literatura internațională utilizează modele statistice care încearcă să stabilească relații între factorii cauzali ai alunecărilor de teren și diverse variabile ale terenului, care să fie utilizate pentru a releva zonele predispuse repetării fenomenului. Dar restricționarea din ghidul românesc este de domeniul absurdului, pentru că aceste areale ipotetice de fapt sunt cele foarte stabile și care teoretic, prin absurd ar putea fi afectate de alunecări de teren, doar dacă se realizează intervenții antropice. Acest ghid mai menționează că este “... o inițiativă bazată pe o concepție proprie, în prezent” (în 1998) “nefiind cunoscută o altă metodă, fundamentată pe același principii, referitoare la acest subiect”. Totuși, în 1998 erau publicate câteva lucrări de referință în acest domeniu, cum ar fi: **USGS (1982)**, **Varnes (1984)**, iar în **Stevenson (1977)** publică o metodologie asemănătoare, bazată pe factori și scoruri asociate unor clase ale acestora, riscul fiind calculat după o formulă. Autorii cer ca eventualele critici să fie însoțite de propuneri concrete de soluții alternative, pentru a fi obiective. În privința acestor propuneri, este de ajuns să menționăm că trebuie revizuită partea conceptuală, cu definirea corectă a termenilor de susceptibilitate, hazard și risc, și că trebuie abordată o metodologie care să permită includerea mai multor factori, a mai multor scări de lucru și a unui model bazat pe greutatea diferite asociate factorilor. Aceste modele sunt disponibile încă din anii '70-'80 (**Brabb ș.a., 1972; De Graf și Romesburg, 1980; Carrara, 1983; Bernknopf ș.a., 1988; Carrara ș.a., 1991; Van Westen, 1993**).

O parte din problemele conceptuale ale legislației românești enumerate mai sus au fost rezolvate prin publicarea și intrarea în vigoare a **Normelor metodologice din 10 aprilie 2003 privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren** prin **Hotărârea 447/2003**, pe baza **legii 575 din 22 octombrie 2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a V-a - Zone de risc natural**. Astfel, riscul este definit în mod corect, ca probabilitate de producere a unor pierderi ca urmare a alunecărilor de teren. În continuare se menționează:

*“Elaborarea hărții de risc natural la alunecări de teren se realizează, de regulă, într-un sistem informațional integrat, având la bază bănci de date informatizate și hărți digitale.*

...

Art. 8

*(1) Banca de date aferentă hărții de risc natural la alunecări de teren se realizează prin colectarea, stocarea și prelucrarea informațiilor și datelor necesare referitoare la:*

*a) baza topografică și cartografică (hărți existente digitizate, fotograme, imagini satelitare etc.);*

*b) alunecările de teren existente și lucrările de remediere executate;*

*c) caracterizarea mediului natural din punct de vedere geologic, geomorfologic, hidrogeologic, hidrologic, meteorologic, pedologic, al vegetației etc.;*

*d) intervențiile asupra versanților de natură să schimbe echilibrul natural al acestora (defrișări, lucrări de terasamente, amplasarea construcțiilor pe versanți sau la partea superioară a acestora etc.);*

*e) utilizarea prezentă și de perspectivă a terenului (zone locuite, zone industriale, suprafețe agricole, păduri etc.);*

*f) elementele expuse hazardului la alunecări de teren (construcții, terenuri).*

*(2) Identificarea alunecărilor de teren și inventarierea acestora se fac de către autoritățile publice locale prin completarea datelor cuprinse în fișa-anexă la Ordinul comun al ministrului lucrărilor publice și amenajării teritoriului, al șefului Departamentului pentru Administrație Publică Locală, secretar de stat, și al ministrului apelor, pădurilor și protecției mediului privind delimitarea zonelor expuse riscurilor naturale nr. 62/N-19.o/288-1.955/1998, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 354 din 16 septembrie 1998.*

Art. 9

*(1) Harta de risc natural la alunecări de teren a județului, parte componentă a planului de amenajare a teritoriului județean și/sau zonal, se elaborează, de regulă, la scara 1:25.000. Documentațiile de urbanism - planurile de urbanism generale și regulamentele locale de urbanism aferente - detaliază harta de risc natural la alunecări de teren prin planuri de risc la scări adecvate.*

*(2) Baza topografică și cartografică pentru harta de risc natural la alunecări de teren utilizează sistemul de proiecție Stereo '70, cu echidistanța curbelor de nivel de 2 m și nivel de referință Marea Neagră.*

Art. 10



Harta de hazard la alunecări de teren a județului, componentă a hărții de risc natural la alunecări de teren, se întocmește etapizat, începând cu zonele cu densitate mare a elementelor expuse hazardului la alunecări de teren, precum și/sau în zonele în care s-au identificat fenomene de instabilitate.

#### Art. 11

(1) Harta de hazard la alunecări de teren se întocmește pe baza planurilor și hărților topografice, prin documentare, studii și cercetări de teren, avându-se în vedere date geologice, geomorfologice, hidrogeologice, hidrologice, meteorologice, existența alunecărilor de teren și a lucrărilor de remediere a acestora, date referitoare la intervențiile asupra versanților de natură să schimbe echilibrul natural și altele.

(2) Harta de hazard la alunecări de teren se elaborează în conformitate cu principiile din Ghidul privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren și stabilirea soluțiilor-cadru de intervenție - GT006-97, aprobat prin Ordinul ministrului lucrărilor publice și amenajării teritoriului nr. 18/N/1997 și publicat în Buletinul construcțiilor nr. 10/1998, și Ghidul de redactare a hărților de risc la alunecare a versanților, pentru asigurarea stabilității construcțiilor - GT019-98, aprobat prin Ordinul ministrului lucrărilor publice și amenajării teritoriului nr. 80/N/1998 și publicat în Buletinul construcțiilor nr. 6/2000.

(3) Harta de hazard la alunecări de teren se actualizează periodic și ori de câte ori intervin modificări ale datelor inițiale.

#### Art. 12

Pentru redactarea hărții de hazard la alunecări de teren este necesară parcurgerea următoarelor etape:

a) estimarea valorii și a distribuției geografice a coeficienților de risc  $Ka \div h$  pe baza criteriilor din anexa C la prezentele norme metodologice, în domeniul de variație specific: litologic ( $Ka$ ), geomorfologic ( $Kb$ ), structural ( $Kc$ ), hidrologic și climatic ( $Kd$ ), hidrogeologic ( $Ke$ ), seismic ( $Kf$ ), silvic ( $Kg$ ), antropic ( $Kh$ );

b) stabilirea gradelor de potențial (scăzut, mediu, ridicat) cărora le corespunde o anumită probabilitate de producere a alunecărilor (practic zero, redusă, medie, medie-mare, mare și foarte mare);

c) împărțirea arealului pe care se dorește întocmirea hărții de hazard la alunecări de teren în suprafețe poligonale delimitate astfel încât să reprezinte depozite cât mai omogene litologic și structural;

d) evaluarea, pentru fiecare suprafață poligonală, a coeficienților de risc  $Ka \div h$ ;

e) calcularea coeficientului mediu de hazard  $K_m$ , corespunzător fiecărei suprafețe poligonale analizate, cu relația:

f) întocmirea hărții cu distribuția geografică a coeficientului mediu de hazard  $K_m$ .

#### Art. 13

(1) Elaborarea hărții de risc natural la alunecări de teren se face pe baza hărții de hazard la alunecări de teren și pe baza analizei datelor privind elementele expuse hazardului la alunecări de teren și a vulnerabilității acestora, utilizându-se pentru estimarea riscului la alunecări de teren relațiile de definiție prezentate în anexa A la prezentele norme metodologice.

(2) Elaborarea hărții definite la alin. (1) se face cu precădere pentru zonele în care se află un număr și/sau o categorie importantă de elemente supuse unui hazard ridicat al alunecărilor de teren.

#### Art. 14

Harta de risc natural la alunecări de teren cuprinde, în principal, delimitarea următoarelor zone:

a) arealele declarate, potrivit legii, zone de risc la alunecări de teren;

b) zonele construite expuse alunecărilor de teren și la care urmează să se stabilească măsuri pentru atenuarea și/sau înlăturarea efectelor alunecărilor de teren;

c) zonele unde frecvența și amploarea ridicată a alunecărilor de teren nu permit executarea de lucrări de remediere și impun instituirea interdicției amplasării construcțiilor definitive.

#### Art. 15

Interpretarea hărții de risc natural la alunecări de teren permite adoptarea unor categorii de măsuri pentru prevenirea producerii alunecărilor de teren și atenuarea efectelor acestora, constând, în principal, în:



a) modificări în utilizarea terenurilor; restricționarea și, după caz, interzicerea amplasării construcțiilor și/sau a utilizării terenului, în funcție de categoria de folosință și de limitările induse de riscul la alunecări de teren;

b) schimbarea destinației terenurilor și adoptarea măsurilor constructive suplimentare, acolo unde este cazul;

c) elaborarea de programe privind asigurarea bunurilor și persoanelor pentru cazuri de alunecări de teren;

d) monitorizarea alunecărilor de teren în vederea instituirii sistemelor de prognoză și avertizare;

e) alocarea judicioasă a fondurilor pentru aplicarea măsurilor menite să diminueze riscul la alunecări de teren;

f) realizarea planurilor de intervenție în caz de dezastru.

### CAPITOLUL III: Dispoziții finale

#### Art. 16

(1) Ministerul Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței inițiază elaborarea, avizează în comitetele tehnice de specialitate și aprobă ghidurile, metodologiile și studiile-pilot necesare elaborării hărților de risc natural la alunecări de teren.”.

Cu alte cuvinte, a fost separat riscul de hazard, așa cum era greșit implementat în metodologia veche. Probleme însă mai apar la nivelul păstrării vechilor ghiduri, care vorbesc tot de coeficienți de risc. Mai departe sunt introduse o serie de definiții și o formula de calcul a riscului:

#### “ANEXA A: TERMINOLOGIE\*)

Dezastrul natural sunt fenomene naturale distructive, generatoare de pagube materiale și pierderi de vieți omenești (ploi abundente, viituri, inundații, depuneri masive de zăpadă și gheață, alunecări de teren, cutremure de pământ etc.).

Hazardul natural reprezintă posibilitatea de apariție într-o zonă și pe o perioadă determinată a unui fenomen ce poate genera distrugerii. Măsura hazardului este probabilitatea de depășire a mărimii caracteristice a respectivului fenomen natural într-un areal și într-un interval de timp dat.

Hazardul antropic (generat de om) se referă la acele fenomene, de regulă naturale, a căror variație aleatoare este modificată ca urmare a acțiunii omului. Plaja acestor fenomene este foarte largă, plecând de la modificarea regimului de precipitații ca urmare a încălzirii atmosferei terestre (influența antropică ușoară) și terminând cu exploziile nucleare (influența antropică totală).

Zonele expuse hazardului natural sunt arealele delimitate geografic în care valori semnificative ale intensității mărimilor ce caracterizează fenomenele naturale au probabilități de depășire ridicate, fără a produce însă în mod expres pagube.

Zonele expuse hazardului alunecărilor de teren sunt arealele cu valori ridicate ale probabilității de alunecare.

Zonele expuse riscurilor naturale sau zonele de risc natural sunt arealele delimitate geografic în care intensitatea mărimilor ce caracterizează fenomenele naturale distructive are probabilități de depășire ridicate, conducând în mod obligatoriu la pagube materiale și/sau pierderi de vieți omenești.

Elementele expuse hazardului natural reprezintă totalitatea persoanelor și bunurilor materiale ce pot fi afectate de producerea fenomenului natural.

Elementele expuse hazardului alunecărilor de teren reprezintă totalitatea persoanelor și bunurilor materiale ce pot fi afectate de producerea alunecărilor de teren.

Caracteristica distructivă a unui fenomen natural generator de pagube reprezintă acea mărime specifică a fenomenului care prin interacțiune cu structurile construcțiilor le produce acestora daune. De exemplu, inundațiile au două caracteristici distructive: înălțimea coloanei de apă și câmpul de viteze; alunecările de teren lente au câmpul de deplasări diferențiate.

Caracteristica distructivă a unei alunecări de teren reprezintă acea mărime specifică a fenomenului care prin interacțiune cu structurile construcțiilor le produce acestora daune: câmpul de deplasări diferențiate pentru alunecările lente, deplasări de subsidență pentru dezvoltările retrogresive, energia cinetică a masei alunecătoare pentru alunecările rapide.

Vulnerabilitatea reprezintă gradul de pierderi (de la 0 % la 100 %) rezultat dintr-un fenomen susceptibil de a produce pierderi umane și materiale.

Vulnerabilitatea elementelor expuse la diferite caracteristici distructive reprezintă gradul de afectare al acestora la acțiunea fenomenelor naturale generatoare de pagube. Vulnerabilitatea este un



număr adimensional subunitar, având valoarea 0 pentru elementele neafectate și 1 pentru elementele afectate total (pierderi de vieți omenești și pagube de ruină).

Vulnerabilitatea la alunecări de teren reprezintă gradul de afectare al elementelor expuse la acțiunea hazardului alunecărilor de teren.

Riscul este estimarea matematică a probabilității producerii de pierderi umane și pagube materiale pe o perioadă de referință (viitoare) și într-o zonă dată pentru un anumit tip de dezastru. Riscul este definit ca produs între probabilitatea de producere a fenomenului generator de pierderi umane și pagubele materiale și valoarea acestora.

Riscul asociat alunecărilor de teren reprezintă pagubele materiale și pierderile umane potențiale cauzate de apariția acestor fenomene naturale.

1. În cazurile în care pagubele materiale și pierderile umane sunt asociate direct alunecării versanților, riscul va fi definit ca produs între probabilitatea de alunecare și valoarea pagubelor materiale și pierderile umane după relațiile:

$$R_m = P_{al} \times P_M \text{ (lei/an)}$$

$$R_u = P_{al} \times P_U \text{ (morți/an)},$$

în care:

$P_{al}$  - probabilitatea de alunecare;

$V$  - vulnerabilitatea elementelor expuse;

$P_M$  - pierderile materiale maxime cauzate de distrugerea totală a tuturor elementelor expuse;

$P_U$  - pierderile de vieți omenești;

$R_m$  - rata anuală a pierderilor materiale;

$R_u$  - rata anuală a pierderilor umane.

2. În cazul alunecărilor de teren lente primare sau reactivitate, pagubele, atât materiale, cât și umane, nu mai sunt maxime. Vulnerabilitatea structurilor afectate de acest tip de alunecări de teren se poate exprima în funcție de intensitatea caracteristicii distructive. Ținându-se cont că aceasta este o variabilă aleatoare ce depinde de variația câmpului de solicitări  $S$  și rezistențe  $R$  din versant, se vor determina curba probabilităților de depășire și vulnerabilitățile aferente. În acest caz relațiile de definiție a riscului vor fi:

în care:

$P_{dep}$  - probabilitatea de depășire a caracteristicii distructive;

$P_M$  - pierderile materiale maxime cauzate de distrugerea totală a tuturor elementelor expuse;

$P_U$  - pierderile de vieți omenești;

$R_m$  - rata anuală a pierderilor materiale;

$R_u$  - rata anuală a pierderilor umane.

Suma se referă la totalitatea elementelor expuse hazardului de alunecare.

Hărțile de hazard natural reprezintă izolinii privind distribuția geografică plană a valorilor probabilităților de producere a fenomenelor naturale generatoare de pagube, fiind specifice fiecărui fenomen natural și fiecărei caracteristici distructive.

Hărțile de risc natural reprezintă izolinii privind distribuția geografică plană a valorilor pagubelor materiale și pierderilor umane cauzate de apariția fenomenelor naturale generatoare de pagube. Pentru arealele expuse simultan mai multor fenomene naturale distructive valorile riscului se pot adăuna.

Hărțile de hazard la alunecare reprezintă izolinii privind distribuția geografică plană a valorilor probabilităților de alunecare sau ale probabilităților de depășire pentru diferite caracteristici distructive specifice, generatoare de pagube.

Hărțile de risc asociat alunecărilor de teren reprezintă distribuția plană a valorilor pagubelor materiale și pierderilor umane anuale potențiale, cauzate de producerea alunecărilor de teren.”.

Aceste detalii sunt în măsură să îmbunătățească partea conceptuală, dar încă există puncta slabe. Astfel susceptibilitatea spațială la alunecare este asociată direct hazardului, fără a se lua în considerare frecvența și magnitudinea fenomenului. Se menționează doar atributul la un moment dat, și se utilizează o rată anuală de pierderi. Mai apar apoi o serie de mențiuni privind zonele pentru care ar trebui realizate hărțile de hazard și risc, dar la cum este definită problematica de hazard și risc, în sensul că este pur empirică și calitativă, aceste hărți ar trebui să fie cu acoperire completă a teritoriului. Nu se specifică modul în care se realizează unitățile omogene de cartare și vulnerabilitatea. Se utilizează două scenarii standard, unul de pierderi totale și altul de pierderi parțiale, și practic nu se utilizează scenarii diferite în



funcție de tipul de alunecare. Remarc lipsa posibilității de regionare a variabilelor și de atribuire a unor greutate diferite factorilor, datorită preluării metodologiei lui **Marchidanu (1995)**.

O componentă importantă a managementului riscului la alunecări de teren a fost atribuită și Comitetului ministerial pentru situații de urgență, Centrul operativ pentru situații de urgență din cadrul Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului și a comitetelor județene și locale, prin **OG 21/2004, Legea 15/2005** și actele normative subsecvente (spre ex. **Regulamentul din 18 noiembrie 2005 privind prevenirea și gestionarea situațiilor de urgență specifice riscului la cutremure și/sau alunecări de teren**). Aceste instituții printre altele asigură în perioada de prevenire a situațiilor de urgență (**Regulamentul din 18 noiembrie 2005 privind prevenirea și gestionarea situațiilor de urgență specifice riscului la cutremure și/sau alunecări de teren**) în cadrul planurilor de apărare (**Normativ din 8 iulie 2004 privind elaborarea planurilor de apărare în cazul producerii unui dezastru provocat de seisme și/sau alunecări de teren**):

- reactualizarea sau completarea “hărților privind zonele de risc natural cauzat de cutremure de pământ și alunecări de teren - zonarea teritoriului României” în cadrul planurilor de apărare;
- “identificarea, în detaliu, delimitarea geografică și declararea zonelor cu risc natural la cutremure și/sau alunecări de teren de pe teritoriul unității administrativ-teritoriale, în conformitate cu prevederile Planului de Amenajare a Teritoriului Național - Secțiunea a V-a Zone de risc natural, precum și cu actele normative subsecvente”;
- “constituirea de bănci de date informatizate privind zonele cu risc natural la cutremure și sau alunecări de teren, actualizate periodic și integrate în Sistemul Național de Management al Situațiilor de Urgență”;
- “inițierea și/sau continuarea unor studii pentru culegerea și sinteza de date și acumularea de cunoștințe referitoare la elementele determinante pentru hazardul seismic și la alunecări de teren, evaluarea elementelor expuse la risc: construcții, rețele, populație, instituții publice etc., pentru a lua în considerare condițiile locale, elementele expuse și pentru realizarea de scenarii specifice credibile”;
- “urmărirea evitării și/sau reducerii efectelor distractive ale seismelor sau/și alunecărilor de teren și apariției unor dezaastre complementare prin realizarea unor măsuri și acțiuni de reducere a vulnerabilității în zonele de risc”;
- “elaborarea și aprobarea planurilor de urbanism - generale, zonale și de detaliu -, cu stabilirea și aplicarea restricțiilor de amplasare a unor construcții sau dotări în zone cu risc seismic și/sau la alunecări de teren, restricții care vor fi impuse prin documentațiile de urbanism cu prilejul elaborării și avizării acestora”;
- “adoptarea unor măsuri de reamplasare a surselor secundare de risc: tehnologic și chimic. biologic, inundații, explozii, incendii, astfel încât să se limiteze riscul de afectare a zonelor populate și aplicarea acestor măsuri în activitățile de elaborare și avizare a documentațiilor prevăzute în Regulamentul de urbanism”;
- “studierea, stabilirea și aplicarea măsurilor de protecție și a acțiunilor de intervenție preventivă împotriva efectelor seismelor și alunecărilor, în vederea diminuării vulnerabilității seismice”;
- “coordonarea și avizarea instalării și operării în condiții sigure a unor sisteme de urmărire, avertizare și alarmare privind efectele seismelor și/sau alunecărilor de teren pe amplasamente libere, în construcții publice și/sau private, dotări ale regiilor/rețele de infrastructuri etc.: accelerografe/seismografe, captori, traducători, martori de deformații, deplasări, echipamente specifice de protecție civilă, etc., cu respectarea prevederilor legale”.

Practic aceste instituții, la rândul lor, separat de autoritățile locale pot să studieze hazardul și riscul la alunecări de teren. Inspectoratul General pentru Situații de Urgență a implementat un proiect de evaluare riscurilor la dezaastre la nivel național, RO-RISK (<https://www.ro-risk.ro/>) care conține și o componentă privind alunecările de teren (**IGSU, 2017**). Rezultatele obținute sunt un pas important în abordarea problematicei hazard-risc la alunecări de teren, dar finalitatea este oarecum ambiguă pentru că nu se specifică foarte clar metodologia de obținere a susceptibilității, hazardului, vulnerabilității și riscului.

După ce situația de urgență s-a consumat, comitetele județene trebuie să transmită o notă telefonică care descrie efectele dezastrului și data producerii acestora. Ulterior se realizează și un raport



operativ care detaliază aceste aspect. Ideal ar fi fost, ca în cazul alunecărilor de teren să se ceară și completarea Fișei de identificare a alunecării de teren, mai ales că la nivel local administrațiile sunt incluse în comitetele pentru situații de urgență.

**Reiese din cele prezentate mai sus că orice încercare pragmatică de a evalua riscul la alunecări de teren pentru un anumit teritoriu, trebuie să plece de la o analiză fundamentată a hazardului, deci a fenomenului în sine. Rezultatele prezentate în acest material, au fost obținute tocmai din această perspectivă, respectiv nevoia de a înțelege alunecările de teren din Podișul Moldovei, din perspectiva lor ca un fenomen complex care a evoluat în trecutul geologic în mod natural, și care evoluează în prezent și vor evolua în viitor, atât în mod natural, dar și sub influența activităților umane și a schimbărilor climatice.**



## II. Identificarea alunecărilor de teren

Identificarea alunecărilor de teren presupune detalierea caracteristicilor formelor generate de procesele gravitaționale. Identificarea și cartarea alunecărilor de teren, ca prim pas în evaluarea hazardului alunecărilor de teren nu a fost o prioritate reală a geomorfologilor români, cu toate rezultatele de după anii '80 (**Rădoane și Vespremeanu-Stroe, 2017**). Doar, după anii 2000, atunci când geomorfologii români au avut acces pe scară largă la literatura științifică internațională și la metodele moderne de investigare în geomorfologie (Sistemele Informaționale Geografice, teledetecția, geofizica și datarea radiometrică), au început să apară rezultate în această direcție. Cu toate acestea, majoritatea literaturii dedicate acestui subiect, încă este fie pur descriptivă și bazată pe conceptele sovietice ale anilor '60-'70, fie încearcă să urmeze abordarea geotehnică de monitorizare și raportare a alunecărilor de teren, privite ca instabilități locale și punctuale. Ghidul privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren (**ISPIF, 1997**) menționează o serie de criterii calitative pentru identificarea alunecărilor existente, dar finalitatea nu este menționată a fi un inventar spațial, deși la nivel mondial existau abordări de acest fel (**Carrara și Merenda, 1976; Wieczorek, 1985**).

Pentru Podișul Moldovei, **Niculiță și Mărgărint (2014)** au creat primul inventar regional din România, cu delimitarea geomorfologică poligonală a alunecărilor de teren, care rămâne până astăzi cel mai mare inventar spațial cu alunecări din România (24 263 poligoane). Ulterior, pe baza acestui inventar, **Mărgărint și Niculiță (2017a)** au fundamentat tipurile de alunecări de teren și modelul spațial și conceptual al dezvoltării acestora, pe baza factorilor de control. A fost creată și prima curbă de magnitudine-frecvență, bazată pe aria alunecărilor definite ca poligoane. Analiza acestuia a relevat faptul că inventarul produs este unul de tip geomorfologic, conținând o mixtură de evenimente de alunecare, cu diferite magnitudini, și din diferite perioade de evoluție, pe parcursul cărora este foarte probabil ca factorii de control să fi variat ca intensitate.

Pentru a îmbunătăți inventarul și modelul conceptual evolutiv a fost nevoie de o evaluare a vârstei alunecărilor de teren cartate. În lipsa posibilităților de datare radiometrică, au fost selectate nouă zone test, unde există o topografie arheologică bine studiată și încadrată temporal, și care poate fi asociată morfologic unor alunecări de teren de tip eveniment de sine stătător. Această analiză (**Niculiță ș.a., 2016a**) a relevat posibilitatea cartării utilizând modele numerice ale terenului (MNT) a unor generații succesive de alunecări de teren (relicte, foarte vechi, vechi și recente), cu vârste începând din Pleistocenul superior, pe parcursul Holocenului și până în prezent. Rezultatele obținute au permis îmbunătățirea atât a modelului evolutiv temporal, cât și a celui spațial pentru alunecările de teren din Podișul Moldovei. În prezenta abordare s-a reușit completarea acestui model, atât prin extinderea zonelor test cu topografie arheologică și pentru alte perioade și tipuri de topografie arheologică (**Niculiță ș.a., 2019**), dar și prin datare radiometrică.

Pentru identificarea alunecărilor de teren este nevoie atât de date spațiale de topografie, teledetecție, dar și de o înțelegere a geologiei și geomorfologiei zonei de studiu.

O dată înțelese aspectele geomorfologice ale alunecărilor de teren se poate trece către obținerea de inventare spațiale din ce în ce mai precise (**Mărgărint și Niculiță, 2017b**), către modelarea



susceptibilității (Mărgărint și Niculiță, 2013, 2014; Niculiță și Mărgărint, 2015) și ulterior către modelarea hazardului, riscului și evaluarea percepției asupra acestuia (Mărgărint ș.a., 2015).

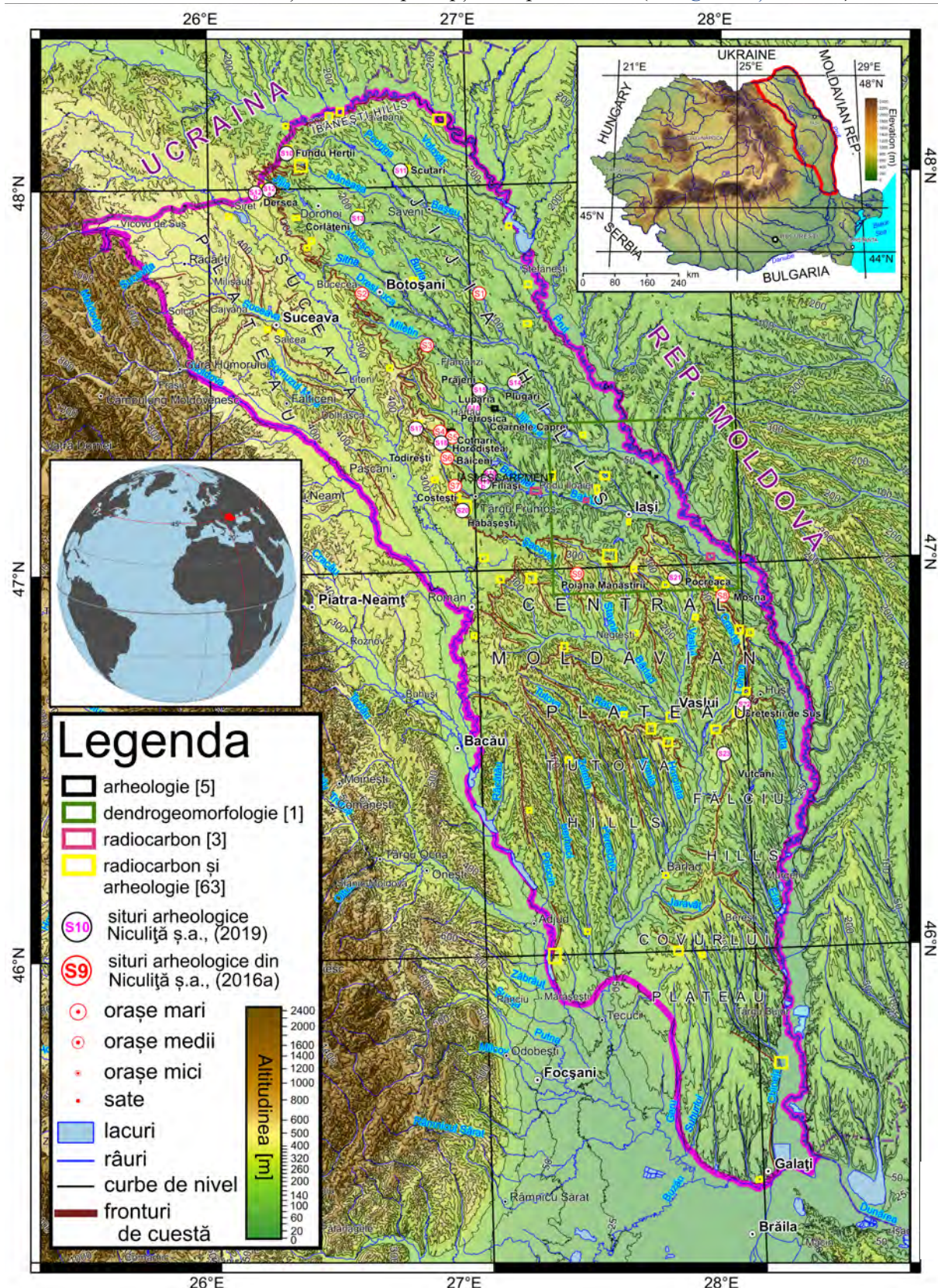


Figura 2. Harta geografică a Podișului Moldovei cu detalierea unor elemente prezentate în acest studiu.



## II.1 Tipologia alunecărilor de teren din Podișul Moldovei

La nivel mondial, în special după anii 1950 s-au individualizat o serie de clasificări ale alunecărilor de teren (Varnes, 1958, 1978), care au converș către clasificările de după 1990 (Cruden și Varnes, 1996) și 2000 (Hungr ș.a., 2014), la ora actuală existând un consens generalizat din acest punct de vedere.

În **Figura 3** este reprezentată o schematizare a acestor tipuri de alunecări, care corespunde tipologiei introduse de Cruden și Varnes (1996). În Podișul Moldovei nu apar toate alunecările de teren tipizate de autorii menționați, iar cel mai adesea alunecările sunt compuse sau chiar complexe. Literatura internațională menționează posibilitatea de mixare termenilor pentru materialul alunecat (rocă, sol, pământ, grohotiș) și pentru mecanism și compunerea acestora pentru alunecările compuse.

În Podișul Moldovei căderile de rocă, grohotiș și sol apar la nivelul unor cornișe, țărmuri lacustre sau a unor maluri ale rețelei fluviale și au dimensiuni foarte mici (**Figura 4, Figura 5 și Figura 6**). Răsturnările intră în aceeași categorie (**Figura 9**). Cele mai extinse sunt alunecările cu ambele tipologii, rotaționale și translaționale. Nu putem face acum o estimare, care este cea mai răspândită categorie, în **Mărgărint și Niculiță (2017a)** estimându-se că cele translaționale predomină.

Extinderile au fost incluse în tipologia prezentată în **Mărgărint și Niculiță (2017a)**, dar ele nu sunt așa tipice precum sunt prezentate în literatura de specialitate. Dimensiunile lor nu sunt foarte mari, iar interpretare de multe ori necesită verificări în teren. Totuși ele sunt o realitate ca mecanism (**Figura 13**).

Diferența dintre alunecări compuse (compozite) și alunecări complexe, este tratată în literatură. Alunecările compuse sunt cele în care se pot manifesta diferite mecanisme de alunecare, dar integritatea spațială a alunecării este evidentă și se poate cartă; eventual fiecare tip de mecanism poate fi atribuit unei părți a corpului de alunecare rezultat. Astfel, aceste mecanisme variate evoluează temporal în cadrul aceluiași eveniment de alunecare, sau ca reactivări ale acestuia, dar fără pauze de timp mari și schimbări ale factorilor cauzali. Acest atribut este utilizat și în cazul stilului activității alunecării, care poate fi: **complexă, compozită, multiplă, succesivă sau singulară** (Cruden și Varnes, 1996). Alunecările multiple au același mecanism de mișcare, care se repetă, ducând la extinderea ariei alunecate, noile mase de alunecare fiind în contact și împărțind aceleași suprafețe de ruptură, pe când cele succesive, deși au același mecanism repetitiv, nu au aceleași mase și suprafețe de ruptură, arătând mai mult ca un mozaic. Alunecările singulare, sunt bine definite din punctul de vedere al masei alunecate, care rămâne ca un bloc singular.

Această variabilitate a utilizării celor doi termeni poate duce la confuzii și la utilizare greșită, dar important este să fie definit contextul utilizat, fie textul, fie în legenda inventarului. Este indicat să se utilizeze cratima pentru a lega tipurile de mecanism compozit (Cruden și Varnes, 1996).

Alunecările complexe în schimb presupun fie o rapiditate a succesiunii de mecanisme de alunecare (o cădere de roci, urmată de curgerea lor rapidă pe o distanță foarte mare), fie evoluția lor în timp, cu pauze temporale mari, și variația factorilor cauzali, dar în succesiune și cu implicarea întregii mase alunecate.

**Distribuția activității alunecării** din punct de vedere spațial a fost definită ca (Cruden și Varnes, 1996): **de avansare** (când alunecarea se continuă evolutiv în aval), **retrogresivă** (când se continuă în amonte), **de lărgire** (când se continuă în lateral), **de extindere** (când are loc avansul pe toate direcțiile), **limitată** (când materialul se deplasează, dar contextul topografic nu permite extinderea în nici o direcție), **de reducere** (când materialul alunecării este evacuat și ea nu mai evoluează spațial) și **de mișcare** (când materialul alunecă dar spațial nu se înregistrează o evoluție). Alunecările din **Figura 12, Figura 13, Figura 18 și Figura 19** sunt de avansare. Majoritatea alunecărilor de teren din Podișul Moldovei prezintă un mecanism retrogresiv, datorită evoluției geomorfologice a teritoriului, majoritatea fiind holocene, perioadă în care s-a adâncit rețeaua de văi, iar prin evoluție laterală albiile au declanșat alunecări de teren care au evoluat prin reactivare continuă și migrare a cornișelor din partea inferioară a versantului spre partea superioară (retrogresiv).



| MATERIAL<br>TIPUL MIȘCĂRII |                          | ROCĂ                                   | GROHOTIȘ                                                                                      | PĂMÂNT                      |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| CĂDERI                     |                          | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>BGS © NERC              |
|                            |                          | Cădere de roci                         | Cădere de grohotiș                                                                            | Cădere de pământ            |
| RĂSTURNĂRI                 |                          | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>BGS © NERC              |
|                            |                          | Răsturnare de roci                     | Răsturnare de grohotiș                                                                        | Răsturnare de pământ        |
| ALUNECĂRI                  | Rotazionale (colapsuri)  | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>Cruden și Varnes (1996) |
|                            | Translaționale (planare) | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>BGS © NERC              |
| EXTINDERI                  |                          | <br>BGS © NERC                         | <br>(Curgere de grohotiș periglacial)                                                         | <br>BGS © NERC              |
|                            |                          | Extindere de roci                      | Extindere de grohotiș                                                                         | Extindere de pământ         |
| CURGERI                    |                          | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>BGS © NERC              |
|                            |                          | Avalanșă de roci                       | Curgere de nisip                                                                              | Curgere de noroi/pământ     |
| COMPUSE                    |                          | <br>BGS © NERC                         | <br>BGS © NERC                                                                                | <br>BGS © NERC              |
|                            |                          | Deformare gravitațională a versantului | alunecare rotțional-translațională cu tendință de transformare în curgere de pământ la picior | Alunecare-curgere           |

Figura 3. Tipologia alunecărilor de teren după tipul materialului și a mecanismului mișcării (adaptare după Cruden și Varnes, 1996, și [https://www.bgs.ac.uk/landslides/how\\_does\\_BGS\\_classify\\_landslides.html](https://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_BGS_classify_landslides.html), cu permisiunea British Geological Survey).





Figura 4. Cădere de roci în malul ravinei dezvoltate în cornișa alunecării Băiceni (jud. Iași).



Figura 5. Cădere de loess în cornișa alunecării de teren Berza (Niculiță și Mărgărint, 2017a) (jud. Botoșani).

Gradul de activitate poate fi definit astfel (Cruden și Varnes, 1996): alunecare activă, reactivată, suspendată, inactivă (latentă, abandonată, stabilizată, relictă).

Viteza poate fi specificată cu ajutorul atributelor (Cruden și Varnes, 1996): extrem de rapidă ( $>3$  m/s), foarte rapidă ( $>0,3$  m/min), rapidă ( $>1,5$  m/zi), moderată ( $>1,5$  m/lună), lentă ( $>1,5$  m/an), foarte lentă ( $>60$  mm/an), extrem de lentă.

Umiditatea materialului alunecat poate fi specificată cu attributele (Cruden și Varnes, 1996):





Figura 6. Cădere de pământ pe malul Bahluiețului la Mădârjești (jud. Iași).

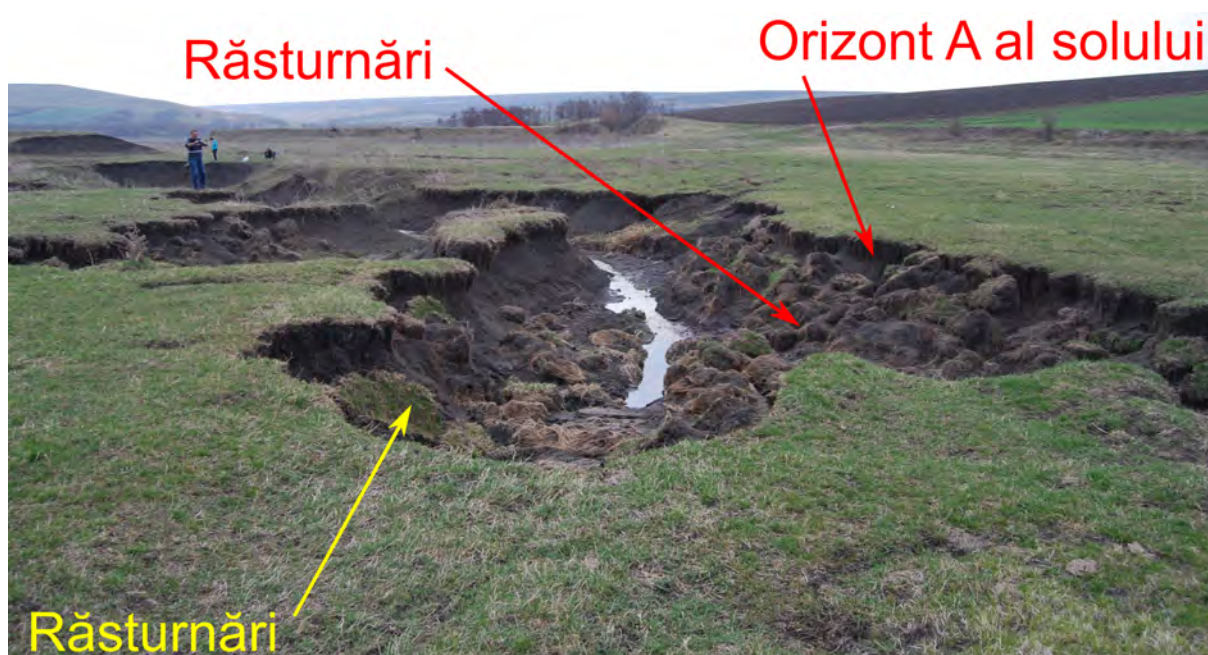


Figura 7. Cădere de grohotiș și de roci pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași).





**Figura 8. Căderi de roci și formare de trene de grohotiș în malul ravenei care formează promontoriul Cetățuiei Cucuteniene de la Băiceni (jud. Iași).**



**Figura 9. Răsturnări ale malului unei ravene în cuveta Iazului de la Odaie, pe valea Iazul Mare la est de Vicoleni (jud. Botoșani).**

uscată, umedă, udă și foarte udă.

Identificarea tipologiei alunecărilor de teren necesită date topografice și de teledetecție și investigații de teren. Datele geofizice și geotehnice sunt și ele binevenite, dar acestea cel mai adesea lipsesc sau necesită investiții mari din punct de vedere financiar și de timp. Dacă există și imagini aeriene din anii '50-'90, atunci înțelegerea morfologiei și evoluției alunecărilor pentru încadrarea lor tipologică este mult îmbunătățită.

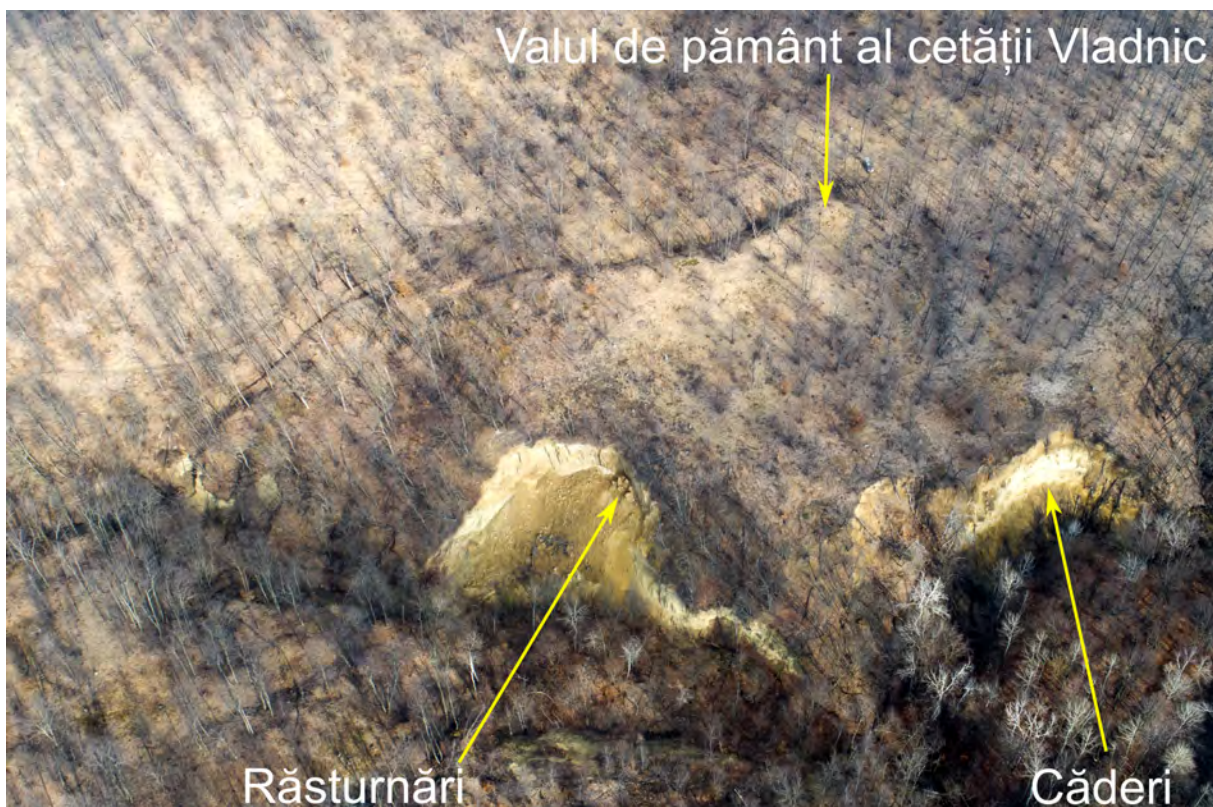
Atunci când sunt singulare și destul de recente (post-medievale) tipologia poate fi stabilită cu ușurință pe baze morfometrice și vizuale, mai ales dacă există imagini de teledetecție de mare rezoluție (sub 1 m per pixel). În cazul unor alunecări relict, fosile și vechi, unde există și o amenajare antierozională, sau utilizarea terenului este mixtă, cel mai adesea este nevoie de investigații detaliate în teren și de prospecțiuni geofizică și geologică, așa cum va fi exemplificat pentru alunecarea Băiceni.

Deși un profil topografic este foarte util pentru relevarea diferenței de mecanism, alunecările de tip rotațional și cele de tip translațional se pot diferenția pe baza înălțimii cornișei și pe forma masei alunecate. Alunecările rotaționale (**Figura 14** și **Figura 15**) au cornișa bine dezvoltată, zona epuizată este relativ plană, eventual mai jos decât (având și posibile lacuri temporare – denumite populare bulhace) masa de cumulare, iar piciorul este bine dezvoltat. Toate aceste elemente arată existența unui plan de alunecare rotațional, pe care masa alunecată a glisat, după care a alunecat pe versantul nederanjat (piciorul alunecării se află pe acesta). Zona bazală a planului de ruptură este imediat aval de curbura maximă a zonei de acumulare și în zona de intersecție a cornișei cu flancurile, acolo unde materialul a-





**Figura 10. Alunecare rotațională (colaps) care afectează un deluviu de alunecare pe țărmul lacului Podu Iloaiei (jud. Iași).**



**Figura 11. Retragera malului râului Valea Cetățuiei prin căderi și răsturnări, cu formarea unei alunecări complexe și afectând Cetatea Vladnic (jud. Vaslui).**

lunecat începe să fie mai sus decât versantul nederanjat. Alunecările translaționale (**Figura 18** și **Figura 19**) în schimb au cornișa foarte slab dezvoltată, eventual nu așa de curbată, ci mai lineară. Flancurile nu sunt așa de evidente, putând avea o deplasare redusă, iar masa alunecată nu prezintă pe verticală o cur-



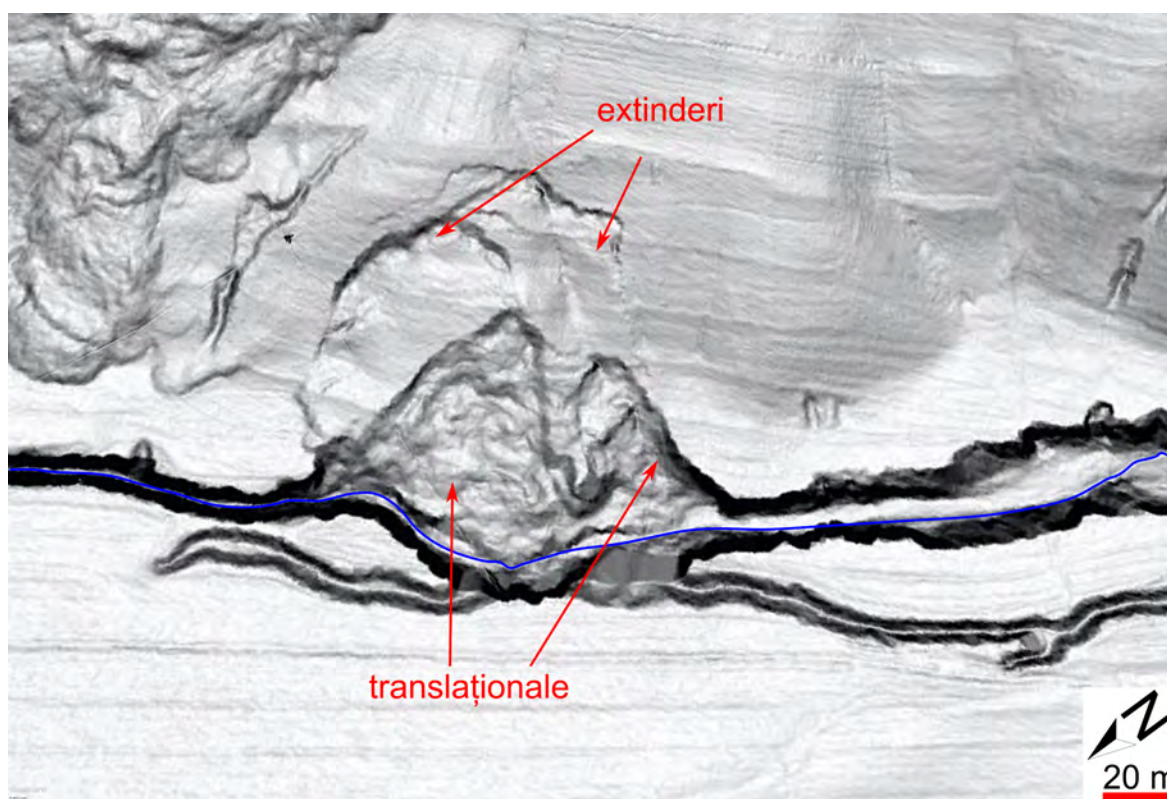


Figura 12. Alunecare de tip extindere în două generații afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoiești (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

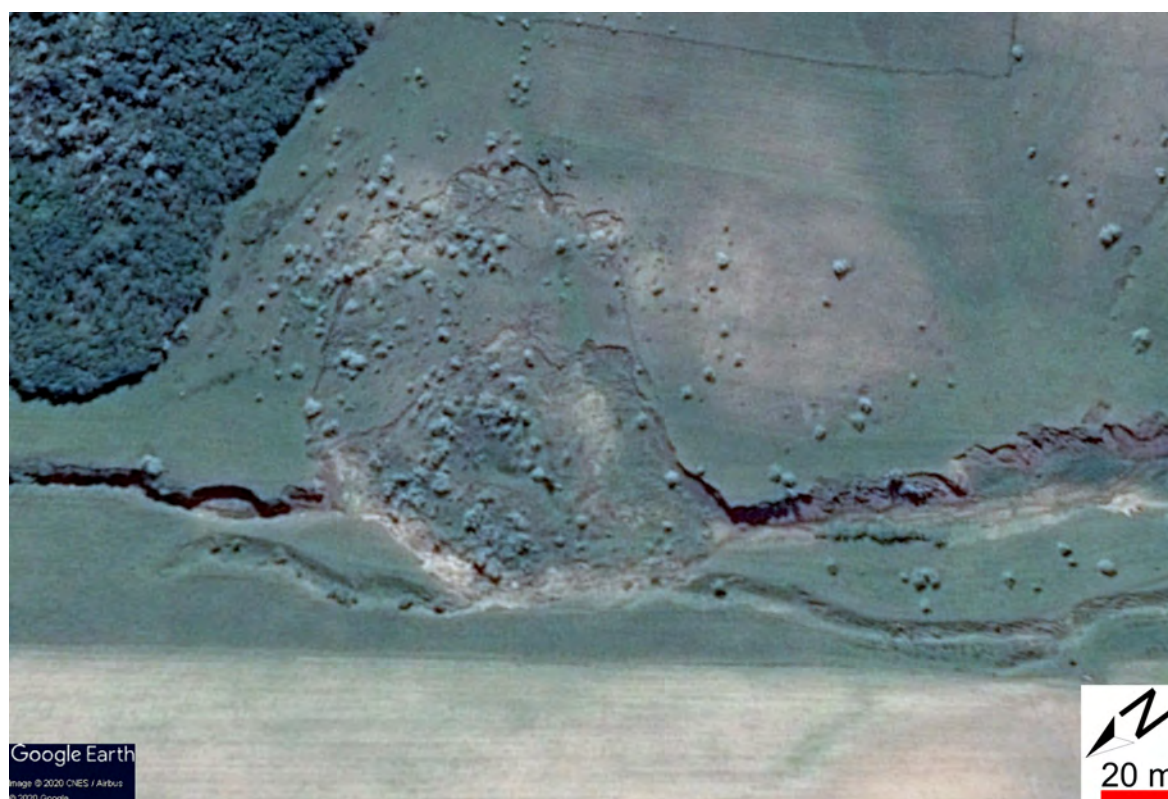


Figura 13. Alunecare de tip extindere în două generații afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoiești (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.

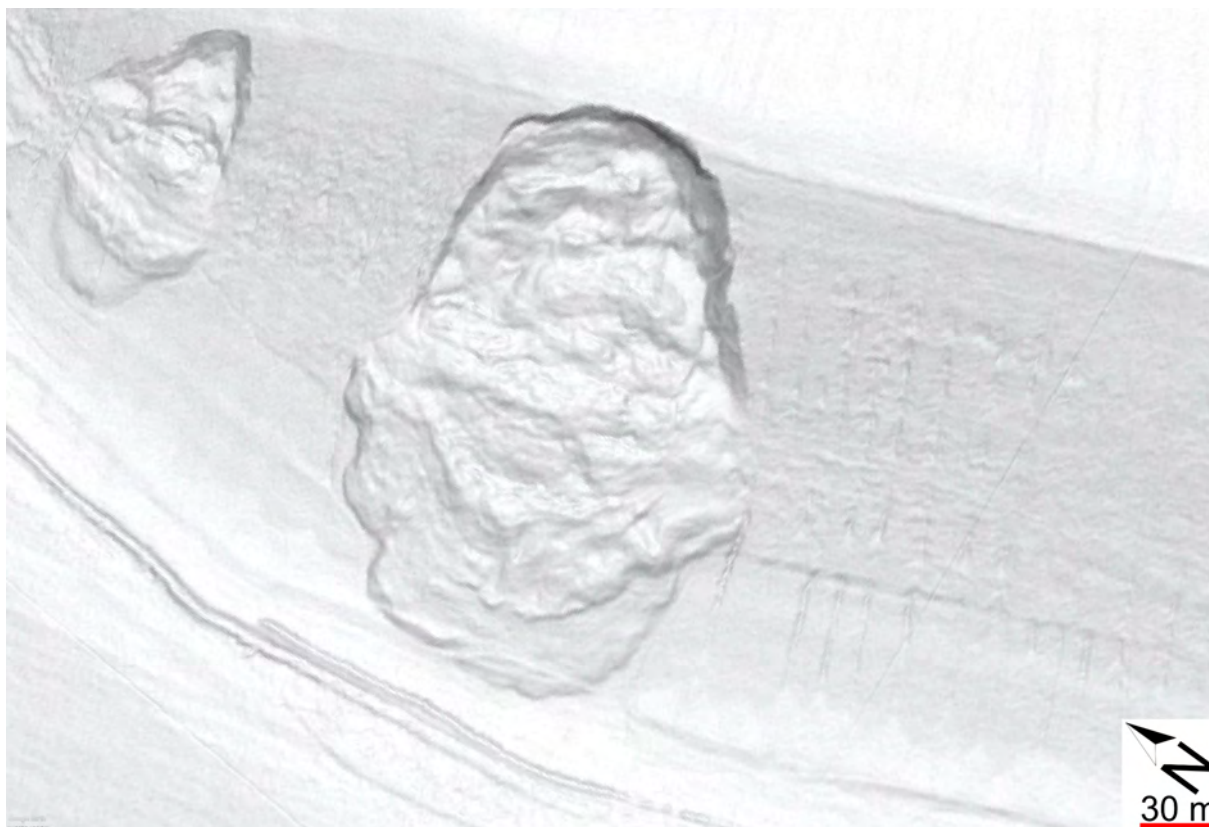


bură așa de evidentă, masa epuizată fiind mult mai redusă. Deoarece deplasarea materialului nu se mai face pe o distanță așa mare ca la alunecarea rotațională, nici piciorul alunecării nu este așa de evident și bine dezvoltat.

Curgerile de pământ/rocă (**Figura 20, Figura 21, Figura 24, Figura 25, Figura 30 și Figura 31**) prezintă o arie sursă unde este vizibilă lipsa de material, care curge pe o distanță considerabilă, peste versantul nederanjat. Problematică este diferențierea dintre curgerile de pământ și alunecări-curgeri (**Figura 30 și Figura 31**). Alunecările-curgeri sunt compuse, având în zona sursă a materialului un mecanism rotațional evident, cu o cornișă bine dezvoltată, iar materialul se deplasează dublu sau triplu distanța echivalentă a unei alunecări translaționale tipice în aceleași condiții topografice. Acest tip de alunecare compusă în contextul geologiei și climatului din Podișul Moldovei este foarte răspândită și considerăm că este legată de umiditatea ridicată și de roci/depozite de alterare siltice sau nisipoase.

Din punct de vedere al unui inventar al alunecărilor de teren, alunecările active, cele recente și cele post-medievale pot fi delimitate și tipizate cu ușurință. Dacă însă se dorește și cartea alunecărilor vechi, foarte vechi, relict și fosile, pe lângă abordarea metodologică care necesită o multitudine de surse și investigații de teren, și tipizarea poate pune probleme, dacă se face doar pe baza datelor de teledetecție.

Astfel de alunecări complexe, cu generații diferite, Pleistocen superior-Holocene, cu mecanisme retrogresive, sau cu extindere aval sau laterală (**Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40 și Figura 41**) sunt foarte frecvente la nivelul frunților de cuestă, dar și unor versanți din Podișul Moldovei. Există o multitudine de tipologii care rezultă în cazul acestor situații, din punctul de vedere al actualei cercetări fiind de remarcat faptul că în literatura geomorfologică românească, pe baze exclusiv morfologice au fost realizate încadrări tipologice greșite (**Martiniuc și Băcăuanu, 1961; Băcăuanu, 1968; Barbu și Stănescu, 1977**). Astfel, foarte multe alunecări compuse și complexe, cu caracter retrogresiv, unde roca a fost expusă și are influență în morfologie, au fost interpretate greșit ca alunecări “în trepte”. Aceste „trepte”, în unele cazuri se datorează mecanismului rotațional al alunecării (masa alunecată se fisurează pe verticală și se deplasează), alteori mecanismului translațional (materialul translat se fisurează paralel cu cornișa), dar cel mai adesea datorită stratificației naturale a rocii, care se află la adâncime redusă (2-3 m, sub sol și regolit).

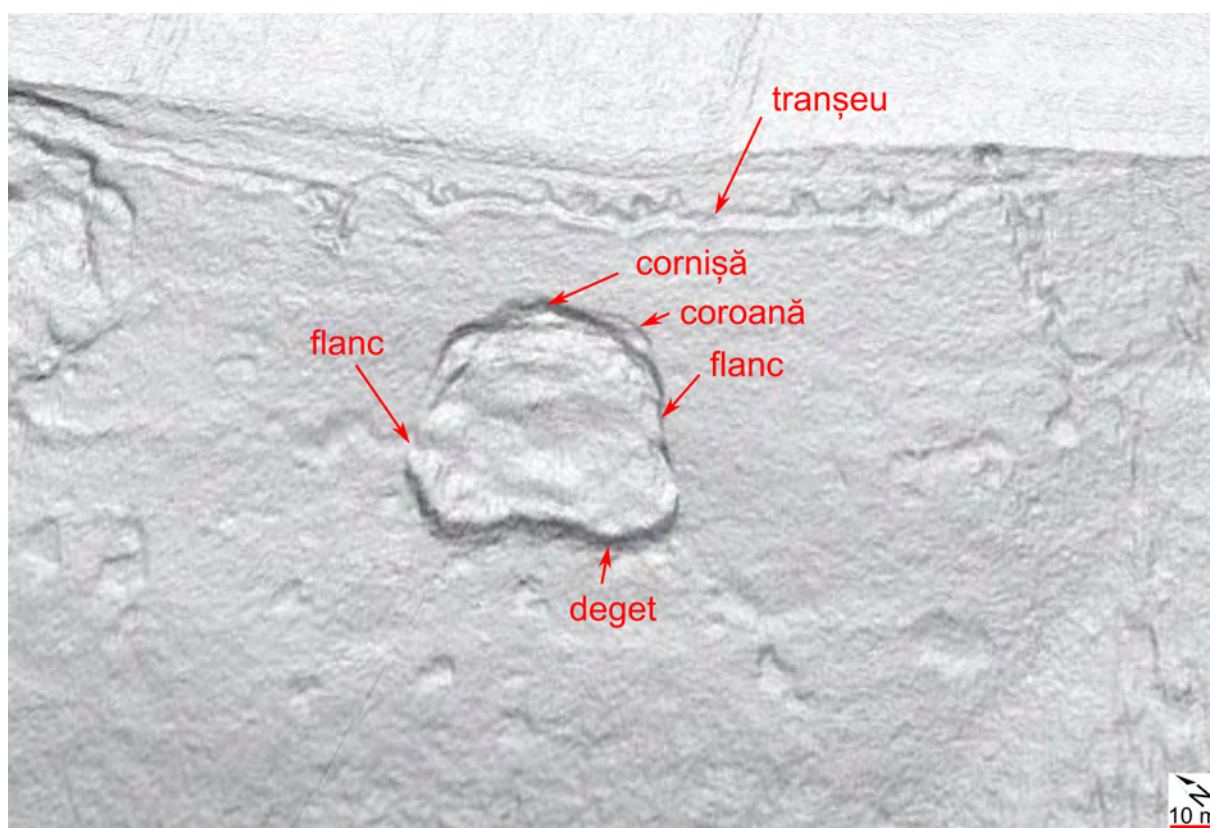


**Figura 14. Alunecare rotațională pe valea Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





**Figura 15. Alunecare rotațională pe valea Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

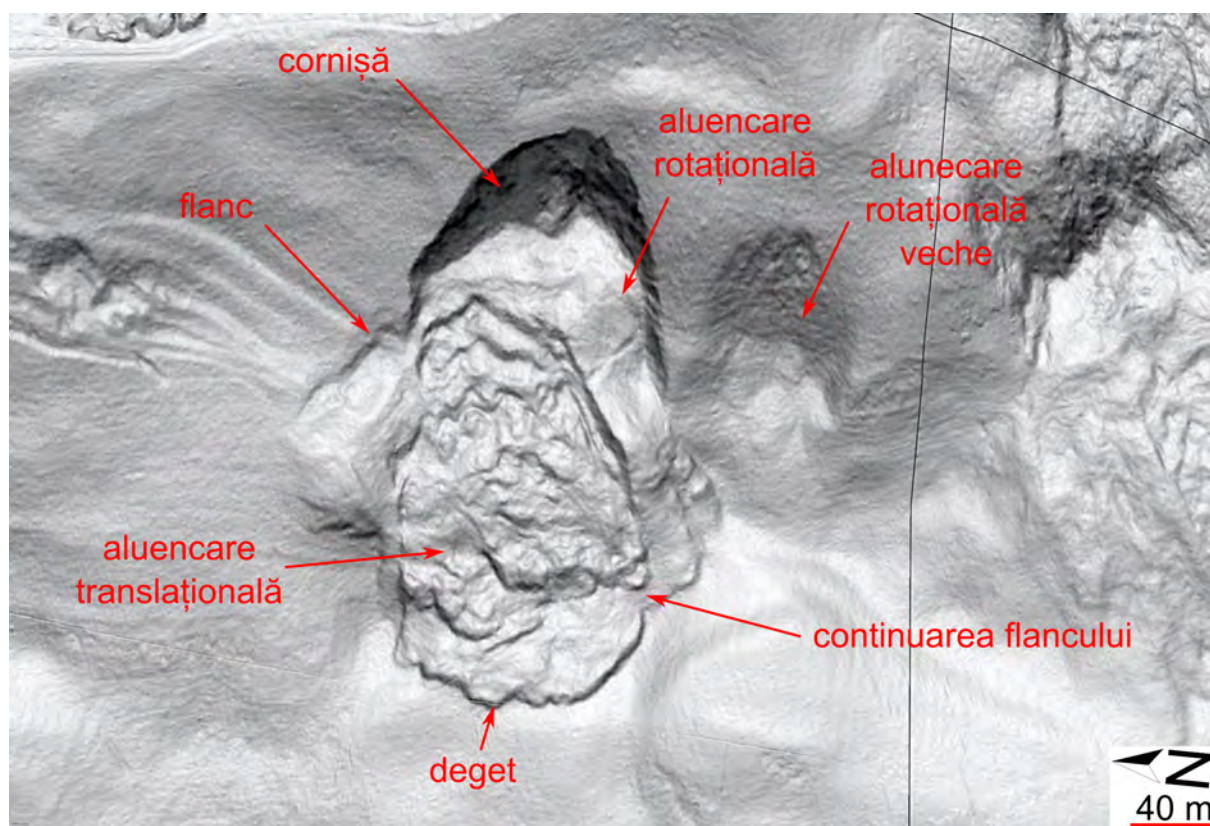


**Figura 16. Alunecare translațională pe valea Roșior, la nord-vest de Bogonos (jud. Iași); imediat amonte de alunecare se observă tranșee din Al Doilea Război Mondial; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





**Figura 17. Alunecare translațională pe valea Petroșița, la nord-vest de Bogonos (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



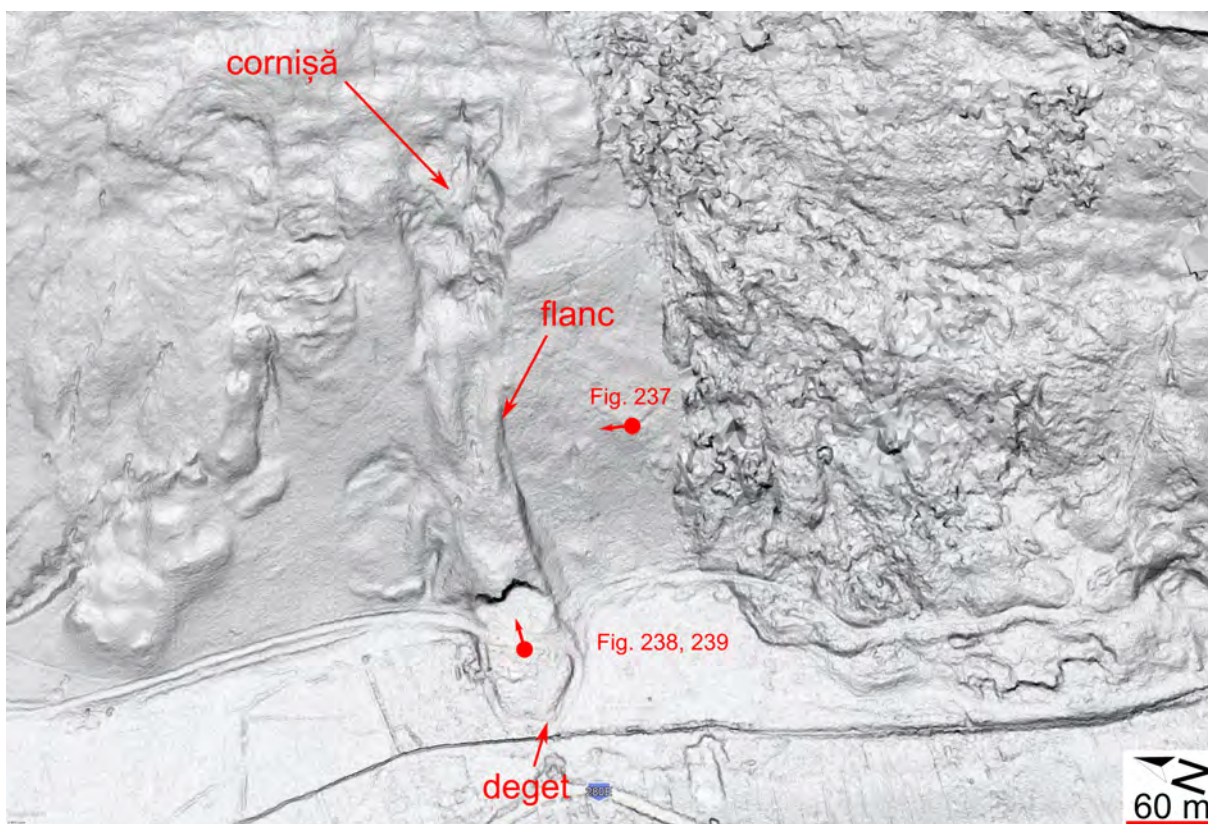
**Figura 18. Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epureni (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

Prezența loessului generează cornișe de până la 20 de m diferență de nivel, dar cu toate acestea





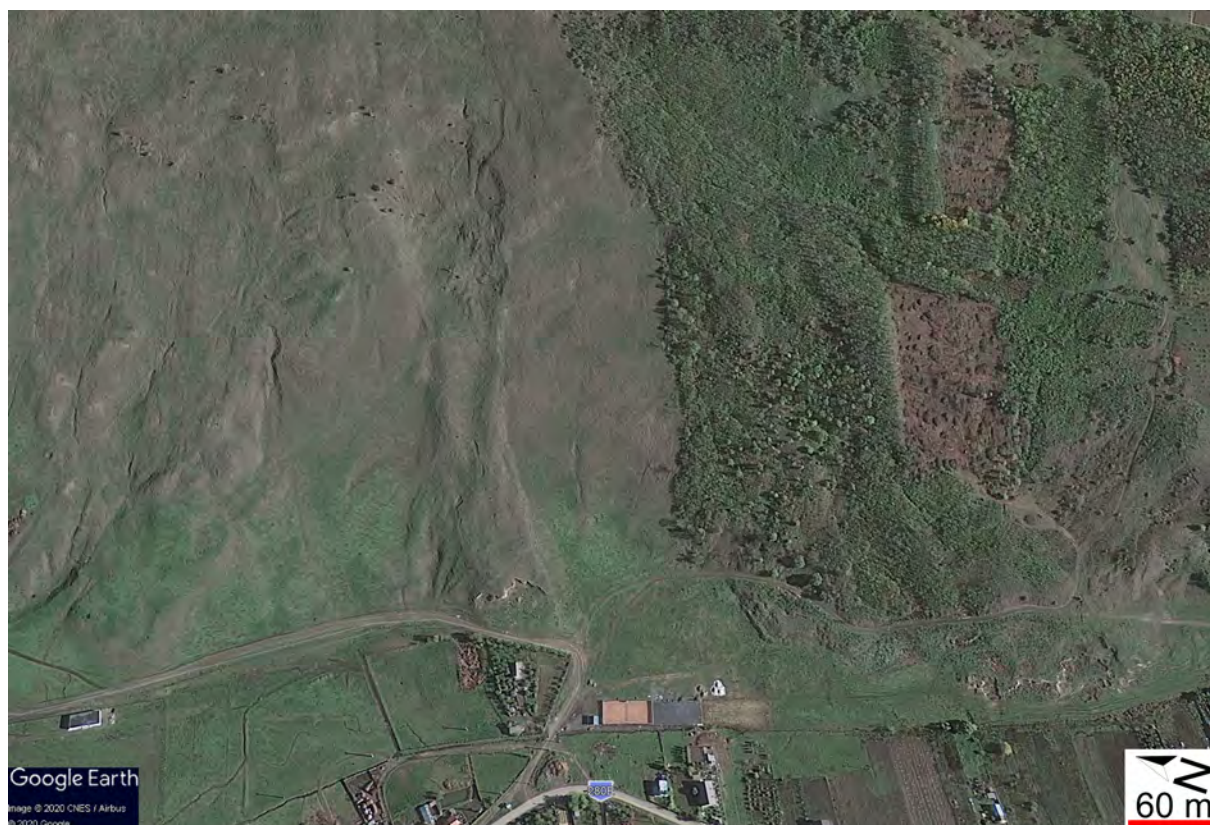
**Figura 19. Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epureni (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



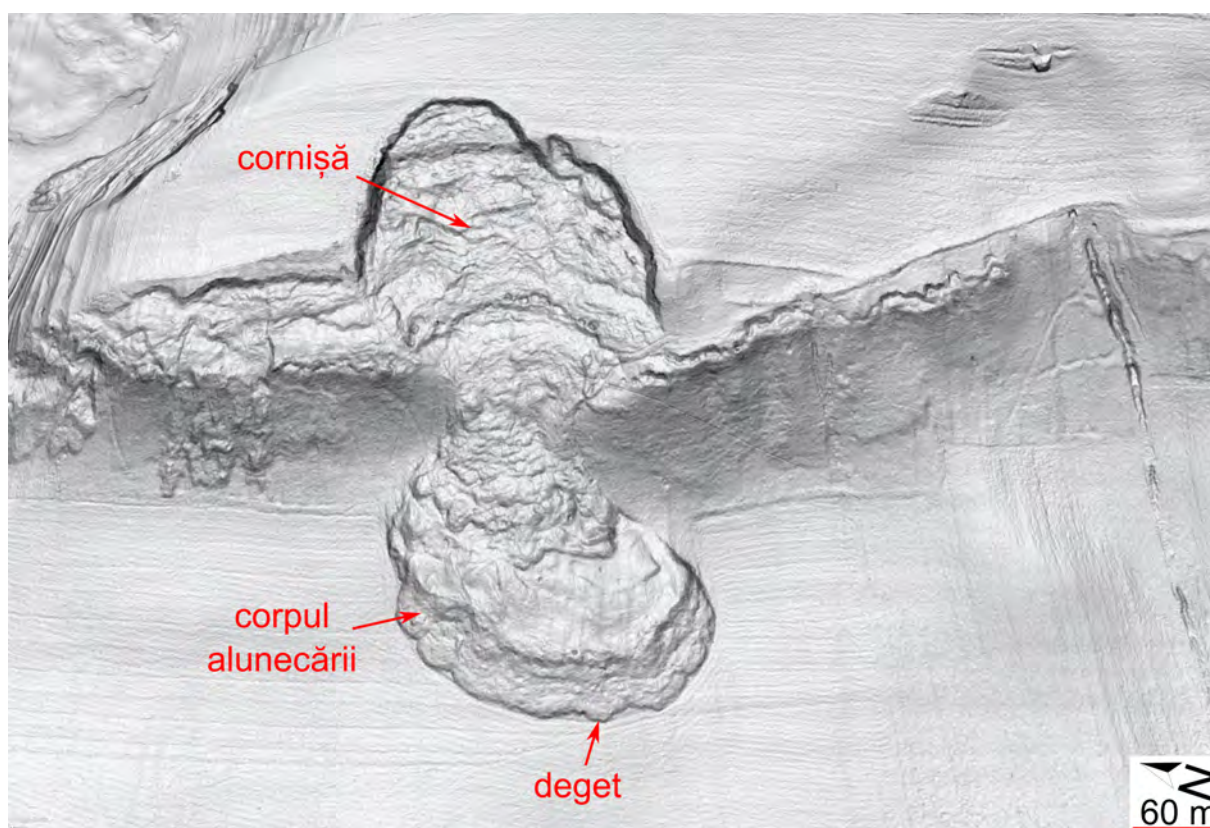
**Figura 20. Alunecare de tip curgere pe valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

alunecarea complexă poate fi foarte subțire ca depozite alunecate, de unde și existența treptelor. Cel mai





**Figura 21. Alunecare de tip curgere pe valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



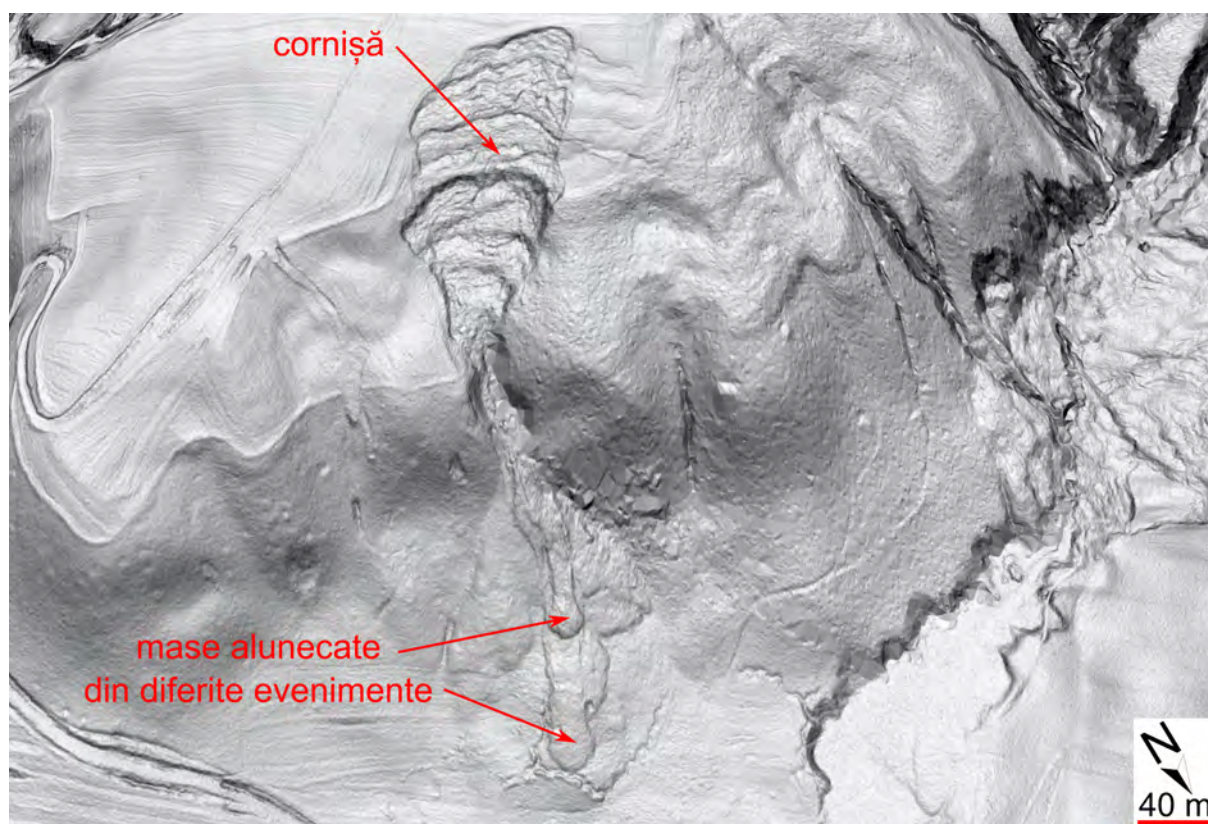
**Figura 22. Alunecare de tip curgere pe valea Dobrovăț, la sud de Dobrovăț (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

probabil în aceste cazuri vorbim de alunecări relict, foarte vechi și vechi, rezultate prin repetarea trans-





**Figura 23. Alunecare de tip curgere pe valea Dobrovăț, la sud de Dobrovăț (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



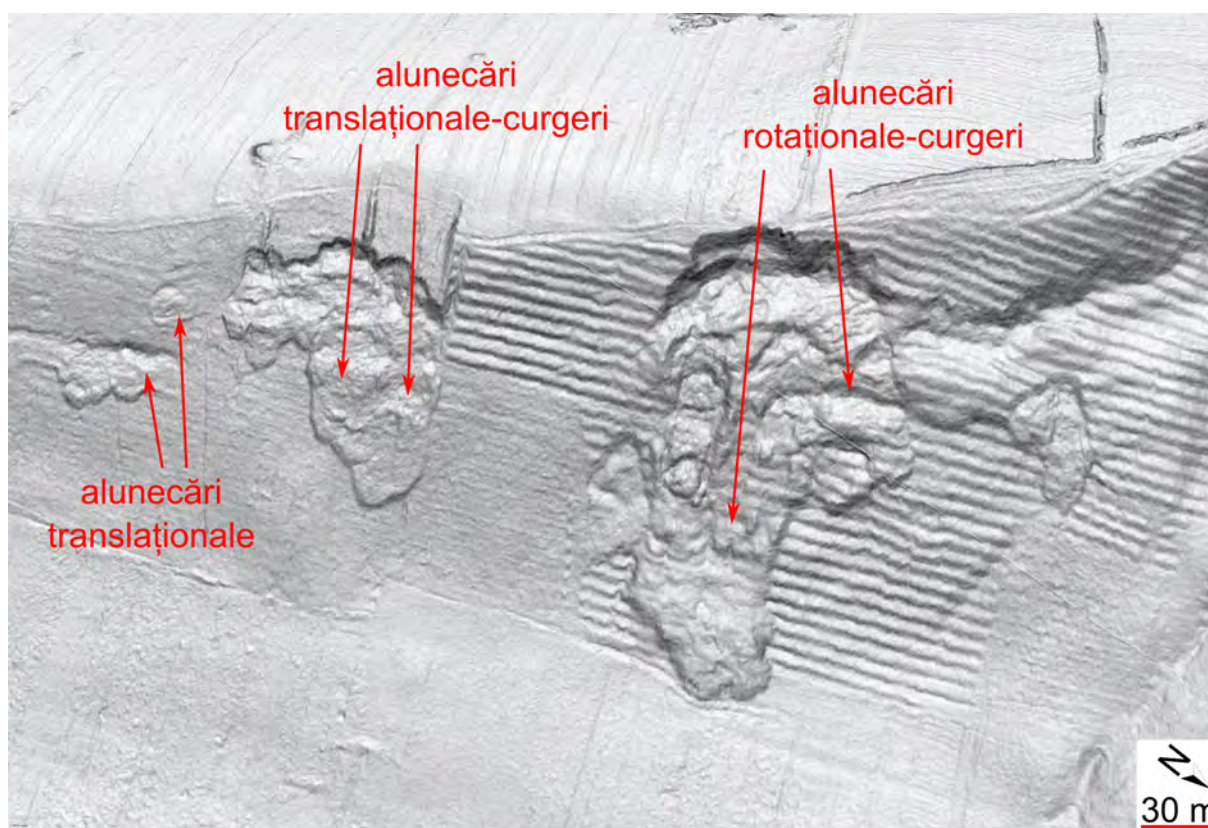
**Figura 24. Curgere pe versantul drept al văii Tabăra la sud de Blaga (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

gresivă a mecanismului rotațional de alunecare a cornișei și reactivări translaționale ale masei alunecate





**Figura 25. Curgere pe versantul drept al văii Tabăra la sud de Blaga (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



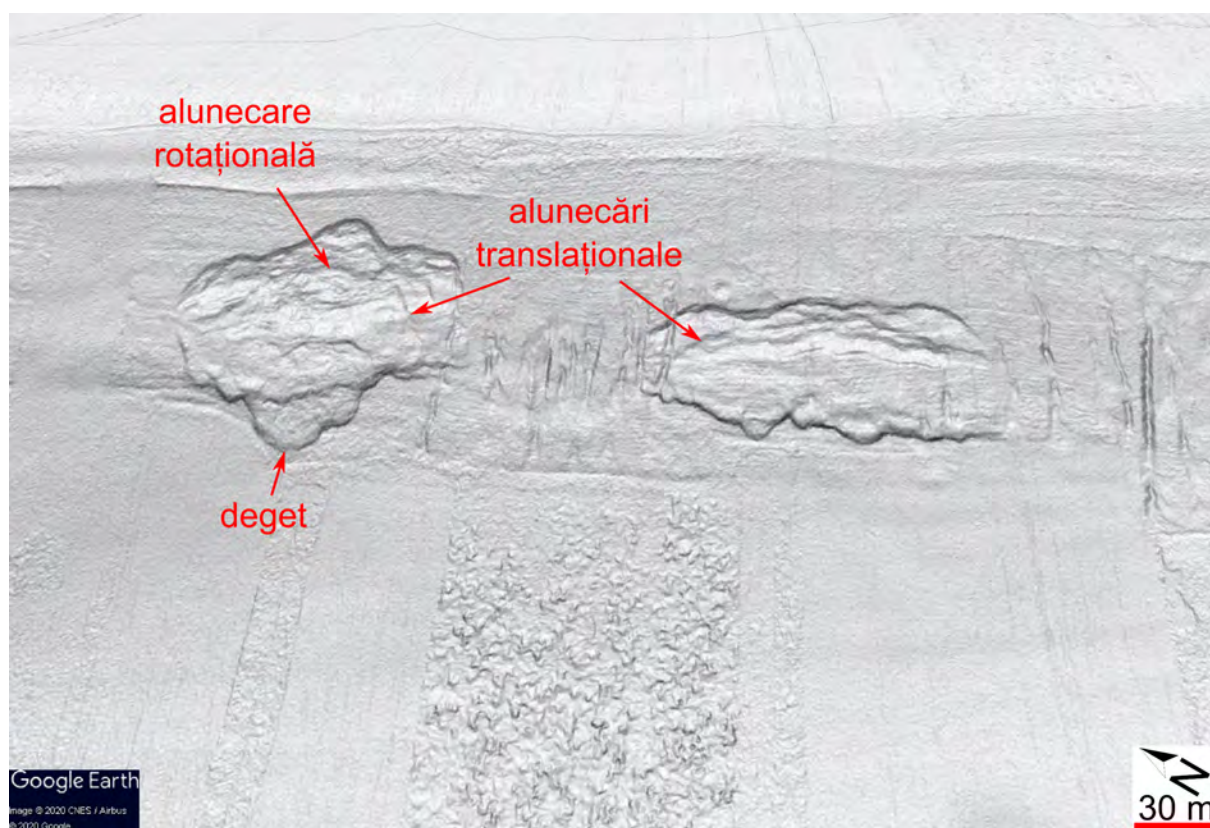
**Figura 26. Alunecări translaționale și compuse rotaționale-curgeri pe valea Prutului, la nord-vest de Stăniilești (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

dublate de eroziunea în suprafață, astfel încât roca geologică nealterată se află la mică adâncime și va





**Figura 27. Alunecări translaționale și compuse rotaționale-curgeri pe valea Prutului, la nord-vest de Stănițești (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

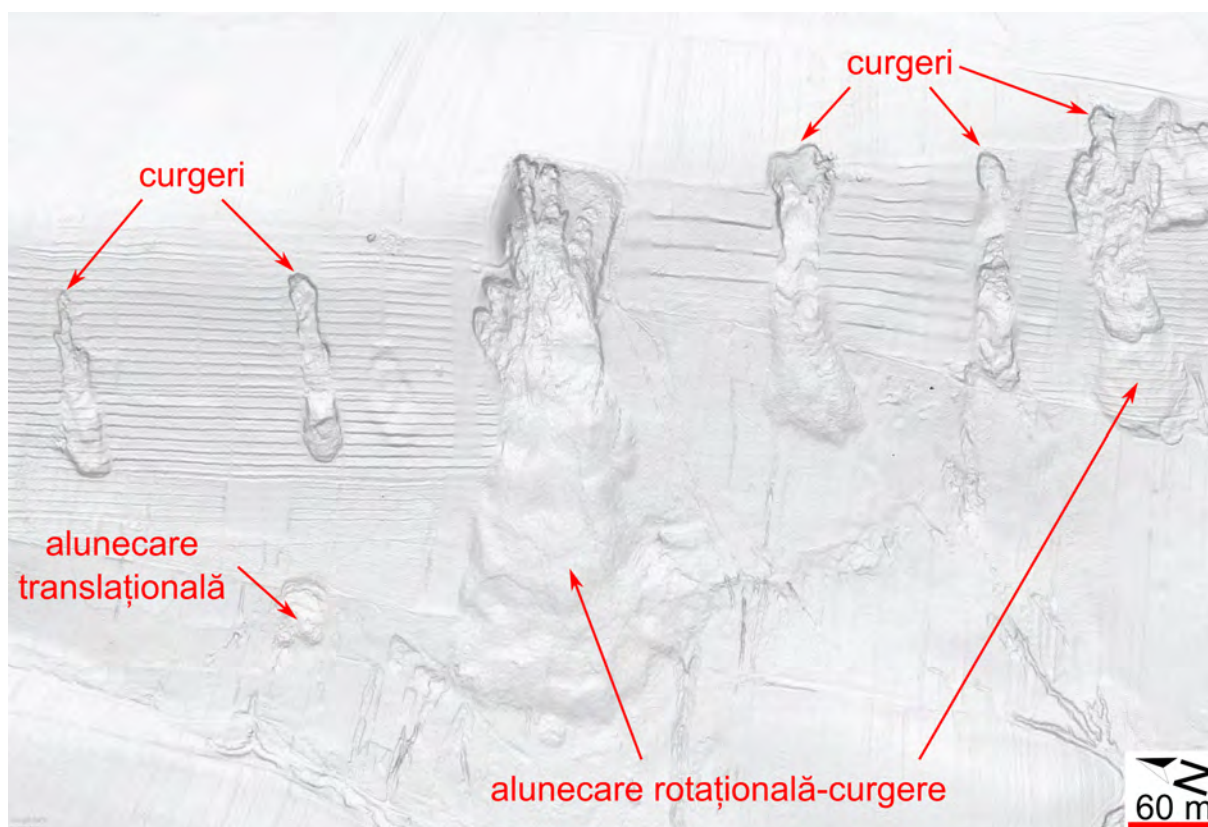


**Figura 28. Alunecare compusă translațional-rotatională (stânga) și translațională (dreapta) pe versantul stâng al văii Batca la est de Avântu (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





**Figura 29. Alunecare compusă translațional-rotatională (stânga) și translațională (dreapta) pe versantul stâng al văii Batca la est de Avântu (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



**Figura 30. Curgeri și alunecări-curgeri pe Coasta Rușilor la nord de Belcești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





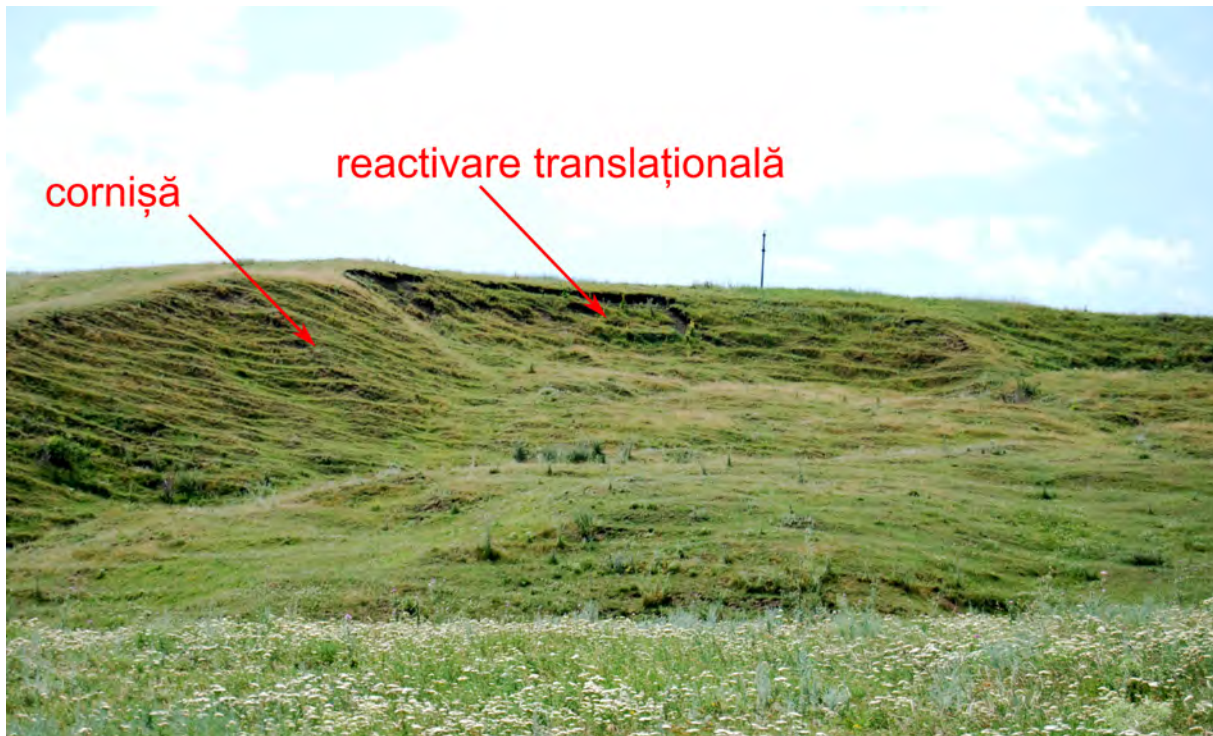
**Figura 31. Curgeri și alunecări-curgeri pe Coasta Rușilor la nord de Belcești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



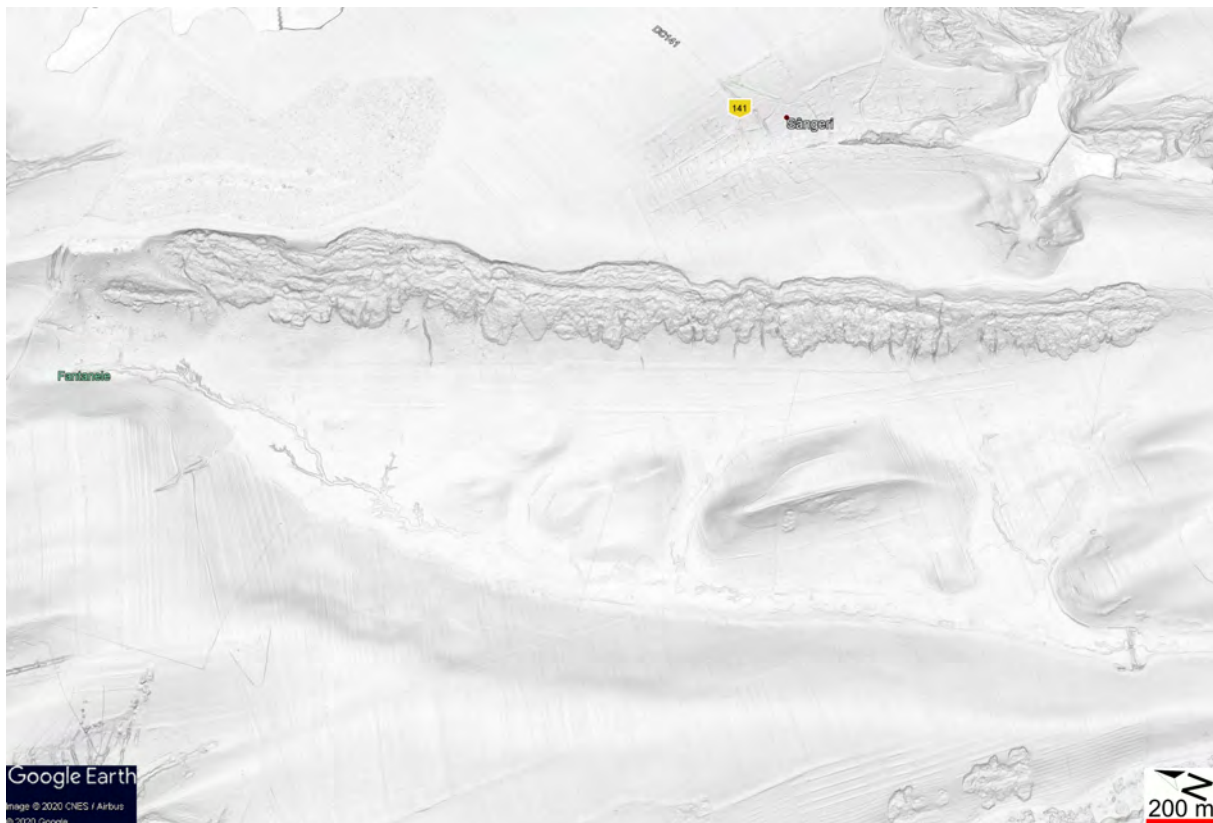
**Figura 32. Alunecare-curgere de sol pe masa alunecării complexe Costești.**

impune prezența treptelor morfologice. Datarea bazei depozitului de aluviuni al luncii și al eventualelor depozite de alunecare prinse de agradarea luncii ar putea arăta că aceste alunecări au fost declanșate la





**Figura 33. Alunecare translațională de sol pe cornișă alunecării complexe Costești.**



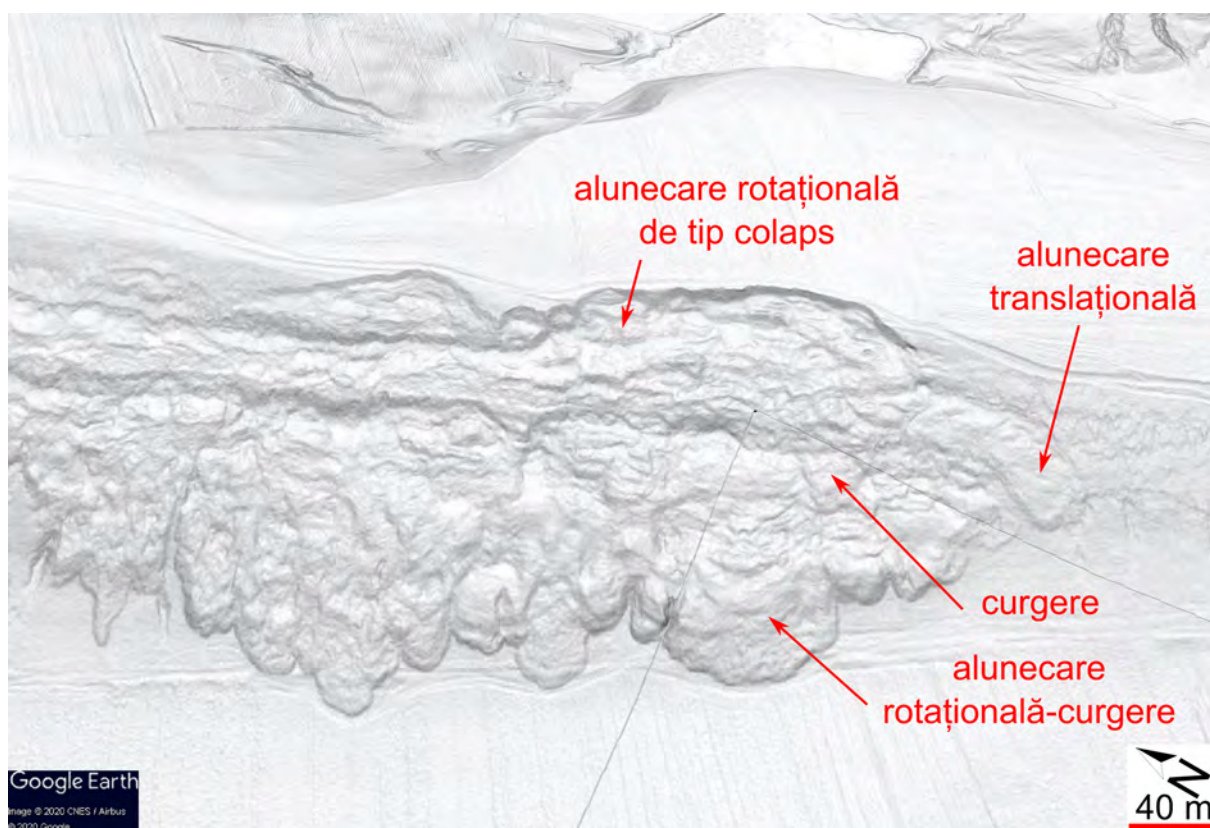
**Figura 34. Alunecare complexă cu o extindere laterală de 3,3 km în bazinul Brânza Roșie, la vest de Sânger (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

Finalul Pleistocenului și începutul Holocenului, evoluând ulterior retrogresiv către situația actuală. Datarea depozitelor suprapuse, de pe masele alunecate poate releva timpul la care au apărut reactivările cornișei, probabil pe parcursul Holocenului mediu și superior, dovezile de datare relativă arătând retra-





**Figura 35. Alunecare complexă cu o extindere laterală de 3,3 km în bazinul Brânza Roșie, la vest de Sângești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

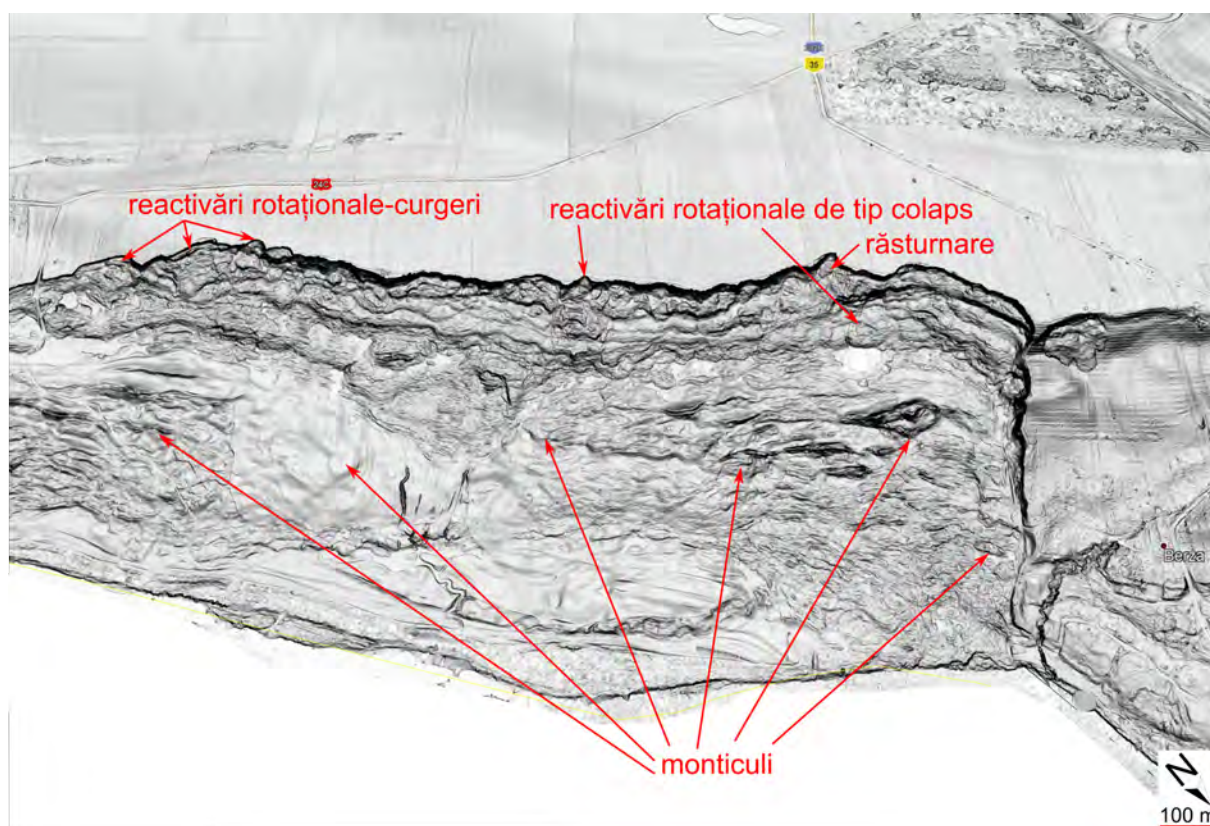


**Figura 36. Idem Figura 34 cu focus pe partea dreaptă; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





**Figura 37. Idem Figura 35 cu focus pe partea dreaptă; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



**Figura 38. Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona nordică; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

geri ale cornişelor cu până la 200 m din eneolitic/epoca bronzului.





Figura 39. Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona nordică; imagine satelitară din arhiva Google Earth.

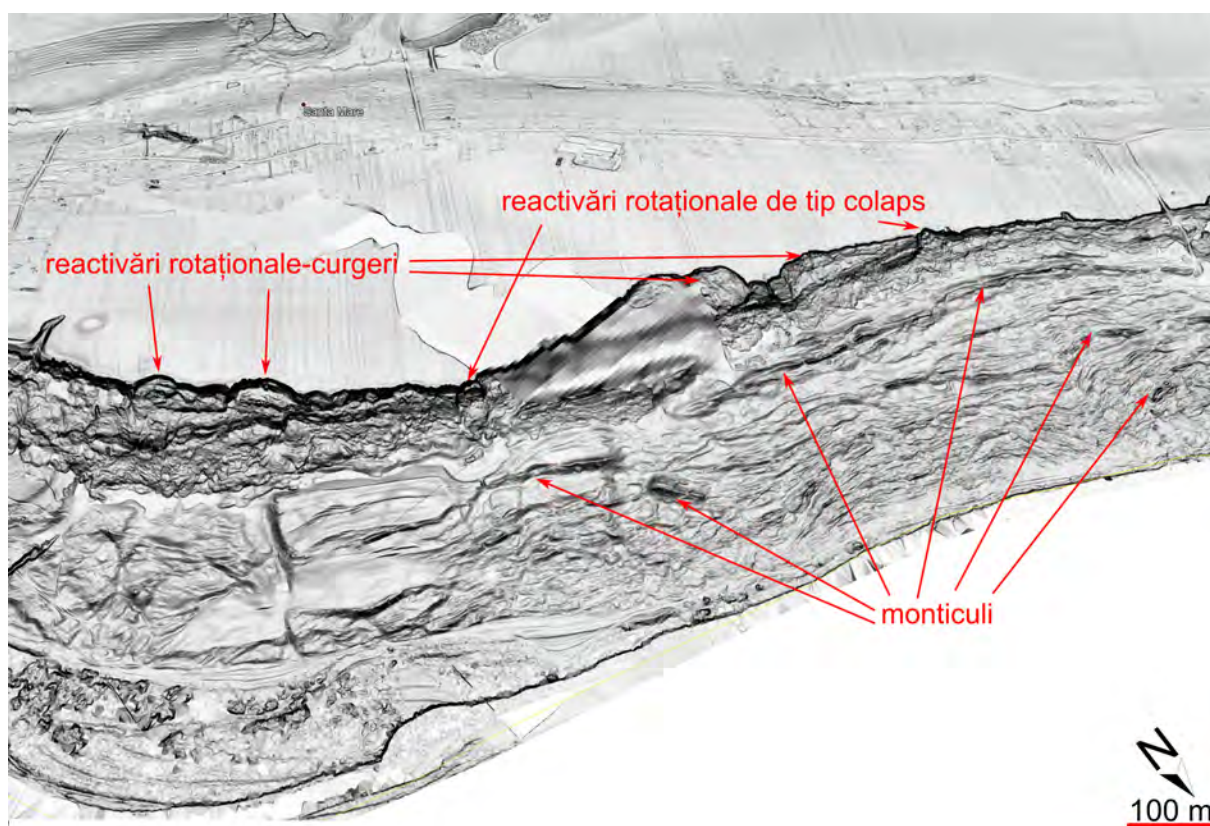


Figura 40. Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona sudică; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.





**Figura 41. Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona sudică ; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



**Figura 42. Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul median spre sud.**

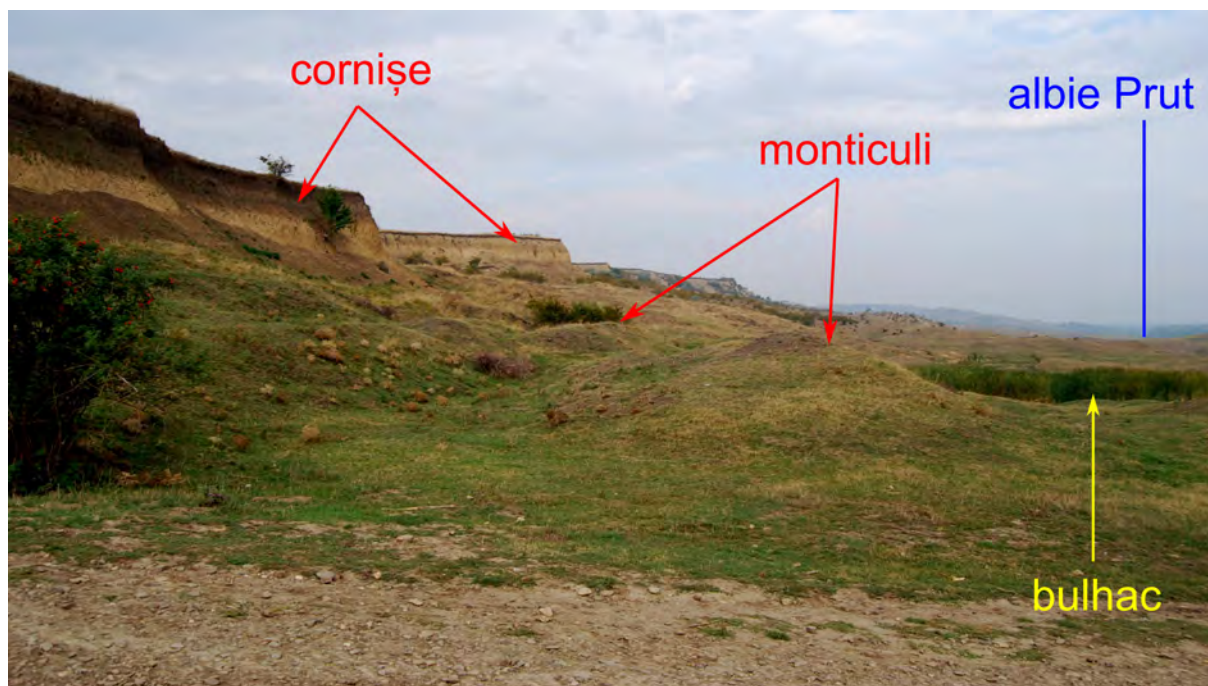


**Figura 43. Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul sudic spre nord.**

În cazul monticuliilor, aceștia nu arată neapărat mecanism rotațional la nivelul întregii alunecări complexe, ci la nivelul cornișei cel puțin. Diferențierea între monticuli și trepte de stratificație a rocii este relativ ușor de făcut, deoarece monticuliile nu au continuitate laterală și sunt curbați în sensul curgerii alunecării, întreruperile de continuitate fiind date de înșeuări morfologice sau ravene. În cazul treptelor



date de rocă, continuitatea laterală este evidentă, și chiar dacă este întreruptă, întreruperea este dată de forme pozitive, respectiv, mase de alunecare, sau de forme negative, ușor de identificat ca fiind cornișe.

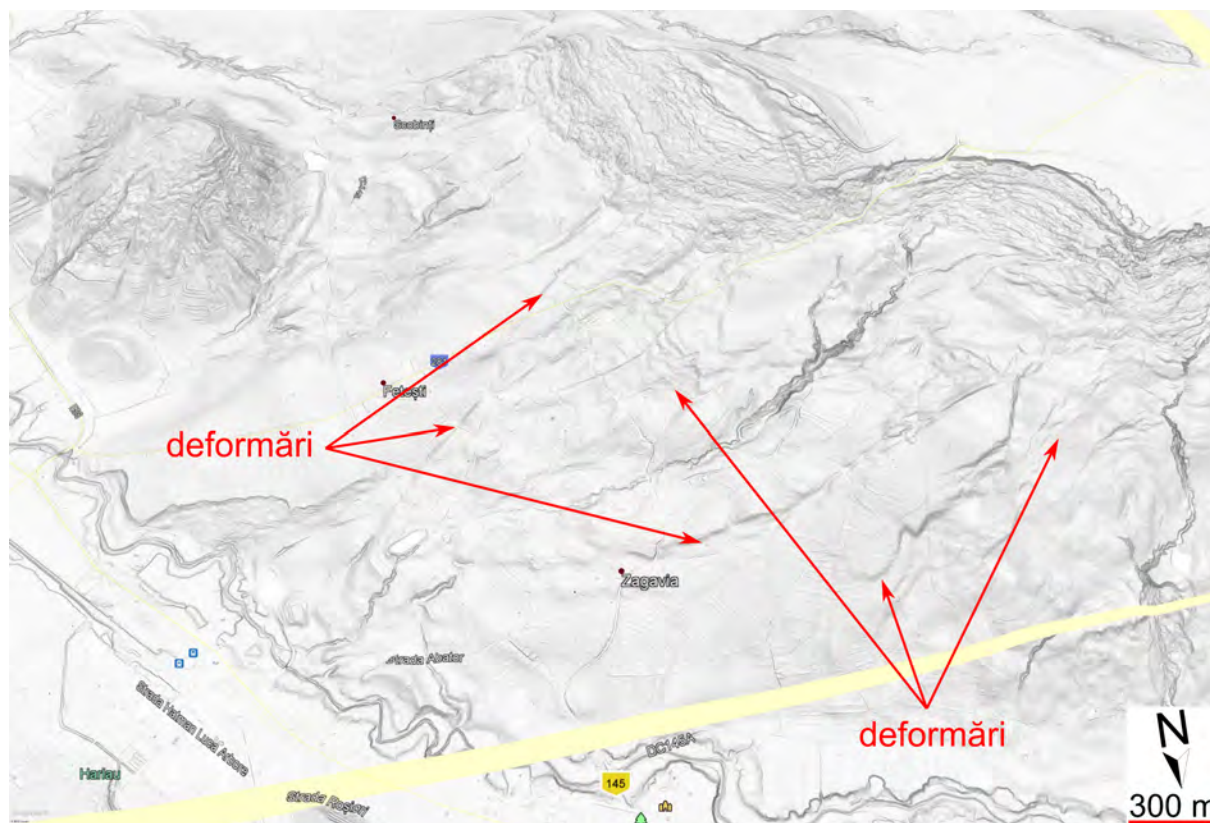


**Figura 44. Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul median spre nord.**



**Figura 45. Pantă inversată pe corpul alunecării de teren complexe Berza.**





**Figura 46. Deformare gravitațională de versant pe Coasta Moldavă, la sud de Hârlău (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

În contextul prezenței unor roci dure (gresii sau calcarenite) apar în Podișul Moldovei și deformații gravitaționale de versant (**Figura 46**).

Teoretic, fără a face prospecțiuni geofizice și geologice, pe baza morfologiei diferențierea se poate realiza pe baza continuității laterale a acestor trepte. Dacă ele sunt curbate, și nu se continuă în lateral pot fi atribuite mecanismului, dar dacă sunt relativ rectilinii sau ușor sinuoase, și continuă în lateral fiind vizibile și în alte clustere de alunecări de pe versant, trebuie atribuite stratificației rocii. Mai multe detalii despre acest mecanism vor fi date în subcapitolul care se referă la structura geologică și litologie.



## II.2 Morfologia și cartarea alunecărilor

Recunoașterea alunecărilor de teren se realizează prin identificarea elementelor lor componente. Aceste elemente componente sunt (Cruden, 1993; Cruden și Varnes, 1996) (Figura 47-Figura 51):

1. **Coroana – Crown** - materialul nedeplasat, adiacent părții superioare a cornișei principale;
2. **Cornișa principală – Main scarp** - o suprafață abruptă pe materialul nedeplasat, aflată la partea superioară a alunecării, cauzată de mișcarea materialului deplasat, plecat din zona cu material nederanjat;
3. **Partea superioară a alunecării (capul) – Top** - punctul cel mai înalt, la contactul dintre cornișa principală și masa alunecată;
4. **Capul alunecării – Head** - zona superioară a alunecării, aflată de-a lungul contactului dintre cornișa principală și masa alunecată;
5. **Cornișe secundare – Minor scarp** - suprafețe abrupte de pe materialul deplasat al alunecării, produse de mișcări diferențiate ale materialului alunecat;
6. **Corpul alunecării – Main body** - partea de material deplasat al alunecării, care stă pe suprafața de ruptură, între cornișa principală și degetul suprafeței de ruptură;
7. **Piciorul alunecării – Foot** - porțiunea alunecării care s-a deplasat dincolo de degetul suprafeței de ruptură, și acoperă suprafața inițială a terenului;
8. **Vârful alunecării – Tip** - punctul pe piciorul alunecării, care este cel mai depărat față de partea superioară a alunecării;

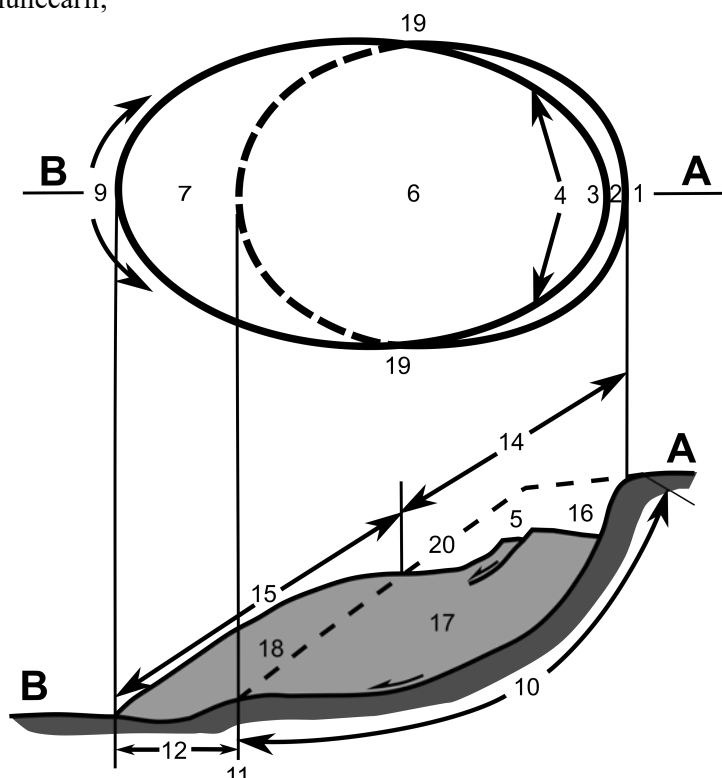
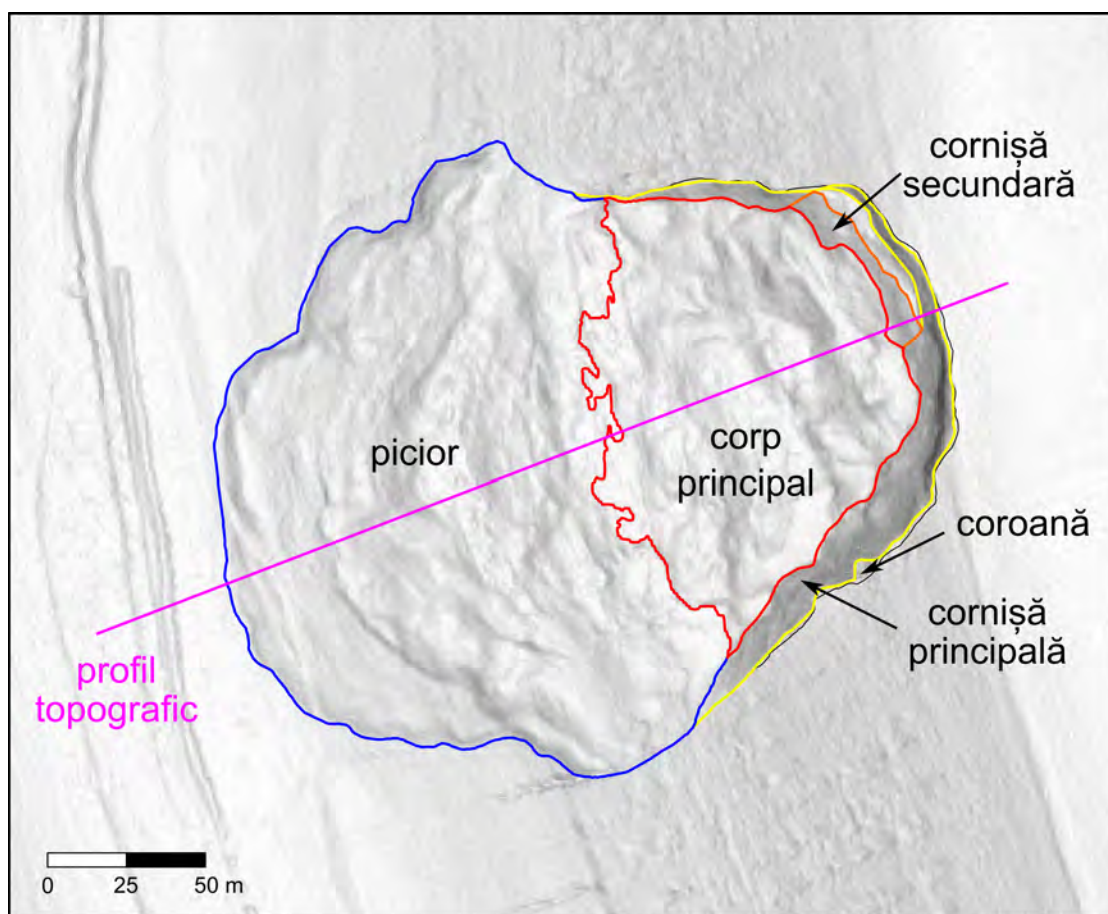


Figura 47. Elementele unei alunecări de teren, exemplificate pe o alunecare rotațională (reproducere după Cruden și Varnes, 1996).



9. **Degetul alunecării – Toe** – marginea inferioară, de obicei curbată a materialul deplasat, fiind cea mai depărtată zonă față de cornișă;
10. **Suprafața de ruptură – Surface of rupture** – Suprafața care formează limita inferioară a materialului deplasat, sus nivelul inițial al terenului;
11. **Degetul suprafeței de ruptură – Toe of surface of rupture** – Intersecția, de obicei îngropată, dintre partea inferioară a suprafeței de ruptură și suprafața inițială a terenului;
12. **Suprafața de separație – Surface of separation** – partea suprafeței inițiale a terenului, acoperită de piciorul alunecării;
13. **Materialul deplasat – Displaced material** – materialul deplasat din suprafața inițială a pantei de către alunecare, formând atât masa epuizată cât și acumularea alunecării (17+18);
14. **Zona de epuizare (descreștere) – Zone of depletion** – aria alunecării în cadrul căreia materialul deplasat se află sub suprafața inițială a terenului;
15. **Zona de acumulare – Zone of accumulation** – aria alunecării în care materialul deplasat se află deasupra suprafeței inițiale a terenului;
16. **Descreșterea – Depletion** – volumul dintre cornișa principală, masa epuizată și suprafața inițială a terenului;
17. **Masa epuizată – Depleted mass** – volumul materialul deplasat care se află deasupra suprafeței de alunecare, dar sub suprafața inițială a terenului;
18. **Acumularea – Accumulation** – volumul materialului deplasat care se află deasupra suprafeței inițiale a terenului;
19. **Flancul alunecării – Flank** – materialul nedeplasat adiacent laturilor suprafeței de ruptură; se poate vorbi atât de flancul sudic, nordic, estic, vestic, dar și de flancul drept, respectiv stâng, privind alunecarea din zona de cornișă în aval;
20. **Suprafața inițială – Original ground surface** – suprafața versantului existentă înainte de producerea alunecării.



**Figura 48.** Alunecare rotațională pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași).



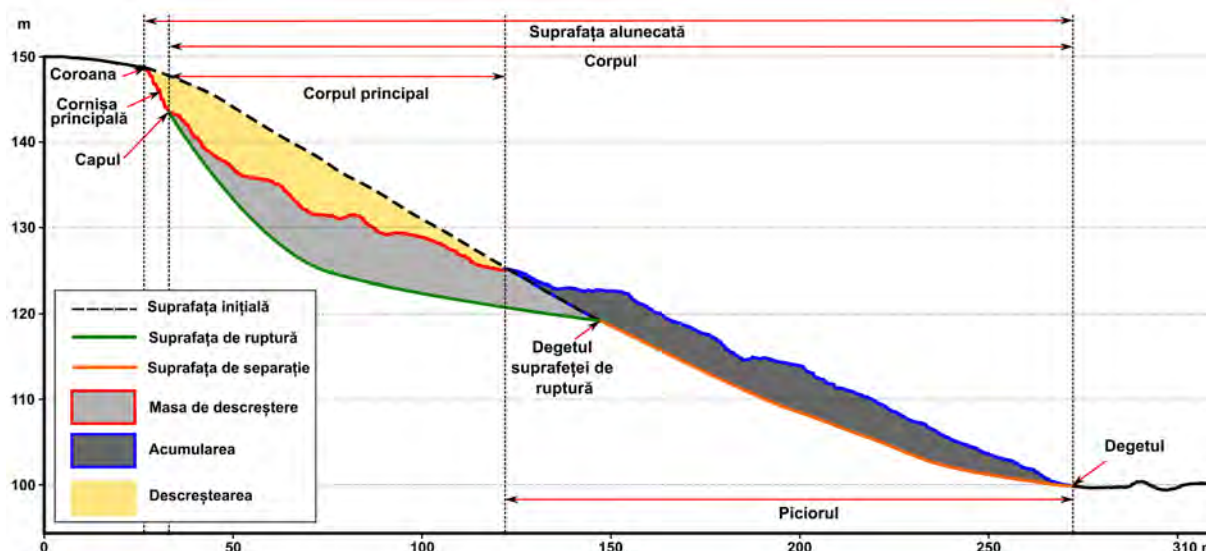


Figura 49. Profil topografic prin alunecarea rotațională de pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași).



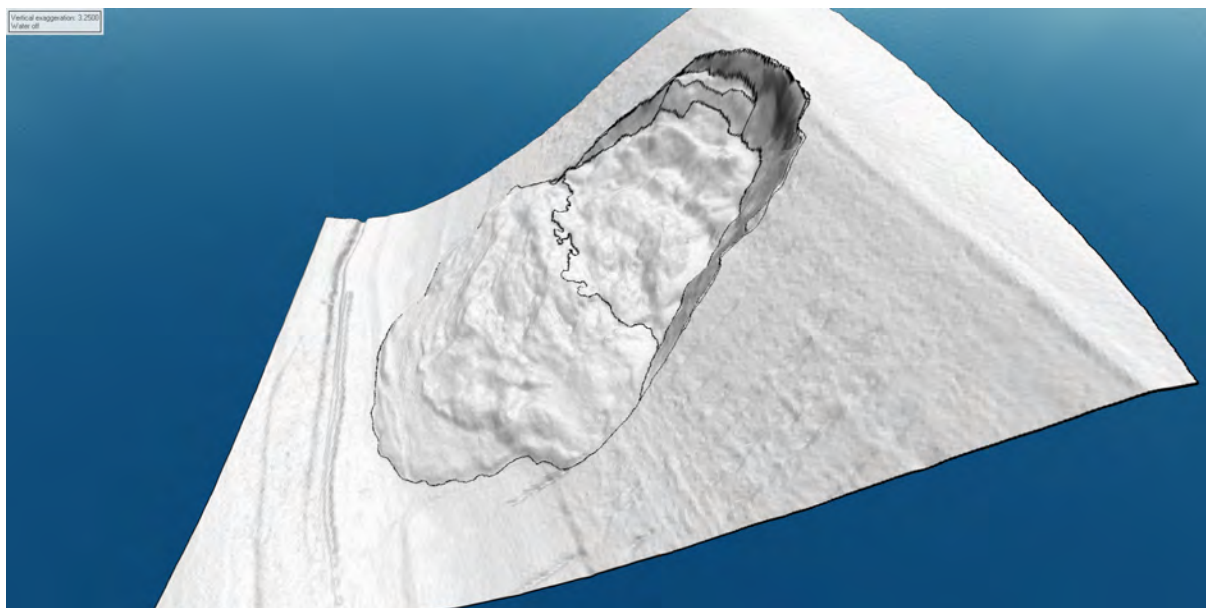
Figura 50. Cartarea alunecării rotaționale de pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași), utilizând imaginile satelitare de mare rezoluție din arhiva Google Earth.

Delimitarea suprafeței alunecate se face prin trasarea coroanei/cornișei, a flancurilor și a degetului alunecării. Între aceste linii se obține suprafața alunecată, sub forma unui poligon. În funcție de scara de lucru aleasă, aceste suprafețe reprezintă evenimente de alunecare bine delimitate spațial și temporal, sau pot reprezenta aglomerarea mai multor evenimente.

Alunecările de teren lasă o semnătură morfologică și fotografică pe suprafața terenului (Guzzetti ș.a., 2012), care poate fi exploatată utilizând MNT-uri de mare rezoluție (Niculiță ș.a., 2016a). Semnătura fotografică constă în model, textură, culoare, pete, variații ale tonului, în timp ce



semnătura morfologică constă în pante de profil convex-concav, cornișe și pante inversate, topografie deranjată și variații de rugozitate (Niculiță ș.a., 2016a; Guzzetti ș.a., 2012; Razak ș.a., 2013).



**Figura 51. Delimitarea alunecării rotaționale pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași) reprezentată tridimensional (exagerare 3,25).**

Analiza unei astfel de semnături complexe este un proces euristic, aplicat de obicei fotografiilor aeriene, care începe de la observații (faza de recunoaștere) și se termină cu deducere, trecând prin analiză și clasificarea imaginilor care urmează a fi interpretate. În funcție de mediul interpretat și de experiența interpretului, interpretarea fotografiilor aeriene poate ajunge la etapa de analiză, clasificare sau deducere, bazându-se pe aplicarea unui set riguros de criterii și a unei legende predefinite (Antonini ș.a., 2002; Niculiță ș.a., 2016a). Geomorfologii instruiți exploatează semnătura morfologică și fotografică a alunecărilor de teren pentru a clasifica teritoriul în zone afectate de alunecări de teren și zone (aparent) libere de alunecări de teren (Niculiță ș.a., 2016a). Mai mult, pe baza semnăturii alunecărilor de teren, este posibil să se obțină informații despre (i) prezența/absența alunecărilor de teren, (ii) tipul alunecărilor de teren, (iii) vârsta alunecărilor de teren, (iv) adâncimea alunecărilor de teren (de exemplu, Razak ș.a., 2013; Santangelo ș.a., 2015b). Pentru fiecare alunecare de teren cartografiată se poate stabili și un grad de incertitudine în detectare și/sau clasificare (Dunoyer și van Westen, 1994; Soeters și van Westen, 1996; Niculiță ș.a., 2016a).

Tehnicile de aerofotointerpretare pot fi, de asemenea, aplicate datelor topografice de înaltă rezoluție (de exemplu, MNT LiDAR și MNT SfM de înaltă rezoluție) (Van Den Eeckhaut ș.a., 2007; Razak ș.a., 2011, 2013; Guzzetti ș.a., 2012; Niculiță ș.a., 2016a), care este deosebit de util pentru terenurile acoperite de pădure sau de vegetație arbustivă. În acest caz particular, totuși, este luată în considerare doar semnătura morfologică a alunecării de teren, care introduce un alt grad de incertitudine în procesul de interpretare. Prin urmare, un număr de imagini derivate trebuie utilizate pentru a oferi specialiștilor mai multe informații pentru a reduce informațiile fotografice lipsă: (i) harta pantelor și expoziției, (ii) curbe de nivel, (iii) hărți ale curburilor, (iv) umbrirea standard sau combinată pe mai multe direcții (Niculiță ș.a., 2016a). În aplicațiile SIG de astăzi vizualizarea 3D (anaglif sau ochelari polarizați), 2D perspectivă sau profilul topografic sunt unelte care permit amplificarea perspectivei asupra reliefului, dezvăluind astfel și morfologii subtile. **De fapt, delimitarea alunecărilor de teren este recomandat să se facă atât în 2D cât și în 3D, și nu doar în 2D.**

În Niculiță ș.a., 2016a și 2019c au fost cartate în total douăzeci de areale (Figura 2) unde alunecările de teren au putut fi asociate unei topografii arheologice, pentru a se obține o datare relativă a alunecărilor de teren. Extinderea arealelor în jurul siturilor s-a făcut pe criterii hidrologice astfel încât să cuprindă bazine hidrografice de versant (adică urmărind albiile și cumpenele de apă, Antonini ș.a., 2002). Inventarele alunecărilor de teren au fost produse în mod sistematic, analizând imagini derivate dintr-un MNT cu rezoluție de 0,5 m, obținut din nori de puncte LiDAR obținut în 2012 pentru



Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad. Densitatea punctelor LiDAR este de 2-6 puncte pe m<sup>2</sup>, obținerea MNT-ului la o rezoluție de 0,5 m făcându-se prin metoda de interpolare TIN în SAGA GIS (Conrad ș.a., 2015). Pentru arealele cu vegetație arbustivă și cu abrupturi, a fost nevoie de o rafinare manuală a clasificării datelor originale descrisă în Niculiță ș.a., 2020a. La ora actuală datele LiDAR sunt cele mai utile date pentru analiza alunecărilor de teren, datorită rezoluției lor, acurateței, acoperirii spațiale și reprezentării fidele a topografiei reliefului (McKean și Roering, 2004; Van Den Eeckhaut ș.a., 2005; Ardizzone ș.a., 2007; Jaboyedoff ș.a., 2012; Demers, ș.a., 2017).

Variabilele derivate din MNT LiDAR, utilizate pentru interpretare au fost (i) harta pantei, (ii) umbrirea dintr-o singură direcție și (iii) umbrirea combinată. Toate variabilele derivate și curbe de nivel cu echidistanța de 2 m au fost create în SAGA GIS (Conrad ș.a., 2015). Vizualizări 3D anaglif, 2D perspectivă și profiluri topografice au fost create pentru înțelegerea topografiei. Acolo unde au fost disponibile, au fost vizualizate și analizate și imagini aeriene din perioada 1950-2008, dar și arhiva de imagini satelitare Google Earth. Hărți topografice din mai multe ediții au fost de asemenea utilizate pentru relevarea schimbărilor de utilizare a terenului și de cuantificare a evoluției proceselor geomorfologice.

Inventarele conțin alunecări de teren cartografiate ca poligoane și, ori de câte ori a fost posibil, cornișele au fost cartografiate și ele separat ca poligoane, cu specificarea unui ID comun. S-a acordat o atenție deosebită cartării alunecărilor de teren individuale, evitându-se astfel pe cât posibil poligoanele amalgamate (Marc și Hovius, 2015).

Tipul alunecării de teren și vârsta relativă au fost estimate pe baza versiunilor simplificate ale clasificărilor propuse de Cruden și Varnes (1996), și de Keaton și DeGraff (1996), respectiv. În particular, au fost detectate alunecări rotaționale și translaționale de pământ și rocă, și tipuri compuse de alunecare-curgere. Vârsta relativă a fost evaluată în trei clase: (i) alunecări foarte vechi (vechi relict și latente, corespunzând alunecărilor relict ale lui Keaton și DeGraff (1996), (ii) alunecări vechi, corespunzând alunecărilor latente „bătrâne” și „tinere” ale lui Keaton și DeGraff (1996), (iii) alunecări recente, corespunzând alunecărilor active/reactivate ale lui Keaton și DeGraff (1996).

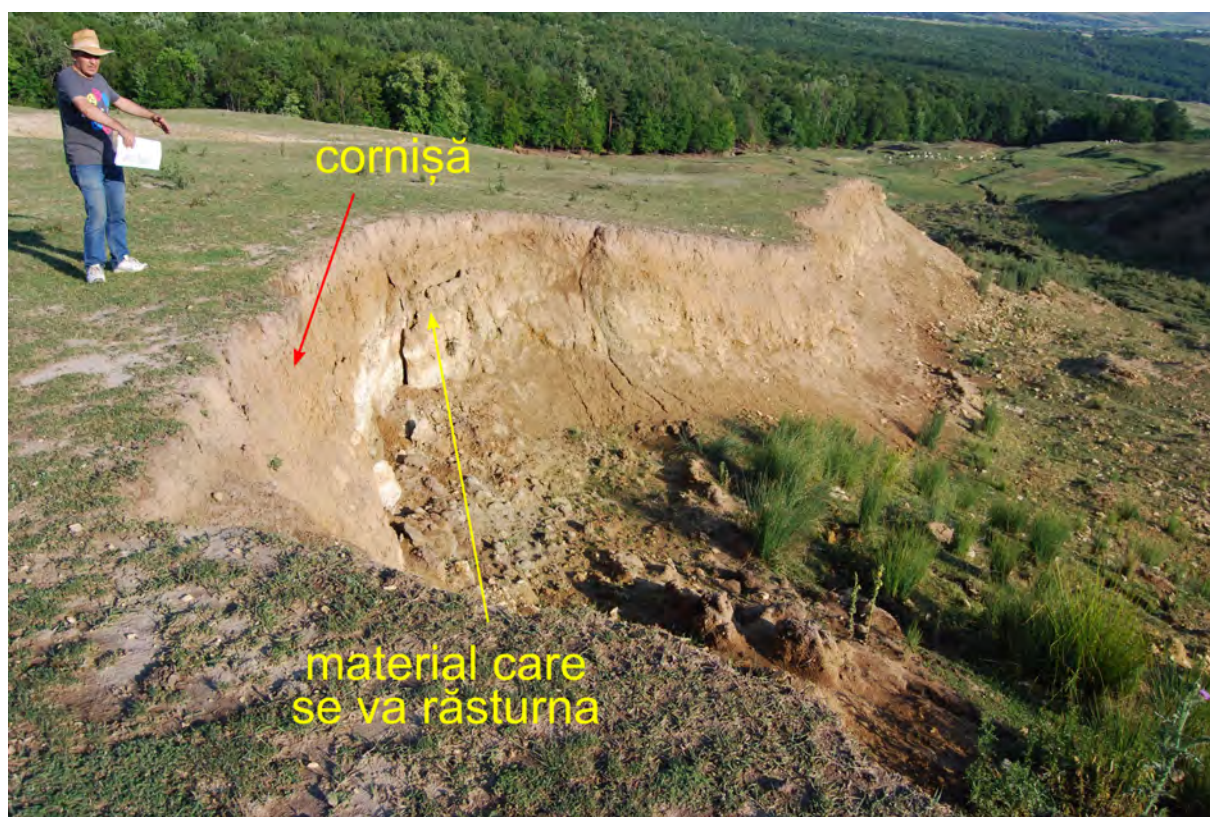


Figura 52. Cornișă alunecării de tip curgere de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași).



**Alunecările de teren foarte vechi (LVO)** apar în mare parte dezmembrate de eroziunea fluvială și de apariția alunecărilor de teren mai tinere. În consecință, granițele sunt de obicei slab definite, deoarece porțiuni (chiar mari) din aceste morfologii ale pantei au fost anulate de eroziune. În plus, morfologia generală se caracterizează printr-o rugozitate mai lungă a undelor în comparație cu alunecările de teren mai tinere. Cornișele acestor alunecări de teren nu se extind până la principalele cumpene de ape actuale, care sunt afectate în mod uzual de evoluția retrogresivă a zonei de coroană a alunecărilor de teren foarte vechi de alunecări de teren mai noi. Adesea, deoarece noile generații de alunecări de teren distrug integritatea generațiilor mai vechi de alunecări de teren, extinderea inițială a alunecării de teren este interpolată folosind tendința de curbură a cornișei sau a denivelărilor din corpul alunecării de teren suprapuse. Vechea locație a cornișelor poate fi interpolată folosind dovezile morfologice obținute prin secțiuni transversale topografice.

Uneori aceste alunecări sunt zone care prezintă o suprafață concavă cartografiată drept cornișă care este conectată cu una convexă care poate fi cartografiată ca picior și printr-o masă cu rugozitate care prezintă, de asemenea, pe flancuri o schimbare a abruptului (pentru cartografierea acestuia curbele de nivel, panta și curbura sunt utile – **Ardizzone ș.a., 2007**). Prezența ravenelor pe corpul alunecării de teren sau de-a lungul flancurilor reprezintă un alt indiciu că alunecarea de teren este relictă (**McCalpin, 1984**). Deși utilizarea terenului poate induce variații de rugozitate (am folosit imagini aeriene pentru a evalua rugozitatea datorată variațiilor de utilizare a terenului - **Petschko ș.a., 2015**), a corpul de alunecare de teren relict încă prezintă o rugozitate caracterizată printr-o distanță largă, care îl diferențiază de versantul adiacent neted alunecat. În zonele în care sunt prezente urme de așternut, alunecările de teren adânci sunt dificil de delimitat. Cu toate acestea, am evitat delimitarea alunecărilor de teren complexe, ca poligoane care includ toate zonele aspre în care alunecările de teren se manifestă de la creastă până la baza dealului și se extind lateral de-a lungul dealului, ca și pentru inventarele anterioare de alunecări de teren ale Podișului Moldovei. (**Niculiță și Mărgărint, 2014; Mărgărint și Niculiță, 2017**).

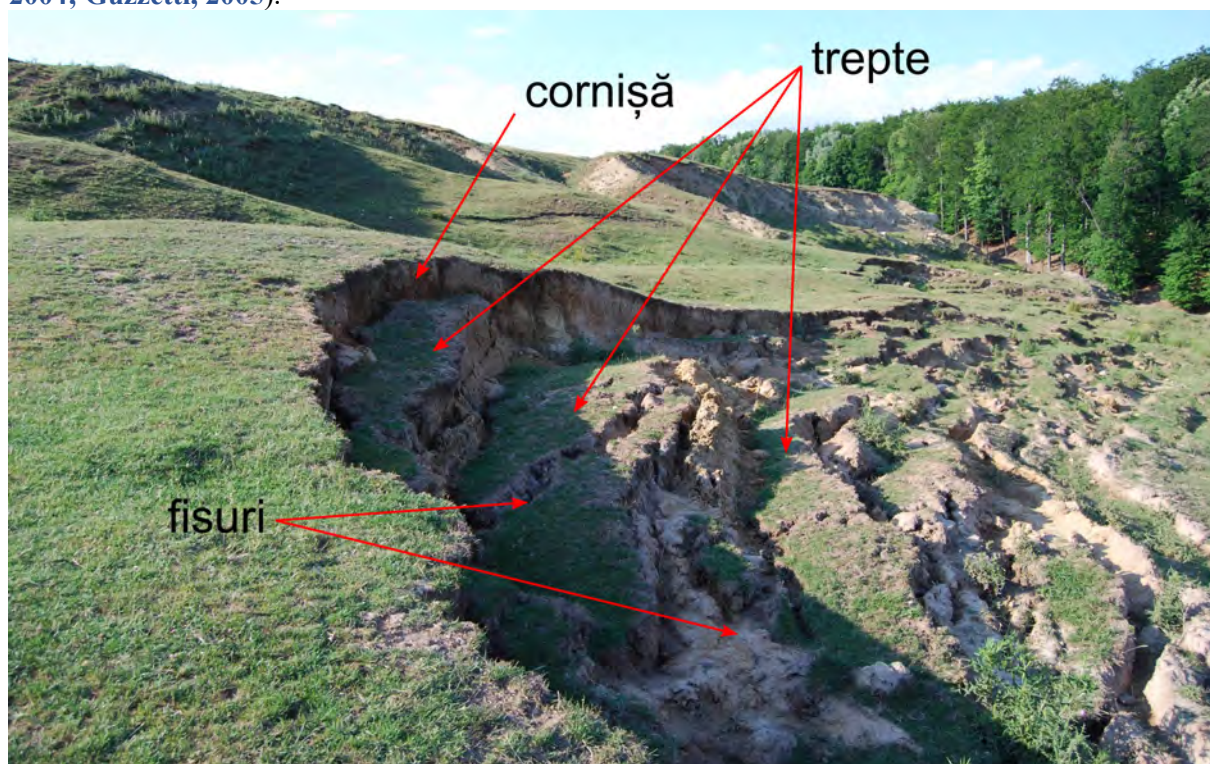
**Alunecările de teren vechi (LO)** par mai puțin denudate decât LVO, caracterizate printr-o rugozitate mai mare și cu o lungime de undă mai mică a rugozității. Alunecările de teren vechi prezintă în continuare majoritatea elementelor unei alunecări, deși acestea sunt netezite (dar nu antropice). În cadrul acestei clase de vârstă am identificat maxim trei „generații” (și anume LO1, LO2, LO3 de la cea mai veche la cea mai tânără) de alunecări de teren, care prezintă caracteristici morfologice foarte similare și care se pot delimita topologic ca vârstă relativă. Pentru a recunoaște vechile alunecări de teren și pentru a le clasifica corect la o anumită generație (LO1, LO2, LO3) sunt necesare elemente subtile care trebuie identificate. Acestea sunt evidente, deoarece alunecările cele mai tinere erodează parțial cele mai în vârstă. Unul dintre cele mai simple moduri de a recunoaște aceste generații este cazul unei alunecări translaționale de mică adâncime care afectează corpul alunecării de teren a unei alunecări rotaționale (**Mărgărint și Niculiță, 2017; Bejenaru și Niculiță, 2017**), caz în care vorbim tipologic de o alunecare compusă. În cazul în care nu există relații topologice între alunecările de teren aferente alunecărilor de teren VO, acestea au fost atribuite primei „generații”, LO1.



**Figura 53.** Piciorul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași), care debușează în ravena Poiana Mănăstirii.



**Alunecările de teren mai recente (LR)** arată caracteristici foarte bine conservate ale morfologiei alunecărilor de teren active sau recent active, prezentând toate elementele componente (**Cruden și Varnes, 1996**): cornișa principală, flancurile, piciorul și o topografie rugoasă, ușor identificabilă și delimitabilă (**Carrara și Merenda, 1976; McCalpin, 1984; Wieczorek, 1984; Schulz, 2004; Guzzetti, 2005**).



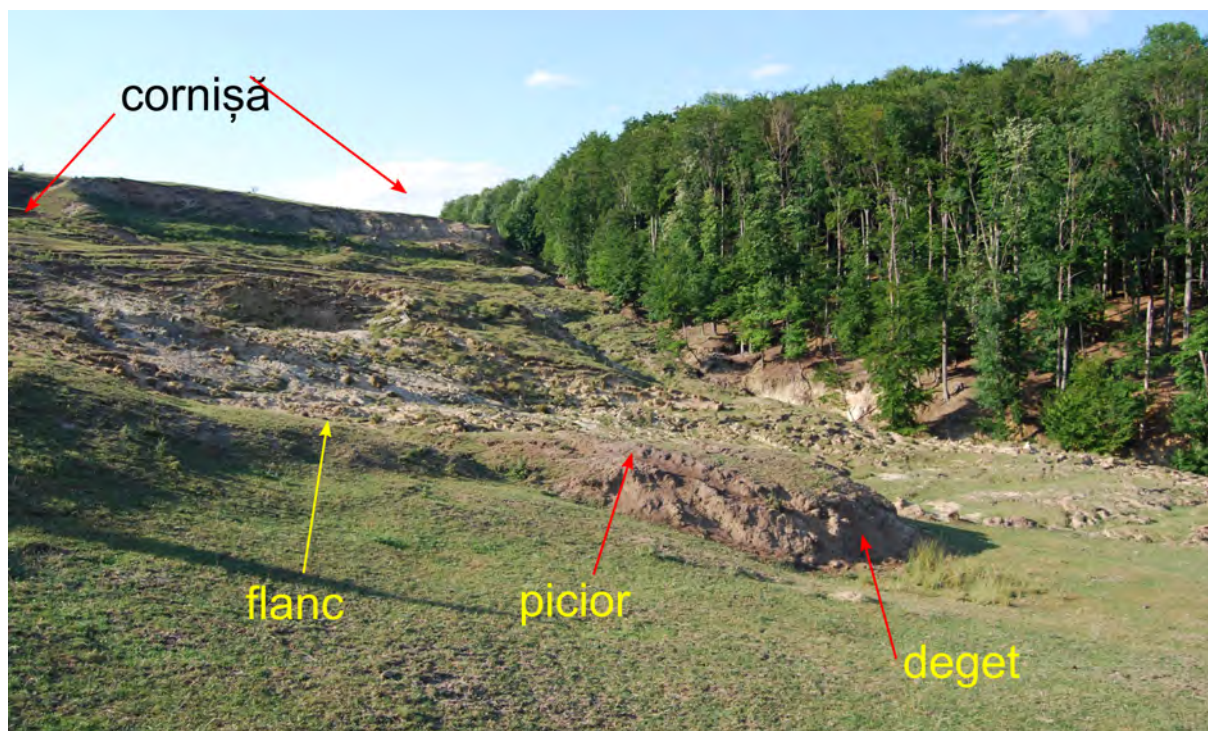
**Figura 54.** Cornișa unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă și fragmentarea masei alunecate, cu apariția “treptelor”.



**Figura 55.** Flancul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă diferența de rugozitate dintre versantul neafectat și masa alunecată.



Pe lângă aspectul de pe datele LiDAR, imaginile aeriene oferă informații utile despre starea cornișei principale sau a celor secundare de pe corpului alunecării de teren, care de obicei nu sunt acoperite de sau au o acoperire cu vegetație redusă.



**Figura 56. Piciorul și degetul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași).**



**Figura 57. Corpul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă o rugozitate variabilă pe diferite sectoare ale aceste mase alunecate.**





**Figura 58. Cornișa alunecării relict de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași).**

Prezența fisurilor sau crăpăturilor în corpul alunecării de teren, cornișă și/sau zona degetului sau a piciorului (**Figura 85 F, H** și **Figura 84 M**) sugerează că alunecare este activă sau a fost într-o perioadă recentă (**Rib și Liang, 1978; Varnes, 1984, Soetters și Van Westen, 1996; Petschko ș.a., 2015**).

Limitele sunt bine definite, marginile cornișei apar în mare parte ascuțite și încă nu sunt afectate de eroziunea liniară (rigole și ravene). În mod similar, masa alunecării de teren pare slab erodată și este vizibil un echilibru volumetric foarte bun între cornișă și masa alunecată. Există o serie de alunecări complexe, de dimensiuni mari (nu neapărat ca magnitudine, pentru că sunt compuse și complexe) ale căror topografie este foarte “proaspătă”, rugoasă și denivelată, fapt ce atestă că acestea sunt active, dar rata este mică, caracteristică alunecărilor foarte lente.

În loc să atribuim un nivel de incertitudine privind delimitarea alunecărilor de teren, am preferat să extragem numai alunecări de teren care prezintă elementele prezentate mai sus și în acest mod avem un nivel ridicat de certitudine cu privire la prezența lor.

După cartarea alunecărilor de pe imaginile de teledetecție, sau concomitent cu aceasta, trebuie realizată validarea în teren. În teren s-a verificat (i) prezența/absența alunecărilor cartate, (ii) tipul și vârsta relativă, (iii) interacțiunea alunecărilor de teren cu topografia arheologică. Acolo unde a fost nevoie, pe baza informațiilor din teren, o serie de alunecări au fost modificate sau reinterpretate.

Majoritatea siturilor descrise (**Niculiță ș.a., 2016a, 2019c; Niculiță și Mărgărint, 2018**) se încadrează în categoria siturilor defensive situate pe vârful dealurilor. Aceste zone au fost favorabile pentru construcția așezărilor datorită vârfurilor plate ale dealurilor (platouri structurale -Băiceni, sau platouri de loess – Trușești, din punct de vedere geomorfologic) delimitate de cornișe care au oferit avantajul inaccesibilității și capacitatea de a avea o vedere largă asupra zonelor înconjurătoare. Adesea, incizia ravenelor sau a rețelei hidrografice și alunecările de teren declanșate de aceste incizii au generat promontorii care au fost ușor de apărat prin construirea unui sistem de ziduri și șanțuri către părțile îngustate și cu pantă redusă ale platourilor sau versanților. În zonele dinspre cornișele alunecărilor, denivelarea naturală putea fi amenajată ușor cu palisade, eventual așezate pe trepte de rocă sau trepte amenajate pe muchia cornișei (cazul siturilor Moșna și Vladnic).

Așezarea cucuteniană cu șanț de apărare (**Petrescu-Dâmbovița ș.a., 1999**) de pe Dl. Țugueta (**Figura 59**), o terasă fluvială a Jijiei, pe stânga văii, a fost excavată complet și este parțial distrusă de o



carieră de lut. Incizia post LGM a Jijiei și a afluentului Cuha, a dus la detașarea matorului, și la declanșarea alunecărilor de teren relict, și la formarea cornișelor (Niculiță ș.a., 2016a; Niculiță și Mărgărint, 2018). Generații ulterioare de alunecări vechi și alunecările recente retrogresive au reactivat cornișa, dar situl a continuat să fie utilizat ca necropolă, inclusiv tumulară, până la începutul evului mediu timpuriu.

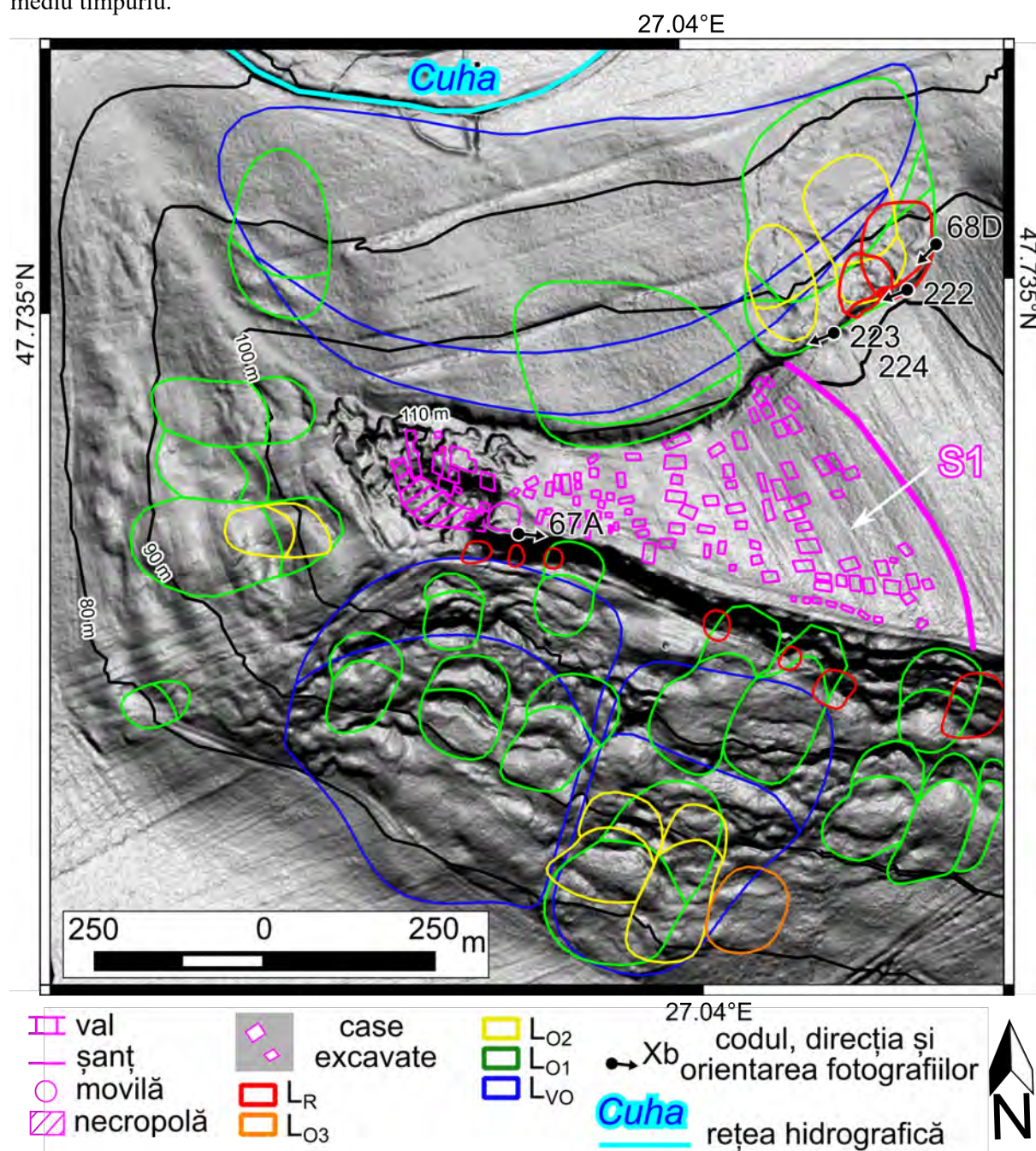
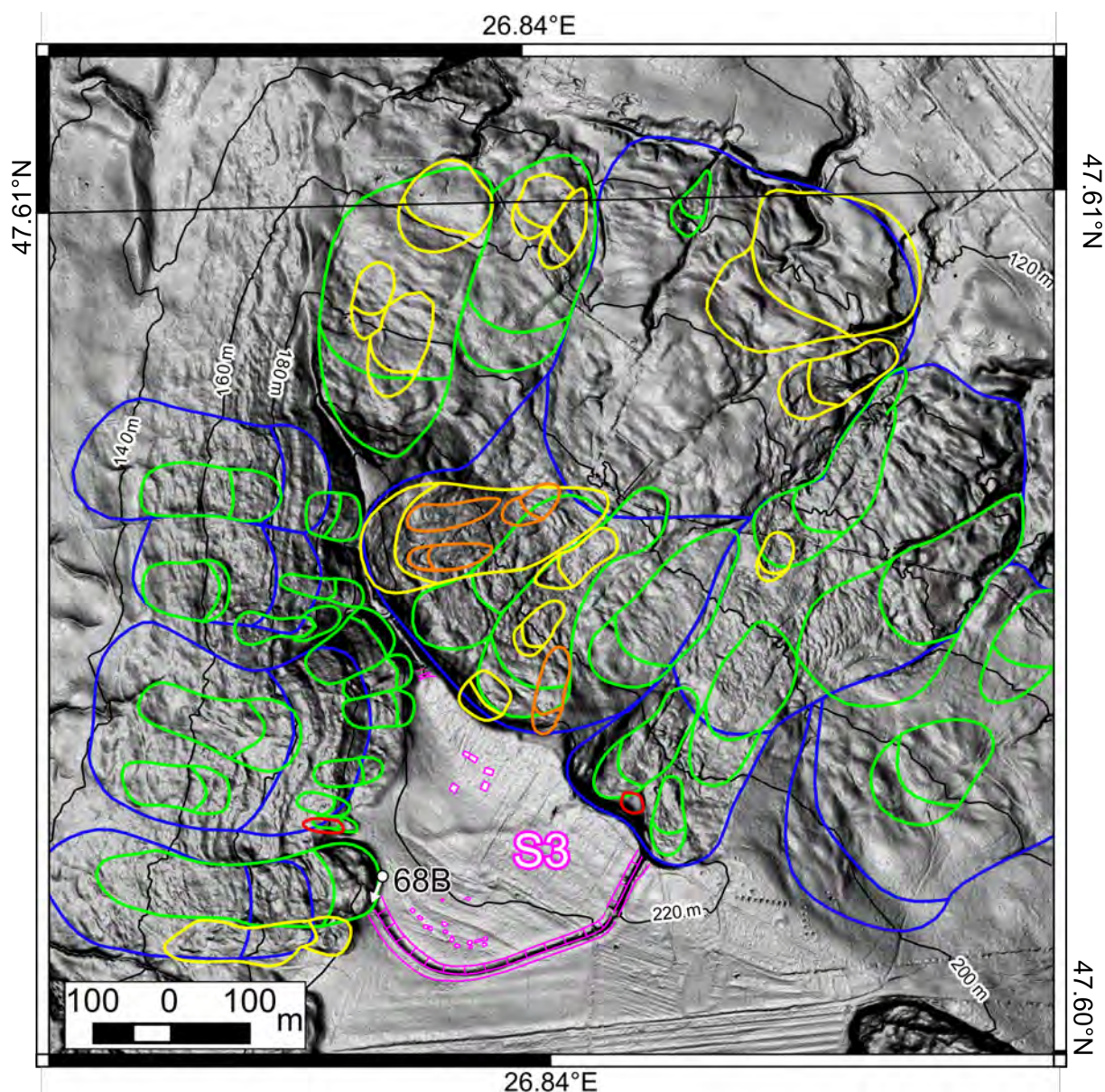


Figura 59. Alunecări și arheologie în situl 1 – Trușești, Țugueta (Niculiță ș.a., 2016a).

Situl de pe Dl. Jorovlea (Figura 60) a fost locuit de cucutenieni și de traco-geți (Șadurschi și Șovan, 1986, 1994; Șovan și Ignat, 2005) fiind ulterior ocupat și în perioada medievală. Pe MNT LiDAR se observă o treaptă care poate fi legată de așezarea cucuteniană, dar cea mai pregnantă topografie arheologică este dată de valul cu șanț traco-getic. Alunecările relict sunt cele care au creat cornișa nordică, nord-vestică și pe cea estică, utilizate de ambele așezări, astfel că doar versantul sudic slab înclinat a trebuit amenajat. Alunecări din generațiile vechi au distrus eventualul zid nordic care este posibil să fi fost mai extins, protejând culmea secundară cu direcție nordică. Atât în capătul vestic, cât și în cel estic, valul cu șanț sunt distruse de alunecări vechi, capetele fiind perpendiculare pe cornișe.





**Figura 60. Alunecări și arheologie în situl 3 – Cotu Copălău, Jorovlea (Niculiță ș.a., 2016a).**

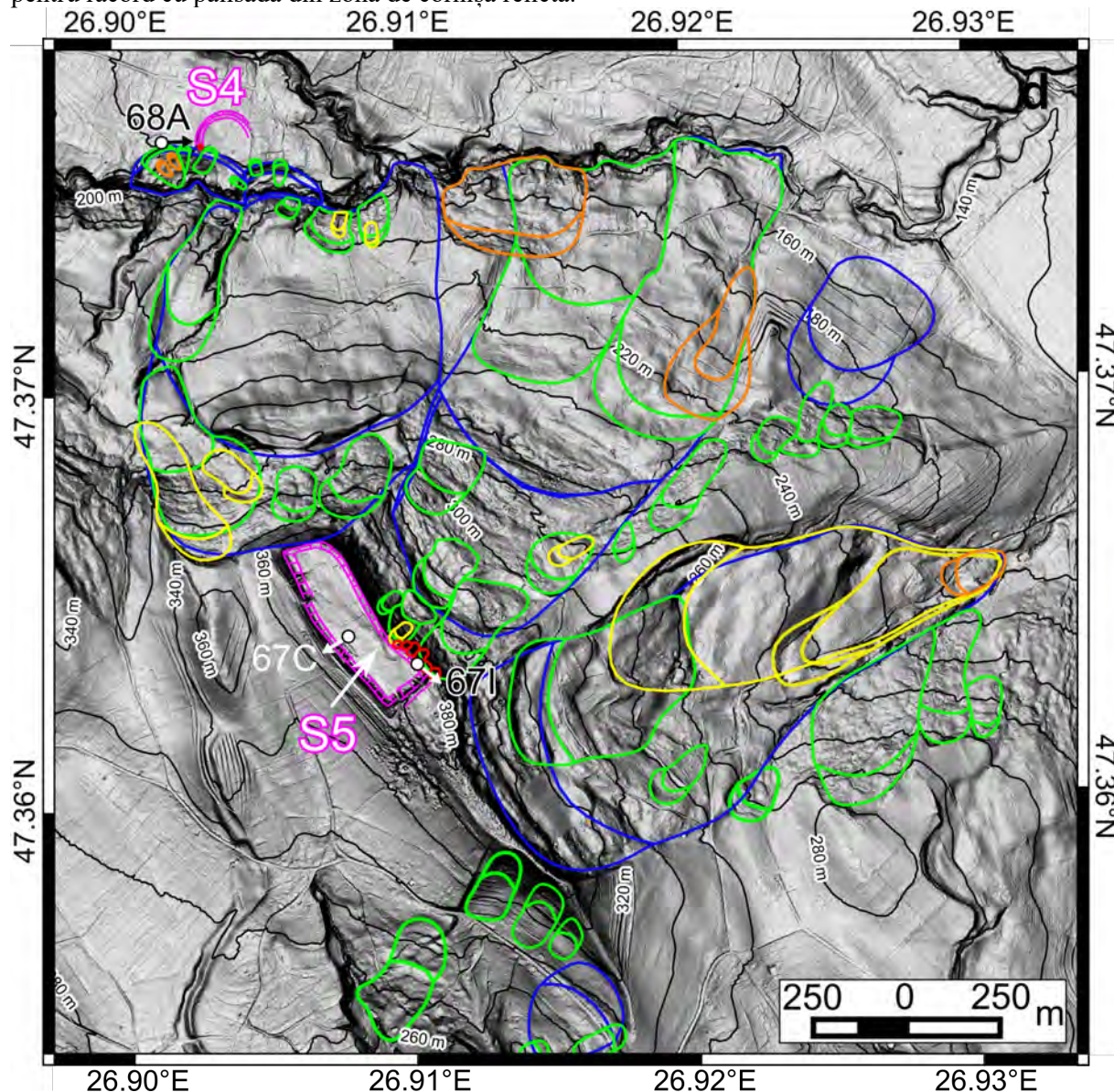
Fortificația de la Buhalnița (Zaharia ș.a., 1970) apare pe interfluviul relativ plan rezultat din incizia râului Buhalnița (Figura 61) și a afluentului său de stânga, Călinău (Niculiță ș.a., 2016a; Niculiță și Mărgărint, 2018). Alunecările care apar în malul râului Buhalnița și care au distrus o parte din fortificația care prezintă continuitate de locuire din paleolitic până în evul mediu, sunt din generații de alunecări vechi, ceea ce arată faptul că fortificația a folosit malul abrupt al râului ca element de protecție. Incizia râului este post Lateglacial și este legată și de alunecările care apar pe Dl. Cătălina, la sud.

Fortificațiile de pe Dl. Cătălina – Cotnari (Florescu, 1966, 1971, 1994; Văleanu, 2003) apar pe platoul dealului, care este bordat spre est și nord de cornișe ale unor alunecări relict (Figura 61). Platoul îngust este un martor structural datorat calcarelor sarmațiene, care aflurează atât în cornișe, cât și pe versanții neafecțați de alunecări și unde este exploatat. Cornișele extrem de abrupte și cu denivelări care depășesc 30 de metri au avut rolul protector, în timp ce spre vest și sud au fost construite fortificațiile traco-getice. Generații de alunecări vechi și unele recente au apărut pe cornișele relict, dar litologia dură a permis păstrarea platoului.

Cetatea traco-getică dublă, construită în patru faze (Florescu și Florescu, 2012; Niculiță ș.a., 2016a; Niculiță și Mărgărint, 2018) pe Dl. Șanțurilor, a utilizat un platou structural, bordat de cornișe



relicte reactivat de generații de alunecări vechi (**Figura 62**). Alunecări recente, mai ales pe versantul vestic au distrus zona de contact a celor două sisteme de val cu șanț, pe fondul drenării de către șanț a apelor pluviale, dar nu este exclus ca a doua cetate (cea sudică, locuite ulterior celei nordice) să fi fost construită pentru că prima a fost afectată de alunecări. Părerea noastră este că terminarea valului de pământ cu șanț perpendicular pe cornișă este semnul că zona a alunecat, pe când existența unei mici curburi a valului și șanțului la intersecția cu cornișa este semnul unei amenajări intenționate în acest fel, pentru racord cu palisada din zona de cornișă relictă.



**Figura 61. Alunecări și arheologie în situl 5 – Cotnari, Dealul Cătălina (Niculiță ș.a., 2016a).**

Fortificația cucuteniană de la Băiceni-Cetățuie (**Petrescu-Dîmbovița și Văleanu, 2004; Văleanu, 2003**), locuită până în perioada traco-getică, este așezată pe un promontoriu al Dl. Laiu, separat de platoul principal, de adâncirea unei ravene, în cornișa unei alunecări relictă (**Niculiță ș.a., 2016a; Niculiță și Mărgărint, 2018**), complexe, posibil de vârstă Lateglacial (**Figura 63**). Incizia ravenei este Holocenă și a creat în cornișa relictă afectată de reactivări, promontoriul care a trebuit apărat doar spre contactul cu zona de platou. Nu este exclus ca partea sudică a promontoriului să se fi retras ulterior locuirii, datorită eroziunii malului ravenei. Vârsta Lateglacial sau chiar mai veche a alunecării este indicată și de existența unei așezări cucuteniene pe corpul alunecării (Dâmbul Morii), astfel că



adâncirea post LGM a râului Recea a determinat declanșarea mecanismului retrogresiv, care a dus prin evoluția ulterioară la retragerea cornișei și individualizarea ei la nivelul calcarelor oolitice de Hârlău.

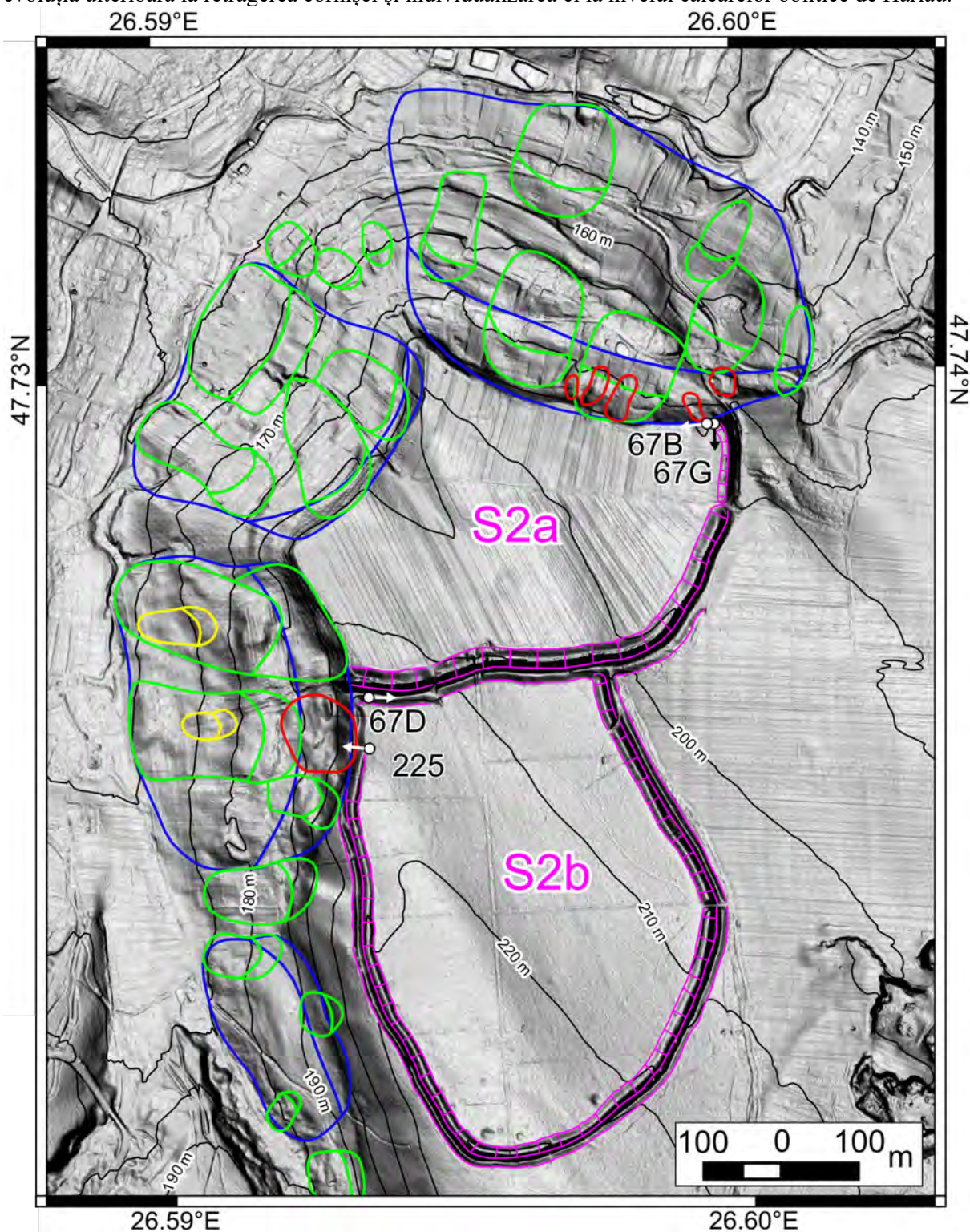
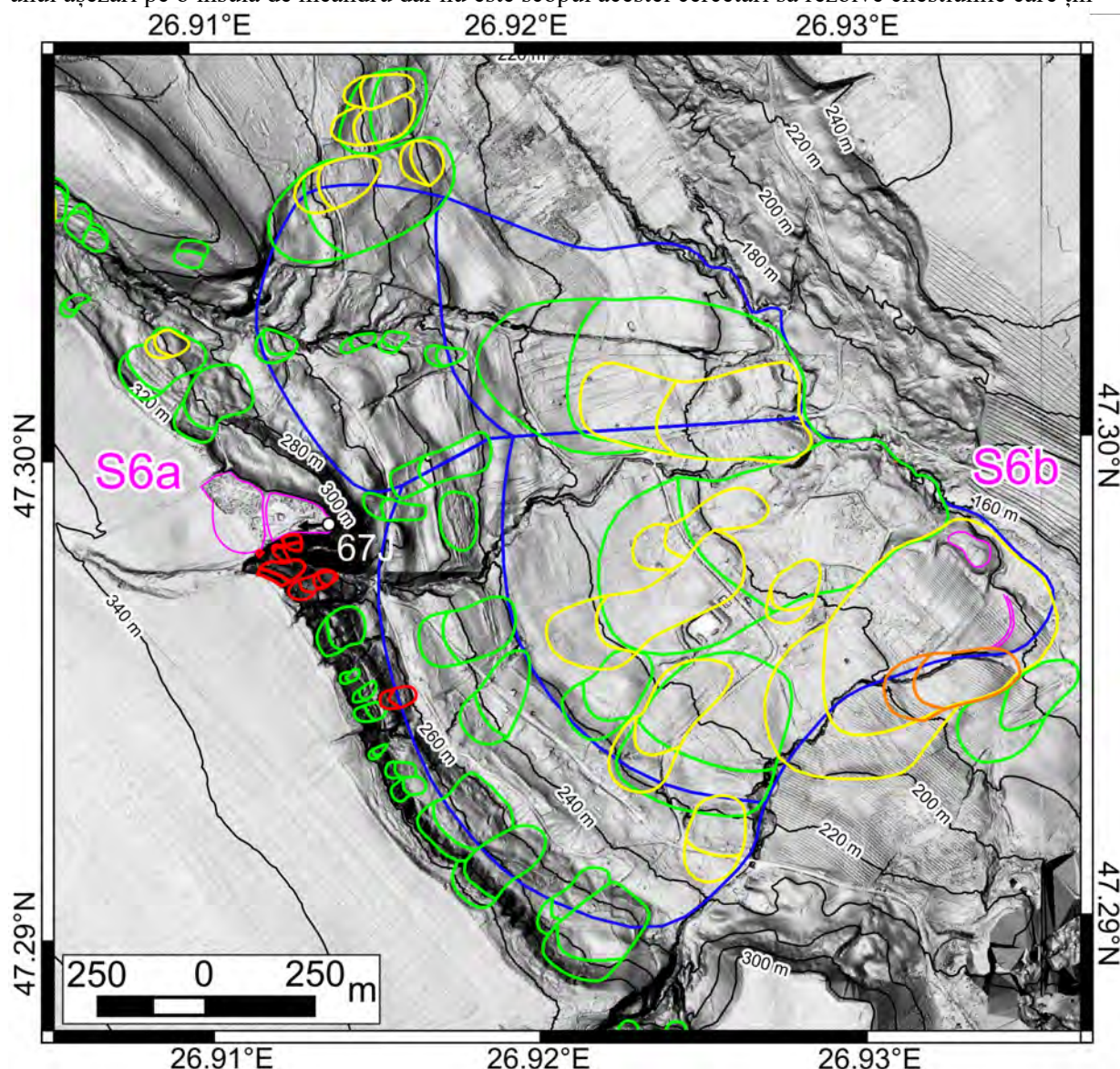


Figura 62. Alunecări și arheologie în situl 2 – Stâncești (Niculiță ș.a., 2016a).

Situl Costești-Cier/Lângă școală (Boghian ș.a., 2014) este unul foarte important, deși nefortificat în perioada cucuteniană, este poziționat pe cea mai veche alunecare din Podișul Moldovei, alunecare fosilă. Vârsta Pleistocen superioară a fost intuită (Niculiță ș.a., 2016a,b; Niculiță și Mărgărint, 2018), luând în considerare contextul geomorfologic al așezării cucuteniene și a putut fi



dovedită în cadrul prezentei abordări. Situația este mult mai complicată, decât interpretarea simplistă a unui așezări pe o insulă de meandru dar nu este scopul acestei cercetări să rezolve chestiunile care țin



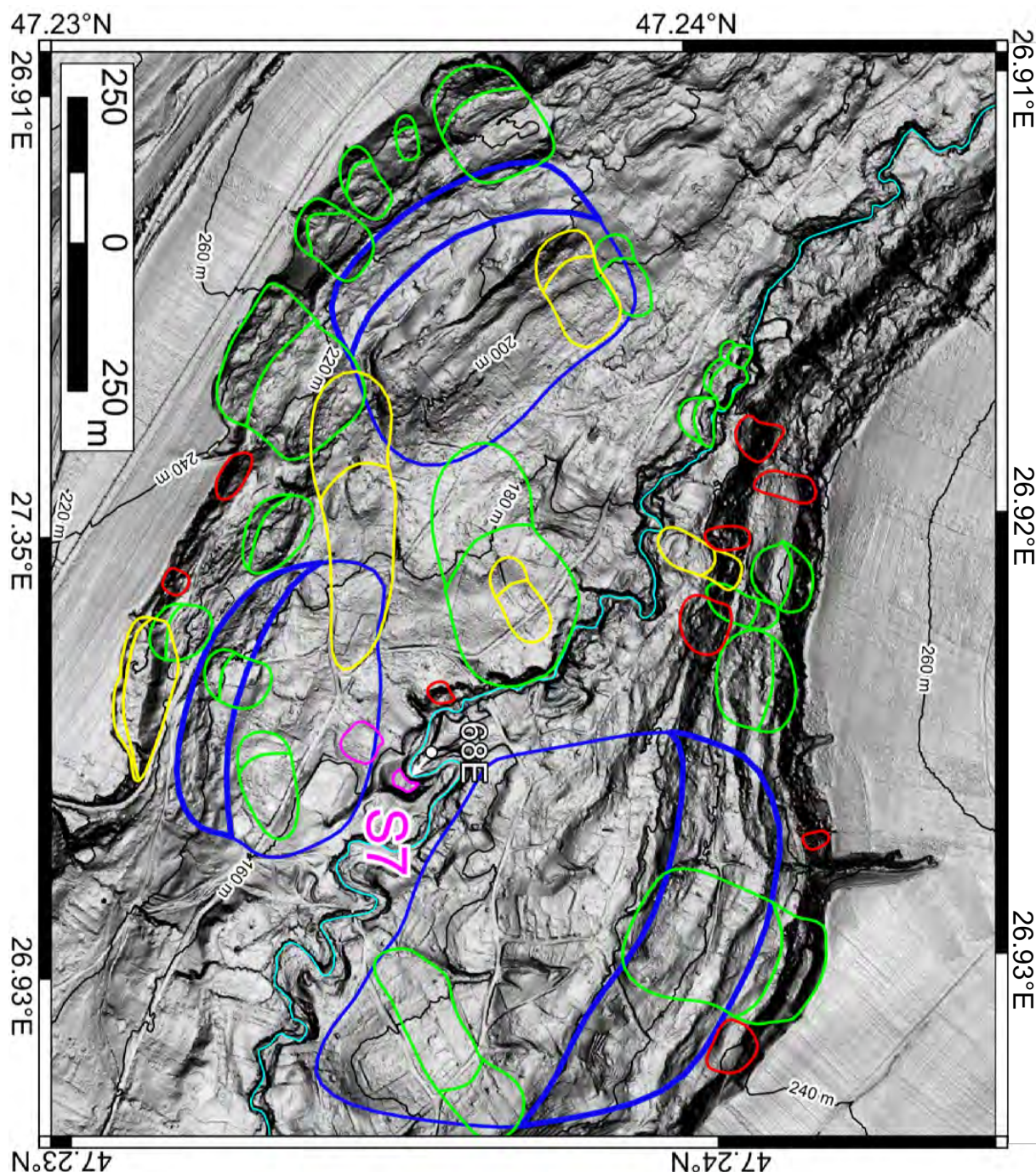
**Figura 63. Alunecări și arheologie în situl 6 – Băiceni, Cetățuie (Niculiță ș.a., 2016a).**

mai mult de evoluția rețelei hidrografice decât de alunecările de teren. Cu toate acestea, merită a fi menționat faptul că incizia Bahluiețului în zona Dealu Mare Hârlău este mai veche de MIS<sup>1</sup> 3, dacă ținem cont de vârsta terasei acestuia de la Costești. Astfel depunerea terasei Bahluiețului care fosilizează depozitele de alunecare a fost în MIS 3-MIS 2, după care, post LGM, adică în MIS 1 (Holocen) a avut loc incizia albiei actuale. Situl Cier/Lângă școală (**Figura 64**) a fost cel mai probabil un sit cucutenian de terasă, care avea imediat în aval un prag morfologic, deoarece aval de alunecarea fosilizată albia holocenă a Bahluiețului este depusă post-epoca Bronzului (a se vedea proba de datare Beta 518573 din **secțiunea 3**). Incizia este deci post-cucuteniană, și a dus cel mai probabil la fortificarea din perioada La Tène (**Boghian ș.a., 2014**). Datarea depozitelor de terasă (radiocarbon sau OSL<sup>2</sup>) din zona așezării cucuteniene, foraje și prospecțiunea geofizică sunt necesare pentru a releva evoluția fluvială a arealului. Alunecările de teren au continuat retrogresiv, concomitent cu depunerea terasei și cu incizia ei.

<sup>1</sup> MIS = Marine Isotopic Stage, perioade reci și calde din Cuaternar, deduse din datele privind izotopii oxigenului din sedimentele marine ale oceanelor arctice.

<sup>2</sup> OSL = Optically-Stimulated Luminescence, este o metodă de datare a ultimei îngropări a granulelor de cuarț, prin măsurarea dozei radiației ionizante acumulate de la acel timp în granulă.





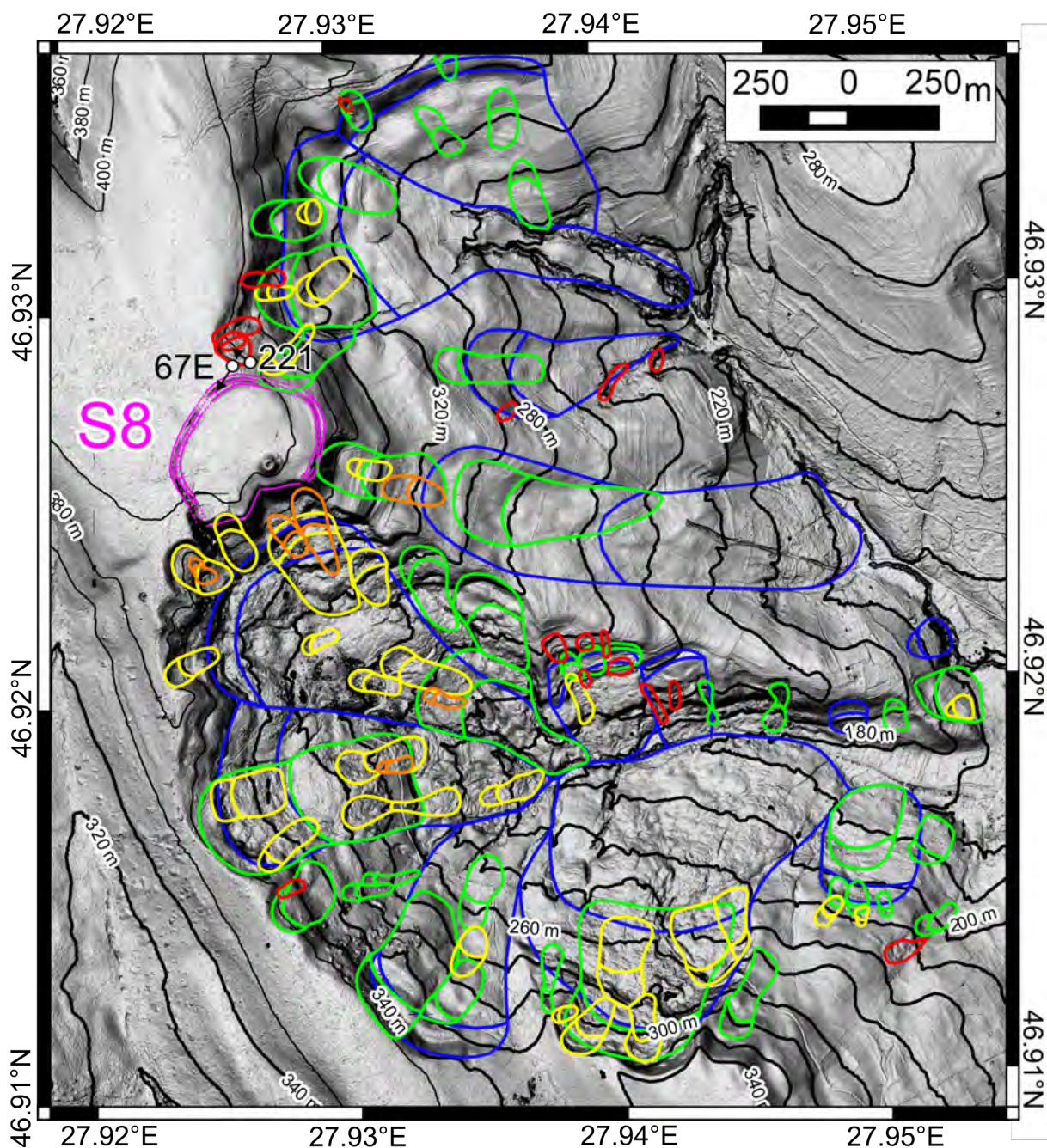
**Figura 64. Alunecări și arheologie în situl 7 – Costești, Cier (Niculiță ș.a., 2016a).**

Fortificația traco-getică de la Moșna (Florescu și Melinte, 1968; Florescu, 1971; Merlan, 2013) este poziționată la marginea platoului Dl. Crasna (Figura 65), unde partea superioară a versantului este o succesiune de cornișe ale unor alunecări relict, declanșate de incizia versanților de către râul Moșna și afluentul său râul Cetății. Diverse generații de alunecări vechi și alunecări recente au apărut pe aceste cornișe, cele mai active fiind cele de pe partea sudică și cea nordică. Pe rama sudică, cetatea nu are val cu șanț, aici existând o treaptă cel mai probabil antropică și nu de rocă, pe care este posibil să fi fost amenajată palisada. Acest detaliu nu a fost surprins de arheologi, dar este evident atât pe MNT LIDAR cât și pe teren. Drenajul apelor meteorice pe șanț a dus și la formarea unei ravene pe rama sudică.

Cetatea traco-getică Poiana Mănăstirii – Între Șanțuri (Berzovan ș.a., 2017) este localizată la marginea sud-vestică a Dl. Teilor/Șanțurilor (Figura 66), pe un promontoriu slab înclinat, între cornișa versantului vestic și ravina Poiana Mănăstirii (Niculiță și Mărgărint, 2018). Cornișa din partea vestică



a Dl. Șanțurilor este legată de alunecări relict care au expus rocile Formațiunii de Repedea (**Niculiță ș.a., 2016a**).

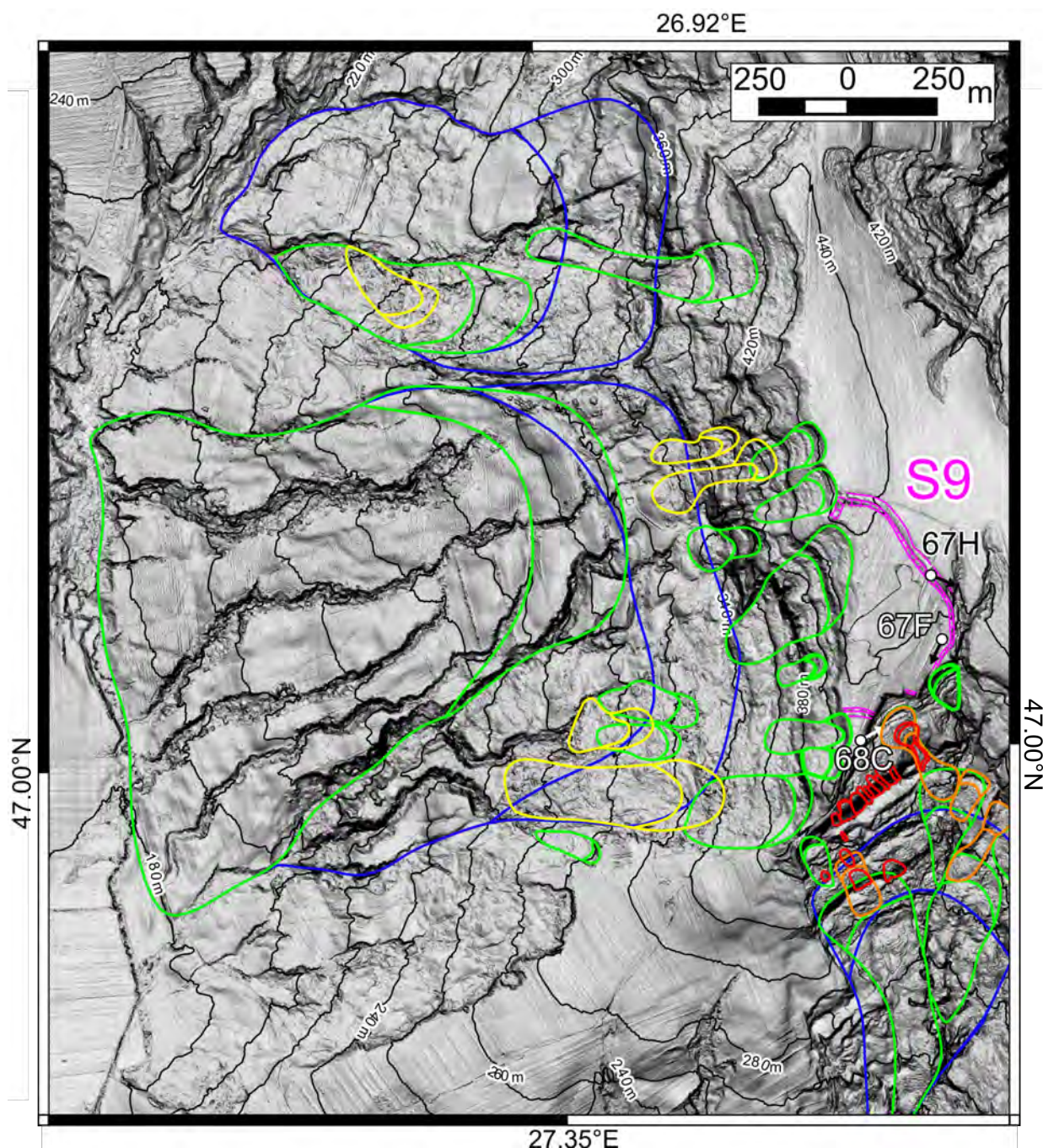


**Figura 65. Alunecări și arheologie în situl 8 – Moșna, Cetățuia (Niculiță ș.a., 2016a).**

Partea sudică a fortificației a fost afectată de reactivări vechi și recente declanșate de adâncirea ravenei Poiana Mănăstirii, mai ales după defrișarea pădurii din această zonă (după 1984). În partea vestică a sitului, nu credem că a existat val de pământ cu șanț, așa cum arată **Berzovan ș.a. (2017)** deoarece amplasarea cornișei a fost de ajuns să protejeze fortificația cu ajutorul unei palisade. În favoarea acestei idei, se poate observa că valul se mulează la capătul său vestic pe curbura unei cornișe, care exista la momentul construcției fortificației.

Cetatea medievală Fundu Herții (**Petrescu-Dâmbovița și Teodor, 1987**) și așezarea sa anterior calcolitică au folosit un vârf de creastă secundară ale cărei margini erau delimitate de alunecări de teren (**Figura 70**). Alunecările de teren recente (post-medievale) au afectat partea de nord-est a cetății, retragerea cornișelor fiind estimată la 30-40 m.





**Figura 66. Alunecări și arheologie în situl 9 - Poiana Mănăstirii, Între Șanțuri (Niculiță ș.a., 2016a).**

Cetatea medievală La Pisc (Petrescu-Dâmbovița și Teodor, 1987) a folosit platoul plat creat de incizia râurilor. Incizia râului a declanșat, de asemenea, retragerea versanților prin diferite generații de alunecări de teren vechi. Alunecările de teren recente (post-medievale) au afectat partea de nord-est a cetății, retragerea cornișelor alunecărilor fiind estimată la 30-50 m (Figura 69). Situl Berezna are o morfologie similară indusă de alunecări de teren, cu diferența că vechea generație de alunecări de teren a afectat în principal zona din jurul confluenței râurilor și nu marginile cetății traco-getice, care nu este afectată de alunecările de teren recente.

Situl Corlăteni (Nestor ș.a., 1950, 1951) este un caz interesant de alunecări de teren din perioada post-romană (Figura 72). La baza dealului există o așezare care a fost populată în perioadele calcolitică și post-romană (Fig. 2d). Movila tumul, construită de populațiile epocii bronzului a fost afectată de alunecări de teren recente, probabil după 2350-2250 BP. Cetățuia medievală construită pe platou este



situată la o distanță sigură (240 m) de marginile versantului, care erau afectate de alunecări de teren în acel moment.



**Figura 67. Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării inventarului și topografiei arheologice (Niculiță ș.a., 2016a).**

Situl Todirești (**Figura 76**) este un exemplu de cetate traco-getică distrusă aproape în întregime de alunecările de teren vechi și recente, care foloseau un vârf de deal plat delimitat de cornișe generate



de alunecări de teren foarte vechi. Prin analiza secțiunilor transversale topografice pe MNT LiDAR, retragerea platoului este estimată a fi între 60 și 150 m.

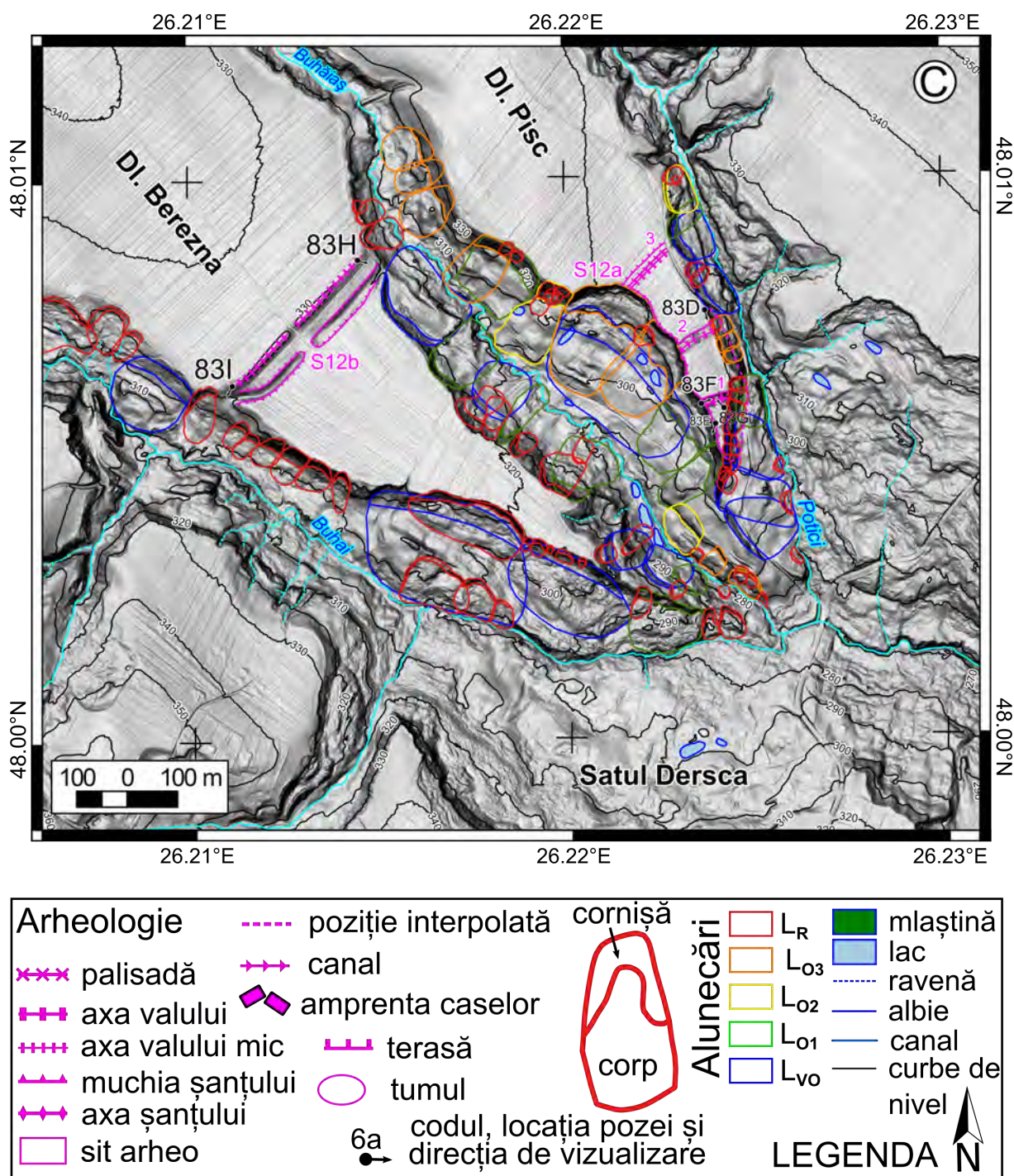


**Figura 68. Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2016a): A – depozit arheologic, T – terasă, S – silit compactat, G – calcarenite.**

Horodiștea este un site (Zaharia ș.a., 1970; Ștefan, 1990) unde alunecările de teren relict au creat cornișe care permiteau protecția naturală de-a lungul marginii sudice a cetății Cătălina. Flancul



vestic al cetății a fost protejat de zidul și sistemul de șanțuri Horodiștea, construit la baza versantului dealului Cătălina.

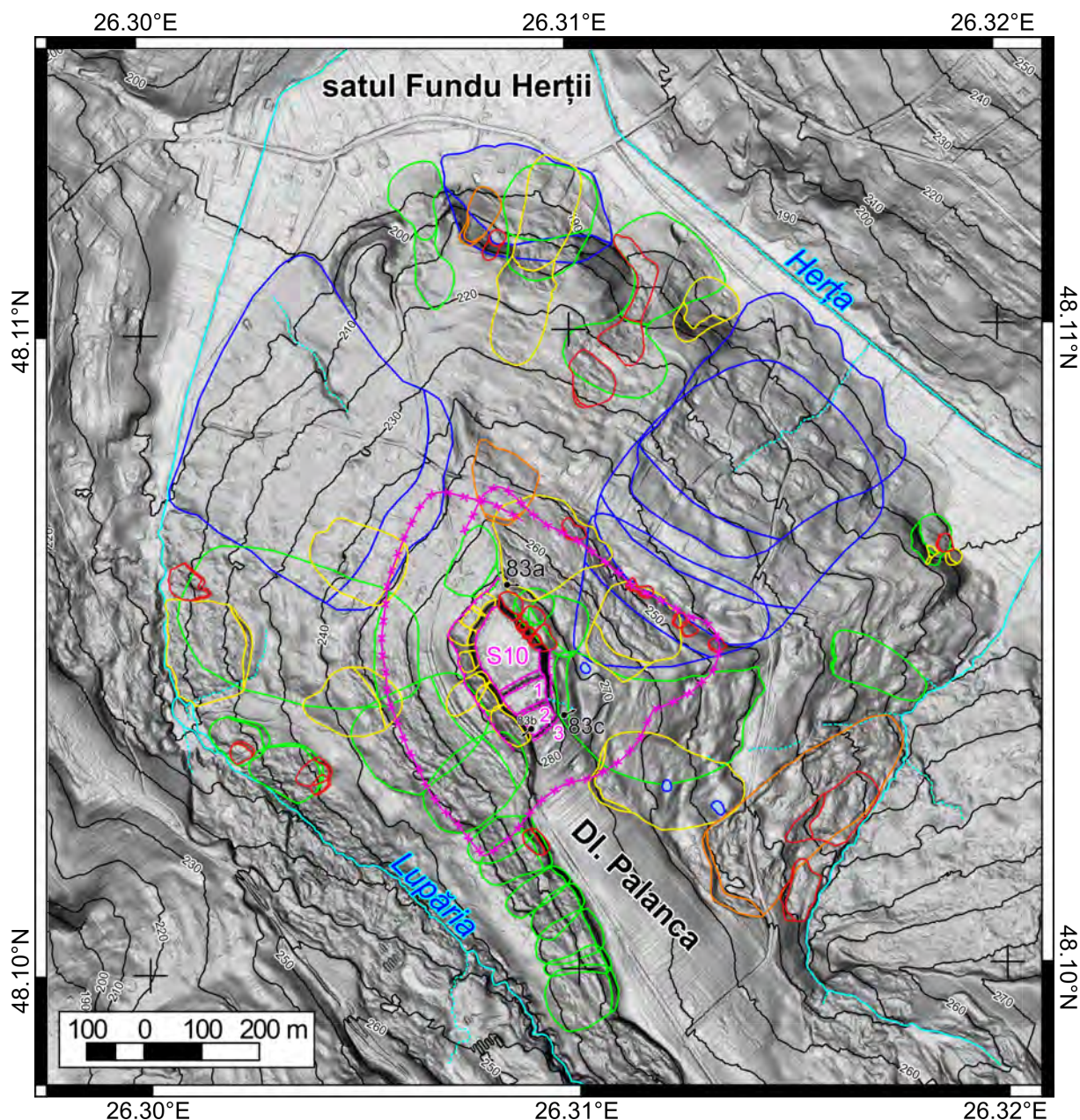


**Figura 69. Alunecări și arheologie în siturile S12a – Dersca, La Pisc și 12b – Dersca, Berezna (Niculiță ș.a., 2019).**

Așezarea calcolitică Filiași - Dealul Boghiului (Tafrali, 1937) a folosit creasta secundară îngustă și relativ plană pentru găzduirea așezării. Partea superioară a versanților estici și vestici ai acestui deal secundar sunt cornișe ale unor alunecări de teren vechi, care au creat protecție naturală pentru așezare. Alunecările de teren vechi și recente au distrus o parte a așezării, în special în partea de nord-est. Estimăm că retragerea liniară a cornișelor aici a fost între 30 și 60 m, în timp ce în partea de sud-est retragerea a fost estimată a fi sub 30 m. Marginea nordică a platoului are tranșee ale armatei care au fost



identificate pe imagini aeriene (preluate în 1959) și care erau la 5-10 m față de cornișă. O alunecare de teren recentă care a avut loc undeva între 1945 și 1959 a afectat această zonă (**Figura 74**).



**Figura 70. Alunecări și arheologie în situl 10 - Fundul Herții, La Redută (Niculiță ș.a., 2019).**

Așezarea calcolitică fortificată de la Hăbășești (**Figura 75**) este situată pe un platou relativ plan, dreptunghiulară delimitată de cornișele unor alunecări de teren relicte. Cornișa estică s-a reactivat în 1930-1931 (**Dumitrescu, 1954**) și prezintă mecanism rotațional și de extensie.

Situl Pocreaca (**Iconomu, 1996**) este similar cu siturile calcolitice studiate în 2016 (**Niculiță ș.a., 2016a**), aici așezarea calcolitică și cetatea traco-getică au folosit un platou delimitat pe trei laturi de cornișele unor alunecări relicte (**Figura 82**). Cornișele de pe flancul sudic s-au reactivat fiind afectate de alunecări vechi și recente, generând o retragere a platoului de aproximativ 20 până la 60 m (mai ales cetatea traco-getică).

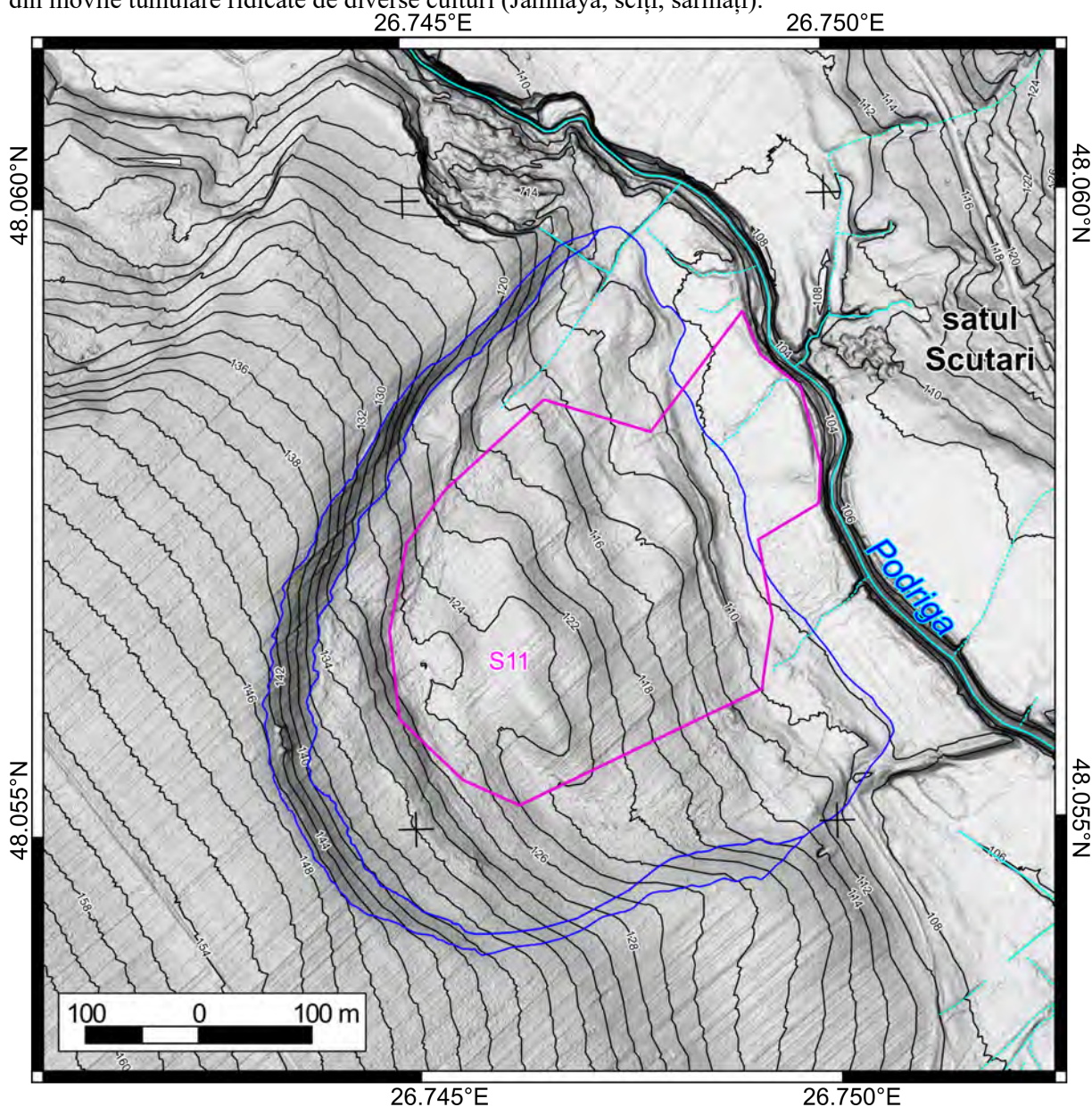
Siturile Crețești (**Florescu și Melinte, 1971**) și Vladnic sunt locații de versant, fiind favorizate de alunecări de teren relicte și fiind afectate de reactivări vechi și recente. Pentru Crețești, culmea secundară, în pantă este protejată de un val, închiderea cetății fiind dată de palisade care au fost



construite pe traseul unei trepte amenajate, și care este afectată de o alunecare de teren veche, la capătul din aval. Pentru Vladnic, șanțul și valul protejează față de versant o treaptă aflată la baza sa, și care spre albia râului Cetății este protejată natural de malul aproape vertical al râului. Partea dinspre râu a fost protejată de o palisadă construită pe traseul unei trepte. Două alunecări recente au început să consume (**Figura 11**) interiorul cetății, având o rată de proces destul de mare (**Figura 81** reprezintă situația din 2012, iar **Figura 11** situația din 2019).

Situl Scutari (**Crîșmaru, 1979**) este o așezare deschisă din perioada Cucuteni situată pe un corp de alunecare de teren relict, similar cu situl Băiceni (**Niculiță ș.a., 2016a**).

Pe lângă cetăți, culmile dealurilor au găzduit, de asemenea, locația unor cimitire, care constau din movile tumulare ridicate de diverse culturi (Jamnaya, sciți, sarmați).



**Figura 71. Alunecări și arheologie în situl 11 – Scutari, Ghețarie (Niculiță ș.a., 2019).**

Majoritatea tumulilor din Dealurile Jijiei sunt situate pe creste (Corlăteni - **Nestor ș.a., 1951**; Movila Carului din Șuletea - **Cihodaru ș.a., 1951**), dar există și cazuri de tumuli situați pe versanți (La Stadole - **Nestor ș.a., 1950**), terase fluviale inferioare (Valea Lupului - **Nestor ș.a., 1951**) și pe albiile majore (Glăvăneștii Vechi - **Nestor ș.a., 1950**). Majoritatea acestor tumuli sunt morminte Yamnaya (**Nestor ș.a., 1950, 1951; Cihodaru ș.a., 1951; Moscalu, 1989**), doar câteva fiind de origine sarmatică (**Nestor și colab., 1950**). În partea de nord a zonei studiate, la Glăvăneștii Vechi (**Nestor ș.a., 1951**),



Trușești (**Petrescu-Dîmbovița ș.a., 1952**) sau Roma (**Buzdugan și Alexoaie, 1989; Moscalu, 1989**) tumulii vechi (probabil Yamnaya) au fost folosiți pentru înmormântări în perioadele ulterioare, inclusiv în perioadele Hallstatt, sarmatică (1850-1650 ani) sau turanică (950-650 ani).

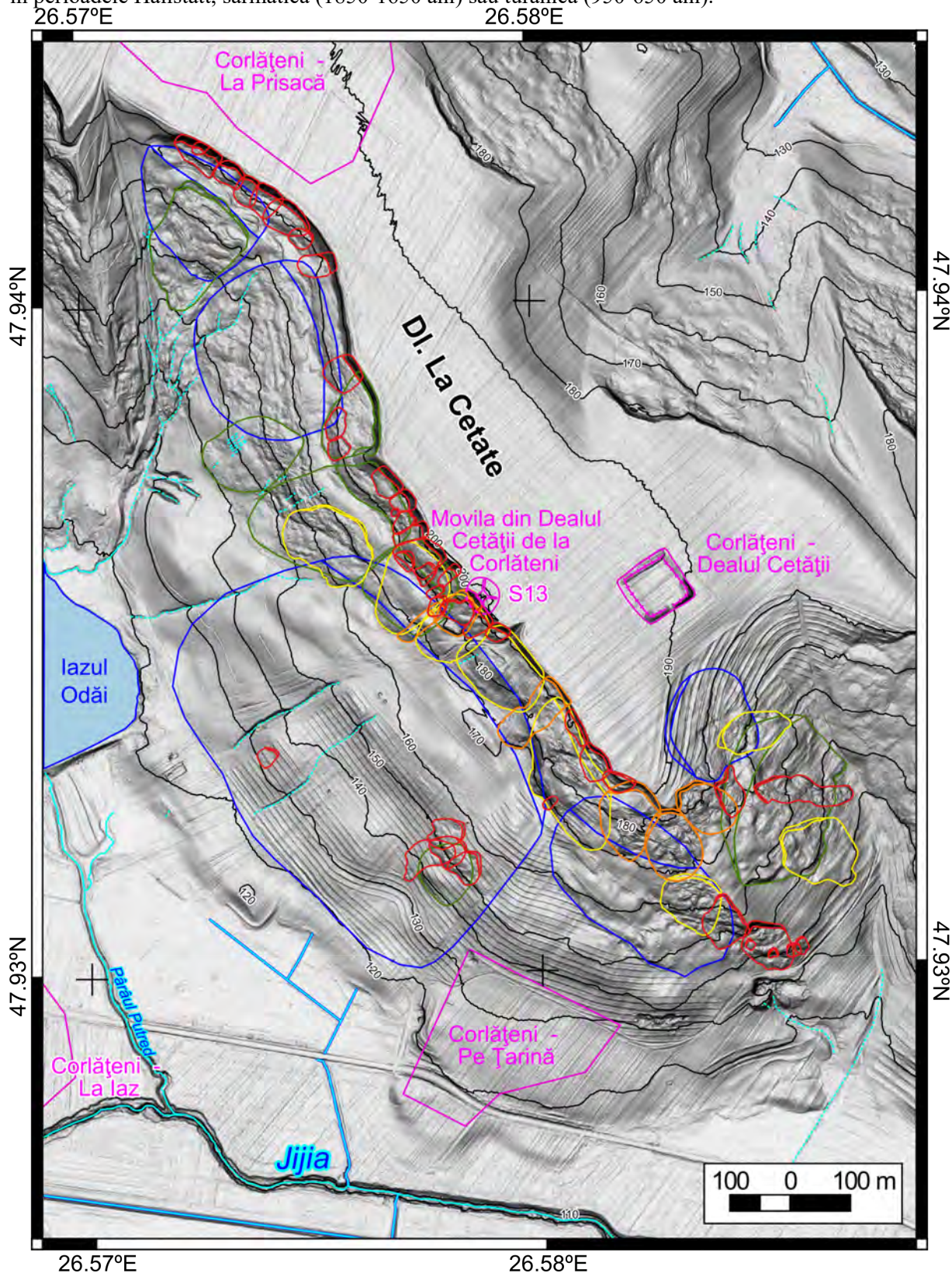


Figura 72. Alunecări și arheologie în situl 13 – Corlăteni, Movila Cetății (**Niculiță ș.a., 2019c**).



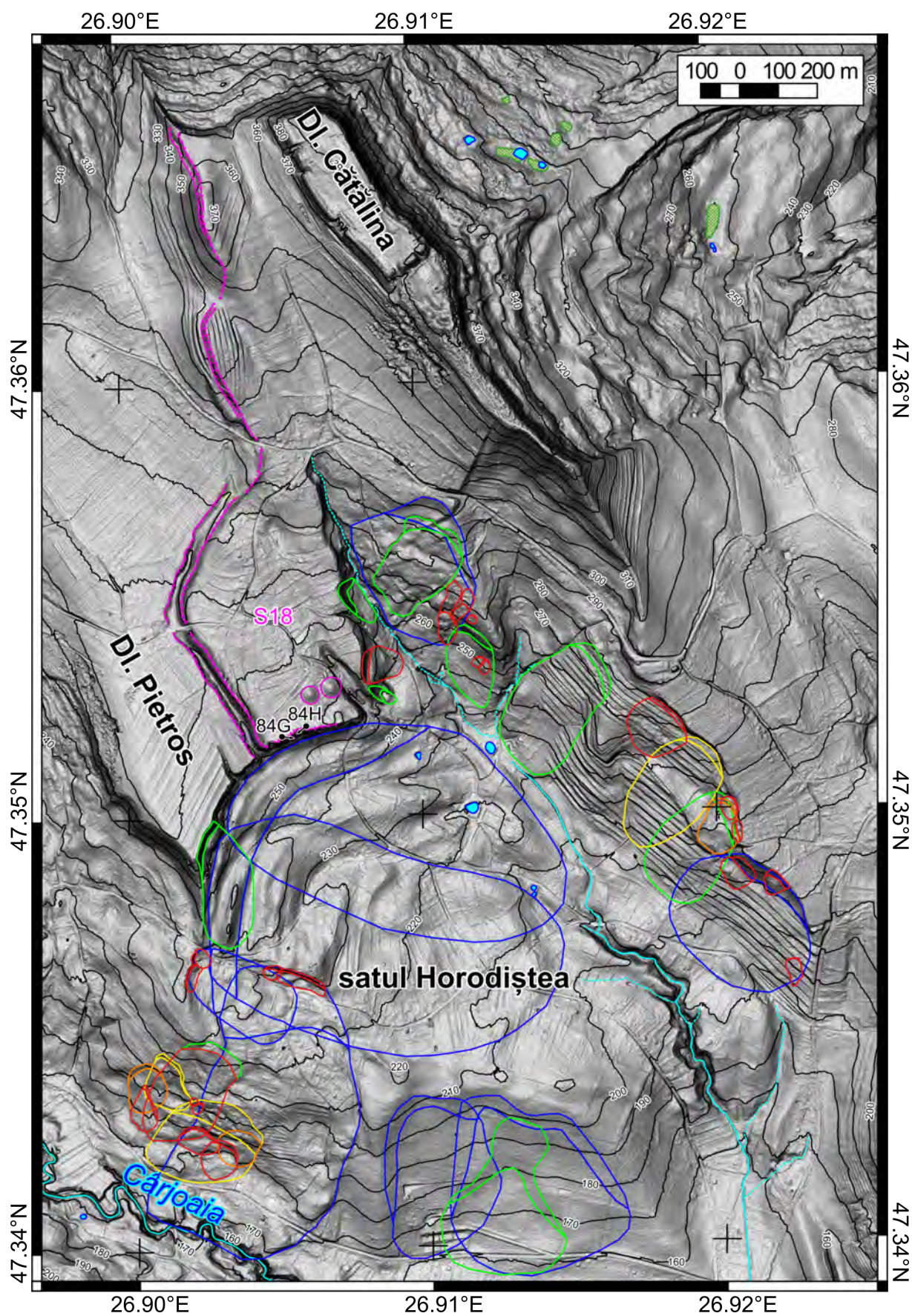


Figura 73. Alunecări și arheologie în situl 18 – Cotnari, Horodiștea (Niculiță ș.a., 2019c).



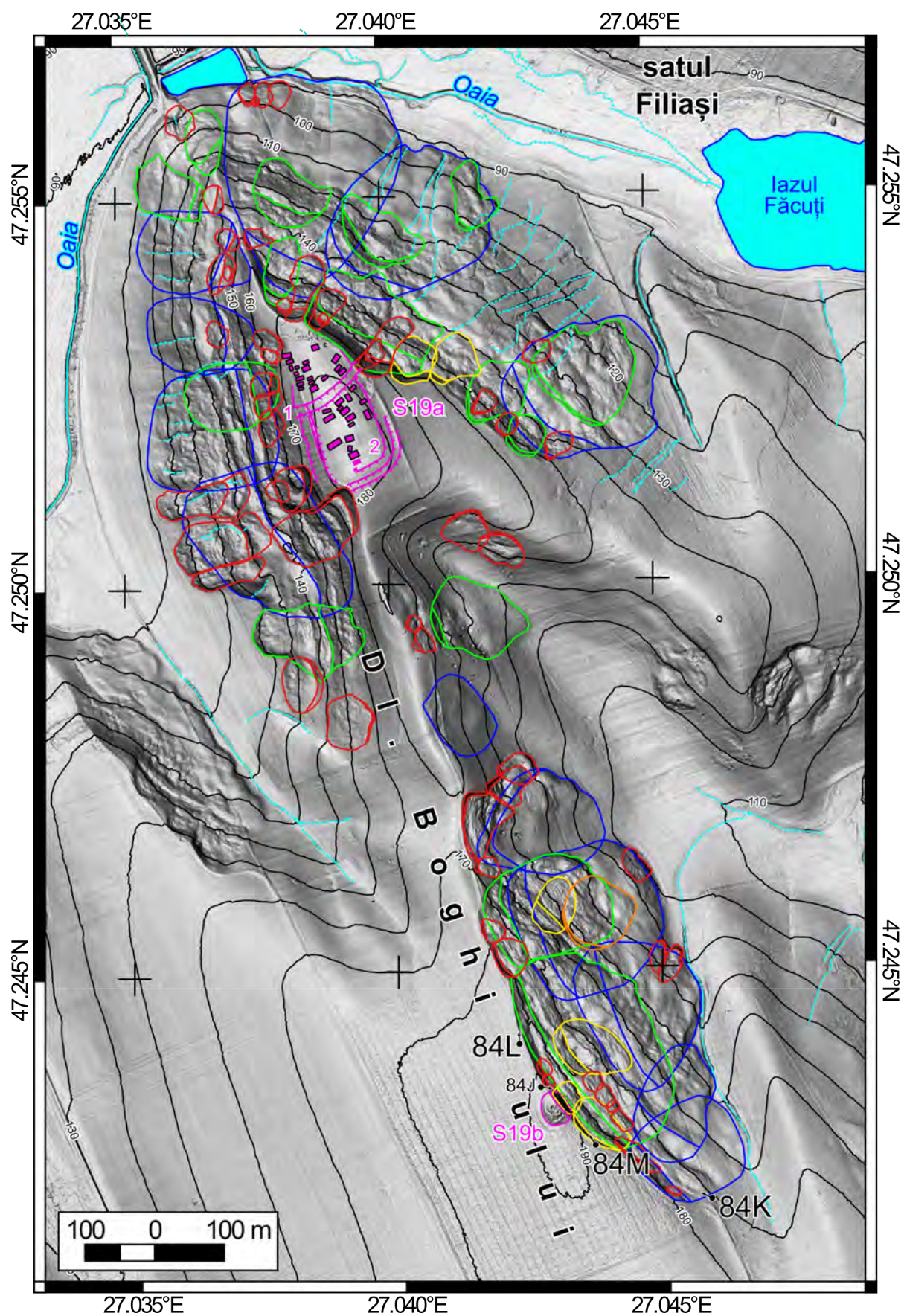
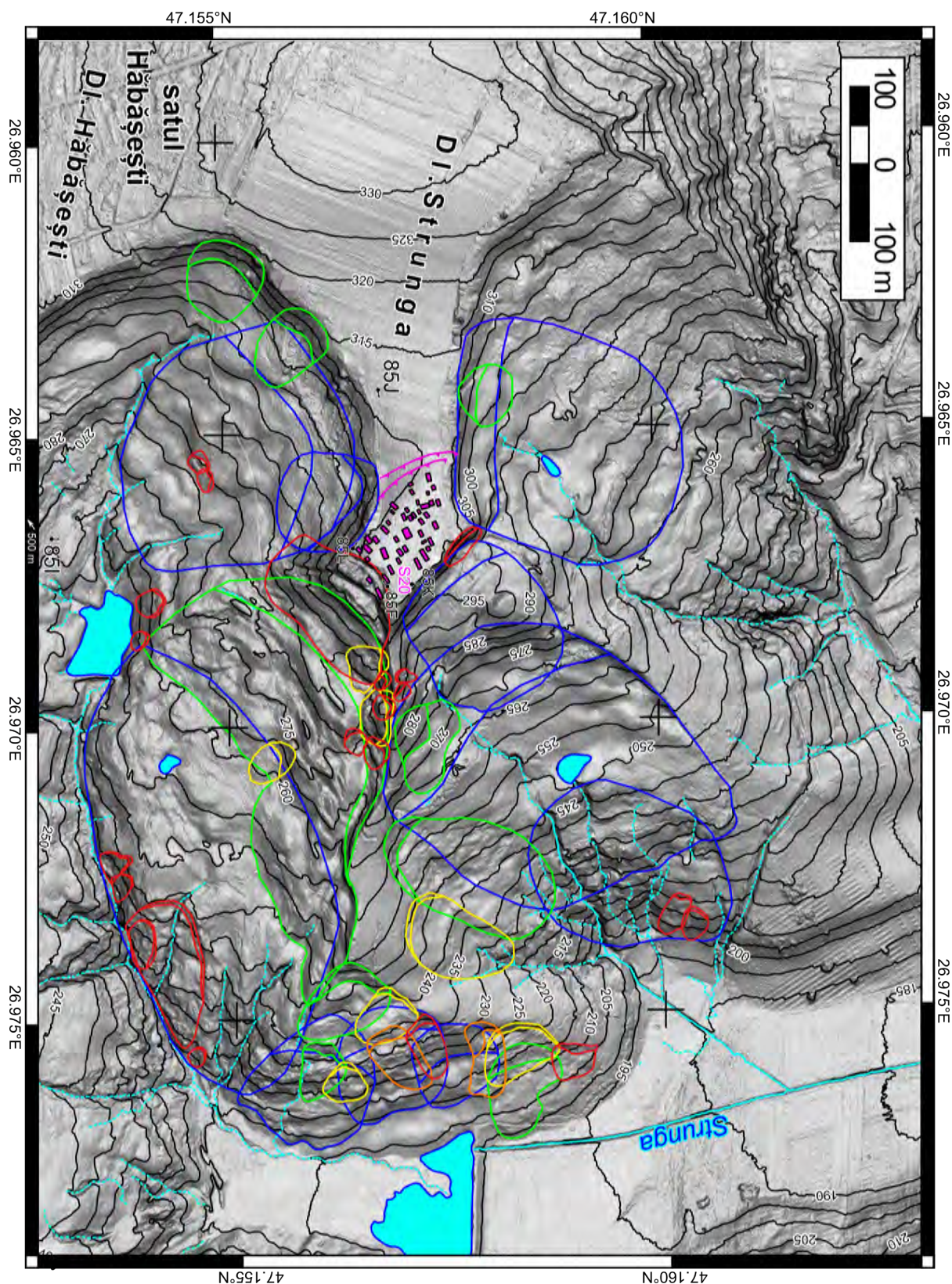


Figura 74. Alunecări și arheologie în situl 19a – Făcuți, Dealul Mare (Boghiului) (Niculiță ș.a., 2019c).



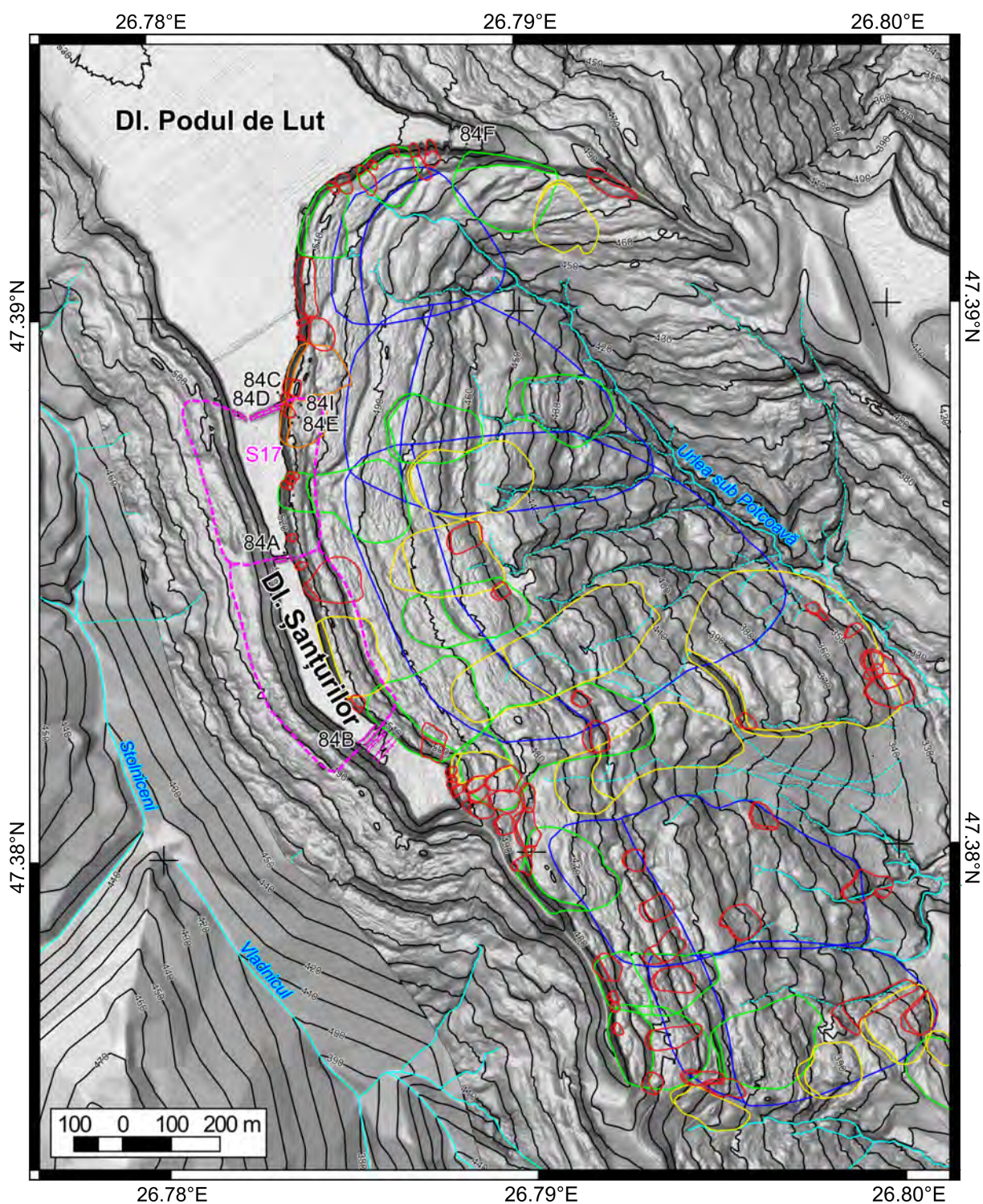


**Figura 75. Alunecări și arheologie în situl 20 – Hăbășești, la Siliște (Niculiță ș.a., 2019c).**

Pentru partea centrală și sudică a Podișului Moldovei, literatura arheologică a arătat că două perioade principale se caracterizează prin construcția de tumuli. Prima este perioada epocii bronzului când populațiile Jamnaya au construit movile funerare în zonele stepice din Eurasia și Europa de Est.



Movilele funerare Jamnaya, numite și Pit-Graves, apar în estul și sudul României. În timp ce în estul României nu există datări 14C, datele din sudul României ([Frînculeasa ș.a., 2015](#)) sau din alte părți ale Eurasiei ([Heyd, 2012](#)) au încadrat această cultură în perioada 5500 - 4400 ani. BP. În Podișul Moldovei, movilele tumulare Jamnaya sunt foarte dense mai ales în Dealurile Jijia.



**Figura 76. Alunecări și arheologie în situl 17 – Todirești, La Șanțuri ([Niculiță ș.a., 2019c](#)).**

A doua perioadă de construcție este 1850-1650 BP, când mai ales în partea centrală și sudică a Podișului Moldovei, triburile sarmatice au construit și movile funerare. În Dealurile Jijiei se pare că populațiile



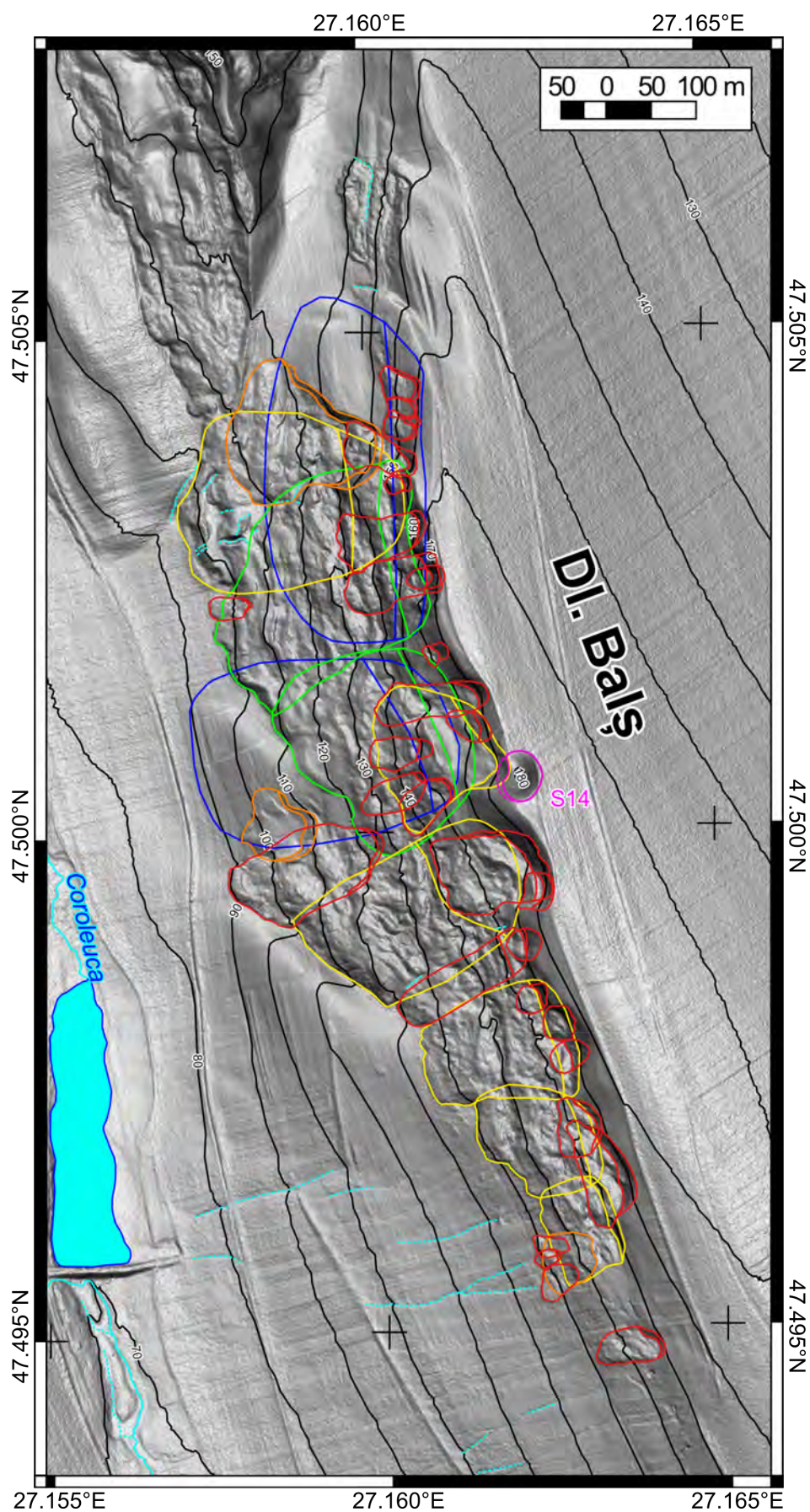


Figura 77. Alunecări și arheologie în situl 14 – Plugari, Movila Balș (Niculiță ș.a., 2019c).



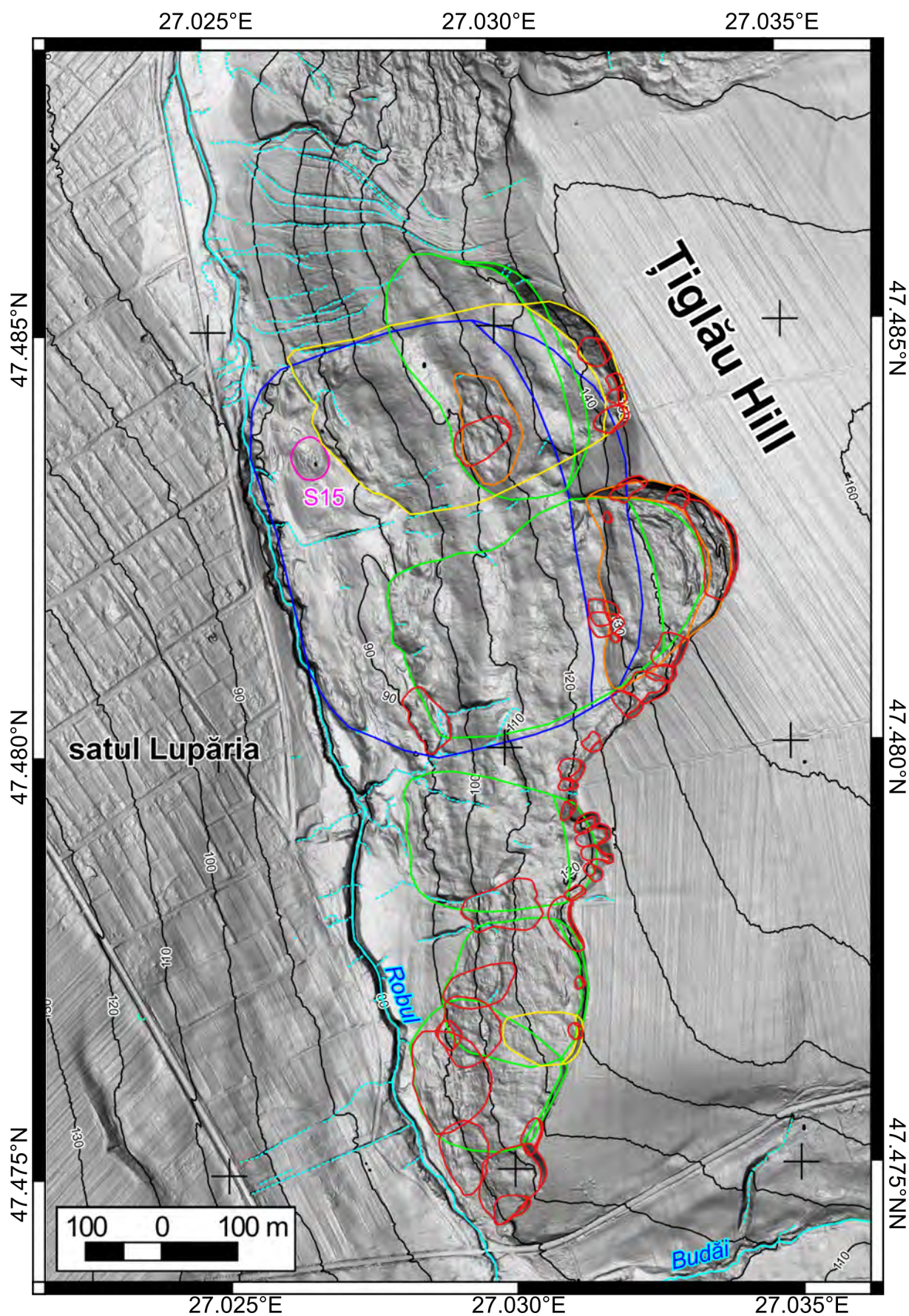
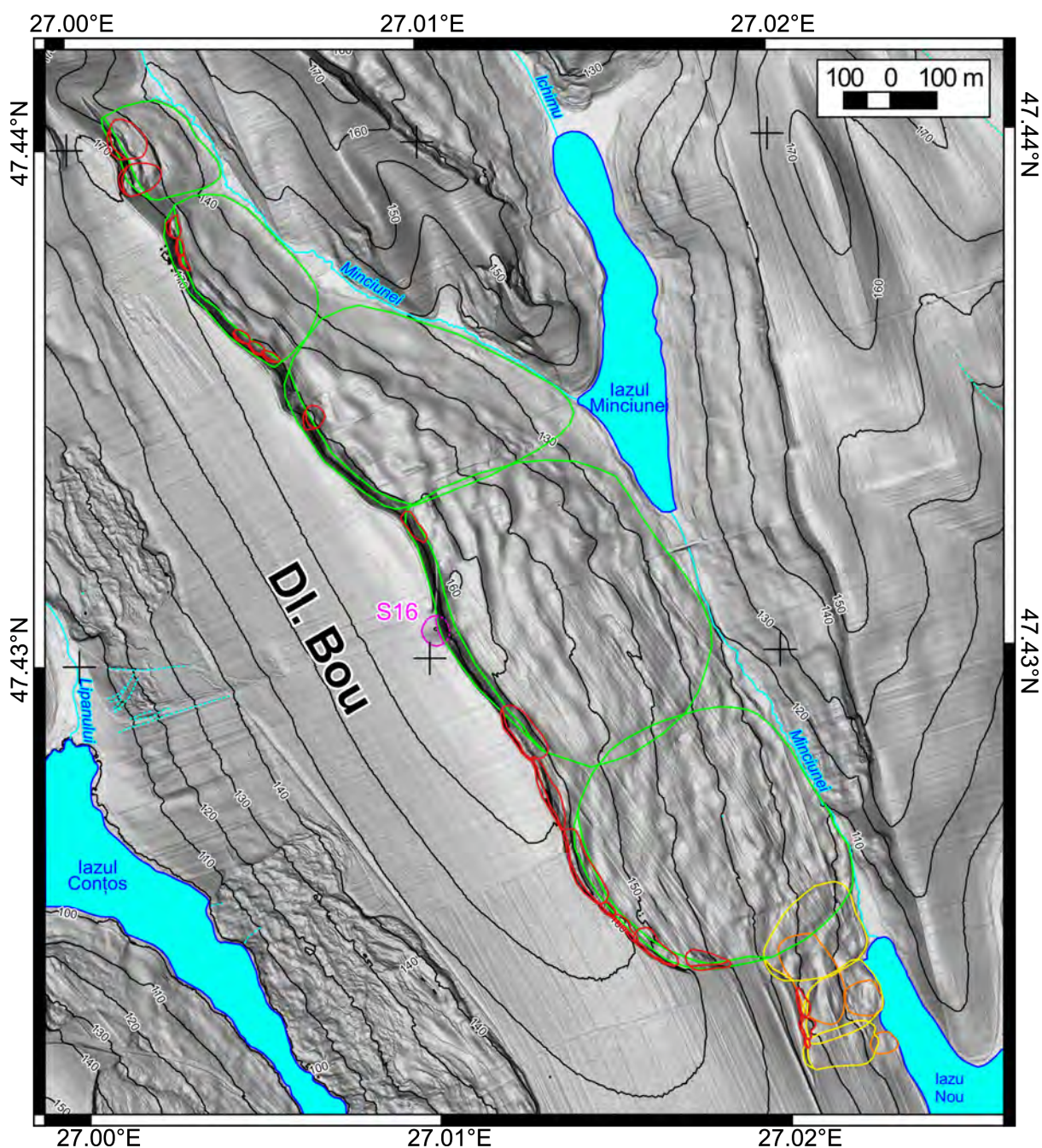


Figura 78. Alunecări și arheologie în situl 15 – Prăjeni, Movila Robului (Niculiță ș.a., 2019c).





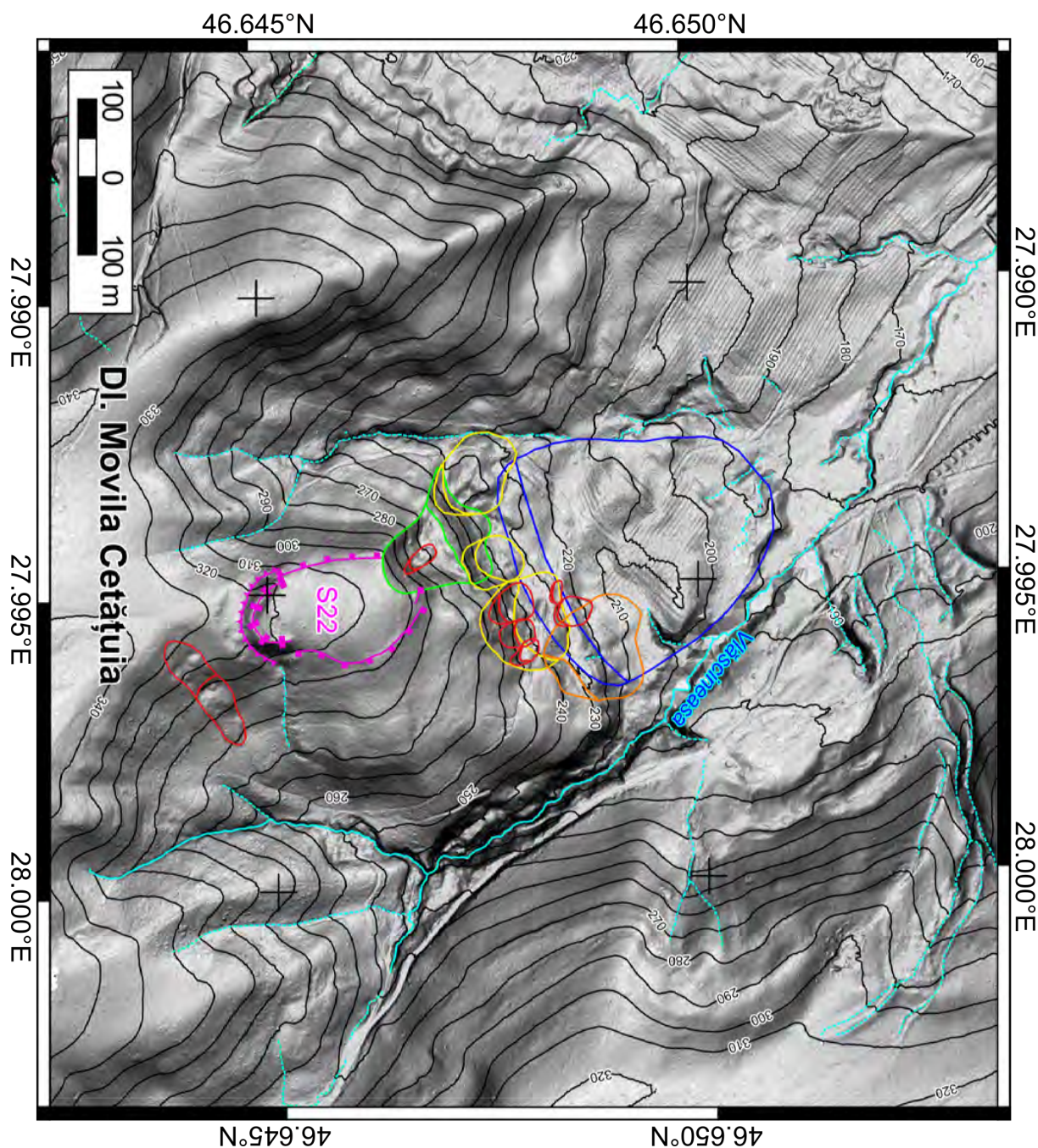
**Figura 79. Alunecări și arheologie în situl 16 – Coarnele Caprei, Movila Boului (Niculița ș.a., 2019c).**

sarmatice au refolosit în principal tumuli vechi Jamnaya, care erau foarte denși și ocupau cele mai favorabile creste și platouri (Șovan, 2016).

Majoritatea movilelor tumulare din epoca bronzului, de tip Jamnaya sunt situate pe vârfurile dealurilor, fie în punctul cel mai înalt sau aproape de marginea platoului, pentru a fi vizibile din zonele înconjurătoare. Deși netezite în topografia actuală, aceste movile sunt încă vizibile din zonele înconjurătoare. Faptul că aceste movile erau situate pe marginile platourilor, care erau bordate de alunecare de teren relict și vechi, arată că în perioada epocii bronzului acele cornișe erau inactivate. Faptul că aceste movile au fost folosite și în anii 1850-1650 BP de populațiile sarmatice pentru înmormântări ne arată că chiar și în acea perioadă acele locații au fost considerate sigure din punctul de vedere al alunecărilor de teren. Alunecările de teren vechi și recente care afectează aceste movile ar trebui considerate medievale și post-medievale. Cel mai informativ sit din acest punct de vedere este movila tumulară de la Corlăteni (Figura 72). Deoarece procesele de alunecare au afectat movila, susținem că



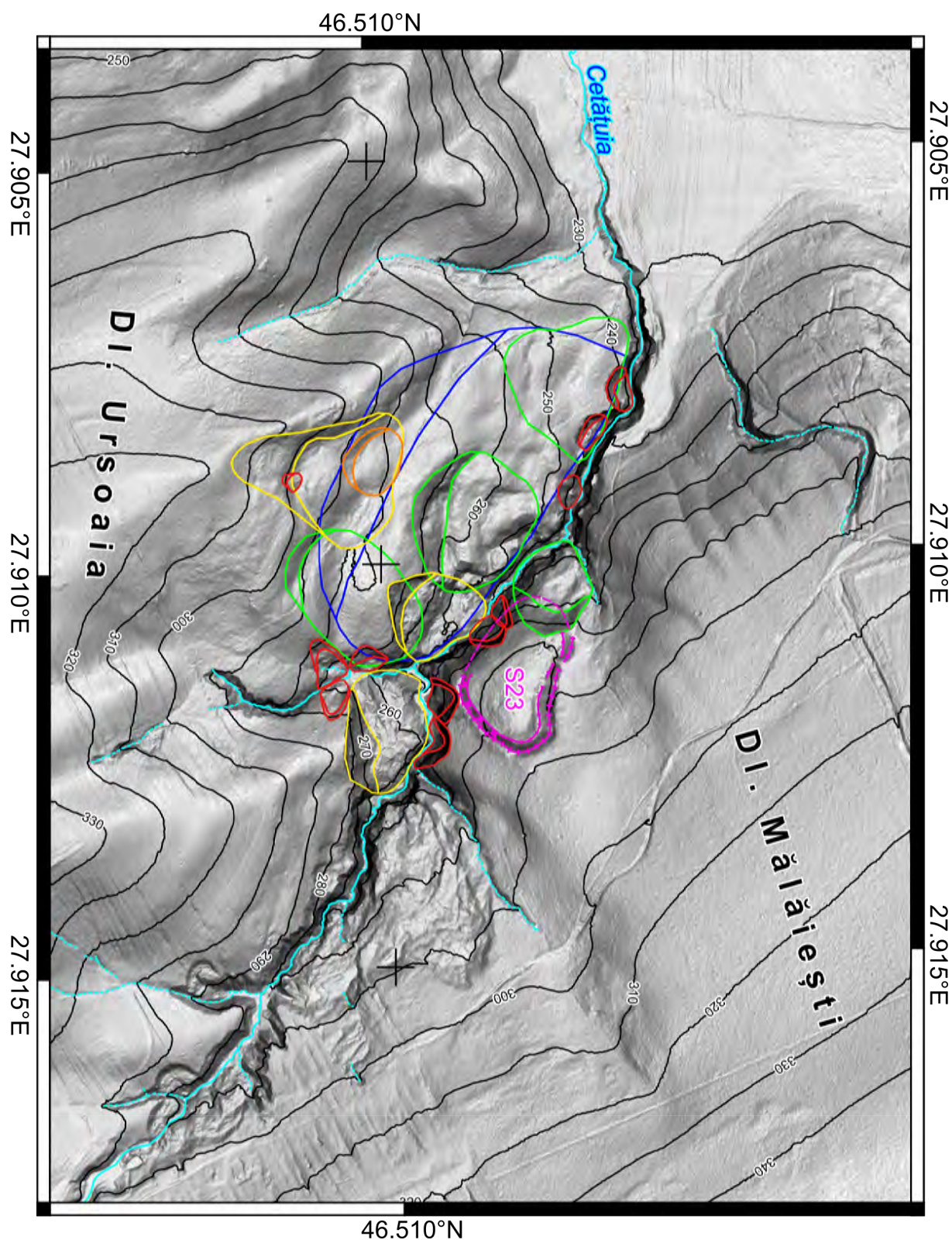
vechimea alunecării de teren este recentă, cu mult timp după construirea movilei Yamnaya. În același timp, din localizarea tumulilor reiese că movila Corlățeni a fost construită la o anumită distanță de marginea veche platoului și că prin mecanisme retrogresive, cornișa post-Yamnaya a avansat treptat. Analiza topografiei cornișei din această zonă arată o retrogresie maximă a cornișei de aproximativ 200 m.



**Figura 80. Alunecări și arheologie în situl 22 - Crețștii de Sus, Dealul Cetății (Niculiță ș.a., 2019c).**

Celelalte două situri cu movile de tumuli de la marginea platourilor afectate de alunecări de teren (Figura 74, Figura 77, Figura 78 și Figura 79) au avut alunecări de teren relict pe versanții dealurilor, dar în momentul construcției movilei, cornișele lor erau la o distanță sigură. Abia mai târziu, cornișele alunecărilor de teren s-au reactivat și au generat o retragere, afectând movilele. Movila Corlățeni (S13 - Movila din Dealul Cetății de la Corlățeni) este afectată de alunecări de teren vechi și





**Figura 81. Alunecări și arheologie în situl 23 - Vladnic (Niculiță ș.a., 2019c).**

recente care au generat o retragere a cornișei de aproximativ 200 m. Movila Balș (**Figura 77**) este afectată de alunecări de teren vechi care au generat o retragere a cornișelor de aproximativ 40-50 m. Movila Bou (**Figura 79**) este afectată de alunecări de teren vechi care au generat o retragere a cornișelor de aproximativ 180 m



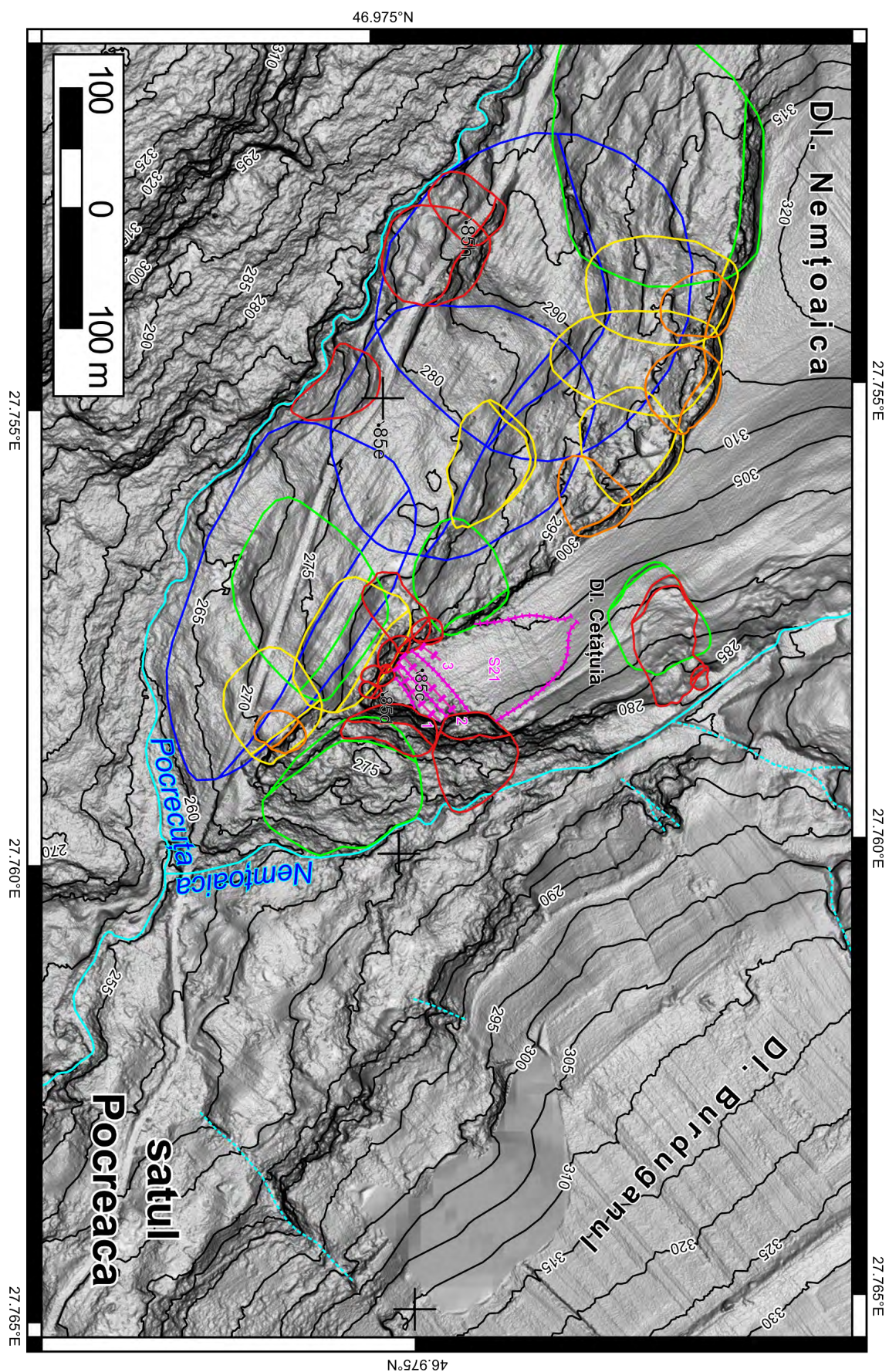
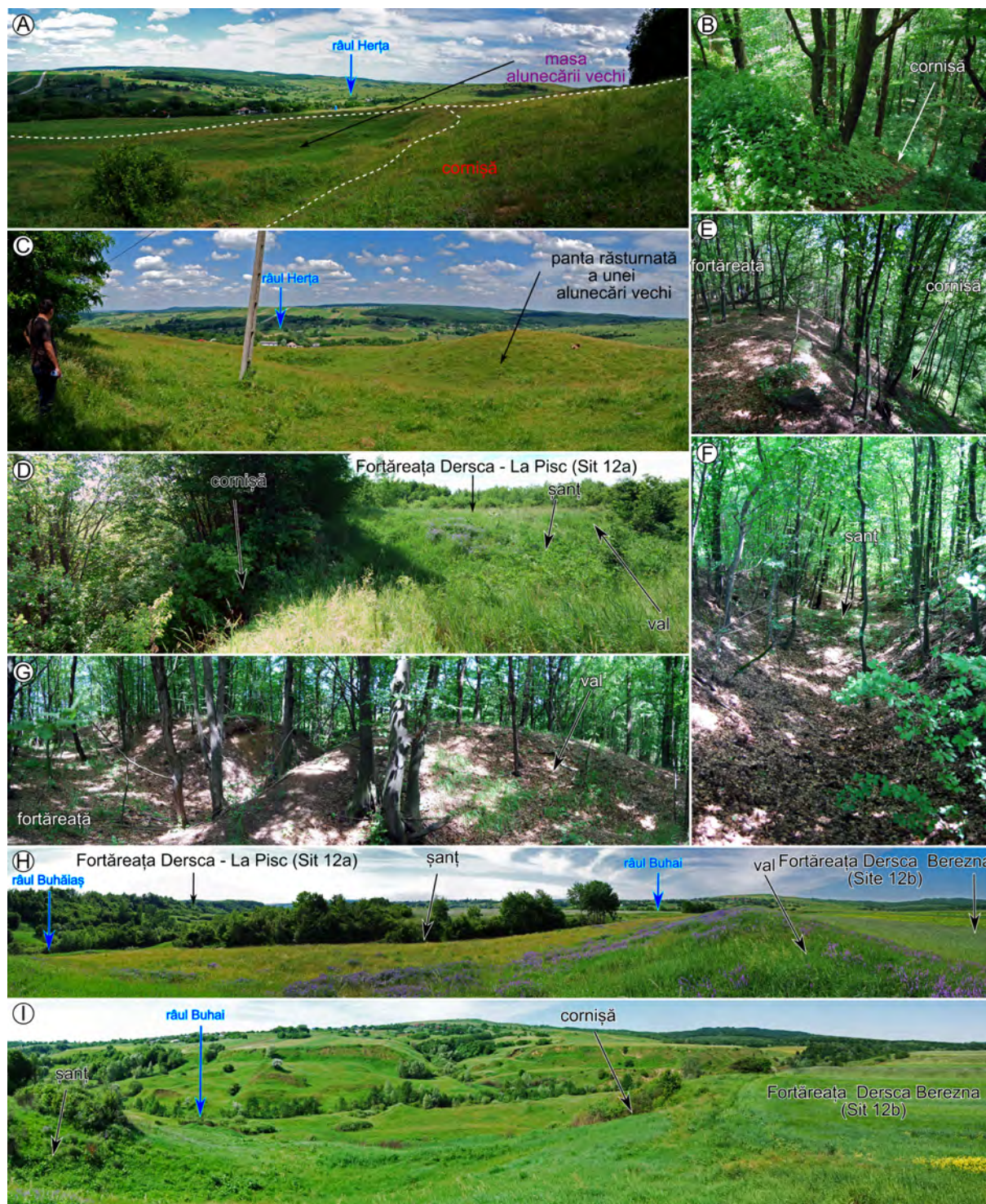


Figura 82. Alunecări și arheologie în situl 21 – Pocreaca, Punct Cetățuia (Niculiță ș.a., 2019c).





**Figura 83. Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).**

Prezența movilelor tumulare din epoca bronzului pe corpurile alunecărilor de teren relict, cum ar fi siturile Corlăteni, La Stadole și Lupăria (Șovan, 2016) susțin și mai mult vârsta cel puțin Holocenului inferioară a alunecărilor de teren relict.

Validarea pe teren a relațiilor dintre alunecările de teren și siturile arheologice (Figura 67, Figura 68, Figura 83, Figura 84 și Figura 85) este obligatorie și poate releva aspecte importante atât pentru alunecări cât și pentru geoarheologia siturilor (Niculiță ș.a., 2016a, 2019c).





Figura 84. Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).



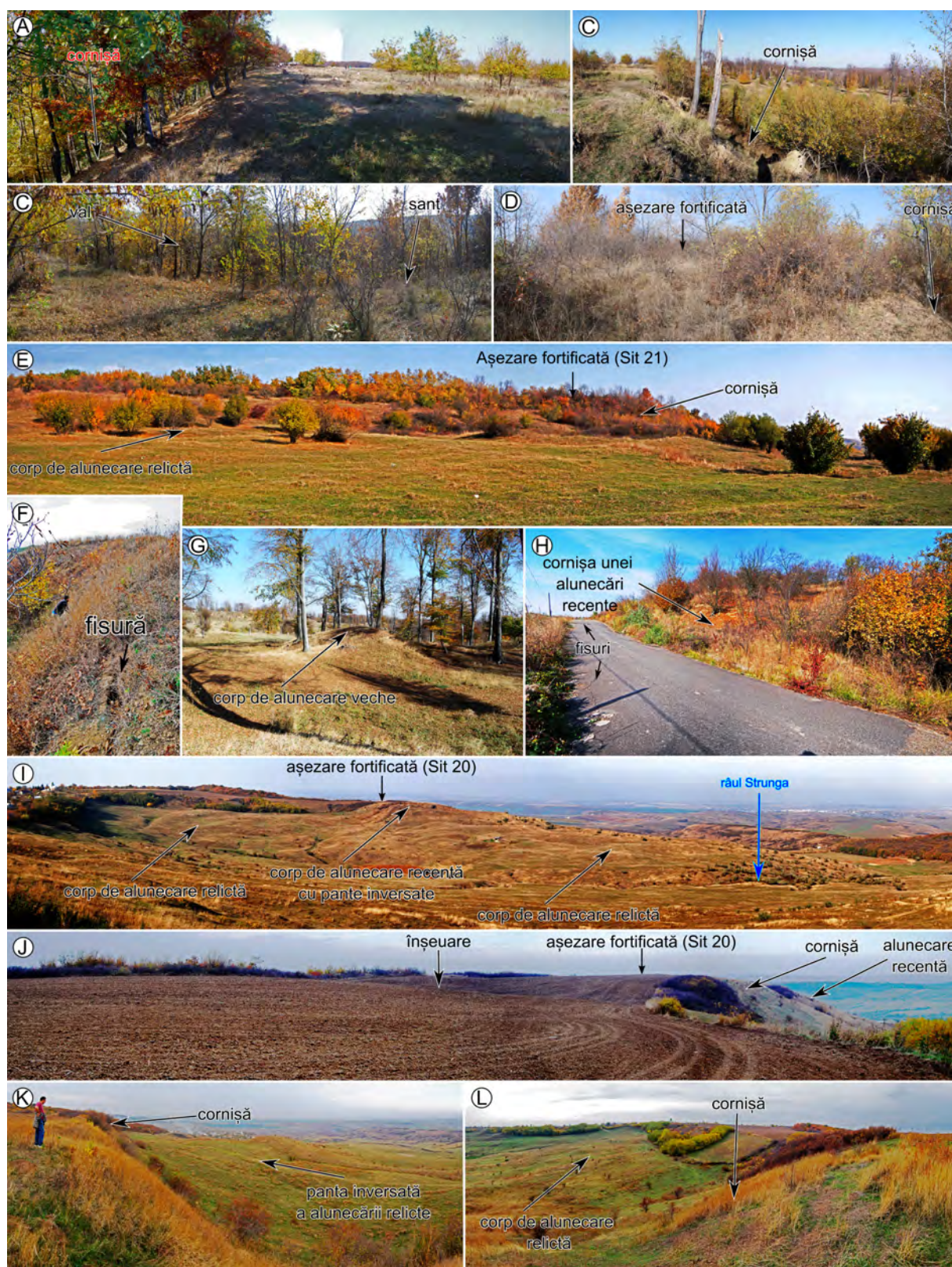


Figura 85. Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).



## II.3 Structura geologică și litologia ca elemente fundamentale în înțelegerea evoluției alunecărilor de teren

O descriere detaliată a geologiei, geomorfologiei și alunecărilor de teren din Podișul Moldovei poate fi regăsită în [Niculiță \(2011\)](#), [Niculiță și al. \(2016a, 2016b\)](#), [Mărgărint și Niculiță \(2017a\)](#) și [Niculiță și Mărgărint \(2017a\)](#). În acest studiu vom releva doar o serie de aspecte care țin de relația alunecărilor de teren cu structura geologică și cu litologia parțial tratate în [Niculiță ș.a. \(2019c\)](#).

Structura geologică monoclinală, cu formarea de cueste, care păstrează un strat de rocă rezistentă la partea superioară a versanților, este un factor de control important în distribuția spațială și în evoluția alunecărilor de teren din Podișul Moldovei. ([Niculiță, 2011](#); [Niculiță și Mărgărint, 2014](#); [Mărgărint și Niculiță, 2017a](#)). Cu toate acestea, există multe areale din podiș, unde aceste straturi rezistente la eroziune nu sunt prezente (Depresiunile Jijia-Bahlui și Sărata-Elan, Colinele Covurlui), iar partea superioară a versanților și culmile sunt acoperite de straturi cu grosime variabilă de loess. Aceasta arată că relieful de cueste și de văi structurale este controlat atât de stratificația generală a rocilor, cât și de evoluția tectonică și controlul ei asupra evoluției rețelei hidrografice. Podișul Moldovei în context geologic este văzut ca un exemplu tipic de evoluție a unei platforme pe structură monoclinală, generată de retragerea mării spre sud-est ([Ionesi, 1994](#)). Nu este locul aici să detaliem argumente contra acestei evoluții simpliste. Vom menționa doar faptul că această teorie de evoluție a zonei este bazată pe conceptele geologice de dinainte de teoria tectonicii globale. Astfel, astăzi “știm” că zona carpatică nu poate avea suprafețe de nivelare Miocene, ținând cont că exhumarea acestui orogen este începută în miocen și că intra-Badenian vorbim de o tectogeneză majoră, cu consum de scoarță și formare de pânze de șariaj montane și subcarpatice peste platformă ([Mațenco, 2017](#)). Exhumarea orogenului este estimată la 4 km, consumul de scoarță/închiderea bazinului la peste 50 km, iar șariajul peste platformă cam tot atât (la 20-30 de km în interiorul ariei montane în adâncime, la sub -2000 m găsim depozite de platformă). Sedimentele post-Badeniene au grosime variabilă, devenind mai subțiri spre est și nord-est și sunt deformate de tectonica de subsidență către Avantfosa Focșanilor ([Dicea, 1968](#); [Dicea și al., 1969](#); [Dicea, 1995](#); [Tărăpoancă ș.a., 2003](#); [Tărăpoancă, 2004](#); [Leever, 2007](#); [Mațenco, 2017](#)). Tectonica acestora nu este foarte clară, ori relieful Podișului Moldovei este dezvoltat tocmai în aceste roci, un relief tot de exumație, a cărui vârstă este post-pliocen, și a cărui tectonică recentă este incertă (în afară de zona sudică, tratată de [Mațenco ș.a., 2007](#) și de zona nordică tratată de [Chițimuș, 2013](#)). Bazinul de foreland, forebulge-ul și platforma de foreland sunt elementele majore ale acestei zone, unele incerte în literatura geologică ([Grasu ș.a., 2002](#); [Tărăpoancă, 2004](#)), la ora actuală fiind greu de estimat locația precisă a forebulge-ului spre exemplu (conform interpretărilor diferite date de [Grasu ș.a., 2002](#) și [Ionesi ș.a., 2005](#)). Bazinul de foreland ar corespunde molasei subcarpatice și parțial extremității vestice depozitelor actuale de platformă. Tectonica de deformare post-șariaj este argumentată în sudul Podișului, dar nu în partea de vest, și deși este clar că accidente tectonice majore nu sunt, dar flexuri și deformări locale există ([Tufescu, 1935](#); [Pohrib ș.a., 2012](#); [Matoshko ș.a., 2016](#)). În zona de forebulge eroziunea ar trebui să fie de doar câteva sute de metri, pe când în lateral, ar trebui să fie mai mare, datorită reajustării izostatice post-șariaj, astfel că toată zona suferă mișcări pozitive verticale ([Tărăpoancă, 2004](#)). Situația este complicată de faptul că zona nordică are o exhumare mai veche (12 Ma la granița nordică a României, 10 Ma la nivelul Coastei Iașilor, și 7 Ma la nivelul zonei sudice - [de Leeuw ș.a., 2020](#)), atât a orogenului, cât și a forelandului și platformei, iar molasa este intens tectonizată, aici exhumarea probabil depășind câteva sute de metri ([Tărăpoancă ș.a., 2004](#)).

Un răspuns general privind relieful actual, fără a se mai realiza legături paleogeografice de continuitate cu perioada miocenă cel puțin, dacă nu și pentru pliocen, ar putea fi dat dacă s-ar realiza datarea teraselor înalte ale Siretului, Prutului, Bârladului, astfel încât să se stabilească perioada de început a inciziei actualelor rețele hidrografice, care credem că nu este mai veche de Pleistocen, probabil



și în nici un caz Sarmațiană așa cum se argumentează (Ionesi, 1994; Ionesi ș.a., 2005). Foarte importantă în relevarea evoluției reliefului, dar nerezolvată decât parțial este și problema loessului și a vârstei ultimei incizii și a depunerii albiilor majore actuale. Aceste chestiuni sunt mult mai stringente de a fi rezolvate, decât continuarea unei paleogeografii bazată pe concepte din perioada de dinainte de maturarea teoriei tectonicii globale.

Problema loessului rămâne spinoasă în literatura geologică și mai ales geomorfologică românească. Dacă inițial acesta era cartat în Podișul Moldovei, de către geologi (Sevastos, 1907, 1908; Bandrabur și Giurgea, 1965), ulterior geomorfologii mai ales, pe baza ideilor lui Berg îl consideră loessoid, respectiv un loess de origine fluvială, depus în albiile majore sau eventual “transformat” pedogenetic din roca argiloasă și marnoasă sau din aluviuni (Bucur și Barbu, 1956, 1959; Băcăuanu, 1958). Din acest punct de vedere, lucrările lui Bucur și Barbu sunt tipice și ideile din ele au fost și încă sunt considerate valide de geomorfologii și pedologii din România, deși în aceasta nu sunt testate depozitele de loess conform definițiilor internaționale ci se fac interpretări de procese pedogenetice și geomorfologice. Pentru a tranșa această dispută este ideal să citim Smalley ș.a. (2011), unde viziunea bergiană a lui Pecsli este combătută, și astfel orice depozit siltitic din Podișul Moldovei, omogen, poros, coeziv, de culoare gălbuie, aflat/păstrat la partea superioară a unor forme de relief, cu cochilii de melci, resturi/canale de rădăcini de plante ierboase poate fi considerat loess, chiar dacă nu arată precum loessul “tipic”, deoarece poate fi erodat și supus unei diagenizări pedogenetice. Singura sursă validă cartografică din acest punct de vedere este Haase ș.a. (2007).

La ora actuală singurele hărți geologice cu acoperire națională, respectiv cele la scara 1:200 000, pe alocuri prezintă cunoașterea geologică dinainte de anii 1970, iar scara și rezoluția stratigrafiei sunt improprietă pentru utilizarea în susceptibilitate spre exemplu (pentru teritoriul Podișului Moldovei, geologia este reprezentată în ). Există studii publicate după 1970 și materiale cartografice, apărute tot după 1970 care pe alocuri pot să îmbunătățească cunoașterea geologică, dar nu la un nivel satisfăcător pentru studiu alunecărilor de teren.

Un alt inconvenient al datelor geologice actuale este lipsa unei tratări unitare a litologiei, care are un rol esențial în cazul alunecărilor. Astfel atât numele formațiunilor, cât și descrierea lor litologică este adesea improprie sau chiar pur descriptivă (în lipsa unor determinări granulometrice care să permită încadrarea în sistemul Folk spre exemplu), de exemplu utilizarea termenilor precum argile nisipoase și nisipuri argiloase. De aceea noi preferăm termeni precum **mudstone** în loc de argilă pentru a specifica faptul că roca este relativ dură în deschidere nealterată și prezintă o stratificație evidentă, **cuartțarenit** și **wacke** pentru gresii și **biomicrit oolitic** și **grainstone** pentru calcare oolitice. În teren cel mai adesea deschiderile naturale (maluri de râuri sau ravene, cornișe) sau cele antropice (cariere) arată prezența solului, a depozitelor de alterare și a rocii in situ. Recomandarea noastră este utilizarea acestor informații mai degrabă decât a celor “teoretice” din publicații, și încercarea de identificare a acestora în teren. Mai multe detalii și studii de caz vor fi prezentate la secțiunea 2.5.

Stratificația geologică, este tratată insuficient în literatura geologică, ca fiind monoclinală, și indicându-se doar o direcție a înclinării (Jeanrenaud, 1965, 1969, 1971; Jeanrenaud și Saraiman, 1995; Ionesi ș.a., 2005). Astfel contextul depozițional și sedimentologic (a se vedea secțiunile seismice publicate de Tărăpoancă, 2004 și Tărăpoancă ș.a., 2004, unde este evident că deși tendința poate fi interpretată ca monoclinală, există de fapt paleo-delte, boltiri și depresiuni, date de modul de sedimentare, dar și de tectonica post-sedimentare), cu frecvente suprafețe de discontinuitate date de eroziunea post-sedimentare, sărăcia în deschideri geologice, și extinderea lor redusă atunci când există, au îngreunat utilizarea măsurătorilor clasice de geologie structurală, cu înclinare și direcție a înclinării. Există areale unde structura sub-orizantală nu dă naștere unui relief de cueste (extremitatea nord-estică, între vărsarea Băseului în Prut și Rădăuți-Prut, în proximitatea văii Prutului, și extremitatea sudică, la sud de aliniamentul localităților Corod-Târgu Bujor-Foltești). Abordarea noastră din punctul de vedere al geometriei straturilor se referă la metoda propusă de Santangelo ș.a. (2015a), care necesită utilizarea datelor de teledetecție și de teren pentru identificarea liniației și a intersecției stratificației cu suprafața topografică. Vom reveni asupra acestei problematice cu studii de caz.

În partea de nord a Podișului Moldovei Niculiță ș.a. (2019c), incizia râului Prut și deplasarea homoclinală spre sud, a generat un front de cueste lung de 30 km (cu o altitudine relativă de până la 150 m) expunând structura geologică pe partea dreaptă a văii (Simionescu, 1902). Râul Prut este incizat într-o suită geologică care începe cu calcarele cretacee (cenomaniene) urmate transgresiv de conglomerate





**Figura 86. Gresii (wacke și cuarțarenite) la Stâncești (jud. Botoșani) din Formațiunea argilelor de Darabani-Mitoc.**



**Figura 87. Gresii (wacke) cu intercalații cuarțarenitice la Stâncești (jud. Botoșani) din Formațiunea argilelor de Darabani-Mitoc.**

Badeniene cu silex (care devin lateral nisipuri cu o grosime de 30-40 m), gips (60 m grosime), calcare



și marne cu o grosime de 20 m (Chițimuș, 2013; Niculiță ș.a. 2019c).

Rocile volhiniene acoperă transgresiv suita badeniană și au fost împărțite stratigrafic într-un element inferior (150 m grosime) și un element superior (100 m grosime) (Macarovici, 1974; Ionesi, 1994; Chițimuș, 2013; Niculiță ș.a. 2019). Membrul inferior prezintă o alternanță de nisipuri, cuarțarenite, calcarenite oolitice, mudstones (Formațiunea Argilelor de Bajura) și tufuri andezitice (tuful de Hudești, gros de 2-5 m) (Chițimuș, 2013; Niculiță ș.a. 2019c). Membrul superior prezintă o alternanță de mudstones, nisipuri, cuarțarenite și calcarenite oolitice, cu intercalații bentonitice - Formațiunea Argilelor de Darabani-Mitoc (Macarovici, 1974; Niculiță ș.a. 2019c). Râurile Jijia și Prut și afluenții sunt incizați în aceste sedimente, generând o zonă deluroasă fragmentată cu o altitudine a culmilor variind între 250 și 300 m d.MN - Dealurile Ibăneștiului (Figura 2) (Niculiță ș.a., 2019c). Datorită relațiilor de discontinuitate atât între cenomanian, badenian și volhinian, cât și între diferitele etaje badeniene, în Dealurile Ibăneștilor și în zona deluroasă proximă Prutului, la nord de vărsarea Bașeului, și aliniamentul de localități Darabani-Păltiniș-Cuza Vodă-Viișoara-Coțusca-Nichiteni-Borolea-Hănești-Ștefănești, structura este sub-orizontală și relieful de cuestă nu este tipic. Interfluviile sunt simetrice, iar pătura de loess bine dezvoltată, rezultând culmi interfluviale bine dezvoltate, și versanți abrupti.

Straturile volhiniene înclină spre sud fiind acoperite de roci basarabiene (la sud de aliniamentul de localități Ștefănești-Trușești-Copălău-Tudora). Altitudinea culmilor din această zonă deluroasă - Dealurile Jijia - este în general sub 225 m d.MN (Niculiță ș.a., 2019c). În această regiune nu apar fronturi de cuestă deoarece straturile de calcar sunt foarte subțiri (Brînzilă, 1999). Cu toate acestea, formele de relief cuestiform se produc datorită deplasării homoclinale a rețelei hidrografice și a alternanței de bancuri de mudstones și nisipuri, culmile fiind acoperite de cuverturi consistente de loess (la Mitoc spre exemplu, în situl epipaleolitic de la Mitocul Galben, cuvertura de loess are 15 m grosime, la 2,5 m adâncime având vârsta de aprox. 20 ka BP, deci nu este exclusă o grosime mai mare, dar care a fost erodată). Pe versanții abrupti ai frunților de cuestă, roca de bază este aproape de suprafață și trepte de stratificație a rocii, date de bancuri de mudstone sau gresii pot fi urmărite de-a lungul întregilor versanți (influențează morfologia versantului și apar ca trepte într-o secțiune transversală a versantului), în special în zonele dominate de eroziunea solului și alunecări de teren.

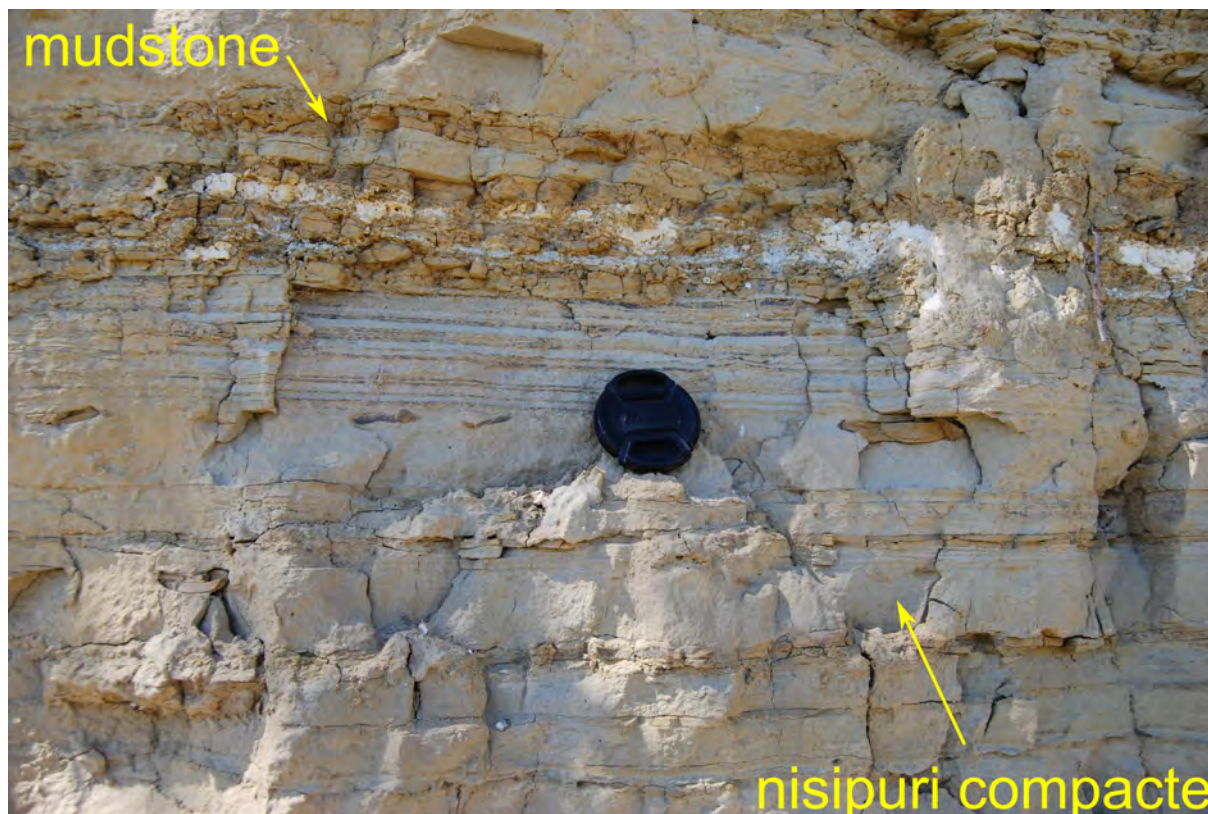


Figura 88. Baza Formațiunii Argilelor cu Cryptomactra în cornișa alunecării de teren Berza.



Între Mitoc și Ștefănești, paralel cu valea Prutului (**Bâgu și Mocanu, 1984; Grasu ș.a., 2002**) la nivelul Argilelor de Darabani-Mitoc, sau direct peste Badenian, apar biohermele cu *Serpula*, cunoscute în literatura sub numele de **toltri**. Acestea apar la suprafață în cinci corpuri, având caracter masiv, cu aspect brecios, dar și cavernos sau lumașelic, macroscopic fiind albe-cenușii-gălbui (**Grasu ș.a., 2002**).

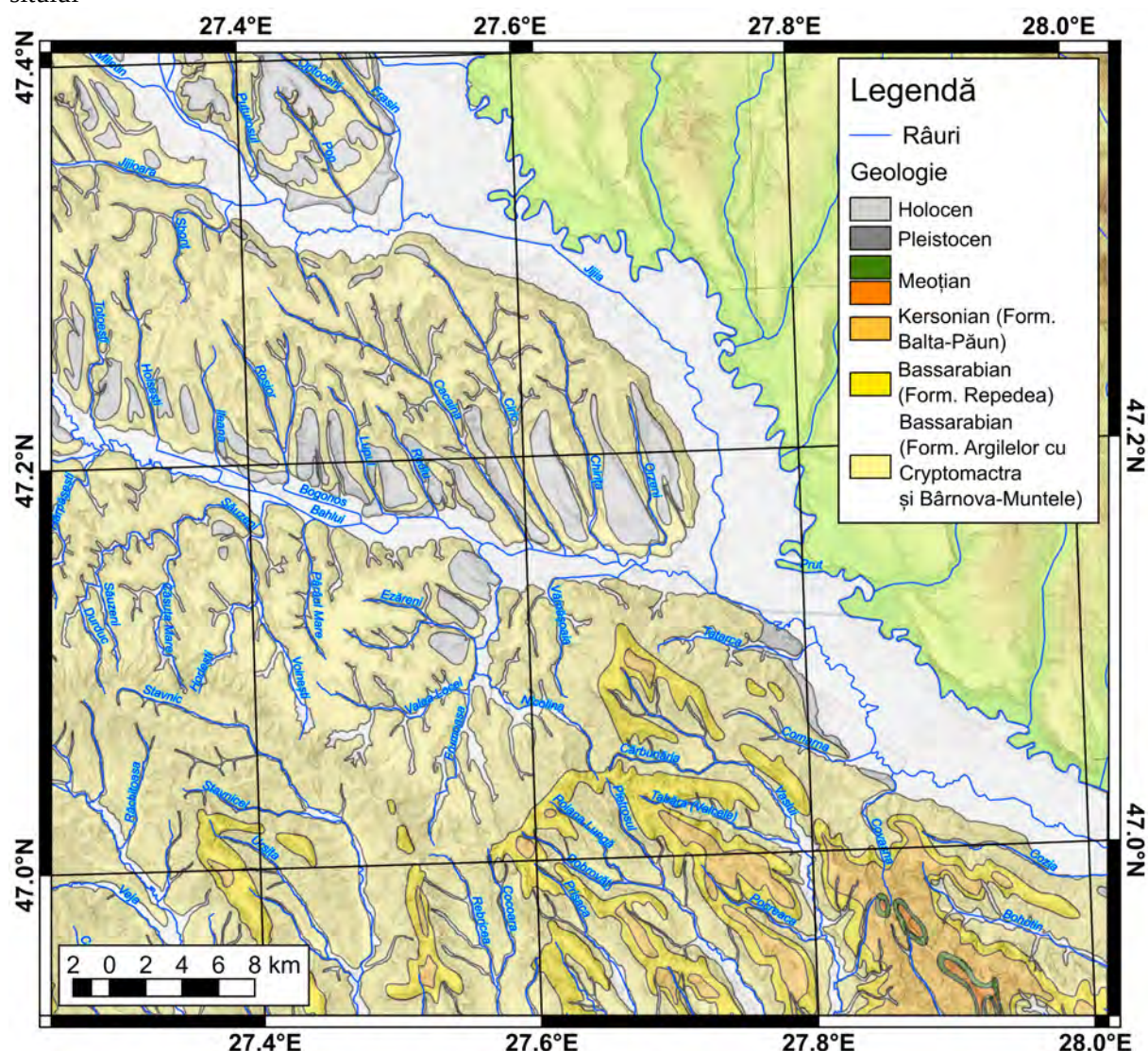
În arealul sudic al Depresiunii Jijia-Bahlui același tipar litologic cu mudstones și nisipuri, dublat și de deplasarea homoclinală a râului Bahlui spre sud a generat una dintre cele mai impresionante fronturi de cuestă ale Podișului Moldovei, respectiv Coasta Iașilor (**Figura 2**) (**Niculiță ș.a., 2019**). Această succesiune de fronturi de cuestă se întinde între văile râului Siret și Prut, pe direcția vest spre est, pe o lungime de peste 60 km, cu diferențe de nivel între culmile de pe front și albiile locale din fața acestuia de până la 350 m (**Niculiță ș.a., 2019c**). Suita de roci basarabiene (cu o grosime de aproximativ 400 m) debutează cu o succesiune de marne și mudstones cu intercalații nisipoase (**Figura 88**) și prezintă două faciesuri: unul estic (spre Valea Prutului) care este predominant argilos, în timp ce faciesul vestic (spre valea Siretului) este litoral-neritic cu mai frecvente intercalații de nisip și gresie. În partea superioară a suitei litologice Basarabiene, Formațiunea Calcarului de Repedea, formată din calcarenite și calcarenite oolitice și gresii (cuartarenite), de 10 până la 25 m grosime, acoperă o formațiune nisipoasă (Formația Bânova-Muntele - 230 m grosime) și una cu mudstones și intercalații centi- și decametrice de nisipuri (Formația argilelor de Cryptomactra - 200 până la 300 m grosime) (**Macarovici, 1974; Ionesi ș.a., 2005; Dill ș.a., 2012; Niculiță ș.a., 2019c**). Spre sud și est, Formațiunea Calcarului de Repedea are variații laterale de facies caracterizate prin creșterea conținutului de nisip și gresie (**Ionesi ș.a., 2005; Niculiță ș.a., 2019c**). Peste rocile basarabiene, pe culmile din Podișul Central Moldovenesc și mai jos spre sud (adică pe versanți) se suprapun transgresiv rocile kersoniene, compuse predominant din nisipuri și gresii cu intercalații argiloase, cu grosime de 100 m (**Ionesi ș.a., 2005; Niculiță ș.a., 2019c**). Mai nou, **Matoshko ș.a. (2016)** tratează toată suita basarabiană și kersonian-meoțiană ca aparținând unei singure formațiuni, respectiv Formațiunea de Balta (cu extindere până în Ucraina), și care debutează cu Formațiunea de Bârnova Muntele. Analizând **Figura 18** a acestei lucrări se observă că pentru teritoriul românesc autorii nu au foraje care să surprindă toată extensia acestei “formațiuni” (spre deosebire de datele din Republica Moldova și Ucraina) și se bazează doar pe deschideri care nu sunt poziționate decât altimetic. Până la datări absolute, secțiuni seismice sau foraje continuu, vom rămâne la considerarea formațiunilor clasice din literatură, care sunt și cartate spațial.

Pentru aria metropolitană a orașului Iași au fost realizate interpretări ale hărților geologice existente (**Figura 89**) și ale coloanelor litologice din literatură (**Figura 90**), și cu ajutorul topografiei și deschiderilor identificate în teren, a fost separată în cadrul Basarabianului, Formațiunea Bârnova-Muntele de Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra (**Figura 91**). Această abordare este esențială în utilizarea datelor geologice în studiul alunecărilor de teren, deoarece prezența Formațiunii de Bârnova-Muntele la partea superioară a versanților în aria orașului Iași are implicații importante în cartarea și identificare alunecărilor de teren și a modului de evoluție a acestora. Astfel, predominanța nisipurilor compacte în această formațiune generează prezența unor alunecări de tip curgere-alunecare la partea superioară a versanților, care acoperă partea mediană și cea inferioară a versanților, unde alunecările sunt translaționale și superficiale, lăsând vizibilă stratificația mudstone-urilor din Formațiunea argilelor cu Cryptomactra (**Figura 92**). În **Figura 93, Figura 94, Figura 95, Figura 96, Figura 97, Figura 98, Figura 99, Figura 100, Figura 100, Figura 101, Figura 102, Figura 103, Figura 104, Figura 105** sunt prezentate deschideri în Formațiunile argilelor cu Cryptomactra și Bârnova-Muntele, unde se observă litologia, stratificația și microtectonica sin și post-sedimentare. Calcarul de Repedea este tipic în zona carierei de pe Dealul Repedea (**Figura 107**) și are variații laterale spre sud-vest (**Figura 108, Figura 109**).

În aria deluroasă înaltă de la est Siret (Podișul Siretului - **Tufescu, 1935**), rocile basarabian inferioare acoperă rocile volhinian superioare, cu apariția unui facies lateral, caracterizat prin prezența unui nivel de nisipuri cu pietrișuri (40-50 m grosime), urmat de trei niveluri de calcarenite oolitice, de la 0,5 până la 5 m grosime distanțate la 5 m diferență de nivel unele de altele: nivelul inferior Hârmănești, nivelul superior Hârmănești și nivelul Crivești (**Ștefan, 1989; Niculiță ș.a., 2019c**). Această structură de front de cuestă a generat masivitatea acestei zone deluroase, unde altitudinile culmilor urcă până la 586 m d.MN (Tudora-Dealul Mare). Extinderea spre vest s afluenților Jijiei și Bahluiului și geologia de front de cuestă a generat așa-numita Coastă Moldavă (**Tufescu, 1935; Ungureanu, 1993**), care are mai mult de 80 km lungime și are denivelări albie-culme platou care poate atinge 300-450 m (**Niculiță ș.a.,**



2019c). Aceste fronturi de cuestă sunt afectate de alunecări de teren complexe, foarte vechi, ca în cazul sitului



**Figura 89. Harta geologică a ariei metropolitane a județului Iași (după *Harta Geologică a României*, scara 1:200 000).**

arheologic Băiceni (Niculiță ș.a., 2017b). Spre albia Siretului relieful de cueste se dezvoltă fără existența unor nivele grezoase la partea superioară a reliefului, dar datorită prezenței loess-ului și a migrării spre sud a afluenților Siretului.

În partea de est a Podișului Central Moldovenesc, Colinele Tutovei și Dealurile Fălciului, fronturile de cuestă sunt date de prezența Formațiunii cineritice meotiene de Nuțasca-Ruseni (10-20 m grosime în est, lângă valea Prutului și 40-60 m gros în vest, lângă valea Siretului) (Jeanrenaud, 1965, 1969) peste nisipurile Kersoniene cu intercalații de argile (grosime 130-150 m) (Jeanrenaud, 1971; Niculiță ș.a., 2019c). Această formațiune cineritică are trei straturi de cinerite andezitice intercalate între mudstones și nisipuri compacte care se scufundă spre sud-est (Jeanrenaud și Saraiman, 1995; Niculiță ș.a., 2019c). Prin incizie și deplasare homoclină, cele mai importante râuri din această zonă (Racova, Crasna, Lohan, și Vaslui) au creat fronturi de cuestă unde alunecările de teren se dezvoltă intens (Mărgărint și Niculiță, 2017a; Bejenaru și Niculiță, 2017; Niculiță ș.a., 2019c).

În partea nord-vestică a Podișului Moldovei, la vest de râul Siret, versanții sunt tot de tip structural cuestiform, cu mențiunea că există o serie de variații. Între Siret și Suceava, suita sedimentară începe cu Buglovianul, respectiv cel superior argilo-nisipos cu calcarul de Pădureni păstrat la partea superioară a versanților (Ionesi și Ionesi, 1968; Ionesi, 1968; Ionesi, 1969; Ionesi, 1994). Spre sud, în Podișul Sucevei aflorează Volhinianul, cu o suită sedimentară de 500 m grosime, caracterizată de



intercalații de argile, siltite și nisipuri (în serii de 20-80 m grosime), cu opt nivele grezo-calcaroase (0,5 până la 8 m grosime: Pătrăuți I și II, Burdujeni, Arghira I și II, Hârtop I și II, Nigotești) și două de nisi-

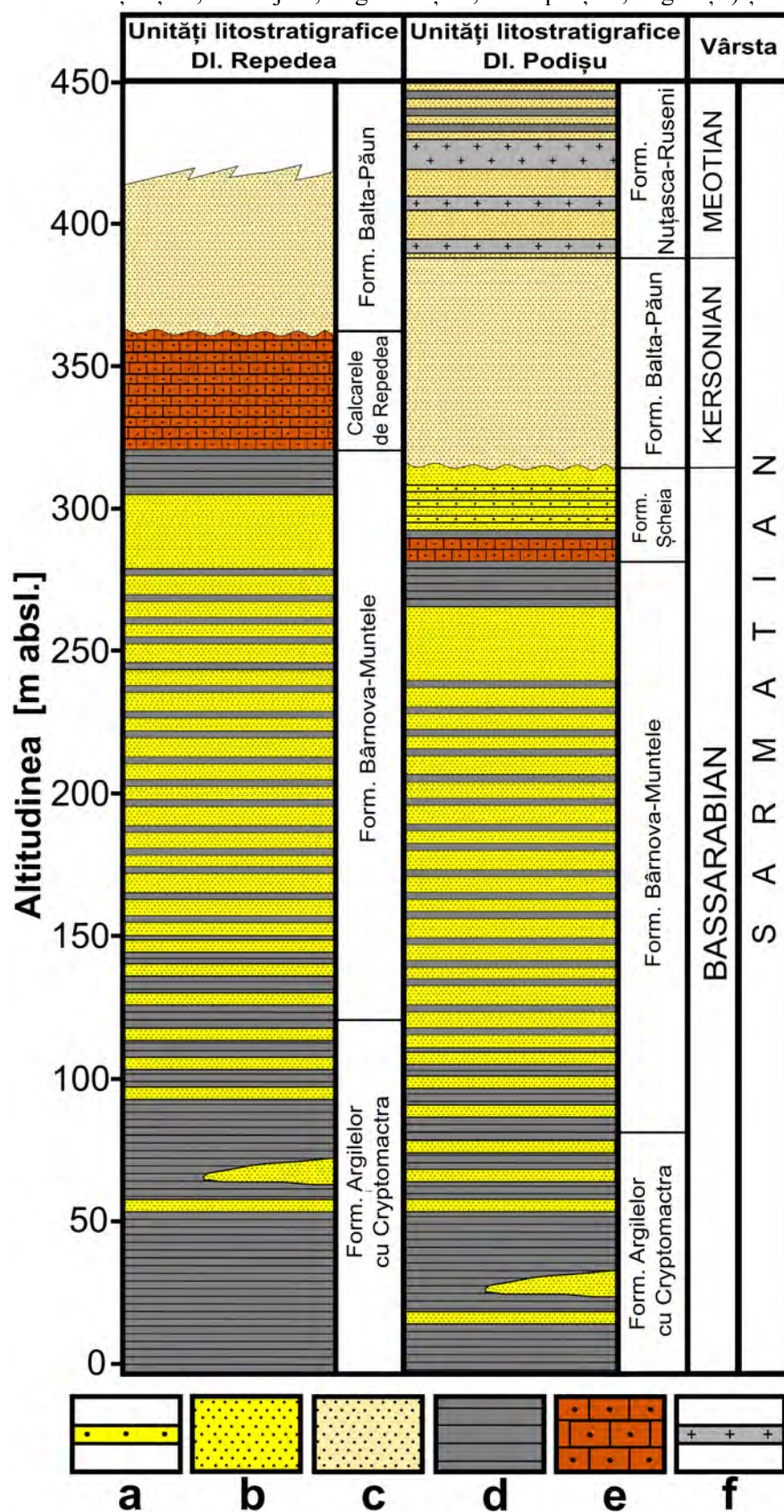


Figura 90. Coloana lito-stratigrafică în zona orașului Iași (Ionesi ș.a, 2005): a – gresii, b – intercalații de nisip, c - nisip, d – siltit/mudstone, e – calcare oolitice și calcarenite, f - cinerite.



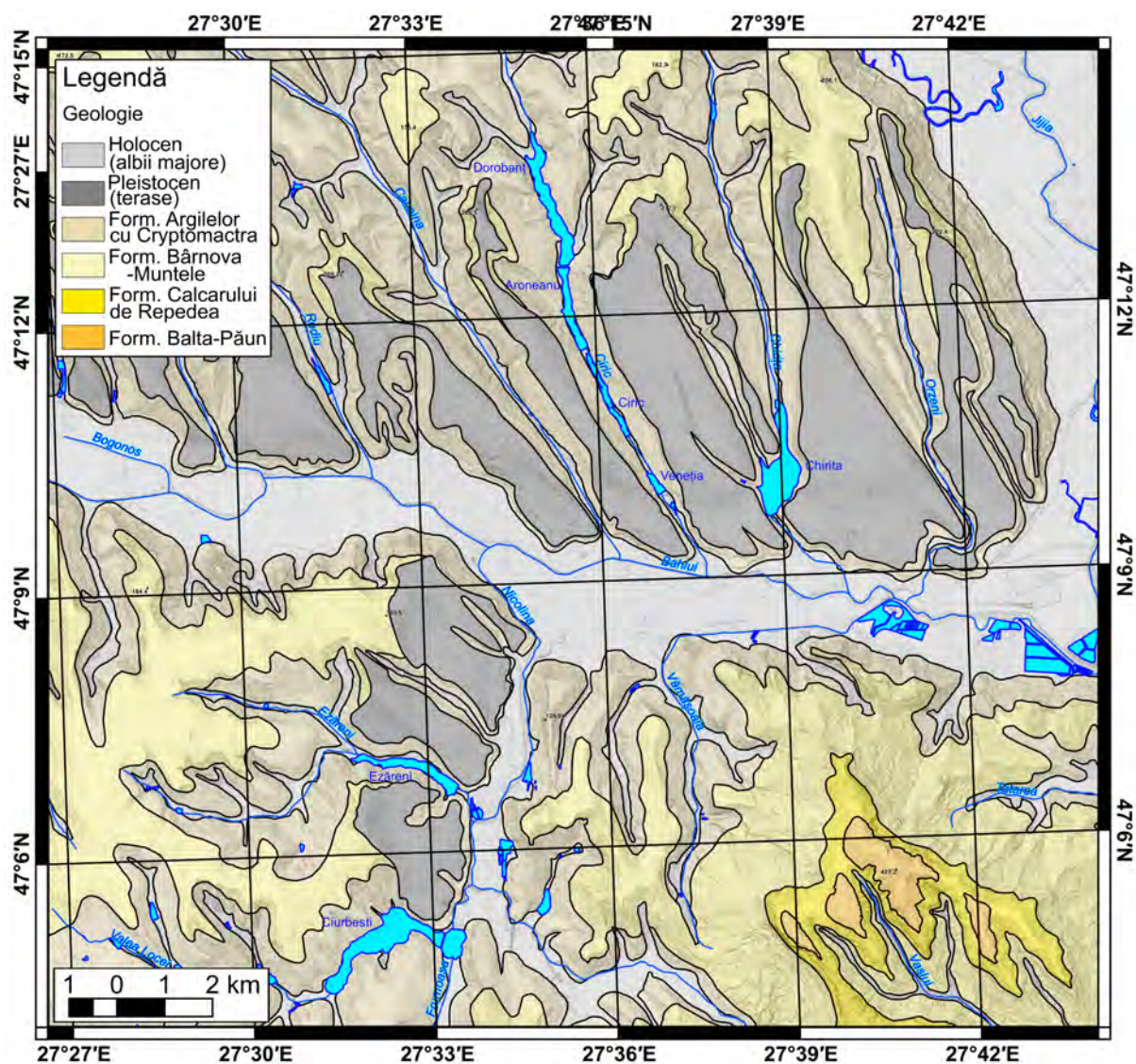


Figura 91. Harta geologică a orașului Iași (după Necula și Niculiță, 2017).



Figura 92. Stratificația argilelor cu Cryptomactra în baza carierei Vlădicieni; exemplu tipic de mudstones; se remarcă schimbarea de culoare, de la gri-albastru (vânăt) spre maro pe măsură ce crește alterarea spre suprafață.





**Figura 93.** Alternanță tipică din cadrul Formațiunii Argilelor cu *Cryptomactra* între nisipuri compacte și silturi compacte (mudstone/siltstone); se remarcă schimbarea culorii gri-albastru la alterare, dar și culoarea maronie a nisipurilor compacte.



**Figura 94.** Contactul din cadrul Formațiunii Argilelor cu *Cryptomactra* între nisipuri compacte și silturi compacte (mudstone/siltstone).





Figura 95. Contactul dintre Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra și Formațiunea de Bârnova-Muntele în cariera Vlădicieni; se observă că acest contact este o discontinuitate de eroziune și se remarcă schimbarea de culoare a mudstones-urilor.

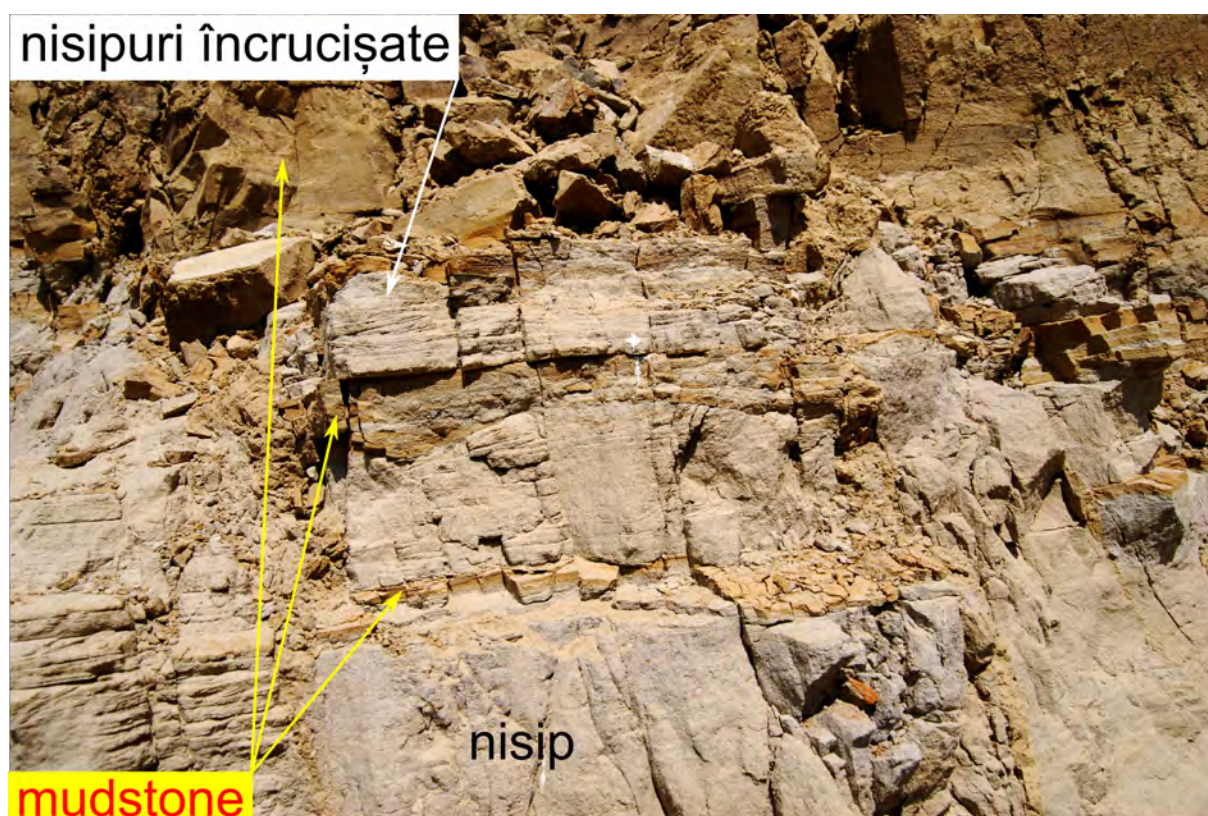


Figura 96. Deschiderea în Formațiunea de Bârnova-Muntele într-o carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești (jud. Iași).

puri compacte groase (Pătrăuți și Hârtop). La contactul cu zona carpatică și de molasă, apar depozite fluvio-deltaice, de tip fan-delte, de vârstă Volhinian-Basarabiană (Grasu ș.a., 2002), care nu este exclus să fi fost mult mai extinse, până la est de Siret, dar au dispărut ca urmare a inciziei post-șariaj, și care în această zonă este posibil să fi atins rate de ordinul miilor de metri.

În sudul Podișului Moldovei, peste suita meoțiană apare în continuitate de sedimentare Ponțianul, la sud de aliniamentul localităților Corbasca-Podu Turcului-Glăvănești-Pogana-Perieni-Bâr-





Figura 97. Trecere tipică de la silt compact (siltstone/mudstone) la nisip compact în Formațiunea de Bârnova-Muntele.

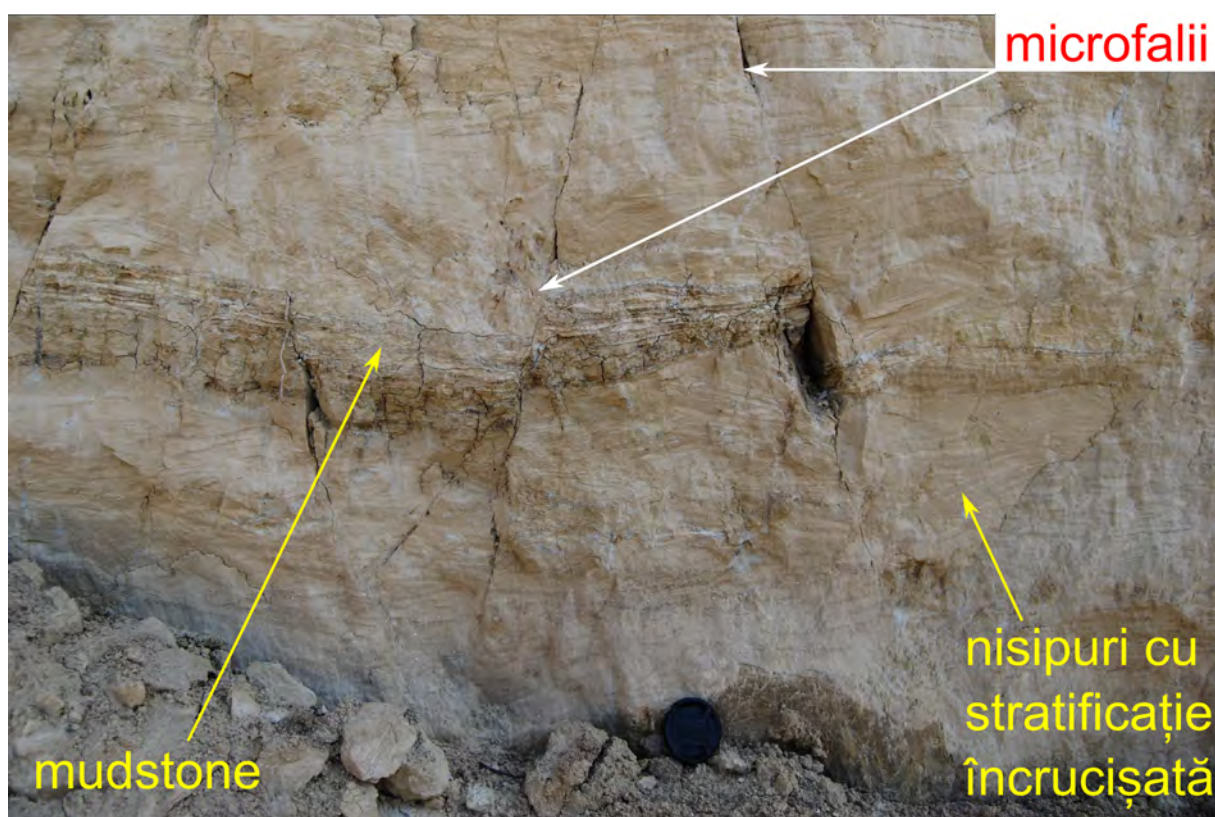


Figura 98. Deformări post-sedimentare în Formațiunea de Bârnova-Muntele (carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești, jud. Iași).



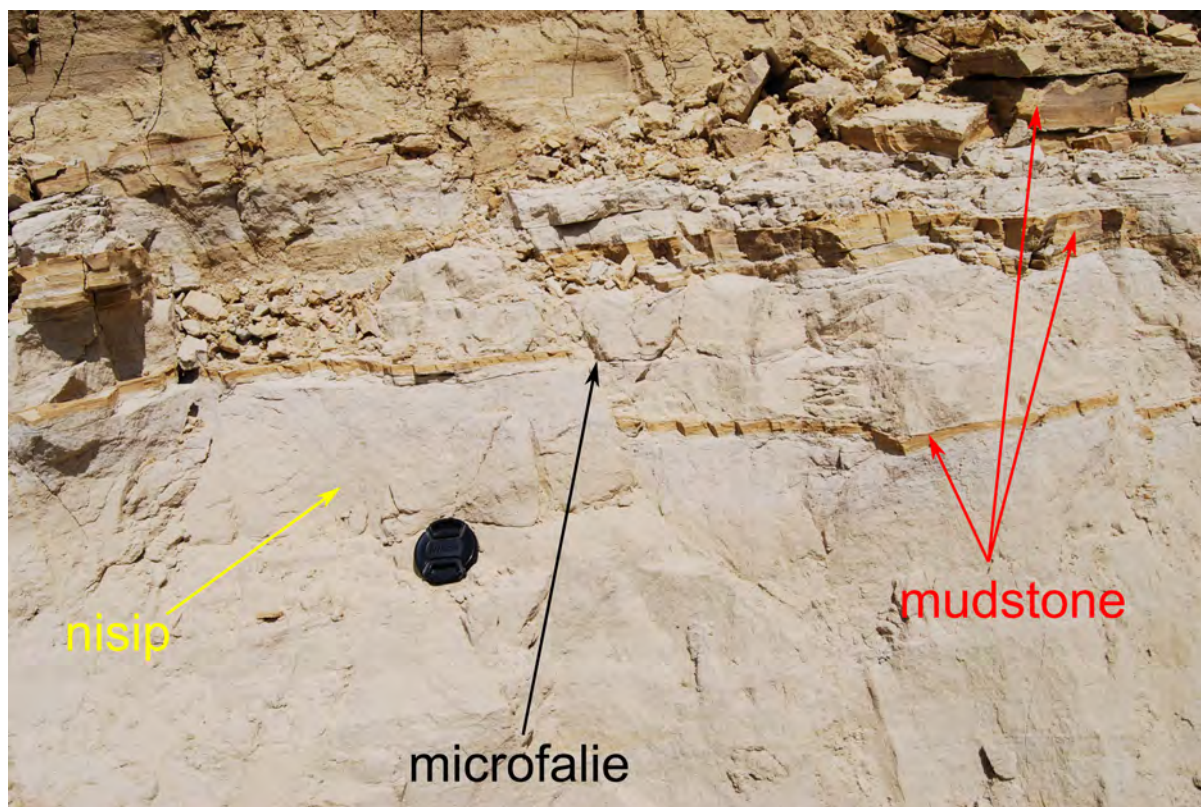


Figura 99. Deformări post-sedimentare în Formațiunea de Bârnova-Muntele (carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești, jud. Iași)



Figura 100. Carieră în Formațiunea Argilelor cu *Cryptomactra* lângă DC91, Lungani (Jud. Iași) la ieșire spre Goești; se remarcă stratificația suborizontală.

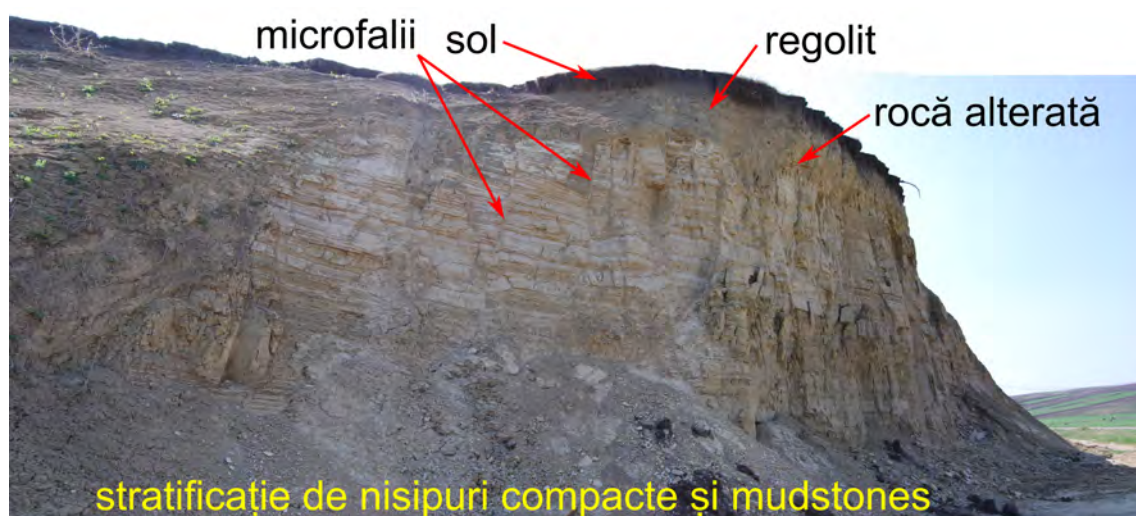


Figura 101. Carieră în Formațiunea Argilelor cu *Cryptomactra* lângă DC91, Lungani (Jud. Iași) la ieșire spre Goești.





**Figura 102. Stratificație nispuri compacte (gri) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu *Cryptomactra* (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).**



**Figura 103. Contactul între nispuri compacte (gri) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu *Cryptomactra* (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).**





**Figura 104. Deformări post-sedimentare în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).**



**Figura 105. Stratificație nisपुरi compacte (maro deschis) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC94, Prigoreni, jud. Iași, la ieșire spre Rediu).**





**Figura 106. Nisipuri compacte masive în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).**



**Figura 107. Formațiunea Calcarelor de Repedea în Cariera Repedea (jud. Iași).**



**Figura 108. Calcarul de Repedea în cornișa alunecării de la Poiana Mănăstirii (jud. Iași).**





**Figura 109. Calcarul de Repedea aflorând într-o ravenă de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii.**

lad-Banca-Dodești-Găgești-Fălciu (**Ionesi, 1994**). Acesta este caracterizat de succesiuni de mudstones cu intercalații de nisip compact, cu grosimi de 150 m în est și 400 m în vest (**Ionesi, 1994**). În partea estică bazal se dezvoltă mudstones cu intercalații de nisip compact groase de 50-70 m (**Ghenea, 1968; Sficlea, 1980**), median nisipuri gălbui compacte de 40-50 m grosime, dezvoltate mai ales în nord-est. Ponțianul aflorează la baza versanților frunților de cuestă dezvoltate pe valea Bârladului și a afluenților din acest sector (Polocin, Berheci, Zeletin, Pereschiv, Tutova, Jaravăț, Elan, Horincea). Peste Ponțian, prin discontinuitate de sedimentare urmează Pliocenul, cu Dacianul, printr-un strat de siltite roșii de 2-10 m grosime. Suita sedimentară Pliocenă, continuă cu Romanianul, care acoperă prin discontinuitate Dacianul, apărând la partea superioară a versanților din sudul Colinelor Tutovei și ale Covurluiului. Suita romaniană începe cu Formațiunea de Mălușteni apare în special în aria înaltă a Colinelor Covurluiului, fiind formată din aprox. 70 m de nisipuri gălbui compacte, cu intercalații grezoase (**Ionesi, 1994**). Urmează Formațiunea de Bălăbănești formată dintr-un strat bazal de 8-10 m grosime de pietrișuri cu galeți de gresii, cuarțite, menilite, urmat de nisipuri compacte de 30-50 m grosime cu structură încrucișată (**Sficlea, 1960; Ionesi, 1994**). Formațiunea de Căndești este dezvoltată în special la vest de Bârlad, fiind considerată sincronă cu cea de Bălăbănești, dar formată din nisipuri și pietrișuri aluviale cu stratificare încrucișată și grosimi care depășesc 300 m (**Ionesi, 1994**).

În depresiunea Elan-Horincea există o cuvertură de loess pe reversurile de cuestă și pe terase (**Cazacu, 2001**), iar relieful tipic de cuestă este pus pe seama stratificației rocilor meoțiene și a migrării homoclinale a rețelei hidrografice către sud-est.

La sud de zona înaltă a Colinelor Covurluiului, respectiv de aliniamentul localităților Lespezi-Tănăsoaia-Liești-Certești-Balintești-Rogojeni, pe interfluvii, peste depozitele pliocene (romaniene) care aflorează doar la nivelul versanților, este depus un strat de loess, care atinge pe alocuri și 60 m grosime (**Munteanu, 2006**). Pe acest strat de loess se grefează culmile interfluviale.

La sud de Bârlad, tectonica este activă post miocen, datorită subducției plăcii Mării Negre, care a generat apariția avantfosei Focșanilor, ce are 13 km adâncime, post miocen (**Tărăpoancă, 2003; Tărăpoancă ș.a., 2003; Mațenco ș.a., 2007**). Tectonica recentă și neotectonica acestui bazin de foreland al Carpaților de Curbură, este caracterizată de stres post-colizional, care generează deformări aproape de suprafață, dar și la suprafață, sub forma faliiilor. Accidentul tectonic major este dat de falia



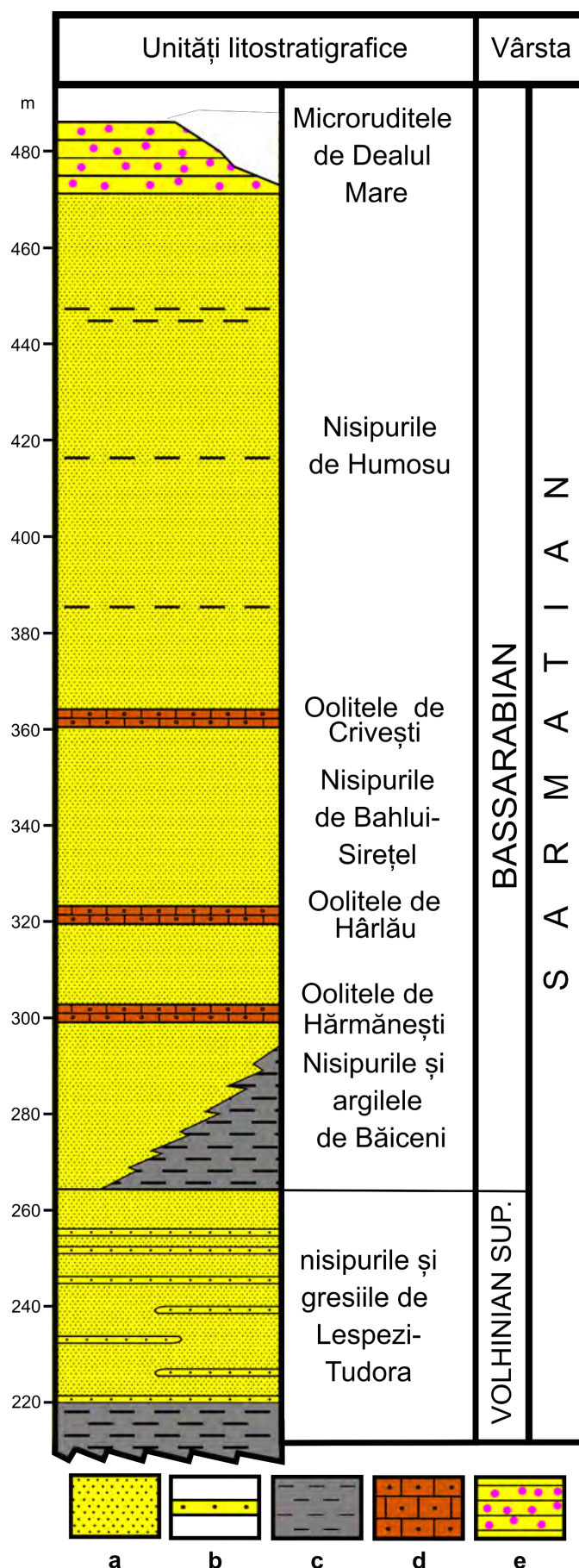


Figura 110. Coloana litologică din Dl. Mare-Hârlău (Ștefan, 1989; Ionesi ș.a., 2005).





**Figura 111. Microrudite de Dealul Mare - Hârlău din cornișa alunecării de la Todirești (jud. Iași).**



**Figura 112. Nisipurile de Humosu din cornișa alunecării de la Todirești (jud. Iași); se remarcă și prezența unui strat de calcarenit, imediat peste stratul de nisip.**



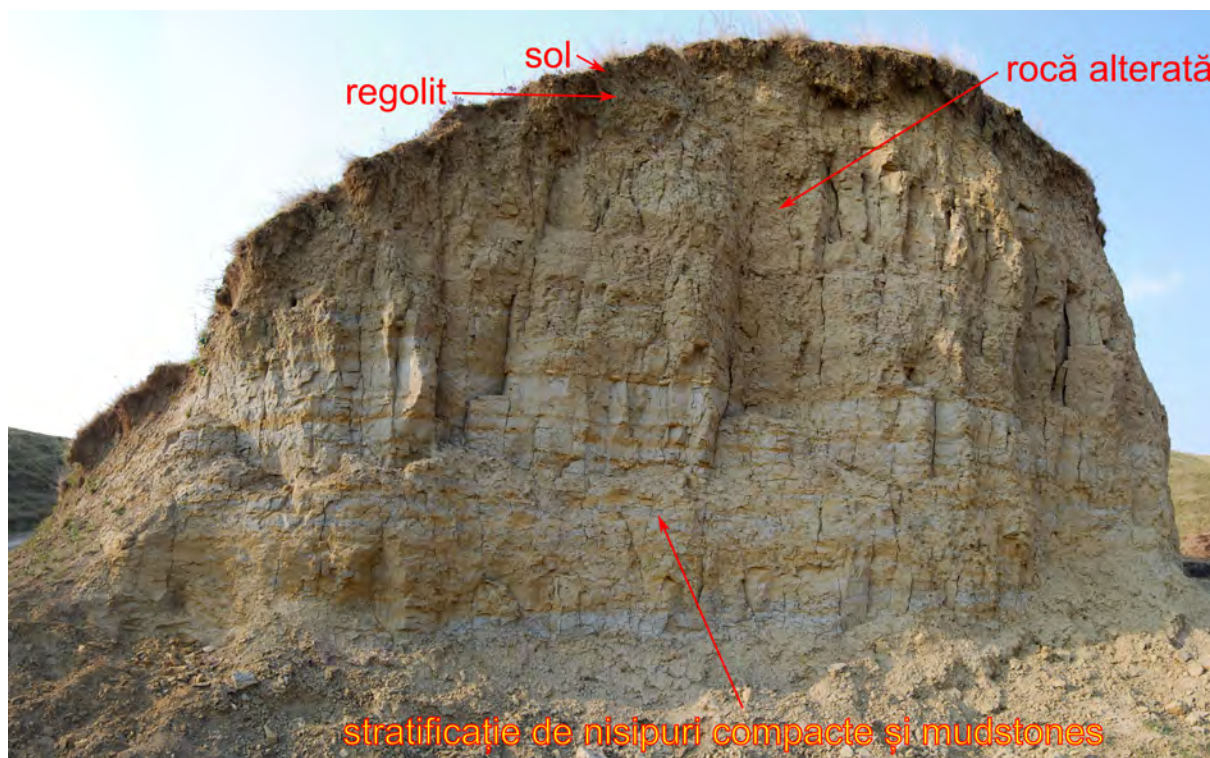


**Figura 113. Oolite de Hârlău în cornișa alunecării complexe de la Costești (jud. Iași).**



**Figura 114. Oolite de Hârlău aflorând într-o ravenă de pe cornișa alunecării complexe de la Costești (jud. Iași).**





**Figura 115. Nisipurile și argilele de Băiceni aflorând la sud de Costesti (jud. Iași).**

Trotușului, și cu ramura ei de Nord, care limitează spre sud Platforma Scitică, și care au direcție nord-vest – sud-est, pe aliniamentul localităților Galbeni-Gioseni-Găiceana-Munteni (Tecuci)-Corod-Foltești dar care sunt falii adânci, de fundament (**Mațenco ș.a., 2007**). Secțiunile seismice din această zonă arată că spre suprafață apar bazine de tip piggyback și de flexură, asociate tectonicii post-badeniene, care sunt bordate de falii normale și determină structuri negative de tip floare (**Tărăpoancă, 2003; Mațenco ș.a., 2007**). Deși **Mațenco ș.a. (2007)** interpretează aceste falii normale ca intersectând la un unghi ascuțit Falia Trotușului, pentru a le corela cu direcția văilor afluenților Bârladului din zona de confluență de la nord de Tecuci și pentru a argumenta văile ca grabene și culmile ca horsturi, din analiza datelor LiDAR se observă că aceste falii sunt paralele cu Falia Trotușului, cel puțin în zona de la nord de Tecuci. Această concluzie este parțial validată și de rezultatele obținute prin monitoring SAR (**Necula ș.a., 2018a**). Implicațiile pentru relieful acestei zone nu sunt foarte importante din punct de vedere al reliefului de cuestă, care oricum nu mai este tipic în această zonă, și datorită faptului că săritura faliilor nu este foarte mari, până în 50 m. Astfel, ele influențează mai degrabă orientarea și dezvoltare unor văi și a unor ravene, dar și neotectonica și microtectonica loessului.

Pe lângă straturile de rocă dure care se păstrează la nivelul culmilor și la partea superioară a versanților, în zonele deluroase joase de tip depresionar, precum Depresiunea Jijia-Bahlui, de-a lungul culoarelor de vale (Siret, Prut și afluenții majori) sau în partea sudică a podișului, la partea superioară a versanților și pe culmi, în locul straturilor dure de rocă este prezentă o cuvertură de loess. Aceasta are grosimi diferite, iar uneori este prezentă fragmentar, sau este puternic erodată. Deși există o serie de materiale cartografice care prezintă distribuția acesteia (**Haase ș.a., 2007**), situația din teren este mai complicată și necesită investigații de amploare.

În prezentul studiu vom exemplifica relațiile dintre această cuvertură de loess și alunecările de teren în arealul Păușești. Păușești este un sat în comuna Dumești, județul Iași, în Depresiunea Jijia-Bahlui, în bazinul râului Săuzeni, afluent al pârâului Voinești (afluent de dreapta al Bahluiului). Intravilanul satului este așezat pe înșeuarea dintre Dl. Moșneagului (171,4 m d.MN) și Dl. Viei (142,8 m d.MN). Dl. Viei (**Figura 123** și **Figura 124**) are o culme cu direcție nord-sud, fiind o cuestă tipică, cu versanții vestic nordic și nordic-estic, frunți de cuestă, iar versantul sudic și estic, reversuri de cuestă. Pe versanții frunte de cuestă stratificația bancurilor de mudstone din Formațiunea Bârnova-Muntele este vizibilă, fiind expusă de alunecările translaționale (**Figura 123**). Stratificația se prezintă morfologic, sub forma unor trepte care pot fi urmărite pe toată lungimea versanților frunte de cuestă, cam la același nivel





**Figura 116. Argilele de Băiceni la Giurgești (jud. Iași).**





**Figura 117. Nisipuri kersoniene cu posibil dike într-o carieră de pe partea dreaptă a DJ244D, la ieșire din Huși spre Bobești, pe versantul stâng al văii Lohanului la sud de alunecarea Duda-Epureni.**

altitudinal, dispărând doar atunci când este acoperită de mase alunecate de tip rotațional, pornite mai ales de la nivelul cornișei de la baza culmii. Loessul apare ca o pătură de aprox. 15 m grosime pe culmea interfluvială a Dl. Viei (**Figura 126**), iar geologia se poate valida în baza carierei de loess (**Figura 127**). Versantul de tip frunte de cuestă este acoperit de depozite de alterare și de material alunecat, de grosime mică, astfel că în general stratificația geologică are influență morfologică. Pe alocuri, mai ales la partea superioară a versantului apar mase de alunecare mai mari, de tip rotațional, care pot fi delimitate ca evenimente de alunecare. Deschiderea din carieră arată prezența regosolurilor pe versanți (**Figura 126**) și a cernoziomului pe culme. Procesele de alunecare și cele de eroziune în suprafață se succed la nivelul întregului versant, dar sunt mai active la nivelul cornișei superioare, de la baza culmii, care este prezentă astfel generalizat, bordând toată baza culmii pe arealul versanților frunte de cuestă. Coexistența ambilor procese duce la apariția acestei zone cu pantă ridicată și face ca ea să reprezinte o cornișă morfologică, deoarece spre exemplu ea nu apare stratigrafic bine conturată (în sensul că suprafața de alunecare să fie vizibilă) în cariera de loess.

Stratificația geologică este vizibilă la nivelul întregului podiș, pe imaginile cu umbrirea MNT LiDAR, în arealele cu alunecări complexe, unde și eroziunea în suprafață a fost activă (toate figurile de după **Figura 129**). În anumite situații (**Figura 129**, **Figura 132**, **Figura 133**), masele alunecate conțin blocuri mai mult sau mai puțin fragmentate de straturi nealterate, situație similară cu alunecările de tip glimee din Podișul Transilvaniei. În alunecarea complexă de la nord-vest de Mitoc (**Figura 129**) blocurile de bioherme cu *Serpula* se păstrează ca monticuli alungiți, paraleli cu cornișa. Diferențierea între existența rocii la mică adâncime, respectiv păstrarea unor pachete alunecate se poate face fie pe baze morfologice (**Figura 129** până la **Figura 131** și **Figura 137**), prin cunoașterea geologiei zonei sau prin investigație pe teren (**Figura 133** până la **Figura 136**). La sud de Străteni (jud. Botoșani), în bazinul Cănașiștei, pe versantul nord-estic al Dl. Hăpăi (426.4 m d.MN), versant acoperit de pădurea Străteni, apare o alunecare complexă în cadrul căreia apare la nivelul cornișei stratificația geologică, dar și pe masa alunecată monticuli generați de pachete de rocă alunecate. Exemple de stratificație geologică reflectată în morfologie și relaționată de alunecări de teren sunt și pe Coasta Prutului, aferentă frontului



de cuestă de pe dreapta văii Prutului, din Dealurile Ibăneștilor (**Figura 130** și **Figura 131**). Coloana litologică a acestei zone (**Chițimuș, 2013**) poate fi observată în morfologia impusă de stratificația geo-



**Figura 118. Depozite kersoniene (nisipuri compacte cu intercalații grezoase) în cornișa alunecării Duda-Epureni.**

logică: în baza versantului și în zona mediană apar rocile badeniene, cu conglomerate și calcare, iar la partea superioară rocile volhinene, reprezentate de Formațiunea Argilelor de Bajura.



Un exemplu grăitor de verificare pe teren este în cazul alunecării de teren complexe de la Todireni, unde defrișarea recentă a pădurii a permis verificarea morfologiei de pe MNT LiDAR, a geologiei după **Ștefan (1989)** și a mecanismelor de alunecare (**Figura 133**). În partea superioară a acestei alunecări se observă planurile de stratificație de pe nisipuri compacte și intercalațiile grezoase, în partea mediană capetele de strat, dar și blocuri de nisipuri cu acoperiș de rudite, care după alunecare, prin alterare și eroziune devin monticuli. Capetele de strat și planurile de stratificație sunt vizibile și în formațiunea de Bârnova-Muntele pe toată Coasta Iașilor, în unele sectoare acestea putând fi urmărite lateral pe frontul de cuestă, în mai multe bazine hidrografice (**Figura 137**).



**Figura 119. Depozite kersoniene (nisipuri compacte cu intercalații grezoase cu foliație) din masa alunecată a alunecării Duda Epureni.**



**Figura 120. Intercalații grezoase deformate post-sedimentar, în nisipurile kersoniene dintr-o carieră de pe partea dreaptă a DJ244D, la ieșire din Huși spre Bobești, pe versantul stâng al văii Lohanului la sud de alunecarea Duda-Epureni.**





**Figura 121. Formațiuni pontiene la Aldești (jud. Galați): mudstones cu intercalații de nisipuri compacte.**



**Figura 122. Nisipuri romaniene la Aldești (jud. Galați).**



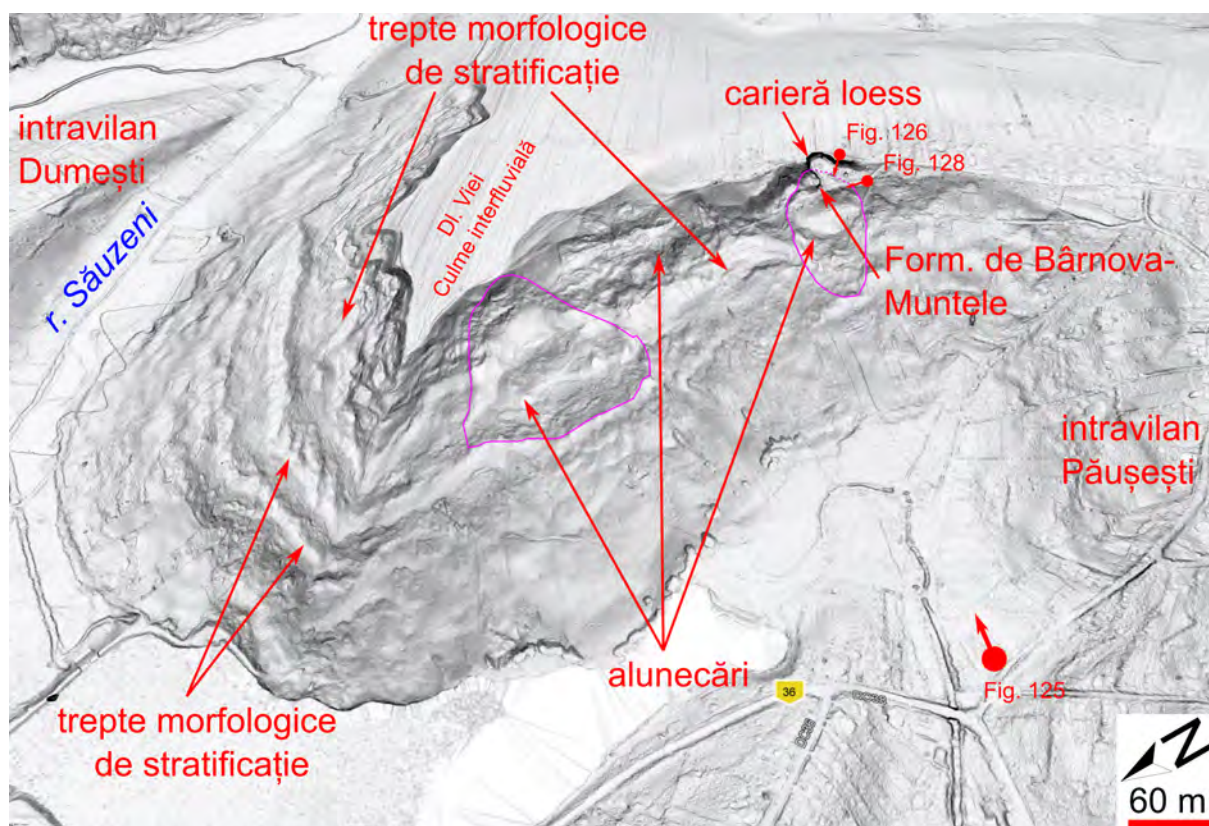


Figura 123. Contextul geografic și geomorfologic al zonei Păușești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

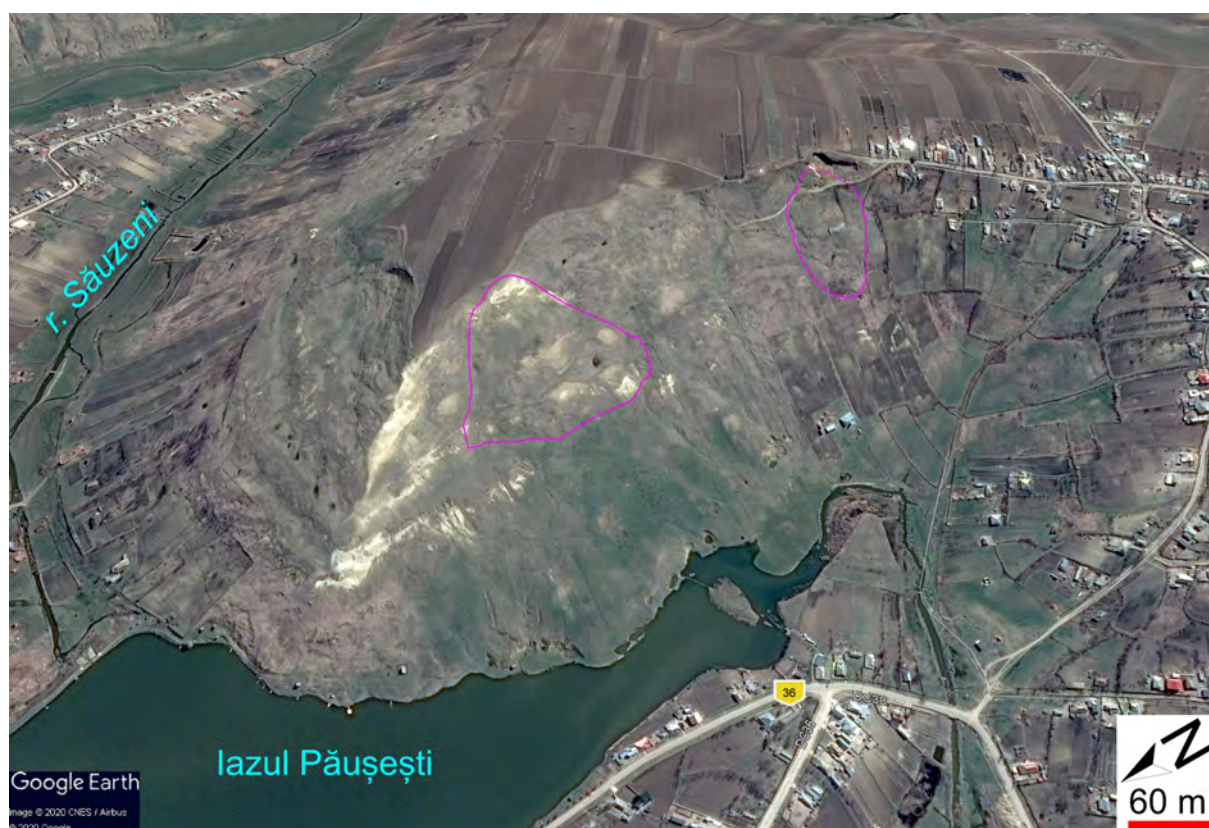


Figura 124. Contextul geografic și geomorfologic al zonei Păușești; imagine satelitară din arhiva Google Earth.





**Figura 125.** Cariera de la Păușești văzută din albia pârâului Săuzeni; se remarcă poziția carierei pe cornișa de alunecare adiacentă culmii interfluviale.



**Figura 126.** Cariera de la Păușești văzută de pe culme; în fundal se observă coada Iazului Dumești și o parte din intravilanul satului Dumești; se remarcă solul de culme, solul de versant, și culoarea galbenă a loessului; nu se evidențiază stratigrafic cornișa.



**Figura 127.** Vedere a bazei carierei, unde apare aflorată Formațiunea de Bârnova-Muntele.





**Figura 128. Formațiunea de Bârnova-Muntele puternic alterată în baza peretelui  
carierei.**



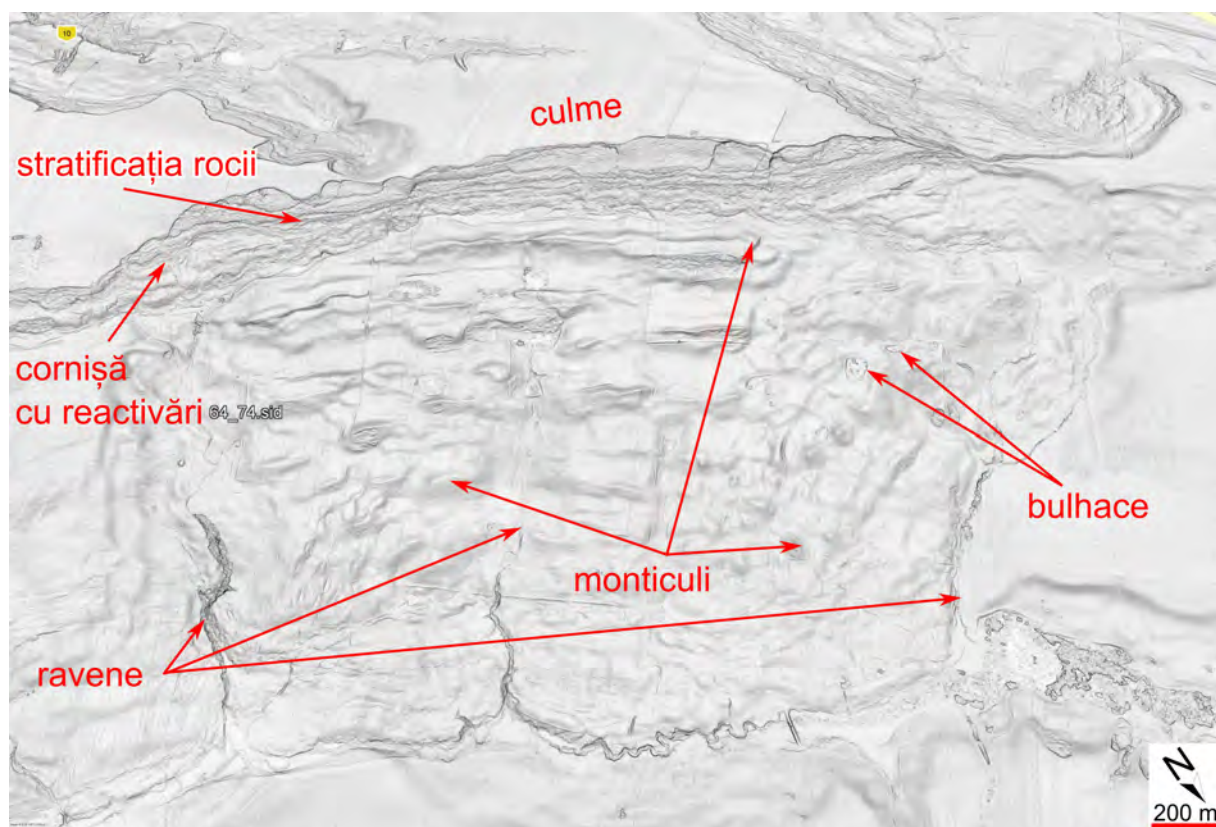


Figura 129. Alunecare complexă la nord-vest de Mitoc (jud. Botoșani) de tip glimee; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

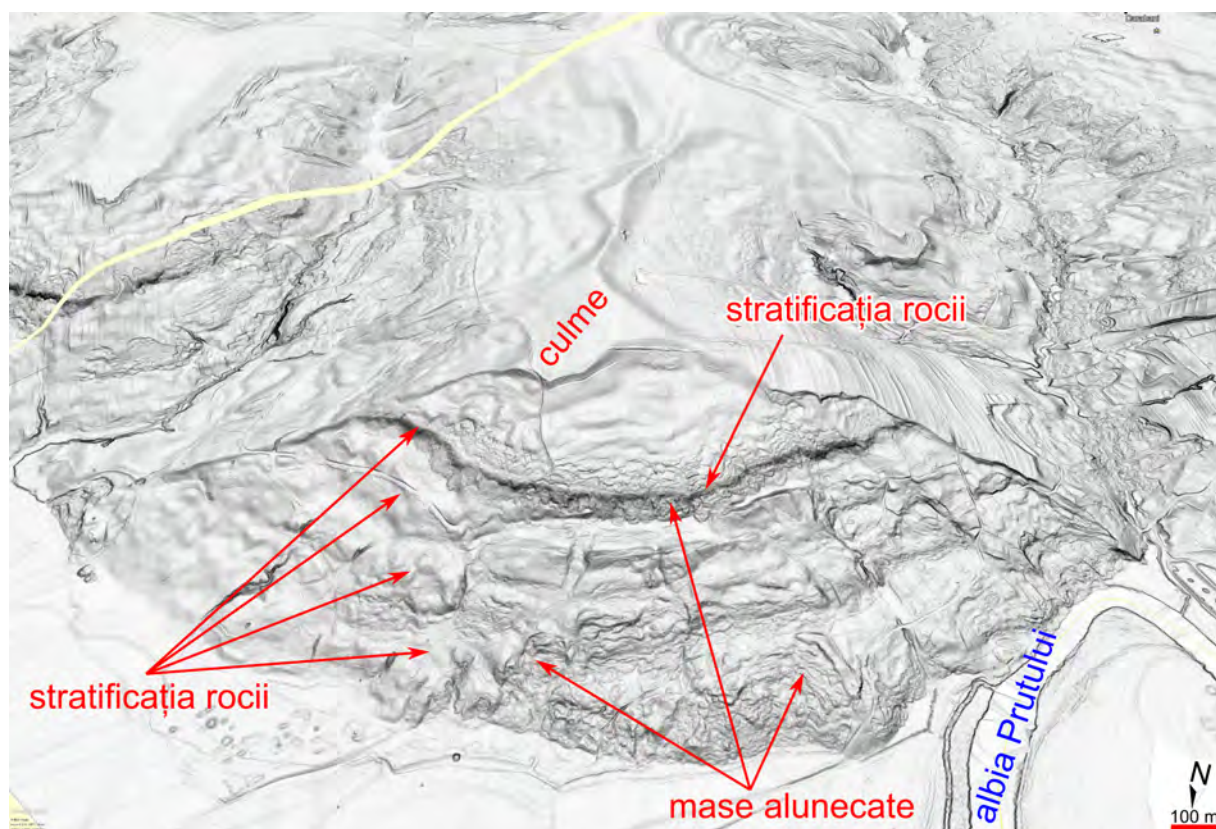


Figura 130. Alunecare complexă care acoperă întreg versantul văii Prutului, la est de Bajura; se remarcă treptele de stratificație a rocii; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



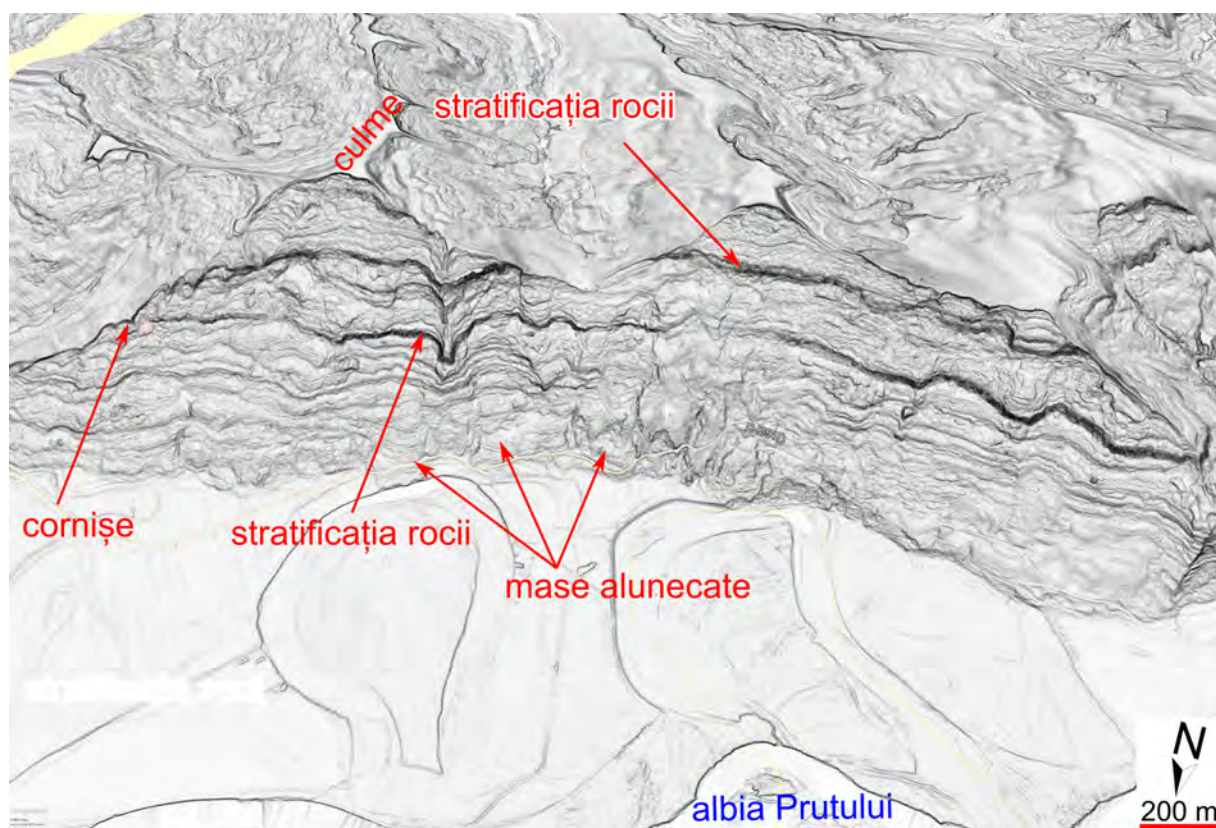


Figura 131. Alunecare complexă care acoperă versantul văii Prutului la est de Baratca; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

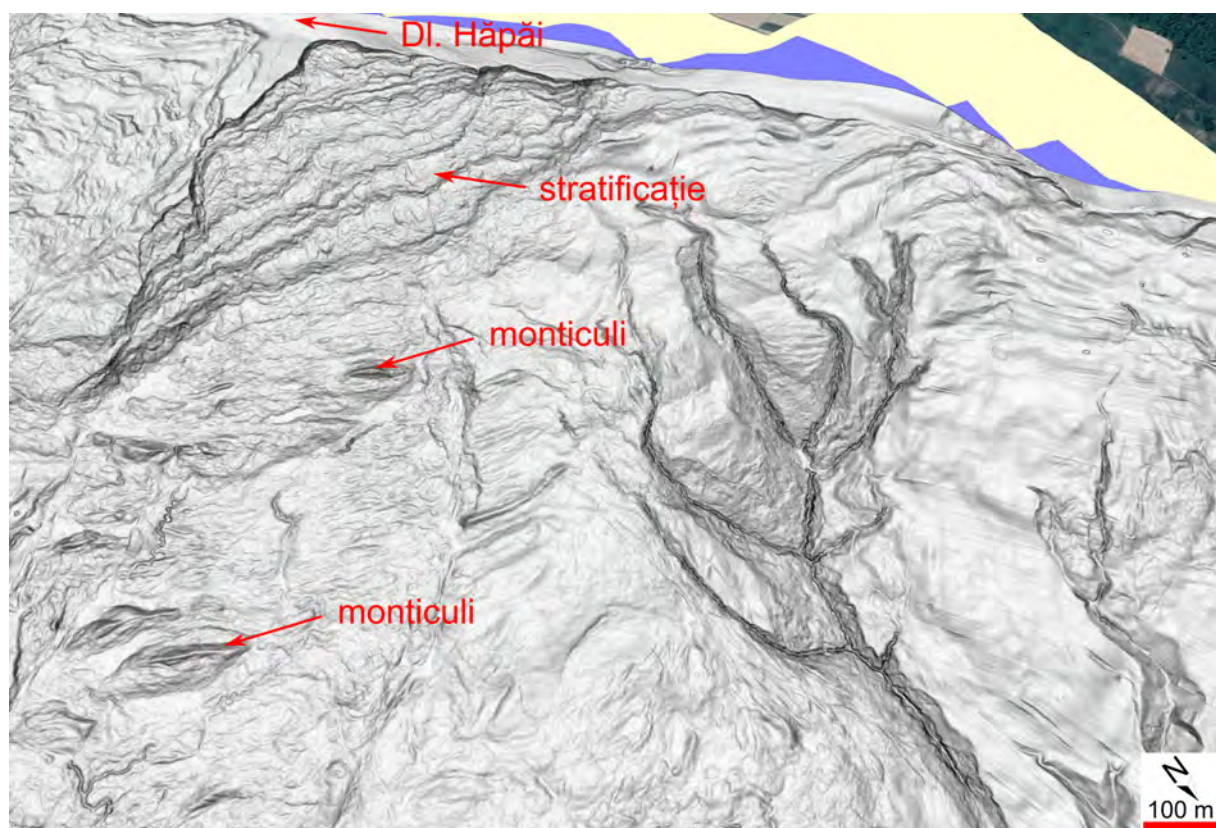
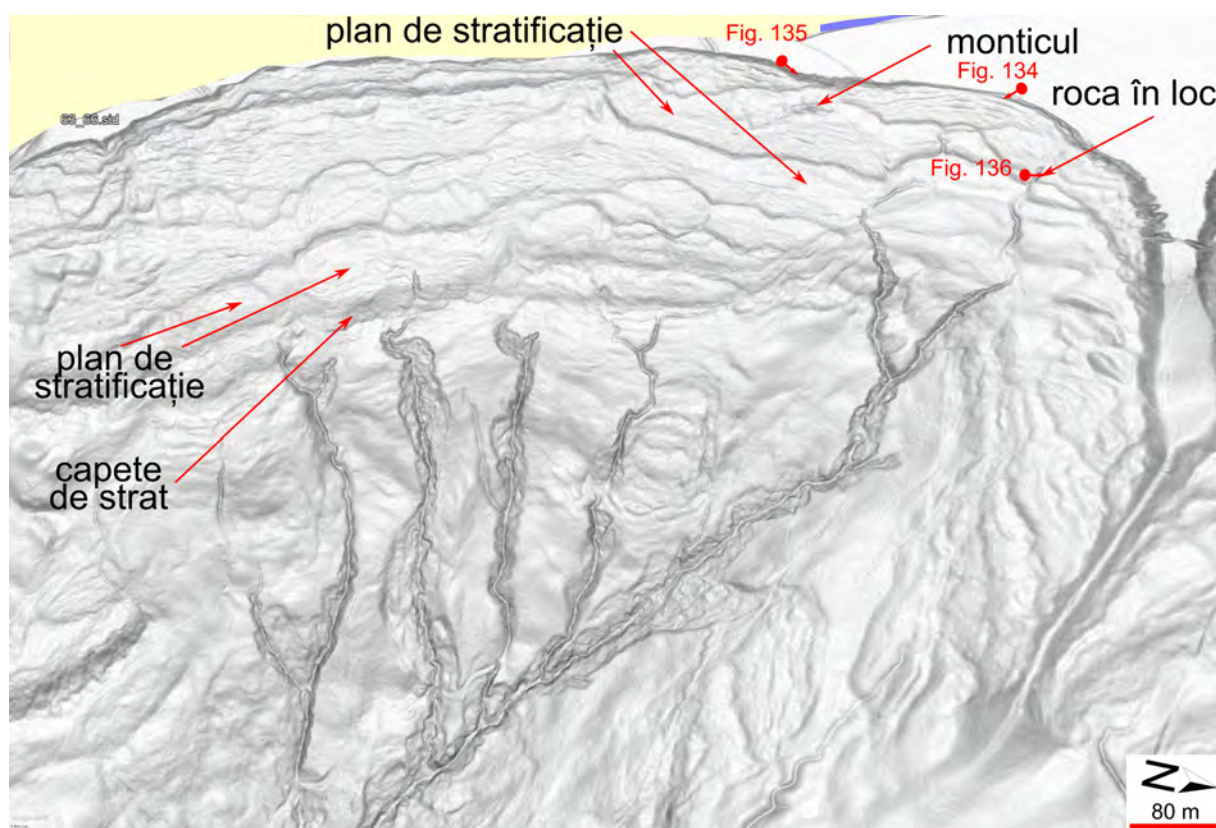


Figura 132. Alunecare complexă care acoperă versantul DI. Hăpăi, la sud de Străteni (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.





**Figura 133. Alunecarea complexă Todirești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 134. Morfologia părții superioare a alunecării de teren complexe Todirești, cu terase conforme stratificației geologice a straturilor de nisip compact.**



**Figura 135. Cornișa alunecării complexe Todirești și monticuli prezenți ca resturi ale unor pachete compacte de rocă geologică desprinse din cornișă și rămase pe planurile de stratificație; locația acestui monticul apare în Figura 89 cu mențiunea “monticul”.**





Figura 136. Roca geologică în loc (nisipuri cu intercalații de gresii) pe treptele alunecării complexe Todirești (jud. Iași); locația apare în Figura 89 cu mențiunea “roca în loc”.

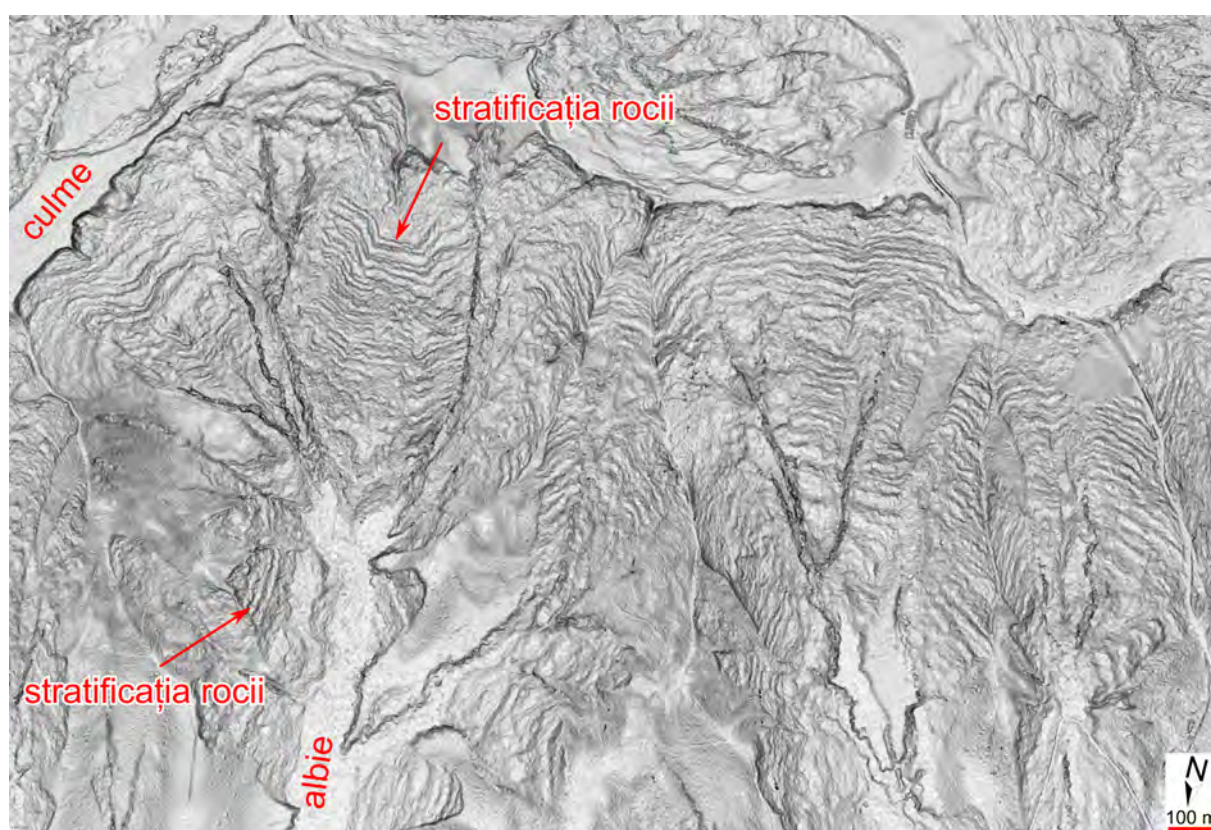


Figura 137. Succesiune laterală de alunecări complexe pe Coasta Iașilor, la sud de Hârpășești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



## **II.4 Regionarea geomorfologică a Podișului Moldovei și factorii alunecărilor de teren**

Deși regionarea geomorfologică este considerată desuetă, în cele ce urmează vom argumenta că în anumite situații totuși ea are o valoare în abordarea geomorfologică, și chiar în problematica alunecărilor de teren.

### **II.4.1 Limitele Podișului Moldovei și alunecările de teren**

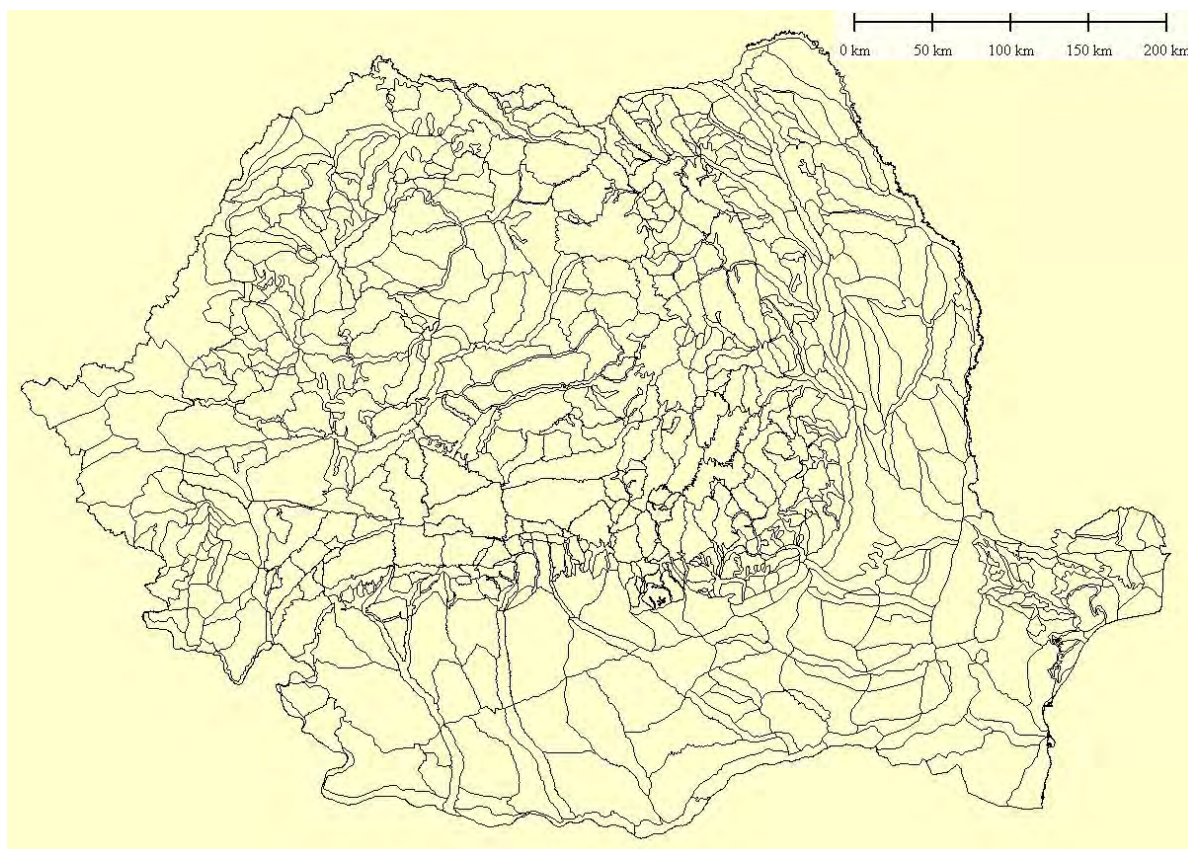
Așa cum se observă din **Figura 2** am considerat limitele Podișului Moldovei în sens larg, geomorfologic, incluzând partea sudică, respectiv Podișul/Colinele Covurlui, care conform altor specialiști este integrat unităților de câmpie, sub numele de Câmpia Covurlui. Față de **Ungureanu (1993)**, nu am depășit râul Moldova și râul Siret, pentru a include așa numitul Podiș Piemontan, datorită faptului că această interpretare a unui piemont se bazează pe o paleogeografie statică, neluând în considerare principiile tectonicii globale, și deoarece ulterior anului 1993 există lucrări geologice care relevă contextul depozițional al depunerilor considerate de **Ungureanu (1993)** ca fiind piemontane. Nici argumentul ponderii mari a reliefului fluvial, început de **Ungureanu (1993)** și continuat de **Rădoane și Rădoane (2005)**, nu credem că este valid, deoarece evoluția și datarea formațiunilor cuaternare, în special a loess-ului și a teraselor nu este elucidată, astfel că sunt integrate în conceptul de piemont, forme de acumulare și de eroziune care nu sunt dovedite a fi relaționate ca evoluție geomorfologică, mai ales ținând cont de neotectonica și evoluția complexă post-Sarmațiană. Cu excepția “Câmpiei” Covurlui, limitele sunt cele indicate de **Băcăuanu (1992)**, cu mențiunea ca nu am inclus întreg culoarul Moldovei și al Siretului, ci ne-am oprit la albia celor două râuri.

### **II.4.2 Subdiviziunile Podișului Moldovei și alunecările de teren**

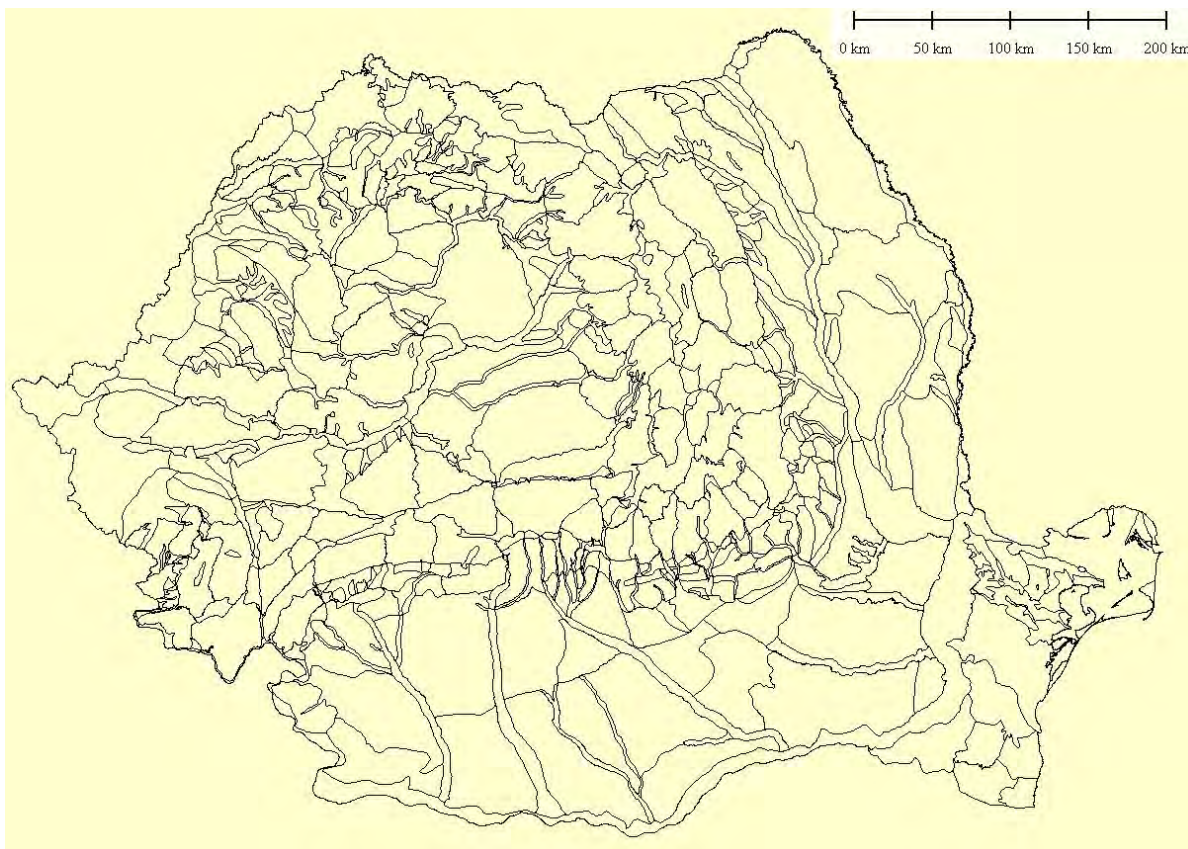
Regionarea Podișului Moldovei are o importanță deosebită dacă se dorește utilizarea informațiilor privind repartitia alunecărilor de teren (inventarul geomorfologic spre exemplu) în evaluarea hazardului, pentru susceptibilitate și risc. Din punct de vedere geologic (litologic și structural) și geomorfologic (geneză, evoluție și geomorfometrie) regiunile geomorfologice (sub-diviziunile) au caracteristici distincte unele de altele care se reflectă în tipologia, densitatea, vârsta și dinamica recentă a alunecărilor de teren. Aceste regiuni pot sta la baza diferențierii parametrilor anumitor metode statistice de estimare a susceptibilității la alunecări de teren (**Günther ș.a., 2014; Bălțeanu ș.a., 2020**).

În abordarea de față subdiviziunile din literatură (**Posea, 2005 - Figura 138 și Figura 139**) au fost considerate, dar considerându-le neconforme cu realitatea geografică a zonei am ales să utilizăm cu mici modificări privind denumirile, limite și regionare, informațiile publicată în 1992 în volumul 4,





**Figura 138. Regionarea după Posea și Badea (1982, 1984), Badea ș.a. (2001-2012), Posea (2005), digitizată de Bogdan Candrea, Petronela Candrea și Mihai Daniel Niță (geospatial.org).**



**Figura 139. Regionarea după Geografia României vol. I-VI și Posea (2005), digitizată de Mihai Niculiță (geomorphologyonline.com).**



al Geografiei României, coordonat de Lucian Badea: **Băcăuanu (1992), Gheorghiu și Lupu-Bratloveanu (1992), Băcăuanu și Nimigeanu (1992), Stănescu și Poghirc (1992):**

## 1. Podișul Moldovei

### 1.1. Podișul Sucevei

#### 1.1.1. Dealurile Ciungi

#### 1.1.2. Depresiunea Rădăuți

#### 1.1.3. Podișul Dragomirnei

#### 1.1.4. Podișul Fălticeni

#### 1.1.5. Podișul Siretului

##### 1.1.5.1. Dealurile Bour-Ibănești

##### 1.1.5.2. Șaua Dersca-Lozna

##### 1.1.5.3. Podișul Hăpăi

##### 1.1.5.4. Podișul Bucecea-Vorona

##### 1.1.5.5. Podișul Dealul Mare-Hârlău

##### 1.1.5.6. Șaua Ruginoasa-Strunga

### 1.2. Dealurile Jijiei

### 1.3. Podișul Bârladului

#### 1.3.1. Podișul Central Moldovenesc

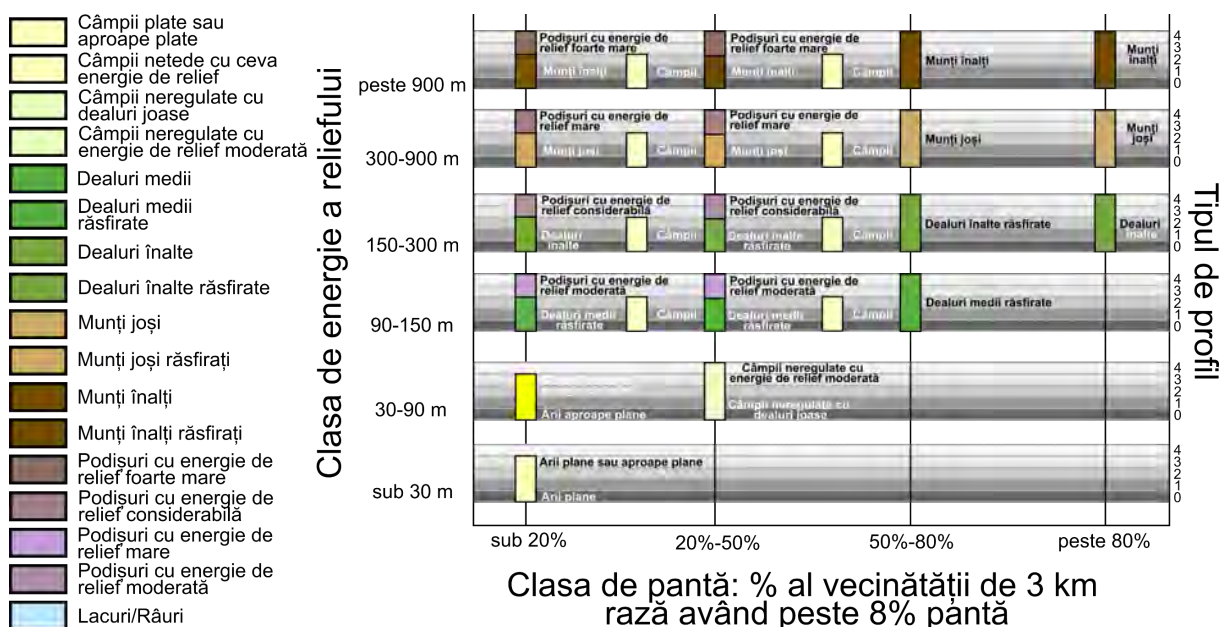
#### 1.3.2. Colinele Tutovei

#### 1.3.3. Dealurile Fălciului

#### 1.3.4. Podișul Covurlui.

Ideea de ierarhizare a lui **Posea (2005)** este binevenită, pentru a se putea face distincția între regiuni și pentru a se putea aplica criterii diferite, dar la ora actuală criteriile sunt discutabile din punct de vedere ierarhic, fiind nevoie de o metodologie geomorfometrică mai degrabă, pentru a separa diferitele forme de relief: podiș, deal, colină, depresiune.

**Karagulle ș.a. (2017)** au implementat clasificarea geomorfometrică a lui **Hammond (1954; 1964)** (**Figura 140**) utilizând MNT-ul cu rezoluție de 250 m GMTED, bazat pe datele SRTM, implementare disponibilă online (<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=cd817a746aa7437cbd72a6d39cdb4559>).

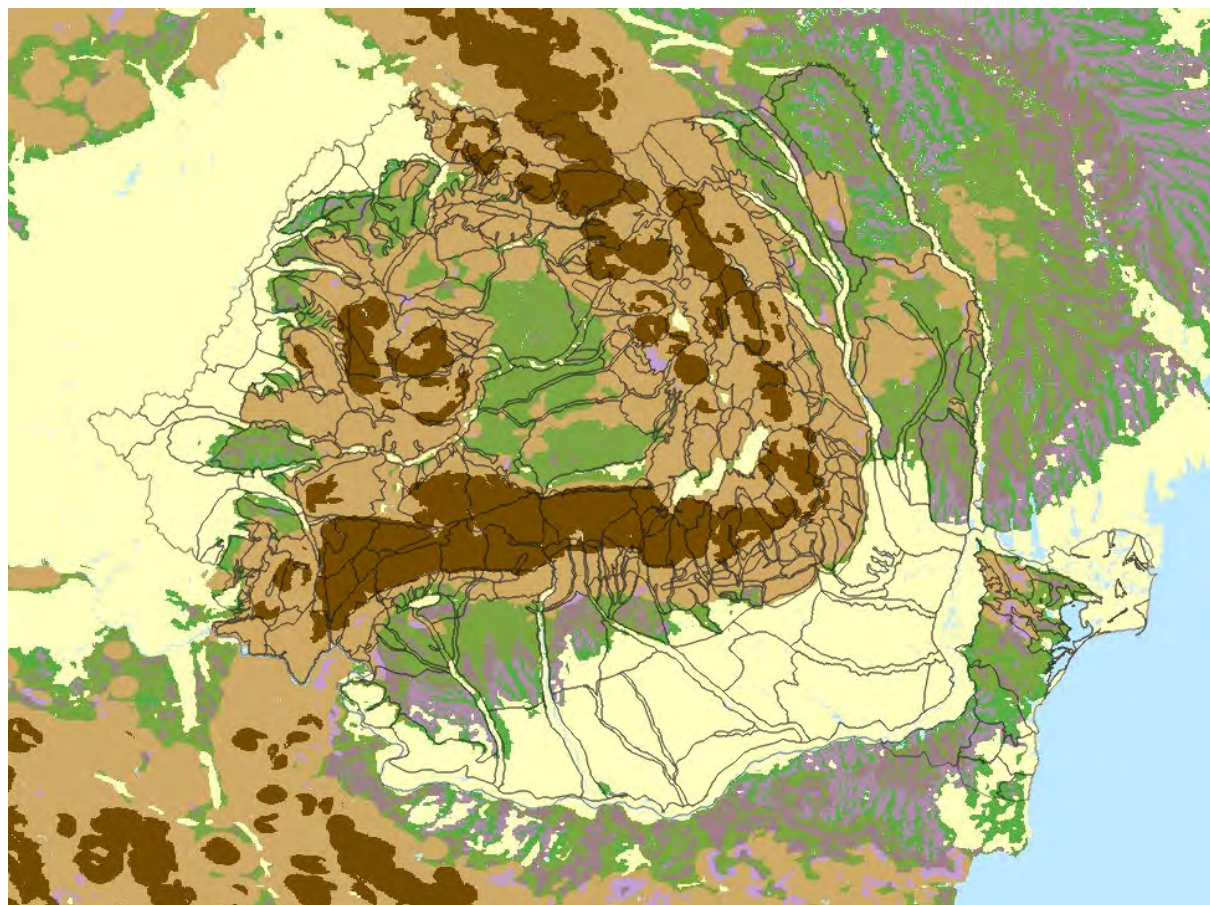


**Figura 140. Legenda clasificării Hammond implementată prin metodologia propusă de Karagulle ș.a. (2017).**

Clasa de pantă este procentul din vecinătatea cu rază de 3 km ocupat de pantele mici, definite de Hammond ca fiind sub 8% (4,57°). Panta definește astfel zonele plate și zonele înclinate. Zonele plate sunt încadrate câmpiilor, iar cele înclinate celorlalte clase. Energia de relief este diferența dintre cota maximă și cea minimă din vecinătatea cu rază de 6 km. Energia de relief spune cât de accidentat este



relieful. Prin combinarea celor două variabile se pot separa câmpiile, de dealuri și de munți. Pentru a obține rezultate valide totuși se mai adaugă și tipul de profil, în sensul că interesează dacă forma reliefului în vecinătate este de tip lowland (curbură în plan negativă sau apropiere de câmpie) sau upland



**Figura 141. Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de Karagulle ș.a. (2017) pentru teritoriul României cu subdiviziunile propuse de noi.**

(curbură în plan pozitivă sau apropiere de zone montane). Tot într-o vecinătate cu rază de 6 km se calculează diferența dintre cota pixelului și energia în vecinătate: dacă diferența este mai mare decât jumătate din energia de relief, atunci vorbim de o câmpie, dacă este mai mică vorbim de munte. Procedura propusă de Hammond devine complicată prin mixtarea claselor, iar o critică a implementării SIG a fost faptul că rezultatele diferă în funcție de arealul abordat (local, regional sau continental). **Karagulle ș.a. (2017)** au modificat metodologia, prin simplificare și prin modificarea parametrilor pentru a separa podișurile de dealuri, pentru a generaliza câmpiile (eliminând zonele înalte din acestea, care puteau fi clasificate la un moment dat câmpii cu munți) și pentru a generaliza și rezultatele, mergând mai mult spre regiuni de relief în loc de elemente de relief.

Din compararea rezultatelor obținute de **Karagulle ș.a. (2017)** și regionarea propusă de noi se pot extrage o serie de concluzii:

- este nevoie de o definiție foarte clară a formelor de relief majore, deoarece dealurile înalte și zonele de podiș înalt apar definite ca munți joși;
- nu există areale bine definite ca tipologie;
- limitele sunt destul de bine stabilite, deși există decalaje, datorate ferestrei mari de vecinătate folosite;
- nu există câmpii în Podișul Moldovei, datorită pantei și energiei de relief ridicate.

#### **II.4.3 Problema “câmpiilor” din Podișul Moldovei**

În geomorfologia românească există o serie de inadvertențe în regionare, pe care le considerăm datorate fie unei cunoașteri limitate de la momentul studierii lor, fie datorită unui context socio-politic



care a impus o anumită viziune (ne referim aici la regimul opresiv dinainte de 1990 care probabil a argumentat nevoia de colectivizare și a stabilit astfel criteriile pentru areale care deși nu se încadrau tipologic și geomorfometric, “trebuiau” declarate zone de “câmpie”).

Cea mai tipică situație de acest gen este cea a câmpiilor din regiunile deluroase: Câmpia Moldovei, Câmpia Transilvaniei și Câmpia Covurlui. Acestea nu sunt nici geomorfologic, nici geomorfometric câmpii, dar din alte considerente au fost impuse ca denumire. Nu vom trata problematica Câmpiei Transilvaniei, ci ne vom opri la câmpiile moldave. Inițial vom arăta evoluția cunoașterii lor pentru ca ulterior să arătăm morfometric realitatea cu ajutorul unei clasificări a reliefului pe baze geomorfometrice.

În limba română pe filieră latină, termenul câmpie (lat. campos = câmp, teren agricol) se referă la o întindere fără diferențe de nivel majore. În engleză termenul este mai descriptiv (plain), dar în română aluzia la câmp agricol poate naște confuzii celor neavizați, prin utilizarea termenului de câmpie pentru câmpuri agricole.

În literatura internațională nu există valori prag ale pantei și energiei de relief pentru definirea unei câmpii. În literatura geografică incipientă chiar (Humboldt, Davis) se vorbește de câmpii înalte, din lanțurile montane asiatice și sud-americe; față de câmpiile joase, aproape de nivelul mării. Câmpiile pot fi și erozionale și de acumulare, dar în nici o tipizare geomorfologică utilizarea terenului nu este folosită drept criteriu.

**Porucic (1928)** regiunează geomorfologic, două Câmpii, cea Moldavă și cea Pontică, în spațiul de la est de Carpați.

**Tufescu (1935, 1937)** menționează ambele denumiri Câmpia Moldavă și depresiunea Jijia-Bahlui, deși uneori pare că se referă la Câmpia Moldavă a lui Porucic, pe când depresiunea Jijia-Bahlui este o subdiviziune a precedentei. Tufescu este mult mai interesat de limitele dintre această regiune joasă, și vecina ei mai înaltă de la vest, Podișul Siretului, decât de criteriile de încadrare într-o anumită tipologie a regiunii în sine. **Tufescu (1935)** menționează faptul că locuitorii zonei denumesc arealul “câmpie”. Ulterior el revine cu un aspect care într-adevăr este valid, dar nu este altceva decât capcana metodei panoramice: *“Privit dintr’un punct dominant de pe margine, relieful depresiunii apare îmbătrânit, nu departe de stadiul de peneplen. Privirea se odihnește pe culmi largi, teșite în formă de platouri joase (150-200 m) care se pierd în zarea spălăcită ca niște creionări slabe pe sticlă mată.”* (**Tufescu, 1935**), care releva și nesfârșite suprafețe, platforme, niveluri și planuri d eroziune (a se vedea și **Mihăilescu, 1929**). Bineînțeles, lipsa datelor de teledetecție, făcea geograful și geomorfologul perioadei interbelice dependent de viziunea panoramică și a hărții topografice în curbe de nivel interpolate grosier, astfel încât încadrarea tipologică din punct de vedere geomorfologic se făcea pe baza analizei vizuale a morfologiei.

**Băcăuanu (1968)** studiază geomorfologic regiunea, dar nu aduce nici o explicație privind încadrare la tipologia de câmpie a unei regiuni cu relief de cueste, alunecări de teren și o geomorfometrie deluroasă. În **Geografia României, volumul 1 (1983)** în schimb menționează ca o notă de subsol la Câmpia Moldovei: *“Numele de “câmpie” nu se referă la relief, care este reprezentat în general prin dealuri ușor vălurite, ci reflectă caracteristicile peisajului geografic, derivate din funcția agricolă a acestei regiuni”*.

**Ungureanu (1993)** preia de la **Băcăuanu (1983)** termenul de “câmpie colinară” și îl consacră pentru unele zone din podiș, termen pe care noi îl considerăm o “struțo-cămilă” greu de digerat și care nu are o argumentare decât în contextual dorinței de a mulțumi viziunile pre și post-comuniste.

În privința Câmpiei Covurlui **Sevastos (1907)** magistral intuiește condițiile tectonice ale regiunii, prin considerare zonei joase a Siretului și Dunării ca tectonice, deși nu avea cum să intuiască modelul tectonic real prezentat de **Mațenco (2007)**. El argumentează limita dintre câmpie și “dealurile din Moldova” pe baze litostratigrafice și tectonice pe o linie care unește localitățile Galați-Cătușă-Bărboși-Vameșu, pentru limita sudică, apoi Vameșu-Manjina-Cudalbi-Corod-Ungureni-Ionășești de jos, pentru cea sud-vestică. Vom cita doar partea de început a argumentării privind “hotarul” dintre aceste două unități: *“După ce am făcut cunoștință cu alcătuirea geologică a Moldovei inferioare, ne este cu putință, să arătăm hotarul între câmpia română și dealurile acestei provincii. Totuși această delimitare e anevoe de făcut, fiindcă dacă ne vom sluji numai de considerațiuni topografice și hypsometrice, de multe ori vom cădea într’un impas, de unde nu suntem în stare să eșim; deoarece colinele Moldovei de jos pleacă pe nesimțite spre miazăzi spre a se confunda cu câmpia, după cum se*



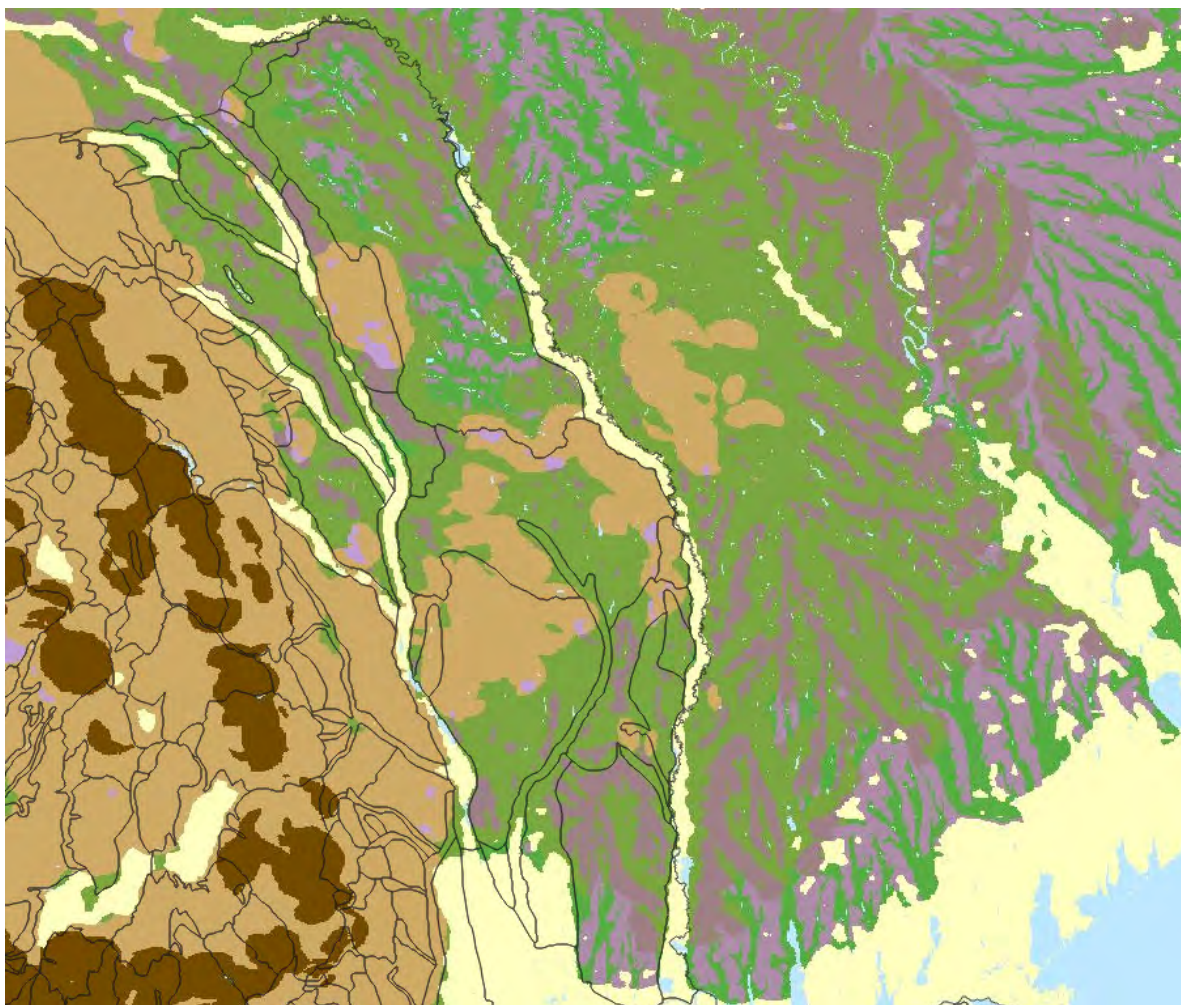


Figura 142. Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de Karagulle ș.a. (2017) pentru teritoriul Podișului Moldovei.

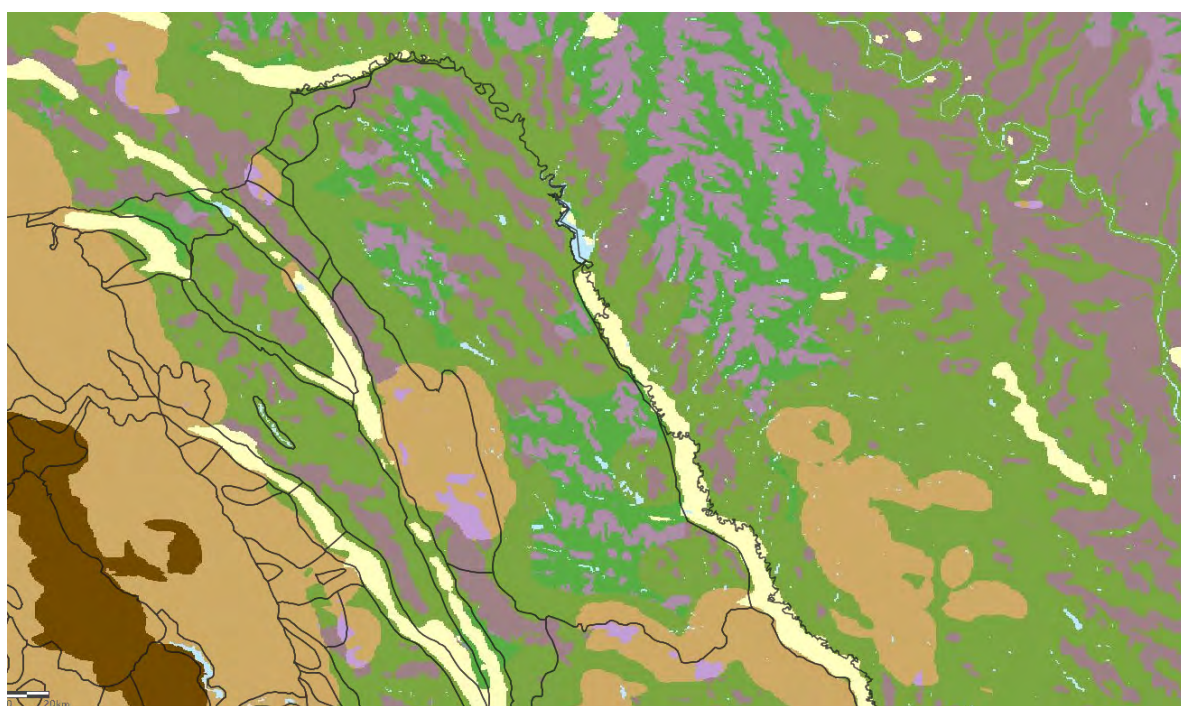


Figura 143. Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de Karagulle ș.a. (2017) pentru teritoriul Dealurilor Jijiei.



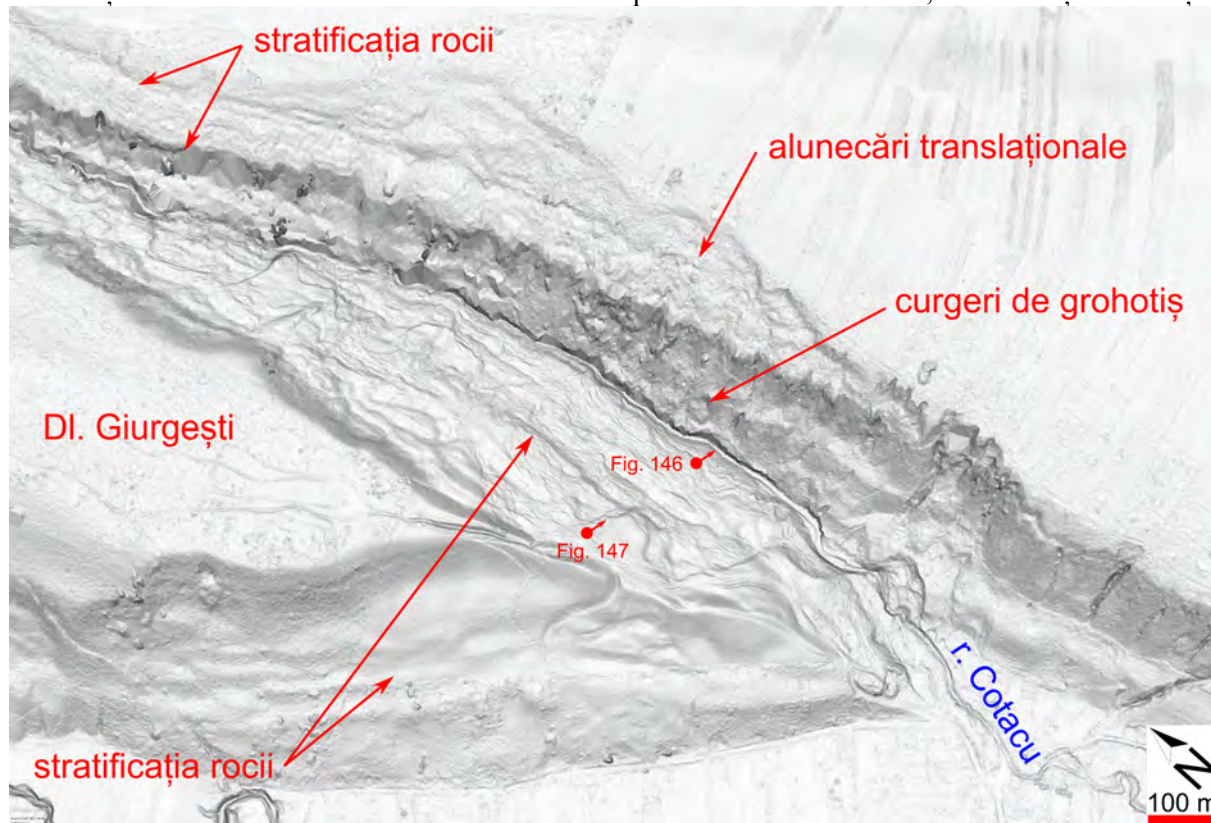
întâmplă cu platoul Cozmeștilor și podișul din Covurlui, unde dela neînsemnata înălțime de 50-60 m. ajungem încetul cu încetul până la măguri mai bine de 300 m. cu văi adânci și codri întemeiați, ce nu le putem face să intre în câmpie cu nici un preț. Iar dacă am admite o curbă de nivel ca hotar între aceste două regiuni, ar fi cea mai mare greșeală, ce nu'mi dau osteneala să o mai probez.”

În **Figura 142** și **Figura 143** se poate observa că arealele considerate drept “câmpii” sau “câmpii colinare” nu întrunesc condițiile geomorfometrice de câmpie, având ponderi mari ale pantelor peste 3° și energii de relief care frecvent depășesc 90 m, iar profilul este unul de tip upland. Concluzia celor prezentate este că aceste regiuni geomorfologice ar trebui considerate conform morfometriei lor și unor criterii geomorfologice, atributul de câmpie fiind complet greșit.

#### II.4.4 Factorii geomorfologici ai alunecărilor de teren din Podișul Moldovei

##### Râurile

În general rețeaua hidrografică este cea care determină formarea versanților, dar și destabilizarea lor, determinând alunecări de teren, uneori ca factor favorizant, alteori ca factor declanșator. Degradarea (adâncirea albiilor) nu se face concomitent la nivelul întregii rețele de drenaj din Podișul Moldovei, ci variabil, atât temporal cât și spațial. Pe râurile mici (**Figura 144**) adâncirea este mai accentuată în general, și este istorică, existând albiile în rocă (**Figura 146**). În cazul acestora deoarece albiile majore sunt înguste există cel mai mare potențial de declanșare/reactivare a alunecărilor datorită eroziunii laterale și a adâncirii albiei minore. Aceste alunecări pot afecta malurile albiei, sau versanții adiacenți



**Figura 144.** Alunecări de teren influențate de adâncirea râului Cotacu amonte de vărsarea acestuia în Bahluieț, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești, la nord de satul Giurgești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

Pe râurile mari în general are loc agradare la nivelul albiei majore, și chiar dacă există adâncire la nivelul albiei minore, aceasta nu declanșează alunecări decât dacă prin eroziune laterală se deplasează spre unul din versanți. O dată declanșată alunecarea, fie de mal, fie de versant, râul va transporta materialul ajuns în albie întreținând astfel procesul de alunecare (**Figura 151-Figura 153**). Un exemplu grăitor de declanșare și întreținere a activității alunecării, cu extinderea ei spre partea superioară este

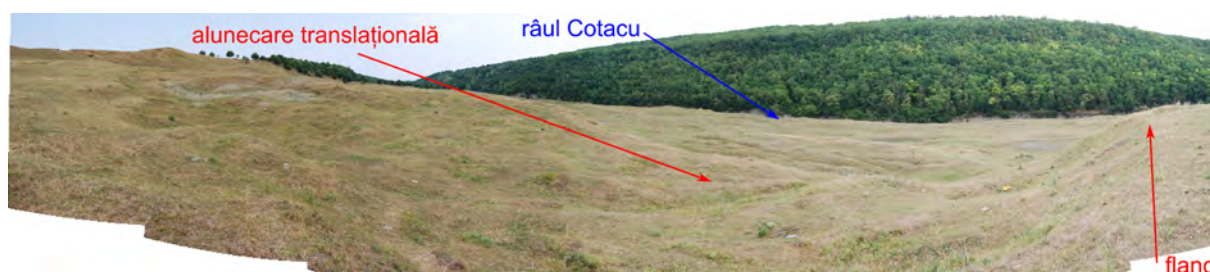




**Figura 145. Alunecări de teren influențate de adâncirea râului Cotacu la vărsarea acestuia în Bahluiet, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești, la nord de satul Giurgești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

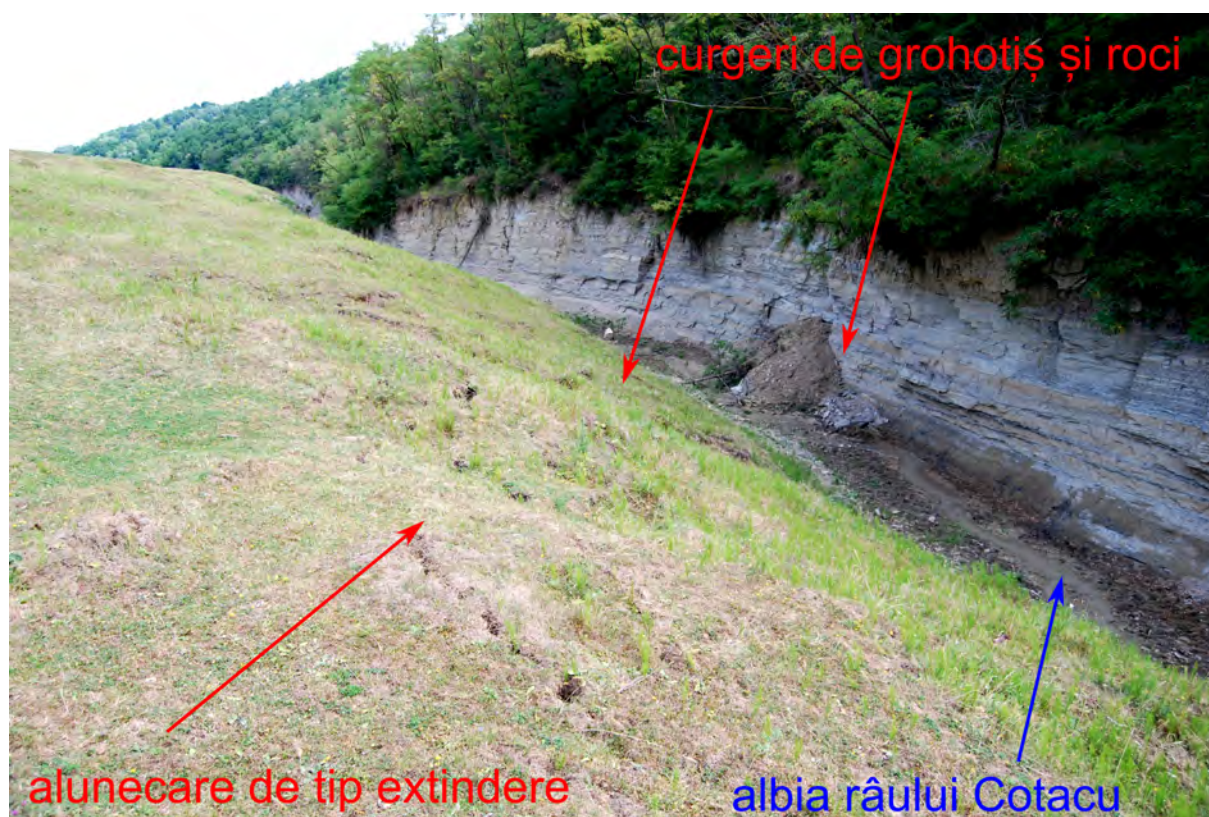


**Figura 146. Cădere de grohotiș și de roci pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași), declanșate de adâncirea râului.**



**Figura 147. Alunecări de teren recente declanșate de adâncirea râului Cotacu, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești.**





**Figura 148. Cădere de grohotiș și de roci și alunecare de tip extindere pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași).**



**Figura 149. Alunecarea malului râului canalizat Goești, la Goești (jud. Iași).**





**Figura 150. Alunecare de mal al canalului râului Goești, la Goești (jud. Iași).**



**Figura 151. Alunecarea versantului Dl. Coșeri, declanșată de eroziunea canalului râului Cacăina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași).**

alunecarea de teren de la Șipote (jud. Iași). Aici, încă dinainte de anii 1920 (Niculiță ș.a., 2020b), adâncirea și eroziunea laterală a râului Miletin a generat declanșarea unei alunecări de teren (Figura 154) care arată semne de activitate, deși rata de alunecare este lentă (Figura 155).

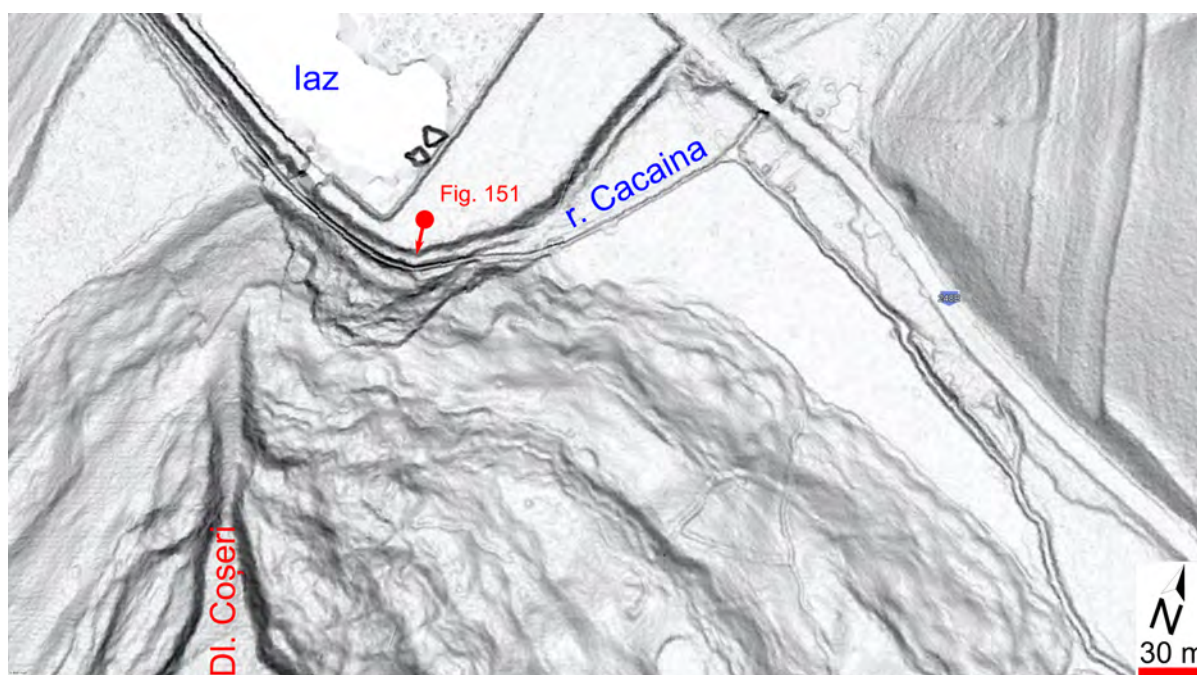
## Ravenele

Ca forme incipiente ale rețelei de văi, ravenele determină alunecări atât la nivelul malurilor (Niculiță ș.a., 2018n, 2020a), cât și la nivelul versantului (Figura 156-Figura 160), cu o rată și cu o frecvență mai mare decât râurile, deoarece și dinamica acestora este mai accentuată. În funcție de litologie, malurile pot rezista mai bine sau din contră pot să cedeze foarte rapid, post-incizie. Materialul alunecat, este evacuat fie rapid, fie rezidă un timp în canalul ravenei, în funcție de precipitații și de topirea zăpezilor. Atât în trecut (Figura 161 și Figura 162), cât și în prezent (Figura 164 și Figura 165), relația alunecărilor cu ravenarea este de feedback continuu, ravenele apărând pe mase de alunecare și pe flancuri, dar și unele ravene reprezentând factori declanșatori pentru alunecări (Figura 165), astfel încât la un moment dat cele două fenomene sunt greu de separat (Figura 161 și Figura 162).





**Figura 152. Micro-alunecare în malul canalului râului Cacaina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași).**

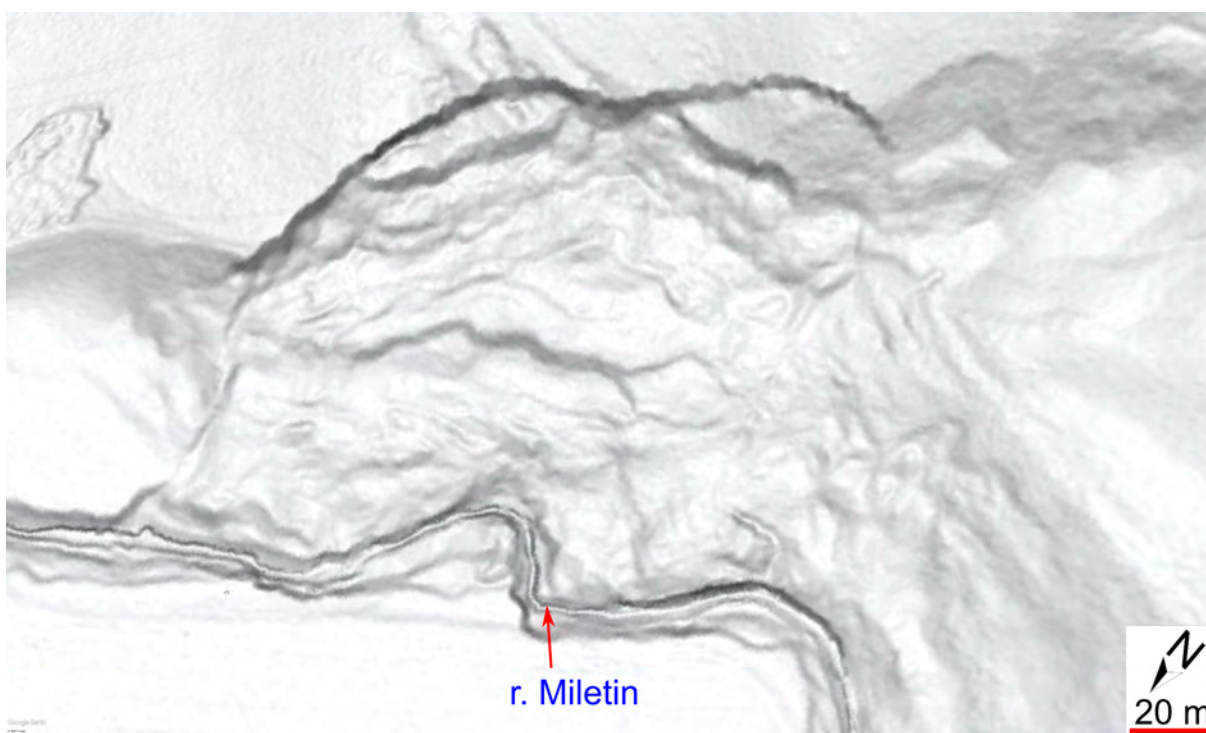


**Figura 153. Situația topografică a canalului râului Cacaina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași) și a alunecării versantului Dl. Coșeri; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



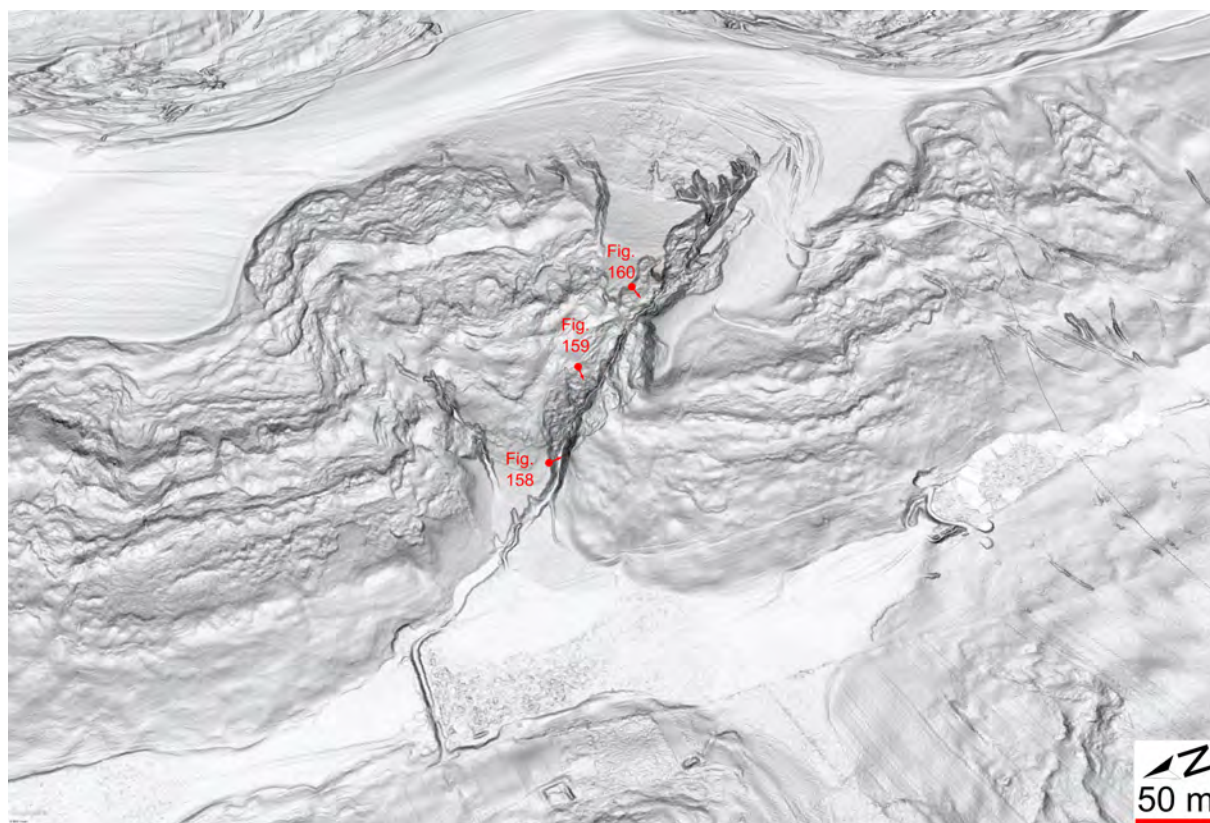


**Figura 154.** Alunecarea de teren Șipote, declanșată și întreținută de adâncirea și eroziunea laterală a albiei râului Miletin (Șipote, jud. Iași) – imagine aeriană din 2019.



**Figura 155.** Alunecarea de teren Șipote (Șipote, jud. Iași), în 2012 așa cum apare pe umbrirea MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m; se remarcă față de **Figura 154** alunecare incipientă a cornișei, fapt ce arată că alunecarea este activă, dar lentă.





**Figura 156.** Ravena Valea Sârbilor, la sud-est de Brăești (jud. Iași) ; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 157.** Ravena Valea Sârbilor, la sud-est de Brăești (jud. Iași) ; imagine satelitară din arhiva Google Earth.





**Figura 158. Alunecări translaționale în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași).**



**Figura 159. Alunecare rotațională în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași).**



**Figura 160. Alunecare rotațională de tip colaps, în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași).**





**Figura 161. Valea Mălăria, afluent al Hobanei, la nord de Adam (jud. Galați); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 162. Valea Mălăria, afluent al Hobanei, la nord de Adam (jud. Galați); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



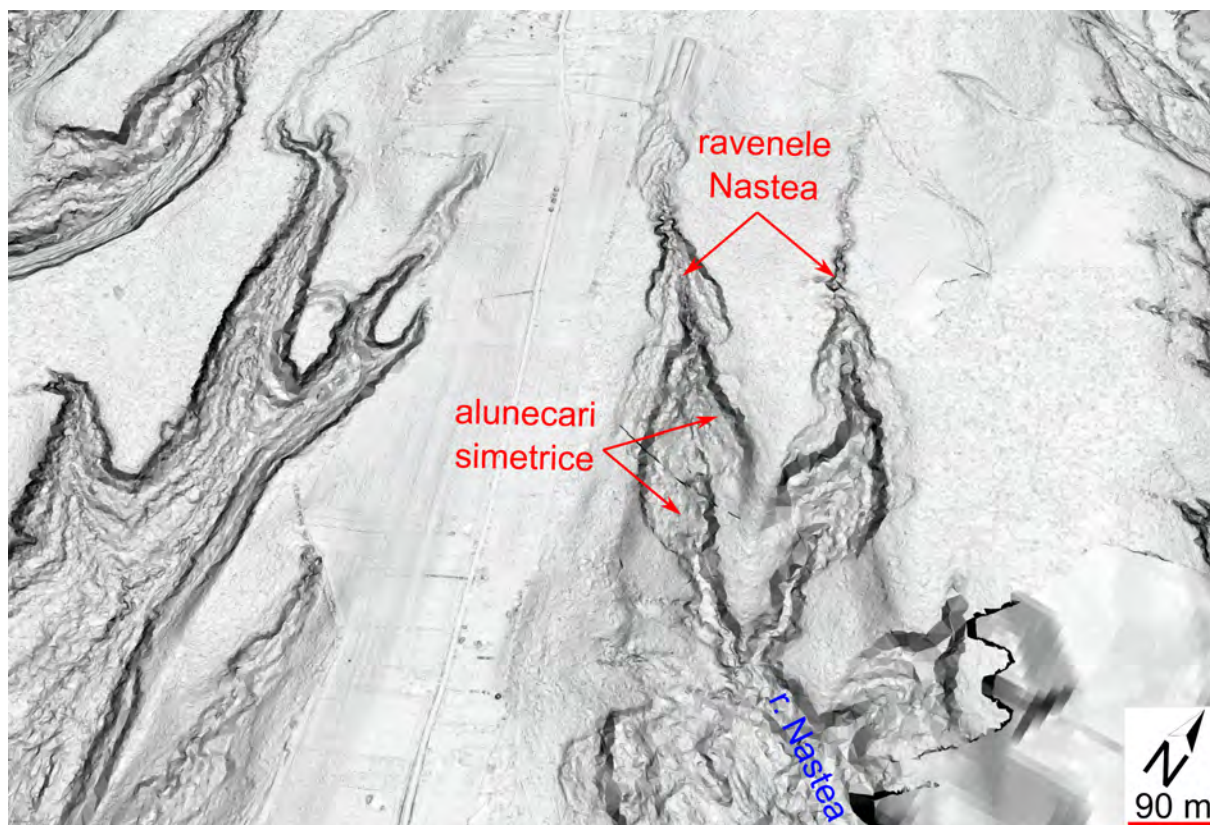


**Figura 163. Alunecări de teren declanșate de adâncirea ravenei Valea Cetății Vladnic, la est de Corni-Albești (jud. Vaslui).**



**Figura 164. Alunecări de teren influențate de adâncirea ravenei Valea Cetății Vladnic, la est de Corni-Albești (jud. Vaslui).**





**Figura 165.** Alunecări simetrice (pe ambele maluri) ale ravenei Nastea la est de Poiana cu Cetate (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

### **Antropic – Drumurile**

Deși sunt cele mai afectate de alunecări, drumurile, ca elemente de infrastructură, sunt la rândul

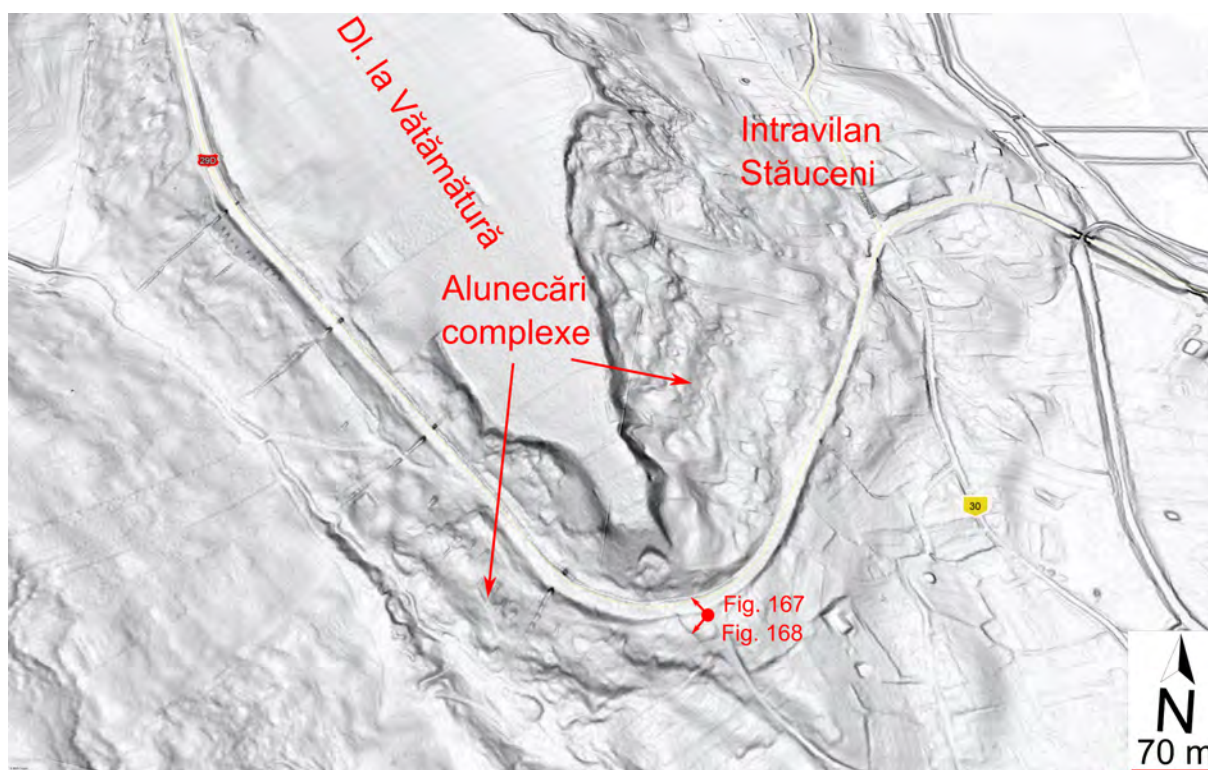


**Figura 166.** Detaliu al alunecării care afectează carosabilul și taluzul DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni (jud. Botoșani).



**Figura 167.** Carosabil și taluz afectate de alunecări de teren pe DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni (jud. Botoșani).





**Figura 168.** Detalii topografice ale alunecărilor de teren complexe intersectate de DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni; detalii privind dinamica actuală studiată cu ajutorul DinSAR se regăsesc în [Necula ș.a. \(2018b\)](#); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 169.** Alunecări de teren pe DN 29D (Botoșani-Ștefănești), în localitatea Drislea.

lor, factori declanșatori. În anumite areale unde există alunecări vechi, stabilizate, construcția de drumuri pe masele de alunecare, duce inevitabil la reactivarea acestora. Odată reactivate, intervențiile care se fac cel mai adesea nu consideră tot contextul geomorfologic al alunecărilor, astfel că după repararea căii de rulare, eventual a terasamentelor, nu este decât o problemă de timp și de cantitate de precipitații, până când alunecarea se va reactiva (**Figura 166-Figura 168**). În aceste situații pe termen lung se ajunge la reactivarea unor porțiuni extinse, care necesită investiții mari pentru stabilizare (**Figura 166-Figura 168**). Alături, chiar reparațiile se fac cu desconsiderarea hidrologiei și hidrogeologiei locale, astfel că reactivările sunt anuale, în sezoanele ploioase (**Figura 171-Figura 173**). O abordare care ar ajuta foarte mult reducerea efectelor pe care le au alunecările de teren asupra drumurilor, și a drumurilor existente/proiectate asupra alunecărilor de teren stabilizate, ar fi inventarierea alunecărilor de teren care sunt intersectate de drumuri sau se află în proximitatea acestora (**Figura 174-Figura 175**). Această inventariere, dublată de o cartare geomorfologică poate fi utilizată pentru a indica zonele unde drenajul actual este deficitar, eventual unde ar trebui executat, astfel încât proiectanții să aibă o imagine de an-



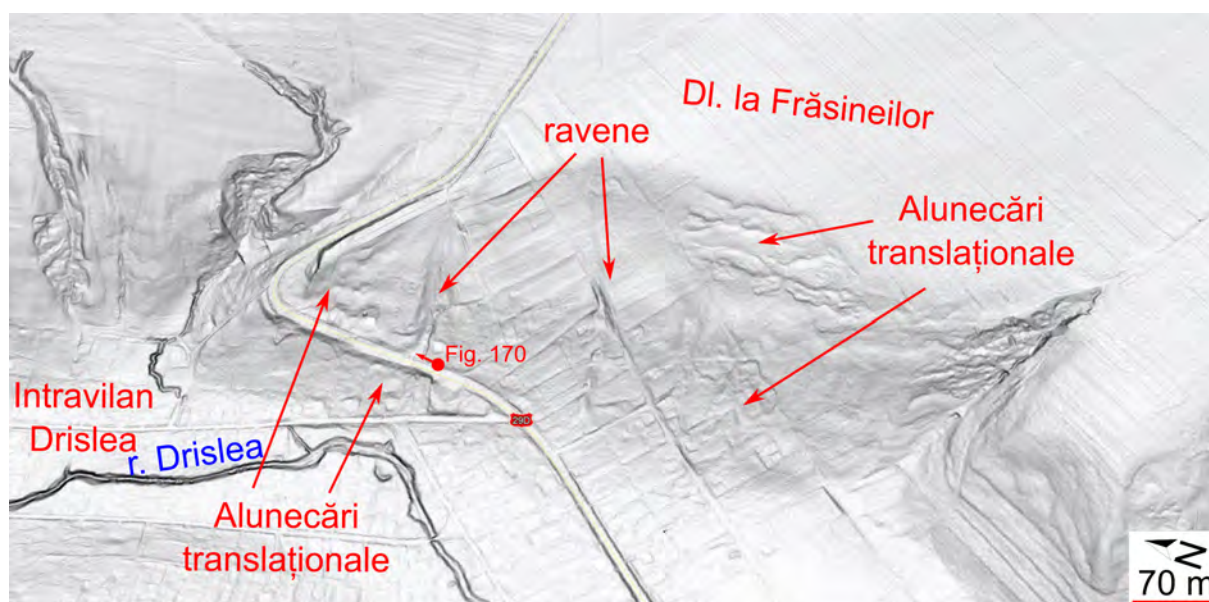


Figura 170. Detalii topografice ale alunecărilor de teren translaționale intersectate de DN 29D (Botoșani-Ștefănești), în localitatea Drislea; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

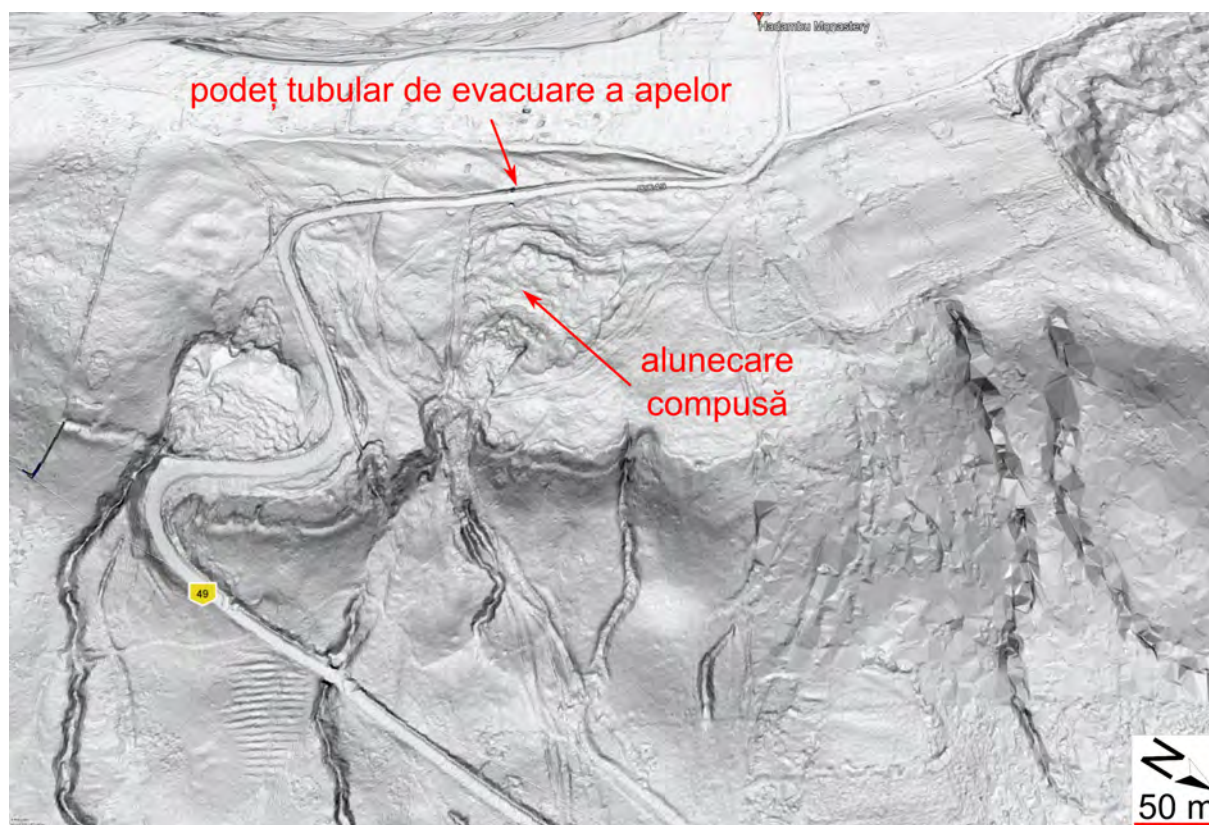


Figura 171. Detalii topografice ale alunecărilor de teren complexe intersectate de DC 49 (Mogoșești-Hadâmbu), la intrarea în localitatea Hadâmbu; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

sambu asupra situației din teren. Ideal ar fi ca înainte de proiectare și execuție să se dubleze, interpretarea geomorfologică, cu studii geofizice, geotehnice și hidrogeologice. În acest mod, s-ar putea evita intervenții care nu fac altceva decât să ducă la o reactivare continuă, așa cum spre exemplu se întâmplă în cazul DC 49 la intrarea în Hadâmbu (**Figura 171-Figura 173**). Există areale extinse în lungul rețelei de drumuri, unde alunecările de teren stabilizate sunt prezente în proximitatea căii de rulare, și unde în eventualitatea reactivării, la magnitudini chiar medii ale alunecărilor, refacerea acestora





**Figura 172.** Alunecările de teren complexe intersectate de DC 49 (Mogoșești-Hadâmbu), la intrarea în localitatea Hadâmbu; imagine satelitară din arhiva Google Earth.



**Figura 173.** Alunecarea din primăvara 2017 a materialului utilizat la reconstrucția taluzului DC 49 după alunecarea din 2014.

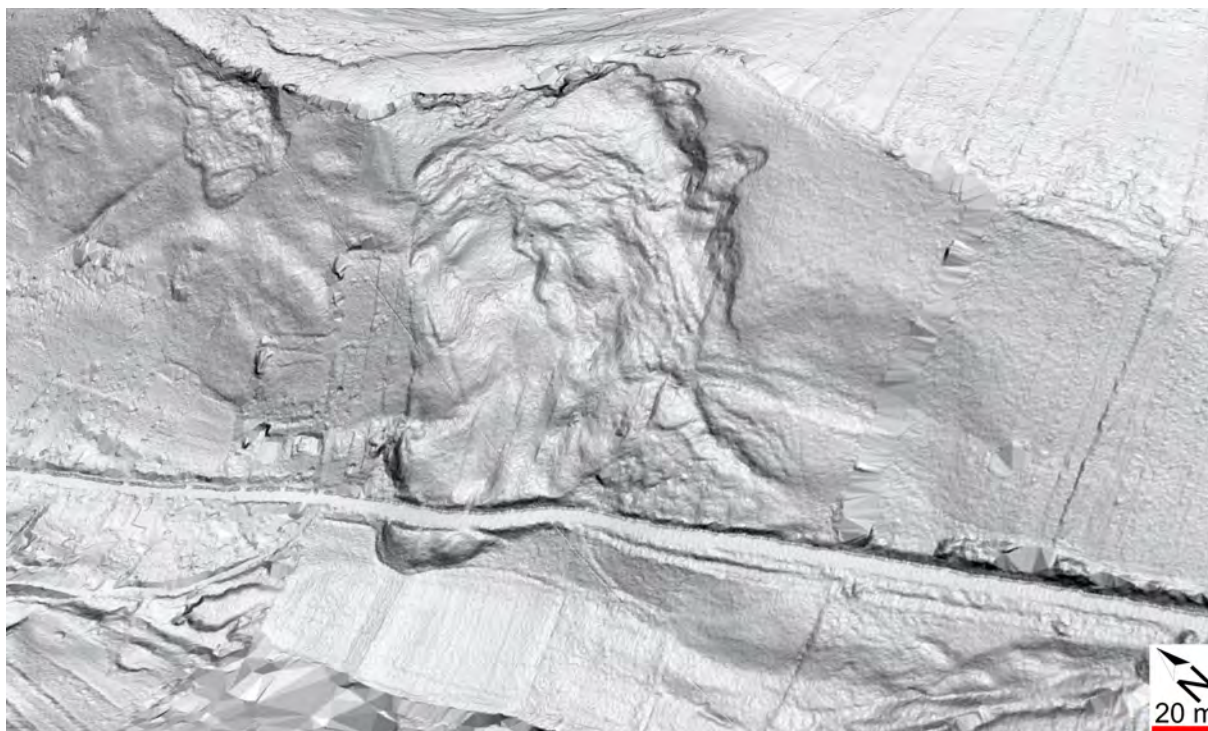
ar presupune investiții majore (**Figura 176**).

## Carierele

Carierele de argile/luturi sunt frecvente la nivelul zonelor rurale din Podișul Moldovei, și nu este rar ca deschiderea acestora să destabilizeze versantul ducând la declanșarea unor alunecări de teren noi sau la reactivarea unora mai vechi.

Atunci când se dorește exploatarea argilelor în substrat se realizează deschideri în special la baza cornișelor, în partea superioară a versantului, aceste deschideri dovedind adâncimea redusă a deluviilor de alunecare. Când se dorește exploatarea lutului provenit din alterarea maselor de alunecare, se realizează deschideri la baza masei alunecate sau în zona mediană. Frecvente au fost și gropile de îm-





**Figura 174. Detalii topografice ale alunecării de teren intersectate de drumul comunal de la ieșire din Găureni spre Miroslava (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 175. Situația din teren a alunecării de teren intersectate de drumul comunal de la ieșire din Găureni spre Miroslava (jud. Iași).**

prumut pentru material utilizat la construcția barajelor de pământ, realizate în versanții adiacenți acestora. În ultimul timp se realizează gropi de împrumut pentru diverse lucrări de infrastructură de la nivelul albiilor (poldere), tot pe alunecări de teren (în zona localităților Banu și Podu Iloaiei).



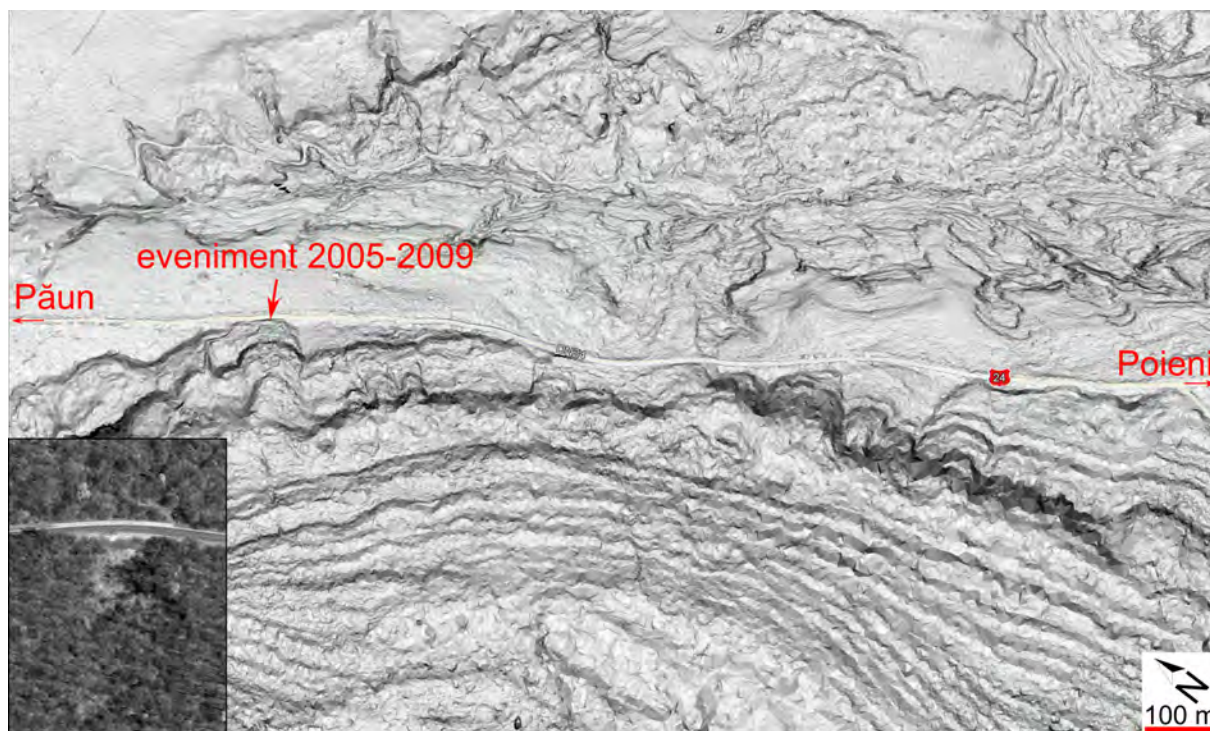


Figura 176 Situația topografică a sectorului DN24 între Păun și Poieni, situat amonte de cornișa unui alunecări complexe, cu numeroase reactivări, ultima între 2005 și 2009 (km 175 – Cozar, 2014); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



Figura 177 Cariera de argile în lateralul DJ248B între Lețcani și Cucuteni, care a determinat reactivarea masei alunecate a unei alunecări vechi, pre-medievale (a se vedea capitoul dedicat datărilor).





**Figura 178. Alunecarea părții superioare a unei carierei de argilă de la sud de intravilanul localității Răducăneni.**



**Figura 179. Alunecare declanșată de o carieră din lateralul DC10 Popricani-Rediul Mitropoliei.**

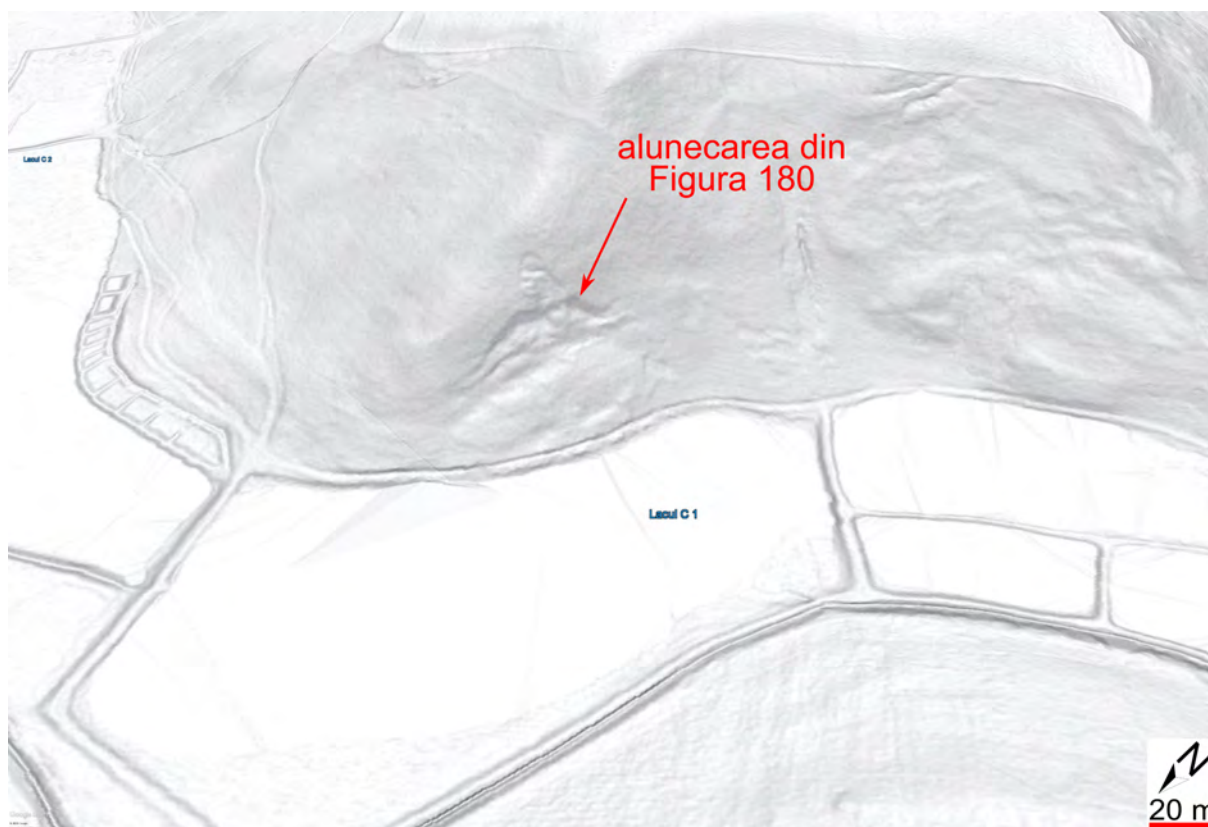


## Iazurile

Construcția de iazuri are o tradiție care vine din perioada medievală, Dealurile Jijiei fiind cunoscute drept un areal unde densitatea acestora a fost și este mare. Prezența unor volume de ape în proximitatea bazei versantului poate determina declanșarea alunecărilor de teren (**Figura 180** și **Figura 181**). Datorită vechimii acestora, există situații când bararea văii a fost făcută parțial de alunecări de teren, parțial prin construcția de baraje (**Figura 182-Figura 185**), iar relația dintre iaz și alunecare, pe termen lung devine una de feedback. Nu putem ști în multe cazuri, dacă un iaz vechi a determinat alunecarea și noua vatră a utilizat situația topografică creată.

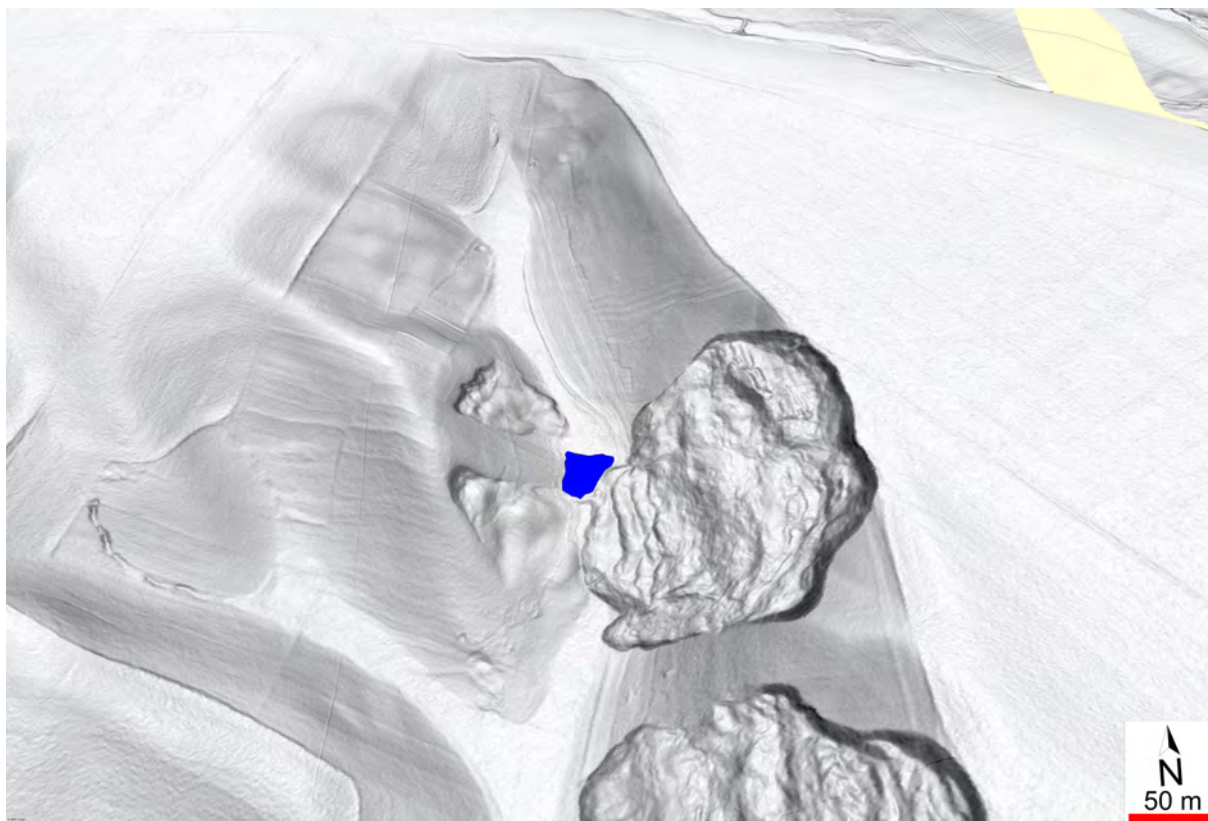


**Figura 180.** Alunecări pe versantul văii Gurguiata, la est de Maxut (jud. Iași).

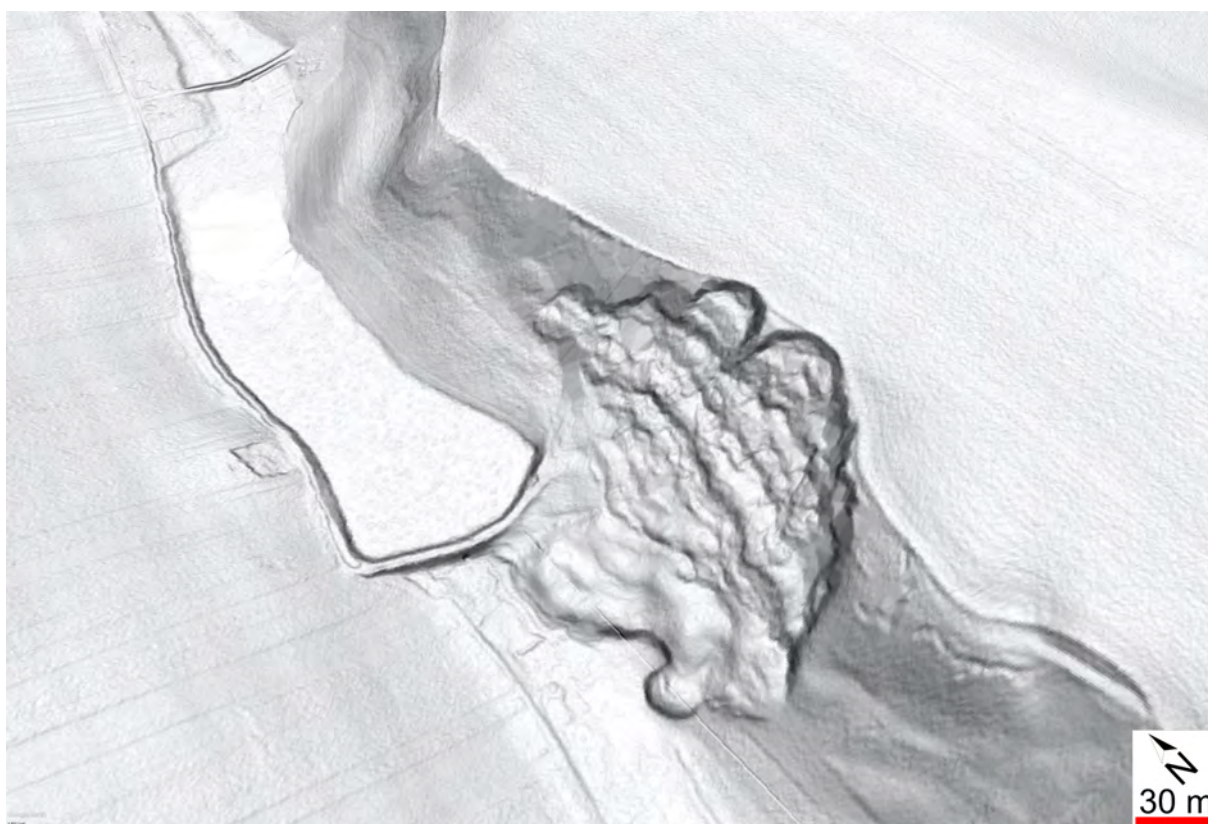


**Figura 181.** Alunecare declanșată de Iazul C1, pe versantul văii Gurguiata, la est de Maxut (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



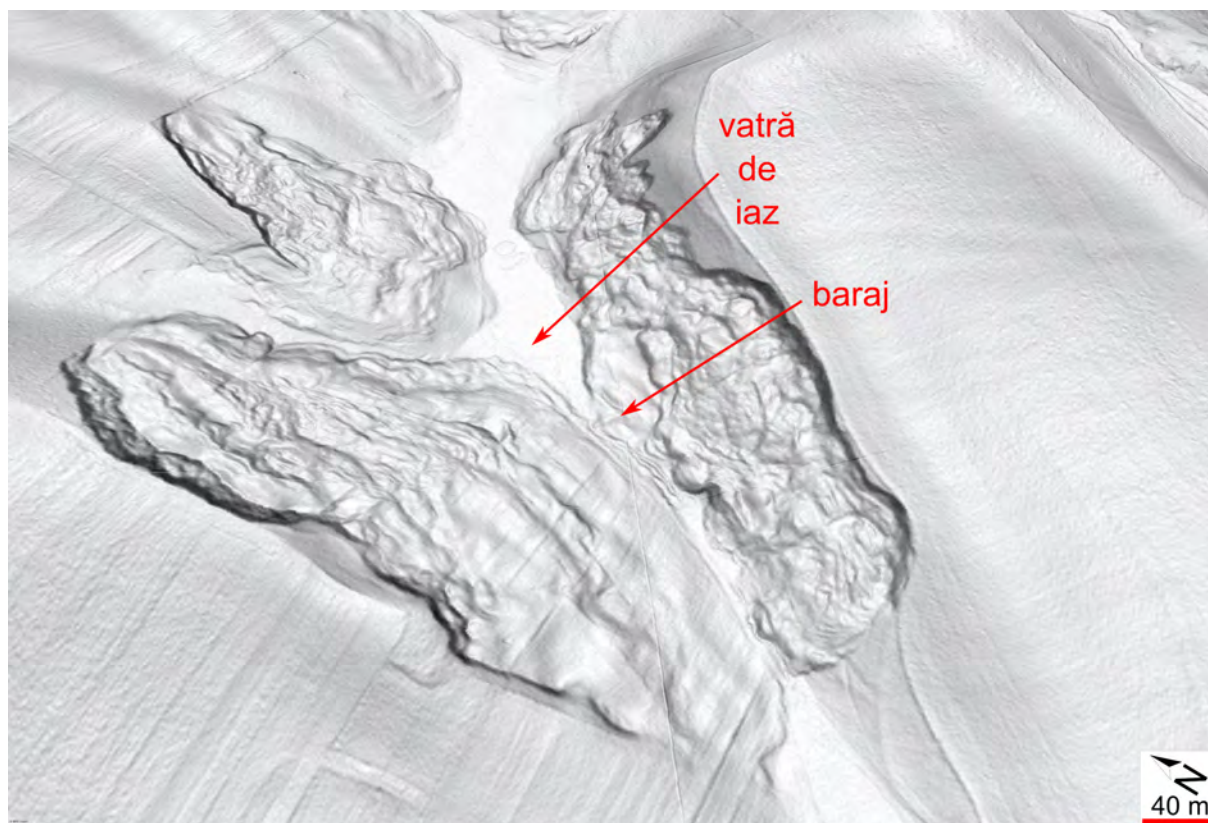


**Figura 182** Iaz amonte de alunecări, pe valea râului Nucșoara, la nord de localitatea Plugari (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

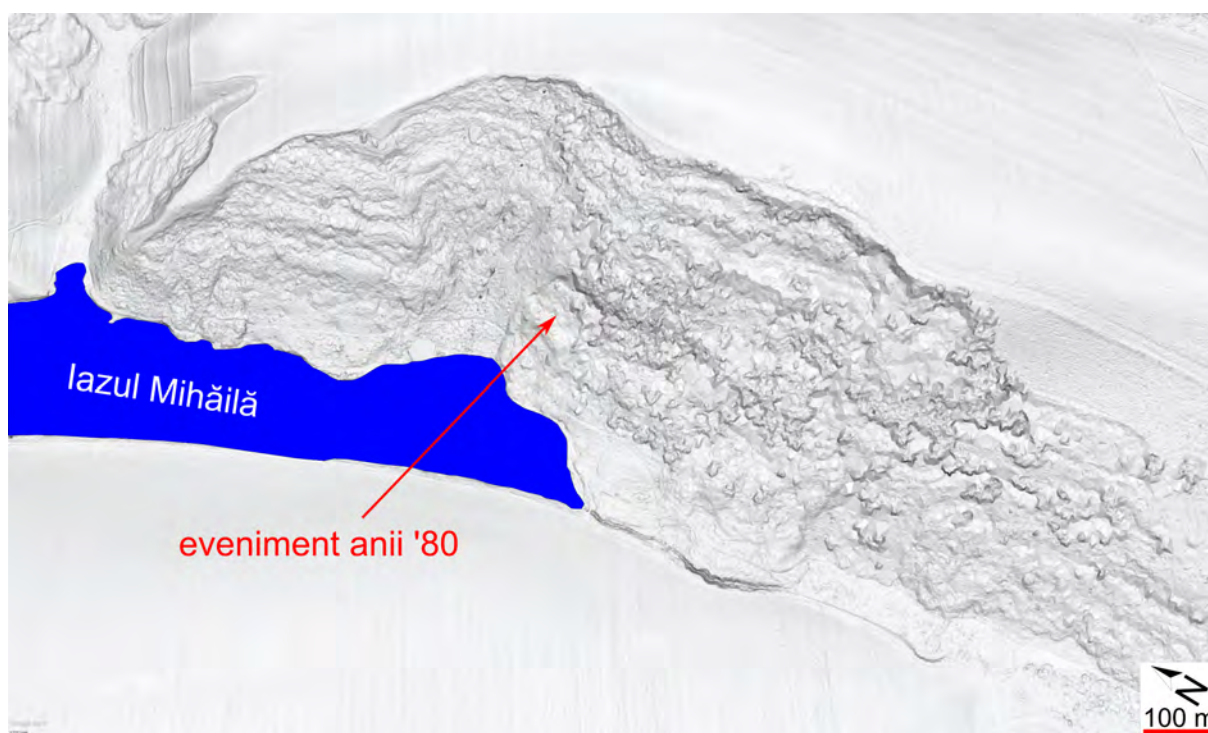


**Figura 183.** Baraj de iaz ancorat pe alunecare de teren, pe valea Doina, la sud de localitatea Doina (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.





**Figura 184. Iaz sedimentat amonte de alunecări pe Valea lui Matei, la nord de localitatea Plugari (Jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 185. Situația topografică a Iazului Mihăilă (Iazul lui Dumnezeu); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



## **II.5 Sursele de date privind alunecările de teren din Podișul Moldovei**

Identificarea și cartarea alunecărilor de teren se realizează printr-o muncă hibridă, de teren și laborator, atât prin măsurători și observații directe, cât și prin interpretarea unor date de teledetecție. Pe lângă interpretarea morfologiei, este utilă prospecțiunea geologică și prospecțiunea geofizică.

### **II.5.1 Surse de teledetecție**

#### **Imaginile aeriene**

Acestea oferă informații cu privire la suprafața terestră, prin înregistrarea pe suport fotografic a radiațiilor din domeniul vizibil. Sunt imagini statice, instantanee, ale terenului, preluate în anumite momente, și considerate cele mai obiective reprezentări ale suprafeței terestre. Aerofotogramele au o serie de caracteristici, de natură geometrică și fotografică, care permit o acuratețe mare privind morfometria topografiei. Cunoașterea acestora permite exploatarea fotogrammetrică, reprezentată prin posibilitatea efectuării măsurărilor precise, atât planimetrice, cât și altimetrice. Aerofotogramele și ortofotoplanul sunt principalele materiale cartografice utilizate la ora actuală, pentru studiul deplasărilor în masă.

Folosirea aerofotogramelor și vizualizarea lor în cuplu stereoscopic permite identificarea elementelor alunecărilor de teren. Singurul inconvenient al utilizării aerofotogramelor este nevoia de utilizare a unor tehnici scumpe pentru a obține corecțiile geometrice, care să asigure precizie la digitizare. Ortofotoplanul este un produs corectat geometric, astfel încât precizia geometrică a delimitării și ulterioarele măsurători sunt precise. Singurul dezavantaj al ortofotoplanului poate fi absența perspectivei tridimensionale și uneori lipsa umbririi, deoarece ediția din 2003-2005 a fost realizată în jurul prânzului, pentru a minimiza umbrele (caiet sarcini ANCPI). Edițiile ulterioare (2008-2018) însă au fost îmbunătățite din acest punct de vedere, mai ales ediția 2010-2013 furnizată de Agenția de Informații Geospațiale a Apărării „General de divizie Constantin Barozzi” (<https://portal.geomil.ro/>), care include și imagini în infraroșu apropiat.

Dacă aceste materiale (aerofotograme în cuplu stereoscopic sau ortofotoplan) sunt disponibile în serii temporale la fiecare decadă, atunci inventare multi-temporale pot fi realizate, astfel încât pentru ultimii 100 ani hazardul poate fi abordat atât spațial, cât și temporal. În România înainte de 1990, aerofotogramele românești au fost realizate în trei serii temporale:

- 1950-1962 la scara 1:25 000 pentru întocmirea hărții topografice scara 1:25 000, prima ediție;
- 1970-1974 la scara 1:15 000 pentru întocmirea hărții topografice scara 1:25 000, a doua ediție;
- 1979-1990 la scări cuprinse între 1:5 000 și 1:10 000 pentru cadastrul intravilanilor.

Din păcate, deoarece acoperirea temporală nu este decadală, și nici acoperirea spațială nu este totală, pentru un anumit teritoriu se poate realiza un inventar multi-temporal pentru perioada 1950/1960-1970/1990, apoi 1990-2000, și după 2010.

În principiu dacă pentru un anumit teritoriu există aceste serii temporale, se poate obține un in-





Figura 186. Ortofotoplan vizibil (2013) la rezoluție de 50 cm/pixel (sursa: <https://portal.geomil.ro/>) pentru alunecarea Duda-Epureni.

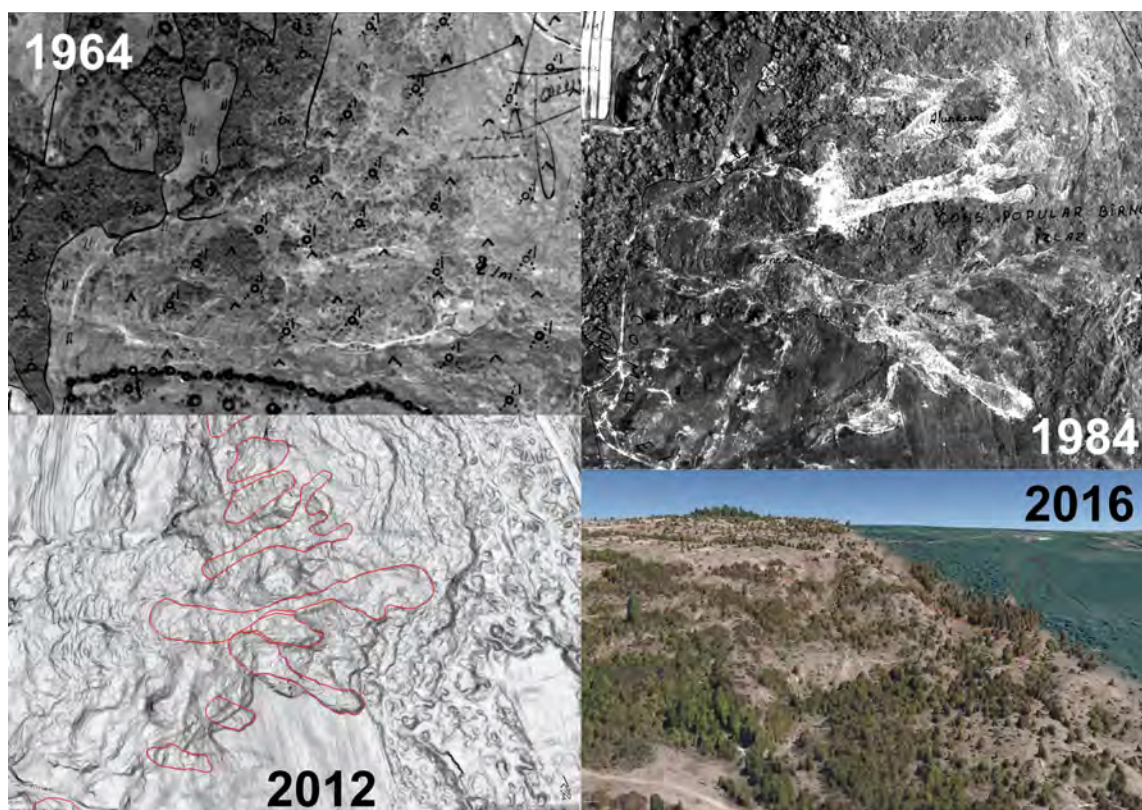


Figura 187. Ortofotoplan infraroșu apropiat (2013) la rezoluție de 50 cm/pixel (sursa: <https://portal.geomil.ro/>) pentru alunecarea Duda-Epureni.

ventar multi-temporal. Pentru aria metropolitană Iași un astfel de inventar a fost creat pe baza unei serii de aerofotograme care acoperă perioada 1956-1964, 1971-1984, 2003-2005 și 2008-2010 (Niculiță ș.a.,



**2018a**). În funcție de arealul de studiu, densitatea evenimentelor poate varia. În cazul, Podișului Moldovei este de așteptat ca această perioadă, cu evenimente mai dese să fie perioada 1965-1990, perioadă în care s-a înregistrat o creștere a cantităților medii anuale, sezonale, a maximelor în 24 de ore sau cinci zile consecutive (**Niculiță, 2020**). Perioada 1950-1965 a fost una secetoasă, ca și perioada de după 1990. Dacă seceta din 1950-1965 a fost foarte accentuată (**Pelin, 2015**) pentru întreaga perioadă, cea de după 1990 a fost punctată de ani ploioși, dar nu neapărat ca medii anuale ci ca sezoane, sau perioade mai scurte. Aceasta a făcut să apară o serie de evenimente. Din aceste considerente, aerofotogramele din perioada 1971-1984, pe lângă faptul că acoperă cea mai umedă perioadă, au și rezoluție și calitate care permit identificarea cu ușurință a evenimentelor. Pentru aria metropolitană Iași, existența unui MNT LIDAR din 2012 a ușurat identificarea, pentru că morfologia alunecărilor este încă prezentă pe acesta, dar trebuie considerat și faptul că unele dintre acestea au fost remodelate în timpul lucrărilor de îmbunătățiri funciare de după 1980. Astfel unele evenimente apar doar pe aerofotogramele din 1971-1984 (**Figura 191**). Din analiza aerofotogramelor, ținând cont de uscăciunea climatului Podișului Moldovei se poate remarca și faptul că majoritatea cornișelor din perioada 1971-1984 s-au înierbat sau au fost plantate. Această observație poate fi la baza unui criteriu de datare relativă a alunecărilor, pentru arealele unde nu există date fotogrammetrice, dar totuși contextul local trebuie considerat (eventualele lucrări de îmbunătățiri funciare sau prezența unor roci cu săruri, care să vegeteze mai repede sau nu cornișa).



**Figura 188. Reprezentarea alunecărilor de teren de pe versantul vestic al Dealului Păun pe imagini aeriene și pe imagini satelitare (**Niculiță ș.a., 2018a**); pe imaginea aeriană din 1984 se pot observa alunecări de tip curgere.**

### Imaginile satelitare

Acestea sunt înregistrate de senzorii de teledetecție sub forma unor benzi continue în lungul traiectoriilor sateliților. Imaginile sunt secționare în „scene”, ce reprezintă porțiuni ale suprafeței terestre de diferite dimensiuni. O dată cu apariția imaginilor satelitare de rezoluție înaltă (5-50 cm), alunecările pot fi identificate și delimitate cu o mai mare precizie. Aceste imagini satelitare nu sunt achiziționate la prânz, ca în cazul ortofotoplanului, ci în general în jurul orei 10 AM, când umbrirea existentă permite identificarea corectă a elementelor alunecărilor.



Arhiva Google Earth este foarte utilă pentru identificarea alunecărilor și a evoluției acestora. În **Figura 192** este reprezentată situația din teren în privința unei alunecări de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul stâng al văii Pârâului Morii (afluent de stânga al Siretului). Aceasta afectează o treaptă în roci nisipoase compactate la baza versantului. Pe ortofotoplanul din 2003 (**Figura 193**) se poate observa existența acestei alunecări, ea având probabil sub 10 ani vechime, ținând cont că nu a ajuns să se înierbeze. În lateralul ei se poate observa un alt eveniment. Pe imaginea satelitară din 2010 (**Figura 194**) alunecarea principală apare ca estinsă retrogresiv, și fără semne de înierbare, pe când cea secundară, din lateral apare complet înierbată. În 2014, tot o imagine satelitară (**Figura 195**) ne arată o reactivare a cornișei, dar și apariția unei alunecări translaționale în lateralul alunecării secundare, care apare complet înierbată. În 2019 (**Figura 196**), alunecarea principală este complet înierbată, iar cea translațională continuă activitatea, lărgindu-se.

În concluzie, imaginile satelitare sunt cu adevărat o resursă de informații spațiale și temporale privind identificarea și delimitare alunecărilor de teren. Cu toate acestea, fiind nevoie de rezoluții destul de mari, accesul la astfel de date nu este tot timpul facil. Arhiva Google Earth este însă la îndemână și reprezintă o resursă valoroasă.



**Figura 189.** Reprezentarea unei alunecări de teren translaționale de pe versantul stâng al acumulării Chirița pe imagini satelitare și pe imagini aeriene sau MNT LiDAR (Niculiță ș.a., 2018a); imaginile aeriene sunt din 1964; alunecarea de pe versantul Chirița are în proximitate o carieră de nisipuri, care poate foarte ușor asociată unei alunecări de teren pe imaginile aeriene, dar validarea în teren și recunoașterea pe MNT LiDAR pot releva adevărata natură a acestei morfologii.

### Hărțile topografice

Dacă nu există imagini aeriene, hărțile topografice pot reprezenta o sursă de informație, dar în special cele la scări mari (1:1 000 – 1:5 000). Este de evitat utilizarea hărților la scări mai mici, la identificarea alunecărilor, pentru că gradul de generalizare este destul de mare. Totuși informații privind utilizarea terenului/acoperirea cu vegetație de pe aceste hărți, pot reprezenta o informație validă, în contextul identificării perioadei temporale în care a apărut o alunecare de teren. **Este de evitat utilizarea hărților topografice, la orice scară pentru delimitarea alunecărilor de teren, deoarece acestea reprezintă foarte schematizat realitatea.**



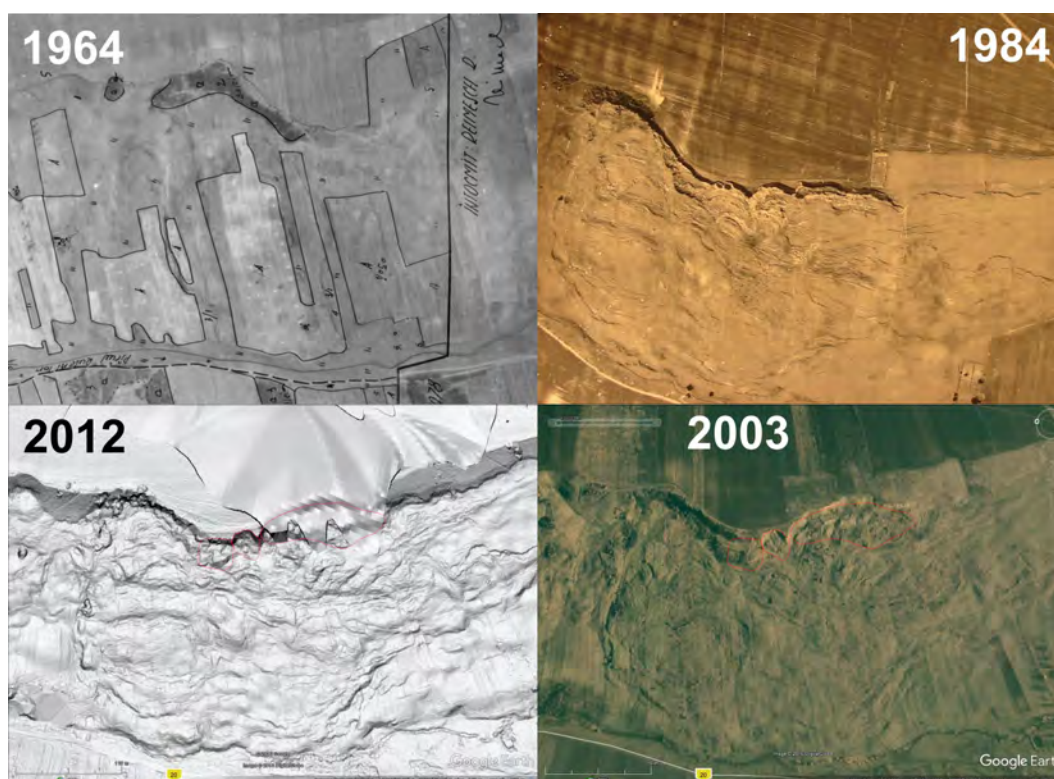


Figura 190. Reprezentarea unor alunecări de teren compuse situate la nord de satul Rusenii Noi, comuna Holboca (jud. Iași) pe imagini aeriene și satelitare (Niculiță ș.a., 2018a); aceste alunecări, apărute ca reactivări ale unor cornișe de alunecări vechi, sunt latente la ora actuală, unele stabilizate de vegetația forestieră.



Figura 191. Reprezentarea unei alunecări de teren translaționale de tip colaps, declanșată de adâncirea albiei pârâului Orzeni, comuna Holboca (Niculiță ș.a., 2018a); această alunecare declanșată după 1964 și înainte de 1984, a fost ulterior eliminată prin remodelarea versantului.





**Figura 192.** Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul stâng al văii Pârâului Morii.



**Figura 193.** Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; ortofotoplan ANCP, 2003, rezoluție 0,5 m.

### Imaginile din dronă

Recent, au devenit disponibile dronele (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) dotate cu camere fotografice digitale cu rezoluții mai mari de 20 MP care pot fi utilizate la capturarea imaginilor aeriene în spectrul vizibil sau infraroșu apropiat de la altitudini joase, deschizând o nouă direcție în posibilitatea de a identifica și delimita alunecări de teren. Aceste echipamente pot fi utilizate la obținerea unor produse de teledetecție cu rezoluție sub-centimetrică (**Figura 197**). Cu ajutorul acestor imagini pot fi create inventare detaliate, dar și hărți geomorfologice care să releve geometria masei alunecate, dar și procesele care au loc până la înierbarea și stabilizarea alunecării (**Niculiță ș.a., 2020**). Cartarea fisurilor este un alt domeniu de interes, deoarece acestea permit infiltrarea apei și ulterior reactivarea alunecării.





**Figura 194. Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2010.**



**Figura 195. Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2014.**





**Figura 196.** Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2019.

### MNT SfM

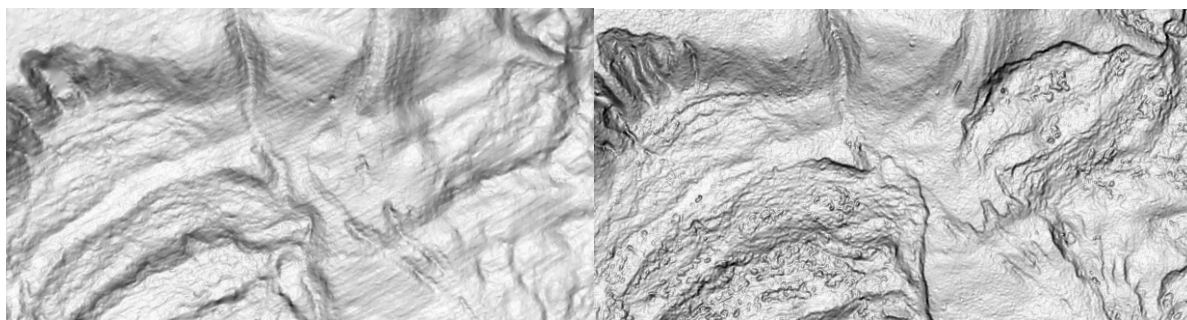
Imaginile obținute din drone, dacă sunt achiziționate în cadrul unui zbor asemănător cu cel aerofotogrammetric (geometrie de bloc fotogrammetric, cu suprapunere de peste 70%) pot să fie utilizate la obținerea de model numeric al terenului și ortofotoplan, fie prin flux fotogrammetric digital clasic, sau cu tehnica Structure from Motion (SfM), așa cum se observă în **Figura 197**. Astfel de ridicări pot releva cu precizie sporită rata de proces a alunecărilor de teren care afectează malurile ravenelor (**Niculiță ș.a., 2020a**) sau pot fi utilizate împreună cu alte surse pentru relevarea ratei de proces a alunecărilor de versant (**Mărgărint ș.a., 2020; Niculiță ș.a., 2020b**). Metoda poate fi extinsă cu succes pentru monitorizarea proceselor geomorfologice active pe suprafețe de până la 100 ha (pentru a fi din punct de vedere al achiziției și din punct de vedere al procesării fezabil), în mai multe perioade din an, pentru a releva inclusiv variabilitatea temporală a procesului și a putea relaționa aceasta de factorii de control.

### MNT LiDAR

Modele numerice ale altitudinii suprafeței terenului se utilizează pentru introducerea perspectivei tridimensionale, atunci când se recunosc și se digitizează alunecările de teren, dar și ulterior delimitării acestora, pentru identificarea direcției de curgere a masei alunecate și a morfometriei acestora (**Niculiță, 2015, 2016**).

Modelul numeric al terenului obținut prin interpolarea curbelor de nivel și a cotelor topografice, reprezentate pe hărțile topografice 1:5 000, cu o rezoluție de 5 m are o fidelitate de reprezentare a topografiei îndeajuns de mare, astfel încât să reprezinte un material de suport pentru modelarea susceptibilității la alunecări de teren, dar nu permite identificarea și delimitare alunecărilor de teren. Cel mai util MNT în acest caz este cel obținut din date LiDAR (Light Detection and Ranging). Aceste date au pe lângă densitate și acuratețe mare, și posibilitatea de a penetra vegetația, până la nivelul solului, astfel că prezintă morfologia topografiei terestre cu o mare fidelitate. MNT-urile rezultate, cu mărimea pixelului decametrică (**Niculiță ș.a., 2020a**) pot fi utilizate la monitoringul proceselor geomorfologice.





**Figura 197. Diferența de rezoluție dată de metoda de achiziție la aceeași rezoluție spațială de 0,25 cm: stânga – umbrire MNT LiDAR, dreapta – umbrire MNT SfM (Mărgărint ș.a., 2020) pentru un areal de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii (jud. Iași).**

## II.5.2 Interpretarea geomorfologică în teren

Interpretarea de suprafață a alunecărilor de teren identificate și delimitate pe surse de teledetecție este crucială în obținerea unor informații corecte din punct de vedere geomorfologic. Foarte adesea, imaginile de teledetecție pot determina erori de interpretare, fie datorită lipsei de textură în cazul imaginilor satelitare, sau a modificărilor topografice post-alunecare sau a utilizării terenului în cazul MNT LiDAR. Pe teren se pot vizualiza și detalii (cum ar fi prezența fisurilor) care nu apar nici pe surse cu rezoluție centimetrică, eventual doar pe imagini și MNT obținut prin tehnica SfM din imagini din dronă, cu rezoluții sub-centimetrice.

În cazul unor mecanisme de alunecare nu foarte clare pe imaginile de teledetecție, validarea în teren, mai ales dacă sunt observabile deschideri în depozitele geologice sau cele superficiale se dovedește crucială în stabilirea tipologiei alunecărilor (**Figura 100**). Mecanismul de extindere apare atunci când deplasarea se face în bloc prin glisare pe un plan bazal, în cazul de față depozitele nisipoase au glisat dar nu o pe distanță foarte mare, datorită dispariției/lichefierii depozitului aluvial ca urmare a eroziunii malului albiei minore. Mecanismul translațional este exclus, deoarece blocul care glisează este destul de consistent ca adâncime (și nu prezintă fisuri sau deformări semnificative) și lipsește mecanismul rotațional (cornișa fiind destul de redusă ca înălțime). Reactivările translaționale cu evoluție retrogresivă care au apărut duc la erodarea corpului alunecărilor de tip extindere, flancurile lor dezvoltându-se exact pe aliniamentul flancurilor alunecărilor de tip extindere.



**Figura 198. Alunecare de tip extindere în două generații (**Figura 12**) afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoiești (jud. Vaslui): vizualizare de ansamblu.**

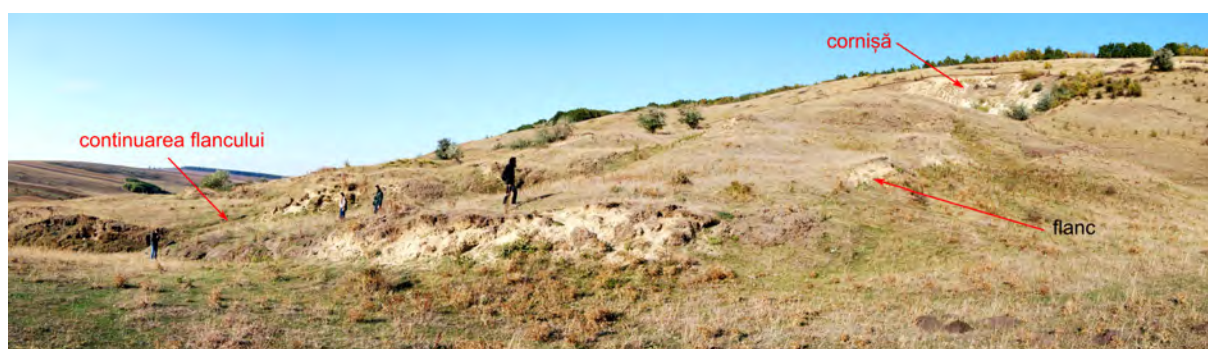
Nici în cazul unor alunecări translaționale sau rotaționale imaginile de teledetecție nu pot releva situația reală întotdeauna, mai ales dacă sunt alunecări compuse (**Figura 199**). În cazul alunecării compuse Duda-Epureni, evenimentul major este unul rotațional, fapt indicat de cornișa cu înălțime mare. Flancul drept (considerând direcția amonte-aval) poate fi considerat fie ca un eveniment translațional,



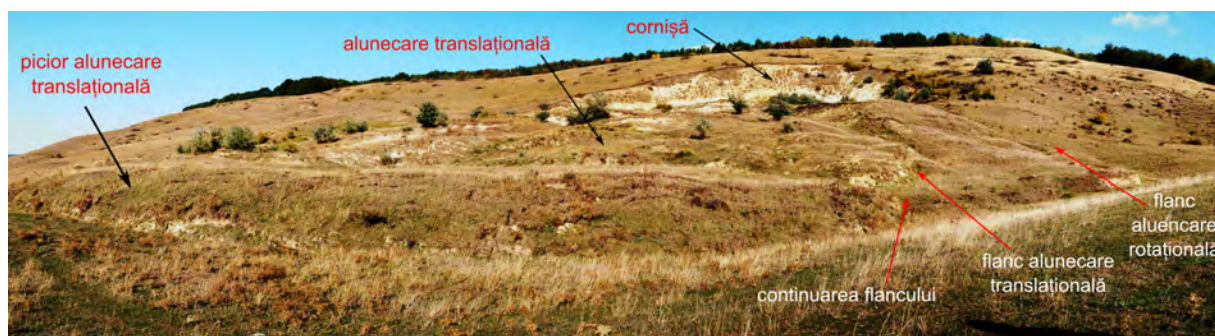
concomitent sau nu cu alunecare rotațională principală, sau ca făcând parte din evenimentul major, dar datorită orientării fluxului major către zona centrală, nu a reușit să alunece pe o distanță mai mare. În acest caz, nici validarea în teren nu poate spune cu exactitate situația, fiind nevoie de prospecțiuni geologice (foraj de control) și geofizică. Reactivarea translațională a masei alunecate a alunecării rotaționale, este evidentă din sursele de teledetecție, dar extinderea ei în aval poate fi interpretată diferit, dacă nu se face validare în teren. Astfel, dacă flancul drept al alunecării translaționale este continuu, cel stâng prezintă o întrerupere, cel mai vizibilă pe umbrirea MNT LiDAR. În teren, această întrerupere nu există, diferența de nivel fiind mică (câțiva centimetri) dar fiind clară. Rezoluția datelor LiDAR (4-6 puncte pe m<sup>2</sup> pentru norul de puncte și 0,5 m pentru raster) este evident prea mică pentru a reliefa flancul în această zonă. Nici fisurile din masa alunecată nu sunt vizibile pe LiDAR, dar sunt evidente în teren (**Figura 202** și **Figura 207**). Alte aspecte vizibile în teren, nu apar pe datele de teledetecție (**Figura 203**, **Figura 204**, **Figura 205** și **Figura 207**).



**Figura 199.** Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată (**Figura 18**) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): imagine de ansamblu.



**Figura 200.** Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată (**Figura 18**) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): vizualizare laterală.



**Figura 201.** Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată (**Figura 18**) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): vizualizare frontală.





**Figura 202. Masa alunecării translaționale Duda-Epureni.**



**Figura 203. Cornișă alunecării rotaționale Duda-Epureni.**

Alunecarea compusă Duda-Epureni este un exemplu fericit, în care atât dovezile din teren, cât și cele de pe materialele de teledetecție permit o evaluare completă a morfologiei alunecării. În cazul altor situații datele de teledetecție sunt de ajuns, dar niciodată validarea în teren și eventual utilizarea și





**Figura 204. Flancul alunecării rotaționale Duda-Epureni.**



**Figura 205. Cornișa alunecării translaționale Duda-Epureni.**



**Figura 206. Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epureni (jud. Vaslui): vizualizare din amonte de cornișă.**





Figura 207. Fisuri în corpul alunecării translaționale Duda-Epureni.

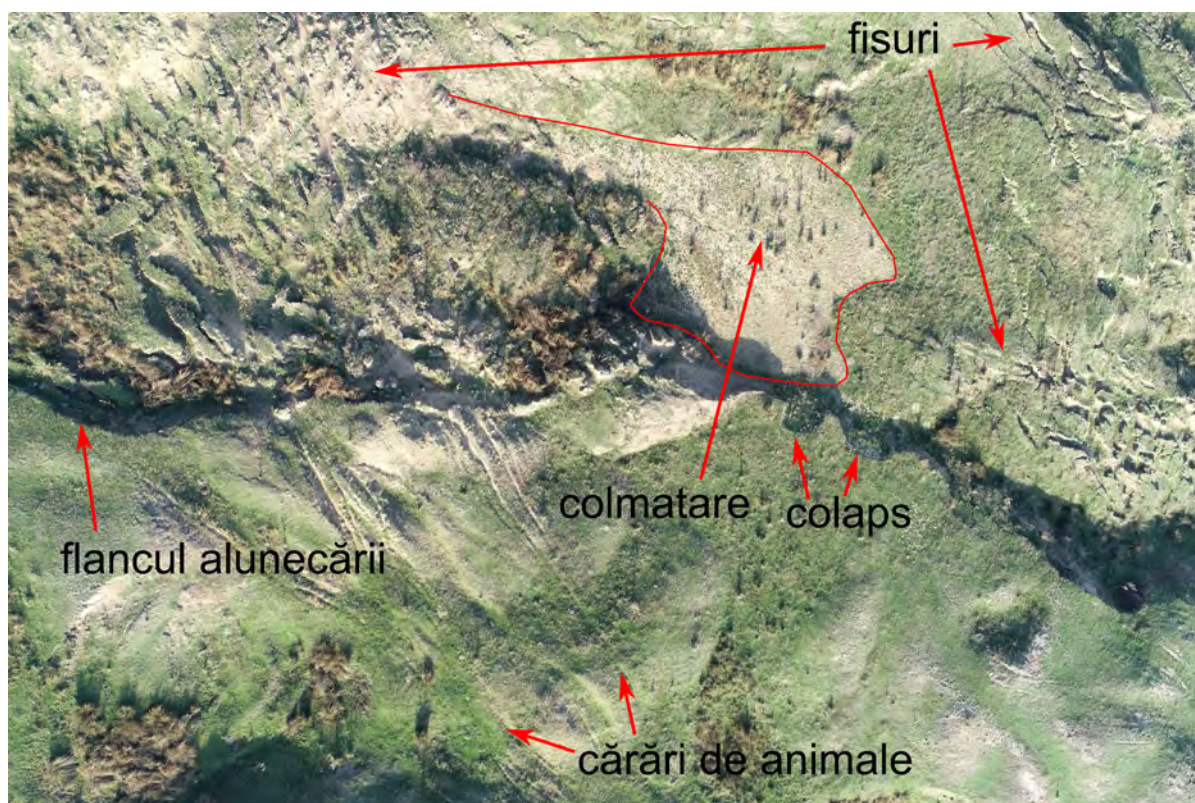


Figura 208. Detalii relevate de imaginile sub-centimetrice obținute din dronă.

a unor surse complementare (imagini aeriene preluate cu drona, foraje sau geofizică), dacă este posibil nu ar trebui evitate, deoarece confuzii se pot realiza cu ușurință. În cazul alunecării-curgere Tipilești (**Figura 209**, **Figura 210**, **Figura 211**, **Figura 212** și **Figura 213**) din nou corelarea datelor de teledetecție cu validarea în teren permite identificarea elementelor alunecărilor. Cu toate acestea, doar





**Figura 209. Alunecare-curgere pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași): vizualizare din lateralul cornișei.**

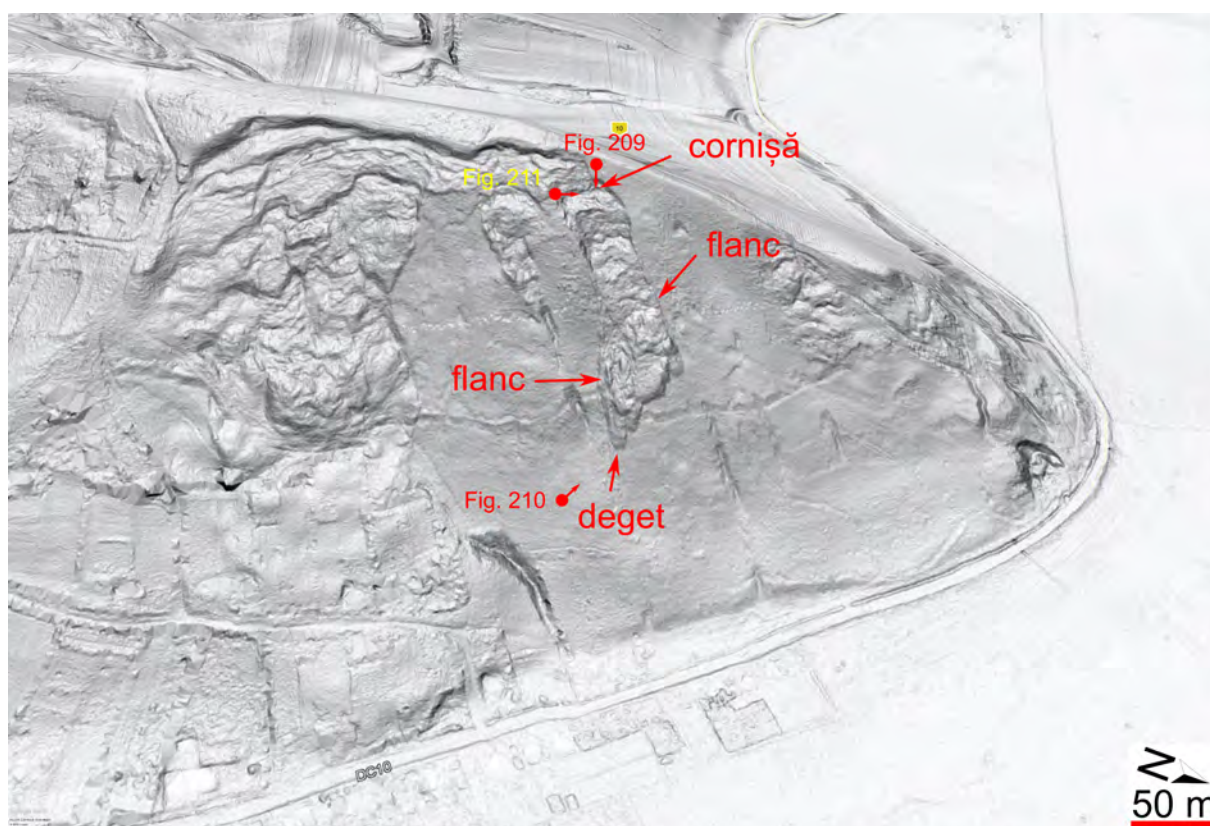


**Figura 210. Degetul alunecării-curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași).**



**Figura 211. Cornișa alunecării translaționale -curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași).**





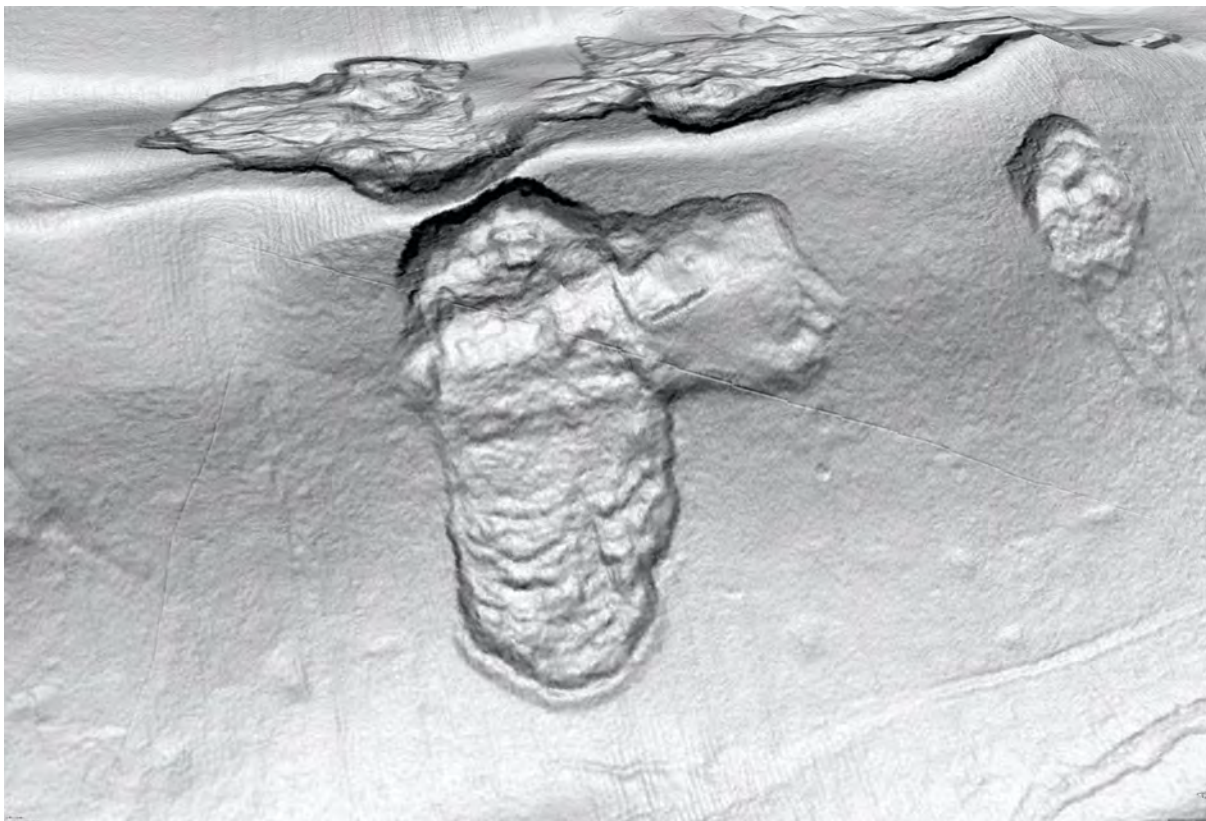
**Figura 212. Alunecare translațională-curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 213. Alunecare-curgere pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

în cazul alunecărilor recente, produse în ultimii 20 de ani sau mai puțin (**Figura 214-Figura 216**), se





**Figura 214. Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 215. Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

pot identifica toate elementele unei alunecări de teren, “ca la carte”. În rest, toate alunecările, vechi din





**Figura 216. Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); imagine aeriană din dronă.**

mai multe generații sunt cel puțin compuse sau chiar complexe, chiar dacă nu au decât câteva sute de ani vechime. Datorită climatului destul de uscat al Podișului Moldovei, alunecările de teren vechi și foarte vechi se păstrează destul de bine, în sensul că deoarece dinamica celorlalte procese de eroziune (fluvială și a solului) este destul de redusă (comparativ cu zona montană sau cu Subcarpații) nu are loc evacuarea materialului alunecat. Deși sunt bine păstrate, totuși eroziunea în suprafață (**Figura 208**) este prezentă și determină transformarea unora dintre elementele alunecării, care pot fi chiar și pe MNT-uri de mare rezoluție greu de identificat cu precizie (în **Figura 214** și **Figura 216**, se poate observa la baza piciorului alunecării un rid, datorat împingerii solului, de materialul alunecat, situație unică întâlnită, dar care probabil este mult mai frecventă, doar că eroziunea poate umple spațiul rezultat cu material erodat, iar după înierbarea alunecării nu se mai poate face distincția între deget și acest rid). Nu ne referim aici la identificarea prezenței lor, ci la interpretarea semnificației spațiale a acestora, de exemplu pentru a separa mai multe generații de alunecări care se suprapun. Aceste chestiuni sunt esențiale pentru a obține un inventar al alunecărilor de teren cu o precizie bună. Interpretarea corectă a topografiei alunecărilor, pentru identificarea și cartarea alunecărilor necesită o muncă susținută, atât pentru documentare, antrenarea continuă pentru identificarea situațiilor diverse care apar, atât pe teren, cât și în laborator, când se analizează imaginile de teledetecție.

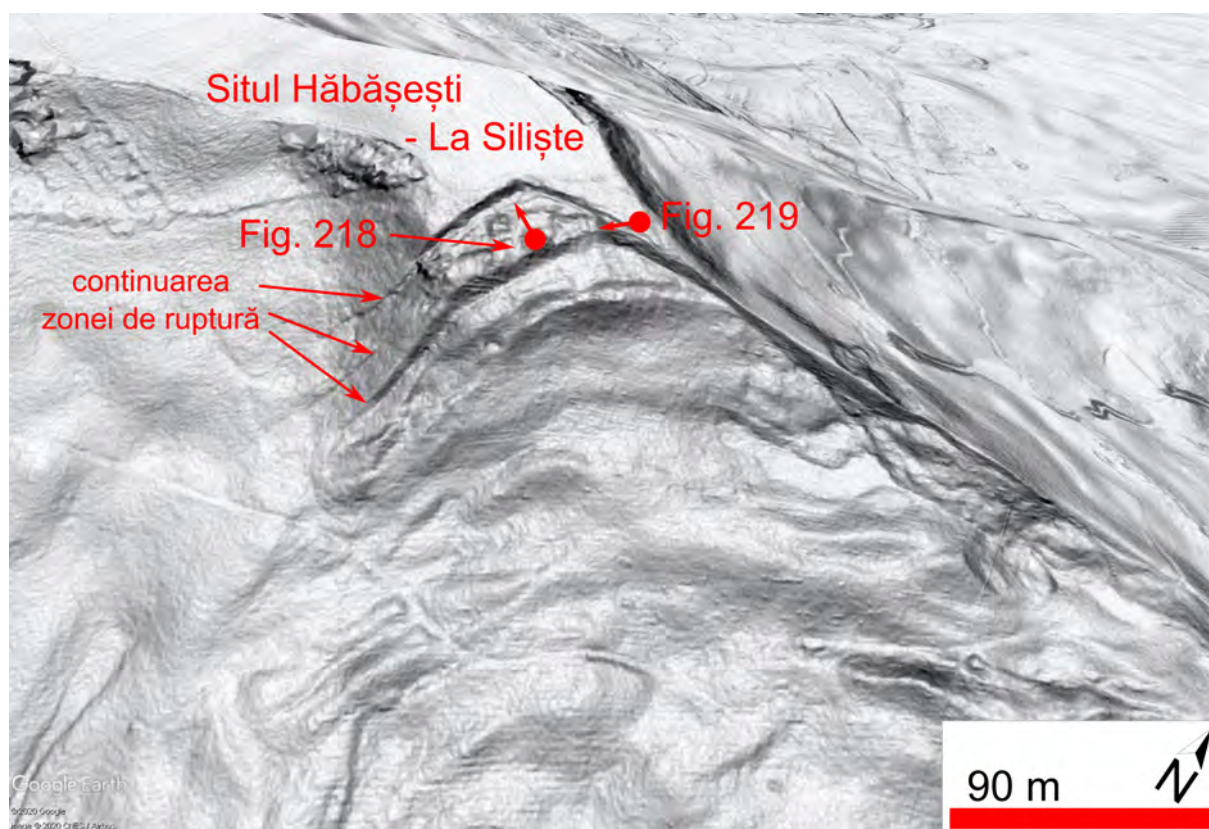
Imaginea creată atunci când se analizează imaginile de teledetecție în laborator este testată în teren, iar cel mai adesea nu neapărat morfologia trebuie testată, ci prezenta unor depozite care să ateste ipoteza de lucru. Din acest punct de vedere deschiderile naturale (cornișe, maluri de râu și ide ravenă) sau cele antropice (carierele) sunt cele care sunt cele mai informative. Utilizând aceste informații are stabilirea unor relații între morfologie, procese și mecanisme, astfel încât situațiile prezente în arealele unde există date foarte clare să fie folosite pentru arealele unde nu toate datele sunt disponibile (lipsesc de exemplu deschiderile, datele geologice sau geofizice, dar există date de teledetecție și se face validare în teren).

În cele ce urmează vom analiza o serie de studii de caz care să înfățișeze aspecte enumerate mai sus în munca de interpretare a alunecărilor de teren de pe imagini de teledetecție.

Partea superioară a alunecării complexe de pe versantul estic al Dl. Strunga în așezarea Cucute-



niană Hăbășești (**Figura 217**) a fost interpretată de **Dumitrescu (1954)** ca fiind terasată, deși autorul a indicat specifică o alunecare raportată de locuitorii satului Hăbășești prin 1930-1932. Faptul că cele două compartimente alunecate au fiecare câte o locuință cucuteniană l-a făcut pe autor să presupună că topografia era terasată la momentul locuirii cucuteniene. Cu toate acestea, este vizibil pe MNT LIDAR



**Figura 217. Reactivarea de tip extindere și rotațională a alunecării complexe Hăbășești , declanșată în 1930; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 218. Cornișa alunecării de tip extindere de la Hăbășești.**



(**Figura 217**) faptul că “terasele” respective sunt blocuri alunecate, unul de tip extensie (cel superior) și celălalt cu mecanism rotațional (cel inferior), deoarece cornișele se continuă pe versantul sudic delimitând foarte bine blocurile, detaliu care nu a fost vizibil pentru arheologi, pe teren.



**Figura 219. Vizualizare din lateral a alunecărilor de la Hăbășești.**



**Figura 220. Fisură în cornișa alunecării de tip extindere de la Hăbășești.**

În teren, cornișele celor două blocuri încă nu sunt total înierbate (**Figura 218** și **Figura 219**), iar fisurile existente (**Figura 220**) indică că acestea e posibil să evolueze lent.

MNT-ul LiDAR este crucial în arealele împădurite, dar cu alunecări vechi sau relicte, stabilizate, cum este cazul celor din fortificația traco-getice de la Moșna și a inventarului creat pentru aceasta (**Figura 65**). Astfel clusterul de alunecări din partea de nord a fortăreței, poate fi validat în teren,



cornișele nefiind total înierbate (Figura 221), la fel cu situația așezării cucuteniene de la Trușești (**Figura 59** și **Figura 222**). Aici și cauzele hidrologice ale reactivărilor pot fi investigate pe teren (**Figura 223** și **Figura 224**). Și în cazul unei alunecări recente care afectează valul Cetății Stâncești (**Figura 225**) se

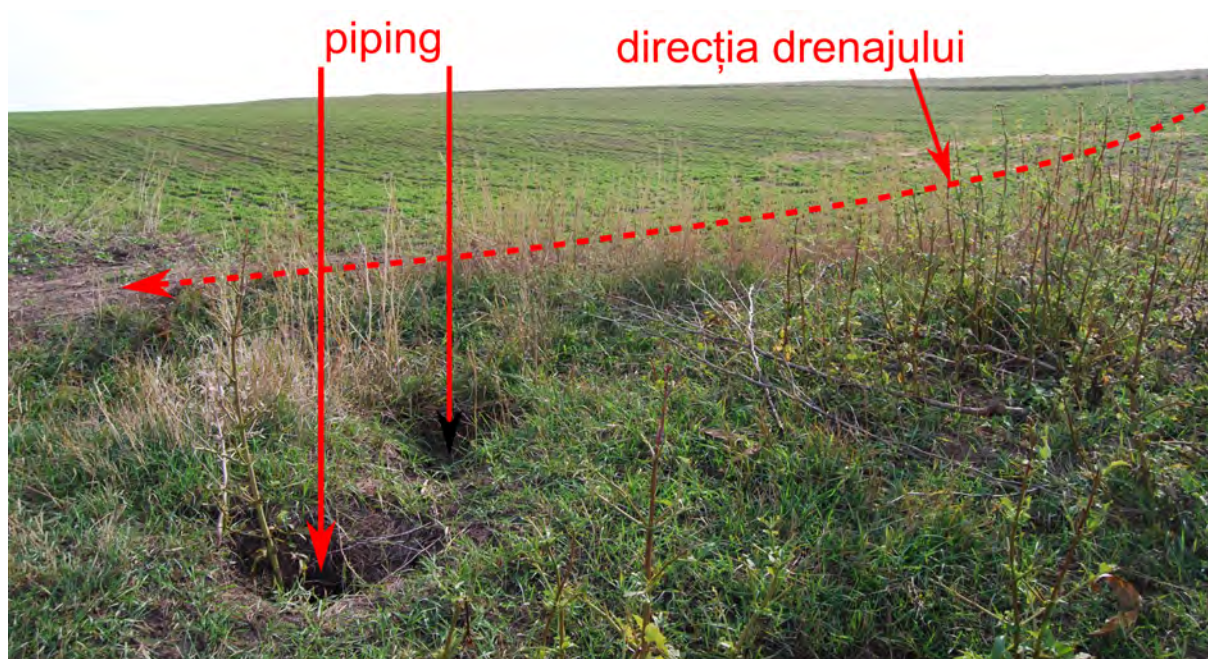


**Figura 221. Alunecările rotaționale de tip colaps de la nord de fortificația Moșna (jud. Iași).**



**Figura 222. Cornișa unei reactivări recente a alunecărilor de pe versantul nordic al Dl. Țugueta, pe care se află așezarea cucuteniană de la Trușești (jud. Botoșani).**





**Figura 223.** Drenajul apelor de pe platoul Țugueta, determină infiltrarea apei în zona de cornișă (se observă două găuri de piping) a alunecărilor recente din situl cucutenian Trușești (jud. Botoșani).



**Figura 224.** Arealul în care deversează apa găurile de piping din Figura 223.

poate identifica drenajul apelor meteorice de către șanțul perpendicular pe cornișă veche ca factor al reactivării (**Figura 62**).

Situații similare pot fi exemplificate pentru toate siturile prezentate în sub-capitolul 2.2 (**Figura 225**).

Interpretarea morfologiei și geologiei zonei și a maselor alunecate poate fi validată doar în teren, prin deschideri, foraje de control sau metodele geofizice (la care vom reveni). În **Figura 226** este repre-





**Figura 225.** Alunecare recentă care afectează valul de pământ al Cetății Stâncești (**Figura 62**), într-o zonă în care șanțul determină drenajul apelor, favorizând reactivarea cornișei.



**Figura 226.** Vizualizare de ansamblu a alunecării translaționale de pe versantul stâng al acumulării Chirița (reprezentată în Figura 189).



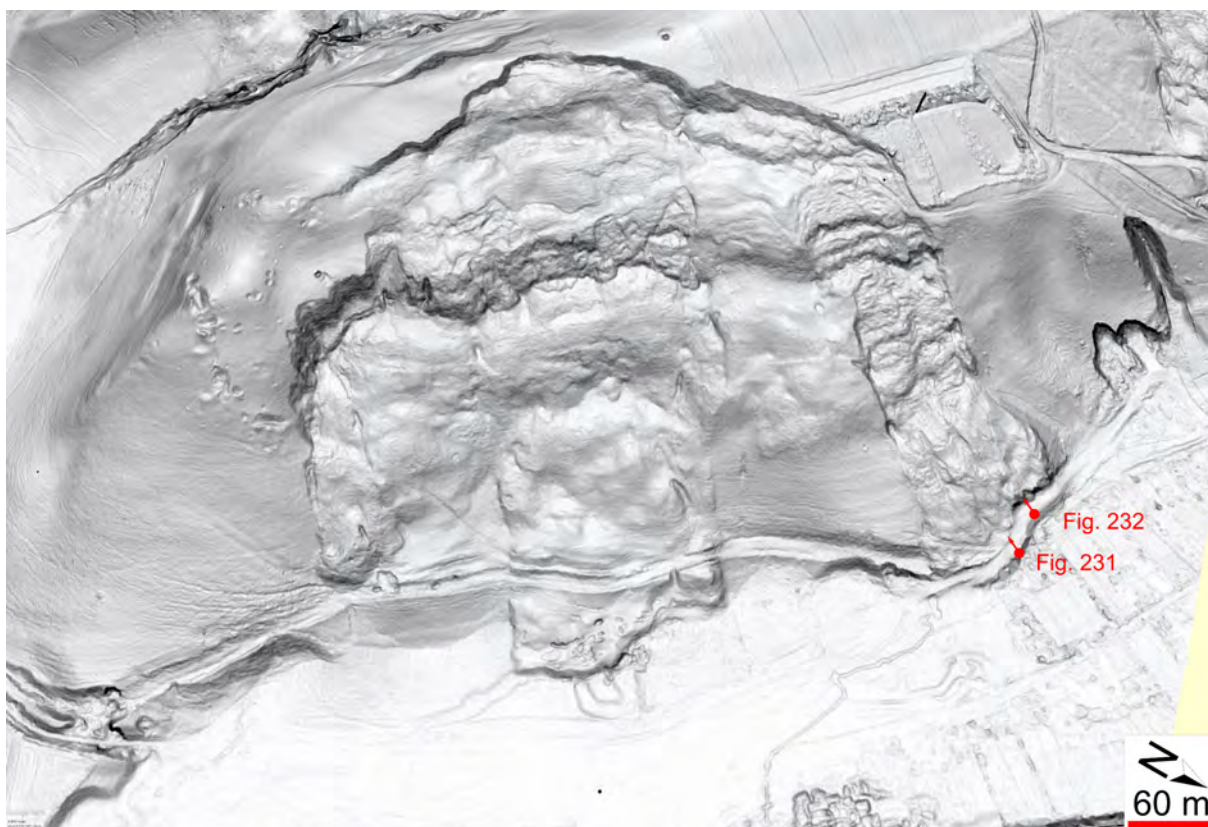
**Figura 227.** Baza alunecării de la nord-vest de Movila lui Burcel (jud. Vaslui), secționată de construcția drumului comunal.

zentată alunecarea translațională din **Figura 189**, iar investigația pe teren a găsit în lateralul acesteia o carieră de nisip care a relevat legătura dintre acest depozit (din Formațiunea de Bârnova-Muntele) și a-





**Figura 228. Structură de suprapunere în masa alunecării de la nord-vest de Movila lui Burcel (jud. Vaslui).**



**Figura 229. Alunecări de tip alunecare-curgere la est de Codăești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

lunecare. Secționarea maselor de alunecare dezvăluie mecanismul de alunecare, spre exemplu, dacă e-





**Figura 230. Alunecări de tip alunecare-curgere la est de Codăești; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**

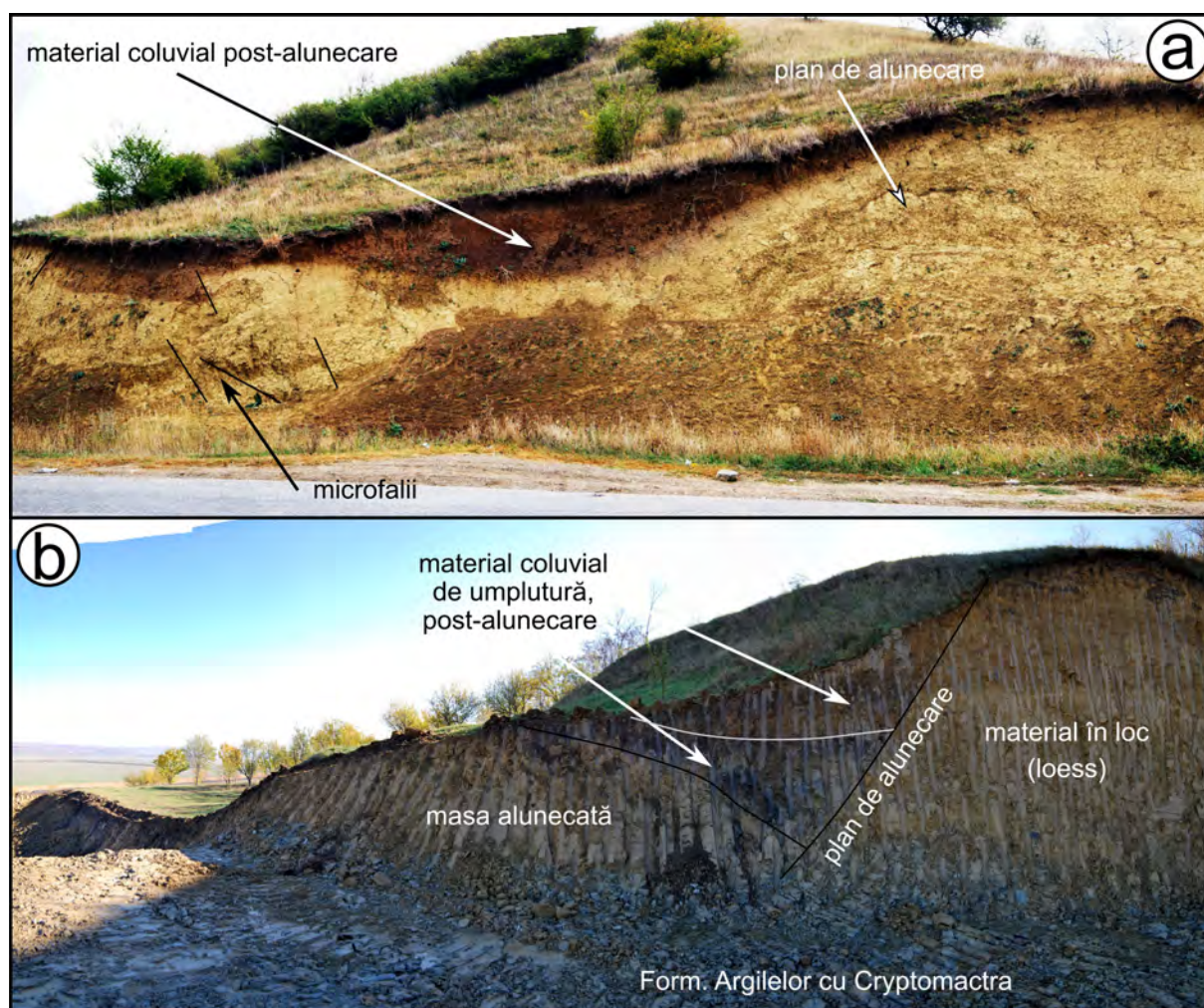


**Figura 231. Secțiune prin masa alunecată de tip alunecare-curgere de la est de Codăești.**



**Figura 232. Structuri de suprapunere în masa alunecării de la Codăești, declanșată în 1980.**





**Figura 233. Situații stratigrafice cu depozite de umplură coluvială a bazei cornișei, și cu relevarea geometriei acesteia și a masei alunecate (a – arealul Costuleni, b – arealul Hoisești).**



**Figura 234. Carieră de împrumut în alunecarea Holm.**

xistă structuri de suprapunere (**Figura 227** și **Figura 228**) cu fosilizarea solului, atunci mecanismul a fost translațional sau de curgere. Analiza deschiderilor confirmă atât mecanismul cât și grosimea deluviului, în cazul fiecărei tipologii (**Figura 227-Figura 239**). Concluzia generală privind foarte multe alunecări de teren care la prima privire pe MNT LiDAR par a fi rotaționale, adânci, este că de fapt aceste alunecări sunt subțiri, cu mecanism rotațional doar în zona cornișelor, ulterior materialul alunecat curgând până la distanțe destul de mari față de punctul de inițiere a deplasării. Viteza de deplasare nu este foarte mare, în funcție de conținutul de apă al materialului alunecat, iar deschiderile din aceste mase arată că deplasarea se realizează în pânze de material care determină apariția de structuri suprapuse (**Figura 227, Figura 228, Figura 231** și **Figura 232**). Prezența mudstone-urilor cu intercalați de nisipuri duce la formarea unor materiale alunecate cu granulometrie fină, care devin plastice la îmbibarea cu apă,





Figura 235. Prezența argilelor cu *Cryptomactra* (la aprox. 2 m adâncime față de topografia inițială în alunecarea Holm).



Figura 236. Alunecarea de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) (Figura 20) văzută de pe versantul opus.

generând mecanismele de alunecare menționate. Este adevărat că nu am reușit să identificăm deschideri în alunecări groase (deep-seated) astfel încât să putem identifica mecanismele acestor tipuri de alunecări. În cazul acestora eventuale foraje și prospecțiuni geofizice pot releva mecanismele. Reactivarea cornișelor este un alt mecanism important de alunecare ca frecvență, în cazul acestora predominând alu-





Figura 237. Alunecarea de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) (Figura 20) văzută din lateral.



Figura 238. Secțiune prin masa acumulată a alunecării de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) (Figura 20).



Figura 239. Deschidere a masei acumulate a alunecării de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) (Figura 20).

necările rotaționale de tip colaps, sau cele pur rotaționale, caz în care se păstrează mase de alunecare sub forma unor monticuli (Figura 241 și Figura 242) și rezultă morfologii asemănătoare cu ale glimeelor din Depresiunea Transilvaniei. În cazul cornișei alunecării complexe de la Băiceni (jud. Iași) apar ambele mecanisme menționate, materialul alunecat fiind faliat, dar păstrat în loc, ducând la formarea de monticuli (Figura 241 și Figura 242).

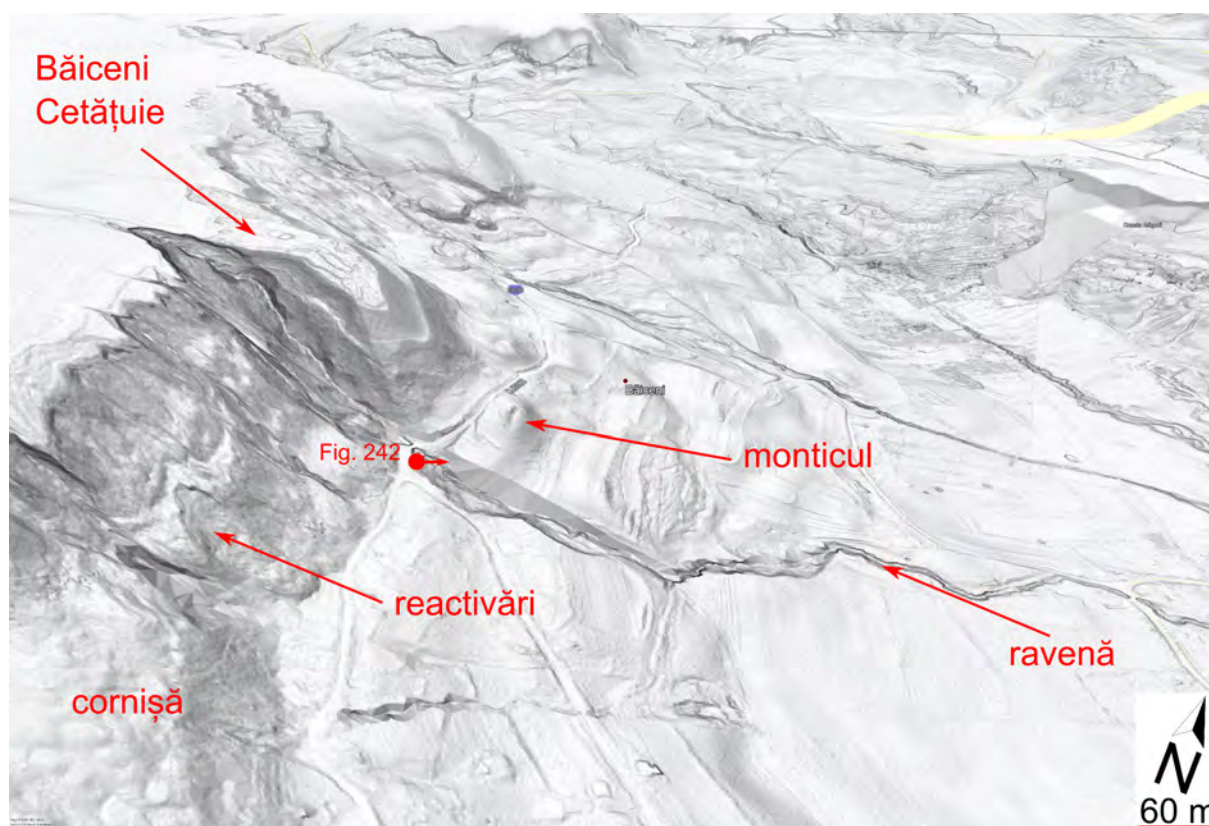
În foarte multe situații, interpretarea de pe imaginile de teledetecție este complicată, dacă nu se realizează validări în teren, aceste validări trebuind în primă instanță să arate geologia locală (Figura 243-Figura 260), pentru ca ulterior interpretarea morfologică să fie validă. Considerarea simplistă a modelului geologic monoclinal, fără considerarea loesului pe culmi, poate genera interpretări morfolo-





**Figura 240. Secționare maselor acumulate relevă existența mai multor reactivări, rezultând depozite de alunecare stratificate, cu paleosoluri dezvoltate între reactivări (sus stânga – arealul Cucuteni, sus dreapta – arealul Podu Iloaiei, jos – arealul Răducăneni).**





**Figura 241.** Cornișa alunecării complexe Băiceni în zona Cetățuiei Cucuteniene, cu reactivări vechi și recente; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 242.** Secțiune a masei alunecate Băiceni, aval de cornișă, deschisă în malul unei ravene; pe lângă niveluri de grohotiș de calcare oolitice și cuarțarenite, apar și straturi compacte de nisip de nisip de Băiceni cu suprafețe de alunecare.

gice nerealiste, așa cum este cazul alunecărilor de la Burla (jud. Botoșani) (**Figura 259-Figura 260**) interpretate de **Barbu și Stănescu (1977)**, ca fiind subțiri și în trepte, când de fapt apariția treptelor este legată de alunecări rotaționale retrogresive, urmate de reactivări translaționale care expun în zonele de cornișă substratul geologic. Acesta, fiind caracterizat de o stratificație, straturile cu o minimă rezistență vor genera morfologii de tip treaptă, care se poate urmări pe distanțe considerabile, bineînțeles, acoperite adesea de materiale alunecate. Această morfologie este caracteristică unor areale extinse la nivelul versanților, care pot fi cartate ca zone afectate de alunecări sau ca alunecări complexe, dacă se înțelege





**Figura 243. Deschidere în deluviu de alunecare Țicău pe strada Hotin, nr. 31; în colțul din dreapta se pot observa peste sol, deponii, iar la baza deschiderii este prezentă Argila cu Cryptomactra alterată; la 2 adâncime sub platforma săpăturii Argila cu Cryptomactra este nealterată (vizibilă la săparea unor găuri pentru piloți de susținere).**



**Figura 244. Cartierul Țicău în zona Str. Hotin; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



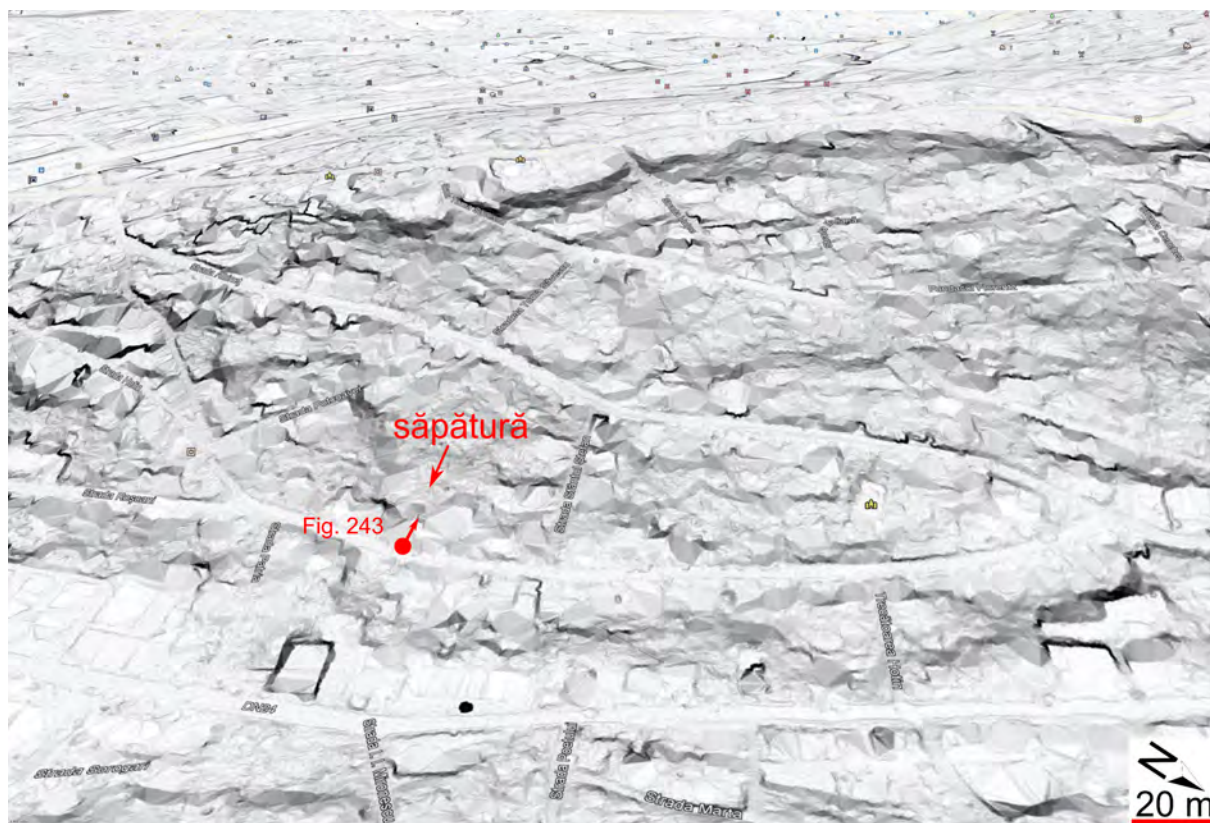
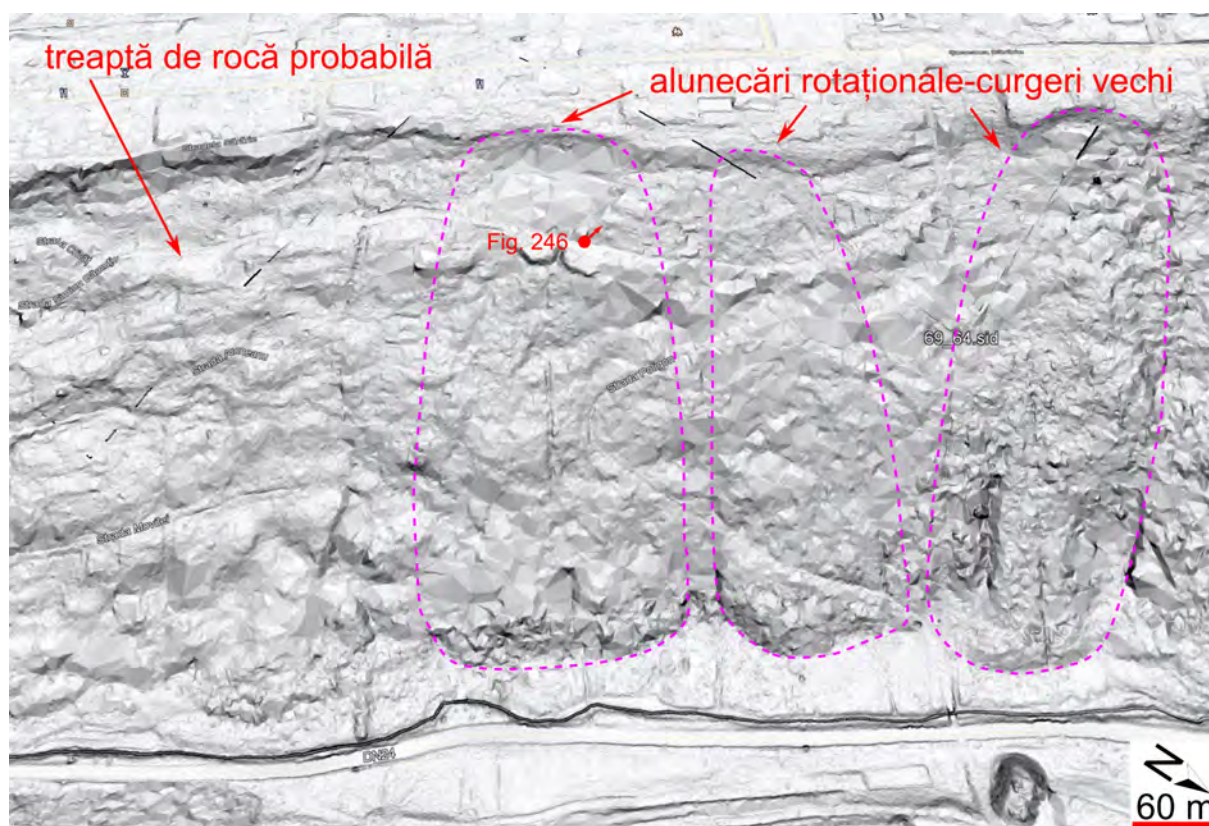


Figura 245. Cartierul Țicău în zona Str. Hotin; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



Figura 246. Argile cu Cryptomactra pe Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnuțiu, 103.





**Figura 247. Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnăuți; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

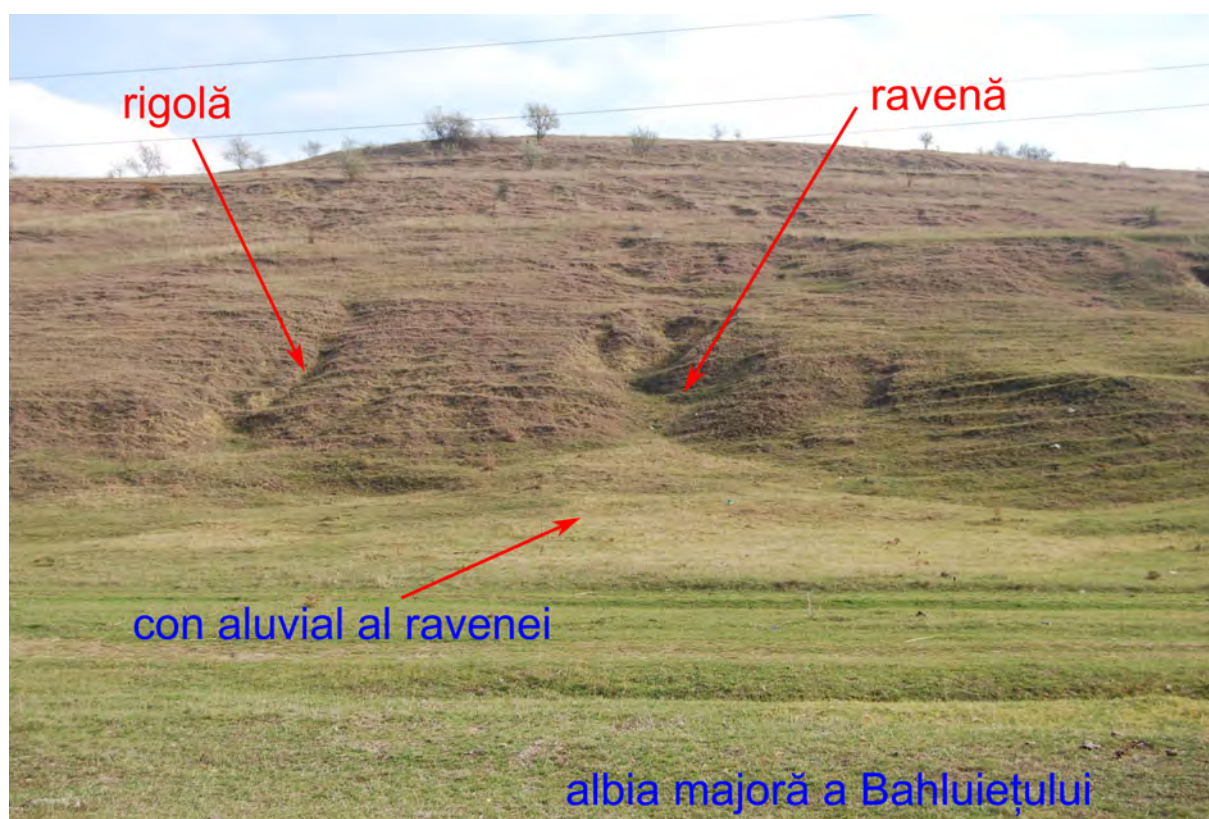


**Figura 248. Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnăuți; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**





**Figura 249. Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra aflorând într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași).**



**Figura 250. Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra aflorând într-o ravenă de pe versantul drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași).**



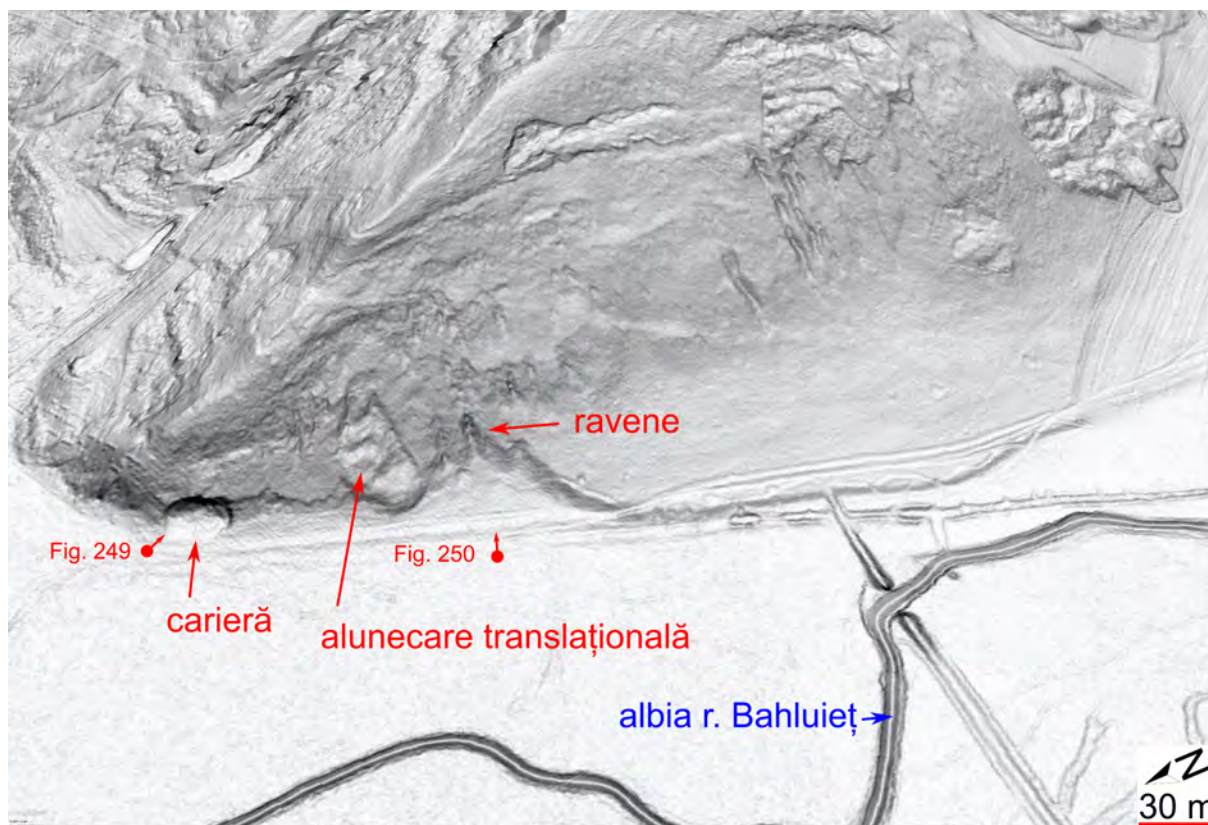


**Figura 251. Formațiunea Argilelor cu *Cryptomactra* intens alterată Cotârgaci într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași).**



**Figura 252. Mudstones intercalate cu nisipuri în Formațiunea Argilelor cu *Cryptomactra* intens alterată Cotârgaci într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași).**



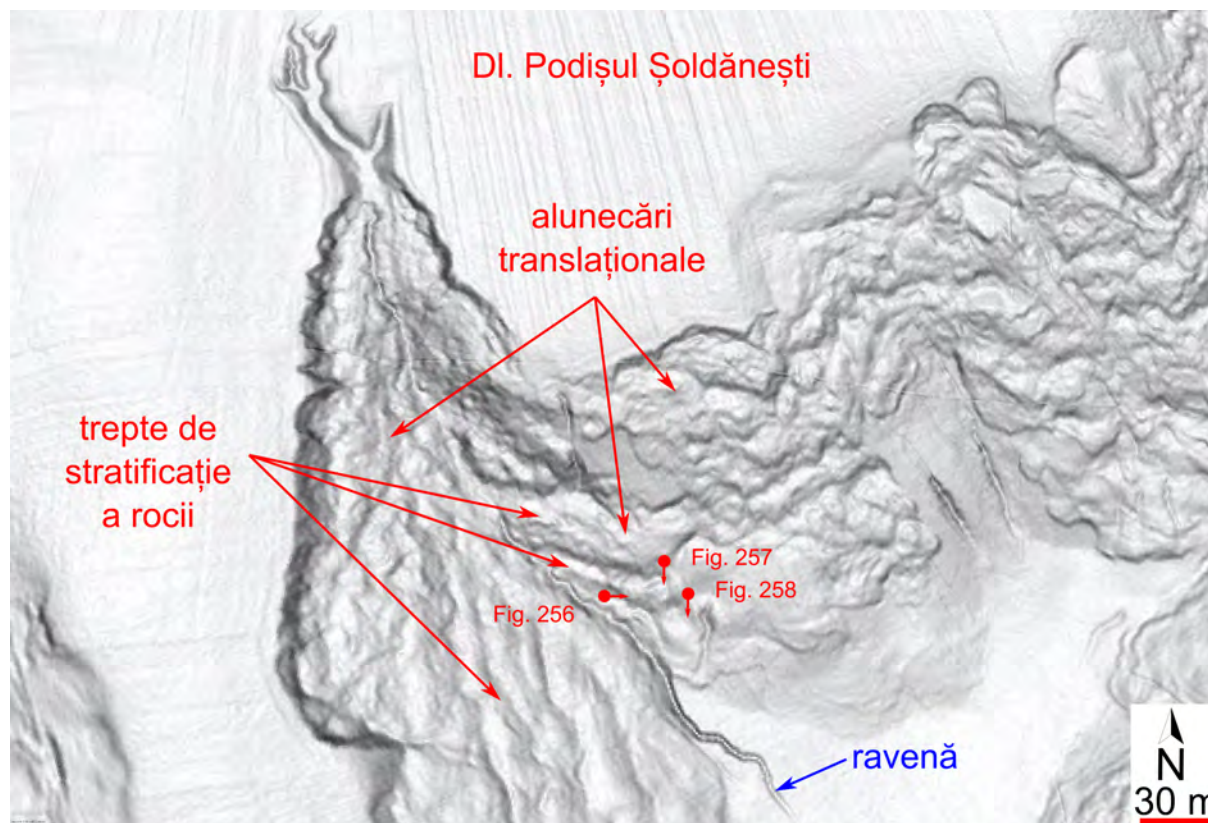


**Figura 253. Situația topografică a versantului drept al Bahluietului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 254. Versantul drept al Bahluietului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**





**Figura 255.** Alunecări declanșate de adâncirea unei ravene în versantul sud-vestic al DL. Podișul Șoldănești, la nord de localitatea Soldănești (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 256.** Mudstones din Formațiunea Argilelor de Darabani-Mitoc, aflorând într-o treaptă de rocă a malului ravenei afectat de alunecări de teren translaționale din **Figura 255**.





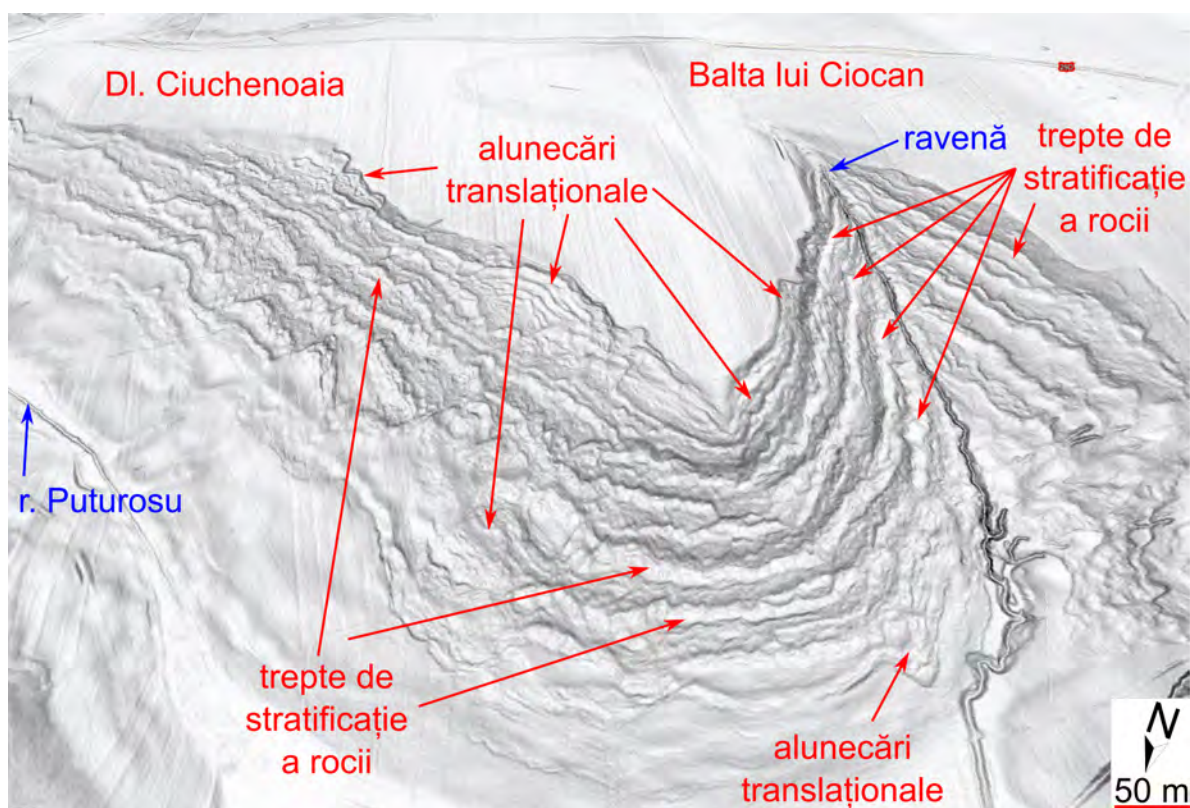
**Figura 257. Alunecare translațională în malul ravenei de la Șoldănești (Figura 255).**



**Figura 258. Fisuri în cornișa unei alunecări translaționale din malul ravenei de la Șoldănești (Figura 255).**

mecanismul de formare al acestor zone. În cazul alunecărilor induse de ravina de la Șoldănești (jud. Botoșani) (**Figura 255-Figura 258**) este ușor de intuit mecanismul, după interpretarea morfologică a datelor de teledetecție și a validării de teren. Deși treptele induse de stratificație nu sunt așa de evidente, identificarea rocii la adâncime redusă, ușurează interpretarea morfologică.





**Figura 259.** Alunecare complexă pe versanții nordici, nord-estici și nord-vestici ai Dealului Balta lui Ciocan, la nord-est de Victoria, comuna Stăuceni (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 260.** Alunecare complexă pe versanții nordici, nord-estici și nord-vestici ai Dealului Balta lui Ciocan, la nord-est de Victoria, comuna Stăuceni (jud. Botoșani); imagine satelitară din arhiva Google Earth.



### II.5.3 Prospecțiunea geofizică

Metoda Tomografiei cu rezistivitate electrică (ERT) se bazează pe capacitatea subsolului de a rezista la un curent electric (Schrott și Sass, 2008; Scapozza și Laigre, 2014), evidențiind dimensiunile orizontale și verticale ale proprietăților solului, în special în cazul existenței unui contrast important în rezistivitatea structurilor interne ale acestuia (Baines ș.a., 2002; Niculiță ș.a., 2019c). ERT este cunoscut ca o metodă cu care pot fi identificate suprafețele de alunecare, astfel încât geometria alunecărilor de teren poate fi înțeleasă (Trantina, 1962; Moore, 1972; Bogoslovsky și Ogilvy, 1977; Müller, 1977; McCann și Forster, 1990; Hack, 2000; Godio și Bottino, 2001; Niculiță ș.a., 2019c). Rezistivitatea este capabilă să indice prezența mineralelor argiloase, un grad ridicat de fracturare, de saturație cu apă, care oferă de obicei rezistivitate scăzută (sub 100 ohm-m), în comparație cu starea rocii dure, nefracturate sau nesaturate în apă, când de obicei apare rezistivitate ridicată (Cummings și Clark, 1988; Bélanger ș.a., 2017; Niculiță ș.a., 2019c). Atunci când rocile de tip mudstone sunt degradate și conțin apă, acestea pot avea valori de rezistivitate mai mici (Lapenna ș.a., 2003; Fridel ș.a., 2006), față de situația când sunt nesaturate și fără conținut de apă (Niculiță ș.a., 2019c). Un avantaj principal pentru analiza alunecărilor de teren folosind ERT este că materialul glisant are foarte adesea o variație laterală și verticală scăzută a rezistivității (McCann și Forster, 1990) sau perturbarea creează o neomogenitate care contrastează cu omogenitatea rocii de bază (Baines ș.a., 2002; Schrott și Sass, 2008; Niculiță ș.a., 2019c). Deși rezultatele ERT sunt confirmate de alte metode geofizice (Baranwal ș.a., 2017) există situații în care metoda ERT nu reușește să ofere un răspuns pentru suprafața de alunecare din cauza similarității conținutului de argilă al masei alunecate și al rocii de bază (Bell ș.a., 2006; Niculiță ș.a., 2019c). În cazul de față prezentăm două secțiuni ERT pentru alunecarea complexă Băiceni (Niculiță ș.a., 2016a; Niculiță ș.a., 2017b, Niculiță ș.a., 2019c) pe care am considerat-o reprezentativă pentru alunecările relict și vechi. Datorită utilizării terenului și a prezenței șoselei nu a putu fi realizat un profil continuu, astfel că s-au utilizat o secțiune în zona de cornișă (la partea superioară a versantului) și una în zona de picior a alunecării (la baza versantului) (Figura 186). Măsurătorile au fost efectuate utilizând un rezistivimetru GeoTom MK1 echipat cu 50 de electrozi din oțel inoxidabil, distanți în mod egal la 2 m (Niculiță ș.a., 2019c). Pentru fiecare secțiune transversală, datele aparente de rezistivitate au fost achiziționate folosind un aranjament Wenner și rularea electrozilor câte trei ori pentru a se obține secțiuni cu lungimea de 150 m (Niculiță ș.a., 2019c). Amplasarea relativă tridimensională a fiecărui electrod de-a lungul profilurilor ERT a fost înregistrată cu precizie pe teren folosind o stație totală Leica TC407 și topografia a fost inclusă în rutina de inversare (Niculiță ș.a., 2019c). Aranjamentul Wenner a fost preferat datorită raportului său bun în privința semnal-zgomot și adâncimea de penetrare moderată (Okpoli, 2013), de până la 16 m în cazul acestui studiu (Niculiță ș.a., 2019c). Mai mult, acest aranjament oferă o sensibilitate moderată pentru detecția ambelor variabilități de rezistivitate, atât orizontale cât și verticale (Reynolds, 2011). Pentru a transforma pseudosecțiunile aparente de rezistivitate în modele 2D de rezistivitate electrică calculată, a fost folosit software-ul Res2Dinv (Loke și Barker, 1996) și o metodă robustă de inversie, mai puțin sensibilă date cu zgomot și mai potrivită pentru identificarea geometriei interne a alunecărilor (Niculiță ș.a., 2019c).

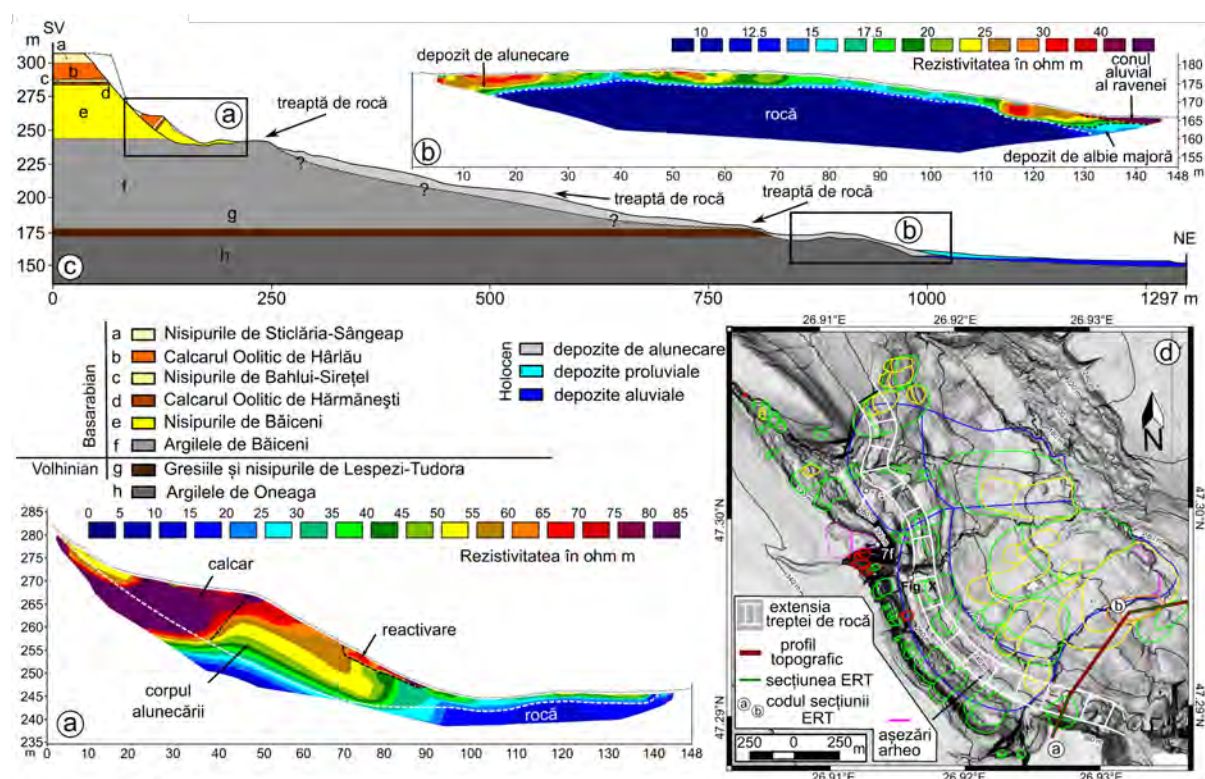
Cele două sondaje ERT au fost utilizate pentru a testa validitatea analizei geomorfologice de pe datele LIDAR (Figura 262). Aceste investigații geofizice au fost efectuate pentru situl Băiceni care a fost studiat de Niculiță și al. (2016a) și unde au fost identificate alunecări de teren relict cu posibilă vârstă Pleistocen superioară (Niculiță ș.a., 2016b).

Secțiunea bazală, de la contactul dintre versant și albia majoră, în lateralul unei ravene arată (Figura 261) prezența unui depozit de alunecare cu grosime de aprox. 5 m, cu subțieri până la 3 m, depozit cu rezistivitate ridicată, aflat peste roca de bază, mudstone din Formațiunea argilelor de Oneaga) care prezintă rezistivitate scăzută și este omogenă (Niculiță ș.a., 2019c). Omogenitatea ridicată ar putea fi explicată mai bine prin conținutul ridicat de argilă și lipsa fracturilor, mai degrabă decât prin condițiile de saturație a apei. Depozitele de alunecare acoperă pe aproximativ 10 m distanță albia majoră a râului Recea (Băiceni) și nu are o rezistență atât de omogenă în comparație cu roca de bază și cu zăcămintele inundabile. Secțiunea de la partea superioară a versantului a vizat o zonă în care există o alunecare de



teren veche vizibilă pe MNT LiDAR (**Figura 261** și **Figura 262**) care nu este delimitată în **Niculiță ș.a. (2016a)** deoarece este lateral față de principalul sit arheologic. Această alunecare de teren a fost, de asemenea, afectată de o reactivare recentă (**Figura 260-Figura 265**). Ambele mase de alunecare (vechea alunecare de teren și reactivarea sa recentă - **Figura 261c**) pot fi recunoscute pe secțiunea ERT (**Figura 261b**) și se poate descrie geometria internă a lor: (i) stratul de calcar oolitic prezintă rezistivitate ridicată; (ii) nisipurile de deasupra și dedesubtul acestui strat dur au rezistivitate medie; (iii) limita dintre depozitele de alunecare cu rezistivitate medie și Formațiunea argilelor și nisipurilor Băiceni cu rezistivitate scăzută poate fi trasată de-a lungul valorii de 50 ohm-m; (iv) partea bazală a alunecării de teren a mobilizat și o parte din argile și aici nisipurile împrăștiate pe roca de bază (**Figura 261c, d**); (v) depozitele recente de alunecare au o rezistivitate ridicată în comparație cu vechile depozite ale corpului de alunecare. Vechea alunecare de teren este o alunecare rotațională de roci, de tipul 6 conform **Hungr ș.a. (2014)**, în timp ce alunecarea de teren recentă este o alunecare translațională de tip 12, conform aceleiași clasificări. Faptul că Nisipurile Bahlui-Șirețel sunt coezive a permis ca masa de rocă să alunece și să rămână relativ netulburată, fără a se prăbuși prea mult (cu excepția piciorului, unde depozitele de alunecări de teren s-au răspândit peste treapta de bază a rocii de bază - **Figura 261c, d**). Prezența treptelor laterale continue în morfologia versantului este influențată de intersecția stratificației geologice cu suprafața, între cornișa și degetul alunecării de teren a complexe care acoperă versantul de la Băiceni, semn că depozitele vechi și relictate ale alunecării de teren sunt mai groase (deoarece nu avem date ERT în acea zonă le-am reprezentat cu semne de întrebare în profilul geomorfologic din **Figura 261**) și uneori netezite de evenimente de eroziune sau depunere (**Niculiță ș.a., 2016b; Niculiță ș.a., 2017b; Niculiță ș.a., 2019c**). Munca de teren pentru identificarea geologiei în ravenele care traversează masa alunecată nu s-a finalizat cu identificarea acestora, deși aceste ravene au adâncimi de până la 7 m în unele cazuri. Această situație confirmă concluzia că maslele de alunecare în zona mediană a alunecării complexe sunt mai groase de 3-5 m.

Dovezile prezentate arată un sprijin puternic pentru ipoteza că versanții similari cu situl Băiceni sunt acoperiți de alunecări de teren complexe care au evoluat în timpul Holocenului prin reactivări retrogressive ale cornișei și prin alunecarea continuă a materialului dislocat, eroziunea și transportul acestuia. Acest tip de evoluție a creat depozite stratificate caracteristice multor versanți din Podișul Moldovei (**Mărgărint și Niculiță, 2017; Niculiță ș.a., 2017b; Niculiță ș.a., 2019c**).



**Figura 261. Investigația geofizică a alunecării de teren complexe Băiceni (Niculiță ș.a., 2019c).**



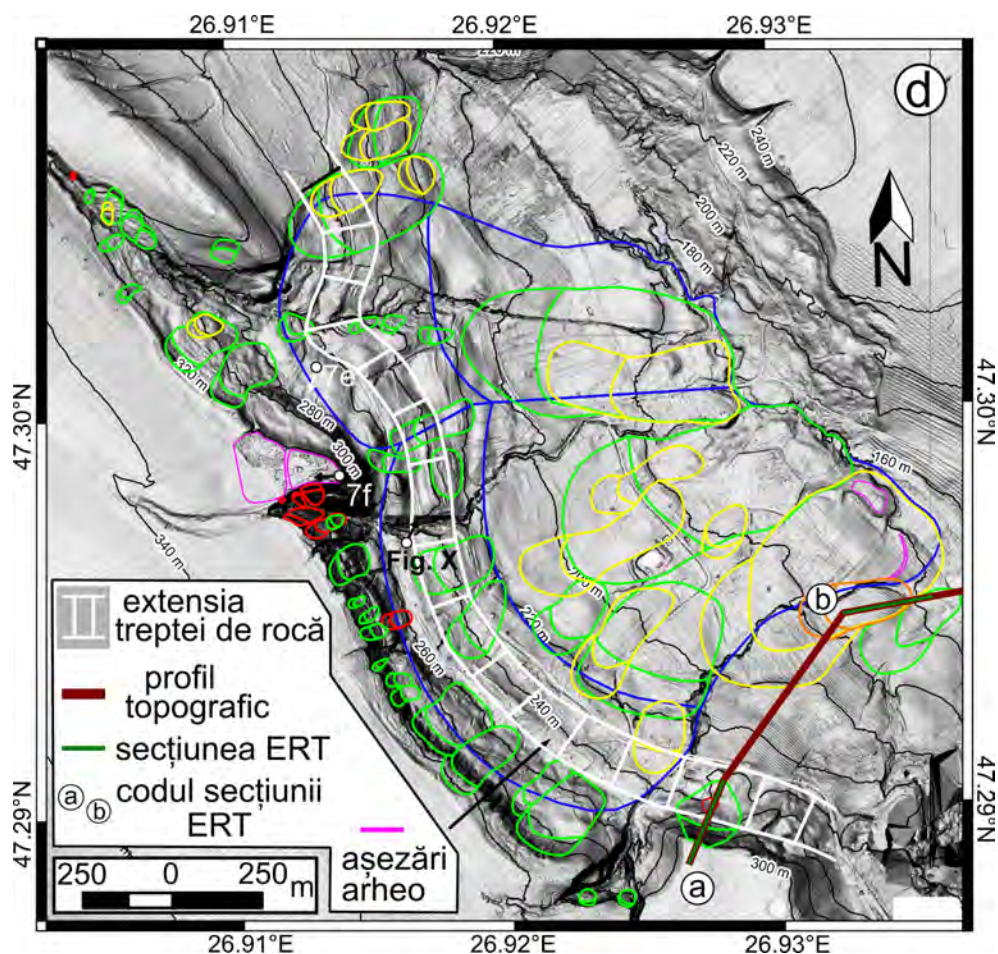
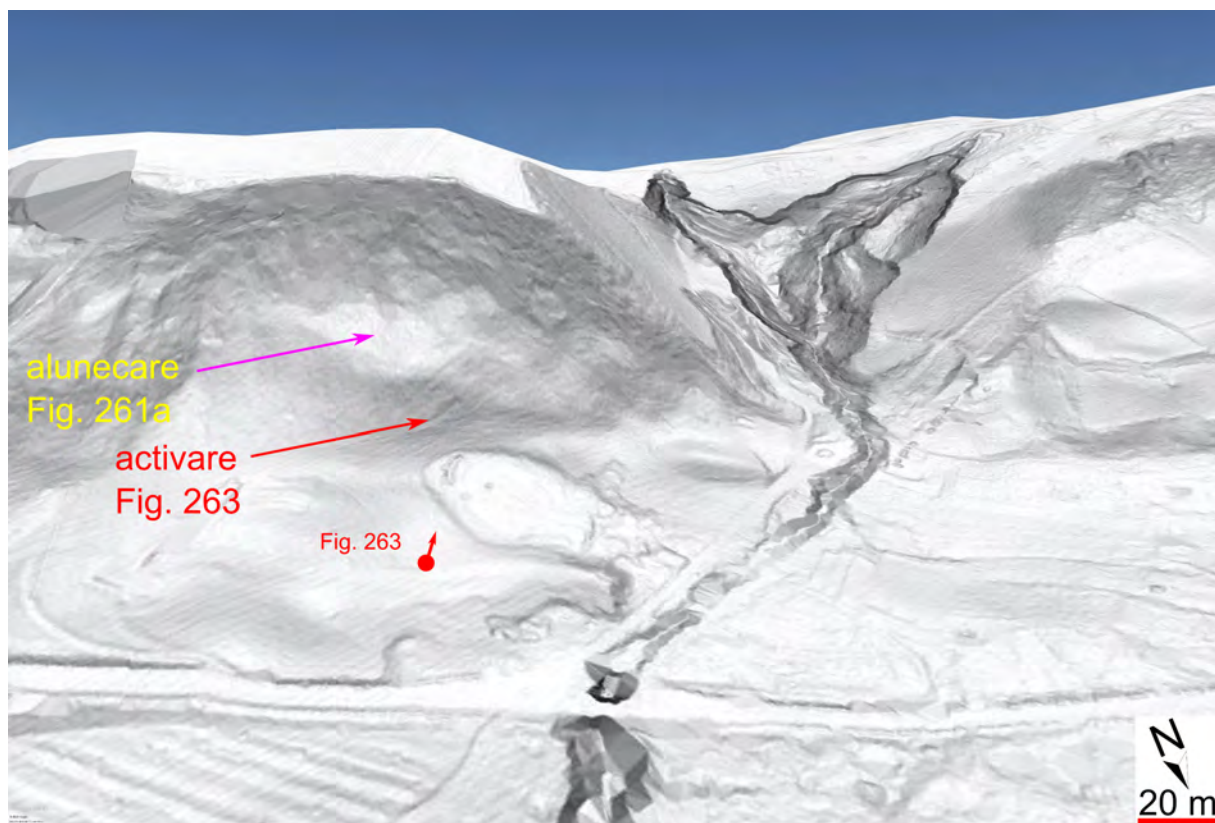


Figura 262. Harta detaliată a alunecării de teren complexe Băiceni (Niculiță ș.a., 2019c).



Figura 263. Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni; cablul cu electrozi indică traseul prospecțiunii geofizice din Figura 261a.





**Figura 264.** Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.



**Figura 265.** Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni; imagine satelitară din arhiva Google Earth.



### **III. Datarea alunecărilor de teren prin metoda radiocarbon**

#### **III.1 Contextul teoretic și metodologic al datărilor cu radiocarbon**

Problematika datării alunecărilor de teren a fost recent abordată (**Lang ș.a., 1999; Corominas și Moya, 2008**) inclusiv la nivel mondial la nivel de review (**Panek, 2015a; Panek, 2019**) o serie de aspecte interesant reieșind:

- nu există foarte multe datări pentru ariile deluroase, care însă sunt cele mai susceptibile la alunecări cu impact asupra societății umane (vorbim deci de hazard), comparativ cu zonele montane;
- în funcție de climat și de tipul alunecărilor, cele mai sigure metode sunt cele care datează elemente prinse sub masa alunecată.

În special pentru aria de studiu (Podișul Moldovei), deși morfologia alunecărilor de teren este bine păstrată (**Niculiță ș.a., 2016a**) identificarea unor secțiuni transversale sau longitudinale prin masele alunecate este dificilă. Aceste secțiuni apar acolo unde: (i) drumuri, (ii) ravene sau (iii) excavații antropice au secționat zona de cornișă, (iv) unde există cariere în masa alunecată sau la baza sa, (v) râuri sau (vi) abraziunea lacustră a secționat masa alunecată sau baza alunecării. Astfel de situații au fost întâlnite frecvent pe teren și probe de material organic se pot colecta pentru datare din: (i) umplutura coluvială a bazei cornișei, din (ii) paleosoluri, fosilizate de reactivări ale masei alunecate sau (iii) din paleosolul surprins la baza alunecării, respectiv sub piciorul acesteia. A fost probată și posibilitatea de a data materialul sediment în lacurile aflate pe masa alunecată. În cazul acestor lacuri, datorită perioadelor frecvente de uscăciune, regimul este predominant oxidativ, lacurile sunt oligotrofe, biota amestecând materialele organice, care se oxidează și nu se păstrează. Multe din aceste lacuri se află la partea superioară a masei alunecate, unde au apărut reactivări recente, deci o eventuală vârstă a depozitelor din aceste lacuri va data reactivarea recentă și nu evenimentul major, relict sau vechi. O altă abordare presupune recunoașterea alunecărilor de teren care prezintă o distanță mare de deplasare a masei alunecate (în special a piciorului), astfel încât acoperă mare parte din albia majoră locală. Prin executarea de foraje manuale în zona degetului acestor alunecări se poate proba orizontul A al paleosolului.

Datarea cu radiocarbon a probelor colectate a fost efectuată de către laboratorul Beta Analytics din Miami (<https://www.radiocarbon.com/>). Materialul lemnos are cele mai mari șanse de datare,



deoarece celula lemnoasă conține predominant resturi organice (Figura 266), care păstrează foarte bine și care conservă conținutul de  $^{14}\text{C}$  de la momentul creșterii (Orlova și Panychev, 1993). Aceeași situație este caracteristică resturilor vegetale slab transformate (turbă) sau incarbonizate (Figura 268). Acest tip de probe au fost obținute pentru materialul de luncă care acoperă corpul alunecării fosile de la Costești, județul Iași, identificându-se în aceeași secțiune, la mai multe nivele atât lemn, cât și material organic incarbonizat. Lemnul probat (Figura 266 și Figura 267) prezintă clare inele de creștere paralele cu suprafața probei, astfel că putem presupune că reprezintă bucăți de crengi sau arbori tineri. Materialul organic incarbonizat (Figura 268) nu a putut fi identificat macroscopic din punct de vedere al apartenenței la o specie vegetală, putând fi, fie detritus vegetal, fie o acumulare de frunze depusă în mediul fluvial argilo-siltitic al albiei majore Pleistocene.

Datarea cu radiocarbon a solurilor fosile, prinse între depozitele de alunecare se realizează prin obținerea de probe din orizontul organic A al acestor soluri și utilizarea metodei radiocarbon pentru datarea materiei organice. Datarea cu radiocarbon a solurilor este problematică (Tamm, 1960; Campbell ș.a. 1967; Scharpenseel ș.a. 1968, 1971, 1977; Martel și Paul 1974; Goh ș.a. 1976; Matthews, 1985; Trumbore 1996), dar la nivel mondial s-a ajuns la ideea că în anumite condiții poate fi realizată (Orlova și Panychev, 1993; Pessenda ș.a., 2001). Materia organică din sol este formată din resturi vegetale în diverse stadii de descompunere și materie organică descompusă (Orlova și Panychev, 1993). Concrețiunile carbonatice pot fi și ele date, dar în cazul lor erorile pot fi foarte mari (Callen ș.a., 1983). Polenul (Zhou ș.a., 1999), cochiliile de gasteropode (Pigati ș.a., 2015) sau microparticule de cărbuni (Pigati ș.a., 2015) au mai fost utilizate în contextul solurilor fosile din depozite de loess. Resturile de plante slab descompuse din orizontul organic ar fi cele mai bune indicatoare ale vârstei superioare ale paleosolului (Orlova și Panychev, 1993).

Resturile organice biologic active și cele inactive pot fi utilizate pentru a stabili o vârstă medie a solurilor și eventual pentru a stabili perioada medie de rezidență a materiei organice (Martel și Paul, 1974; Trumbore, 1996; Pessenda ș.a., 2001). În mod normal solul este un sistem deschis în privința  $^{14}\text{C}$ , datorită fluxurilor de radiocarbon mai nou adus de sistemul radicular al plantelor, de amestecul produs de viețuitoare și de activitatea biologică a organismelor din sol (Trumbore, 1996). Atunci când un orizont A este îngropat rapid, la o adâncime destul de mare pentru ca sistemul radicular să nu ajungă la ceasta, așa cum este cazul solurilor fosile din albiile majore sau din corpul maselor de alunecare însă sistemul  $^{14}\text{C}$  devine un sistem închis. Prin datarea atât a materiei organice, cât și a resturilor macrovegetale, a humusului și huminelor se poate estima și eventuala contaminare, dacă sistemul a fost deschis la un moment dat (Orlova și Panychev, 1993). Huminele sunt în general mai vechi decât acizii fulvici, deoarece acestea se descompun mai greu, fiind mai stabile (Campbell ș.a., 1967) și obținând date minime pentru vârsta solului respectiv (Pessenda ș.a., 2001). Acizii humici și materia organică totală prezintă vârste radiocarbon mai noi decât huminele sau microparticulele de cărbuni, iar vârstele de radiocarbon din orizontul A sunt mai noi decât cele din orizontul B (Wang ș.a., 1996). Astfel, vârsta indicată de datarea cu radiocarbon a materiei organice indiferent de sursa acesteia va fi cel mult o vârstă medie, dacă nu chiar una foarte recentă. O altă problemă a extracției materiei organice cu baze și separarea huminelor și a acizilor fulvici+humici este dată de posibilitatea ca prin acest procedeu să se dateze carbon organic mai nou, pentru că acesta este eliberat la tratare, pe când carbonul mai vechi rămâne legat de fracția minerală. În cazul de față a fost datată au fost date ambele fracții (humine și acizi fulvici+humici), varianta bulk (materia organică tratată doar cu acid, fără separarea cu baze) și resturile de plante. Prin comparația celor patru vârste pentru fiecare probă se pot obține concluzii valide privind vârstele minime și maxime ale orizontului respectiv.

Toate aceste presupuneri sunt valide dacă solul nu a atins starea de echilibru (Wang ș.a., 1996), situație în care el va fi tot mai tânăr. Această stare de echilibru se poate atinge în mai puțin de 5000 ani în cazul solurilor temperate umede și chiar în 300 000 de ani în cazul solurilor din areale semi-deșertice (Wang ș.a., 1996). De asemenea în medii umede și cu spălare intensă, materialul provenit din straturile superioare poate contamina probele (Hammond ș.a., 1991).

În cazul nostru, atât prin datarea materiei organice a solurilor fosile din cadrul maselor alunecate (Figura 274 și Figura 277) cât și a celor de luncă acoperite de masele alunecate (Figura 270 și Figura 273), obținerea unei vârste cât mai apropiate de momentul acoperirii este un atu, în stabilirea vârstei alunecării. Pentru alunecarea pleistocenă, fosilă, datarea materiei organice din depozitul de terasă (Figura 266 și Figura 268) a arătat vârsta pleistocen superioară, probabil MIS3 sau mai veche, iar datarea cochiliei din depozitul de albie majoră (Figura 269), aval de alunecarea fosilă permite încadra-





**Figura 266. Probă de material lemnos prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași).**



**Figura 267. Probă de material lemnos prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași).**





**Figura 268. Probă de material vegetal incarbonizat prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași).**



**Figura 269. Cochilie prelevată din depozitele de albie majoră aval de alunecarea fosilă Costești (jud. Iași).**





**Figura 270. Probă bulk din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași).**



**Figura 271. Probă de acizi fulvici+humici din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași).**





Figura 272. Probă de humine din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași).



Figura 273. Probă de macrovegetale din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași)





Figura 274. Probă bulk din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași).



Figura 275. Probă acizi fulvici+humici din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași).





Figura 276. Probă humine din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași)..



Figura 277. Probă macrovegetale din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași).



rea temporală a inciziei depozitului de terasă. Deoarece baza alunecării fosile nu este deschisă, încadrarea exactă în cadrul MIS3 sau mai veche nu este încă posibilă, dar datarea terasei și a inciziei sale are implicații majore asupra stabilirii modelului de evoluție al alunecărilor din aceste perioade, prin prisma formării albiilor actuale, a agraării lor și a formării versanților.

Beta Analytics produce rezultate care sunt acreditate ISO/IEC-17025:2005. Nu se realizează analizele prin subcontractori și nici cu forță de muncă studențească. Toate datările se realizează cu patru spectrometre de masă cu accelerator (AMS) NEC și patru spectrometre de rație a masei izotopilor (IRMS) Thermo. Vârsta radiocarbon convențională este calculată cu perioada de înjumătățire Libby (5568 ani), corectată pentru fracția izotopică totală și a fost utilizată pentru calibrarea calendaristică. Vârsta este rotunjită la cei mai apropiați 10 ani și este raportată ca ani de radiocarbon înainte (BP), unde „prezent” = AD 1950. Rezultate mai mari decât referința modernă sunt raportate ca procente de carbon moderne (pMC). Standardul modern de referință a fost 95% semnătura  $^{14}\text{C}$  a NIST SRM-4990C (acid oxalic). Erorile citate sunt statistici de numărare de 1 sigma.

Valorile sigma calculate mai mici de 30 BP vârstă radiocarbon convențională au fost rotunjite în mod conservator până la 30. Valorile  $\delta^{13}\text{C}$  sunt derivate de pe materialul însuși (nu AMS  $\delta^{13}\text{C}$ ). Valorile  $\delta^{13}\text{C}$  și  $\delta^{15}\text{N}$  sunt relative la VPDB-1. Toate rezultatele care se încadrează în domeniul datelor de calibrare disponibile sunt calibrate la anii calendaristici (cal BC / AD) și anii calibrați de radiocarbon (cal BP). Calibrarea a fost calculată folosind una dintre bazele de date asociate cu programul INTCAL 2013 (**Bronk ș.a., 2009; Reimer ș.a., 2013**). În unele cazuri pot apărea mai multe intervale de probabilitate, din cauza variațiilor pe termen scurt în conținutul  $^{14}\text{C}$  atmosferic la anumite perioade de timp. Privind cu atenție graficul de calibrare furnizat și unde limitele sigma BP interceptează curba de calibrare se poate înțelege acest fenomen. Vârstele convenționale de radiocarbon și sigma aferentă sunt rotunjite la cei mai apropiați 10 ani, conform convențiilor Conferinței Internaționale a Radiocarbonului din 1977.

Beta Analytics datează atât macrovegetalele (materia organică rămasă după sitarea la 180 microni și flotare), materia organică (materia organică trecută prin sita de 180 microni și tratată cu HCl pentru a elimina carbonații), acizii humici (materia organică trecută prin sita de 180 microni, tratată cu HCl pentru a elimina carbonații și cu soluții alcaline pentru a solubiliza acizii humici care sunt apoi precipitați) și huminele (materia organică trecută prin sita de 180 microni, tratată cu HCl pentru a elimina carbonații și cu soluții alcaline pentru a solubiliza acizii humici care sunt apoi spălați).



**Figura 278. Probă de material lemnos prins în matrice argiloasă.**



## III.2 Analiza datărilor alunecărilor de teren

Rezultatele datărilor efectuate sunt specificate în **Tabelul 1**. Contextul geomorfologic al probelor datate se încadrează în următoarele categorii:

- mase de alunecare fosile, acoperite de depozite fluviale (foste lunci);
- mase de alunecare recente sau vechi care acoperă luncile holocen superioare pe care s-au dezvoltat soluri recente;
- mase de alunecare ale unor alunecări recente sau vechi care acoperă mase de alunecare pe care s-au dezvoltat soluri recente.

**Tabelul 1 Rezultatele datărilor cu  $^{14}\text{C}$  efectuate de Beta Analytics pentru probele din Podișul Moldovei**

| Beta ID* | ID      | V. conv. **<br>(BP) | V. calib.***<br>(cal BP) | V. calib. prob. (%) | $\delta^{13}\text{C}$ (‰) | $\delta^{18}\text{O}$ (‰) | Metoda datare | Material datat   | Pre-tratament                     |
|----------|---------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------|
| 544491   | L04     | 230 +/- 30          | 314-266                  | 45,7                | -25,2                     | -                         | AMS           | plante           | sitare și spălare cu acid și baze |
| 542379   | L03     | 1100 +/- 30         | 1063-937                 | 95,4                | -25,6                     | -                         | AMS           | humine           | spălare cu acid și baze           |
| 542378   | L02     | 1340 +/- 30         | 1306-1236                | 83,8                | -27,6                     | -                         | AMS           | acizi humici     | spălare cu acid și baze           |
| 542377   | L01     | 1210 +/- 30         | 1186-1059                | 84                  | -26,2                     | -                         | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |
| 557341   | BR04    | 1670 +/- 30         | 1629-1522                | 89,1                | -29,3                     | -                         | AMS           | plante           | sitare și spălare cu acid și baze |
| 556264   | BR03    | 1910 +/- 30         | 1928-1780                | 93,6                | -26,0                     | -                         | AMS           | humine           | spălare cu acid și baze           |
| 556263   | BR02    | 2060 +/- 30         | 2120-1946                | 95,4                | -27,4                     | -                         | AMS           | acizi humici     | spălare cu acid și baze           |
| 556262   | BR01    | 1920 +/- 30         | 1947-1812                | 95,0                | -25,6                     | -                         | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |
| 569736   | TAUT01  | 4440 +/- 30         | 5076-4956                | 52,6                | -25,6                     | -                         | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |
| 567981   | TAUT04  | 5150 +/- 30         | 5950-5885                | 74                  | -26,2                     |                           | AMS           | acizi humici     | spălare cu acid și baze           |
| 567980   | TAUT03  | 5900 +/- 30         | 6786-6662                | 95,4                | -24,8                     |                           | AMS           | humine           | spălare cu acid și baze           |
| 567979   | TAUT02  | 5530 +/- 30         | 6398-6285                | 95,4                | -24,7                     |                           | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |
| 518575   | COST03Q | 41480 +/- 530       | 45920-43985              | 95,4                | -25,1                     | -                         | AMS           | macro-vegetale   | spălare cu acid și baze           |
| 518574   | COST02L | 28620 +/- 130       | 33206-32069              | 95,4                | -24,6                     | -                         | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |
| 518573   | COST01C | 3600 +/- 30         | 3980-3836                | 95,4                | -6,5                      | -4,15                     | AMS           | cochilie         | ablație cu acid                   |
| 518572   | COST01L | 16630 +/- 40        | 20236-19886              | 95,4                | -24,4                     | -                         | AMS           | materia organică | spălare cu acid                   |

\* Beta Analytics ID; \*\* Vârsta radiocarbon convențională; \*\*\* Vârsta calibrată



## A. Alunecarea complexă de la Costești, jud. Iași

Alunecare complexă de la Costești, județul Iași (**Figura 279**) prezintă o evoluție complexă, începută la finalul Pleistocenului, când datorită adâncirii rețelei hidrografice a fost inițiată destabilizarea versanților la nivelul Podișului Moldovei. Încă nu putem localiza cu precizie acest moment, dar vârstele indicate de datările depozitelor de luncă (**Figura 279**) depuse peste alunecările de teren fosile (19-46 ka – Beta 518575, 518574, 518572) indică stadiul MIS3 din ultimul stadiu glaciatic.

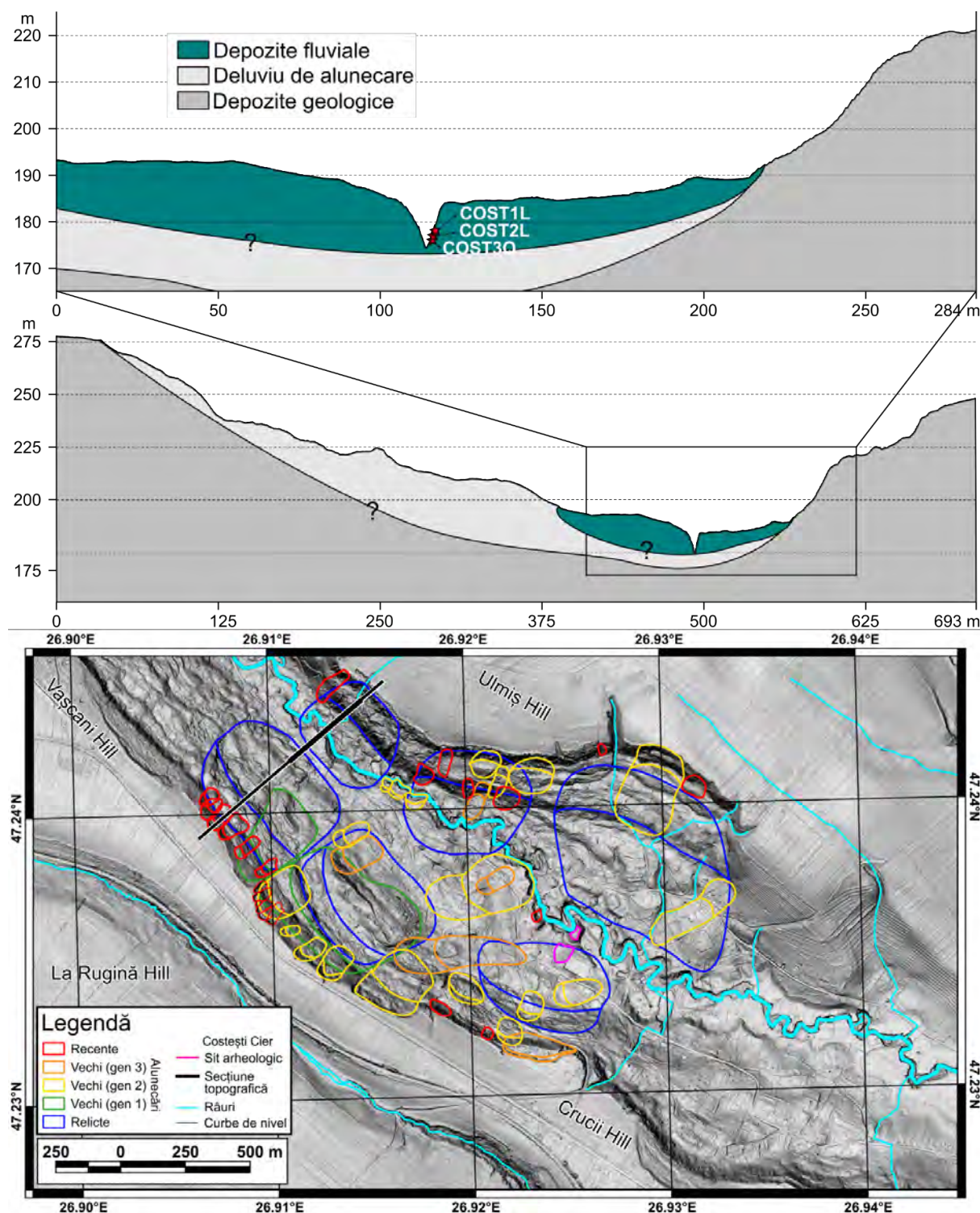


Figura 279. Contextul geomorfologic al alunecării fosile de la Costești (jud. Iași).



Cel mai probabil au existat mai multe etape de alunecare și mai multe etape de aluviere, generate de variația cu 40 m a nivelului oceanului planetar. După stadiul MIS2, când a avut loc ultimul maxim glaciatic (LGM), iar nivelul oceanului planetar era cu ~130 m mai jos decât nivelul actual, încălzirea continuă și bruscă a generat creșterea nivelului oceanului planetar până la nivelul actual. Post LGM a avut loc și adâncirea rapidă a rețelei hidrografice, care a generat primele terase de vale, ca numerotare și ultimele ca evoluție (prima terasă a Bahluiețului datată la 20.2 ka – RoAMS 497.66). Deoarece nu există datări ale bazei păturii aluviale ale albiilor majore, dar ținând cont de vârsta păturii aluviale (Beta 518573 din depozitul de luncă a Bahluiețului aval de probele Beta 518575 și **Rădoane ș.a., 2015** care au datat terasele de albie majoră a Siretului de 5 m la 2-7 ka BP) este clar că această adâncire a durat maxim până acum 8-10 ka BP. După acest moment, a avut loc așezarea albiilor și formarea albiei majore actuale. Formarea albiei majore actuale s-a finalizat în perioada 2-4 ka BP.



**Figura 280. Malul albiei majore a râului Bahluieț în perimetrul alunecării fosile de la Costești (jud. Iași) și localizarea probelor în depozitul de terasă care acoperă masa alunecată.**



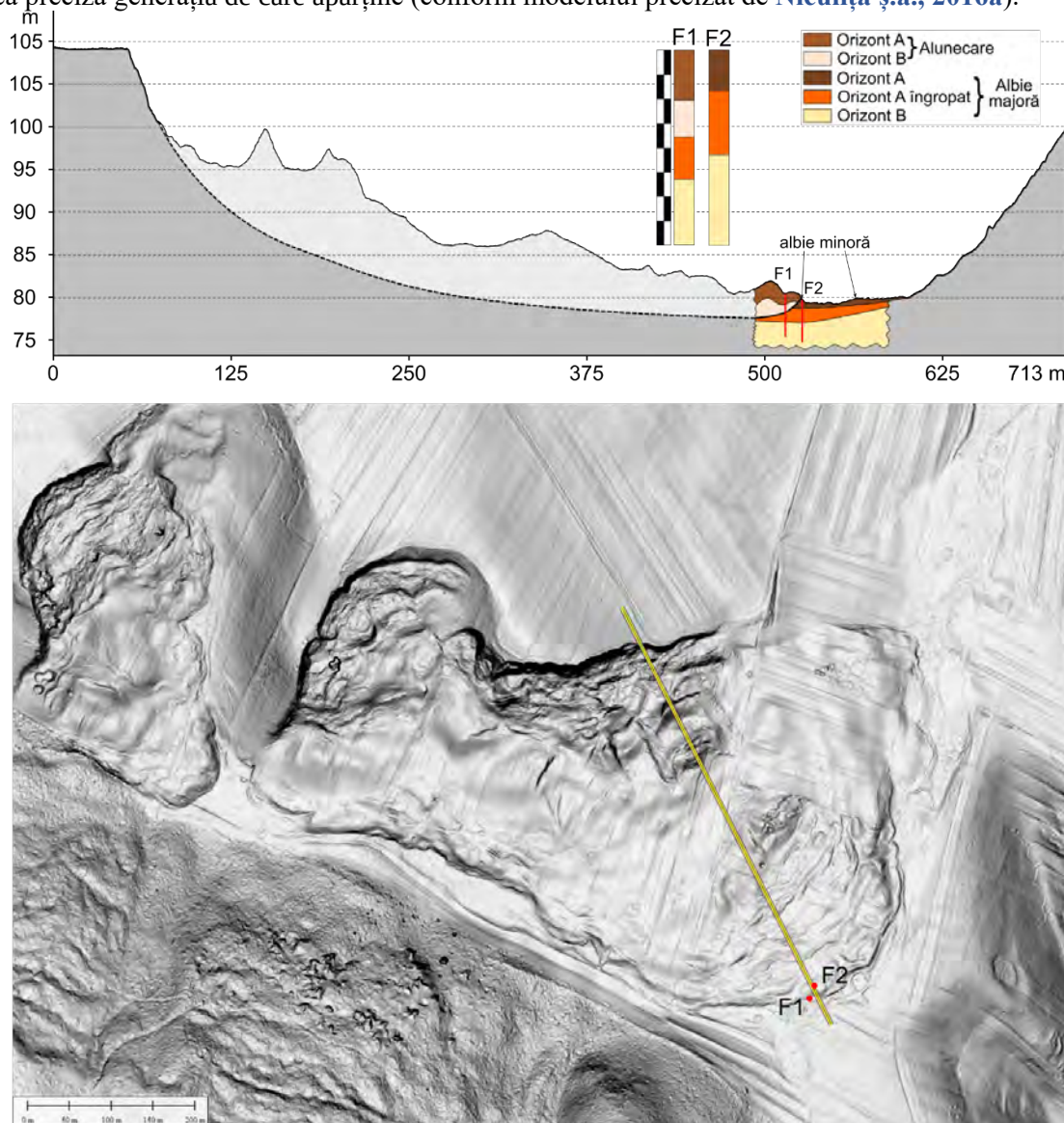
Datările și cartările efectuate în arealul Costești confirmă modelul de vârstă relativă a alunecărilor din Podișul Moldovei pus la punct de **Niculiță ș.a. (2016a,c)**. Astfel, alunecările relict sunt din perioade LGM-Holocenul inferior. Pentru stabilirea mai exactă a vârstei acestor alunecări, trebuie căutate și datate depozite de alunecare fosilizate în depozitele de albie majoră. Promițătoare este alunecarea Strunga, unde a fost încercată o secțiune de 4 m adâncime, la contactul degetului acestei alunecări cu albia majoră a râului, fără a se reuși atingerea cotei de contact dintre alunecarea de teren și albia majoră fosilizată (atât datorită grosimi piciorului alunecării, estimată la peste 10 m, cât și datorită agraării albiei majore, post-alunecare, cu până la 4-6 m; pentru probarea solului fosil de albie majoră prins sub piciorul alunecării ar fi nevoie de un foraj carotat care să depășească 10 m adâncime).

**Rezultatele obținute au introdus și generația alunecărilor de teren fosile, de vârstă Pleistocen Superioară, în modelul de evoluție al alunecărilor de teren din Podișul Moldovei.**

În aceste condiții vorbim și de cea mia veche alunecare de teren din România, în cazul căreia există atât depozite cât și morfologie.

## B. Alunecarea complexă de la Breazu, jud. Iași

Alunecarea complexă de la Breazu, jud. Iași (**Figura 281**), prezintă o deplasare extinsă a materialului alunecat, care acoperă albia majoră a pârâului Vânători, putând fi încadrată ca tipologie fie la extindere fie la curgere. Masa alunecată poate fi încadrată la categoria alunecărilor vechi, fără a se putea preciza generația de care aparține (conform modelului precizat de **Niculiță ș.a., 2016a**).



**Figura 281. Contextul geomorfologic al alunecării de la Breazu (jud. Iași).**



Vârsta obținută dă informații despre vârsta absolută a alunecărilor vechi: sec 4 după Hristos, perioadă în care din punct de vedere climatic se discută despre perioada romană caldă (a se vedea 6.1). Niculiță ș.a. (2016a) și Niculiță ș.a. (2019), indicau faptul că generațiile medii și noi ale alunecărilor vechi, sunt romane și post-romane.

### C. Complexul de alunecări de la Cucuteni-Lețcani

Versantul văii Bahluiului în zona de confluență Bahlui-Voinești (Figura 282) prezintă o serie de alunecări care au evoluat retrogresiv, generând o cornișă la partea superioară a versantului și o serie corpuri de alunecare din categoria alunecărilor vechi (Niculiță ș.a., 2016a). Alunecările retrogresive au mase de alunecare ce s-au deplasat până la baza versantului, putându-se cartea cele trei generații de alunecări vechi.

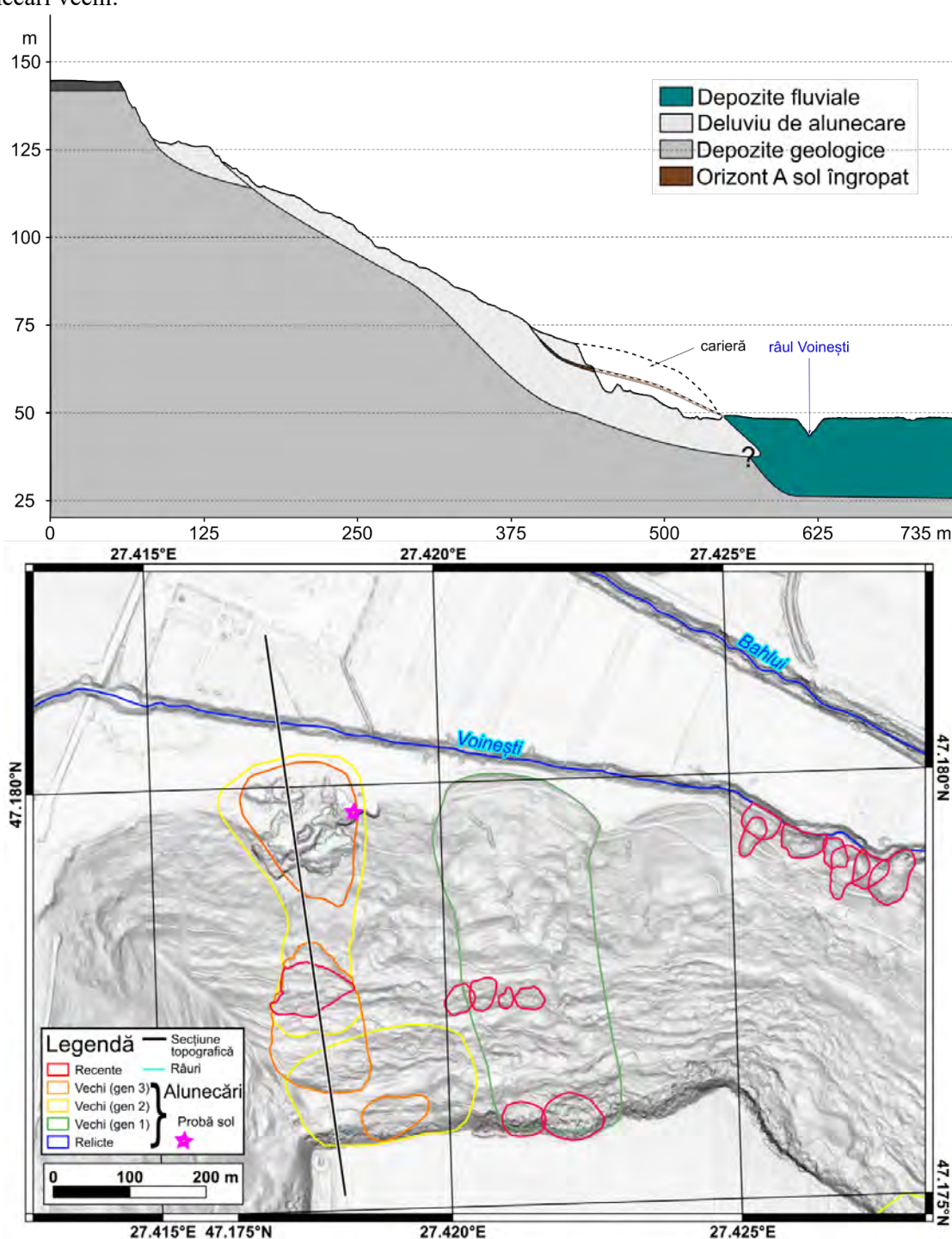


Figura 282. Contextul geomorfologic al alunecării de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași).



Pe masa alunecată a alunecării din generația a doua este dezvoltat un sol fosil, a cărui vârstă minimă relevă data evenimentului din generația a treia de alunecări vechi. Datarea acestui sol (**Tabelul 1**) prin vârstă humusului, relevă vârstă medieval timpurie a generației a doua de alunecări vechi, iar prin vârstă macrovegetalelor vârstă medieval târzie/istoric modernă a alunecărilor din generația a treia de a lunecări vechi. Într-o carieră de argilă deschisă la baza versantului este vizibil contactul dintre un corp de alunecare din generația a doua și una din generația a treia, care o acoperă. (**Figura 283** și **Figura 284**).



**Figura 283.** Continuitatea solului fosil (linie întreruptă) al alunecării recente de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași); cu linie continuă subțire în imaginea de sus sunt figurate planuri de încălecare în masa de alunecare, iar cu dreptunghiul roșu locația probării.





**Figura 284. Locația probării solului îngropat (dreptunghiul roșu din imaginea dreapta sus) din masa alunecării recente de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași).**

Pentru obținerea de probe în contextul în care nu există deschideri naturale sau antropice în masa corpurilor de alunecare se pot utiliza instalații de forare. Pentru aceasta a fost achiziționat un sistem Eijkelkamp de tip piston prelevator (piston sampler). Acesta permite probarea cu Edelman Auger și apoi cu pistonul prelevator a unor coloane de sedimente de până la 5 m. În **Figura 285** este prezentată utilizarea acestui piston în cazul alunecării Breazu. Cu toate acestea, există multe areale care vor fi prezentate mai jos, unde adâncimea de prelevare a unor soluri fosile de luncă necesită probarea la adâncimi mai mari de 10 m, chiar dacă morfologic acestea par a avea doar 3-5 m grosime. Acest lucru se datorează agraării albiilor, după ce alunecarea a acoperit parțial sau total lunca. Agradarea are loc atât amonte, cât și aval, uneori mai puternic în amonte, situație logică ținând cont de reducerea conectivității hidrologice în distribuția sedimentelor. Această agraare, în special cu depozite fine este post-romană/medievală.



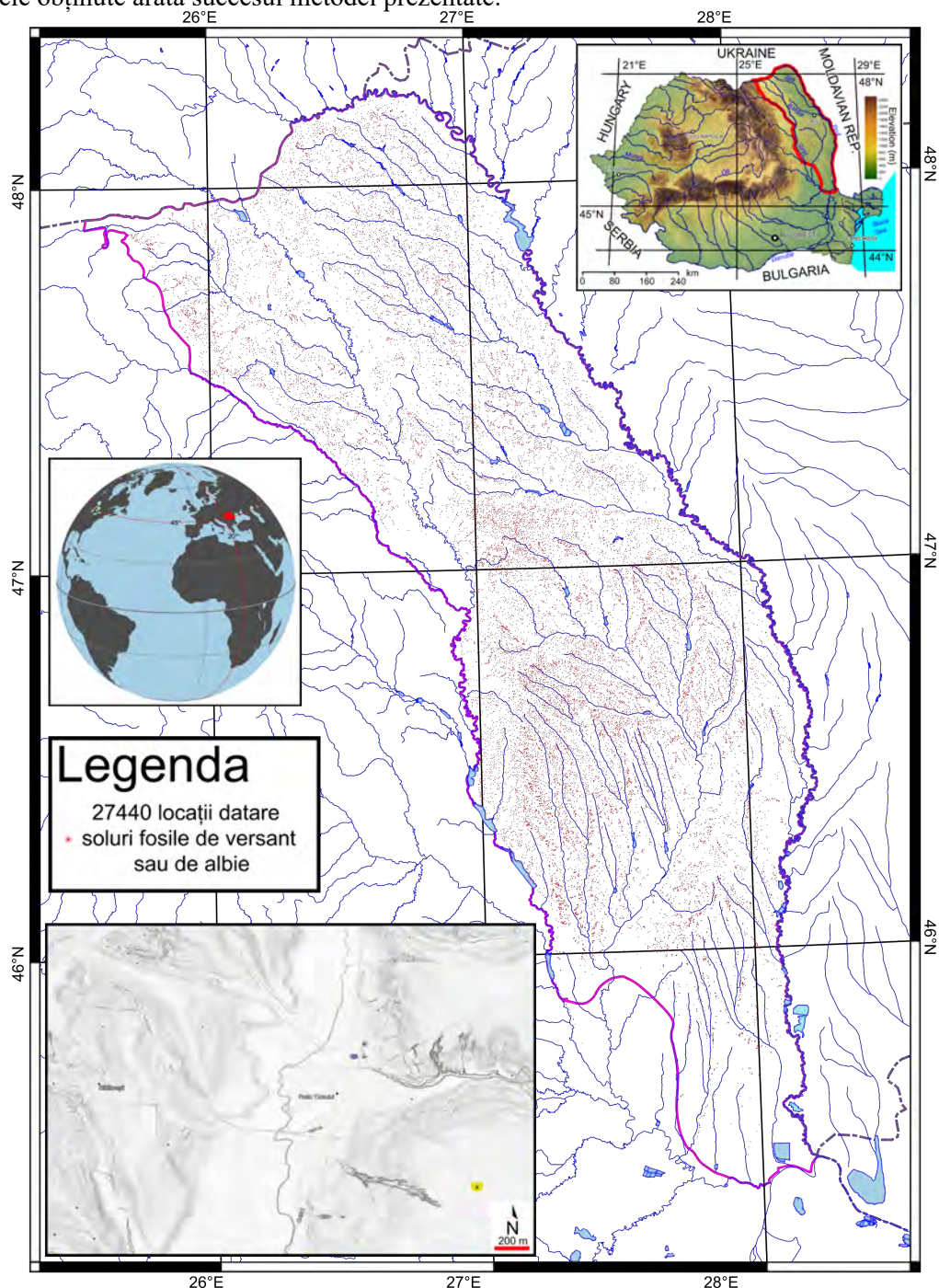


**Figura 285. Utilizarea pistonului prelevator pentru obținerea de probe în cazul alunecării de la Breazu (jud. Iași).**



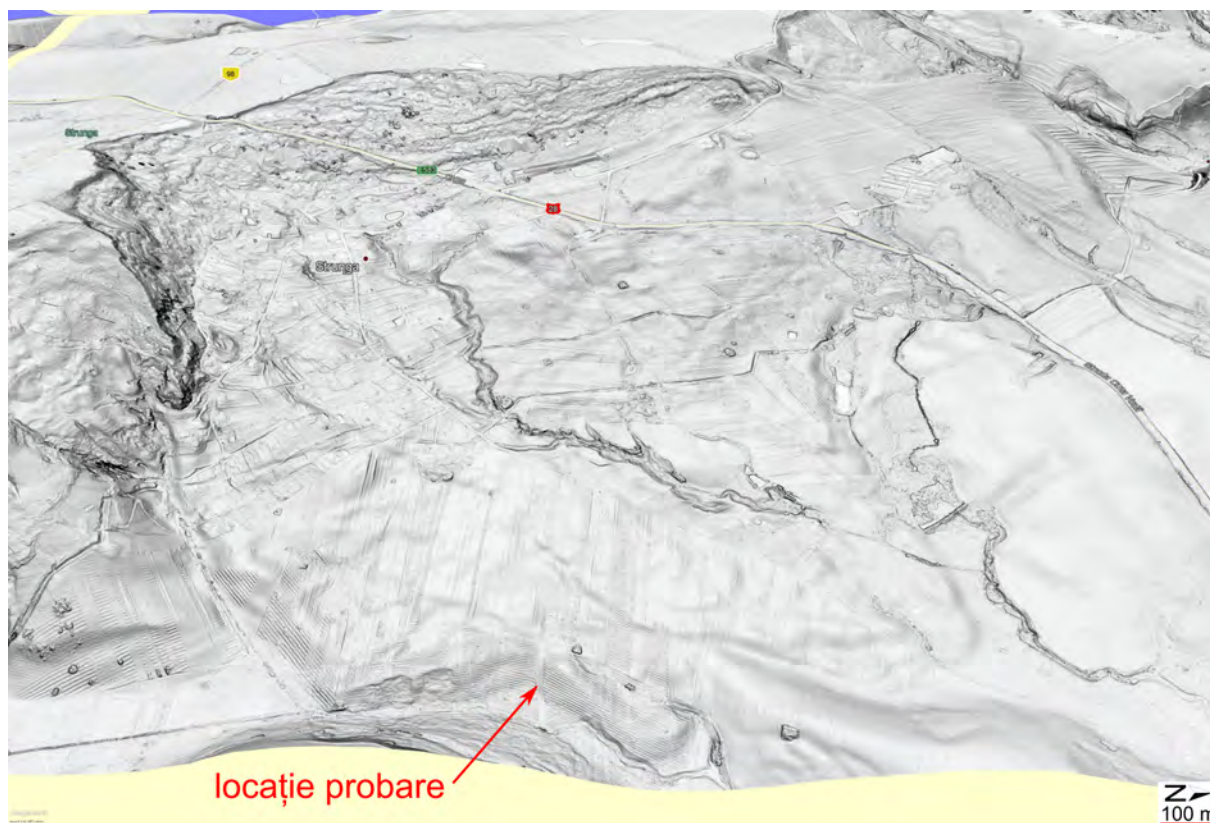
### III.3 Situri cu posibilități de datare

Pe lângă datările efectuate, au fost identificate situri cu potențial de a fi date (**Figura 286**). Acoperirea spațială a acestora arată că cel puțin în scenariul utilizării solurilor de luncă, acoperite de mase de alunecare, se poate realiza o cronologie holocenă extinsă. Dacă mai adăugăm eventualele mase de alunecare cu deschideri, care pot acoperi perioada istorică, și eventuale alte alunecări relict, rezultatele obținute arată succesul metodei prezentate.



**Figura 286. Poziționarea geografică a siturilor databile cu metoda radiocarbon (cu linie groasă de culoare roz este reprezentată limita Podișului Moldovei).**





**Figura 287. Alunecarea de teren Strunga (jud. Iași), alunecare de tip eveniment, de mari dimensiuni cu potențial de a avea o vârstă Holocen inferioară; aceasta a barat valea râului Lupul, fiind ulterior incizată de acesta.**

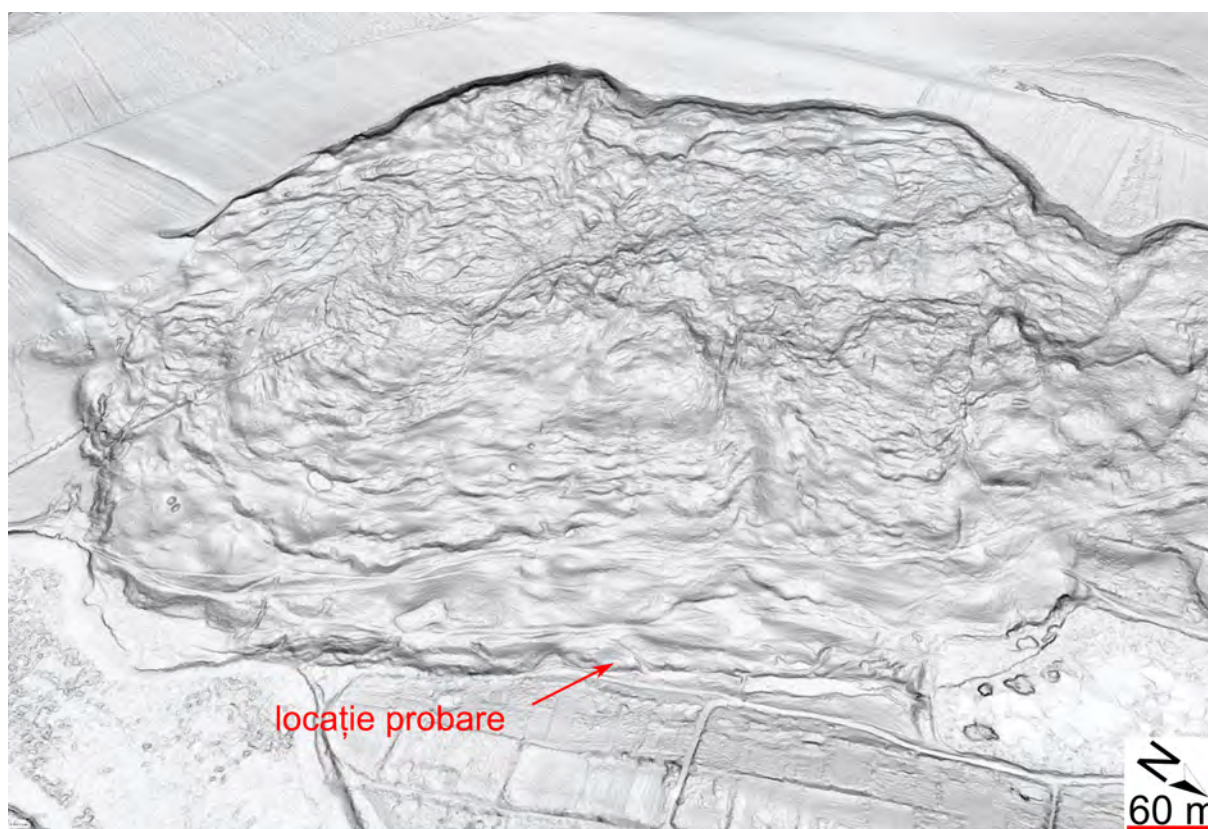


**Figura 288. Baza alunecării de teren Strunga (jud. Iași), care a fost probată cu ajutorul unui șanț de 4 m adâncime, dar care probabil are contactul cu lunca văii Lupului, la peste 10 m adâncime, astfel că nu a putu fi surprins cu ajutorul forajelor manuale.**



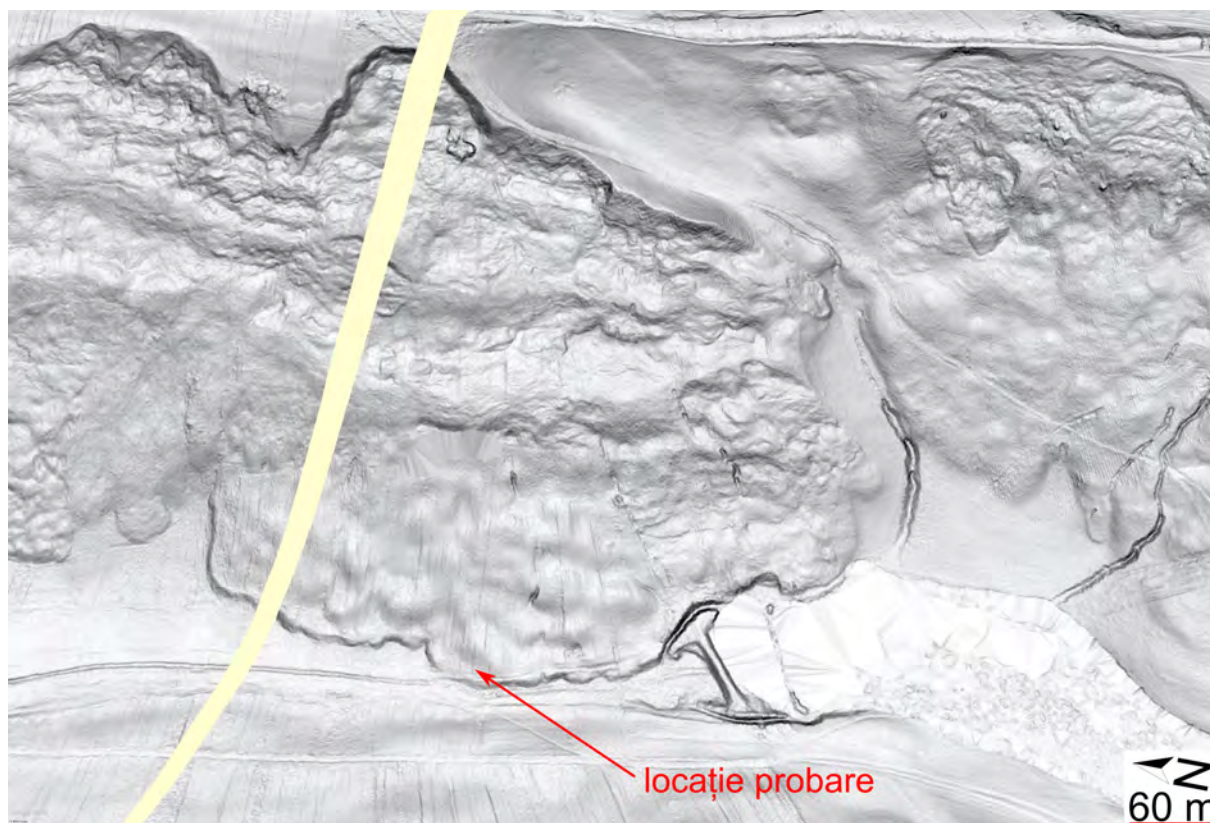


**Figura 289. Detaliu al șanțului de probare al alunecării de teren Strunga (jud. Iași).**

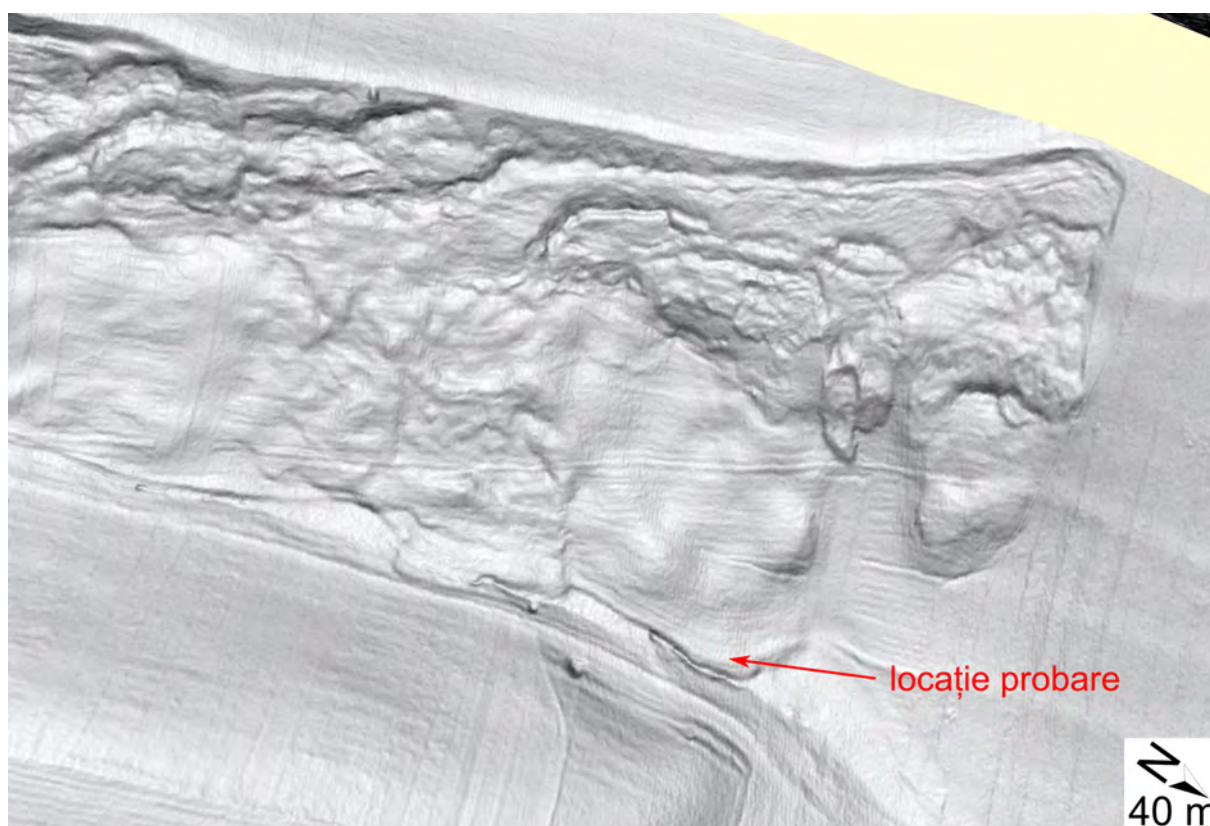


**Figura 290. Alunecarea de teren Tăutești (jud. Iași), care acoperă albia majoră a râului Tăutești.**



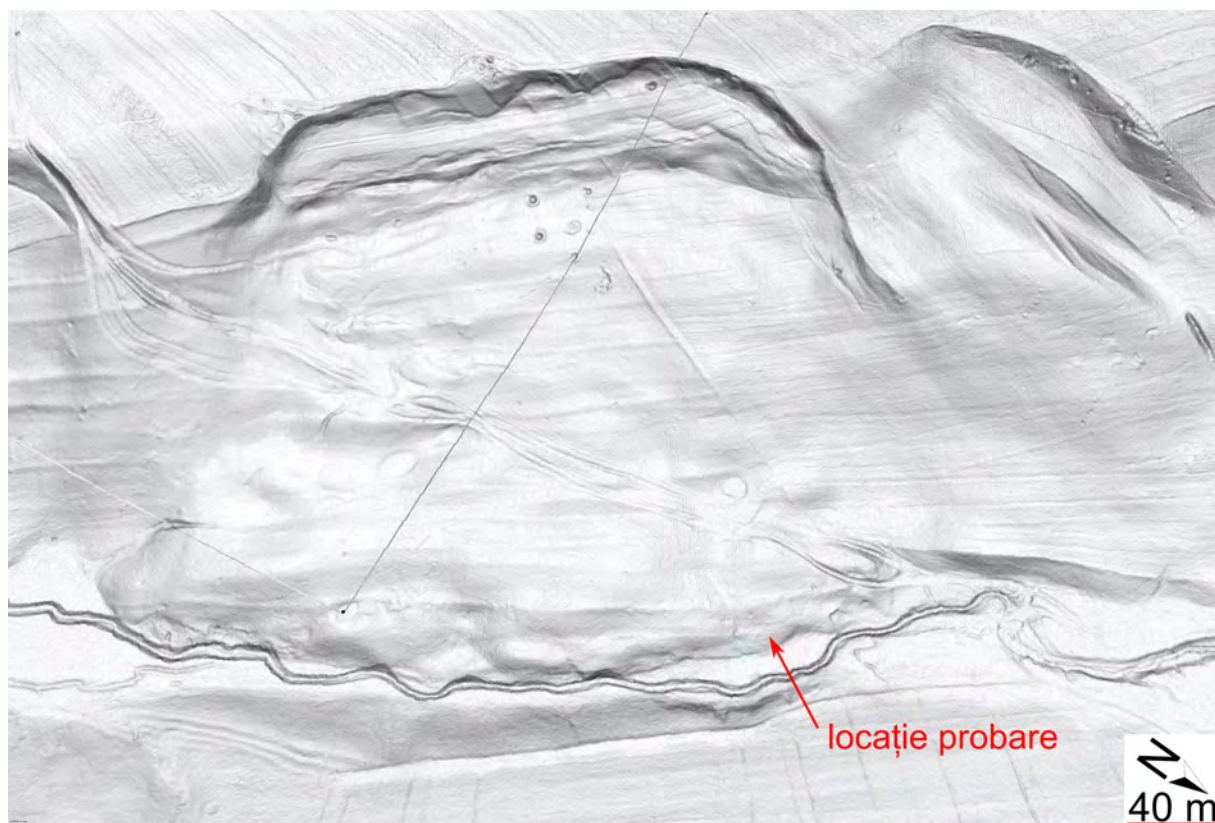


**Figura 291.** Alunecarea de teren de la Brăești (jud. Iași), de pe Valea Sârbilor, care acoperă aproape total lunca.

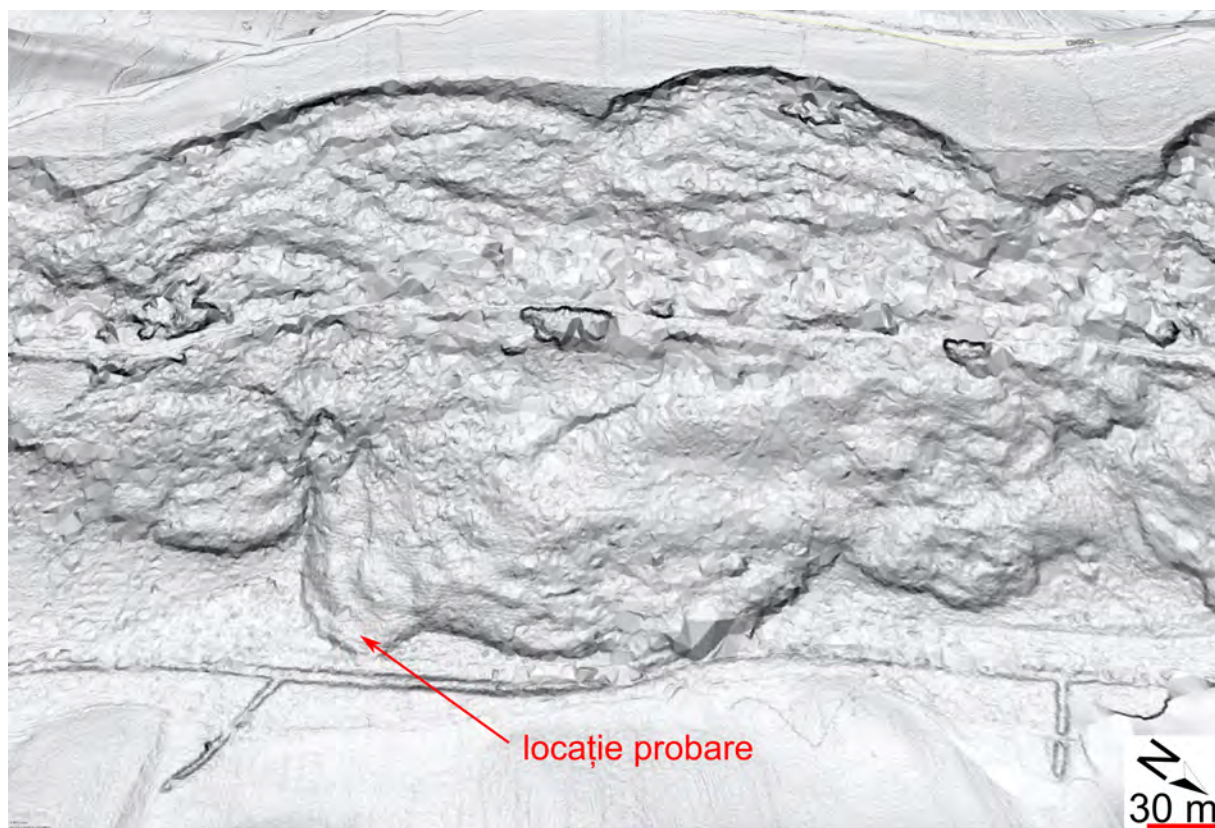


**Figura 292.** Alunecarea de teren de la sud de Bălțați (jud. Iași) a cărei picior care acoperă lunca locală este incizat de ravene discontinue.



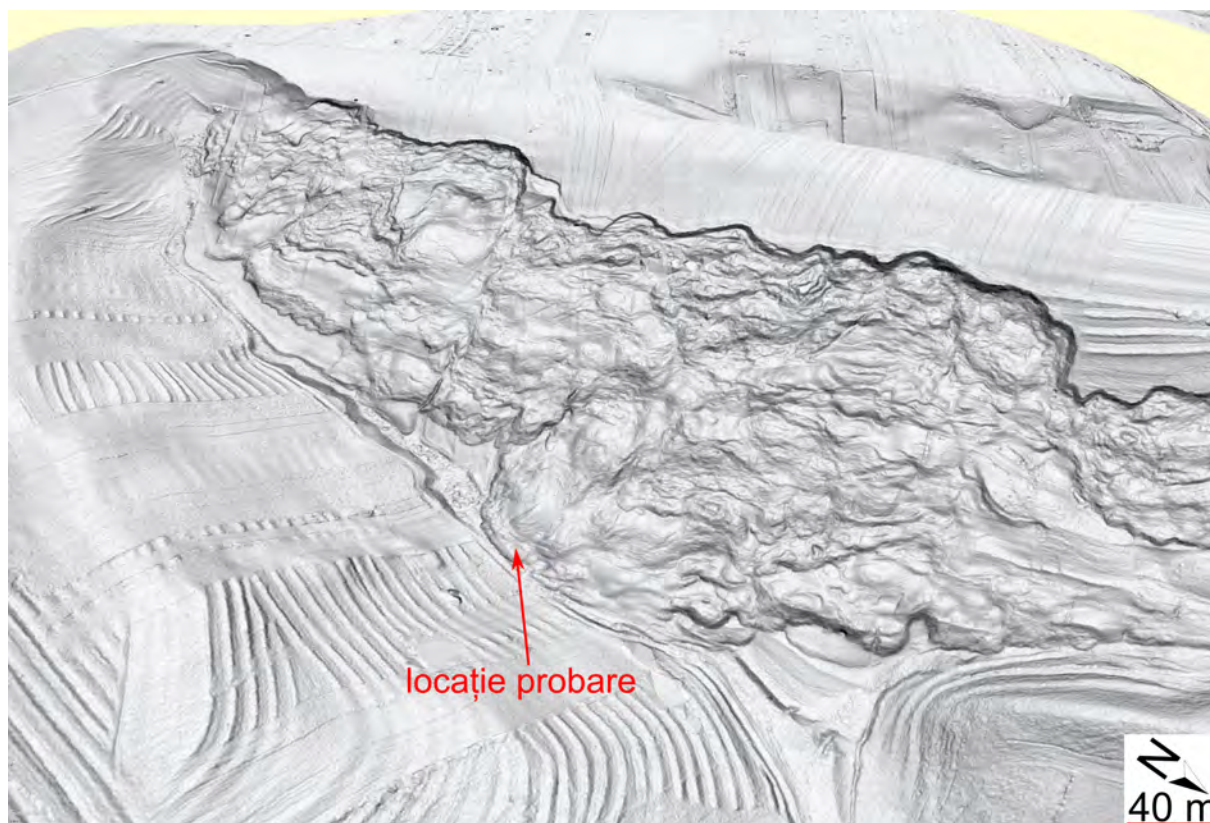


**Figura 293. Alunecare de teren la nord de Dădești, care acoperă albia râului Cucuteni.**

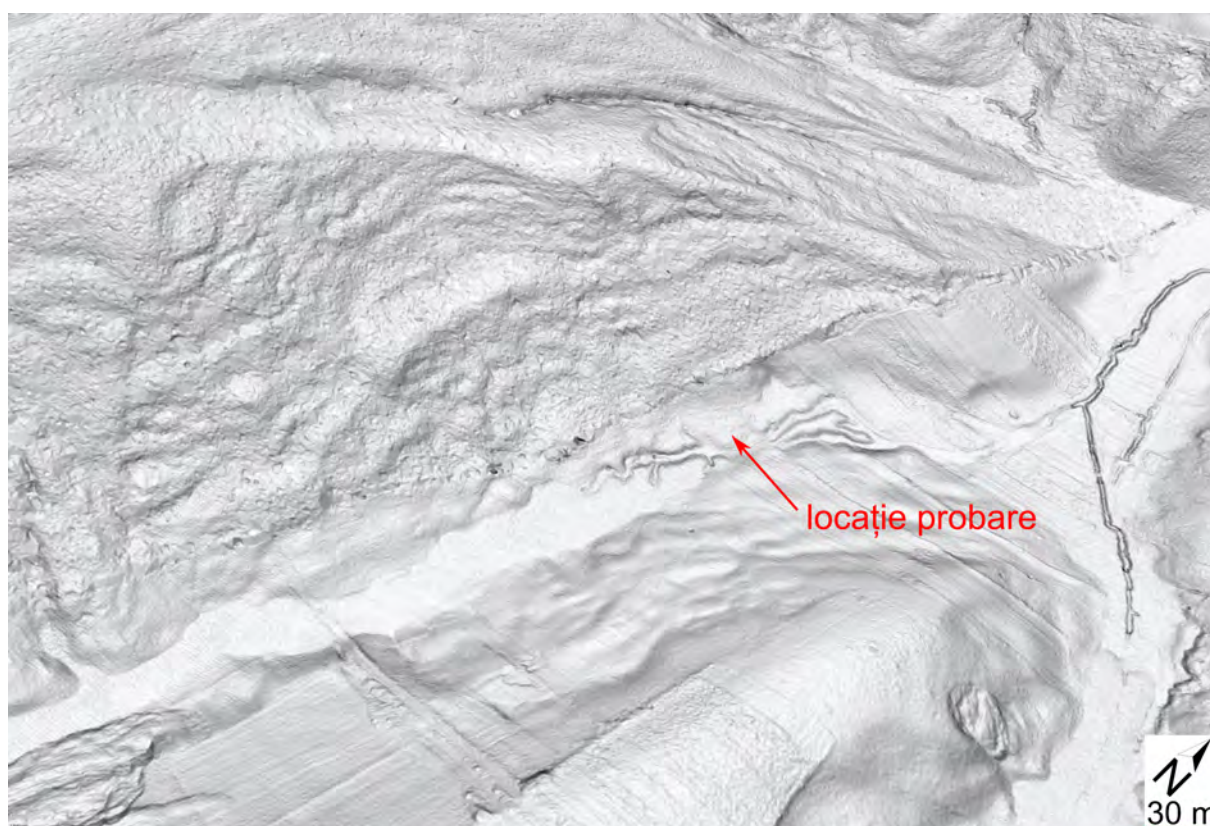


**Figura 294. Alunecare care acoperă albia râului Moimești, la nord de localitatea Vânători (jud. Iași).**





**Figura 295. Alunecare de teren care acoperă lunca unul afluent al Lupului, la nord-vest de localitatea Rediu (jud. Iași).**



**Figura 296. Alunecări de teren care au acoperit albia majoră a râului Brezila, și care au fost ulterior incizate, la vest de Stornești (jud. Iași).**



## **IV. Identificarea siturilor de probare dendrocronologică și dendrogeomorfologică, probarea și analiza acestora**

Pentru alunecările recente, în zonele împădurite se poate utiliza dendrogeomorfologia (**Alestalo, 1971; Shroder, 1978, 1980; Braam ș.a., 1987**), cu scopul de a analiza ratele de creștere a arborilor, și din modul în care acestea sunt afectate de alunecările de teren să se obțină informații privind dinamica acestora. De aceea a fost selectat arealul Zonei Metropolitane Iași (**Figura 2**), unde au fost inventariate alunecările de teren recente, pe baza aerofotogramelor și a modelului de înaltă rezoluție LiDAR (**Niculita ș.a., 2018**). Pe baza acestei cartări, s-a reușit conturarea unei imagini privind variabilitatea temporală a fenomenului, pe trei intervale temporale (a se vedea **secțiunea 5**). Pe baza acestora au fost selectate areale din Zona Metropolitană Iași, afectate de alunecări și ulterior reîmpădurite, unde să se poată stabili o cronologie clară a reactivărilor.

Probele dendrologice au fost prelevate cu ajutorul burghiilor Pressler (**Maeglin, 1979; Phipps, 1985; Jozsa, 1988; Grissino-Mayer, 2003; Gärtner ș.a., 2004; UWICER, 2017**), cu diametru de 5,15 mm și lungimi de 300 și 500 mm. Pentru arborii de esență tare (stejar, fag, frasin, ulm, salcâm) a fost utilizat un burghiu cu două începuturi, iar pentru cei de esență moale (tei, paltin) a fost folosit un burghiu cu trei începuturi (**Grissino-Mayer, 2003**). Diametrele arborilor probați sunt cuprinse între 30 și 80 cm, iar vârsta între 30 și 100 de ani.

Pentru cele 8 areale studiate au fost probați între 10 și 20 de arbori per areal, atât arbori afectați de alunecări și înclinați spre aval, cât și arbori verticali, aflați în proximitate (**Cook și Kairiukstis, 1990**). S-a încercat pe cât posibil să se aleagă arbori care să fie reprezentativi pentru arealul alunecării de teren pentru a se putea argumenta perioada de reactivare (**Lang ș.a., 1999**). Avantajul zonei studiate și a metodologiei aplicate, a fost că a existat o cartare clară a evenimentului de alunecare, vârsta pădurii și a plantațiilor fiind cunoscută. Au fost probați și arbori din lateralul alunecării, care să prezinte condițiile de mediu ale zonei, în scopul validării numărului de inele. Alunecările lente așa cum sunt cele din arealul de studiu produc deplasări continue dar cu rate mici, după declanșare alunecării (**Dennerle și Schweingruber, 1993**). În unele situații vârsta arborelui, a reprezentat perioada scursă de la evenimentul de alunecare, deoarece arborele a crescut post-eveniment, astfel că unele evenimente au fost datate mai precis, iar pentru altele s-a putut indica, momentul în care s-au reactivat.

Carotele probate au fost lăsate la uscat între 2 și 3 zile, după care au fost lipite pe plăcuțe de lemn și șlefuite până când inele de creștere au fost vizibile la stereo-microscop. După șlefuire carotele au fost scanate și imaginile obținute au fost introduse în aplicația ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>)





**Figura 297. Probarea dendrogeomorfologică: sus – arbore înclinat datorită alunecării, jos –arbore dezvoltat în condiții normale.**





**Figura 298. Carota dendrologică.**

unde au fost realizate măsurătorile privind lățimea inelelor de creștere. Analiza statistică și graficele au fost realizate în R stat (**R Development Core Team, 2008**) cu ajutorul pachetului dplR (**Bunn 2008; Bunn ș.a., 2010, 2019**).

Probarea s-a realizat în sensul amonte (proba 1A) și aval (proba 1B), obținându-se inele afectate de gravitația pantei și inele neafectate de aceasta. Carota/inelul din amonte are lungimea/lățimea  $L_{am}$ , iar cea/cel din aval  $L_{av}$ .

Lemnul de compresie (**Westing, 1965**) sau cel de tensiune (**Post, 2017**) sunt utilizate ca un semn al înclinării arborelui, iar indicele de excentricitate a creșterii (**Rozas, 2003**) poate fi utilizat pentru a identifica perioadele în care au avut loc reactivările (**Braam ș.a., 1987; Malik și Wistuba, 2013; Burkhalter ș.a., 2019**). În momentul în care copacul se va înclina, datorită mișcării suportului acestuia, ca urmare a reactivării alunecării de teren au loc următoarele procese (**Shroder, 1980**):

- apare lemnul de reacție (de compresie la rășinoase, și cel de tensiune la foioase);
- inelele de creștere se vor dezvolta excentric, datorită suprimării creșterii în partea din amonte și eliberării creșterii în partea din aval și lateral;
- dacă apar ruperi la nivelul rădăcinilor, se poate suprima creșterea la nivelul întregului inel;
- apare curbura trunchiului, dacă mișcarea se oprește și acest continuă să crească vertical;
- întreruperea dominanței apicale a trunchiului principal și formarea unor noi lăstari care vor crește vertical față de trunchiul înclinat.

În toate situațiile probate a fost identificat lemn de tensiune, și asta deoarece alunecările sunt în majoritatea lor translaționale, din punct de vedere al mișcării, astfel încât copacii nu sunt roțiți în amonte. Înclinarea lor spre aval determină, fiind foioase (lemn de esență tare), micșorarea inelelor din aval și îngroșarea celor din amonte, cu lemn de tensiune. În acest context indicele de excentricitate a creșterii ( $E_c$ ) se calculează astfel:  $E_c = \left(1 - \frac{L_{av}}{L_{am}}\right) \times 100$  (**Ecuația 1**). Valorile apropiate de 0 indică o concentricitate a inelelor de creștere ( $L_{av} = L_{am}$ ), pe când valorile de 100 ar corespunde unei excentricități maxime, când  $L_{av} = 0$ . Dacă  $L_{am}$  este mai mică decât  $L_{av}$  atunci, acest indice este negativ, indicând lipsa excentricității de creștere.





Figura 299. Carota 1A – amonte arbore înclinat.



Figura 300. Carota 1B – aval arbore înclinat.



Figura 301. Carota 2A – amonte arbore normal.



Figura 302. Carota 2B – amonte arbore normal.

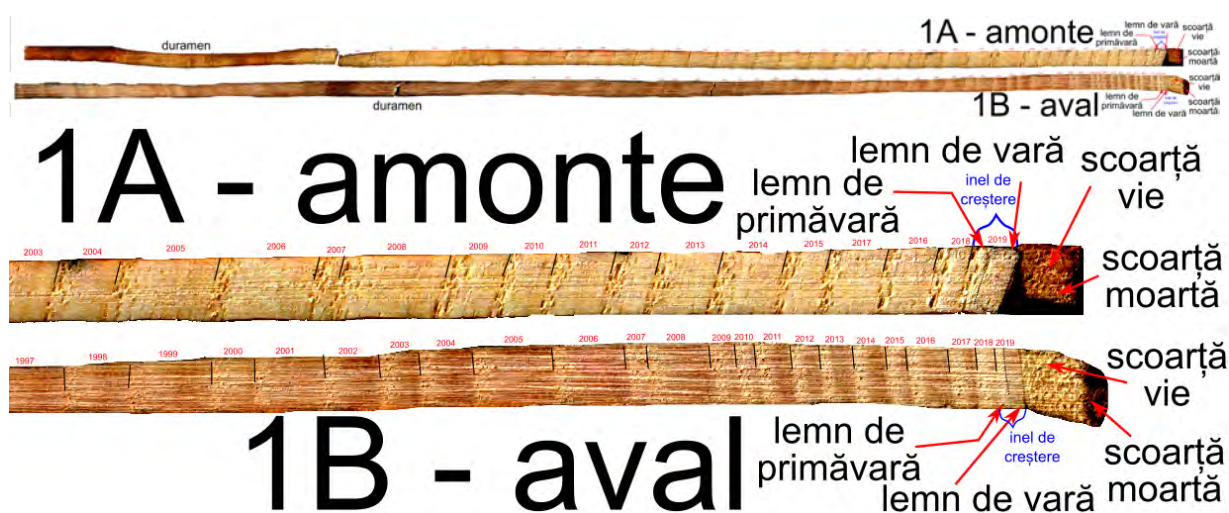


Figura 303. Interpretarea carotelor 1A (amonte) și 1B (aval) și detaliu privind inelele de creștere.

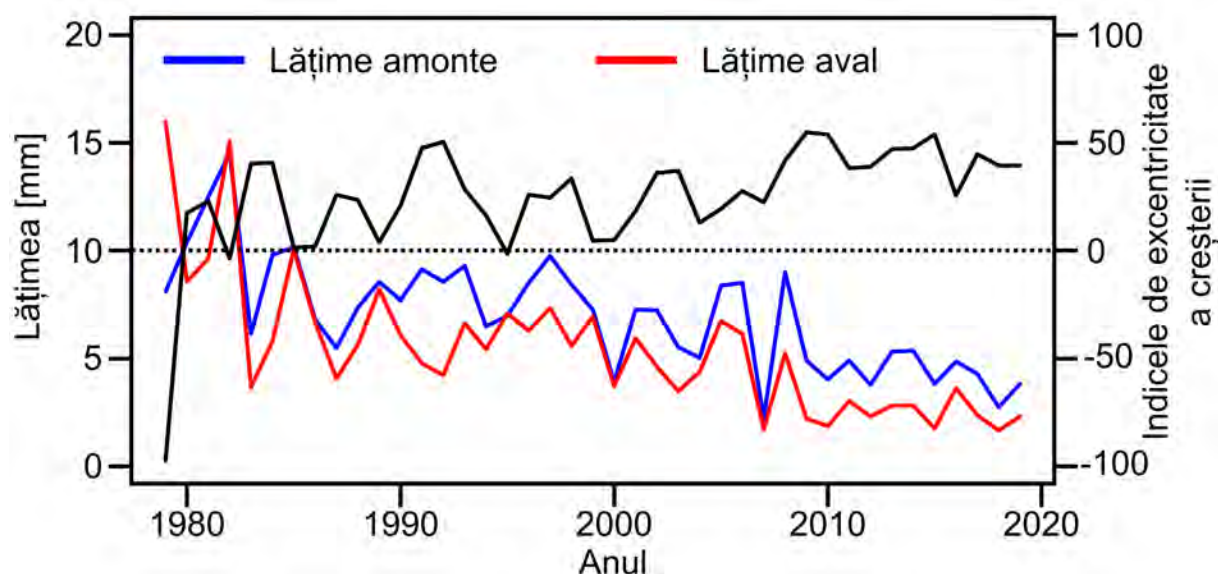
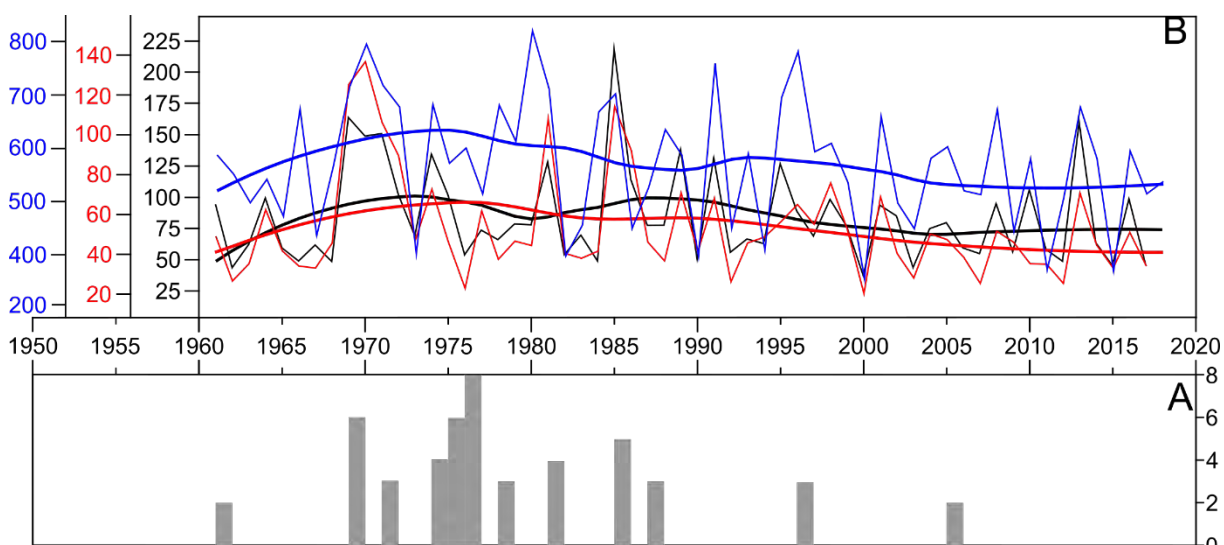


Figura 304. Variația lățimii inelelor de creștere din amonte (albastru) și aval (roșu) și a indicelui de excentricitate (negru), pentru carotele 1A și 1B.



## IV.1 Analiza datelor dendrocronologice și dendrogeomorfologice

Analiza frecvenței temporale a reactivării alunecărilor de teren din arealul Iași relevă influența climatică (**Figura 305**), în anii cu cantități mari de precipitații, atât ca maxime cu intensitate mare, dar și cu sume sezoniere și anuale având loc cele mai frecvente reactivări. În arealele împădurite cauzele alunecărilor de teren sunt în general naturale, de aceea controlul climatic este pregnant. Rezultatele obținute confirmă intervalele obținute din utilizarea aerofotogramelor, dar dau și rezoluție acestora. Ele arată însă și că aerofotogramele nu au rezoluție suficientă pentru a putea extrage informații cantitative privind pragurile de proces. De aceea dendrogeomorfologia este metoda care ar trebui utilizată în România, pentru a obține aceste date, respectiv pragurile de cantități de precipitații care declanșează alunecări, ideal pentru perioade cât mai lungi, de până la 100 de ani. Rămâne de văzut care sunt arealele pretabile unor astfel de serii lungi de timp, atât din punct de vedere al speciilor utilizate în analiza dendrogeomorfologică, cât și a relevanței pentru regiuni fizico-geografice.



**Figura 305.** Frecvența absolută a reactivării alunecărilor de teren (a) și indicii climatici (b): negru – valoarea maximă lunară a 5 zile consecutive cu precipitații, roșu – valoarea lunară maximă în 24 ore, albastru – suma anuală a precipitațiilor.



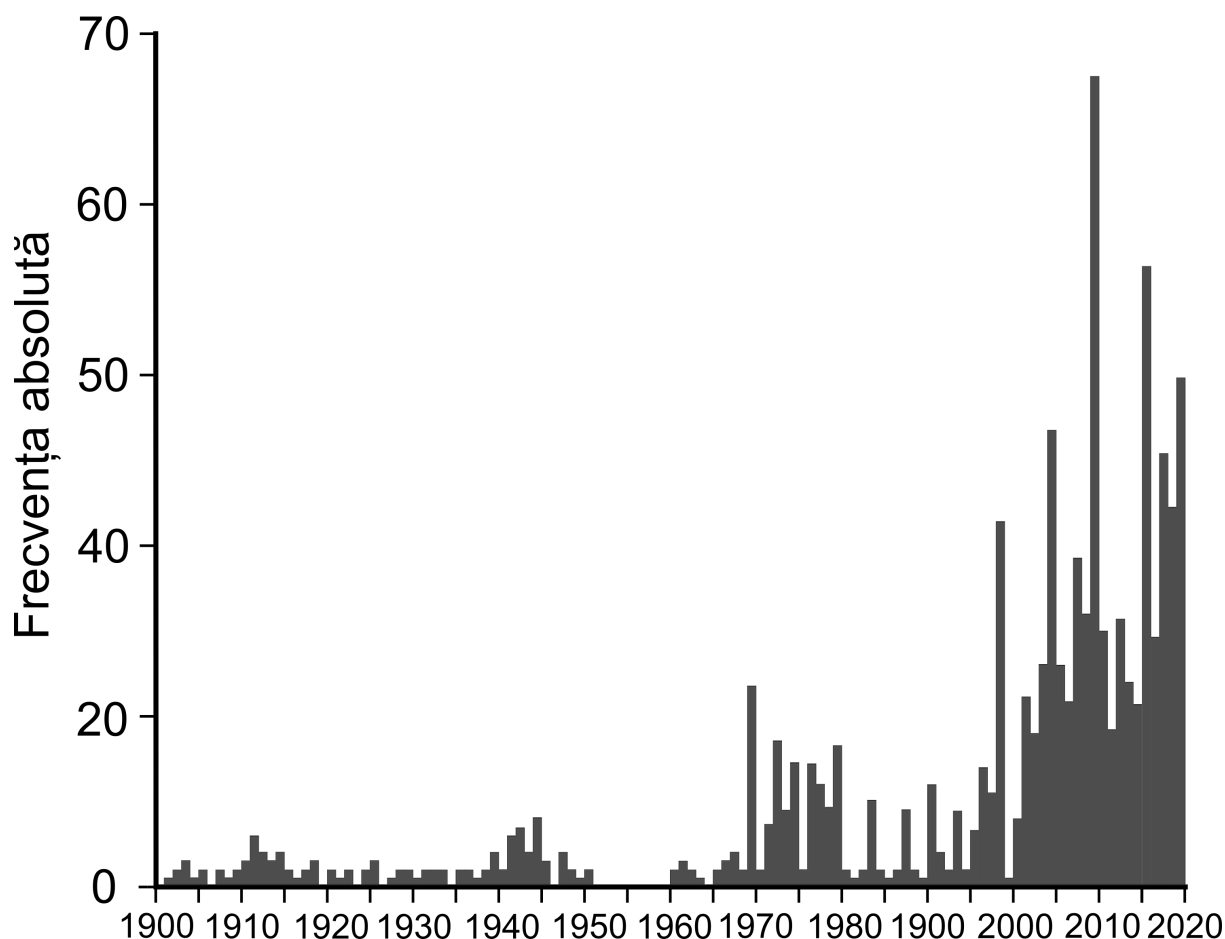
## **V. Compilarea bazei de date cu alunecările istorice și din ultimii 60-100 de ani și cartarea lor**

Pentru a analiza frecvența temporală a alunecărilor au fost inventariate o serie de evenimente a căror încadrare temporală poate fi realizată la nivel de perioadă, decadă, an sau o rezoluție temporală mai bună. Pe lângă atributul temporal, pentru a fi inclusă în baza de date, extensia alunecării de teren a trebuit să fie identificată pe o serie de surse cartografice (hărți topografice, imagini satelitare, imagini aeriene, LiDAR). Dificultatea majoră a reprezentat-o găsirea tuturor elementelor identificabile, ceea ce nu s-a reușit pentru toate alunecările, întrucât sursele în care au fost identificate nu aveau detaliile necesare. Centralizarea datelor a avut caracter cronofag, sursele variind, de la ziare, reviste cu scop științific până la planuri de evaluare a riscurilor la nivel de județ sau comună, tratate de geografie, planuri urbanistice generale, lucrări de geografie în domeniul alunecărilor, etc. Sursele în care au fost găsite cele mai multe alunecări cu localizare temporală sunt ziarele, acestea fiind sursele unde este descris impactul și pagubele provocate de alunecări. Precizia elementelor identificate poate fi pusă la îndoială luând în calcul faptul că sursa principală a identificării alunecărilor este reprezentată de persoane neantrenate în domeniu. Cu toate acestea, sursele de teledetecție permit verificarea veridicității elementelor identificabile ale alunecărilor în majoritatea cazurilor, cu excepția celor foarte vechi. Numărul total al alunecărilor identificate în Podișul Moldovei este de 1253, perioada de timp pe care o acoperă fiind 1600-2019 (**Figura 306**), iar distribuția spațială nu este omogenă (**Figura 308**). Această bază de date completează baza de date începută de **Niculita ș.a. (2017a)**. Baza de date trebuie considerată incompletă, și mai mult utilizabilă la evaluarea pagubelor pe care le produc alunecările, scenariile de vulnerabilitate și risc, și mai puțin pentru hazard și susceptibilitate, deoarece nu reprezintă toate alunecările petrecute în perioada menționată, ci mai ales cele de magnitudini reduse, reactivări, care au afectat societatea umană. Semnalul climatic (**Figura 307**), dar deoarece baza de date acoperă mai multe cicluri climatice astfel că interpretarea concluziei că primăvara au loc mai multe evenimente decât vara rămâne de validat pe viitor. Din analiza perioadelor de activitate, reiese că alunecările din Podiș se pot produce brusc în general vara, la precipitații foarte mari, pe când primăvara activarea se face pe parcursul câtorva zile, activitatea putând să varieze ca intensitate și pe parcursul câtorva luni. Evenimentele produse iarna sunt legate de perioadele de încălzire bruscă, cu topirea zăpezii și precipitații, astfel că deși par puțin probabile, în contextul schimbărilor climatice care ar duce la creșterea temperaturii și a precipitațiilor lichide în sezonul de iarnă, o exacerbare a acestor fenomene nu este exclusă. Foarte adesea alunecările produse primăvara sunt datorate suprapunerii unor primăveri umede, cu toamne și ierni bogate în precipitații. Și alunecările de vară pot să apară prin suprapunerea unor primăveri umede, continuate cu început de vară umed.

Tipologia este variată, dar predomină cantitativ alunecările translaționale sau cele rotaționale de



tip colaps. Magnitudinea este în general mică, eventual subevaluată, deoarece datele raportate nu sunt neapărat valide în contextul datelor de teledetecție sau nu permit un calcul corect al magnitudinii (sunt indicate mai degrabă suprafețele afectate decât suprafața alunecării). Nu există pierderi de vieți omenești ca urmare a alunecărilor de teren din Podișul Moldovei, iar cel mai frecvent sunt afectate drumurile și locuințele.



**Figura 306. Frecvența absolută pe ani a evenimentelor istorice de alunecări de teren.**

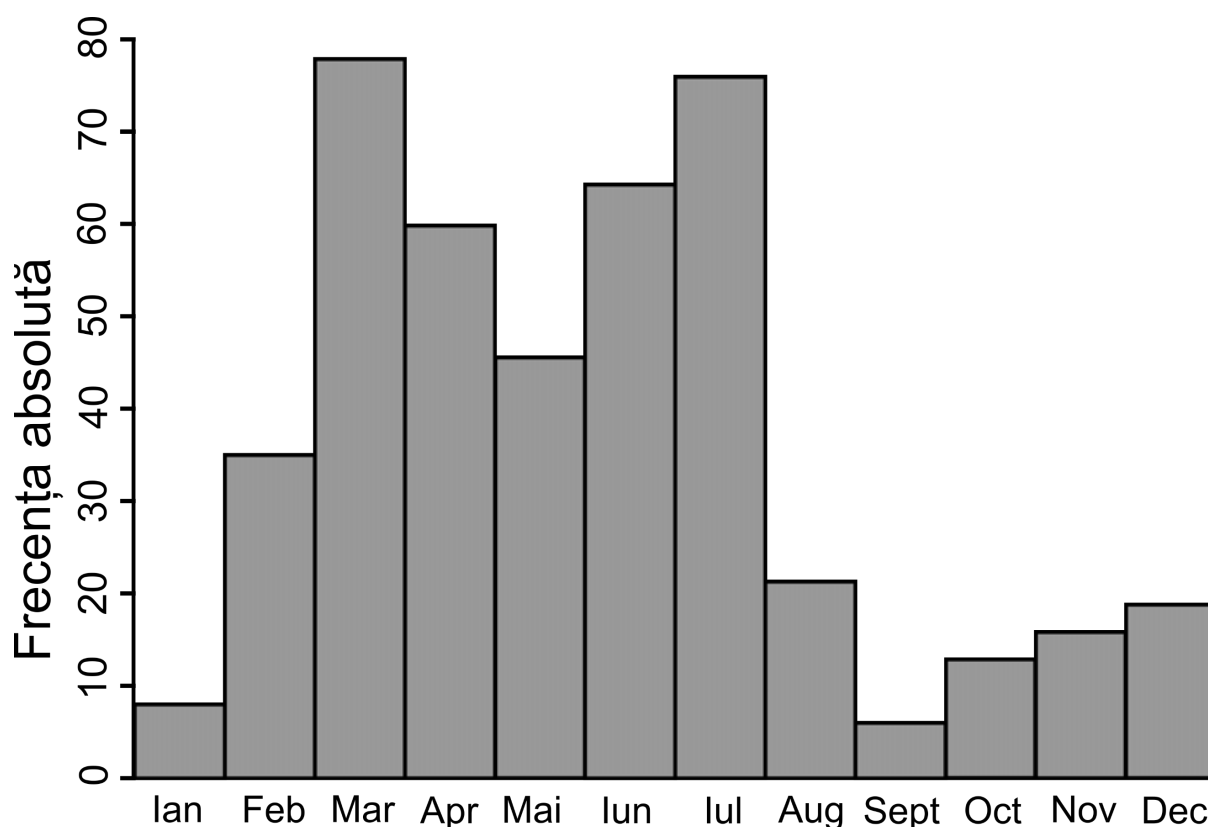
Interesante sunt și documente istorice care atestă efectele alunecărilor de teren vechi asupra edificiilor din orașul Iași de-a lungul timpului:

1. “203 - 25 martie 1784, Enoriașii bisericii Vulpe dau preotului Toader Băldeanul un loc cu două dugheni din mahalaua Muntenimea de Mijloc în schimbul unui loc unde urmează să fie reconstruită biserica Vulpe.” ... “... și părintele Toader avînd un locu stărpu iarăși în mahalaoa Muntenime de Mijlocu, din deal de locul sfintei beserici, care beserică acum la povîrnire pămîntului s-au sfărîmat de tot și ne mai fiînd cu puțințe să s(e) facă iarăși în locul ei, am stătut la tocmală și, la primire amînduror părțile, am făcut schimbătură, ...” Sursa: “Arh. St. București, Fond Bibl. Acad. Rom., Documente istorice, CLIII/200. Orig., hîrtie difolio (31.5 x 21,7 cm.), filigran, cerneală cafenie, o amprentă digitală.” (Caproșu, 2006)
2. “352 – 1739 (7247) martie, 20, Iași, Grigorie Ghica voievod scutește M-rea Cetățuia de toate dările și angăriile, iar pe polușnicii acesteia de anumite dări în vederea adunării sumei necesare pentru refacerea zidului prăbușit și a chiliilor mănăstirii. Hrisov a mănăstirii Cetățuiei, pentru starea ei: Rîvnind pururea cugetul domnii mele a socoti pentru starea svintelor mănăstiri și la care ce-am cunoscut că este trebuință n-am lipsit mila de cătră noi, precum arată testamentele domnii mele la fieștecare mănăstire, ... numai din starea locului unde este zidită această svîntă mănăstire de fericitul domn, răpoosatul Duca vodă bătrînul, ponorîndu-să dealul, au căzut de cîtăva vremi zidiul. Care domniia mea



*nicedecum n-am putut suferi un lucru ca acela carele nu era numai cădere zidiului, ci peste puțină vreme s-ar fi primejduit și singură beserica și peste cîte mile are această mănăstire de la noi, iată am mai adaos venitul precum arătăm mai gios ...". Sursa: "Bibi. Acad. Rom. - București, Ms. rom. nr. 237, f. 448 v. - 449 r. Copie din 1743. EDIȚII: Bianu, Catalogul ms. rom., I, p. 510 (men.); Iorga, St. și doc., VI, p. 438, nr. 1651 (rez.); Codrescu, Uricariul, 11, p. 120 (rez. cu văleatul greșit: 7246, într-un doc. din 7260); Ghibănescu, Uricariul și doc. Iași, în „Ioan Neculce", fasc. 7 (1928), p. 258 (rez. după Codrescu); Istrati, Condicta Mavrocordat, III, p. 224-226, nr. 1444 (copia din 1743)". (Caproșu, 2001)*

3. Mănăstirea Galata din Vale sau Galata de jos a fost afectată de alunecări de teren între 1579 și 1582, fiind poziționată la baza versantului Dealului Galata, aval de actuala locație pe culme; Mănăstirea actuală a fost reconstruită după acest episod (Grigoraș, 1943; Cârciuleanu, 1991; Ureche, 2017).

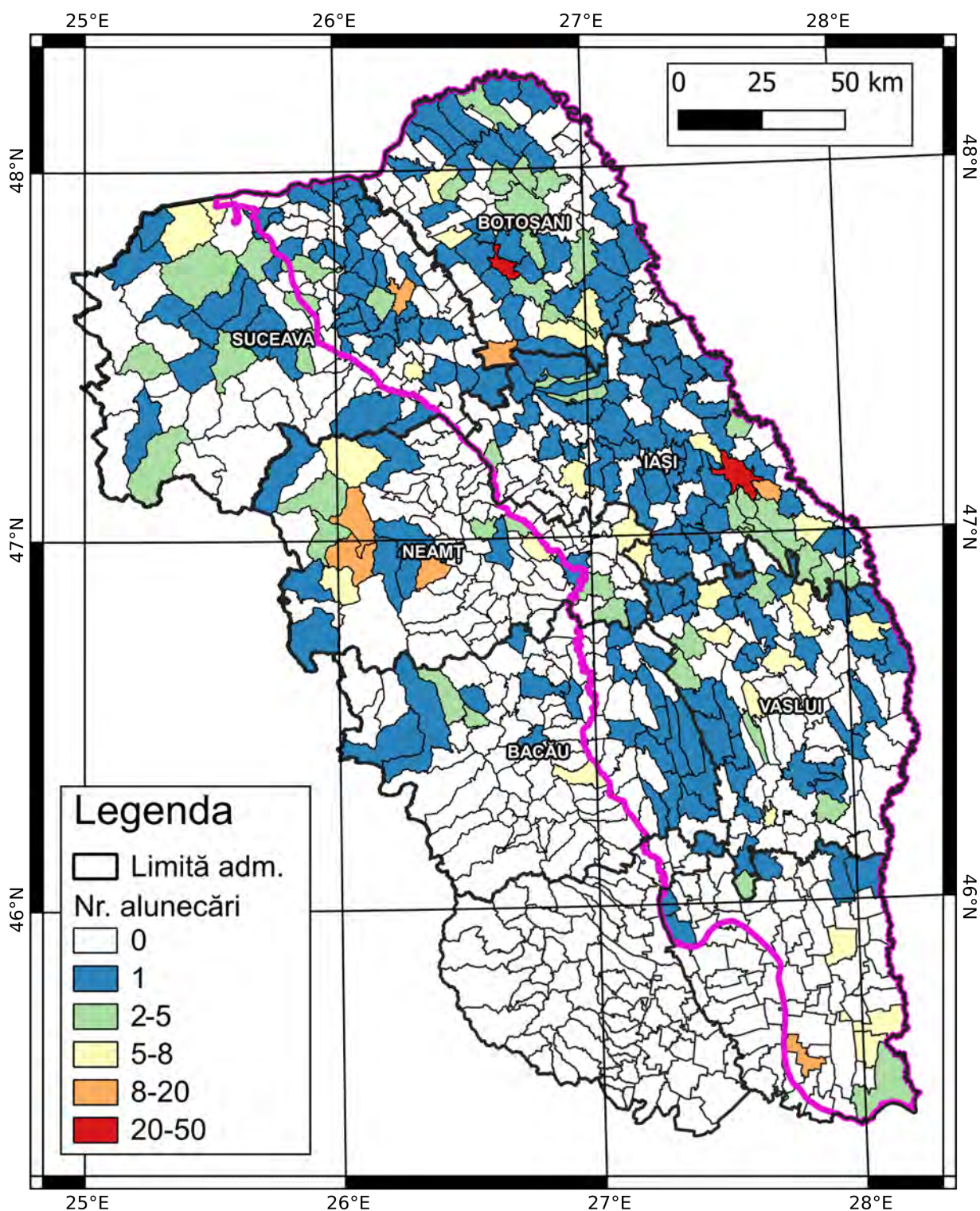


**Figura 307. Frecvența absolută pe luni, a evenimentelor istorice de alunecare de teren (acolo unde au fost date pentru reconstituirea).**

Cele mai frecvente alunecări au fost înregistrate în două areale urbane, Botoșani (33 evenimente) și Iași (50), iar cele cu cel mai mare impact sunt cele de pe:

- versantul Țicău, orașul Iași, din 12-13 aprilie 1942 (Macarovici, 1942) când au fost distruse 370 de case și o mare parte a locuitorilor au fost strămutați;
- localitatea Pârcovaci (jud. Iași), decembrie 1996 când au fost distruse 97 de gospodării, fiind afectate și strămutate 400 de persoane (Rotaru și Răileanu, 2009); din analiza datelor de teledetecție (Figura 309 și Figura 310), arealul alunecat nu poate fi reconstituit cu exactitate, însă atât pe teren, cât și pe datele de teledetecție se pot observa elemente care indică deformări, fără a se putea delimita un eveniment foarte bine definit; acest lucru arată că la magnitudini mai mari efectele ar fi putut fi chiar catastrofale;
- localitatea Todirel, Comuna Ciurea (jud. Iași), unde după reactivarea cornișei unei alunecări compuse, vechi au existat distrugerii ale locuințelor (Figura 311-Figura 315);
- calea ferată Dângeni-Darabani, începută în 1987, cu o lungime de 53,4 km, extensie a liniei CFR 608, cu numărul CFR 609, urmând să lege orașul Iași de Darabani, a fost construită





**Figura 308. Baza de date a alunecărilor istorice: acoperirea la nivel de unitate administrativă LAU2 (Comune + Municipii + Orașe).**

- până la Săveni (17,4 km), a funcționat până în 1994, dar a fost afectată de alunecări de teren (**Figura 316-Figura 318**) în 1992 la intrarea în Vlăsinești și pe alte sectoare, încât exploatarea ei a fost oprită și se află în paragină;
- satul Aldești, comuna Berești-Meria (jud. Galați), unde înainte de 1960 reactivări ale unor alunecări de teren, într-o situație similară cele ide la Pârcovaci a determinat mutarea vetrei satului (**Văculișteanu ș.a., 2019**); se remarcă asocierea ravenelor cu alunecările în declanșarea reactivărilor în acest areal (**Figura 321** și **Figura 322**);



- satul Cârlig (jud. Iași), 1974-1975, unde reactivarea cornișei unei alunecări vechi a determinat relocarea intravilanului (**Figura 323** și **Figura 324**).



Figura 309. Vedere aeriană a alunecării Pârcovaci; zona alunecată în decembrie 1996 se află la baza unei alunecări vechi.

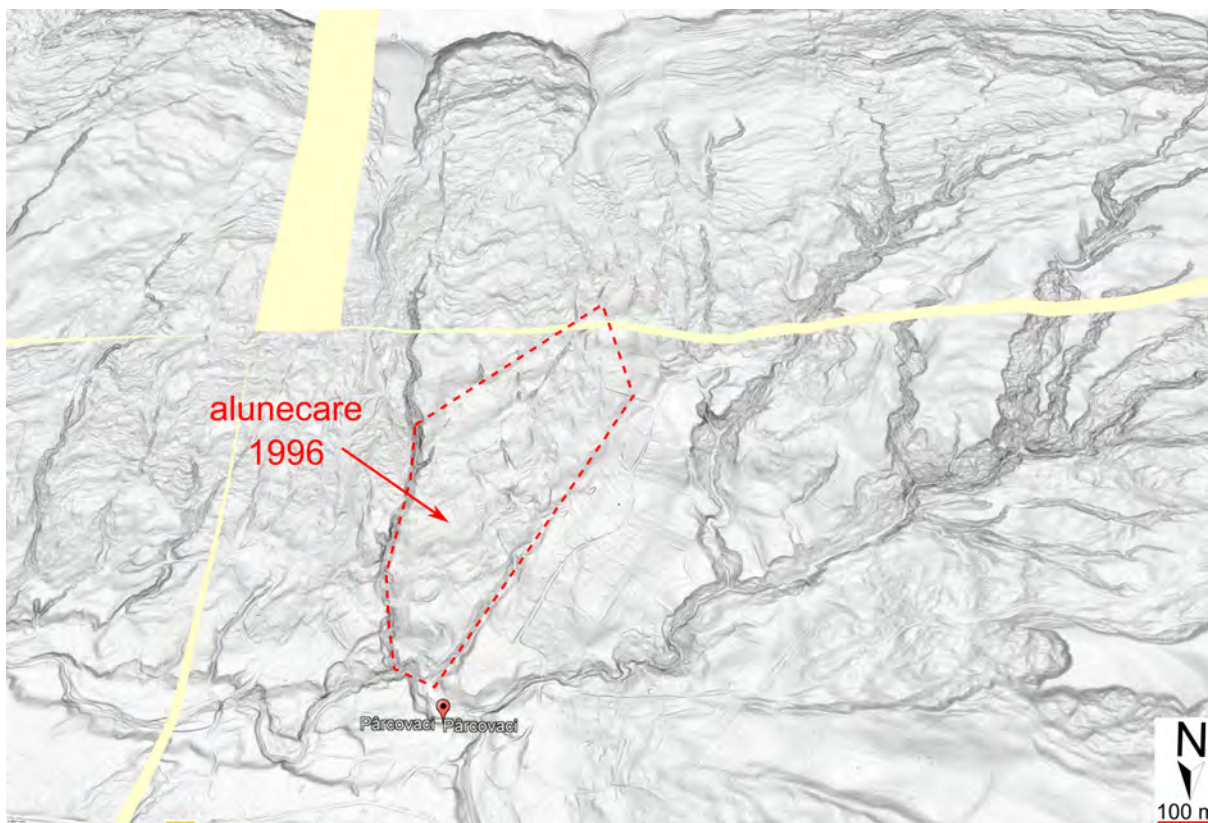
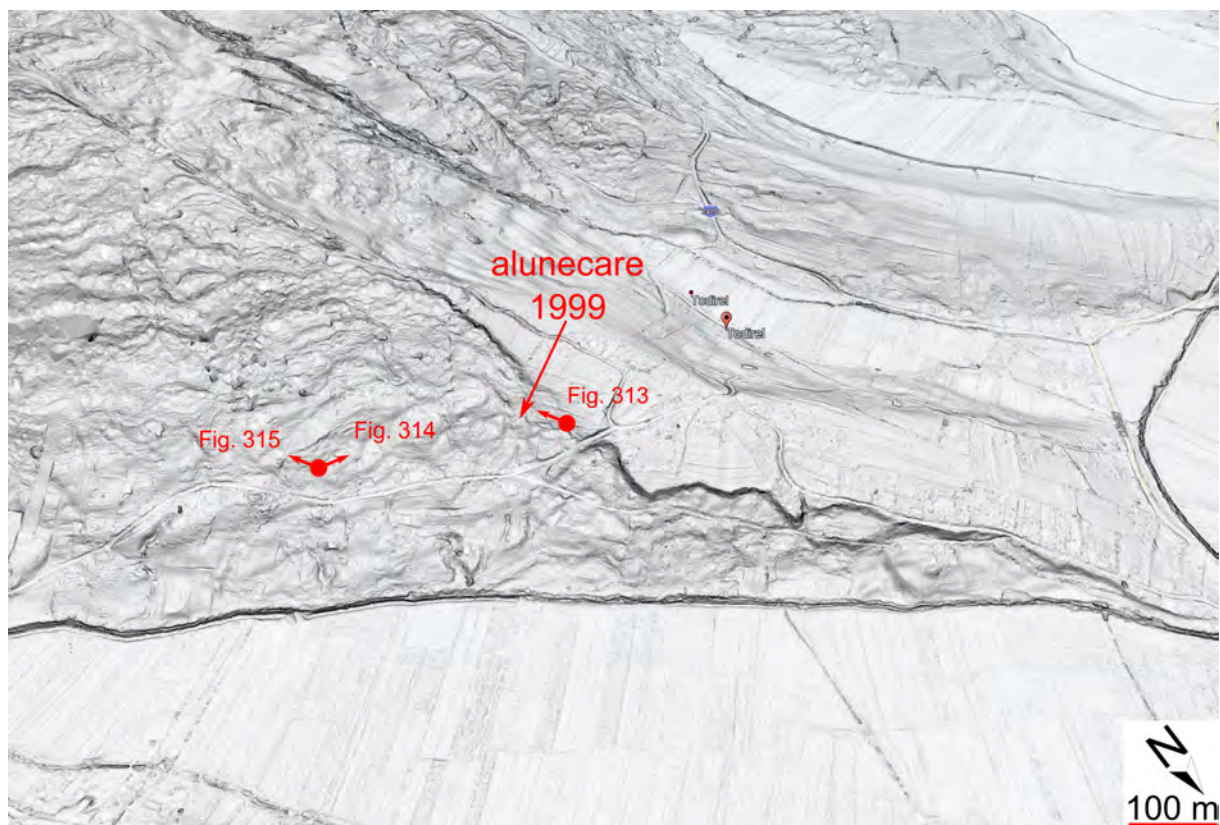


Figura 310. Situația topografică a alunecării Pârcovaci; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.





**Figura 311. Topografia zonei alunecate în 1999 în satul Todirel, Comuna Ciurea (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 312. Locația cornișei alunecării Todirel; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**





**Figura 313. Detaliu pe teren a cornișei alunecării Todirel; cornișa nu depășește 2 metri și este înierbată.**

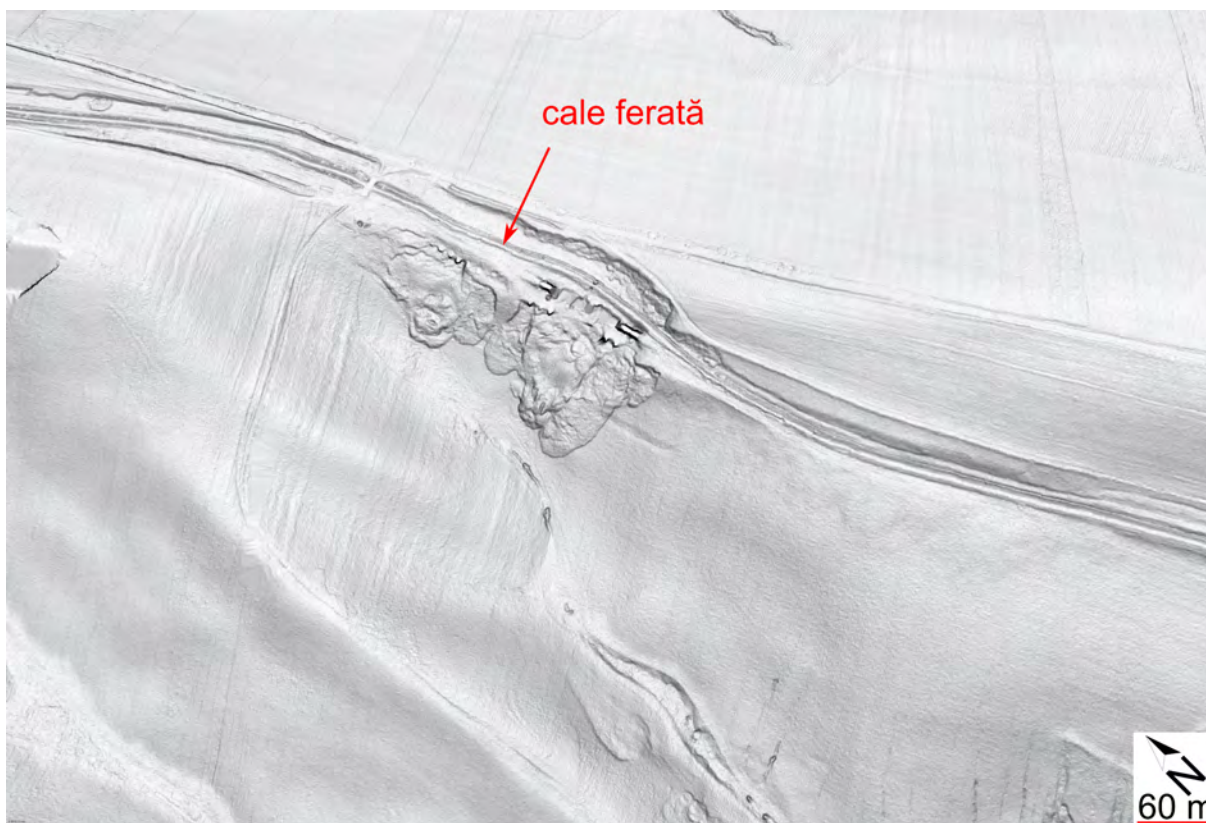


**Figura 314. Detaliu de teren al efectelor alunecării Todirel: arbori înclinați.**





**Figura 315. Detaliu de teren al efectelor alunecării Todirel: bulhac; prezența apei freatice care atinge suprafața generând aceste lacuri temporare (Niculiță ș.a., 2010), popular numite bulhace indică existența condițiilor de reactivare.**



**Figura 316. Calea ferată Dângeni-Darabani (CFR 609) la intrare în Vlăsinești; se observă alunecările de teren care au afectat terasamentul; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



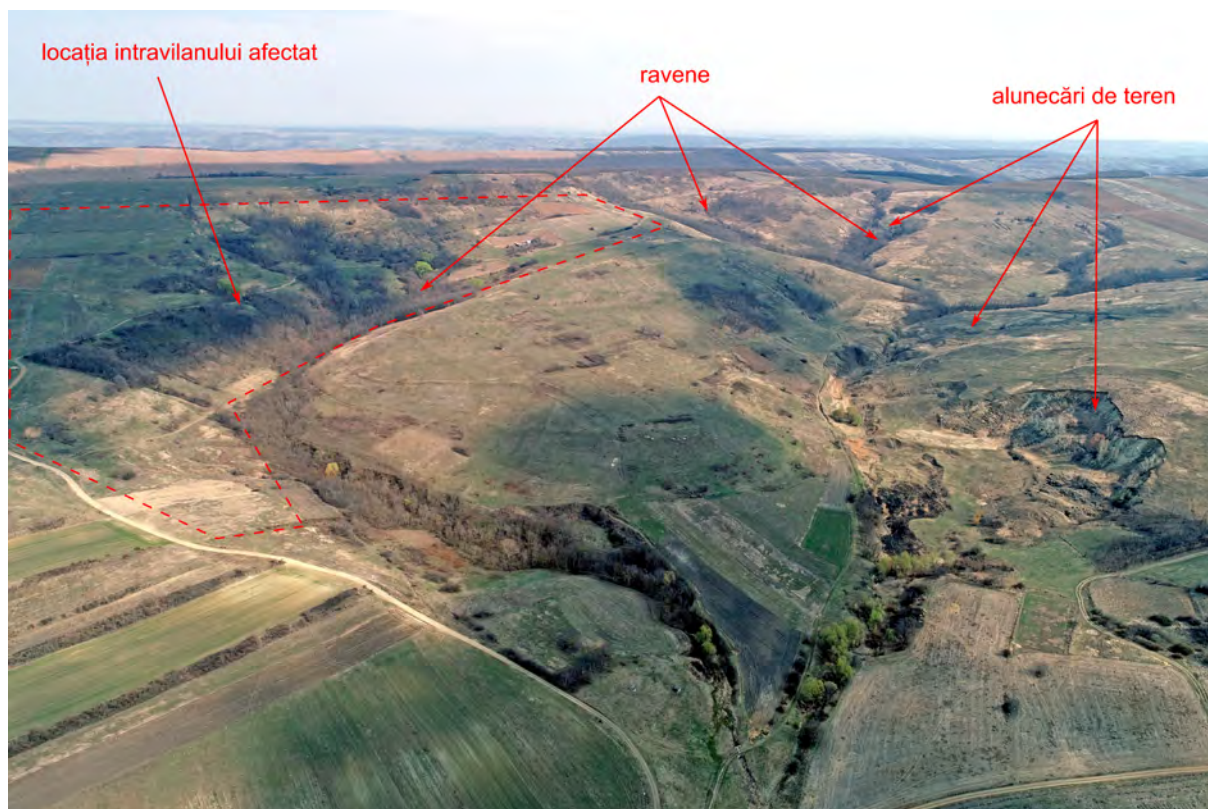


**Figura 317. Calea ferată Dângeni-Darabani: alunecări de teren la intrarea în Vlășinești; imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



**Figura 318. Calea ferată Dângeni-Săveni, la ieșire din Vlășinești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**





**Figura 319. Vatra părăsită a satului Meleşcani, comuna Dealul Morii (jud. Bacău); vedere aeriană.**

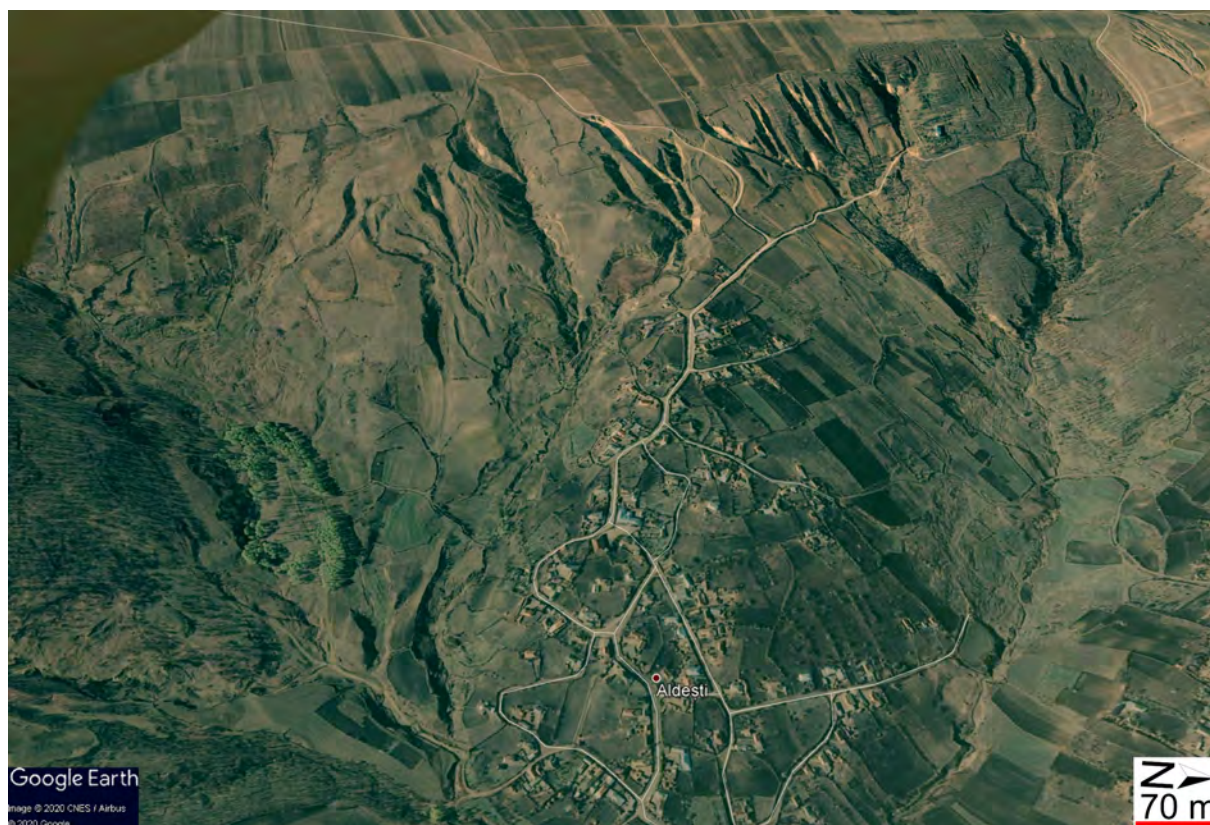


**Figura 320. Satul Aldești, Comuna Berești-Meria (jud. Galați); vedere aeriană.**

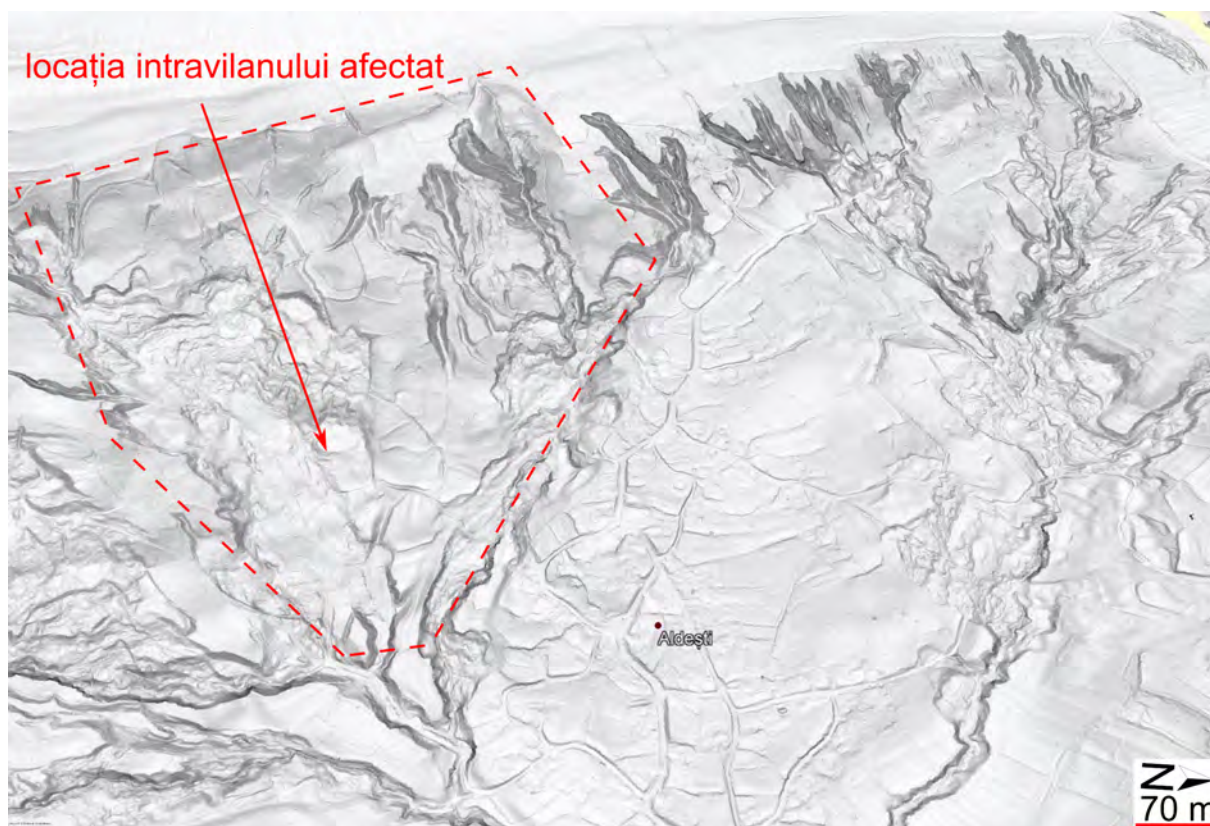
Un exemplu de alunecare de magnitudine 1, ca arie, (după curbele de magnitudine considerate de **Malamud ș.a., 2004a,b**) cu o suprafață de aprox. 2 ha, și care a fost declanșată în perioada 1910-1912, este alunecarea din centrul intravilanului satului Glăvănești, Comuna Andrieșeni (jud. Iași). Această alunecare are foarte bine păstrată morfologia (**Figura 325** și **Figura 326**), fiind de tip translațional-curgere.

Pe lângă alunecările de teren cartabile ca evenimente, au fost identificate și localități (**Văculișteanu ș.a., 2019**) unde aceste fenomene au creat pe fondul vulnerabilității sociale și politice mutarea localității (**Figura 327**). Investigațiile de teren au fost realizate post analizei cartografice, și nu întotdeauna au reușit să delimiteze evenimente de alunecări de teren clare. Această situație reiterează ideea că în cazul zonelor construite, nu este nevoie de alunecări cu magnitudine mare pentru a se crea pagube importante și chiar imposibilitatea locuirii, mai ales în contextul în care respectivele areale sunt subdezvoltate (așa cum este situația zonelor rurale din Podișul Moldovei, care sunt printre cele mai sărace zone din România și Uniunea Europeană, deci și cele mai vulnerabile). Încadrarea temporală a acestor evenimente arată o pondere mai mare înainte de anii 1960, decât după. Concluzia este interesantă, dar credem că are de-a face mai mult cu aspecte antropice și politico-sociale, decât cu o mai





**Figura 321. Vatra părăsită a satului Aldești (jud. Galați); imagine satelitară din arhiva Google Earth.**



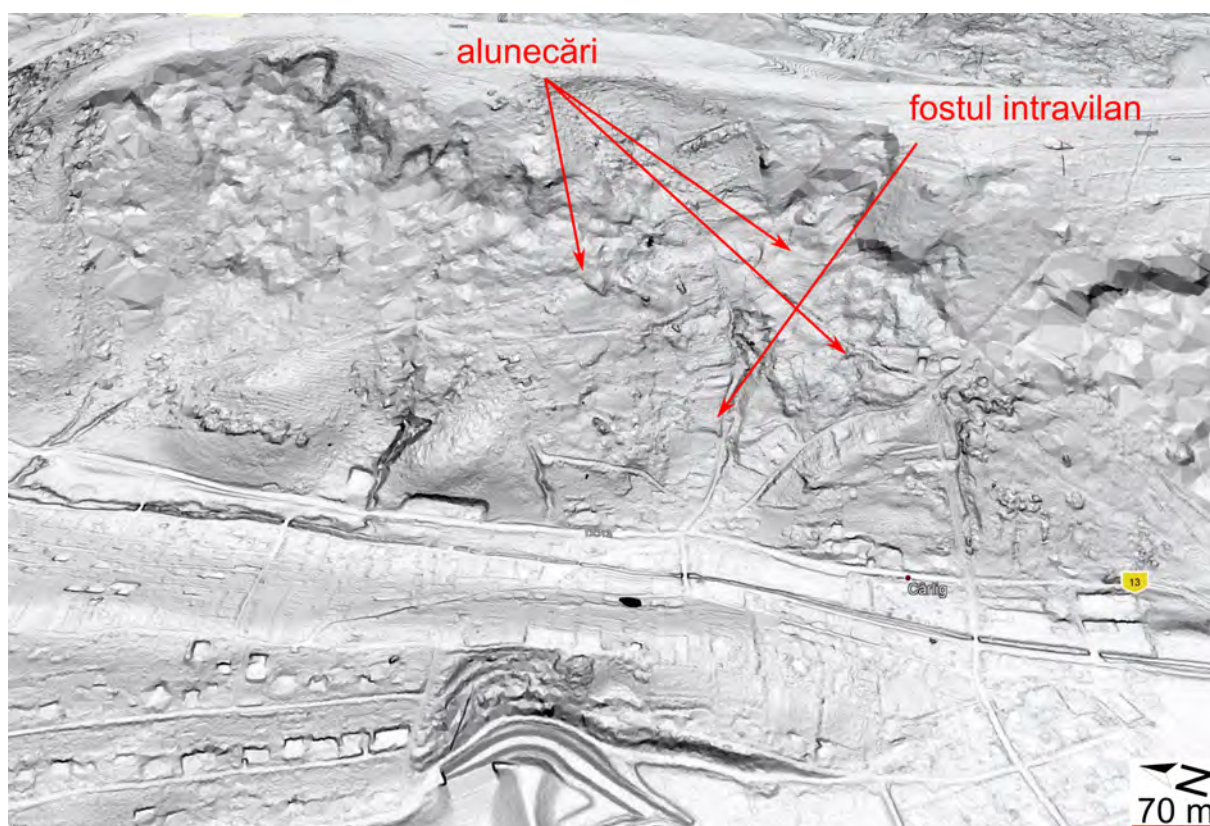
**Figura 322 Vatra părăsită a satului Aldești (jud. Galați) și topografia alunecărilor; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**

mare frecvență a alunecărilor din respectiva perioadă. Cu toate acestea, situația merită a fi studiată mai





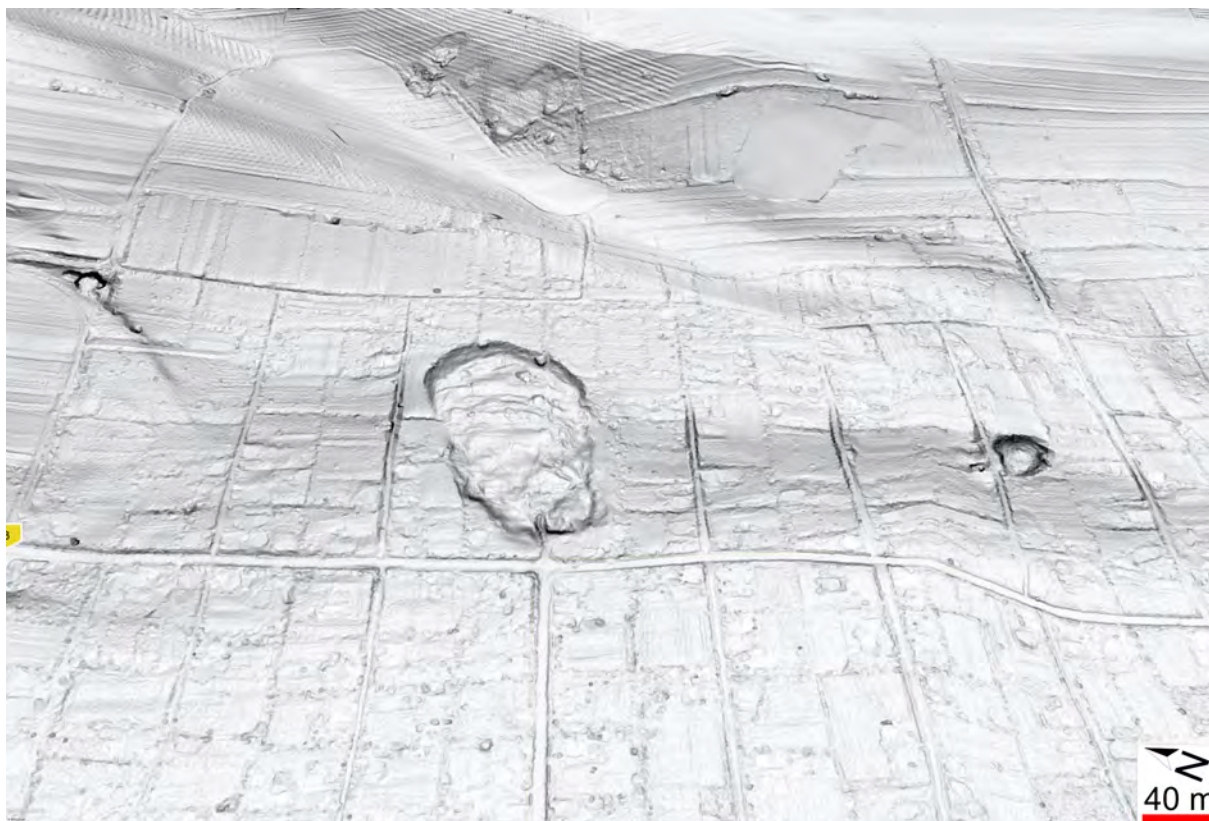
**Figura 323.** Vatra părăsită a satului Cărlig (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.



**Figura 324.** Vatra părăsită a satului Cărlig (jud. Iași) și topografia alunecărilor; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.

departe, deoarece este clar că pe fondul presiunii antropice, datorate creșterii suprafețelor locuite (extin-





**Figura 325. Alunecarea rotațională-curgere din intravilanul localității Glăvănești (Comuna Andrieșeni, jud. Iași), declanșată în perioada 1910-1915; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.**



**Figura 326. Alunecarea rotațională-curgere din intravilanul localității Glăvănești (Comuna Andrieșeni, jud. Iași); imagine aeriană.**



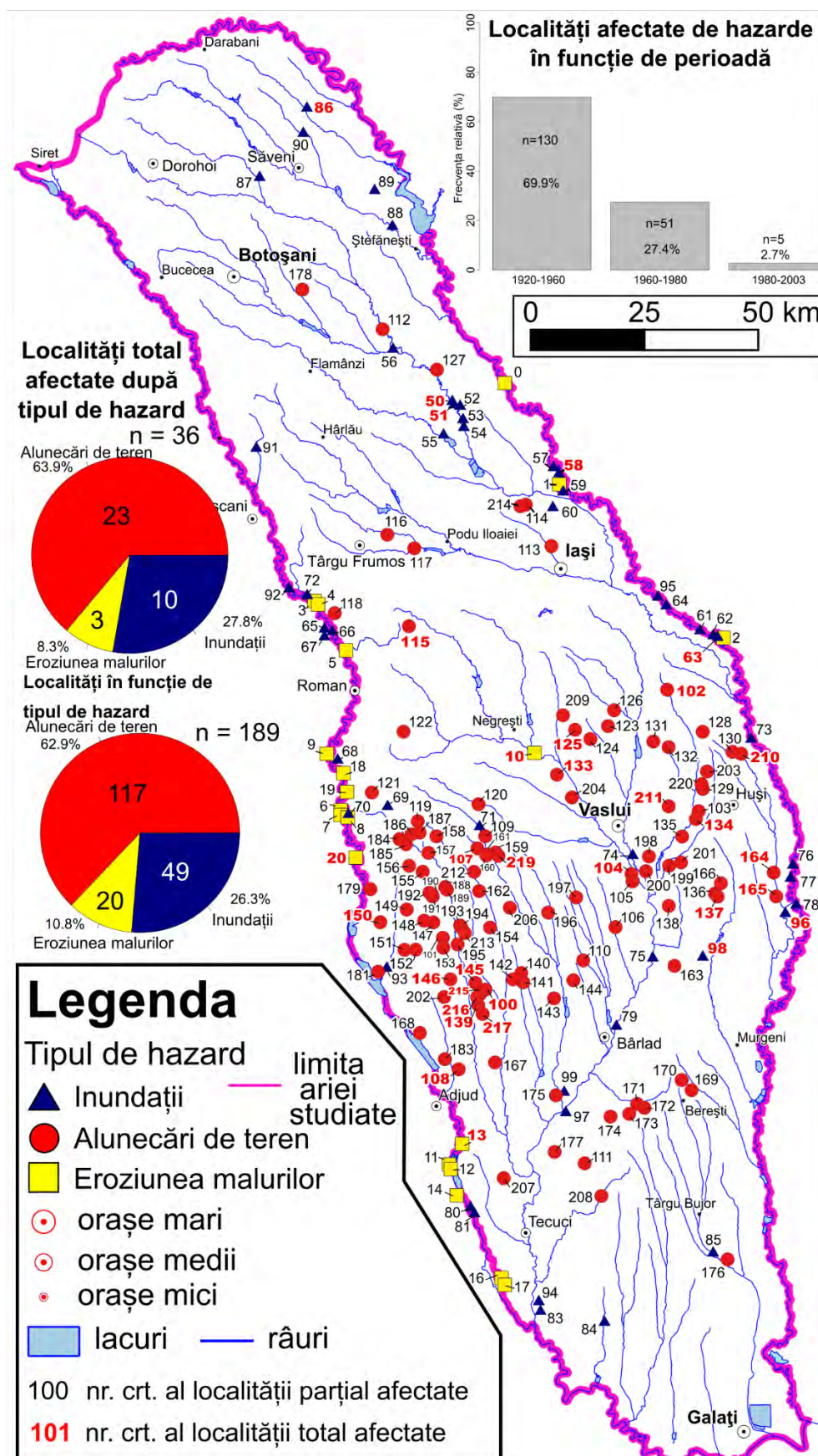
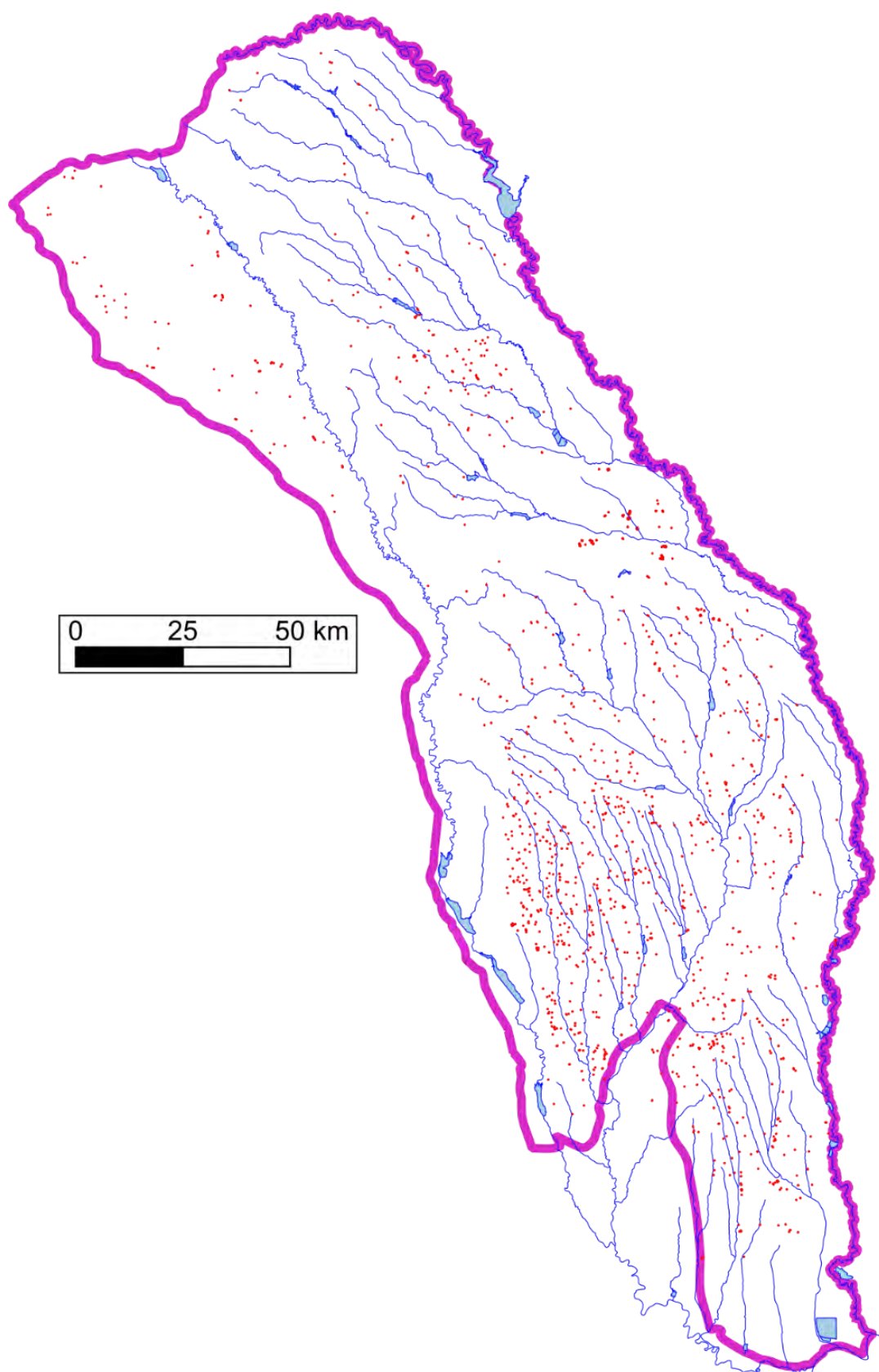


Figura 327. Localități afectate de alunecări de teren în Podișul Moldovei în perioada contemporană (Văculișteanu ș.a., 2019).





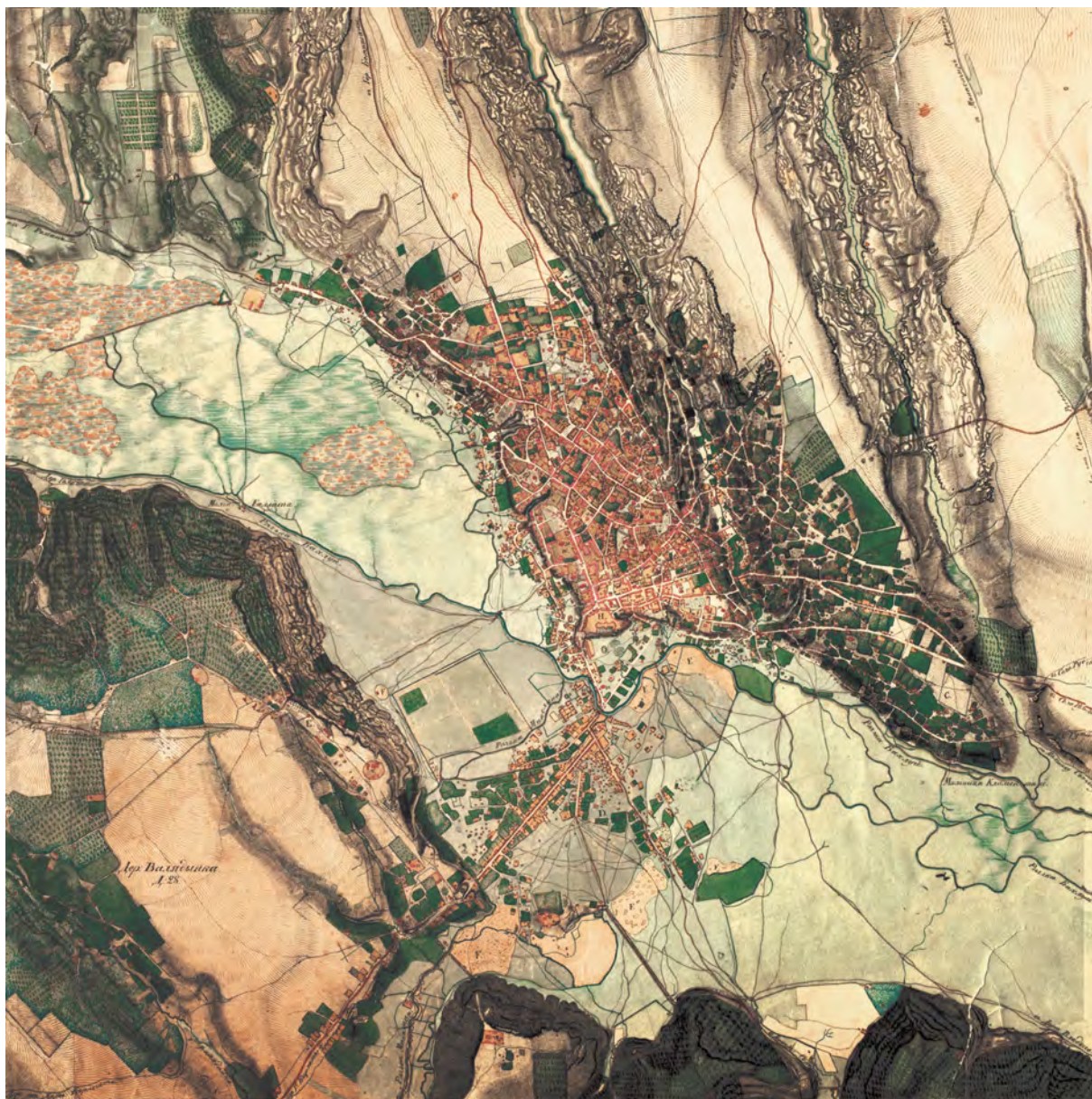
**Figura 328. Repartiția spațială a alunecărilor de teren recente.**

derea rețelei de aşezări de după individualizarea Moldovei şi României), alunecările stabilizate s-au reactivat, iar acolo unde societatea nu a fost rezilientă în faţa fenomenului, a trebuit să părăsească arealul respectiv, situaţie care a evoluat în bine după perioada interbelică, pe fondul modernizării (Văculişteanu ş.a., 2019).



Mergând pe ideea că morfologia “proaspătă” a alunecărilor indică faptul că acestea sunt foarte recente, au fost cartate 5821 de evenimente de alunecări de teren (**Figura 328**) care pot fi atribuite perioadei moderne și contemporane (post 1800).

Împrejurimile Iașului au fost acoperite de păduri în perioada medievală (**Giurescu, 1976**), în special în partea de sud (Pădurea Iași-Bârnova) și sud-vest (Pădurea Căpoteștilor), dar și spre est (Pădurea Bîc), sud-est (Pădurea Bohotin) sau nord și nord-est (Pădurile Copou și Ciric - **Tufescu, 1932**) care au fost defrișate în perioada modernă pe măsură ce orașul se extindea de pe terasa fluvială Palatul Culturii (**Băcăuanu și Martiniuc, 1966**) spre împrejurimi (**Tufescu, 1932**). În acest context, credem că reactivările alunecărilor vechi și relice holocene (**Martiniuc și Băcăuanu, 1982**), la nivelul maselor și cornișelor (**Silion, 1965**), în timp ce se petreceau probabil și în epoca medievală, au devenit mai frecvente după, când defrișarea pădurilor și presiunea umană s-au intensificat (Mănăstirea “Galata din Vale”/“Galata de Jos” a fost afectată de alunecări de teren în 1579 și 1582 – **Grigoraș, 1943; Cârciuleanu, 1991; Ureche, 2017**, ulterior fiind afectate de alunecări și Biserica Vulpă din Vale și Mănăstirea Cetățuia). Harta din 1828 realizată de Armata Rusă (**Rădvan și Ciobanu, 2019**) este grăitoare din punctul de vedere al lipsei covorului forestier pe versanții din jurul orașului, cu excepția unor areale unde erau plantate vii și livezi.



**Figura 329.** Harta rusă de la 1828 reprezentând orașul Iași (**Rădvan și Ciobanu, 2019**).



Zonele cu reactivări ale alunecărilor de teren sunt cunoscute pentru împrejurimile Iașului în următoarele locații: Dl. Copou, versantul de nord-est Țicău (1911, 1932-1933, 1934, 1940-1942, 1961, 1969-1970, 1984, 2017), versantul de sud, cartierul Păcurari, versantul vestic al Dl. Șorogari (1969-1970), versantul nordic al Dl. Galata (1932-1933, 1941-1942, 1960, 1970, 1971, 1973, 1974-1975, 1979), versantul vestic al Dl. Cârlig (1981), versantul nordic al Dl. Cetățuia (1979-1980) și versantul nord-vestic al Dl. Păun în zona cartierului Bucium (1973) raportate de diverși autori (**Macarovici, 1942; Sillion, 1965; Băcăuanu, 1970; Palade și Martiniuc, 1971; Brișcan, 1980; Martiniuc și Băcăuanu 1982; Schram ș.a., 1977**). În ultima perioadă s-au raportat reactivări de alunecări de teren în satul Todirel (5 martie 1999), Cartierul Munteni, Grădina Botanică, Șapte Oameni, Moara de Vânt. Pe lângă aceste zone, unde mecanismul alunecării de teren are o puternică componentă naturală, există mai multe locuri în care mecanismul alunecărilor de teren este puternic influențat de procesele antropice, în special de-a lungul drumurilor: pe drumul comunal DC49 către Mănăstirea Hadâmbu (din 2000 până în 2017), malul râului Bahlui (2015), pe drumul județean DJ248D în Bucium (2000-2010) și de-a lungul drumului național DN24 între Păun și Poieni (2005-2009).

Pentru orașul Iași a fost realizat un inventar geomorfologic de către **Necula și Niculiță (2017)** iar pentru județul Iași de către **Niculiță ș.a. (2017)**. Ratele de mișcare ale unor alunecări foarte lente de pe versantul NE al Dealului Copou, respectiv Țicău au fost studiate pentru intervalul 2014-2017 de către **Necula ș.a. (2017)**. Pentru orașul Iași și împrejurimile sale, ținând cont de disponibilitatea în cadrul arhivei Departamentului de Geografie a unor aerofotograme din mai multe seturi temporale (1950-1964, 1971-1986) a fost realizat un inventar al alunecărilor de teren din aria metropolitană a orașului Iași (**Niculiță ș.a., 2018a**). Am identificat și cartografiat 518 evenimente de alunecare de teren (**Figura 330**). Majoritatea alunecărilor de teren identificate sunt translaționale (51,5%). Alunecările rotaționale de tip colaps și alunecările-curgeri sunt celălalt tip de alunecări de teren, având în vedere frecvența (19,7% și 17%). Curgerile reprezintă 11,8%. Cunoașterea geologică actuală nu permite identificarea unor relații foarte clare a tipologiei alunecărilor cu depozitele geologice, în schimb majoritatea evenimentelor apar pe zonele cu alunecări stabilizate, ca reactivări ale cornișei sau ale corpului principal. Alunecările de teren translaționale sunt mai frecvente pe corpurile de alunecare de teren vechi și relict, dar sunt prezente și curgeri. Alunecările rotaționale de tip colaps și alunecările-curgeri sunt cele mai frecvente la nivelul cornișelor, ca și curgerile. Unele dintre alunecările de teren care au fost declanșate înainte sau după 1964 și înainte de 1984, au fost nivelate după 1970 de măsurile antierozionale luate în zona de studiu, deci nu apar în setul de date LiDAR, fiind vizibile doar pe aerofotograme.

Magnitudinea alunecărilor de teren identificate este mică (sub 140 000 m<sup>2</sup>), sub ceea ce este considerat în literatura de specialitate magnitudinea 1 (**Malamud ș.a., 2004a,b**), lungimea lor nu depășește 700 m și au lățimi în general sub 50-100 m (Fig. 7). Forma curbei de frecvență este similară cu cea a inventarelor de alunecări de teren declanșate de evenimente specifice, situație care ne permite să considerăm acest inventar de alunecări de teren ca fiind reprezentativ pentru condițiile actuale din zona de studiu și să fie utilizabil în modelarea și validarea susceptibilității la alunecări de teren. Magnitudinea redusă și faptul că aproape toate alunecările de teren identificate au avut loc în afara zonelor populate arată că alunecările de teren nu reprezintă o amenințare reală de zi cu zi pentru populația din Zona Metropolitană Iași, dar situația s-ar putea schimba în viitor, având în vedere extinderea construcțiilor (**Iașu și Eva, 2016; Doru, 2018**) și schimbările climatice globale.

Există câteva excepții, mai multe zone fiind cunoscute pentru reactivări frecvente: dealul Copou nord-est (zona Țicău și Sărărie), Păcurari, Aurora, Șipoțel, Brândușa, Galata, Cetățuia, Cârlig, Todirel. Câteva excepții notabile au generat deplasarea populației în ultimii 100 de ani și reprezintă în continuare o amenințare reală pentru casele care au rămas. Având în vedere că Zona Metropolitană Iași este în continuă extindere a suprafeței construite, modelarea susceptibilității la alunecări de teren (**Necula și Niculiță, 2017**) ar trebui luată în considerare în scopuri de planificare, deoarece noua zonă construită va acoperi teritoriile în care aceste alunecări de teren de mică magnitudine sunt frecvente.

Există un tipar temporal puternic, majoritatea alunecărilor de teren apărând între 1956 and 1984 (74%). Alunecările de teren care au fost declanșate înainte de 1956, dar probabil nu înainte de 1890-1920 (deoarece perturbările nu sunt prezente pe hărțile topografice) reprezintă 16%, în timp ce cele declanșate după 1984 reprezintă 10%. Perioada 1960-1990 este cunoscută ca fiind o perioadă umedă, comparativ cu perioada de după 1990, care este considerată o perioadă uscată. Perioada ploioasă viitoare ar putea crește frecvența alunecărilor de teren în zonele care astăzi sunt considerate stabile



Factorii precondiționali ai alunecărilor identificate sunt structura monoclinică, structura de tip escarpament și litologia (intercalații de mudstone cu nisipuri), climatul și utilizarea terenului (Mărgărint și Niculiță, 2017a). Precipitațiile medii anuale cresc în altitudine, de la Iași (102 m d.MN – >550 mm) la Bârnova (395 m d.MN – >770 mm), în principal datorită precipitațiile orografice induse de mișcarea maselor de aer vestic peste Podișul Central Moldovenesc (Roe, 2005; Mihăilă, 2006; Minea, 2012; Pelin, 2015). În partea de sud a zonei de studiu, pădurea este dominantă, în timp ce în partea de nord a zonei de studiu, câmpurile agricole și pășunile sunt dominante. În partea centrală, în municipiul Iași există o densitate mare de zone construite (Doru, 2018).

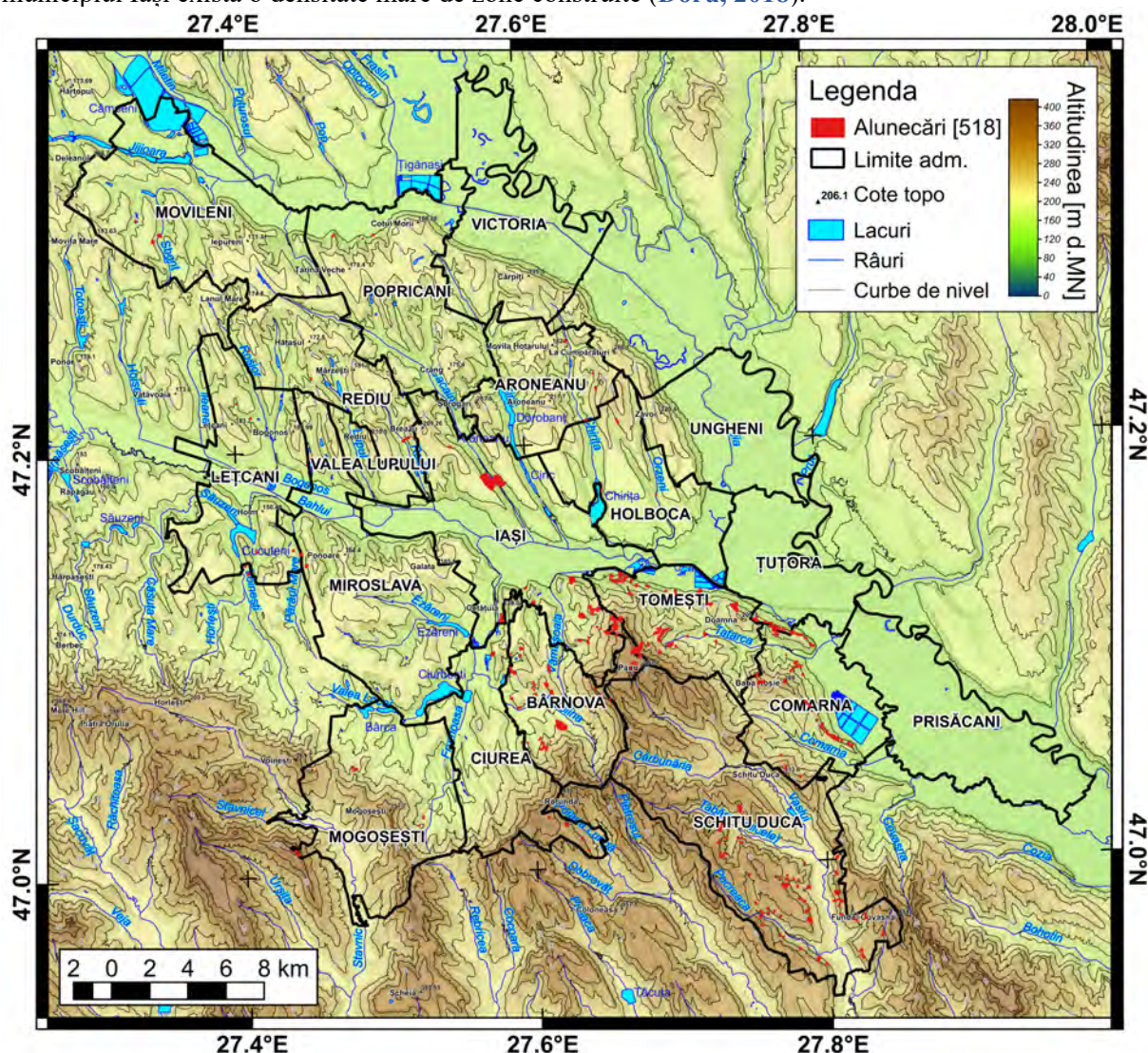


Figura 330. Inventarul alunecărilor de teren recente din Aria Metropolitană Iași (Niculiță ș.a., 2018a).

Factorii pregătitori sunt preexistența alunecărilor de teren vechi și relicte (Niculiță ș.a., 2016a; Mărgărint și Niculiță, 2017a), variația precipitațiilor și modificările de utilizare a terenului. Variația precipitațiilor în zona de studiu a fost legată în principal de creșterea cantității de precipitații în mai-iulie comparativ cu august-octombrie, în 1891-1920, 1920-1935, 1940-1953, dar mai ales după 1960, până în 1991 (Pelin, 2015). Cea mai frecventă durată a anilor consecutivi cu exces de precipitații este de 2 ani (Mihăilă, 2006). În ultimele două secole presiunea antropică a crescut, prin defrișarea pădurilor, câmpurile agricole, livezile, podgoriile și extinderea așezărilor (Doru, 2018). Variabilitatea precipitațiilor și schimbările de utilizare a terenului au afectat în special stabilitatea cornișelor alunecărilor de teren holocene, unde la contactul dintre terasa fluvială permeabilă și depozitele de loess cu silturile impermeabile și mudstones se dezvoltă acvifere importante cu drenaj spre cornișă (Macarovici, 1942; Silion, 1965; Palade și Martiniuc, 1971; Brișcan, 1980; Martiniuc și Băcăuanu



1982; Schram ș.a., 1977). Saturația materialelor de la baza cornișelor și a maselor de aluencare a generat majoritatea reactivărilor și, de asemenea, controlează tipul de alunecare de teren. Alunecările de teren sub păduri sunt, în general, de mică amploare și perturbă pădurea doar în zona cornișelor, care nu este bine stabilizată de arbori, deoarece este aproape verticală, deși în special în zonele în care apar perturbări antropice au fost declanșate alunecări de teren importante (evenimentul de la Facultatea de Horticultură - Palade și Martiniuc, 1971, și cel de pe Strada Ursulea). Zonele care sunt recent defrișate au fost foarte des afectate de reactivarea alunecărilor de teren.

Factorii declanșatori sunt legați în principal de intensitatea și cantitatea de precipitații, în special în timpul verii sau primăverii și după anii ploioși anteriori sau toamne / ierni eventual intervențiile antropice care destabilizează hidrologia și hidrogeologia. Furtunile și topirea zăpezii sunt principalele evenimente declanșatoare ale alunecărilor de teren recente din zona de studiu. Cantitatea maximă lunară de precipitații în zona de studiu este cuprinsă între 291,8 mm (Iași) și 368,6 mm (Bârnova), în timp ce cantitatea maximă de precipitații de 24 de ore este cuprinsă între 136,7 mm (Iași) și 167,9 mm (Bârnova) conform Mihăilă (2006) și Minea (2012). Cutremurele din secolul al XIX-lea (1940 și 1977) nu au fost asociate direct cu alunecările de teren, dar reprezintă probabil un factor pregătitor..

Bază de date cu cele 518 evenimente de alunecări de teren din județul Iași, care s-au întâmplat în ultimii 100 de ani este susținută de datele istorice, datele de teledetecție și dovezile de pe teren oferind o imagine completă a tipologiei și morfologiei alunecărilor de teren, a factorilor condiționali, pregătitori și declanșatori ai alunecărilor de teren, a magnitudinii alunecărilor de teren și a evoluției lor temporale, a efectelor imediate asupra oamenilor și infrastructurii și implicațiile asupra activității umane viitoare în zonă.

Dintre evenimentele studiate, cele de pe versantul nordic și nord-estic al Dl. Copou, în zona orașului Iași, este unul dintre cele mai interesante cazuri de reactivări ale alunecărilor de teren din ultimii 100 de ani, cu mai multe evenimente posibile de reactivare viitoare și care a generat cele mai mari daune, din fericire fără pierderea vieții umane. În timp ce unele dintre alunecările de teren prezentate au afectat așezările umane și infrastructura, majoritatea sunt cazuri în care alunecările de teren s-au produs în afara așezărilor și infrastructurii, dar este de așteptat ca extinderea suprafeței construite în interiorul granițelor metropolitane să ducă la noi reactivări. De asemenea, în cazul unei creșteri a cantității de precipitații, frecvența alunecărilor de teren ar putea crește, de asemenea.

Inventarele alunecărilor de teren care descriu în detaliu evenimentele, localizarea lor spațială și temporală, cauzele și efectele lor sunt foarte importante pentru modelarea și validarea susceptibilității la alunecări de teren utilizabilă în estimarea hazardului și pentru evaluarea scenariilor de vulnerabilitate. Această bază de date și posibila sa extindere pentru a include mai multe evenimente sunt de o importanță crucială pentru modelarea pericolului alunecării de teren și a riscului pentru zona metropolitană Iași.

Ordinul 1955/1998 emis de Ministerul Apelor menționează la Art 2. că *“Zonele expuse riscurilor naturale .. cu prioritate: alunecări de teren, ... - se delimitează, potrivit legii, prin hotărâri ale consiliilor județene, în baza unor studii specifice și cu avizul organelor de specialitate ale administrației publice, în vederea stabilirii măsurilor pentru prevenirea și atenuarea efectelor dezastrelor și a restricției, după caz, a autorizării construcțiilor.”*. La Art. 3 se menționează:

*“(1) Identificarea și inventarierea zonelor în care s-au produs alunecări de teren se efectuează prin întocmirea fișelor de identificare, potrivit modelului prezentat în anexele nr. 1 și 1a) la prezentul ordin, și prin poziționarea pe harta fizico-administrativă a județului.*

*“(3) Direcțiile generale de urbanism, amenajarea teritoriului și lucrări publice din cadrul consiliilor județene, respectiv al Consiliului General al Municipiului București, în colaborare cu consiliile locale din localitățile afectate, oficiile județene de cadastru, geodezie și cartografie, serviciile publice descentralizate ale ministerelor de resort, inspectoratele județene de protecție civilă, precum și cu institute de cercetare, proiectare și învățământ superior de profil vor întocmi documentele prevăzute la alin. (1) și (2).”*

ART. 4

*Consiliile județene și consiliile locale, conform atribuțiilor ce le revin potrivit legii, vor completa și, după caz, vor actualiza documentațiile de urbanism și amenajare a teritoriului cu capitolul "Zone expuse la riscuri naturale", potrivit prevederilor prezentului ordin.*

ART. 5



*Comisiile județene, respectiv Comisia municipiului București, de apărare împotriva dezastrelor vor constitui bazele de date la nivel județean și vor monitoriza acțiunile privind identificarea și inventarierea zonelor expuse riscurilor naturale, precum și stabilirea măsurilor pentru prevenirea și atenuarea efectelor dezastrelor.”.*

În normele metodologice publicate în 2003 (Hotărârea 382/2003 a Guvernului României) se reia problematica, care este detaliată cu următoarele componente:

- documentațiile de amenajare a teritoriului și de urbanism pentru zonele de riscuri naturale trebuie să existe în planurile de amenajare a teritoriului și în planurile de urbanism;
- la nivel județean trebuie să existe Studiul județean al factorilor de risc natural, document cu piese scrise și cu hărți de risc natural;
- la nivel local trebuie să existe Studiul local al factorilor de risc natural, document cu piese scrise și cu hărți de risc natural;
- la Art. 9 se menționează conținutul acestor studii *“Studiul județean și Studiul local al factorilor de risc natural cuprind: a) elemente de informare generală asupra factorilor de risc; b) descrierea fiecărui factor de risc natural: definire, localizare, amploare, efecte asupra mediului natural și construit, efecte asupra locuitorilor; c) clasificarea și cartografierea riscurilor naturale existente pe teritoriul județului sau unităților administrative de bază.”;*
- documentațiile de amenajare a teritoriului și de urbanism pentru zonele de riscuri naturale se realizează în două etape, prima de culegere a datelor (din studii și de pe teren), iar a doua de redactare a pieselor scrise și desenate.

Documentațiile de amenajare a teritoriului pentru zonele de riscuri naturale trebuie să conțină:

- *“A. **Diagnoza** - se analizează principalele probleme rezultate din analiza situației existente referitoare la riscurile naturale și se va structura astfel: 1. **Cadrul natural/mediul:** identificarea, definirea zonelor de riscuri naturale și a cauzelor producerii dezastrelor: ... b) alunecări de teren: precipitații atmosferice care pot provoca reactivarea unor alunecări vechi și apariția alunecărilor noi, eroziunea apelor curgătoare cu acțiune permanentă la baza versanților, acțiunea apei subterane, acțiunea înghețului și a dezghețului, acțiunea cutremurelor care reactivează alunecările vechi sau declanșează alunecări primare, săpături executate pe versanți sau la baza lor; defrișarea abuzivă a plantațiilor și a pădurilor, care produce declanșarea energiei versanților.”;*
- *“2. **Tipologia fenomenelor de risc natural:** ... c) alunecări de teren: active, care se desfășoară în urma declanșării unei alunecări primare; reactive, care sunt declanșate, dar au perioade de stabilitate și acalmie; inactive, care pot fi latente și se pot activa oricând; abandonate, la care cauzele producerii au fost înlăturate; stabilizate prin metode de remediere”;*
- *“B. **Rețeaua de localități, infrastructurile tehnice ale teritoriului și activitățile afectate de riscuri naturale** - se analizează riscul producerii unor dezastre și/sau efectele lor, delimitarea și ierarhizarea arealelor și va conține: 1. **Delimitarea și ierarhizarea zonelor de risc natural** - se face pe baza hărților de risc natural: ... c) alunecări de teren: conform potențialului de producere, respectiv zone cu potențial scăzut de alunecare, zone cu potențial mediu de alunecare, zone cu potențial ridicat de alunecare.”;*
- *“2. **Efectele riscurilor naturale:** ... c) alunecări de teren: obiective afectate - rețele tehnico-edilitare, poduri, podețe, drumuri, căi ferate, suprafețe agricole etc.”;*
- *“C. **Strategia de dezvoltare** - se formulează propuneri cu caracter director care vizează prevenirea, atenuarea/eliminarea și/sau acceptarea riscurilor naturale, în concordanță cu obiectivele de dezvoltare din documentațiile de amenajare a teritoriului, și se va structura astfel: 3. **Alunecări de teren:** a) acțiuni privind amenajarea teritoriului cu risc de alunecare prin împăduriri, schimbarea culturilor, modificări în utilizarea terenurilor etc.; b) acțiuni privind combaterea alunecărilor de teren prin lucrări specifice; c) necesitatea încheierii unor convenții de asigurare; d) schimbarea modului de folosință a terenului.”.*

Documentațiile de urbanism pentru zonele de riscuri naturale trebuie să conțină:

- *“I. **Planul urbanistic general (1) A. Stadiul actual și de dezvoltare urbanistică** - se analizează principalele probleme rezultate din analiza situației existente referitoare la riscurile naturale și se va structura astfel: 1. **Cadrul natural:** zonele expuse la riscuri*



- naturale - se identifică și se definesc riscurile naturale existente și cauzele producerii dezastrelor: ... **c)** alunecări de teren: precipitații atmosferice care pot provoca reactivarea unor alunecări vechi și apariția alunecărilor noi; eroziunea apelor curgătoare cu acțiune permanentă la baza versanților; acțiunea apelor subterane; acțiunea înghețului și a dezghețului; acțiunea cutremurelor care reactivează alunecările vechi și declanșează alunecări primare; săpături executate pe versanți sau la baza lor; defrișarea abuzivă a plantațiilor și a pădurilor, care produce declanșarea energiei versanților.”;
- **“2. Tipologia fenomenelor: ... c)** alunecări de teren: active, care se desfășoară în urma declanșării unei alunecări primare; reactive, care sunt declanșate, dar au perioade de stabilitate și acalmie; inactive, care pot fi latente și se pot activa oricând, abandonate, la care cauzele producerii au fost înlăturate, stabilizate prin metode de remediere.”;
  - **“(2) B. Intravilanul, activitățile și echiparea edilitară: riscul producerii unor dezastre și/sau efectele lor, delimitarea și ierarhizarea arealelor. 1.Efecte: ... c)** alunecări de teren: obiective afectate - rețele tehnico-edilitare, poduri, podețe, drumuri, căi ferate, suprafețe din intravilan și extravilan.”;
  - **“2. Delimitarea și ierarhizarea arealelor conform hărților de risc natural: ... c)** alunecări de teren: conform potențialului de producere, respectiv zone cu potențial scăzut de alunecare, zone cu potențial mediu de alunecare, zone cu potențial ridicat de alunecare.”;
  - **“(3) C. Reglementările specifice zonelor de riscuri naturale: 3. Zone afectate de alunecări de teren: a)** stabilirea limitei intravilanului și a modului de utilizare a terenurilor în funcție de condițiile geotehnice și hidrogeologice stabilite prin studii de fundamentare de specialitate; **b)** instituirea interdicției temporare de construire în zone în care s-au produs alunecări de teren, până la elaborarea documentațiilor de specialitate; **c)** instituirea interdicției definitive de construire, după caz; **d)** promovarea unor programe, studii și proiecte privind măsuri concrete de stopare a fenomenului de alunecare de teren (împăduriri, consolidări versanți); **e)** precizarea condițiilor elementare de amplasare și conformare a construcțiilor și amenajărilor în funcție de potențialul de producere a alunecărilor de teren; **f)** îmbunătățirea/înlocuirea și chiar devierea rețelelor tehnico-edilitare amplasate în zone cu potențial mare de producere a alunecărilor de teren; **g)** informarea populației asupra riscului producerii alunecărilor de teren, după caz, pe grade de potențial al producerii alunecărilor de teren; **h)** dezafectarea unităților productive cu grad ridicat de poluare și pericolozitate, amplasate în zone expuse alunecărilor de teren; **i)** demolarea fondului construit din zonele cu potențial ridicat de alunecare și reamplasarea lui pe rezerva funciară de utilitate publică.”;
  - **“II. Planul urbanistic zonal (1) A. Stadiul actual și de dezvoltare urbanistică - se analizează principalele probleme rezultate din analiza situației existente referitoare la riscurile naturale și se va structura astfel: 1. Cadrul natural - identificarea zonelor expuse la riscuri naturale, definirea riscurilor naturale existente și cauzele producerii dezastrelor: ... c)** alunecări de teren: precipitații atmosferice care pot provoca reactivarea unor alunecări vechi și apariția alunecărilor noi, eroziunea apelor curgătoare cu acțiune permanentă la baza versanților, acțiunea apelor subterane, acțiunea înghețului și a dezghețului, acțiunea cutremurelor care reactivează alunecările vechi sau declanșează alunecări primare, săpături executate pe versanți sau la baza lor, defrișarea abuzivă a plantațiilor și a pădurilor, care produce declanșarea energiei versanților.”;
  - **“2. Tipologia fenomenelor de risc natural: ... c)** alunecări de teren: active, care se desfășoară în urma declanșării unei alunecări primare; reactive, care sunt declanșate, dar au perioade de stabilitate și acalmie; inactive, care pot fi latente și se pot activa oricând, abandonate, la care cauzele producerii au fost înlăturate, stabilizate prin metode de remediere.”;
  - **“3. Efectele fenomenelor de risc natural asupra construcțiilor și echipărilor edilitare: ... c)** alunecări de teren: obiective afectate - clădiri, rețele tehnico-edilitare, poduri, podețe, drumuri, căi ferate, suprafețe din intravilan și extravilan.”;
  - **“4. Delimitarea și ierarhizarea zonelor de riscuri naturale - conform hărților de risc natural: ... c)** alunecări de teren: conform potențialului de producere, respectiv zone cu



potențial scăzut de alunecare, zone cu potențial mediu de alunecare, zone cu potențial ridicat de alunecare.”;

- “(2) **B. Reglementări urbanistice specifice zonelor de riscuri naturale: 3. Alunecări de teren:** **a)** delimitarea zonelor expuse la alunecări de teren, cu interdicție totală sau temporară de construire până la elaborarea unor documentații, studii de specialitate; **b)** delimitarea zonelor expuse riscului la alunecări de teren, cu diferențierea, după caz, pe grade cu potențial diferit de alunecare; **c)** precizarea condițiilor de amplasare și conformare a construcțiilor sistem constructiv, regim maxim de înălțime admisă, poziționarea constructivă în raport cu curbele de nivel, POT; **d)** definirea mijloacelor de stabilizare a terenurilor (plantări, ranforsări); **e)** microzonarea de criterii de securitate pe baza studiilor geotehnice și hidrogeologice.”;
- “**III. Planul urbanistic de detaliu (1) A. Situația existentă** - se analizează principalele probleme rezultate din analiza situației existente referitoare la riscurile naturale și se va structura astfel: **1. Evaluarea riscurilor naturale:** - identificarea, definirea riscurilor naturale și a cauzelor producerii dezastrului: ... **c)** alunecări de teren: precipitații atmosferice care pot provoca reactivarea unor alunecări vechi și apariția alunecărilor noi, eroziunea apelor curgătoare cu acțiune permanentă la baza versanților, acțiunea apelor subterane, acțiunea înghețului și a dezghețului, acțiunea cutremurelor care reactivează alunecările vechi sau declanșează alunecări primare, săpături executate pe versanți sau la baza lor, defrișarea abuzivă a plantațiilor și a pădurilor, care produce declanșarea energiei versanților.”;
- “**2. Tipologia fenomenelor:** ... **c)** alunecări de teren: active, care se desfășoară în urma declanșării unei alunecări primare; reactive, care sunt declanșate, dar au perioade de stabilitate și acalmie; inactive, care pot fi latente și se pot activa oricând, abandonate, la care cauzele producerii au fost înlăturate, stabilizate prin metode de remediere.”;
- “**3. Efecte asupra fondului construit:** ... **c)** alunecări de teren: obiective afectate - clădiri, drumuri, poduri, podețe, rețele tehnico-edilitare, pierderi de vieți omenești.”;
- “(2) **B. Reglementările specifice vizează relația dintre riscurile naturale și nivelul de permisivități și constrângeri urbanistice privind volumele construite și amenajările. 3. Alunecări de teren:** **a)** delimitarea zonelor expuse la alunecări de teren, cu interdicție totală sau temporară de construire până la elaborarea unor documentații, studii de specialitate; **b)** delimitarea zonelor expuse riscului la alunecări de teren, cu diferențierea, după caz, pe grade cu potențial diferit de alunecare; **c)** precizarea condițiilor de amplasare și conformare a construcțiilor, sistem constructiv, regim maxim de înălțime admisă, poziționarea constructivă în raport cu curbele de nivel, POT; **d)** definirea mijloacelor de stabilizare a terenurilor (plantări, ranforsări); **e)** microzonarea pe criterii de securitate pe baza studiilor geotehnice și hidrogeologice”.

„ANEXA 1

Județul .....

Localitatea .....

#### FIȘA DE IDENTIFICARE A ALUNECĂRII DE TEREN

Nr. ....

##### 1. Coordonate geografice:

|             | Grade | Minute | Secunde |
|-------------|-------|--------|---------|
| Latitudine  |       |        |         |
| Longitudine |       |        |         |

Cota crestei ..... m; cota piciorului ..... m (nivel de referință Marea Neagră)

##### 2. Data producerii:

Anul ....., luna ....., ziua .....

##### 3. Tipul:

Alunecare

primară

reactivată

Material

rocă



Mișcare

grohotiș  
pământ  
prăbușire  
răsturnare  
alunecare  
extensie  
curgere

4. Dimensiuni:

Lungimea ..... m, lățimea ..... m, adâncimea ..... m, suprafața ..... mp, volumul ..... mc.

5. Cauze:

|               | Condițiile de teren | Procese geomorfologice | Procese fizice | Procese antropice |
|---------------|---------------------|------------------------|----------------|-------------------|
| Pregătitoare  |                     |                        |                |                   |
| Declanșatoare |                     |                        |                |                   |

6. Efecte:

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pagube materiale (descriere, cuantificare fizică și valorică în milioane de lei) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Căi ferate</li> <li>- Rețele tehnico-edilitare (apă, canal, gaz metan, electricitate, telefonie)</li> <li>- Obiective social-administrative (sedii administrative, școli, spitale)</li> <li>- Alte construcții</li> <li>- Terenuri (pe categorii de folosință)</li> </ul> |
| Vătămări corporale                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Pierderi de vieți omenești                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

7. Măsuri de remediere:

|                               | Propuse (descriere) | Aplicate/în curs de aplicare |
|-------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Modificarea geometriei        |                     |                              |
| Drenaj                        |                     |                              |
| Lucrări de susținere          |                     |                              |
| Lucrări de ranforsare internă |                     |                              |
| Alte măsuri                   |                     |                              |

8. Referințe scrise (Referate, rapoarte, articole din ziare sau reviste)

Data completării .....

Numele și prenumele .....

Instituția .....

Semnătura .....

Asociată acestei fișe este și o listă de definiții:

Tipul:

- Alunecare primară - alunecarea produsă în masive neafectate de deplasări anterioare (amplasamente neafectate de alunecări anterioare).
- Alunecare reactivată - alunecare produsă în lungul unor suprafețe de cedare preexistente (amplasamente afectate de alunecări anterioare).
- Roca - material stancos, intact sau fisurat, care se afla în locul original de formare înainte de producerea alunecării.
- Pamant - material cu un conținut ridicat de particule de dimensiuni reduse (>80% particule < mm).
- Detritus/Grohotis - material fragmentat cu un conținut ridicat de particule groșiere (20 - 80% particule >2 mm).
- Prăbușire - desprindere de material din cuprinsul unei pante puternic înclinate în raport cu orizontala, în lungul unei suprafețe, de-a lungul căreia deplasările tangențiale sunt foarte mici sau nule (figura 1.1).



- Rasturnare - deplasare prin rotire spre exteriorul pantei a unei mase de material in jurul unui punct situat sub centrul de greutate al masei deplasate (figura 1.2).

- Alunecare - deplasare prin rotatie, translatie sau miscare compusa, spre piciorul pantei a unei mase de material in lungul unor suprafete de rupere sau in cuprinsul unor benzi relativ subtiri de forfecare (figura 1.3).

- Extensie - deplasare prin extensie a unei mase de material coeziv sau roca, combinata cu o deplasare generala pe verticala a masei fracturate in cuprinsul unui material de baza mai slab (figura 1.4).

- Curgere - miscare continua in spatiu, asemanatoare curgerii unui lichid vascos (figura 1.5).

Cauze:

- Cauze pregatitoare - cauze care, de-a lungul timpului, au contribuit la aducerea pantei intr-o situatie limita de stabilitate.

- Cauze declansatoare - cauze care, actionand pe o perioada relativ redusa de timp, au contribuit la aducerea pantei din situatia potential-instabila in situatia activ-instabila.

- Conditii de teren - se refera la tipul de material (plastic, senzitiv, colapsibil, fisurat, forfecat etc.) si la existenta suprafetelor de discontinuitate (sistozitate, clivaj, falii, contacte de sedimentare etc.). Conditile de teren nu pot avea un rol declansator in producerea alunecarilor de teren.

- Procese geomorfologice - procese de eroziune supratrana sau subterana, de destindere mecanica in urma topirii ghetarilor, de activitate vulcanica etc.

- Procese fizice - ploi intense sau/si prelungite, topirea rapida a zapezii, cutremure de pamant, cicluri repetate de inghet-dezghet sau umflare-contractie etc.

- Procese antropice - excavatii in versant sau la picior, incarcari pe versant sau la creasta, coborarea rapida a nivelului apei din bazinele de retentie, lucrari de irigatie, intretinerea defectuoasa a retelei subterane de alimentare cu apa sau a drenurilor, indepartarea vegetatiei, lucrari miniere la zi sau in subteran, vibratii produse de trafic, utilaje etc.

Masuri de remediere:

- Modificarea geometriei - descarcarea zonelor active si incarcarea zonelor pasive ale alunecarii prin operatiuni de excavare si, respectiv, prin lucrari de umplutura.

- Drenaj - santuri, transee drenante, puturi, drenuri forate orizontal, tuneluri si galerii de drenaj, plantare de vegetatie etc.

- Lucrari de sustinere - lucrari structurale, dimensionate pentru a prelua impingerile exercitate de masa alunecatoare (ziduri de sprijin de greutate, din beton armat, gabioane, piloti, coloane, chesoane, pereti turnati in teren, ziduri de sprijin din pamant armat, contrabanchete din material granular, ziduri de picior pentru protectie impotriva eroziunii, plase de retentie la suprafata masivelor de roca, sisteme de atenuare sau stopare a prabusirilor in masive de roca etc.).

- Lucrări de ranforsare internă - lucrări constituite din elemente de ranforsare care se extind de la suprafața pantei în cuprinsul și dincolo de limitele masivului potențial sau activ alunecător (micropiloți, ancoraje, coloane de var/ciment, soil nailing, injecții, tratare termică prin ardere sau îngheț etc.).”

Se poate observa din legislația prezentată că activitatea de inventariere a alunecărilor de teren și de evaluare a pagubelor induse de către acestea este foarte importantă, atât din punct de vedere practic, cât și din punct de vedere legal. Din păcate nu știm dacă după 1990 autoritățile au luat în serios această activitate, deoarece nu apar sub forma unor informații publice aceste informații. O serie de informații foarte criptice apar în studiile realizate pentru documentațiile urbanistice, de multe ori însă fiind insuficiente pentru a arăta adevărata extensie a alunecărilor de teren din respectivele zone. O astfel de abordare apare datorită faptului că nu există probabil suficiente informații spațiale și nici expertiza în acest domeniu, atât la nivelul autorităților, cât și la nivelul agenților economici care realizează respectivele studii. Pentru a veni în ajutorul autorităților am creat o pagină web: <http://www.geomorphologyonline.com/alunecari>, unde se poate completa o fișă de identificare a alunecărilor de teren, în scopul de a crea o bază de date publică.



## VI. Modelul de evoluție al alunecărilor

### VI.1 Climatul în Podișul Moldovei post LGM

Caracteristicile generale ale Ultimului Maxim Glacial, Glaciarului târziu și Holocenului pentru Europa Centrală și de Est sunt folosite în prezent pentru a schița câteva idei despre mediul din nord-estul României, deoarece până în prezent nu există reconstrucții detaliate ale paleomediului din Podișul Moldovei. Există doar două excepții în ceea ce privește mediile fluviale ale râului Siret care au fost reconstruite de [Rădoane ș.a. \(2015\)](#) pentru ultimii 6 000 de ani pe baza datării cu radiocarbon a unor arbori din depozitele albiei majore și a dendrocronologiei acestora, și sedimentele fluviale și lacustre din Romania, reconstituite de [Rădoane ș.a. \(2017\)](#), pentru ultimii 12 000 de ani folosind funcții de densitate a probabilității (PDF-uri) ale datelor de radiocarbon.

Perioadele umede (arătate de creșterea radială mare a arborilor), când activitatea hidro-geomorfologică a fost mai mare au fost identificate ([Rădoane ș.a., 2017](#)) în următoarele perioade: 6 600-5 700, 3 700-2 900, 2 300-1 900, 1 000-900, 750-650, 450-350, 150-50 ani BP<sup>1</sup>. Creșterea umidității arătată de ratele de creștere a inelelor copacilor în ultimii 12 000 de ani sunt 10 300, 9 800, 9 200, 8 500, 8 000, 6 790, 5 650, 3 750, 3 300, 2 850, 2 350, 1 500, 1 300, 880 și 500, în timp ce în ultimii 200 de ani acestea sunt 1824-1825, 1870-1871, 1890-1991, 1926, 1970 și 1997. Între aceste perioade climatul a fost mai uscat (așa cum arată rata mică de creștere radială), în special între 3 200-3 150, 2 775-2 700 și 1 400 ani BP ([Rădoane ș.a., 2015](#)).

După Ultimului Maxim Glacial (LGM), Glaciarul târziu a avut două perioade de încălzire: interstadiile Bølling și Allerød, separate de două faze reci: Older Dryas și Younger Dryas. În România, Younger Dryas a fost perioada cea mai rece, cu temperaturi 14-16° C mai mici în perioada de iarnă decât astăzi, 2° C mai mici vara și 2-5° C mai mici ca medie multianuală și cu precipitațiile anuale medii la jumătate față de cele actuale ([Feurdean ș.a., 2008](#)). Ținuturile joase din NV și NE României au fost acoperite de petice de pădure boreală și stepe ([Feurdean ș.a., 2007](#); [Gerasimenko ș.a., 2014b](#)). Interglaciarele Bølling și Allerød au fost climatice similare cu cele actuale în ceea ce privește temperaturile de vară, dar mai mici în ceea ce privește iarna și temperaturile anuale, precum și cantitatea de precipitații, deci clima a fost mai continentală ([Feurdean ș.a., 2008](#); [Feurdean ș.a., 2014](#)). În perioada Glaciară târzie, Câmpia Europei de Est a fost acoperită de o pădure boreală cu molid, pin și mesteacăn și o asociație erbacee de tipul stepei periglaciare, în fazele reci polenul non-arboreal (NAP)

---

<sup>1</sup> BP = Before Past, înainte de trecut, dar calculul se face scăzând valoarea BP din anul 1950, an de referință la datarea cu radiocarbon, când valorile atmosferice ale izotopilor de carbon nu erau perturbate



și de mesteacăn având procentaje mai mari decât în interstadiale (**Velichko ș.a., 2002; Feurdean ș.a., 2014**).

La tranziția către Holocen, vegetația forestieră s-a răspândit rapid și speciile erau reprezentate în principal de păduri de mesteacăn și mesteacăn-conifere (**Feurdean ș.a., 2007**). Comunitățile de stepă periglaciara (tundră) din perioada Glaciara târzie din Europa de Est sunt rămășițe ale perioadei LGM; schimbarea către ecosistemele forestiere fiind guvernată de o creștere a căldurii și a umezelii și degradării permafrostului (**Velichko ș.a., 2002**), deși nu există corespondență în vegetația modernă a acestor tipuri de vegetație (**Feurdean și Tanțău, 2017**). De obicei, vegetația de stepă-tundră a apărut în condiții reci, stepa în condiții uscate și pădurea în condiții umede (**Feurdean și Tanțău, 2017**). Allerød a fost prima perioadă după LGM, când pădurea s-a generalizat în Europa de Est (**Pashkevych și Gerasimenko, 2009**).

Clima Holocenului timpuriu (12-8 ka<sup>2</sup> ani BP) la est și nord-est de Podișul Moldovei a fost una stepică, cu comunități mezofitice în lunci și păduri în zonele mai înalte (stejar, ulm, alun, arin) (**Pashkevych, 2012**). Perioada 8,5-4,5 ka BP (Atlantic) este marcată de un optim climatic (**Pashkevych, 2012**) cu trei vârfuri de temperatură (cu valori de 8,6-8,9° C temperatura medie anuală) în care precipitațiile medii au scăzut la 740-750 mm, separate de două căderi de temperatură până la 8,0° C timp în care precipitațiile au fost mai mari, până la 800-820 mm (**Harper, 2017**). Cea mai bruscă schimbare a avut loc în jurul anului 5900 ani BP, în timpul unui eveniment rece și umed, asociat cu un eveniment de deglaciere (**Harper, 2017**). Acest eveniment a generat o migrație a populațiilor din Valea Dunării spre nord-estul României și sud-vestul Ucrainei, la sfârșitul culturii Cucuteni A-B/B1 și apariția culturilor Cucuteni B2/Trypillia C1 (**Harper, 2017**).

Între 6 și 4,5 ka BP, clima din Europa de Est a fost mai puțin continentală decât astăzi, foioasele extinzându-se mai departe spre N și E în comparație cu granițele de astăzi (**Pashkevych, 2012**). Zona stepică era umedă și pădurea extinsă, carpenul (*Carpinus betulus*) găsindu-se în regiunea râului Volga (**Pashkevych, 2012**). Temperatura în zona de stepă a Europei de Est a fost cu 1° C mai mare în ianuarie, cu 2° C mai mică în iulie și cu precipitații anuale cu 100-150 mm mai mari decât nivelurile de astăzi (**Pashkevych, 2012**).

Perioada de la 4500 la 3500 ani BP avea un climat mai rece, mai uscat și mai continental (**Pashkevych, 2012**), zona pădurilor de foioase reducându-se la extensiune actuală, cu un maxim de ariditate între 4 200 și 3 700 BP când media anuală a cantității de precipitații era cu 50 mm mai joasă decât în prezent (**Gerasimenko, 1997; Krementski, 1997**). Speciile de *Ulmaceae* au înregistrat un declin în pădurile din sudul Ucrainei, în timp ce speciile termofile sub-mediteraneene de stejar și tei au dispărut din vestul Ucrainei. În stepe clima a fost mai uscată decât astăzi, cu o schimbare bruscă la 4500-4 300 BP, timp în care se pare că comunitățile agricole Cucuteni-Trypillia din SE Ucraina, NE România și Republica Moldova s-au prăbușit, fiind înlocuite de culturile nomazilor păstori (**Krementski, 1997; Pashkevych și Gerasimenko, 2009; Pashkevych, 2012**).

Între 3,4/3,3 și 2,8/2,7 ka BP clima a devenit mai umedă și favorabilă, cu temperaturi cu 2° C mai mari vara și cu 1° C mai mic iarna decât astăzi (**Krementski, 1997**). Pădurile s-au extins în zona stepică, în special de-a lungul câmpiilor inundabile, cu *Ulmus glabra* dominând Dealurile Volino-Podoliene (**Krementski, 1997**).

După 2,5 ka BP, s-a stabilit acoperirea vegetală modernă, pinul dispărând din câmpia est-europeană și impactul uman asupra vegetației devenind predominant (**Krementski, 1997**). Pentru România, indicatorii plantelor cultivate au apărut după 7,5 ka BP, dar predominant după 4,5 ka BP și defrișări masive au avut loc după 3,5 ka BP (**Feurdean și Tanțău, 2017**).

Ratele de formare a gheții în peșteri și analiza izotopilor corelată cu cea a polenului (**Onac ș.a., 2002; Feurdean ș.a., 2013, 2014; Mauri ș.a., 2015; Perșoiu ș.a., 2017**) au arătat prevalența de veri calde și uscate și ierni reci (climat mai continental) la începutul Holocenului (după 9 ka BP) și veri reci și umede și ierni mai calde în timpul Holocenului mijlociu-târziu (după 5 ka BP), cu o creștere a nivelului scăzut și constant al precipitațiilor de vară la 5 ka BP și 2,5 ka BP, și o scădere a temperaturilor ridicate de vară (care au început la 8 ka BP) după 2,4 ka BP.

În întreaga Europă sunt marcate două evenimente reci, evenimentul de la 8,2 ka BP și evenimentul de la 3,2 ka BP (**Alley ș.a., 1997; Rohling și Pälike, 2005**), cu implicații asupra climatului care variază la nivel regional (**Morrill și Jacobsen, 2005; Drăgușin ș.a., 2014**). În România, ambele

<sup>2</sup> ka = kilo ani = 1000



evenimente au fost găsite în arhivele de polen (**Feurdean ș.a., 2008**), amoebae testate (**Schnitchen ș.a., 2006**), activitatea incendiilor (**Feurdean ș.a., 2012**) și izotopii din stalagmite (**Constantin ș.a., 2007**). Pe lângă aceste evenimente majore, au fost identificate alte nouă evenimente (12,5-11,1-10,3-9,4-8,1-5,9-4,2-2,8-1.4 ka BP) pe baza resturilor sedimentare aduse de gheață în regiunea nord-atlantică (**Bond ș.a., 1997**). Aceste evenimente au generat răcirea apelor nord-atlantice cu cel mult 2° C pe o perioadă de 100 până la 200 de ani, cu o ciclicitate de  $\sim 1470 \pm 532$  ani (**Bond ș.a., 1997**), foarte similară cu diferența de timp care separă ultimul eveniment major al Holocenului de Mica Epocă Glaciară. Unele dintre aceste perioade coincid cu perioadele umede identificate de **Rădoane ș.a. (2017)**, cu perioade reci derivate din analiza izotopilor (**Tămaș ș.a., 2005**), și concentrațiile izotopilor sedimentelor lacurilor (**Mîndrescu ș.a., 2016**). Răspunsul climatic la aceste evenimente de răcire care par a fi legate de o ciclicitate solară este incert, dar anomalii climatice au fost raportate în întreaga lume (**Wang ș.a., 2013**). În România, **Pál ș.a. (2016)** a raportat o perioadă umedă asociată cu evenimentul de la 8,2 ka BP pentru Carpații Meridionali, cu o creștere a nivelului apei lacurilor.

Perioada Caldă Romană (RWP) (0-400 AD<sup>3</sup>) nu este atât de vizibilă în arhivele de polen și speleoteme din România (**Perșoiu, 2017**).

Optimul Climatic Medieval (MCO) (1 150-1 350 AD) a fost o perioadă moderat caldă când temperatura medie anuală a fost cu 0,2-0,3° C mai mare decât la sfârșitul secolului al XX-lea (**Mann, 2002a**). Această opinie a fost contestată de alții (**Hughes și Diaz, 1994**), în special pentru siturile continentale, unde creșterea temperaturilor a fost dată de câțiva ani fierbinți succesivi și nu este consecventă în toate zonele din întreaga lume. Pentru sud-vestul României, folosind izotopi din guano de liliac și sedimente, **Onac ș.a. (2014, 2015)** au dovedit că între 900 și 1 100 AD a existat o perioadă umedă, în timp ce de la 1 100 la 1 300 AD o perioadă uscată. Pentru nord-vestul României, MCO a fost prezentat în guano de liliac din peștera Măgurici între 1 180 și 1 295 AD (**Geantă ș.a., 2012**). Datele din nordul României arată și o perioadă umedă (**Feurdean ș.a., 2015**).

Mica Epocă Glaciară (LIA – 1 400-1 900 AD) a fost o perioadă în care temperatura anuală a fost cu 0,8° C mai mică decât la sfârșitul secolului XX (**Mann, 2002b**). În România, această perioadă a fost ilustrată de **Kern ș.a. (2016)** pentru perioadele 1 430-1 500 AD și 1 780-1 840 AD în care au fost observate veri reci multidecadale persistente, folosind inelele de creștere a copacilor, ca o tendință pentru întreaga regiune Carpatică. Guano de liliac din Peștera Gaura cu Muscă (**Onac ș.a., 2014, 2015**) a încetat să se mai formeze la debutul LIA. Pentru nord-vestul României, depozitele guano de liliaci au încetat să se mai formeze după 1 295 AD și au reînceput să se formeze după 1 645 AD (**Geantă ș.a., 2012**). În vestul și nordul României, frigul LIA a fost mai blând, cu perioade de start și de final mai reci (**Popa și Kern, 2009; Forray ș.a., 2015**). Datele din nordul României arată o perioadă uscată (**Feurdean ș.a., 2015**).

În ultimii 200-300 de ani, încălzirea climei și impactul uman (activități agricole, curățarea terenurilor prin incendiere, defrișări) domină dovezile paleoclimatice (**Geantă ș.a., 2012; Feurdean ș.a., 2012; Kern ș.a., 2016; Forray ș.a., 2015; Mîndrescu ș.a., 2016; Florescu ș.a., 2017**). Pentru nordul României există, de asemenea, o dovadă puternică a condițiilor mai umede din ultimii 150 de ani (**Florescu ș.a., 2017**).

În vecinătatea zonei noastre de studiu, reconstrucții paleoclimatice detaliate au fost făcute în Peștera Bukovinka, pe stânga văii Prutului la nord de Bajura (**Gerasimenko ș.a., 2014a, Bondar și Ridush, 2015**). Depozitele încep cu straturi fluviale acoperite de un depozit gros datat la  $10730 \pm 60$  BP și acoperă intervalul de timp până la 700-200 BP. Vegetația și fosilele de animale au permis identificarea interstadialului Allerød sau posibil mai vechi, precum Younger Dryas și toate subdiviziunile Holocene inclusiv Mica Eră Glaciară. Perioada glacială târzie a fost dominată de un climat temperat umed și rece, cu tulburări frecvente ale solului și depuneri de particule de loess (concluziile lui **Gerasimenko ș.a., 2014a** bazate pe analiza polenului).

Depozitele Holocen inferioare sunt erodate, depozitele nisipoase de la mijlocul Holocenului, având origine fluvială, iar polenul indicând o perioadă caldă și umedă cu păduri de foioase (*Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Ulmus* sp., *Fraxinus* sp., *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *Cornus* sp., *Abies* sp., *Alnus* sp., *Ericaceae*, *Polypodiaceae*) care poate fi asociate cu optimul climatic al Holocenului Mijlociu (**Gerasimenko ș.a., 2014a**).

<sup>3</sup> AD = Anno Domini, era noastră, sau după Hristos



La finalul Atlanticului și în Subboreal, un strat cu particule prăfoase grosiere, coprolite și fragmente de oase de *Marmota bobak* arată o creștere a aridității și un peisaj de stepă deschisă (Gerasimenko ș.a., 2014a). Sedimentele subboreale au fost identificate utilizând prezența semnăturii magnetice a excursiei de la 2,8 ka BP a cadrului magnetostratigrafiei holocen ucrainian (Gerasimenko ș.a., 2014a; Bondar și Ridush, 2015). Analiza polenului a arătat un climat umed cu păduri de conifere și de foioase (*Picea*, *Abies*, *Carpinus*, *Quercus*, *Tilia*, *Corylus*), în timp ce polenul de *Cerealia* indică agricultura extinsă din Epoca Bronzului (Gerasimenko ș.a., 2014a). Atlanticul timpuriu a fost umed și rece (*Abies*, *Picea*, *Pinus cembra*, *Alnus*, *Fagus*, *Carpinus* și *Cyperaceae*) și urmat de un climat arid și cald, (subatlanticul mediu), datele de polen arătând o creștere a speciilor de foioase și a tufișurilor/arbuștilor (Gerasimenko ș.a., 2014a).

În partea superioară a acestei suite, un lut de culoare deschisă, cu praf grosier, este asociat cu Mica Perioadă Glaciară (700-200 y BP), pe baza scăderii ponderii plantelor iubitoare de umiditate și a creșterii NAP (polen non-arboreal) - *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* și *Cichoriaceae*, urmată de o creștere a polenului de *Pinus*, corespunzător defrișării forestiere post-medievale (Gerasimenko ș.a., 2014a).

## VI.2 Modelul de evoluție al alunecărilor din Podișul Moldovei

În partea centrală a României (Depresiunea Transilvaniei) există o serie de alunecări datate, utilizând sedimentele organice din lacurile produse amonte de bararea văilor de către masele alunecate: Valea Măgheruș – cu evenimente de alunecare la  $\sim 17\,730 \pm 165$  cal<sup>4</sup> BP și  $\sim 15\,300$  cal BP (Lascu ș.a., 2015) sau ale lacurilor formate pe masele de alunecare: turbăria Tăul fără Fund de pe alunecarea Pădureni a fost datată pre 1694-1825 cal BP (Gârbacea ș.a., 2015).

În Carpații Românești există, de asemenea, mai multe alunecări de teren datate legate de lacurile formate pe văi amonte de barare: alunecarea de teren Bolătău (23 ha, 9 mil. m<sup>3</sup> Mîndrescu ș.a., 2010) a cărei vârstă poate fi constrânsă la perioada 6.8 – 7 ka BP (Mîndrescu ș.a., 2016), alunecarea Iezer cu vârsta de 950 ani (Florescu ș.a., 2017), și alunecarea care a dus la formarea lacului Roșu (22,5 ha, declanșată în 1837-1838 cu reactivări în 1953-1959, 1978-1979, - Ilinca și Gheuca, 2011). Vârste similare au fost obținute în Carpații Cehi ai Flișului de către Pánek ș.a. (2007) pentru alunecări care au barat văi formând lacuri.

În Carpații Vestici Hradecký ș.a. (2010) și Pánek ș.a. (2014) au determinat variabilitatea climatică a activității alunecărilor de teren începând cu Older Dryas și continuând în Allerød, Boreal, Atlantic, Subboreal, Subatlantic și în ultimii 100 de ani. Un model similar a fost argumentat de Niculiță ș.a. (2016a) pentru zona joasă de la est de Carpați, cu activitate continuă din Lateglacial și de-a lungul Holocenului (Niculiță ș.a., 2016b). De obicei alunecările de teren pre-holocene sunt identificabile doar din depozite, semnătura lor morfologică fiind dispărută (în special în zona montană), dar există excepții notabile din zona deluroasă a Europei Centrale și de Est (Pánek ș.a., 2008, 2013; Pánek, 2015b). În cazul de față, alunecarea Costești are atât depozite cât și o expresie morfologică, deși destul de redusă (Niculiță, 2018; Niculiță ș.a., 2019a,b), este cea mai veche alunecare din România (pre 45 ka cal BP).

Din cumulara dovezilor arheologice (Niculiță ș.a., 2016a,b, 2019c) și de datare relativă cu datările absolute rezultă (Figura 331) că alunecările vechi sau relictate pot avea vârstă Holocen inferioară (din perioada Atlantică) sau posibil Pleistocen superioară (Lateglacial), așa cum este și cazul în alte areale deluroase din Europa (Van den Eeckhaut ș.a., 2011). Climatul a fost rece și uscat inițial în Lateglacial, apoi cald și umed, pentru ca spre Holocenul inferior să revină perioade excesiv de umede (în peștera Bukovinka – pe partea stângă a văii Prutului la nord Bajura-Cuzlău, care este cel mai apropiat

<sup>4</sup> Cal BP = vârstă datată cu metoda radiocarbon și calibrată utilizând curbe de variabilitate a concentrației atmosferice de izotopi ai carbonului



proxy, Lateglacialul este cunoscut pentru tulburări frecvente ale solului și Holocenul inferior prin lipsa depozitelor care arată o creștere a eroziunii). Un astfel de scenariu ar favoriza alunecările de teren de magnitudini extreme declanșate (**Pánek, 2015b**) de incizia post-LGM, deci Lateglacial a rețelei fluviale, de lipsa vegetației forestiere și de perioadele mai umede. Având în vedere situația din ultima perioadă umedă din anii '70 și anii '80, o creștere a cantității medii anuale de precipitații cu 100-200 mm este suficientă pentru a crește frecvența alunecărilor de teren (**Mărgărint și Niculiță, 2017a; Niculiță ș.a., 2017a**). Popularea intensă din perioada calcolitică, din Optimum Climatic Holocen (Atlantic), când clima era mai caldă, dar posibil uscată, cu perioade excesiv de umede ar putea arăta o scădere a activității alunecării de teren. În această perioadă, siturile inaccesibile create de alunecările de teren relictate au fost puternic folosite ca situri de apărare de către populațiile antice (**Niculiță ș.a., 2016a**).

Alunecările de teren vechi au apărut pe un interval care variază de la perioada Atlantică la Subboreal și Subatlantic. Se știe că sfârșitul perioadei atlantice prezintă schimbări climatice, care au influențat și civilizațiile umane. Celelalte tulburări ciclice care au apărut după 6 ka BP pot fi declanșatorul diferitelor generații de alunecări de teren vechi. Acestea afectează și cetățile traco-getice, dar și pe cele medievale, situație care arată că ultima lor generație s-a întâmplat chiar și după 2,5 ka BP, o perioadă în care vegetația actuală a început să se dezvolte. În acest context, alunecările de teren recente nu au decît 200-300 ani și au apărut sub influența tăierii pădurii și a perioadelor reci și umede din perioada post-medievală (**Emandi, 1979**).

În privința frecvenței alunecărilor, încă nu se pot crea curbe cu rezoluții similare cu cele din Carpații Vestici sau Apenini (**Pánek, 2019**), dar s-a reușit obținerea unei prime curbe de rezoluție mică pentru un areal deluros (**Figura 331 J**).

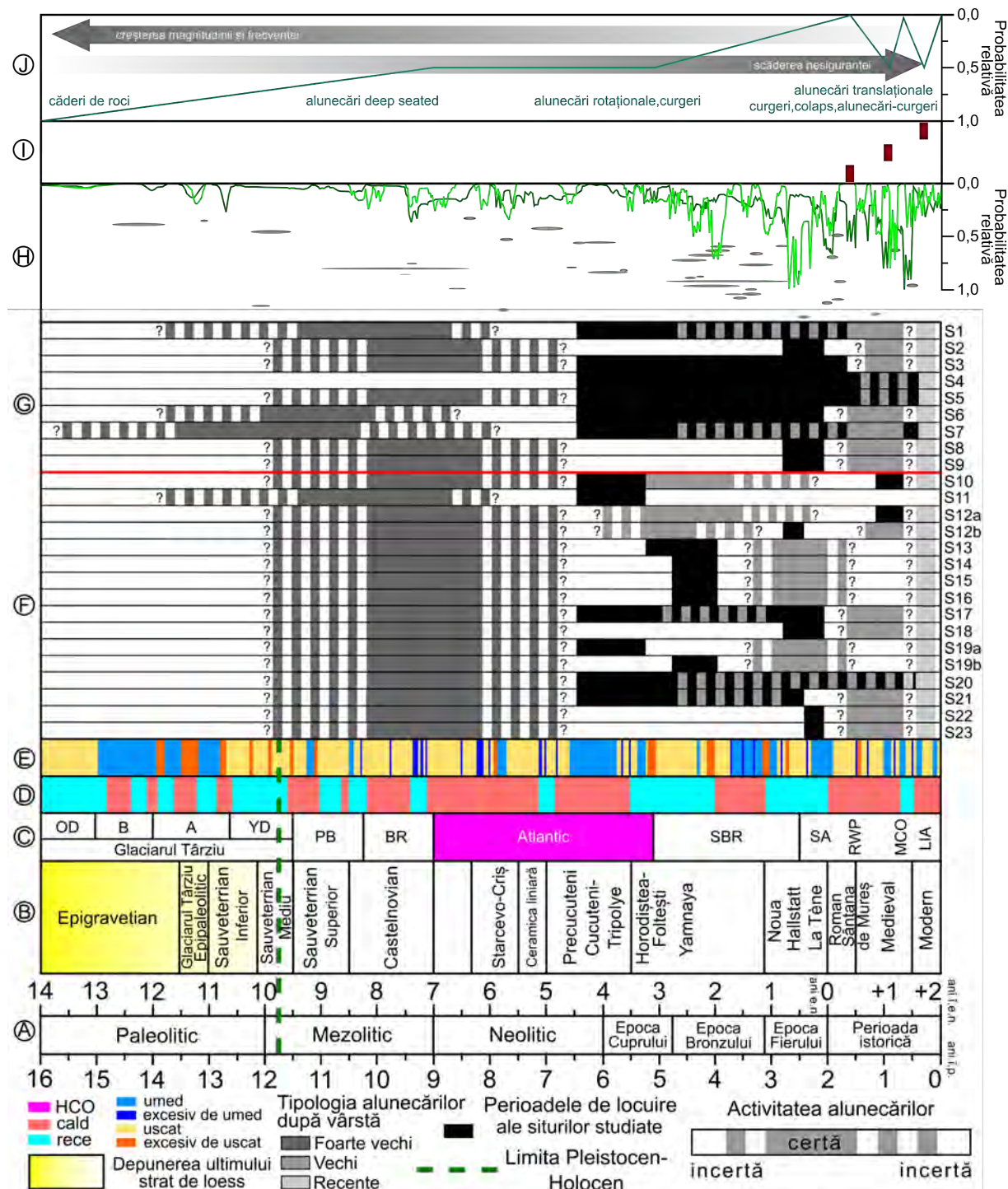
Investigațiile geofizice ale alunecării de teren complexe de la Băiceni, împreună cu cunoștințele adunate în timpul creării inventarului și validării pe teren, ne fac să argumentăm următorul model de evoluție a alunecărilor de teren (**Figura 331 și Figura 332**):

- (i) alunecările fosile pot avea vârstă Pleistocen superioară, mai veche de incizia post LGM (24-20 ka BP);
- (ii) alunecări mari de teren incipiente, considerate acum ca relictate și care se păstrează pe alocuri în morfologie, au apărut post LGM, deci în Lateglacial, în perioada de incizie de rețele hidrografice;
- (iii) după Optimum Climatic Holocen, diferite perioade umede au declanșat generații vechi de alunecări de teren care au reactivat corpurile de alunecare de teren și cornișele relictate, generând un mecanism retrogresiv predominant al alunecărilor de teren și a menținut cornișele abrupte, expunând stratificația geologică și generând stratigrafia multistratificată a depozitelor de versant;
- (iv) după perioada medievală, perioadele reci și umede au generat alunecările de teren recente;
- (v) ultimele generații de alunecări de teren vechi și alunecările de teren recente au generat distrugerea tumulilor și a fortificațiilor traco-getice care erau poziționate aproape de marginea cornișelor;
- (vi) magnitudinea evenimentelor de alunecare de teren a scăzut până în prezent, atât din cauza scăderii variabilității climatice, cât și pentru că, cornișele și depozitele de versant sunt mult mai susceptibile la reactivări decît la evenimente de magnitudine mare. Acest model de evoluție temporală a generat alunecări de teren complexe, care uneori acoperă întregi versanți ai Podișului Moldovei pe câțiva kilometri lățime, și reprezintă zone cu alunecări de teren continue în Holocen și unde au loc predominant reactivări recente (**Mărgărint și Niculiță, 2017; Necula ș.a., 2017**).

Ca o observație generală pentru inventarul nostru de alunecări de teren, putem afirma că alunecările rotaționale nu sunt atât de frecvente ca cele translaționale, deși cele rotaționale-curgere și cele rotaționale de tip colaps sunt cele mai spectaculoase în topografie. Prezența unor versanți abrupti pe structura monoclinică cu o alternanță de mudstones și nisipuri, gresii și calcare, unde versanții sunt în principal anaclinali (cu escarpamente abrupte, normale sau laterale, **Meentemeyer și Moody, 2000**) pe frunțile de cuestă nordice sau ortoclinale pe cele vestice sau estice, generează marea extensie a alunecărilor translaționale. Aceste evenimente translaționale, dublate de evenimente de tip rotațional și curgeri, induse de situații litologice (loess și nisipuri compacte), în timp generează o suprapunere de mase alunecate, erodate și parțial evacuate, care se prezintă astăzi ca topografii complexe întinse în extensie laterală, chiar și pe kilometri de versanți frunți de cuestă (**Mărgărint și Niculiță, 2017a**). Dacă



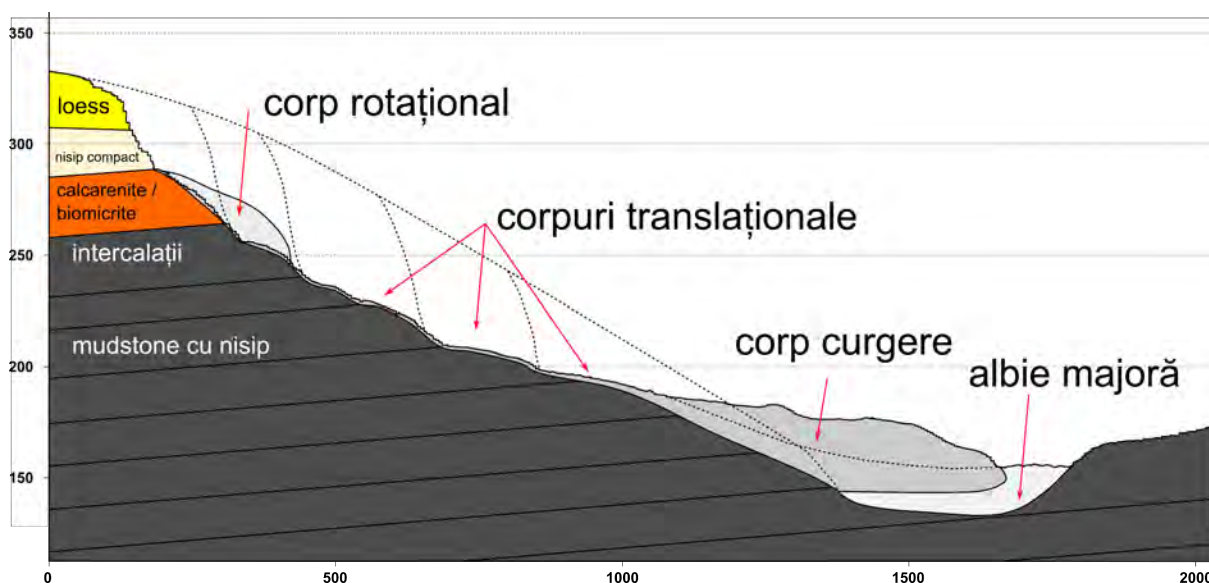
alunecările de teren sunt superficiale și se dezvoltă într-o manieră retrogresivă, topografia pantelor va fi dominată de trepte laterale continue sub influența urmelor de stratificație care se intersectează cu suprafața cu suprafața, generând o topografie asemănătoare, în special în zona de cornișă a alunecărilor de teren complexe. Această topografie l-a determinat pe **Martiniuc și Băcăuanu (1961)** și pe alții (**Barbu și Stănescu, 1977**) să presupună în mod greșit că aceste alunecări de teren sunt adânci sau rotaționale eventual în blocuri.



**Figura 331. Reprezentare sintetică a arheologiei, climei și activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei: (A) cronologia preistoriei și a istoriei (sintetizată de **Niculiță ș.a. 2016a** cu modificări ulterioare după **Niculiță ș.a. 2018; 2019c**), (B) culturile arheologice (sintetizate de **Niculiță ș.a. 2016a**), (C) sistemul de clasificare Blytt-Sernander (**Schröder ș.a. 2004** adaptat**



pentru România de [Tămaș ș.a. 2005](#)) (B–Bølling, OD–Older Dryas, A–Allerød, YD–Younger Dryas, PB–Preboreal, BR–Boreal, SBR–Subboreal, HCO–Holocene Climatic Optimum, SA–Subatlantic, RWP–Roman Warm Period, MCO–Medieval Climatic Optimum, LIA–Little Ice Age), (D) perioade umede/uscate după reconstituiri paleoclimatice din România după [Rădoane ș.a. 2015](#), [Rădoane ș.a. 2017](#), [Tămaș ș.a. 2005](#), [Feurdean ș.a. 2008](#), [Onac ș.a. 2002](#), [Magyari ș.a. 2013](#) și [Braun ș.a. 2013](#), (E) perioade calde/reci după reconstituiri paleoclimatice din România după [Tămaș ș.a. 2005](#), [Feurdean ș.a. 2008](#), [Onac ș.a. 2002](#), (F) și (G) activitatea alunecărilor în siturile studiate (numerotate conform [Figurii 1](#)); (H) distribuția densității probabilistice a alunecărilor din Carpații vestici (verde închis) și Apenini (verde deschis) după [Panek, 2019](#), utilizând date radiocarbon și elipsele alte metode; (I) datele absolute ale alunecărilor obținute prin datare radiometrică; (J) modelul propus; limita Pleistocen-Holocen este preluată după [Gheorghiu ș.a. \(2015\)](#).



**Figura 332. Secțiunea schematică printr-un versant frunte de cuestă, afectat de modelul retrogresiv al alunecărilor de teren din Podișul Moldovei.**

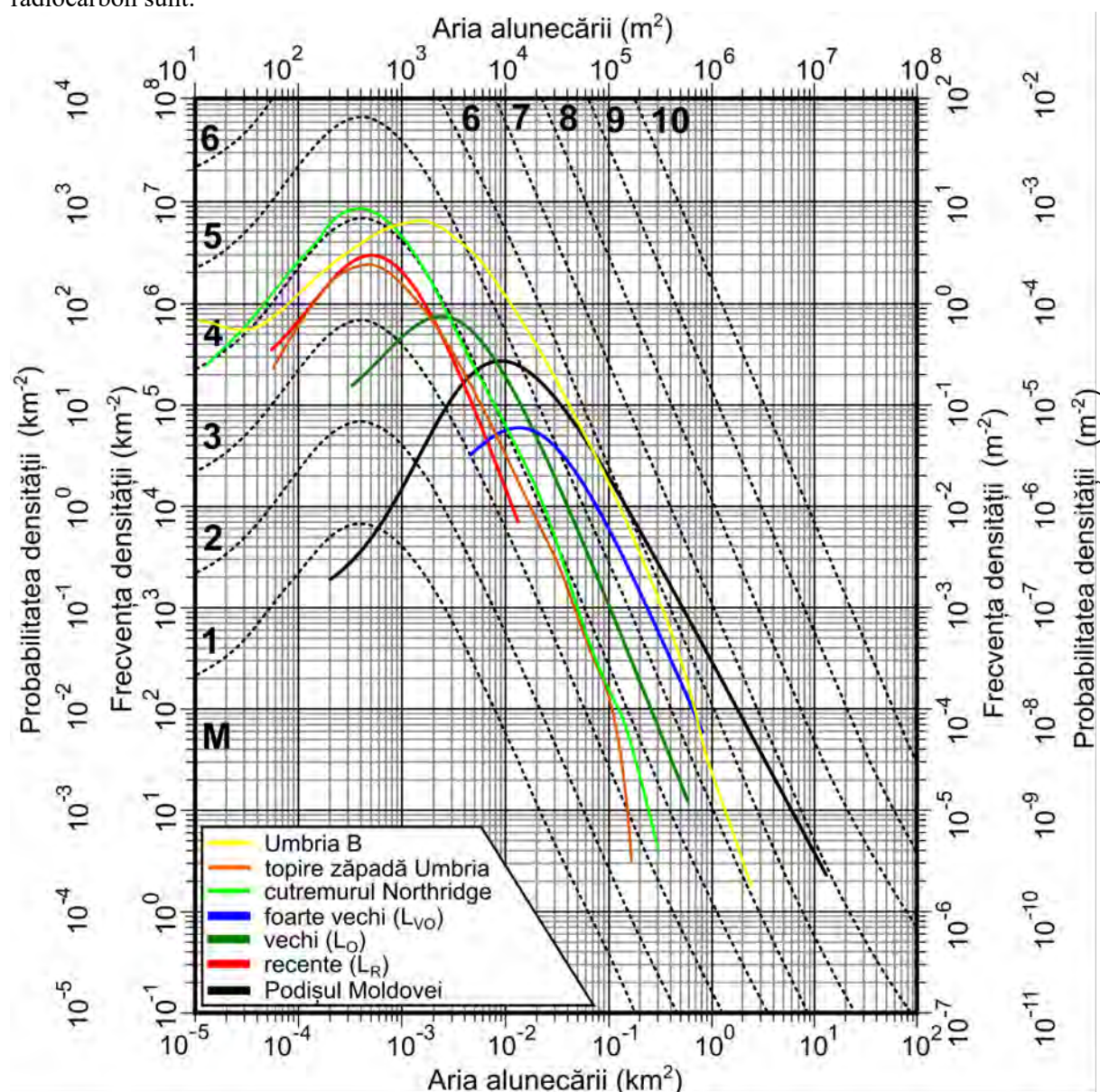
Urmele stratificației pot fi urmărite uneori pe câțiva kilometri, având semnătura morfologică chiar și pe versanții neafecțați de alunecări de teren și sunt întrerupte numai în cazul în care se dezvoltă alunecări rotaționale sau curgeri, care acoperă cu masele lor stratificația.

Acest model general al alunecărilor de teren din Podișul Moldovei este foarte similar cu alte regiuni cu structură geologică monoclinală, ca în Franconian și Svabian Alb, Germania ([Terhorst și Kreja, 2009](#); [Jäger ș.a., 2013](#); [Schwindt ș.a., 2016](#)) sau Crimeea ([Panek ș.a., 2007](#)).

Adăugând 702 alunecări inventariate și datate relativ utilizând siturile arheologice ([Niculiță ș.a., 2019](#)) la cele 509 alunecări inventariate în [Niculiță ș.a. \(2016a\)](#) s-a obținut un inventar cu alunecări de teren datate relativ conținând 1211 alunecări de teren: 118 foarte vechi (relicte), 627 vechi și 444 recente. Curba de frecvență-magnitudine bazată pe arie pentru fiecare categorie de vârstă relativă ([Figura 333 – Niculiță ș.a., 2019](#)) este similară cu alte curbe din literatură. Deși nu sunt complete, în special datorită lipsei alunecărilor de mici dimensiuni, care dispar din morfologie cel mai repede, este evident că aceste categorii de vârstă relativă urmează distribuții legate de o categorie de evenimente declanșatoare (așa cum o arată inventarele de la nivel internațional afișate în [Figura 333](#)). Acest lucru face ca inventarul obținut să reflecte pe categorii probabil cel puțin efectul climei din perioadele în care au fost integrate. Alunecările de teren relicte se potrivesc distribuției cu magnitudinea 6 (linia albastră), alunecărilor de teren vechi cu magnitudinea 4 până la 5 (linia verde închis) și alunecărilor de teren recente cu magnitudinea 4 (linia roșie), arătând o scădere a magnitudinii în timp. Această dovadă a scăderii amplitudinii întărește concluziile din [Niculiță ș.a., \(2016a\)](#) cu privire la validitatea criteriilor de delimitare a alunecărilor de teren și a inventarelor de alunecări de teren obținute în reprezentarea evenimentelor temporale ale alunecărilor de teren. Mai mult, inventarul alunecărilor din ultimii 100 de ani, creat pentru aria metropolitană Iași urmează același trend al distribuției ([Figura 334](#)), reflectând efectul declanșator



al climate din această perioadă, dar la un nivel de magnitudine mult mai redus, astfel încât putem concluziona că la un nivel de rezoluție grosier categoriile de vârstă relativă, confirmate prin datarea cu radiocarbon sunt:



**Figura 333.** Curba temporală de magnitudine-frecvență pentru diverse inventare de pe glob (Malamud ș.a., 2004a), pentru inventarul din Podișul Moldovei (Niculiță și Mărgărint, 2014; Mărgărint și Niculiță, 2017a), cu accent pe inventarul alunecărilor datate relativ (foarte vechi, vechi și recente) prin asocierea cu siturile arheologice (Niculiță ș.a., 2016a, 2019c).

- Alunecări fosile - Pleistocen;
- Alunecări foarte vechi (relicte) – Holocen inferior;
- Alunecări vechi, în mai multe generații – Holocen mediu și superior;
- Alunecări recente - Antropocen;
- Alunecări foarte recente – ultimii 100 de ani.

Abordarea empirică prezentată în Niculiță (2020) se bazează pe presupunerea că schimbările climatice viitoare influențate de oameni vor genera/vor intensifica o perioadă umedă (făcând parte din ciclul natural sau nu), similară cu perioada 1960-1990, care în nord-estul României cel puțin, a generat o creștere a frecvenței alunecărilor de teren (Pujină 2008; Mărgărint și Niculiță 2017a). Deși prognoza temporală a acestei noi perioade umede este incertă, cel puțin un model care se potrivește bine cu datele istorice ale precipitațiilor, arată că această perioadă va începe în 2030 sau mai târziu. O altă incertitudine



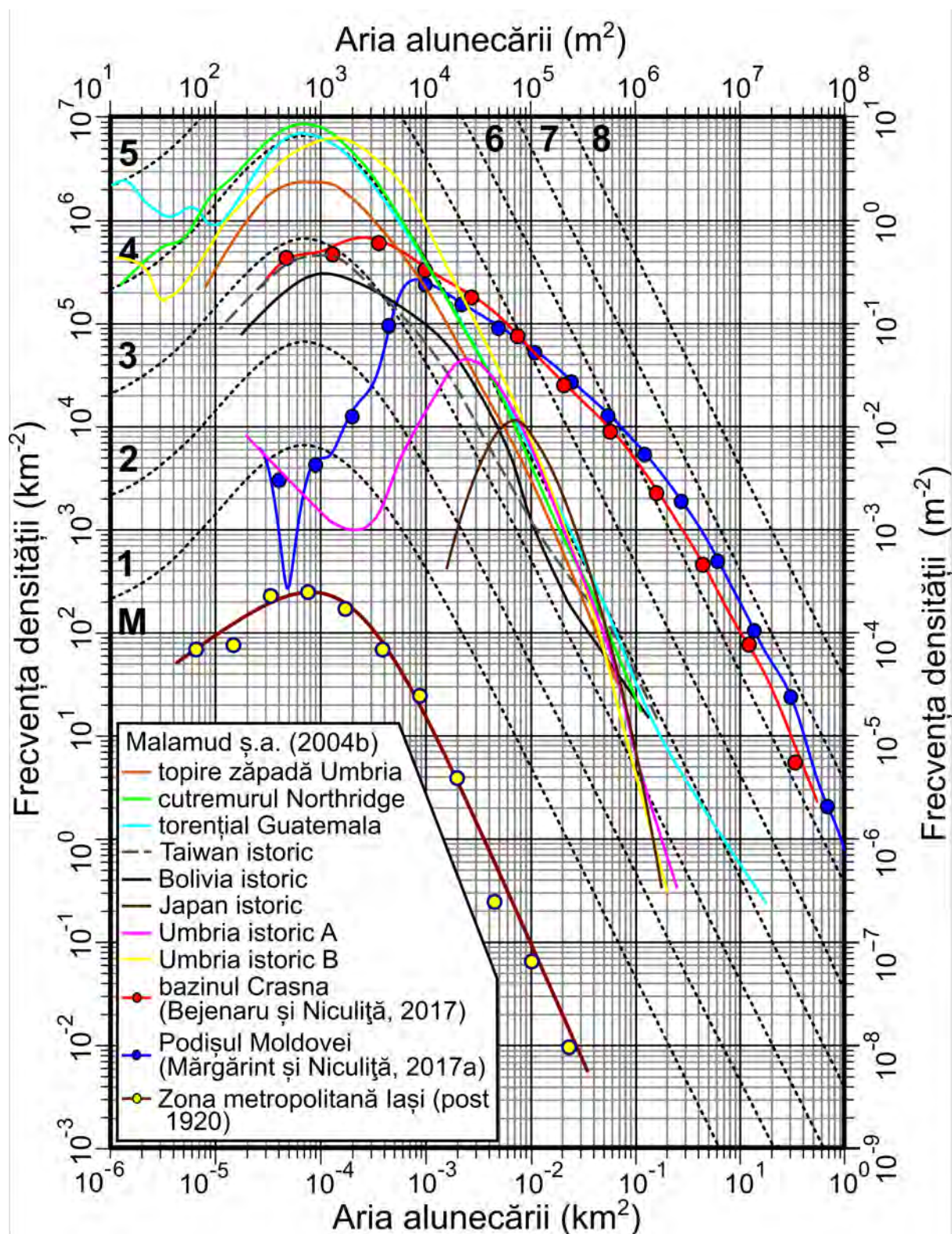


Figura 334. Curba temporală de magnitudine-frecvență pentru diverse inventare de pe glob (Malamud ș.a., 2004b), pentru inventare din Podișul Moldovei (Mărgărint și Niculiță, 2017a; Bejenaru și Niculiță, 2017), cu accent pe inventarul alunecărilor din ultimii 100 ani din Aria Metropolitană Iași (Niculiță ș.a., 2018a).

este nivelul de intensitate al acestui nou ciclu umed. Modelele schimbărilor climatice arată că va fi cel puțin de aceeași magnitudine sau chiar mai mare decât cea istorică. În inventarul alunecărilor de teren creat Aria metropolitană Iași (Niculiță ș.a., 2018a) valoarea prag de 100 mm în 24 de ore a generat



alunecări de teren. Predicțiile climatice arată că aceste valori vor fi atinse și depășite de 3 până la 5 ori până în 2070. Valoarea maximă a precipitațiilor în 24 de ore în setul de date climatice ECA&D din Iași a fost de 136,7 mm. Această valoare este similară cu valoarea maximă indicată de cel mai probabil scenariu de schimbări climatice (**Figura 335**).

Scenariile climatice cele mai probabile indică că la nivelul României, Podișul Moldovei și zona orașului Iași, vor avea creșteri semnificative ale precipitațiilor (**Figura 336**), atât ca valori anuale, cât și ca valori maxime în 24 ore, într-un interval de timp greu de precizat dar probabil în următorii 30 până la 50 de ani. Această situație face cu atât mai importantă studiarea alunecărilor din Podișul Moldovei. Astfel, dacă în prezentul proiect a fost abordată doar cunoașterea alunecărilor din punct de vedere al vârstei lor, ca pas important pentru estimarea hazardului, pe viitor trebuie continuată munca de cercetare, pentru evaluarea hazardului și riscului.

Evaluarea incertitudinilor în ceea ce privește atât schimbările climatice, cât și hazardul alunecărilor de teren este un aspect important și trebuie studiat (**Bonnard ș.a., 2008; Gariano și Guzzetti, 2018**). În acest sens, este necesară efectuarea modelării susceptibilității la alunecări de teren. Pentru a atenua posibilele efecte ale creșterii hazardului alunecărilor de teren datorită schimbărilor climatice, evaluarea susceptibilității trebuie să fie utilizată în planificarea teritorială (**McInnes ș.a., 2007**). De asemenea, vulnerabilitatea trebuie evaluată pentru a planifica cele mai bune practici pentru scăderea acesteia.

Atât hazardul, cât și vulnerabilitatea la alunecări de teren trebuie bazate pe scenarii. Rezultatele obținute în acest proiect arată probabilitatea mai multor scenarii:

- magnitudinea evenimentelor este din ce în ce mai mică, dar nu este exclusă o creștere a lor, fie datorită schimbărilor climatice sau a impactului antropic extins;
- cele mai sensibile zone, la reactivări ale alunecărilor de teren sunt reprezentate de cornișele și baza alunecărilor de teren vechi sau recente, mai ales dacă presiunea antropică crește în aceste areale;
- ponderea relativ mare a alunecărilor de teren în arealul studiat (aprox. 20% din teritoriu acoperit de alunecări de diverse vârste), face ca orice extindere a spațiului construit să fie posibil să se suprapună cu alunecări de teren stabilizate, astfel încât această situație trebuie considerată în planificare;
- alunecările de teren din Podișul Moldovei nu generează pierderi de vieți omenești, dar induc efecte privind calitatea vieții, prin pagubele pe care le generează la nivelul spațiului locuit și la nivelul infrastructurii.



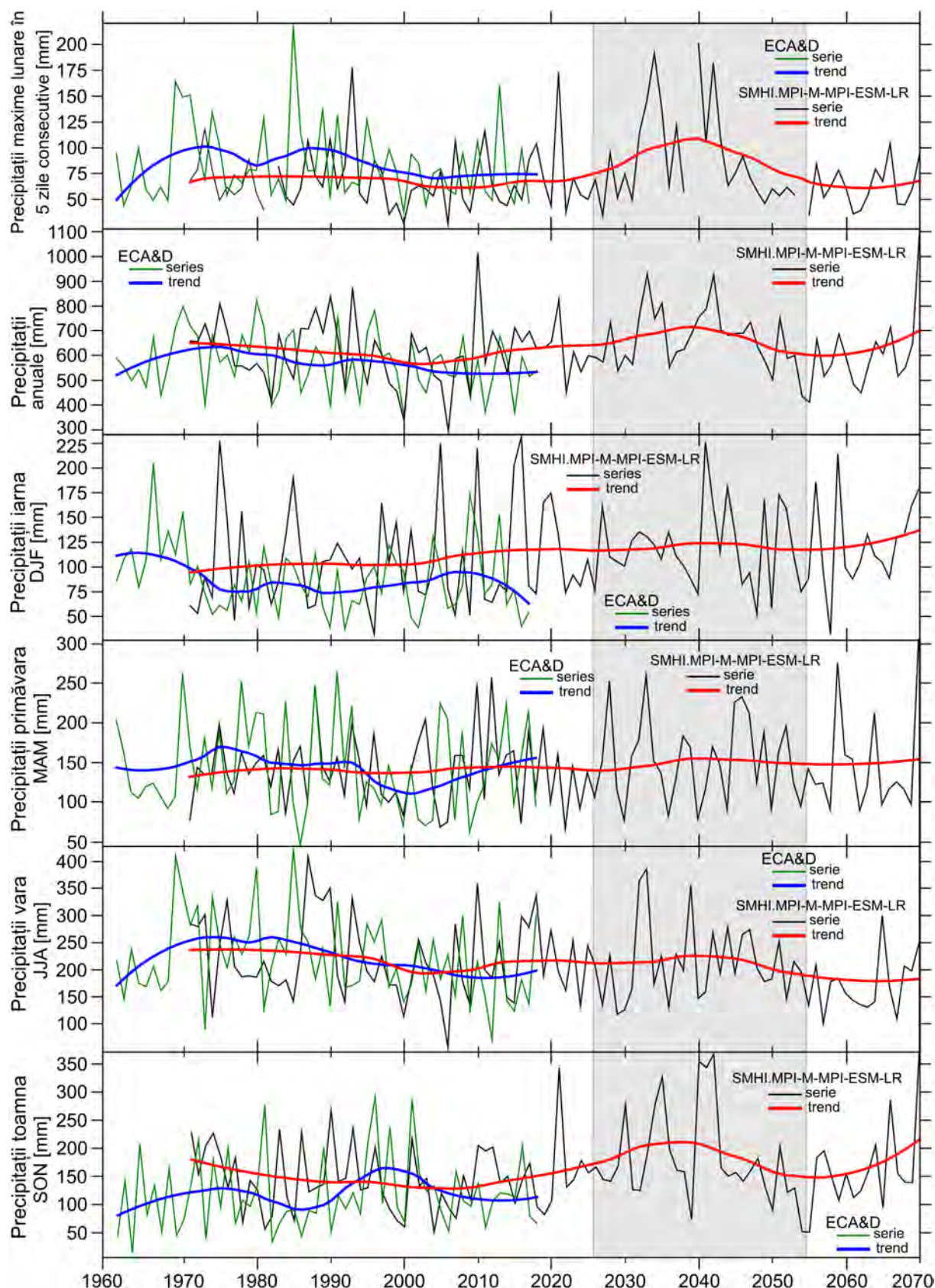
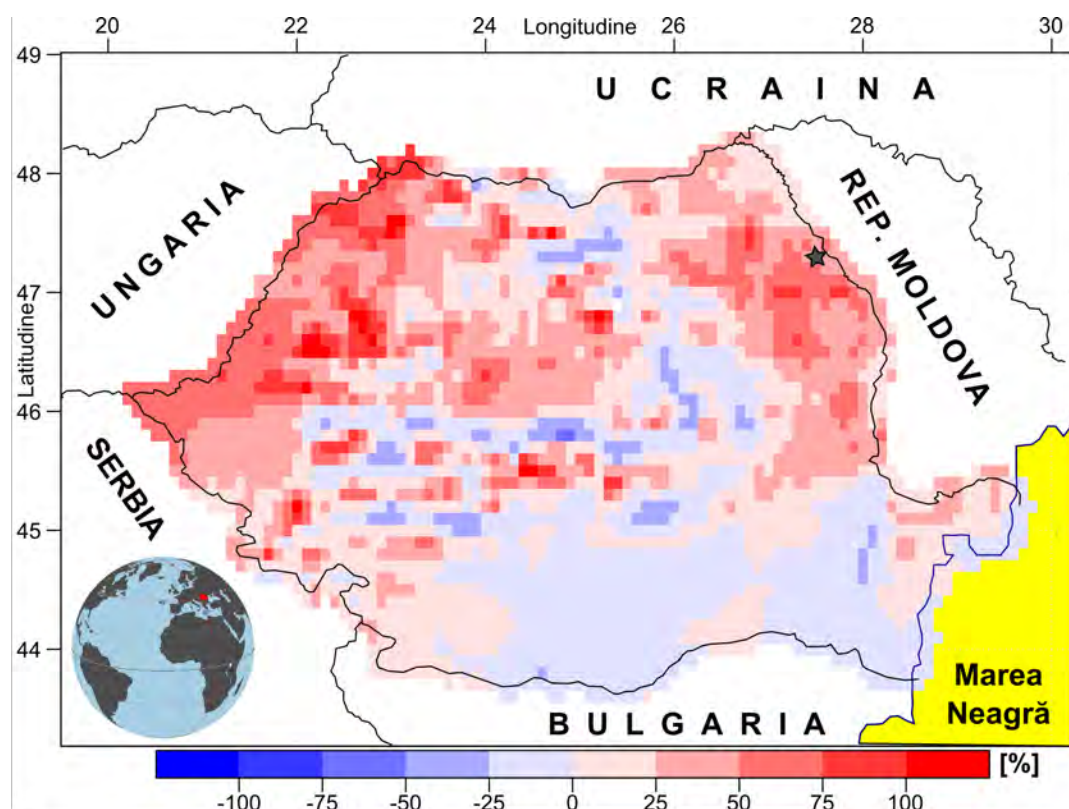
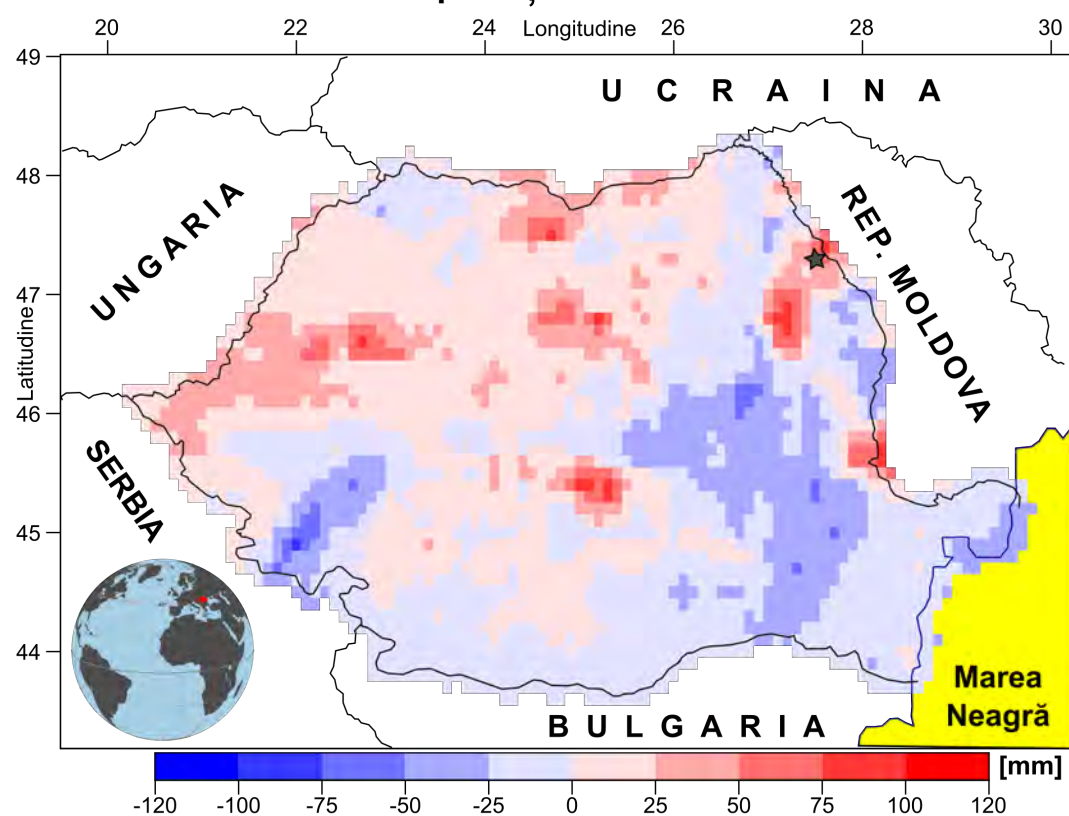


Figura 335. Prognoza climatică privind o serie de indici ai precipitațiilor până în 2070 conform modelului climatic SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR în scenariul RCP 4.5 (stabilizare la 4.5 W/m<sup>2</sup> până în 2100, prin măsuri de reducere) (Niculiță, 2020); cu gri este indicată perioada de revenire a unui ciclu umed.





### Precipitații medii anuale



### Precipitații maxime în 24h

Figura 336. Diferențele prognozate între perioada 1971-1990 (ROCADA – Dumitrescu și Bîrsan, 2014) și 2030-2050 (modelul climatic SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR) pentru precipitațiile medii anuale și cele maxime în 24 ore (Niculiță, 2020).



## VII. Concluzii

Obiectivul principal al proiectului privind datarea ale alunecărilor de teren din Podișul Moldovei, pentru Holocen și Antropocen, pentru a îmbunătăți modelul de evoluție și recurență temporală a acestui fenomen, în scopul de a studia hazardul temporal al alunecărilor de teren a fost atins prin datarea absolută, relativă și inventarierea a peste 8000 de alunecări de teren.

Obiective specifice au fost și ele realizate:

- identificarea siturilor alunecărilor de teren databile cu radiocarbon și datarea lor; a fost realizată datarea evenimentelor de alunecare prin datarea fracțiilor materiei organice a solurilor prinse sub masele de alunecare; a fost identificată cea mai veche alunecare de teren din Podișul Moldovei, și din România, respectiv alunecarea de la Costești (jud. Iași) declanșată înainte de 45 ka BP; au fost identificate și peste 100 de areale unde metoda propusă de datare a alunecărilor de teren utilizând vârsta macrovegetalelor din solurile de luncă sau de versant fosilizate de masele alunecate poate fi aplicată; se estimează că o finanțare de aprox. 50 000 Euro ar permite datare acestora, astfel încât să se obțină o curbă de frecvență pentru Podișul Moldovei, cu o rezoluție asemănătoare celei din zone montane europene (**Pánek, 2019**);
- identificarea siturilor alunecărilor de teren databile cu metoda dendrocronologică și determinarea activității alunecărilor din Aria Metropolitană Iași pentru ultimii 60 ani arătându-se potențialul de rezoluție temporală a metodei; metoda dendrogeomorfometrică este singura care poate da o rezoluție anuală/sub-anuală curbelor de frecvență a alunecărilor pentru ultimii 100 de ani;
- identificarea alunecărilor de teren active în antropocen și cartarea spațială a fenomenelor active în ultimii 100 de ani, obținându-se baza de date a alunecărilor istorice; această bază de date are o utilitate practică, putând fi utilizată la validarea scenariilor de vulnerabilitate la alunecări de teren;
- identificarea alunecărilor de teren recente și cartarea lor la nivelul întregului podiș, pe baze geomorfometrice; au fost cartate pentru arealul Zonei Metropolitane Iași și alunecările foarte recente, care pot fi utilizate în validarea susceptibilității;
- au fost create curbe temporale de magnitudine-frecvență, pentru fiecare categorie de vârstă, arătându-se validitatea acestora; mai ales metoda de relaționare cu topografia arheologică și utilizare aerofotogramelor este o metodă deloc costisitoare de îndesire a informațiilor privind vârsta relativă, pentru un inventar regional;
- au fost create și detaliate scenariile de evoluție a alunecărilor; acestea arată scăderea continuă a magnitudinii evenimentelor de alunecare, dar rezultatele obținute prin corelarea empirică a acestora cu scenariile de schimbări climatice, arată că pe viitor sunt posibile creșterii ale magnitudinii;



- extrapolarea curbei de frecvență-magnitudine și a scenariilor de evoluție a alunecărilor la inventarul alunecărilor de teren din Podișul Moldovei și a nesiguranței asociate.

Așa cum am menționat și în cadrul feedbackului cerut în cadrul Simpozionului Alunecări de teren – abordări pluridisciplinare, la care au participat Societatea Română de Geotehnică și Fundații, Asociația Geomorfologilor din România, Asociația Română de Geologie Inginerească, Asociația Hidrogeologilor din România, 15 martie 2019, București, Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică de Construcții București, se pot stabili o serie de acțiuni de care este nevoie pentru a se avansa de la modelul empiric folosit în legislația românească privind alunecările de teren către o abordare științifică și apropiată de realitate:

1. realizarea unui model digital al terenului cu rezoluție ridicată (aerofotogrametric 1-2 m sau LiDAR 0,5 m) pentru teritoriul României și a unor seturi de imagini aeriene multi-temporale (aerofotograme istorice și ortofotoplan), puse la dispoziția specialiștilor fără costuri de utilizare;

2. crearea unei bănci de date a alunecărilor de teren și a efectelor acestora prin inventarierea pe plan național a proceselor multi-temporale asociate alunecărilor de teren de către specialiști din universități și centre de cercetare, permițând stocarea datelor disponibile, armonizarea și aducerea lor permanent la zi, bancă de date pusă la dispoziția specialiștilor (geologi, ingineri, geomorfologi) și administrației publice locale și naționale, fără costuri de utilizare.

Acest set de acțiuni, poate fi testat la nivelul Podișului Moldovei, acest areal fiind unul dintre cele mai bine studiate areale din România din punct de vedere al alunecărilor de teren. Și continuarea datării alunecărilor de teren, pentru obținerea unei curbe probabilistice de o rezoluție mai bună ar fi o direcție de urmat, pentru că astfel se pot evalua vârstele alunecărilor complexe și în combinație cu aplicarea metodei geofizice și a forajelor pentru evidențierea geometriei interne, se pot genera scenarii de hazard care să permită apoi evaluarea vulnerabilității și riscului, cu aplicații practice într-o mai bună planificare a ariilor construite și a rețelilor de utilități.



## **Mulțumiri**

Mulțumesc Autorității Aeronautice Române și Ministerului Apărării Naționale pentru promptitudinea cu care au răspuns în privința avizelor de zbor și de fotografiere aeriană și Primăriei Municipiului Iași pentru permisiunea privind colectarea probelor dendrogeomorfologice. Mulțumesc Administrațiilor Bazinale Prut-Bârlad și Siret pentru accesul la datele LiDAR. Mulțumesc colegilor din cadrul Departamentului de Geografie sau de la alte Universități care m-au ajutat atât în munca de teren, cât și în cea de laborator și apoi la analiză și interpretare: Mihai Ciprian Mărgărint, Nicușor Necula, Silviu Costel Doru, Valeriu Stoilov-Linu, Georgiana Văculișteanu, Mihai Cosmin Ciotină, tutorelui Ion Ioniță (Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași), colegilor Paolo Tarolli și Mario Floris (Universitatea Padova), Alfred Vespremeanu-Stroe (Universitatea București). Mulțumesc SC BRIKSTON CONSTRUCTION SOLUTIONS SA și geologului Bălan Andrei pentru accesul în cariera Vlădiceni.



## Referințe bibliografice

- Alestalo J (1971) *Dendrochronological interpretation of geomorphic processes*. **Fennia**, 105, 1–140. <https://fennia.journal.fi/article/view/40757>
- Alley RB, Mayewski PA, Sowers T, Stuiver M, Taylor KC, Clarck PU (1997) *Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago*. **Geology**, 25(6), 463–486. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)25<463:HCIEA>2.0.CO;2)
- Antonini G, Ardizzone F, Cardinali M, Galli M, Guzzetti F, Reichenbach P (2002) *Surface deposits and landslide inventory map of the area affected by the 1997 Umbria-Marche earthquakes*. **Bollettino della Societa Geologica Italiana**, 121, 843e853.
- Ardizzone F, Cardinali M, Galli M, Guzzetti F, Reichenbach P (2007) *Identification and mapping of recent rainfall-induced landslides using elevation data collected by airborne Lidar*. **Natural Hazards and Earth System Science**, 7, 637–650. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-637-2007>
- Băgu G, Mocanu A (1984) *Geologia Moldovei. Stratigrafie și considerații economice*. **Editura Tehnică**, București, 296 p.
- Băcăuanu V (1958) *Contribuții la studiul geomorfologic al Cîmpiei Moldovei (partea de sud)*. **Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași** (serie nouă), secțiunea II (Științe Naturale), 4(1), 175-183.
- Băcăuanu V (1968) *Cîmpia Moldovei. Studiu geomorfologic*. **Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, Iași, 221 p.
- Băcăuanu V (1970) *Alunecările de teren din partea nord-estică a Dealului Copou-Iași*. **Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, serie nouă, Secțiunea II, 16, 143-146.
- Băcăuanu V (1983) 10.4.2. *Podișul Moldovei*. În: Badea L, Gâstescu P, Velcea V (coord.), **Geografia României - I - Geografia fizică**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, vol. I, pp. 629-634.
- Băcăuanu V (1992) 6 *Podișul Moldovei 6.1.1. Poziția și limitele*. În: Badea L, Bugă D (coord.), **Geografia României - IV**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, vol. IV, p. 421.
- Băcăuanu V, Martiniuc C (1966) *Cercetări geomorfologice asupra teraselor din bazinul Bahluiului*. **Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, serie nouă, Secțiunea IIb, 12, 147–156.
- Băcăuanu V, Nimigeanu V (1992) 6.2.2 *Cîmpia Moldovei*. În: Badea L, Bugă D (coord.), **Geografia României - IV**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, vol. IV, pp. 490-520.
- Bălțeanu D, Micu M, Jurchescu M, Malet J-P, Sima M, Kucsicsa G, Dumitrică C, Petrea D, Mărgărint MC, Bilașco Ș, Dobrescu C-F, Călărășu E-A, Olinic E, Boți I, Senzaconi F (2020) *National-scale landslide susceptibility map of Romania in a European methodological framework*. **Geomorphology**, in press. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107432>
- Bălțeanu D, Micu M, Jurchescu M, Sima M, Kucsicsa G, Mărgărint MC (2020) *Sample (unprocessed) of the landslide susceptibility map of Romania corresponding to AU3c (the Moldavian Plateau)*. **Mendeley Data**, V1. <http://dx.doi.org/10.17632/43w5b8sng7.1>
- Badea L, Gâstescu P, Velcea V (coord.) (1983) *Geografia României - I - Geografia fizică*. **Editura Academiei Republicii Socialiste România**, București.
- Badea L, Bugă D (coord.) (1992) *Geografia României - IV – Regiunile Pericarpatice: Dealurile și Câmpia Banatului și Crișanei, Podișul Mehedinți, Subcarpații, Piemontul Getic, Podișul Moldovei*. **Editura Academiei Republicii Socialiste România**, București.
- Badea L, Niculescu G, Roată S, Buza M. (2001-2012) *Unitățile de relief ale României*. **Editura Ars Docendi**, București.



- Baines D, Smith DG, Froese DG, Bauman P, Nimek G (2002) *Electrical resistivity ground imaging (ERGI): a new tool for mapping the lithology and geometry of channel-belts and valley-fills. Sedimentology*, 49, 441–449. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2002.00453.x>
- Bandrabur T, Giurgea P (1965) *Contribuțiuni la cunoașterea Cuaternarului văii Siretului din regiunea Bacău-Roman. Dări de Seamă ale Ședințelor Comitetului Geologic*, 2, 67-81.
- Baranwal VC, Rønning JS, Solberg I-L, Dalsegg E, Tønnesen JF, Long M (2017) *Investigation of a sensitive clay landslide area using frequency-domain helicopter-borne EM and ground geophysical methods*. În: Thakur, V. L'Heureux, J.S. Locat, A. (coord.), **Landslides in sensitive clays**. Advances in natural and technological hazards research, vol. 46, Springer, Cham, pp. 475–485. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6_42)
- Barbu N, Stănescu I (1977) *Asupra alunecărilor de la Burla – Botoșani. Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (serie nouă)*, secțiunea 2, Geologie, geografie, 23, 125–129.
- Bates RL, Jackson JA (1987) *Glossary of geology*. **American Geological Institute**.
- Bejenaru A, Niculiță M (2017) *Landslide inventory of the Crasna catchment, Moldavian Plateau, Romania*. În: Niculiță M, Mărgărint MC (coord.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 1, Alexandru Ioan Cuza University Press, Iași, pp. 28-31. <http://dx.doi.org/10.15551/prgs.2017.28>
- Bélanger K, Locat A, Fortier R, Demers D (2017) *Geophysical and geotechnical characterization of a Sensitive clay deposit in Brownsburg, Quebec*. În: Thakur, V., L'Heureux, J.S., Locat, A. (eds.) **Landslides in sensitive clays**. Advances in natural and technological hazards research, vol. 46, Springer, Cham, pp. 77–86. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6_2)
- Bell R, Kruse J-E, Garcia A, Glade T, Hördt A (2006) *Subsurface investigations of landslides using geophysical methods – geoelectrical applications in the Swabian Alb (Germany)*. **Geographica Helvetica**, 61(3), 201–208. <https://doi.org/10.5194/gh-61-201-2006>
- Bernknopf RL, Campbell RH, Brookshire DS, Shapiro CD (1988) *A probabilistic approach to landslide hazard mapping in Cincinnati, Ohio, with applications for economic evaluation*. **Environmental and Engineering Geoscience**, 25(1), 39–56. <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.xxv.1.39>
- Berzovan A, Enea S-C, Boghian D, Mischka C, Tasimova I, Pîrnău R-G (2017) *Cetatea getică de la Poiana Mănăstirii – Între Șanțuri, Comuna Țibana, jud. Iași*. În: **ArheoVest V<sub>1</sub> – In honorem Doina Benea – Interdisciplinaritate în Arheologie și Istorie**, JATEPress Kiadó, Szeged, pp. 305-323.
- Boghian D, Enea S-C, Pîrnău R-D, Secu C (2014) *Elemente de Landscape Archaeology în zona siturilor Costești-Cier și Giurgești-Dealul Mănăstirii, jud. Iași*. În: **ArheoVest II<sub>2</sub> – In honorem Gheorghe Lazarovici – Interdisciplinaritate în Arheologie**, JATEPress Kiadó, Szeged, pp. 571-611.
- Bonnard C, Tacher L, Beniston M (2008) *Prediction of landslide movements caused by climate change: Modelling the behaviour of a mean elevation large slide in the Alps and assessing its uncertainties*. Chen Z, Zhang JM, Li ZK, Wu FQ, Ho K (eds.) **Landslides and Engineering Slopes: From the Past to the Future**, pp. 217-227. <https://doi.org/10.1201/9780203885284-c13>
- Bond G, Showers W, Cheseby M, Lotti R, Almasi P, deMenocal P, Priore P, Cullen H, Hajdas I, Bonani G (1997) *A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and glacial climates*. **Science**, 278(5341), 1257–1266. <https://doi.org/10.1126/science.278.5341.1257>
- Bondar K, Ridush B (2015) *Rockmagnetic and palaeomagnetic studies of unconsolidated sediments of Bukovynka Cave (Chernivtsi region, Ukraine)*. **Quaternary International**, 357, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.04.025>
- Bogoslovsky VA, Ogilvy AA (1977) *Geophysical methods for the investigation of landslides*. **Geophysics**, 42(3), 562–571. <https://doi.org/10.1190/1.1440727>
- Braam RR, Weiss EEJ, Burrough PA (1987) *Spatial and temporal analysis of mass movement using dendrochronology*. **Catena**, 14, 573-584. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(87\)90007-5](https://doi.org/10.1016/0341-8162(87)90007-5)
- Brabb EE, Pampeyan EH, Bonilla MG (1972) *Landslide susceptibility in San Mateo County, California*. **Miscellaneous Field Studies Map 360**, U.S. Geological Survey, Reston, VA, US. <https://doi.org/10.3133/mf360>



- Braun M, Hubay K, Magyari EK, Veres D, Papp I, Bálint M (2013) *Using linear discriminant analysis (LDA) of bulk lake sediment geochemical data to reconstruct lateglacial climate changes in the South Carpathian Mountains*. **Quaternary International**, 293, 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.03.025>
- Brînzilă M (1999) *Geologia părții sudice a Câmpiei Moldovei*. Editura Corson, Iași, 221 p.
- Brișcan A (1980) *Studiul alunecărilor de teren din zona Galata – Iași. Factorii potențiali, tipuri și indici caracteristici, corelații teritoriale. Implicații de ordin practic și metodic*. Teză de disertație, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Bronk RC (2009) *Bayesian analysis of radiocarbon dates*. **Radiocarbon**, 51(1), 337-360. <https://doi.org/10.1017/S0033822200033865>
- Bucur N, Barbu N (1956) *Contribuții la studiul lutului loessoid de terasă din bazinul Siretului la nord de Mărășești*. **Studii și Cercetări Științifice, Biologie și Științe Agricole**, 7(2), 147-163, Academia R.P.R. Filiala Iași.
- Bucur N, Barbu N (1959) *Contributions à l'étude des roches loessoïdes de la Dépression de Jijia et Bahlui*. **Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, (Serie nouă), Secțiunea II (Științe naturale), 5, 149-164.
- Bunn AG (2008) *A dendrochronology program library in R (dplR)*. **Dendrochronologia**, 26(2), 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>
- Bunn AG (2010) *Statistical and visual crossdating in R using the dplR library*. **Dendrochronologia**, 28(4), 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.12.001>
- Bunn AG, Korpela M, Biondi F, Campelo F, Mérian P, Qeadan F, Zang C (2019). *dplR: Dendrochronology Program Library in R*. R package version 1.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=dplR>
- Burkhalter P, Egli M, Gärtner H (2019) *Reconstruction and actual trends of landslide activities in Bruust–Haltiwald, Horw, canton of Lucerne, Switzerland*. **Geographica Helvetica**, 74, 93–103. <https://doi.org/10.5194/gh-74-93-2019>
- Buzdugan C, Alexoaie I (1989) *Săpături arheologice într-un tumul din comuna Roma - județul Botoșani*. **Hierasus**, 7–8, 105–115.
- Cârciuleanu I (1991) *Mănăstirea Galata*. Editura Mitropoliei Moldovei și Bucovieni, Iași. 107 p.
- Callen RA, Wasson RJ, Gillespie R (1983) *Reliability of radiocarbon dating of pedogenic carbonate in the Australian arid zone*. **Sedimentary Geology**, 35(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(83\)90067-2](https://doi.org/10.1016/0037-0738(83)90067-2)
- Campbell CA, Paul EA, Rennie DA, McCallum K-J (1967) *Applicability of the radiocarbon dating method of analysis to soil humus studies*. **Soil Science**, 104, 217–224. [https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1967/09000/APPLICABILITY\\_OF\\_THE\\_RADIOCARBON\\_DATING\\_METHOD\\_OF.10.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1967/09000/APPLICABILITY_OF_THE_RADIOCARBON_DATING_METHOD_OF.10.aspx)
- Caproșu I (coord.) (2001) *Documente privitoare la istoria orașului Iași*, vol. 4, Acte Interne (1726-1740), Editura Dosoftei.
- Caproșu I (coord.) (2006) *Documente privitoare la istoria orașului Iași*, vol. 8, Acte Interne (1781-1790), Editura Dosoftei.
- Carrara A, Merenda L (1976) *Landslide inventory in northern Calabria, southern Italy*. **Geological Society of America Bulletin**, 87, 1153–1162. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<1153:LIINCS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<1153:LIINCS>2.0.CO;2)
- Cazacu E (2001) *Studiul biostratigrafic și de paleomediului asupra solurilor fosile din bazinul râului Elan*. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Chițimiuș V (2013) *Structura geologică a părții de nord a Platformei Moldovenești*. Editura Agir, București, p. 158.
- Cihodaru C, Vulpe R, Petre R, Kiss Ș (1951) *Cercetările arheologice dela Șuletea și Bârlălești - raionul Murgeni*. **Studii și cercetări de istorie veche**, 2, 217–288.
- Conrad O, Bechtel B, Bock M, Dietrich H, Fischer E, Gerlitz L, Wehberg J, Wichmann V, Böhner J (2015) *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4*. **Geoscience Model Development**, 8, 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Constantin S, Bojar A-V, Lauritzen S-E, Lundberg J (2007) *Holocene and Late Pleistocene climate in the sub-Mediterranean continental environment: a speleothem record from Poleva Cave*



- (Southern Carpathians, Romania). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 243, 322–338. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.08.001>
- Cook ER, Kairiukstis LA (1990) *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. International Institute for Applied Systems Analysis. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, 394 p.
- Corominas J, Moya J (2008) A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes. **Engineering Geology**, 102(3-4), 193-213. <http://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.018>
- Cozar A (2014) *Concepții noi în proiectarea rețelelor și structurilor rutiere robuste*. În: Andrei R, Stoica C (coord.), **Drumurile în concepția generației actuale. Dinamica și impactul cercetării rutiere asupra dezvoltării sociale și economice a României. Contribuții semnificative ale tinerilor cercetători**, Editura Asociației Academice Matei-Teiu Botez, Iași, pp. 28-78.
- Crîșmaru A (1979) *Noi descoperiri arheologice pe Valea Podrigei (Jud. Botoșani)*. **Hierasus**, 2, 97–120.
- Cruden DM (1991) A simple definition of a landslide. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, 43, pages 27–29. <https://doi.org/10.1007/BF02590167>
- Cruden DM (1993) *The Multilingual Landslide Glossary*, **Bitech Publishers**, Richmond, British Columbia.
- Cruden DM, Varnes DJ (1996) *Landslide types and processes*. În: Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds.) **Landslides, investigation and mitigation**. Transportation Research Board Special Report 247, Washington D.C., pp 36–75.
- Cummings D, Clark BR (1988) Use of seismic refraction and electrical resistivity surveys in landslide investigations. **Environmental and Engineering Geoscience**, 25(4), 459–464. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.xxv.4.459>
- DeGraff JV, Romesburg HC (1980) *Regional Landslide Susceptibility Assessment for Wildland Management: A Matrix Approach*. În: Coats, C.R. and Vitek, J. (eds), **Thresholds in Geomorphology**, Allen and Unwin, London, pp. 401-414.
- De Leeuw A, Vincent SJ, Matoshko A, Matoshko A, Stoica M, Nicoară I (2020) Late Miocene sediment delivery from the axial drainage system of the East Carpathian foreland basin to the Black Sea. **Geology**, 48, 761-765. <https://doi.org/10.1130/G47318.1>
- Demers D, Robitaille D, Lavoie A, Paradis S, Fortin A, Ouellet A (2017) *The use of LiDAR airborne data for retrogressive landslides inventory in sensitive clays*, Québec, Canada. În: Thakur, V.J., L'Heureux, S. Locat, A. (eds.), **Landslides in sensitive clays**. Advances in natural and technological hazards research, vol. 46, Springer, Cham, pp. 279–288. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6_25)
- Denneler B, Schweingruber FH (1993) Slow mass movement. A Dendrogeomorphological study in Gams, Swiss Rhine Valley. **Dendrochronologia** 11: 55-67
- Dicea O (1968) *Studiul geologic al regiunii Voroneț-Suha Mică-Plotonița cu privire specială asupra perspectivelor de hidrocarburi*. **Universitatea București**, București.
- Dicea O, Cristescu E, Georgescu P, Ionescu N, Mihăilescu C, Muntz K, Rodina V (1969) Contribuția prospecțiunii seismice la descifrarea structurii depozitelor sedimentare de pe marginea Platformei Moldovenești. **Studii și Cercetări de Geologie, Geofizică, Geografie**, Seria Geofizică, 1(7), 101-106.
- Dicea O (1995) The structure and hydrocarbon geology of the Romanian East Carpathian border from seismic data. **Petroleum Geoscience**, 1, 135-143. <https://doi.org/10.1144/petgeo.1.2.135>
- Dill HG, Iancu GO, Ionesi V, Sârbu S, Balintoni I, Botz R (2012) Petrography and mineral chemistry of Bessarabian siliciclastic rocks in the Eastern Carpathians Foreland Basin (Romania and Republic of Moldova). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen**, 263(3), 199–226. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2012/0224>
- Doru CS (2018) *Analiza spațială a schimbărilor de utilizare a terenului din județul Iași în secolele XX-XXI*. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Drăgușin V, Staubwasser M, Hoffmann DL, Ersek V, Onac BP, Vereș D (2014) Constraining Holocene hydrological changes in the Carpathian–Balkan region using speleothem  $\delta^{18}O$  and pollen-based temperature reconstructions. **Climate of the Past**, 10, 1363–1380. <https://doi.org/10.5194/cp-10-1363-2014>



- Dumitrescu V (1954) *Hăbășești: monografie arheologică*. Editura Academiei Republicii Populare Române, București.
- Dumitrescu A, Bîrsan M (2015) ROCADA: a gridded daily climatic dataset over Romania (1961-2013) for nine meteorological variables. **Natural Hazards**, 78(2), 1045-1063. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1757-z>
- Dunoyer M, van Westen CJ (1994) Assessing Uncertainty in Interpreting Landslides from Airphotos. **ITC Journal**, 3.
- Emandi EI (1979) *Cultura plantelor în Nordul Moldovei (secolele IX-XV) în lumina cercetărilor paleobotanice*. **Hierasus**, 2, 51-85.
- Feurdean A, Tanțău I (2017) *The Evolution of Vegetation from the Last Glacial Maximum Until the Present*, In: **Landform Dynamics and Evolution in Romania**, Rădoane, M. Vespremeanu-Stroe, A, (eds.), Springer, pp. 67-83. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_4)
- Feurdean A, Mosbrugger V, Onac BP, Polyak V, Vereș D (2007) Younger Dryas to mid-Holocene environmental history of the lowlands of NW Transylvania, Romania. **Quaternary Research**, 68, 364-378. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2007.08.003>
- Feurdean A, Klotz S, Brewer S, Mosbrugger V, Tămaș T, Wohlfarth B (2008) Lateglacial climate development in NW Romania — Comparative results from three quantitative pollen-based methods. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 265, 121-133. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.04.024>
- Feurdean A, Spessa A, Magyari EK, Willis KJ, Vereș D, Hickler T (2012) Trends in biomass burning in the Carpathian region over the last 15,000 years. **Quaternary Science Reviews**, 45, 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.04.001>
- Feurdean A, Liakka J, Vannière, J, Marinova E, Hutchinson SM, Mosbrugger V, Hickler T (2013) 12,000-years of fire regime drivers in the lowlands of Transylvania (Central-Eastern Europe): a data-model approach. **Quaternary Science Reviews**, 81, 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.09.014>
- Feurdean A, Perșoiu A, Tanțău I, Stevens T, Magyari EK, Onac BP, Marković S, Andrić M, Connor S, ș.a. (2014) Climate variability and associated vegetation response throughout Central and Eastern Europe (CEE) between 60 and 8 ka. **Quaternary Science Reviews**, 106, 206-224. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.003>
- Feurdean A, Galka M, Kuske E, Tanțău I, Lamentowicz M, Florescu G, Liakka J, Hutchinson SM, Much A, Hickler T (2015) Last Millennium hydro-climate variability in Central-Eastern Europe (Northern Carpathians, Romania). **The Holocene**, 25(7), 1179-1192. <https://doi.org/10.1177/0959683615580197>
- Frînculeasa A, Preda B, Heyd V (2015) Pit-Graves, Yamnaya and Kurgans along the Lower Danube: disentangling IVth and IIIrd millennium BC burial customs, equipment and chronology. **Præhistorische Zeitschrift**, 90(1-2), 45-113. <https://doi.org/10.1515/pz-2015-0002>
- Fridel S, Thielen A, Springman SM (2006) Investigation of a slope endangered by rainfall-induced landslides using 3D resistivity tomography and geotechnical testing. **Journal of Applied Geophysics**, 60, 100-114. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2006.01.001>
- Florescu AC (1966) *Observații asupra sistemului de fortificare ale așezărilor cucuteniene din Moldova*. **Arheologia Moldovei**, 4, 23-27.
- Florescu AC (1971) Unele considerațiuni asupra cetăților traco-getice (hallstattiene) din mileniul I î.e.n. de pe teritoriul Moldovei. **Cercetări Istorice**, 2, 103-118.
- Florescu AC (1980) Aspecte noi privind fortificațiile traco-geto-dace, din a doua jumătate a mileniului I î.e.n., descoperite în Moldova. **Revista Monumentelor și Muzeelor – Monumente Istorice și de Artă**, 49(1), 11-18.
- Florescu AC (1994) *Cronica cercetărilor arheologice din România, 1983 – 2012*. Raport de cercetare. <http://cronica.cimec.ro/detalii.asp?k=96>
- Florescu AC, Melinte I (1968) Cetatea traco-getică din a doua jumătate a mileniului I î.e.n. de la Moșna (jud. Iași). **Studii and Cercetări de Istorie Veche**, 19, 129-134.
- Florescu AC, Melinte G (1971) Cetăți hallstattiene, recent descoperite în zona de nord-est a Moldovei Centrale. **Carpica**, 4, 129-132.
- Florescu AC, Florescu M (2012) *Cetățile traco-getice din secolele VI-III A.Chr. de la Stâncești (jud. Botoșani)*. **Cetatea de Scaun**, Târgoviște.



- Florescu G, Hutchinson SM, Kern Z, Mîndrescu M, Cristea IA, Mihăilă D, Łokas E, Feurdean A (2017) *Last 1000 years of environmental history in Southern Bucovina, Romania: A high resolution multi-proxy lacustrine archive*. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 473, 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.01.047>
- Forray FL, Onac BP, Tanțău I, Wynn JG, Tămaș T, Coroiu I, Giurgiu AM (2015) *A Late Holocene environmental history of a bat guano deposit from Romania: an isotopic, pollen and microcharcoal study*. **Quaternary Science Reviews**, 127(1), 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.05.022>
- Gârbacea V, Tanțău I, Pop O, Benea M (2015) *First radiocarbon dating of landslides (“Glimee”) in Romania*. **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, 10(3), 217–222.
- Gärtner H, Esper J, Treydte K (2004) *Geomorphologie und Jahrringe-Feldmethoden in der Dendrogeomorphologie*. **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen** 155(6), 198–207.
- Gariano SL, Guzzetti F (2016) *Landslides in a changing climate*. **Earth-Science Reviews**, 162, 227–252. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>
- Geantă A, Tanțău I, Tămaș T, Johnston VE (2012) *Palaeoenvironmental information from the palynology of an 800 year old bat guano deposit from Măgurici Cave, NW Transylvania (Romania)*. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 174, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.12.009>
- Gerasimenko NP (1997) *Environmental and climatic changes between 3 and 5ka BP in southeastern Ukraine*. In **Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse**, Nüzhet H, Dalfes Kukla G, Weiss H (eds.), Springer, pp. 371–399. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-60616-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-60616-8_14)
- Gerasimenko N, Ridush B, Korzun J (2014a) *Pollen and lithological data from the Bukovynka Cave deposits as recorders of the Late Pleistocene and Holocene climatic change in the eastern foothills of the Carpathian Mountains (Ukraine)*. Late Pleistocene and Holocene Climatic Variability in the Carpathian-Balkan Region, Abstract volume, Ștefan cel Mare University Press, pp. 54–58. <http://dx.doi.org/10.4316/GEOREVIEW.2014.0.0.217>
- Gerasimenko N, Liashyk T, Haesaerts P, Kulakovska L, Usik V, Ridush B (2014b) *Vegetation and climatic changes in the Eastern Foothills of the Carpathians based on pollen data from the Upper Paleolithic site Doroshivtsi III (Ukraine)*. **Bul. Shk. Gjeol., 2, Special Issue**, 46–49.
- Ghenea C (1968) *Studiul depozitelor pliocene dintre valea Prutului și valea Bârladului*. **Studii tehnice și economice**. Seria J, Stratigrafie, Republica Socialistă România, Comitetul Geologic, Institutul Geologic. 6.
- Gheorghiu E, Lupu-Bratiloveanu N (1992) 6.2.1. *Podișul Sucevei*. În: Badea L, Bugă D (coord.), **Geografia României - IV**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, vol. IV, pp. 459–490.
- Gheorghiu DM, Hosu M, Corpade C, Xu S (2015) *Deglaciation constraints in the Parâng Mountains, Southern Romania, using surface exposure dating*. **Quaternary International**, 388, 156–167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.059>
- Giurescu C (1976) *Istoria pădurii românești din cele mai vechi timpuri până astăzi*. **Editura Ceres**, București. 391 p.
- Godio A, Bottino G (2001) *Electrical and electromagnetic investigation for landslide characterization*. **Phys. Chem. Earth (C)**, 26(9), 705–710. [https://doi.org/10.1016/S1464-1917\(01\)00070-8](https://doi.org/10.1016/S1464-1917(01)00070-8)
- Goh KM, Rafter TA, Stout JD, Walker TW (1976) *The accumulation of soil organic matter and its carbon isotopes content in a chronosequence of soils developed on aeolian sand in New Zealand*. **Journal of Soil and Science**, 27, 89–100.
- Grasu C, Miclăuș C, Brânzilă M, Boboș I (2002). *Sarmațianul din sistemul bazinelor de foreland ale Carpaților Orientali*. **Editura Tehnică**, București.
- Grigoraș N (1943) *Minăstirea Galata*. **Studii și cercetări istorice**, 1(1), 1–85
- Grissino-Mayer HD (2003) *A manual and tutorial for the proper use of an increment borer*. **Tree-Ring Research**, 59(2), 63–79.
- Günther A, Van Den Eeckhaut M, Malet J-P, Reichenbach P, Hervás J (2014) *Climate-physiographically differentiated Pan-European landslide susceptibility assessment using spatial multi-criteria evaluation and transnational landslide information*. **Geomorphology**, 224, 69–85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.011>



- Guvernul României (2003) *Hotărâre nr. 382 din 2 aprilie 2003 pentru aprobarea Normelor metodologice privind exigențele minime de conținut ale documentațiilor de amenajare a teritoriului și de urbanism pentru zonele de riscuri naturale*. **Monitorul Oficial**, 263/16 aprilie 2003.
- Guvernul României (2003) *Norme metodologice din 2 aprilie 2003 privind exigențele minime de conținut ale documentațiilor de amenajare a teritoriului și de urbanism pentru zonele de riscuri naturale*. **Monitorul Oficial**, 263/16 aprilie 2003.
- Guvernul României (2003) *Hotărâre nr. 447 din 10 aprilie 2003 pentru aprobarea normelor metodologice privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren, al hărților de hazard la inundații și al hărților de risc la inundații*. **Monitorul Oficial**, 305/7 mai 2003.
- Guvernul României (2003) *Norme metodologice din 10 aprilie 2003 privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren*. **Monitorul Oficial**, 305/7 mai 2003.
- Guvernul României (2004) *Normativ din 8 iulie 2004 privind elaborarea planurilor de apărare în cazul producerii unui dezastru provocat de seisme și/sau alunecări de teren*. **Monitorul Oficial**, 702/4 august 2004.
- Guvernul României (2004) *Ordonanță de urgență nr. 21 din 15 aprilie 2004 privind Sistemul Național de Management al Situațiilor de Urgență*. **Monitorul Oficial**, 361/26 aprilie 2004.
- Guvernul României (2005) *Lege nr. 15 din 28 februarie 2005 pentru aprobarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 21/2004 privind Sistemul Național de Management al Situațiilor de Urgență*. **Monitorul Oficial**, 190/7 martie 2005.
- Guvernul României (2005) *Regulament din 18 noiembrie 2005 privind prevenirea și gestionarea situațiilor de urgență specifice riscului la cutremure și/sau alunecări de teren*. **Monitorul Oficial**, 207bis/7 martie 2005.
- Guzzetti F (2005) *Landslide hazard and risk assessment*. Dissertation, RheinischenFriedrich-Wilhelms-Universität Bonn. <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2006/0817/0817.htm>
- Guzzetti F, Mondini AC, Cardinali M, Fiorucci F, Santangelo M, Chang K-T (2012) *Landslide inventory map: new tools for an old problem*. **Earth-Science Reviews**, 112(1-2), 42-66. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- Hack R (2000) *Geophysics for slope stability*. **Surveys in Geophysics**, 1(4), 423-448. <https://doi.org/10.1023/A:1006797126800>
- Hammond HE (1954). *Small-scale continental landform maps*. **Annals of the Association of American Geographers**, 44(1), 33-42.
- Hammond HE (1964). *Classes of land surface form in the forty-eight states, USA*. **Annals of the Association of American Geographers**, 54(1), Map Supplement No. 4.
- Hammond AP, Goh KM, Tonkin PJ (1991) *Chemical pretreatments for improving the radiocarbon dates of peats and organic silts in a gley podzol environment: Grahams Terrace, North Westland*. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**, 34, 191-194.
- Haase D, Fink J, Haase G, Ruske R, Pécsi M, Richter H, Altermann M, Jäger K-D (2007) *Loess in Europe—its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000*. **Quaternary Science Reviews**, 26, 1301-1312. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.02.003>
- Harper TK (2017) *Demography and climate in Late Eneolithic Ukraine, Moldova, and Romania: Multiproxy evidence and pollen-based regional corroboration*. **Journal of Archaeological Science: Reports**, 23, 973-982. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.06.010>
- Heyd V (2012) *Yamnaya Groups and Tumuli west of the Black Sea*. In: **Ancestral Landscape. Burial mounds in the Copper and Bronze Ages (Central and Eastern Europe – Balkans – Adriatic – Aegean, 4th-2nd millennium B.C.) Proceedings of the International Conference held in Udine, May 15th-18th 2008**. Lyon: Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 2012. pp. 535-555. (Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée. Série recherches archéologiques, 58,1). [http://www.persee.fr/doc/mom\\_2259-4884\\_2012\\_act\\_58\\_1\\_3493](http://www.persee.fr/doc/mom_2259-4884_2012_act_58_1_3493)
- Hradecký J, Pánek T, Smolková V, Šilhán K (2010) *Dating of the landslide activity in the Czech part of the Outer Western Carpathians and its palaeoenvironmental significance*. **Geologica Balcanica**, 39(1-2), 160-161.
- Hughes MK, Diaz HF (1994) *Was there a 'Medieval Warm Period', and if so, where and when?* **Climatic Change**, 26(2-3), 109-142. <https://doi.org/10.1007/BF01092410>



- Hungr O, Leroueil S, Picarelli L (2014) *The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides*, 11(2), 167–194. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Iașu C, Eva M (2016) *Spatial profile of the evolution of urban sprawl pressure on the surroundings of Romanian cities (2000-2013). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(1), 79-88.
- Iconomu C (1996) *Cercetările arheologice din cetatea hallstattiană de la Pocreaca-Iași. Arheologia Moldovei*, 19, 21–56.
- Ilinca V, Gheuca I (2011) *The Red Lake Landslide (Ucigașu Mountain, Romania). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6(1), 263–272.
- Inspectoratul General pentru Situații de Urgență (2017) *Evaluarea riscurilor de dezastre la nivel național (RO-RISK). Rezultatul 2 Efectuarea unei prime evaluări a riscurilor la nivel național și elaborarea unui raport privind nivelul riscurilor și recomandări privind prioritățile de investiții, care să stea la baza elaborării, de către autoritățile publice centrale, de politici pe linia managementului riscurilor. 2.5. Evaluarea riscului de deplasări în masă. <https://gis.ro-risk.ro/site/documente/RezultateRO-RISK/Alunecari/RAPORT%20CONSOLIDAT.pdf>*
- Institutul de Studii și Proiecte pentru Îmbunătățiri Funciare (1997) *Ghid privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren și stabilirea soluțiilor cadru de intervenție, în vederea prevenirii și reducerii efectelor acestora, pentru siguranța în exploatarea construcțiilor, refacerea și protecția mediului, Indicativ GT006-97.*
- Institutul de Studii și Proiecte pentru Îmbunătățiri Funciare (1998) *Ghid de redactare a hărților de risc la alunecare a versanților pentru asigurarea stabilității construcțiilor, Indicativ GT019-98.*
- Ionesi B, Ionesi L (1968) *Contribuții la cunoașterea Buglovianului dintre valea Siretului și valea Sucevei (Platforma Moldovenească), Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (Serie Nouă), Secțiunea II (Științe Naturale), -b- Geologie-Geografie, 14(2), 423-447.*
- Ionesi B (1969) *Cercetări geologice în regiunea dintre Valea Sucevei și pârâul Voitin, Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (Serie Nouă), Secțiunea II (Științe Naturale), -b- Geologie-Geografie, 15, 73-82.*
- Ionesi B (1968) *Stratigrafia depozitelor miocene de platformă dintre Valea Siretului și Valea Moldovei. Editura Academiei Republicii Socialiste România, București.*
- Ionesi L (1994) *Geologia unităților de platformă și a orogenului nord-dobrogean. Editura Tehnică, București, 280 p.*
- Ionesi L, Ionesi B, Roșca V, Lungu A, Ionesi V (2005) *Sarmațianul mediu și superior de pe Platforma Moldovenească. Editura Academiei Române, București, 559 p.*
- Jäger D, Sandmeier C, Schwindt D, Terhorst B (2013) *Geomorphological and geophysical analyses in a landslide area near Ebermannstadt, Northern Bavaria. E&G Quaternary Science Journal*, 62, 150–161. <https://doi.org/10.3285/eg.62.2.06>
- Jaboyedoff M, Oppikofer T, Abellán A, Derron M-H, Loye A, Metzger R, Pedrazzini A (2012) *Use of LIDAR in landslide investigations: a review. Natural Hazards*, 61, 5–28. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9634-2>
- Jeanrenaud P (1965) *Cercetări geologice între Valea Crasna și Prut. Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (serie nouă), secțiunea 2, Geologie, 11, 31–44.*
- Jeanrenaud P (1969) *Precizări asupra meoșianului din Moldova. Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (serie nouă), secțiunea 2, Geologie, 15, 45–55.*
- Jeanrenaud P (1971) *Harta geologică a Moldovei Centrale dintre Siret și Prut. Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (serie nouă), secțiunea 2, Geologie, 17, 65–78.*
- Jeanrenaud P, Saraiman A (1995) *Geologia Moldovei Centrale dintre Siret și Prut. Editura Universității “Al. I. Cuza” Iași, 186 p.*
- Jozsa L (1988) *Increment core sampling techniques for high quality cores. Forintek Canada Corp Special Publication No. SP-30*
- Karagulle D, Frye C, Sayre R, Breyer S, Aniello P, Vaughan R, Wright D (2017) *Modeling global Hammond landform regions from 250-m elevation data. Transactions in GIS*, 21(5), 1040-1060. <https://doi.org/10.1111/tgis.12265>
- Kern Z, Németh A, Gulyás MH, Popa I, Levanič T, Hatvani IG (2016) *Natural proxy records of temperature-and hydroclimate variability with annual resolution from the Northern Balkan–*



- Carpathian region for the past millennium—Review & recalibration. Quaternary International*, 415, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.012>
- Keaton JR, DeGraff JV (1996) *Surface observation and geologic mapping*. Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), **Landslides: Investigation and Mitigation**. National Academy Press, Washington D.C, pp. 178e230.
- Kremetski CV (1997) *The Late Holocene environmental and climate shift in Russia and surrounding lands*. In: **Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse**, Dalfes, H.N., Kukla, G., Weiss, H., (eds.), Springer, 351–370. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-60616-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-60616-8_13)
- Lang A, Moya J, Corominas J, Schrott L, Dikau R (1999) *Classic and new dating methods for assessing the temporal occurrence of mass movements. Geomorphology*, 30(1-2):33–52. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00043-4)
- Lapenna V, Lorenzo P, Perrone A, Piscitelli S, Sdao F, Rizzo E (2003) *High-resolution geoelectrical tomographies in the study of the Giarrossa landslide (southern Italy). Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 62, 259–268, <https://doi.org/10.1007/s10064-002-0184-z>
- Lascu I, Wohlfarth B, Onac BP, Björk S, Kromer B (2015) *A Late Glacial paleolake record from an up-dammed river valley in northern Transylvania, Romania. Quaternary International*, 388, 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.041>
- Leever KA (2007) *Foreland of the Romanian Carpathians, control on late orogenic sedimentary basin evolution and Paratethys paleogeography. Teză de doctorat nepublicată, Vrije Universiteit, Amsterdam.*
- Lee EM, Jones DKC (2004) *Landslide Risk Assessment. Thomas Telford*, 454 p.
- Loke MH, Barker RD (1996) *Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting*, 44(1), 131–152. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1996.tb00142.x>
- Lyell C (1833) *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. Volumul 3, **John Murray**, London.
- Mărgărint MC, Niculiță M (2013) *Spatial models for landslide susceptibility using logistic regression method with different landslide inventories. Application in Moldavian Plateau, NE Romania, Geophysical Research Abstracts*, vol. 15, EGU2013-10290-2, EGU General Assembly 2013
- Mărgărint M C, Niculiță M (2014) *Comparison and validation of Logistic Regression and Analytic Hierarchy Process models of landslide susceptibility in monoclinic regions. A case study in Moldavian Plateau, N-E Romania. Geophysical Research Abstracts*, vol. 16, EGU2014-6371, EGU General Assembly 2014
- Mărgărint MC, Niculiță M, Roșu L (2015) *Local stakeholders' perception of landslide and flood risks in Iasi County, Romania. Geophysical Research Abstracts*, vol. 17, EGU2015-9659-2, EGU General Assembly 2015
- Mărgărint C, Niculiță M (2017a) *Landslide type and pattern in Moldavian Plateau, NE Romania*. in: Rădoane M, Vespremeanu-Stroe A (eds.), **Landform Dynamics and Evolution in Romania**, Springer, pp. 271–304. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_12)
- Mărgărint MC, Niculiță M (2017b) *Landslide inventory for Iasi County, Romania, Sixth EUGEO Congress on the Geography of Europe*, 4-6 September, 2017, Bruxelles, Belgium. <https://eugeo2017.sciencesconf.org/152594/document>
- Mărgărint MC, Niculiță M, Ciotină MC, Văculișteanu G, Stoilov-Linu V, Tarolli P (2020) *Using RPAS derived images and LiDAR DEM's for the assessment of geomorphic changes in a cultural heritage site affected by recent landslides*, EGU2020-7780, **EGU General Assembly 2020**. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-7780>
- Macarovici N (1942) *Observațiuni asupra alunecărilor de teren de la Iași din primăvara anului 1942. Revista Științifică V. Adamachi*, 28(2-3), 1-4.
- Macarovici N (1974) *Le développement des dépôts sarmatiens en Moldavie (Roumanie)*. În: Chica, I., Senes, J., Brestenská E., **Chronostratigraphie und Neostatotypen: Miozän der Zentralen Paratethys**, Band IV, M5 Sarmatien, pp. 114–118.
- Magyari EK, Demény A, Buczkó K, Kern Z, Vennemann T, Fórizs I, Vincze I, Braun M, Kovács JI, Udvardi B, Veres D (2013) *A 13,600-year diatom oxygen isotope record from the South Carpathians (Romania): reflection of winter conditions and possible links with North Atlantic*



- circulation changes. **Quaternary International**, 293, 136-149. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.05.042>
- Malamud BD, Turcotte DL, Guzzetti F, Reichenbach P (2004a) *Landslides, earthquake, and erosion*. **Earth and Planetary Science Letters**, 229, 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.10.018>
- Malamud BD, Turcotte DL, Guzzetti F, Reichenbach P (2004b) *Landslide inventories and their statistical properties*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, 687–711. <https://doi.org/10.1002/esp.1064>
- Mann ME (2002a) *Medieval Climatic Optimum*. In: **Encyclopedia of Global Environmental Change**, MacCracken, M.C., Perry, J.S. (eds.) vol. 1, pp 514–516.
- Mann ME (2002b) *Little Ice Age*. In: **Encyclopedia of Global Environmental Change**, MacCracken, M.C., Perry, J.S. (eds.) vol. 1, pp 504–509.
- Marchidanu E (1995) *Curs de geologie aplicată în ingineria construcțiilor, pentru uzul studenților*. **Universitatea Tehnică de Construcții București, Catedra de Geotehnică și Fundații**, 249 p.
- Maeglin RR (1979) *Increment cores. How to collect, handle, and use them*. **US Department of Agriculture**, Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL 25.
- Malik I, Wistuba M (2012) *Dendrochronological methods for reconstructing mass movements — An example of landslide activity analysis using tree-ring eccentricity*. **Geochronometria**, 39(3), 180–196.
- Marc O, Hovius N (2015) *Amalgamation in landslide maps: effects and automatic detection*. **Natural Hazards and Earth System Science**, 15, 723-733. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-723-2015>
- Martel YA, Paul EA (1974) *The Use of Radiocarbon Dating of Organic Matter in the Study of Soil Genesis*. **Soil Science Society of America Journal**, 38(3), 501-506.
- Martiniuc C, Băcăuanu V (1961) *Porniturile de teren și modul cum pot fi prevenite sau stabilizate*. **Natura**, Seria Geografie-Geologie 4, 25–35.
- Martiniuc C, Băcăuanu V (1982) *Deplasările de teren din municipiul Iași și împrejurimi*. **Buletinul Societății de Științe Geografice**, 6, 152-158.
- Matoshko A, Matoshko A, de Leeuw A, Stoica M (2016) *Facies analysis of the Balta Formation: Evidence for a large late Miocene fluvio-deltaic system in the East Carpathian Foreland*. **Sedimentary Geology**, 343, 165-189. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2016.08.004>
- Matthews JA (1985) *Radiocarbon dating of surface and buried soils: principles, problems, and prospects*. In: Richards, K.S., Arnett, R.R., Ellis, S. (Eds.), **Geomorphology and Soils**. Allen and Unwin, London, pp. 269–288
- Mațenco L, Bertotti G, Leever K, Cloetingh S, Schmidt SM, Tărăpoancă M, Dinu C (2007). *Large-scale deformation in a locked collisional boundary: Interplay between subsidence and uplift, intraplate stress, and inherited lithospheric structure in the late stage of the SE Carpathians evolution*. **Tectonics**, 26(4), TC4011. <https://doi.org/10.1029/2006TC001951>
- Mațenco L (2017) *Tectonics and exhumation of Romanian Carpathians: inferences from kinematic and thermochronological studies*. În: Rădoane M, Vespremeanu-Stroe A (eds.), **Landform Dynamics and Evolution in Romania**, Springer, pp. 15–56. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_2)
- Mauri A, Davis BAS, Collins PM, Kaplan JO (2015) *The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation*. **Quaternary Science Reviews**, 112, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.013>
- McCalpin J (1984) *Preliminary age classification of landslides for inventory mapping*. In: **Proceedings 21st annual Engineering Geology and Soils Engineering Symposium**, 5-6 April, University of Idaho, Moscow, Idaho, pp 99–111.
- McCann DM, Forster A (1990) *Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations*. **Engineering Geology**, 29(1), 59–78. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(90\)90082-C](https://doi.org/10.1016/0013-7952(90)90082-C)
- McInnes R, Jakeways J, Fairbank H, Mathie E (eds) (2007) *Landslides and Climate Change: Challenges and Solutions*, **Proceedings of the International Conference on Landslides and Climate Change**. Taylor & Francis, Ventnor. <https://doi.org/10.1201/noe0415443180>
- McKean J, Roering J (2004) *Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry*. **Geomorphology**, 57, 331–351. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(03\)00164-8](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(03)00164-8)



- Meentemeyer RK, Moody A (2000) *Automated mapping of conformity between topographic and geological surfaces*. **Computers & Geosciences**, 26 (7), 815–829. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(00\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(00)00011-X)
- Melniciuc A (2011) *Unele considerații privind tipologia și distribuția așezărilor Cucuteni (faza A-B) în câmpia Jijiei Superioare și a Bazeului*. **Acta-Moldaviae-Septentrionalis**, 10, 20–29.
- Merlan V (2013) *Săpături arheologice în cetatea getică de la Moșna, jud. Iași*. **Prutul**, Revistă de Cultură, Huși, 3(12), 6–11.
- Micu M (2017) *The systematic of landslide processes in the conditions of Romania's relief*. În: Radoane M., Vespremeanu-Stroe A. (eds) **Landform Dynamics and Evolution in Romania**. Springer Geography. Springer, Cham, 249–269. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_11)
- Mihăilescu V (1929) *Podișul înalt din W Botoșanilor (Regiunile Dealul-Mare și Mândrești)*. **Buletinul Societății Regale Române de Geografie**, 48, 135–183.
- Mihăilă D (2006) *Câmpia Moldovei. Studiu climatic*. Editura Universității Ștefan cel Mare Suceava, 465 p.
- Minea I (2012) *Bazinul hidrografic Bahlui - studiu hidrologic*. Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași, 334 p.
- Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor (1998) *Ordin 1955/1998 privind delimitarea zonelor expuse riscurilor naturale*. **Monitorul Oficial** 354/16 septembrie 1998.
- Mîndrescu M, Iosep I, Cristea I-A, Frogaci D, Popescu D-A (2010) *Lacurile Iezer și Bolătău (Obcina Feredeului) – cele mai vechi lacuri de baraj natural formate prin alunecare din România*. **Water Resources from Romania. Vulnerability to the pressure of man's activities, Conference Proceedings**, pp. 288–298. <http://www.limnology.ro/water2010/water2010.html>
- Mîndrescu M, Németh A, Grădinaru I, Bihari A, Németh T, Fekete J, Bozsó G, Kern Z (2016) *Bolătău sediment record - Chronology, microsedimentology and potential for a high resolution multimillennial paleoenvironmental proxy archive*. **Quaternary Geochronology**, 32, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.10.007>
- Moore RW (1972) *Electrical resistivity investigations in geological, geophysical and engineering investigations of the Loveland Basin landslide, Clear Creek County, Colorado, 1962–65*. U.S. **Geological Survey Professional Paper**, 673-B.
- Morrill C, Jacobsen RM (2005) *How widespread were climate anomalies 8200 years ago?* **Geophysical Research Letters**, 32(19), L19701. <https://doi.org/10.1029/2005GL023536>
- Moscalu E (1989) *Săpăturile de salvare de la Coțîngaci – Comuna Roma, județul Botoșani*. **Hierasus**, 7–8, 117–145.
- Müller K (1977) *Geophysical methods in the investigation of slope failures*. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, 16, 227–229. <https://doi.org/10.1007/BF02591491>
- Munteanu MT (2006) *Geologia părții de sud a Platformei Covurlui*. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Necula N, Niculiță M, Tessari G, Floris M (2017) *InSAR analysis of Sentinel-1 data for monitoring landslide displacement of the north-eastern Copou hillslope, Iași city, Romania*. În: Niculiță M, Mărgărint MC (coord.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 1, Editura Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași, pp. 85–88. <http://dx.doi.org/10.15551/prgs.2017.85>
- Necula N, Niculiță M (2017) *Landslide reactivation susceptibility modelling in Iași Municipality*. **Revista de Geomorfologie**, 19, 101–117. <https://doi.org/10.21094/rg.2017.021>
- Necula N, Niculiță M, Floris M (2018a) *Using Sentinel-1 SAR data to detect earth surface changes related to neotectonics in the Focșani basin (Eastern Romania)*, **PeerJ Preprints**, 6:e27084v1. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27084v1>
- Necula N, Niculiță M, Floris M (2018b) *Identifying slow-moving landslide deformations affecting rural areas using Interferometric Stacking techniques and Sentinel-1 data*. În: Micu M, Comănescu L, (eds.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 2, Bucharest University Press, pp. 81–84.
- Nestor I, Alexandrescu A, Brătianu A, Comșa E, Perju S, Vieru I (1950) *Rapoartele colectivelor arheologice asupra săpturilor din Campania anului 1949 - Studierea societății omenеști dela*



- începuturile barbariei, din nordul Moldovei - Activitatea șantierului de săpături arheologice Iași-Botoșani-Dorohoi. **Studii și cercetări de istorie veche**, 1, 27–32.
- Nestor I, Alexandrescu A, Comșa E, Zaharia-Petrescu E, Zirra V (1951) *Săpăturile de pe șantierul Valea Jijiei (Iași-Botoșani-Dorohoi) în 1950*. **Studii și cercetări de istorie veche**, 2(1), 51–76.
- Niculiță M, Minea I, Ciuhăț A (2010) *The swamps from the north-western hillslope of Paun hill (Iasi region)*. În: Veșcan I, Fodorean I., Moldovan C., (coord.) **Geography in the actual development context**, Cluj University Press.
- Niculiță M (2011) *A classification schema for structural landforms of the Moldavian platform (Romania)*. În: **Geomorphometry 2011**, edited by T. Hengl, I. S. Evans, J. P. Wilson and M. Gould, 3-6. Redlands, CA, 2011. <http://geomorphometry.org/system/files/Niculita2011geomorphometry.pdf>
- Niculiță M (2015) *Automatic extraction of landslide flow direction using geometric processing and DEMs*, In **Geomorphometry for Geosciences**, edited by Jaroslaw Jasiewicz, Zbigniew Zwoliński, Helena Mitsova and Tomislav Hengl, 201-203. Poznań, Poland: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Adam Mickiewicz University in Poznań - Institute of Geoecology and Geoinformation. <http://geomorphometry.org/system/files/Niculiță2015geomorphometry.pdf>
- Niculiță M (2016) *Automatic landslide length and width estimation based on the geometric processing of the bounding box and the geomorphometric analysis of DEMs*. **Natural Hazards and Earth System Science**, 16, 2021-2030. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2021-2016>
- Niculiță M (2018) *Bahluieț Valley at Costești village (Romania) geoarchaeosite: the need for its protecting, promoting and managing*, In: E. Główniak, A. Wasilowska, P. Leonowicz (Eds), **Geoheritage and Conservation: Modern Approaches and Applications Towards the 2030 Agenda. 9th ProGEO Symposium, Chęciny, Poland, 25-28th June 2018**, Programme and Abstract Book, p. 166. Faculty of Geology, University of Warsaw, ISBN 978-83-945216-5-3
- Niculiță M (2020) *Landslide Hazard Induced by Climate Changes in North-Eastern Romania*. În: Leal Filho W, Nagy G, Borga M, Chávez Muñoz D, Magnuszewski A, (eds.), **Climate Change, Hazards and Adaptation Options, Climate Change Management**, Springer, Cham, pp. 245-265. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37425-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37425-9_13)
- Niculiță M, Mărgărint MC (2014) *Landslide inventory for Moldavian Plateau, Romania*. **International conference Analysis and Management of Changing Risks for Natural Hazards**, 18-19 November 2014, Padova, Italy. [http://www.changes-itn.eu/Portals/0/Content/2014/Final%20conference/abstracts/AP3\\_Abstract\\_Niculita.pdf](http://www.changes-itn.eu/Portals/0/Content/2014/Final%20conference/abstracts/AP3_Abstract_Niculita.pdf)
- Niculiță M, Mărgărint MC (2015) *Testing landslide susceptibility uncertainty propagation due to the data source of the landslide inventory: satellite imagery versus LIDAR*, **Geophysical Research Abstracts**, vol. 17, EGU2015-10043-2, EGU General Assembly 2015
- Niculiță M, Mărgărint MC (2017a) *Berza- Santa Mare complex landslide*. în: Niculiță M, Mărgărint MC (coord.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 1, Editura Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași, pp. 145-147. <http://dx.doi.org/10.15551/prgs.2017.141>
- Niculiță M, Mărgărint MC (2017b) *Landslide susceptibility modelling for Iasi County, Romania*, **Sixth EUGEO Congress on the Geography of Europe**, 4-6 September, 2017, Bruxelles, Belgium. <https://eugeo2017.sciencesconf.org/152555/document>
- Niculiță M, Mărgărint MC (2018) *Landslides and Fortified Settlements as Valuable Cultural Geomorphosites and Geoheritage Sites in the Moldavian Plateau, North-Eastern Romania*. **Geoheritage**, 10(4), 613–634. <http://doi.org/10.1007/s12371-017-0261-0>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Santangelo M (2016a) *Archaeological evidence for Holocene landslide activity in the Eastern Carpathian lowland*. **Quaternary International**, 415(10), 175-189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.048>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Santangelo M (2016b) *Pleistocene landslides in the Moldavian Plateau, Eastern Romania*. **Georeview**, 26(2), 67. <http://dx.doi.org/10.4316/GEOREVIEW.2016.0.0.341>
- Niculiță M, Andrei A, Lupu C (2017a) *The landslide database of the North-Eastern Romania*. în: Niculiță M, Mărgărint MC (coord.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 1, Editura Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași, pp. 81-84. <http://dx.doi.org/10.15551/prgs.2017.81>



- Niculiță Mihai, Mărgărint Mihai Ciprian, Cristea Ionuț (2017b) *Relict landslides, gullies and geoheritage sites – Băiceni village*. în: Niculiță M, Mărgărint MC (coord.), *Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium*, vol. 1, Editura Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași, pp. 133-136. <http://dx.doi.org/10.15551/prgs.2017.129>
- Niculiță M, Stoilov-Linu V, Necula N (2018a) *Recent landslides from Iași metropolitan area*. **Revista de Geomorfologie**, 20, 90–101. <https://doi.org/10.21094/rg.2018.030>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Necula N, Tarolli P (2018b) *Anthropic induced gullies on old anthropic lake beds in Romania*. **AGU 2018 Fall Meeting**, 10-14 December 2018, Washington, DC. <https://doi.org/10.1002/essoar.10500397.1>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Necula N, Chiriloaiei F, Stoilov-Linu V (2019a) *Geomorphological and geophysical investigations of Costești compound landslide*, **Geophysical Research Abstracts**, Vol. 21, EGU2019-6920, EGU General Assembly 2019
- Niculiță M, Mărgărint MC, Necula N, Stoilov-Linu V (2019b) *Upper Pleistocene landslide evidences at Costești (Moldavian Plateau, Romania)*, **Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology**, June 24-27 2019, Szeged, Hungary. <http://www.geo.u-szeged.hu/carpatho/>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Cristea IA (2019c) *Using archaeological and geomorphological evidence for the establishment of a relative chronology and evolution pattern for Holocene landslides*. **PLoS ONE**, 14(12), e0227335. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227335>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Tarolli P (2020a) *Using UAV and LIDAR data for gully geomorphic changes monitoring*, in: Tarolli P, Mudd S, (eds.), **Remote Sensing of Geomorphology**, *Developments in Earth Surface Processes*, vol. 23, Elsevier, pp. 271-315. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64177-9.00010-2>
- Niculiță M, Mărgărint MC, Ciotină MC, Necula N, Văculișteanu G, Stoilov-Linu V (2020b) *River-landslide erosion interaction assessed through LiDAR and UAV SfM high-resolution DEMs, SAR and photogrammetry*, EGU2020-5451, **EGU General Assembly 2020**. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-5451>
- Okpoli, C.C., 2013. *Sensitivity and resolution capacity of electrode configurations*. **International Journal of Geophysics**, vol. 2013, Article ID 608037, 12 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/608037>
- Onac BP, Constantin S, Lundberg J, Lauritzen S-E (2002) *Isotopic climate record in a Holocene stalagmite from Urșilor Cave (Romania)*. *Journal of Quaternary Science*, 17, 319–327. <https://doi.org/10.1002/jqs.685>
- Onac BP, Forray FL, Wynn JG, Giurgiu AM (2014) *Guano-derived  $\delta^{13}C$ -based paleo-hydroclimate record from Gaura cu Musca Cave, SW Romania*. **Environmental Earth Sciences**, 71(9), 4061–4069. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2789-x>
- Onac BP, Hutchison SM, Geantă A, Forray FL, Wynn JG., Giurgiu AM, Coroiu I (2015) *A 2500-yr late Holocene multi-proxy record of vegetation and hydrologic changes from a cave guano-clay sequence in SW Romania*. **Quaternary Research**, 83(3), 437–448, <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2015.01.007>
- Orlova LA, Panychev VA (1993) *The Reliability of Radiocarbon Dating Buried Soils*. **Radiocarbon**, 35(3), 369-377.
- Pál I, Magyari EK, Braun M, Vincze I, Pálfi J, Molnár M, Finsinger W, Buczkó K (2016) *Small-scale moisture availability increase during the 8.2-ka climatic event inferred from biotic proxy records in the South Carpathians (SE Romania)*. **The Holocene**, 26(9), 1-15. <https://doi.org/10.1177/0959683616640039>
- Palade L, Băcăuanu V (1971) *Contribuții la studiul alunecărilor de teren din partea de nord-est a Dealului Copou-Iași (Facultatea de Horticultură)*. **Lucrări științifice. Seria agronomie – horticultură**, 1, 197-202.
- Pánek, T (2015a) *Recent progress in landslide dating. A global overview*. **Progress in Physical Geography**, 39, 168–198. <https://doi.org/10.1177/0309133314550671>
- Pánek T (2015b) *Giant Landslides in Low-Gradient Landscapes: A Global Perspective*. În: Lollino G. et al. (eds) **Engineering Geology for Society and Territory - Volume 2**. Springer, Cham, 905-908. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09057-3\\_156](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09057-3_156)
- Pánek T (2019). *Landslides and Quaternary climate changes—The state of the art*. **Earth-Science Reviews**, 196, 102871. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.05.015>



- Pánek T, Smolková V, Hradecký J, Kirchner K (2007) *Landslide dams in the northern part of Czech flysch Carpathians: geomorphic evidence and imprints*. **Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica**, 41, 77–96.
- Pánek T, Hradecký J, Smolková V, Silhan K (2008) *Gigantic low-gradient landslides in the northern periphery of the Crimean Mountains (Ukraine)*. **Geomorphology**, 95, 449–473. <https://doi.org/doi:10.1016/j.geomorph.2007.07.007>
- Pánek T, Smolková V, Hradecký J, Baroň I, Šilhán K (2013) *Holocene reactivations of catastrophic complex flow-like landslides in the Flysch Carpathians (Czech Republic/Slovakia)*. **Quaternary Research**, 80, 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2013.03.009>
- Pánek T, Hartvich F, Jankovská V, Klimeš J, Tábořík P, Bubík M, Smolková V, Hradecký J (2014) *Large Late Pleistocene landslides from the marginal slope of the Flysch Carpathians*. **Landslides**, 11, 981–992. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0463-8>.
- Parlamentul României (2001) *Lege 575 din 22 octombrie 2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național – Secțiunea a V-a – Zone de risc natural*. **Monitorul Oficial**, 726/14 noiembrie 2001.
- Pashkevych G (2012) *Environment and economic activities of Neolithic and Bronze age populations of the Northern Pontic area*. **Quaternary International**, 261, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.024>
- Pashkevych G, Gerasimenko NP (2009) *The Holocene vegetation, climate and early human subsistence in the Ukraine*. In: **The East European Plain on the Eve of Agriculture**, Dolukhanov, P.M., Sarson, G.R., Shukurov, A.M., (eds.) Archaeopress, Oxford, pp. 45–51.
- Pelin L–I (2015) *Fenomenul de secetă din Câmpia Moldovei*. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Perșoiu A (2017) *Climate Evolution during the Late Glacial and the Holocene*, In: **Landform Dynamics and Evolution in Romania**, Rădoane, M., Vespremeanu-Stroe, A. (eds.), Springer, 2017, pp. 57–66. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_3)
- Perșoiu A, Onac BP, Wynn JG, Blaauw M, Ioniță M, Hansson M (2017) *Holocene winter climate variability in Central and Eastern Europe*. **Scientific Reports**, 7, 1196. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01397-w>
- Pessenda LR, Gouveia SM, Aravena R (2001) *Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with (super 14) C ages of fossil charcoal*. **Radiocarbon**, 43(2B), 595–601.
- Petrescu-Dîmbovița M, Bîrsan M, Bold E, Boroneanț V, Cazacu P, Dinu M, ș.a. (1952) *Șantierul arheologic Hlincea Iași*. **Studii și cercetări de istorie veche**, 4(1–2), 233–251.
- Petrescu-Dîmbovița M, Brăteanu A, Dincă M, Dinu M, Florescu A, Ordentlich I, ș.a. (1954) *Șantierul arheologic Trușești (r. Trușești, reg. Suceava)*. **Studii și cercetări de istorie veche**, 5(1–2), 8–28.
- Petrescu-Dîmbovița M, Teodor DG (1987) *Sisteme de fortificații medievale timpurii la est de Carpați. Așezarea de la Fundu Herții*. **Editura Junimea**, Iași.
- Petrescu-Dîmbovița M, Florescu M, Florescu AC (1999) *Trușești. Monografie arheologică*. **Editura Academiei Române**, București.
- Petrescu-Dîmbovița M, Văleanu MC (2004) *Cucuteni-Cetățuie. Săpăturile din anii 1961-1966. Monografie arheologică. Muzeul de Istorie și Arheologie Piatra Neamț*, Piatra Neamț.
- Petschko H, Bell T, Glade T (2015) *Effectiveness of visually analyzing LiDAR DTM derivatives for earth and debris slide inventory mapping for statistical susceptibility modeling*. **Landslides**, 13, 857–872. <https://doi.org/10.1007/s10346-015-0622-1>
- Phipps RL (1985) *Collecting, preparing, crossdating, and measuring tree increment cores*. **US Geological Survey Report**, 85-4148.
- Pigati JS, McGeehin JP, Muhs DR, Grimley DA, Nekola JC (2015) *Radiocarbon dating loess deposits in the Mississippi Valley using terrestrial gastropod shells (Polygyridae, Helicinidae, and Discidae)*. **Aeolian Research**, 16, 25–33.
- Pohrib, M.D., Juravle, D.-T., Niacșu, L., Ursu, A., Stanciu, A., Plătică, D. (2012) *Paleogeography of the Chersonian to Meotian in the north of Falcu Hills (Moldavian Platform) based on sedimentological data*. **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, 7, 23–36.



- Popa I, Kern Z (2009) Long-term summer temperature reconstruction inferred from tree-ring records from the Eastern Carpathians. **Climate Dynamics**, 32, 1107–1117. <https://doi.org/10.1007/s00382-008-0439-x>
- Posea G (2005) *Geomorfologia României: relieuri, tipuri, geneză, evoluție, regionare*. Ed. a 2-a, Editura Fundației România de Măine, București, 444 p.
- Posea G, Badea L (1982) Regionarea geomorfologică a teritoriului României. **Buletinul Societății de Științe Geografice din Republica Socialistă România**, 6.
- Posea G, Badea L (1984) *Unitățile de relief (regionarea geomorfologică), scara 1:800 000*. Editura Științifică și Enciclopedică, București.
- Post D, Schmaltz EM, Glade T, Gärtner H (2017) Are hardwood species suited for reconstructing landslides? **Geophysical Research Abstracts**, Vol. 19, EGU2017-17575, 2017, EGU General Assembly 2017. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-17575.pdf>
- Porucic T (1928) Relieful teritoriului dintre Prut și Nistru. **Buletinul Societății Regale Române de Geografie**, 47, 19-307.
- Pujină D (2008) *Alunecările de teren din Podișul Moldovei*. Editura Performantica, Iași.
- R Development Core Team (2008) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rădoane M, Rădoane N (2005) Evoluția actuală a piemontului pericarpatic moldovenesc. **Analele Universității “Ștefan cel Mare” Suceava, Secțiunea Geografie**, 15, 11-19.
- Rădoane M, Nechita C, Chiriloaei F, Rădoane N, Popa I, Roibu C, Robu D (2015) Late Holocene fluvial activity and correlations with dendrochronology of subfossil trunks: Case studies of northeastern Romania. **Geomorphology**, 239, 142–159. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.036>
- Rădoane M, Perșoiu I, Chiriloaei F, Robu D, Rădoane N, Nechita C (2017) History of Holocene fluvial activity in Romania: evidences based on absolute dating. In: Niculiță, M., Mărgărint, M.C. (eds.), **Proceedings of Romanian Geomorphology Symposium**, vol. 1, 11-14 May 2017, Alexandru Ioan Cuza University of Iași Press, Iași, pp. 133–136. <https://doi.org/10.15551/prgs.2017.92>
- Rădoane M, Vespremeanu-Stroe A (2017) *Introducere*. În: Rădoane M, Vespremeanu-Stroe A (eds.), **Landform Dynamics and Evolution in Romania**, Springer, pp. 1–11. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7\\_1](http://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_1)
- Rădvan L, Ciobanu MA (2019) Descoperiri în arhivele de la Moscova: planuri necunoscute ale orașului Iași. **Historia Urbana**, 27, 195-223.
- Razak KA, Straatsma MW, Van Westen CJ, Malet JP, de Jong SM (2011) Airborne laser scanning of forested landslides characterization: terrain model quality and visualization. **Geomorphology**, 126, 186-200. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.11.003>
- Razak KA, Santangelo M, Van Westen CJ, Straatsma MW, de Jong SM (2013) Generating an optimal DTM from airborne laser scanning data for landslide mapping in a tropical forest environment. **Geomorphology**, 190, 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.02.021>
- Reimer PJ ș.a. (2013) *IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP*. **Radiocarbon**, 55(4), 1869-1887. [https://doi.org/10.2458/azu\\_js\\_rc.55.16947](https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947)
- Reynolds JM (2011) *An introduction to applied and environmental geophysics*. 2d ed., Wiley-Blackwell, 710 p.
- Rib HT, Liang T (1978) Recognition and identification. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J. (eds.) **Landslide analysis and control**. National Academy of Sciences, Washington, pp 34–80.
- Roe GH (2005) Orographic precipitation. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, 33, 645–71. <http://doi.org/10.1146/annurev.earth.33.092203.122541>
- Rossi M, Ardizzone F, Cardinali M, Fiorucci F, Marchesini I, Mondini AC, Santangelo M, Ghosh S, Riguer DEL, Lahousser T, Chang KT, Guzzetti F (2012) A tool for the estimation of the distribution of landslide area. **Geophysical Research Abstracts**, 14: EGU2012-9438-1.
- Rotaru A, Răileanu P (2009) *Alunecarea de teren de la Pârcovaci, județul Iași*. **International PIARC Seminar on “Managing Operational Risk on Roads”**, Iași, Romania 5-7 November, 2009.
- Rozas V (2003) Tree Age Estimates in *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: Testing Previous and Improved Methods. **Plant Ecology**, 167, 193-212. <https://doi.org/10.1023/A:1023969822044>
- Șadurschi P, Șovan OL (1986) *Cetatea getică de la Cotu-Copălău*. **Hierasus**, 6, 33-39.



- Șadurschi P, Șovan OL (1994) *Așezarea getică întărită de la Cotu-Copălău*. **Arheologia Moldovei**, 17, 169-181.
- Șovan OL, Ignat M (2005) *Așezarea fortificată de la Cotu Copălău, jud. Botoșani*. **Cetatea de Scaun**, Târgoviște.
- Șovan OL (2016) *Repertoriul arheologic al județului Botoșani*. ed. a 2-a, Bibliotheca Archaeologica "Hierasus" Monographica IV, **Muzeul Județean Botoșani**, Botoșani.
- Santangelo M, Marchesini I, Cardinali M, Fiorucci F, Rossi M, Bucci F, Guzzetti F (2015a) *A method for the assessment of the influence of bedding on landslide abundance and types*. **Landslides**, 12, 295-309. <https://doi.org/10.1007/s10346-014-0485-x>
- Santangelo M, Gioia D, Cardinali M, Guzzetti F, Schiattarella M (2015b) *Landslide inventory map of the upper Sinni River valley, Southern Italy*. **Journal of Maps**, 11, 444-453. <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.949313>
- Scapozza C, Laigre L (2014) *The contribution of Electrical Resistivity Tomography (ERT) in Alpine dynamics geomorphology: case studies from the Swiss Alps*. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, 20, 27-42.
- Scharpenseel HW, Ronzani C, Pietig F (1968) *Comparative age determinations on different humic-matter fractions*. În: **Proceedings, Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Soil Organic Matter Studies**, July 1968. Vienna: IAEA. p 67-74
- Scharpenseel HW (1971) *Radiocarbon dating of soils — problems, troubles, hopes*. In: Yaalon, D.H. (Ed.), **Paleopedology**. Jerusalem University Press, pp. 77-88.
- Scharpenseel HW, Schiffmann H (1977) *Radiocarbon dating of soils, a review*. **Zeitschrift Für Pflanzenernährung Und Bodenkunde**, 140(2), 159-174.
- Schnitchen C, Charman DJ, Magyari E, Braun M, Grigorszky I, Tóthmérész B, Molnár M, Szántó Z (2005) *Reconstructing hydrological variability from testate amoebae analysis in Carpathian peatlands*. **Journal of Paleolimnology**, 36(1), 1-17/ <https://doi.org/10.1007/s10933-006-0001-y>
- Schröder N, Hojlund L, Bitsch RJ (2004) *10,000 years of climate change and human impact on the environment in the area surrounding Lejre*. **The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies**, 3, 1-27.
- Schrott L, Sass O (2008) *Application of field geophysics in geomorphology. Advances and limitations exemplified by case studies*. **Geomorphology**, 93, 55-73. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.024>
- Schulz WH (2004) *Landslides mapped using LIDAR imagery, Seattle, Washington*. **US Geological Survey Open-File Report** 1396, 11.
- Schuster RL, Highland LM (2001) *Socioeconomic and environmental impacts of landslides in the western hemisphere*. **U.S. Geological Survey Open File Report** 01-1276. <http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0276>
- Schwindt D, Sandmeier C, Büdel C, Jäger D, Wilde M, Terhorst B (2016) *The inner structure of landslides and landslide-prone slopes in south German cuesta landscapes assessed by geophysical, geomorphological and sedimentological approaches*. **Geophysical Research Abstracts**, 18:EGU2016-17007-1, EGU General Assembly 2016.
- Schram M, Pantazică M, Martiniuc C (1977) *Aspecte hidrogeologice din zona Municipiului Iași și împrejurimi*. **Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, serie nouă, Secțiunea II, 32, 107-113.
- Sevastos R (1907) *Raporturile tectonice între Campia Romana și regiunea colinelor din Moldova*. **Anuarul Institutului Geologic al României**, 1(2), 311-360.
- Sevastos R (1908) *Descrierea geologică a regiunii Codaesti și Raducaneni din Moldova de Nord*. **Anuarul Institutului Geologic al României**, 2, 1-38.
- Shroder JF (1978) *Dendrogeomorphological analysis of mass movements on Table Cliffs Plateau Utah*. **Quaternary Research**, 9, 168-185.
- Shroder JF (1980) *Dendrogeomorphology, review and new techniques of tree-ring dating*. **Progress in Physical Geography**, 4, 161-188.
- Silion T (1965) *Contribuții la studiul stabilității versanților Dealului Copou în raza orașului Iași*. Teză de Doctorat, Institutul Politehnic Iași.



- Simionescu I (1902) *Constituțiunea geologică a ținutului Prutului din nordul Moldovei*. **Publicațiunile Fondului Vasilie Adamachi**, 7, 1–27, București.
- Smalley I, Marković SB, Svirčev Z (2011) *Loess is [almost totally formed by] the accumulation of dust*. **Quaternary International**, 240, 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.07.011>
- Soeters R, Van Westen CJ (1996) *Slope instability recognition, analysis and zonation*. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (eds.) **Landslides, investigation and mitigation**. National Academy Press, Washington, USA, p 129–177.
- Stănescu I, Poghirc P (1992) 6.2.3 Podișul Bârladului. În: Badea L, Bugă D (coord.), **Geografia României - IV**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, pp. 520–548.
- Stevenson PC (1977) *An empirical method for the evaluation of relative landslide risk*. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, 16, 69–72. <https://doi.org/10.1007/BF02591451>
- Ștefan P (1989) *Geologia regiunii Dealului Mare-Hîrlău and perspectivele în resurse minerale utile*. Teză de doctorat, Universitatea “Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Iași, p. 152.
- Ștefan AS (1990) *Les fortifications du premier Age du Fer de Cotnari (Département de Iassy, Moldavie, Roumanie)*. **Photo-Interprétation**, 29(6), 45–57.
- Tămaș T, Onac BP, Bojar AV (2005) *Lateglacial-Middle Holocene stable isotope records in two coeval stalagmites from the Bihor Mountains, NW Romania*. **Geological Quarterly**, 49(2), 185–194.
- Tărăpoancă M (2004) *Arhitecture, 3D geometry and tectonic evolution of the Carpathians foreland basin*. **Teză de doctorat nepublicată, Vrije University, Amsterdam**.
- Tărăpoancă M, Bertotti G, Mațenco L, Dinu C, Cloetingh SAPL (2003) *Arhitecture of the Focșani Depression: A 13 km deep in the Carpathians bend zone (Romania)*. **Tectonics**, 22, 1–18. <https://doi.org/10.1029/2002TC001486>
- Tărăpoancă M, Garcia-Castellanos D, Bertotti G, Matenco L, Cloetingh SAPL, Dinu C (2004) *Role of the 3-D distributions of load and lithospheric strength in orogenic arcs: polystage subsidence in the Carpathians foredeep*. **Earth and Planetary Science Letters**, 221, 163–180. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(04\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(04)00068-8)
- Tafrali O (1937) *Stațiunea preistorică din punctul Boghiu*. **Arta și Arheologia**, 11–12, 51–54.
- Tamm CO, Östlund HG (1960) *Radicarbon dating of soil humus*. **Nature**, 185, 706–707. <https://doi.org/10.1038/185706b0>
- Terhorst B, Kreja R (2009) *Slope stability modelling with SINMAP in a settlement area of the Swabian Alb*. **Landslides**, 6(1–4), 309–319. <https://doi.org/10.1007/s10346-009-0167-2>
- Terzaghi K (1950) *Mechanism of Landslides*. În: Sidney Page (coord.) **Application of Geology to Engineering Practice**, Geological Society of America, Inc. <https://doi.org/10.1130/Berkey.1950.83>
- Trantina JA (1962) *Investigations of landslides by seismic and electrical resistivity methods*. In: **Field Testing of Soils**, American Society for Testing and Materials Special Publication No. 322, pp 120–134.
- Trumbore SE (1996) *Applications of accelerator mass spectrometry to soil science*. În: Boutton TW, Yamasaki SI (coord.), **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker. p 311–340.
- Tufescu V (1932) *Asupra așezării și dezvoltării orașului Iași*. **Buletinul Societății Regale Române de Geografie**, 52, 302–313.
- Tufescu V (1935) *Observări asupra limitei de vest a Depresiunii Jijiei*. **Buletinul Societății Regale Române de Geografie**, 53, 335–362.
- Tufescu V (1937) *Observations géologiques sur les collines de Hârlău (Moldavie)*. **Annales Scientifiques de L’Université de Jassy**, second partie, 25, fasc. 1, 108–133.
- Tufescu V (1966) *Modelarea naturală a reliefului și eroziunea accelerată*. **Editura Academiei Republicii Socialiste România**, București.
- Ungureanu A (1993) *Geografia podișurilor și câmpiilor României*. **Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași**, 245 p.
- Ureche G (2017) *Letopisețul Țării Moldovei*. **Scriptorum**.
- U.S. Geological Survey (1982) *Goals and tasks of the landslide part of a ground-failure hazards reduction program*. **Geological Survey Circular** 880, 48 p. <https://pubs.usgs.gov/circ/1982/0880/report.pdf>



- UWICER (2017) *Dendrochronology Manual*. **Ugyen Wangchuck Institute for Conservation și Environmental Research**, Department of Forests and Park Services. UWICER Press, Lamai Goempa, Bumthang, Bhutan.
- Văculișteanu G, Niculiță M, Mărgărint MC (2019) *Natural hazards and their impact on rural settlements in NE Romania – a cartographical approach*. **OpenGeosciences**, 11(1), 2391-5447. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0060>
- Văleanu MC (2003) *Așezări neo-eneolitice din Moldova*. **Helios**, Iași
- Van Den Eeckhaut M, Poesen J, Verstraeten G, Vanacker V, Moeyersons J, Nyssen J, Van Beek LPH (2005) *The effectiveness of hillshade maps and expert knowledge in mapping old deep-seated landslides*. **Geomorphology**, 67, 351–363. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.11.001>
- Van Den Eeckhaut M, Poesen J, Verstraeten G, Vanacker V, Moeyersons J, Nyssen J, van Beek LPH, Vandekerckhove L (2007) *Use of LIDAR-derived images for mapping old landslides under forest*. **Earth Surface Processes and Landforms**, 32, 754-769. <https://doi.org/10.1002/esp.1417>
- Van Den Eeckhaut M, Poesen J, Gullentops F, Vandekerckhove L, Hervás J (2011) *Regional mapping and characterization of old landslides in hilly regions using LiDAR-based imagery in Southern Flanders*. **Quaternary Research**, 75, 721–733. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.02.006>
- Van Westen CJ (1993) *Application of Geographic Information Systems to landslide hazard zonation*. **ITC Publication**, 15, Enschede, The Netherlands.
- Van Westen CJ, van Asch TWJ, Soeters R (2006) *Landslide hazard and risk zonation : why is it still so difficult?* **Bulletin of engineering geology and the environment**, 65(2), 167-184. <https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0>
- Varnes DJ (1958) *Landslide types and processes*. În: Eckel EB (ed), **Landslides and engineering practice**. Special Report 29. Highway Research Board, National Academy of Sciences, Washington DC, pp. 20-47.
- Varnes DJ (1978) *Slope movement types and processes*. În Schuster RL, Krizek RJ (eds.), **Landslides, analysis and control**. Special Report 176. Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington DC, pp. 11–33.
- Varnes DJ (1984) *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. **UNESCO Press**, Paris, 63 p.
- Velichko AA, Catto N, Drenova A, Klimanov VA, Kremenetski KV, Nechaev VP (2002) *Climate changes in East Europe and Siberia at the Late glacial–holocene transition*. **Quaternary International**, 91(1), 75–99. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(01\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(01)00104-5)
- Wang Y, Amundson R, Trumbore S (1996) *Radiocarbon dating of soil organic matter*. **Quaternary Research**, 45, 3, 282–288. <https://doi.org/10.1006/qres.1996.0029>
- Wang J, Yang B, Ljungqvist FC, Zhao Y (2013) *The relationship between the Atlantic Multidecadal Oscillation și temperature variability in China during the last millennium*. **Journal of Quaternary Science**, 28(7), 653-658. <https://doi.org/10.1002/jqs.2658>
- Westing AH (1965) *Formation și function of compression wood in gymnosperms*. **The Botanical Review**, 31, 381-480. <https://doi.org/10.1007/BF02859131>
- Wieczorek G (1984) *Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction*. **Bulletin of the Association of Engineering Geologists**, 21, 337–342. <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.xxi.3.337>
- Zaharia N, Petrescu-Dâmbovița M, Zaharia E (1970) *Așezări din Moldova: de la paleolitic până în secolul al XVIII-lea*. **Editura Academiei Republicii Socialiste România**, București.
- Zhou W, Zhou J, Xiao J, Donahue D, Jull AJT (1999) *Preliminary study on radiocarbon AMS dating of pollen*. **Science in China Series D: Earth Sciences**, 42(5), 524–530. <https://doi.org/10.1007/BF02875246>



# **Listă de figuri**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Reprezentare schematizată a raporturilor dintre diferitele componente ale hazardului și riscului la alunecări de teren (prelucrare după <b>Lee și Jones, 2004; Glade ș.a., 2005, Van Westen ș.a., 2006 și Corominas ș.a., 2013</b> ); cu roșu sunt reprezentate zonele unde prezentul raport aduce contribuții.                               | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Harta geografică a Podișului Moldovei cu detalierea unor elemente prezentate în acest studiu.                                                                                                                                                                                                                                                 | 15 |
| <b>Figura 3.</b> Tipologia alunecărilor de teren după tipul materialului și a mecanismului mișcării (adaptare după <b>Cruden și Varnes, 1996</b> , și <a href="https://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_BGS_classify_landslides.html">https://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_BGS_classify_landslides.html</a> , cu permisiunea British Geological Survey). | 17 |
| <b>Figura 4.</b> Cădere de roci în malul ravenei dezvoltate în cornișa alunecării Băiceni (jud. Iași).                                                                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| <b>Figura 5.</b> Cădere de loess în cornișa alunecării de teren Berza ( <b>Niculiță și Mărgărint, 2017a</b> ) (jud. Botoșani).                                                                                                                                                                                                                                 | 18 |
| <b>Figura 6.</b> Cădere de pământ pe malul Bahluietului la Mădârjești (jud. Iași).                                                                                                                                                                                                                                                                             | 19 |
| <b>Figura 7.</b> Cădere de grohotiș și de roci pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași).                                                                                                                                                                                                                                                       | 19 |
| <b>Figura 8.</b> Căderi de roci și formare de trene de grohotiș în malul ravenei care formează promontoriul Cetățuiei Cucuteniene de la Băiceni (jud. Iași).                                                                                                                                                                                                   | 20 |
| <b>Figura 9.</b> Răsturnări ale malului unei ravene în cuveta Iazului de la Odaie, pe valea Iazul Mare la est de Vicoleni (jud. Botoșani).                                                                                                                                                                                                                     | 20 |
| <b>Figura 10.</b> Alunecare rotațională (colaps) care afectează un deluviu de alunecare pe țărmul lacului Podu Iloaiei (jud. Iași).                                                                                                                                                                                                                            | 21 |
| <b>Figura 11.</b> Retrăgerea malului râului Valea Cetățuiei prin căderi și răsturnări, cu formarea unei alunecări complexe și afectând Cetatea Vladnic (jud. Vaslui).                                                                                                                                                                                          | 21 |
| <b>Figura 12.</b> Alunecare de tip extindere în două generații afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoișești (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                   | 22 |
| <b>Figura 13.</b> Alunecare de tip extindere în două generații afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoișești (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                | 22 |
| <b>Figura 14.</b> Alunecare rotațională pe valea Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                                                                   | 23 |
| <b>Figura 15.</b> Alunecare rotațională pe valea Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                                                                | 24 |
| <b>Figura 16.</b> Alunecare translațională pe valea Roșior, la nord-vest de Bogonos (jud. Iași); imediat amonte de alunecare se observă tranșee din Al Doilea Război Mondial; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                         | 24 |
| <b>Figura 17.</b> Alunecare translațională pe valea Petroșița, la nord-vest de Bogonos (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                                                                | 25 |
| <b>Figura 18.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epureni (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                  | 25 |
| <b>Figura 19.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epureni (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                               | 26 |
| <b>Figura 20.</b> Alunecare de tip curgere pe valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                                             | 26 |
| <b>Figura 21.</b> Alunecare de tip curgere pe valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                                          | 27 |
| <b>Figura 22.</b> Alunecare de tip curgere pe valea Dobrovăț, la sud de Dobrovăț (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                                                                         | 27 |
| <b>Figura 23.</b> Alunecare de tip curgere pe valea Dobrovăț, la sud de Dobrovăț (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                                                                      | 28 |
| <b>Figura 24.</b> Curgere pe versantul drept al văii Tabăra la sud de Blaga (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                                                                              | 28 |
| <b>Figura 25.</b> Curgere pe versantul drept al văii Tabăra la sud de Blaga (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                                                                           | 29 |
| <b>Figura 26.</b> Alunecări translaționale și compuse rotaționale-curgeri pe valea Prutului, la nord-vest de Stăniliești (jud. Vaslui); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                                               | 29 |
| <b>Figura 27.</b> Alunecări translaționale și compuse rotaționale-curgeri pe valea Prutului, la nord-vest de Stăniliești (jud. Vaslui); imagine satelitară din arhiva Google Earth.                                                                                                                                                                            | 30 |
| <b>Figura 28.</b> Alunecare compusă translațional-rotatională (stânga) și translațională (dreapta) pe versantul stâng al văii Batca la est de Avântu (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m.                                                                                                                                                     | 30 |



|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 29.</b> Alunecare compusă translațional-rotatională (stânga) și translațională (dreapta) pe versantul stâng al văii Batca la est de Avântu (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. .... | 31 |
| <b>Figura 30.</b> Curgeri și alunecări-curgeri pe Coasta Rușilor la nord de Belcești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                    | 31 |
| <b>Figura 31.</b> Curgeri și alunecări-curgeri pe Coasta Rușilor la nord de Belcești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                 | 32 |
| <b>Figura 32.</b> Alunecare-curgere de sol pe masa alunecării complexe Costești. ....                                                                                                                              | 32 |
| <b>Figura 33.</b> Alunecare translațională de sol pe cornișa alunecării complexe Costești. ....                                                                                                                    | 33 |
| <b>Figura 34.</b> Alunecare complexă cu o extindere laterală de 3,3 km în bazinul Brânza Roșie, la vest de Sângeri (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                      | 33 |
| <b>Figura 35.</b> Alunecare complexă cu o extindere laterală de 3,3 km în bazinul Brânza Roșie, la vest de Sângeri (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                   | 34 |
| <b>Figura 36.</b> Idem Figura 34 cu focus pe partea dreaptă; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                         | 34 |
| <b>Figura 37.</b> Idem Figura 35 cu focus pe partea dreaptă; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                      | 35 |
| <b>Figura 38.</b> Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona nordică; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                        | 35 |
| <b>Figura 39.</b> Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona nordică; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                     | 36 |
| <b>Figura 40.</b> Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona sudică; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                         | 36 |
| <b>Figura 41.</b> Alunecarea complexă Berza (jud. Botoșani), în zona sudică ; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                     | 37 |
| <b>Figura 42.</b> Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul median spre sud. ....                                                                            | 37 |
| <b>Figura 43.</b> Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul sudic spre nord. ....                                                                            | 37 |
| <b>Figura 44.</b> Detaliu privind morfologia masei alunecate și a cornișei alunecării complexe Berza din sectorul median spre nord. ....                                                                           | 38 |
| <b>Figura 45.</b> Pantă inversată pe corpul alunecării de teren complexe Berza. ....                                                                                                                               | 38 |
| <b>Figura 46.</b> Deformare gravitațională de versant pe Coasta Moldavă, la sud de Hârlău (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                               | 39 |
| <b>Figura 47.</b> Elementele unei alunecări de teren, exemplificate pe o alunecare rotațională (reproducere după Cruden și Varnes, 1996). ....                                                                     | 40 |
| <b>Figura 48.</b> Alunecare rotațională pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași). ....                                                                                                  | 41 |
| <b>Figura 49.</b> Profil topografic prin alunecarea rotațională de pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași). ....                                                                       | 42 |
| <b>Figura 50.</b> Cartarea alunecării rotaționale de pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași), utilizând imaginile satelitare de mare rezoluție din arhiva Google Earth. ....           | 42 |
| <b>Figura 51.</b> Delimitarea alunecării rotaționale pe versantul văii Petroșița, la vest de Coarnele Caprei (jud. Iași) reprezentată tridimensional. ....                                                         | 43 |
| <b>Figura 52.</b> Cornișa alunecării de tip curgere de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași). ....                                                                                     | 44 |
| <b>Figura 53.</b> Piciorul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași), care debușează în ravena Poiana Mănăstirii. ....                                       | 45 |
| <b>Figura 54.</b> Cornișa unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă și fragmentarea masei alunecate, cu apariția “treptelor”. ....               | 46 |
| <b>Figura 55.</b> Flancul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă diferența de rugozitate dintre versantul neafectat și masa alunecată. ....   | 46 |
| <b>Figura 56.</b> Piciorul și degetul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași). ....                                                                        | 47 |
| <b>Figura 57.</b> Corpul unei alunecări rotaționale de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași); se remarcă o rugozitate variabilă pe diferite sectoare ale aceste mase alunecate. ....   | 47 |
| <b>Figura 58.</b> Cornișa alunecării relicte de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii – Șanțuri (jud. Iași). ....                                                                                            | 48 |
| <b>Figura 59.</b> Alunecări și arheologie în situl 1 – Trușești, Țugueta (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                              | 49 |
| <b>Figura 60.</b> Alunecări și arheologie în situl 3 – Cotu Copălău, Jorovlea (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                         | 50 |
| <b>Figura 61.</b> Alunecări și arheologie în situl 5 – Cotnari, Dealul Cătălina (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                       | 51 |
| <b>Figura 62.</b> Alunecări și arheologie în situl 2 – Stâncești (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                                      | 52 |
| <b>Figura 63.</b> Alunecări și arheologie în situl 6 – Băiceni, Cetățuie (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                              | 53 |
| <b>Figura 64.</b> Alunecări și arheologie în situl 7 – Costești, Cier (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                                 | 54 |
| <b>Figura 65.</b> Alunecări și arheologie în situl 8 – Moșna, Cetățuia (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                                                | 55 |
| <b>Figura 66.</b> Alunecări și arheologie în situl 9 - Poiana Mănăstirii, Între Șanțuri (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                               | 56 |
| <b>Figura 67.</b> Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării inventarului și topografiei (Niculiță ș.a., 2016a). ....                                                                                   | 57 |
| <b>Figura 68.</b> Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2016a): A – depozit arheologic, T – terasă, S – silit compactat, G – calcarenite. ....                                     | 58 |
| <b>Figura 69.</b> Alunecări și arheologie în siturile S12a – Dersca, La Pisc și 12b – Dersca, Berezna (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                 | 59 |
| <b>Figura 70.</b> Alunecări și arheologie în situl 10 - Fundul Herții, La Redută (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                                      | 60 |
| <b>Figura 71.</b> Alunecări și arheologie în situl 11 – Scutari, Ghețarie (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                                             | 61 |
| <b>Figura 72.</b> Alunecări și arheologie în situl 13 – Corlățeni, Movila Cetății (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                                     | 62 |
| <b>Figura 73.</b> Alunecări și arheologie în situl 18 – Cotnari, Horodiștea (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                                           | 63 |
| <b>Figura 74.</b> Alunecări și arheologie în situl 19a – Filiași, Dealul Mare (Boghiului) (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                             | 64 |
| <b>Figura 75.</b> Alunecări și arheologie în situl 20 – Hăbășești, la Siliște (Niculiță ș.a., 2019c). ....                                                                                                         | 65 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 76.</b> Alunecări și arheologie în situl 17 – Todirești, La Șanțuri (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                          | 66 |
| <b>Figura 77.</b> Alunecări și arheologie în situl 14 – Plugari, Movila Balș (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                           | 67 |
| <b>Figura 78.</b> Alunecări și arheologie în situl 15 – Prăjeni, Movila Robului (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                        | 68 |
| <b>Figura 79.</b> Alunecări și arheologie în situl 16 – Coarnele Caprei, Movila Boului (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                 | 69 |
| <b>Figura 80.</b> Alunecări și arheologie în situl 22 - Crețești de Sus, Dealul Cetății (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                | 70 |
| <b>Figura 81.</b> Alunecări și arheologie în situl 23 - Vladnic (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                                        | 71 |
| <b>Figura 82.</b> Alunecări și arheologie în situl 21 – Pocreaca, Punct Cetățuia (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                       | 72 |
| <b>Figura 83.</b> Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                                | 73 |
| <b>Figura 84.</b> Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                                | 74 |
| <b>Figura 85.</b> Imagini achiziționate în teren pe parcursul validării (Niculiță ș.a., 2019c).                                                                                                                                                                | 75 |
| <b>Figura 86.</b> Gresii (wacke și cuarțarenite) la Stâncești (jud. Botoșani) din Formațiunea argilelor de Darabani-Mitoc.                                                                                                                                     | 78 |
| <b>Figura 87.</b> Gresii (wacke) cu intercalații cuarțarenitice la Stâncești (jud. Botoșani) din Formațiunea argilelor de Darabani-Mitoc.                                                                                                                      | 78 |
| <b>Figura 88.</b> Baza Formațiunii Argilelor cu Cryptomactra în cornișa alunecării de teren Berza.                                                                                                                                                             | 79 |
| <b>Figura 89.</b> Harta geologică a ariei metropolitane a județului Iași (după <b>Harta Geologică a României, scara 1:200 000</b> ).                                                                                                                           | 81 |
| <b>Figura 90.</b> Coloana lito-stratigrafică în zona orașului Iași (Ionesi ș.a., 2005): a – gresii, b – intercalații de nisip, c - nisip, d – silit/mudstone, e – calcare oolitice și calcarenite, f - cinerite.                                               | 82 |
| <b>Figura 91.</b> Harta geologică a orașului Iași (după <b>Necula și Niculiță, 2017</b> ).                                                                                                                                                                     | 83 |
| <b>Figura 92.</b> Stratificația argilelor cu Cryptomactra în baza carierei Vlădiceni; exemplu tipic de mudstones; se remarcă schimbarea de culoare, de la gri-albastru (vânt) spre maro pe măsură ce crește alterarea spre suprafață.                          | 83 |
| <b>Figura 93.</b> Alternanță tipică din cadrul Formațiunii Argilelor cu Cryptomactra între nisipuri compacte și silturi compacte (mudstone/siltstone); se remarcă schimbarea culorii gri-albastru la alterare, dar și culoarea maronie a nisipurilor compacte. | 84 |
| <b>Figura 94.</b> Contactul din cadrul Formațiunii Argilelor cu Cryptomactra între nisipuri compacte și silturi compacte (mudstone/siltstone).                                                                                                                 | 84 |
| <b>Figura 95.</b> Contactul dintre Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra și Formațiunea de Bârnova-Muntele în cariera Vlădiceni; se observă că acest contact este o discontinuitate de eroziune și se remarcă schimbarea de culoare a mudstones-urilor.        | 85 |
| <b>Figura 96.</b> Deschiderea în Formațiunea de Bârnova-Muntele într-o carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești (jud. Iași).                                                                                                                              | 85 |
| <b>Figura 97.</b> Trecere tipică de la silt compact (siltstone/mudstone) la nisip compact în Formațiunea de Bârnova-Muntele.                                                                                                                                   | 86 |
| <b>Figura 98.</b> Deformări post-sedimentare în Formațiunea de Bârnova-Muntele (carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești, jud. Iași).                                                                                                                     | 86 |
| <b>Figura 99.</b> Deformări post-sedimentare în Formațiunea de Bârnova-Muntele (carieră lângă DJ248C la intrarea în Mogoșești, jud. Iași)                                                                                                                      | 87 |
| <b>Figura 100.</b> Carieră în Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra lângă DC91, Lungani (Jud. Iași) la ieșire spre Goești; se remarcă stratificația suborizontală.                                                                                             | 87 |
| <b>Figura 101.</b> Carieră în Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra lângă DC91, Lungani (Jud. Iași) la ieșire spre Goești.                                                                                                                                     | 87 |
| <b>Figura 102.</b> Stratificație nisipuri compacte (gri) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).                                                                                       | 88 |
| <b>Figura 103.</b> Contactul între nisipuri compacte (gri) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).                                                                                     | 88 |
| <b>Figura 104.</b> Deformări post-sedimentare în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).                                                                                                                             | 89 |
| <b>Figura 105.</b> Stratificație nisipuri compacte (maro deschis) și siltite compacte (maro) în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC94, Prigoreni, jud. Iași, la ieșire spre Rediu).                                                                  | 89 |
| <b>Figura 106.</b> Nisipuri compacte masive în Formațiunea cu Cryptomactra (carieră lângă DC91, Lungani, la ieșire spre Goești).                                                                                                                               | 90 |
| <b>Figura 107.</b> Formațiunea Calcarelor de Repedea în Cariera Repedea (jud. Iași).                                                                                                                                                                           | 90 |
| <b>Figura 108.</b> Calcarul de Repedea în cornișa alunecării de la Poiana Mănăstirii (jud. Iași).                                                                                                                                                              | 90 |
| <b>Figura 109.</b> Calcarul de Repedea aflorând într-o ravenă de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii.                                                                                                                                                  | 91 |
| <b>Figura 110.</b> Coloana litologică din Dl. Mare-Hârlău (Ștefan, 1989; Ionesi ș.a., 2005).                                                                                                                                                                   | 92 |
| <b>Figura 111.</b> Microrudite de Dealul Mare - Hârlău din cornișa alunecării de la Todirești (jud. Iași).                                                                                                                                                     | 93 |
| <b>Figura 112.</b> Nisipurile de Humosu din cornișa alunecării de la Todirești (jud. Iași); se remarcă și prezența unui strat de calcarenit, imediat peste stratul de nisip.                                                                                   | 93 |
| <b>Figura 113.</b> Oolite de Hârlău în cornișa alunecării complexe de la Costești (jud. Iași).                                                                                                                                                                 | 94 |
| <b>Figura 114.</b> Oolite de Hârlău aflorând într-o ravenă de pe cornișa alunecării complexe de la Costești (jud. Iași).                                                                                                                                       | 94 |
| <b>Figura 115.</b> Nisipurile și argilele de Băiceni aflorând la sud de Costești (jud. Iași).                                                                                                                                                                  | 95 |
| <b>Figura 116.</b> Argilele de Băiceni la Giurgești (jud. Iași).                                                                                                                                                                                               | 96 |
| <b>Figura 117.</b> Nisipuri kersoniene cu posibil dike într-o carieră de pe partea dreaptă a DJ244D, la ieșire din Huși spre Bobești, pe versantul stâng al văii Lohanului la sud de alunecarea Duda-Epurenii.                                                 | 97 |
| <b>Figura 118.</b> Depozite kersoniene (nisipuri compacte cu intercalații grezoase cu foliație) în cornișa alunecării Duda-Epurenii.                                                                                                                           | 98 |
| <b>Figura 119.</b> Depozite kersoniene (nisipuri compacte cu intercalații grezoase) din masa alunecată a alunecării Duda Epurenii.                                                                                                                             | 99 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 120.</b> Intercalații grezoase deformate post-sedimentar, în nisipurile kersoniene dintr-o carieră de pe partea dreaptă a DJ244D, la ieșire din Huși spre Bobești, pe versantul stâng al văii Lohanului la sud de alunecarea Duda-Epurenii. ....                       | 99  |
| <b>Figura 121.</b> Formațiuni pontiene la Aldești (jud. Galați): mudstones cu intercalații de nisipuri compacte. ....                                                                                                                                                            | 100 |
| <b>Figura 122.</b> Nisipuri romaniene la Aldești (jud. Galați). ....                                                                                                                                                                                                             | 100 |
| <b>Figura 123.</b> Contextul geografic și geomorfologic al zonei Păușești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                         | 101 |
| <b>Figura 124.</b> Contextul geografic și geomorfologic al zonei Păușești; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                      | 101 |
| <b>Figura 125.</b> Cariera de la Păușești văzută din albia pârâului Săuzeni; se remarcă poziția carierei pe cornișa de alunecare adiacentă culmii interfluviale. ....                                                                                                            | 102 |
| <b>Figura 126.</b> Cariera de la Păușești văzută de pe culme; în fundal se observă coada Iazului Dumești și o parte din intravilanul satului Dumești; se remarcă solul de culme, solul de versant, și culoarea galbenă a loessului; nu se evidențiază stratigrafic cornișa. .... | 102 |
| <b>Figura 127.</b> Vedere a bazei carierei, unde apare aflorată Formațiunea de Bârnova-Muntele. ....                                                                                                                                                                             | 102 |
| <b>Figura 128.</b> Formațiunea de Bârnova-Muntele puternic alterată în baza peretelui carierei. ....                                                                                                                                                                             | 103 |
| <b>Figura 129.</b> Alunecare complexă la nord-vest de Mitoc (jud. Botoșani) de tip glimee; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                         | 104 |
| <b>Figura 130.</b> Alunecare complexă care acoperă întreg versantul văii Prutului, la est de Bajura; se remarcă treptele de stratificație a rocii; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                 | 104 |
| <b>Figura 131.</b> Alunecare complexă care acoperă versantul văii Prutului la est de Baratca; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                      | 105 |
| <b>Figura 132.</b> Alunecare complexă care acoperă versantul Dl. Hăpăi, la sud de Străteni (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                        | 105 |
| <b>Figura 133.</b> Alunecarea complexă Todirești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                  | 106 |
| <b>Figura 134.</b> Morfologia părții superioare a alunecării de teren complexe Todirești, cu terase conforme stratificației geologice a straturilor de nisip compact. ....                                                                                                       | 106 |
| <b>Figura 135.</b> Cornișa alunecării complexe Todirești și monticuli prezenți ca resturi ale unor pachete compacte de rocă geologică desprinse din cornișă și rămase pe planurile de stratificație; locația acestui monticul apare în Figura 89 cu mențiunea “monticul”. ....   | 106 |
| <b>Figura 136.</b> Roca geologică în loc (nisipuri cu intercalații de gresii) pe treptele alunecării complexe Todirești (jud. Iași); locația apare în Figura 89 cu mențiunea “roca în loc”. ....                                                                                 | 107 |
| <b>Figura 137.</b> Succesiune laterală de alunecări complexe pe Coasta Iașilor, la sud de Hărpășești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                  | 107 |
| <b>Figura 138.</b> Regionarea după <b>Posea și Badea (1982, 1984)</b> , <b>Badea ș.a. (2001-2012)</b> , <b>Posea (2005)</b> , digitizată de Bogdan Candrea, Petronela Candrea și Mihai Daniel Niță (geospatial.org). ....                                                        | 109 |
| <b>Figura 139.</b> Regionarea după Geografia României vol. I-VI și <b>Posea (2005)</b> , digitizată de Mihai Niculiță (geomorphologyonline.com). ....                                                                                                                            | 109 |
| <b>Figura 140.</b> Legenda clasificării Hammond implementată prin metodologia propusă de <b>Karagulle ș.a. (2017)</b> . ....                                                                                                                                                     | 110 |
| <b>Figura 141.</b> Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de <b>Karagulle ș.a. (2017)</b> pentru teritoriul României cu subdiviziunile propuse de noi. ....                                                                                                  | 111 |
| <b>Figura 142.</b> Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de <b>Karagulle ș.a. (2017)</b> pentru teritoriul Podișului Moldovei. ....                                                                                                                         | 113 |
| <b>Figura 143.</b> Clasificarea Hammond implementată prin metodologia propusă de <b>Karagulle ș.a. (2017)</b> pentru teritoriul Dealurilor Jijiei. ....                                                                                                                          | 113 |
| <b>Figura 144.</b> Alunecări de teren influențate de adâncirea râului Cotacu amonte de vărsarea acestuia în Bahluiet, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești, la nord de satul Giurgești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                            | 114 |
| <b>Figura 145.</b> Alunecări de teren influențate de adâncirea râului Cotacu la vărsarea acestuia în Bahluiet, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești, la nord de satul Giurgești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                | 115 |
| <b>Figura 146.</b> Cădere de grohotiș și de roci pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași), declanșate de adâncirea râului. ....                                                                                                                                  | 115 |
| <b>Figura 147.</b> Alunecări de teren recente declanșate de adâncirea râului Cotacu, pe versantul nord-estic al Dl. Giurgești. ....                                                                                                                                              | 115 |
| <b>Figura 148.</b> Cădere de grohotiș și de roci și alunecare de tip extindere pe malul râului Cotacu, la nord de Giurgești (jud. Iași). ....                                                                                                                                    | 116 |
| <b>Figura 149.</b> Alunecarea malului râului canalizat Goești, la Goești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                       | 116 |
| <b>Figura 150.</b> Alunecare de mal al canalului râului Goești, la Goești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                      | 117 |
| <b>Figura 151.</b> Alunecarea versantului Dl. Coșeri, declanșată de eroziunea canalului râului Cacaina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași). ....                                                                                         | 117 |
| <b>Figura 152.</b> Micro-alunecare în malul canalului râului Cacaina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași). ....                                                                                                                           | 118 |
| <b>Figura 153.</b> Situația topografică a canalului râului Cacaina (Zahorna), în lateralul iazului Căpitanului, amonte de Vânători (jud. Iași) și a alunecării versantului Dl. Coșeri; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                             | 118 |
| <b>Figura 154.</b> Alunecarea de teren Șipote, declanșată și întreținută de adâncirea și eroziunea laterală a albiei râului Miletin (Șipote, jud. Iași) – imagine aeriană din 2019. ....                                                                                         | 119 |
| <b>Figura 155.</b> Alunecarea de teren Șipote (Șipote, jud. Iași), în 2012 așa cum apare pe umbrirea MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m; se remarcă față de <b>Figura 154</b> alunecare incipientă a cornișei, fapt ce arată că alunecarea este activă, dar lentă. ....             | 119 |
| <b>Figura 156.</b> Ravena Valea Sârbilor, la sud-est de Brăești (jud. Iași) ; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                      | 120 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 157.</b> Ravena Valea Sârbilor, la sud-est de Brătești (jud. Iași) ; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 120 |
| <b>Figura 158.</b> Alunecări translaționale în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 121 |
| <b>Figura 159.</b> Alunecare rotațională în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 121 |
| <b>Figura 160.</b> Alunecare rotațională de tip colaps, în malul ravenei Valea Sârbilor, la sud de Brătești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 121 |
| <b>Figura 161.</b> Valea Mălăria, afluent al Hobancei, la nord de Adam (jud. Galați); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 122 |
| <b>Figura 162.</b> Valea Mălăria, afluent al Hobancei, la nord de Adam (jud. Galați); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 122 |
| <b>Figura 163.</b> Alunecări de teren declanșate de adâncirea ravenei Valea Cetății Vladnic, la est de Corni-Albești (jud. Vaslui). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 123 |
| <b>Figura 164.</b> Alunecări de teren influențate de adâncirea ravenei Valea Cetății Vladnic, la est de Corni-Albești (jud. Vaslui). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 123 |
| <b>Figura 165.</b> Alunecări simetrice (pe ambele maluri) ale ravenei Nastea la est de Poiana cu Cetate (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 124 |
| <b>Figura 166.</b> Detaliu al alunecării care afectează carosabilul și taluzul DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni (jud. Botoșani). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 124 |
| <b>Figura 167.</b> Carosabil și taluz afectate de alunecări de teren pe DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni (jud. Botoșani). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 124 |
| <b>Figura 168.</b> Detalii topografice ale alunecărilor de teren complexe intersectate de DN 29D (Botoșani-Ștefănești), la intrarea în localitatea Stăuceni; detalii privind dinamica actuală studiată cu ajutorul DinSAR se regăsesc în <b>Necula ș.a. (2018b)</b> ; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                    | 125 |
| <b>Figura 169.</b> Alunecări de teren pe DN 29D (Botoșani-Ștefănești), în localitatea Drislea. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 125 |
| <b>Figura 170.</b> Detalii topografice ale alunecărilor de teren translaționale intersectate de DN 29D (Botoșani-Ștefănești), în localitatea Drislea; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 126 |
| <b>Figura 171.</b> Detalii topografice ale alunecărilor de teren complexe intersectate de DC 49 (Mogoșești-Hadâmbu), la intrarea în localitatea Hadâmbu; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 126 |
| <b>Figura 172.</b> Alunecările de teren complexe intersectate de DC 49 (Mogoșești-Hadâmbu), la intrarea în localitatea Hadâmbu; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 127 |
| <b>Figura 173.</b> Alunecarea din primăvara 2017 a materialului utilizat la reconstrucția taluzului DC 49 după alunecarea din 2014. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 127 |
| <b>Figura 174.</b> Detalii topografice ale alunecării de teren intersectate de drumul comunal de la ieșire din Găureni spre Miroslava (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 128 |
| <b>Figura 175.</b> Situația din teren a alunecării de teren intersectate de drumul comunal de la ieșire din Găureni spre Miroslava (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 128 |
| <b>Figura 176.</b> Situația topografică a sectorului DN24 între Păun și Poieni, situat amonte de cornișa unui alunecări complexe, cu numeroase reactivări, ultima între 2005 și 2009 (km 175 – <b>Cozar, 2014</b> ); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                     | 129 |
| <b>Figura 177.</b> Cariera de argile în lateralul DJ248B între Lețcani și Cucuteni, care a determinat reactivarea masei alunecate a unei alunecări vechi, pre-medievale (a se vedea capitolul dedicat datărilor). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 129 |
| <b>Figura 178.</b> Alunecarea părții superioare a unei carierei de argilă de la sud de intravilanul localității Răducăneni. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 130 |
| <b>Figura 179.</b> Alunecare declanșată de o carieră din lateralul DC10 Popricani-Rediul Mitropoliei. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 130 |
| <b>Figura 180.</b> Alunecări pe versantul văii Gurguiata, la est de Maxut (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 131 |
| <b>Figura 181.</b> Alunecare declanșată de Iazul C1, pe versantul văii Gurguiata, la est de Maxut (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 131 |
| <b>Figura 182.</b> Iaz amonte de alunecări, pe valea râului Nucșoara, la nord de localitatea Plugari (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 132 |
| <b>Figura 183.</b> Baraj de iaz ancorat pe alunecare de teren, pe valea Doina, la sud de localitatea Doina (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 132 |
| <b>Figura 184.</b> Iaz sedimentat amonte de alunecări pe Valea lui Matei, la nord de localitatea Plugari (Jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 133 |
| <b>Figura 185.</b> Situația topografică a Iazului Mihăilă (Iazul lui Dumnezeu); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 133 |
| <b>Figura 186.</b> Ortofotoplan vizibil (2013) la rezoluție de 50 cm/pixel (sursa: <a href="https://portal.geomil.ro/">https://portal.geomil.ro/</a> ) pentru alunecarea Duda-Epureni. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 135 |
| <b>Figura 187.</b> Ortofotoplan infraroșu apropiat (2013) la rezoluție de 50 cm/pixel (sursa: <a href="https://portal.geomil.ro/">https://portal.geomil.ro/</a> ) pentru alunecarea Duda-Epureni. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 135 |
| <b>Figura 188.</b> Reprezentarea alunecărilor de teren de pe versantul vestic al Dealului Păun pe imagini aeriene și pe imagini satelitare ( <b>Niculiță ș.a., 2018a</b> ); pe imaginea aeriană din 1984 se pot observa alunecări de tip curgere. ....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 136 |
| <b>Figura 189.</b> Reprezentarea unei alunecări de teren translaționale de pe versantul stâng al acumulării Chirița pe imagini satelitare și pe imagini aeriene sau MNT LiDAR ( <b>Niculiță ș.a., 2018a</b> ); imaginile aeriene sunt din 1964; alunecarea de pe versantul Chirița are în proximitate o carieră de nisipuri, care poate foarte ușor asociată unei alunecări de teren pe imaginile aeriene, dar validarea în teren și recunoașterea pe MNT LiDAR pot releva adevărata natură a acestei morfologii. .... | 137 |
| <b>Figura 190.</b> Reprezentarea unor alunecări de teren rotaționale și cu tendință de curgere situate la nord de satul Rusenii Noi, comuna Holboca (jud. Iași) pe imagini aeriene și satelitare ( <b>Niculiță ș.a., 2018a</b> ); aceste alunecări, apărute ca reactivări ale unor cornișe de alunecări vechi, sunt latente la ora actuală, unele stabilizate de vegetația forestieră. ....                                                                                                                            | 138 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 191.</b> Reprezentarea unei alunecări de teren rotaționale de tip colaps, declanșată de adâncirea albiei pâraului Orzeni, comuna Holboca (Niculiță ș.a., 2018a); această alunecare declanșată după 1964 și înainte de 1984, a fost ulterior eliminată prin remodelarea versantului. .... | 138 |
| <b>Figura 192.</b> Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul stâng al văii Pârâului Morii. ....                                                                                                                                                                       | 139 |
| <b>Figura 193.</b> Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; ortofotoplan ANCP, 2003, rezoluție 0,5 m. ....                                                                                                                                      | 139 |
| <b>Figura 194.</b> Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2010. ....                                                                                                                              | 140 |
| <b>Figura 195.</b> Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2014. ....                                                                                                                              | 140 |
| <b>Figura 196.</b> Alunecare de tip curgere la sud de Secuieni (jud. Bacău), pe versantul văii Pârâului Morii; imagine satelitară din arhiva Google Earth, 2019. ....                                                                                                                              | 141 |
| <b>Figura 197.</b> Diferența de rezoluție dată de metoda de achiziție la aceeași rezoluție spațială de 0,25 cm: stânga – umbrire MNT LiDAR, dreapta – umbrire MNT SfM (Mărgărint ș.a., 2020) pentru un areal de pe versantul sudic al Dl. Poiana Mănăstirii (jud. Iași). ....                      | 142 |
| <b>Figura 198.</b> Alunecare de tip extindere în două generații ( <b>Figura 12</b> ) afectată de reactivări de tip translațional pe valea Petrișoara, la vest de Stoiești (jud. Vaslui): vizualizare de ansamblu. ....                                                                             | 142 |
| <b>Figura 199.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată ( <b>Figura 18</b> ) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): imagine de ansamblu. ....                                                                                              | 143 |
| <b>Figura 200.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată ( <b>Figura 18</b> ) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): vizualizare laterală. ....                                                                                             | 143 |
| <b>Figura 201.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată ( <b>Figura 18</b> ) pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): vizualizare frontală. ....                                                                                             | 143 |
| <b>Figura 202.</b> Masa alunecării translaționale Duda-Epurenii. ....                                                                                                                                                                                                                              | 144 |
| <b>Figura 203.</b> Cornișă alunecării rotaționale Duda-Epurenii. ....                                                                                                                                                                                                                              | 144 |
| <b>Figura 204.</b> Flancul alunecării rotaționale Duda-Epurenii. ....                                                                                                                                                                                                                              | 145 |
| <b>Figura 205.</b> Cornișă alunecării translaționale Duda-Epurenii. ....                                                                                                                                                                                                                           | 145 |
| <b>Figura 206.</b> Alunecare rotațională cu o reactivare translațională pe masa alunecată pe valea Lohan, la nord-vest de Duda-Epurenii (jud. Vaslui): vizualizare din amonte de cornișă. ....                                                                                                     | 145 |
| <b>Figura 207.</b> Fisuri în corpul alunecării translaționale Duda-Epurenii. ....                                                                                                                                                                                                                  | 146 |
| <b>Figura 208.</b> Detalii relevate de imaginile sub-centimetrice obținute din dronă. ....                                                                                                                                                                                                         | 146 |
| <b>Figura 209.</b> Alunecare-curgere pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași): vizualizare din lateralul cornișei. ....                                                                                                                                                                        | 147 |
| <b>Figura 210.</b> Degetul alunecării-curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                | 147 |
| <b>Figura 211.</b> Cornișă alunecării translaționale -curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                | 147 |
| <b>Figura 212.</b> Alunecare translațională-curgere de pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                 | 148 |
| <b>Figura 213.</b> Alunecare-curgere pe versantul Jijiei la Tipilești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                | 148 |
| <b>Figura 214.</b> Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                 | 149 |
| <b>Figura 215.</b> Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                              | 149 |
| <b>Figura 216.</b> Alunecare compusă de tip rotațional-curgere pe valea Iuncani, la vest de Buruienești (jud. Iași); imagine aeriană din dronă. ....                                                                                                                                               | 150 |
| <b>Figura 217.</b> Reactivarea de tip extindere și rotațională a alunecării complexe Hăbășești, declanșată în 1930; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                  | 151 |
| <b>Figura 218.</b> Cornișă alunecării de tip extindere de la Hăbășești. ....                                                                                                                                                                                                                       | 151 |
| <b>Figura 219.</b> Vizualizare din lateral a alunecărilor de la Hăbășești. ....                                                                                                                                                                                                                    | 152 |
| <b>Figura 220.</b> Fisură în cornișă alunecării de tip extindere de la Hăbășești. ....                                                                                                                                                                                                             | 152 |
| <b>Figura 221.</b> Alunecările rotaționale de tip colaps de la nord de fortificația Moșna (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                        | 153 |
| <b>Figura 222.</b> Cornișă unei reactivări recente a alunecărilor de pe versantul nordic al Dl. Țugueta, pe care se află așezarea cucuteniană de la Trușești (jud. Botoșani). ....                                                                                                                 | 153 |
| <b>Figura 223.</b> Drenajul apelor de pe platoul Țugueta, determină infiltrarea apei în zona de cornișă (se observă două găuri de piping) a alunecărilor recente din situl cucutenian Trușești (jud. Botoșani). ....                                                                               | 154 |
| <b>Figura 224.</b> Arealul în care deversează apa găurile de piping din <b>Figura 223</b> . ....                                                                                                                                                                                                   | 154 |
| <b>Figura 225.</b> Alunecare recentă care afectează valul de pământ al Cetății Stăncești ( <b>Figura 62</b> ), într-o zonă în care șanțul determină drenajul apelor, favorizând reactivarea cornișei. ....                                                                                         | 155 |
| <b>Figura 226.</b> Vizualizare de ansamblu a alunecării translaționale de pe versantul stâng al acumulării Chirița (reprezentată în <b>Figura 189</b> ). ....                                                                                                                                      | 155 |
| <b>Figura 227.</b> Baza alunecării de la nord-vest de Movila lui Burcel (jud. Vaslui), secționată de construcția drumului comunal. ....                                                                                                                                                            | 155 |
| <b>Figura 228.</b> Structură de suprapunere în masa alunecării de la nord-vest de Movila lui Burcel (jud. Vaslui). ....                                                                                                                                                                            | 156 |
| <b>Figura 229.</b> Alunecări de tip alunecare-curgere la est de Codăești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                            | 156 |
| <b>Figura 230.</b> Alunecări de tip alunecare-curgere la est de Codăești; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                         | 157 |
| <b>Figura 231.</b> Secțiune prin masa alunecată de tip alunecare-curgere de la est de Codăești. ....                                                                                                                                                                                               | 157 |
| <b>Figura 232.</b> Structuri de suprapunere în masa alunecării de la Codăești, declanșată în 1980. ....                                                                                                                                                                                            | 157 |
| <b>Figura 233.</b> Situații stratigrafice cu depozite de umplutură coluvială a bazei cornișei, și cu relevarea geometriei acestora și a masei alunecate (a – arealul Costuleni, b – arealul Hoisești). ....                                                                                        | 158 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 234.</b> Carieră de împrumut în alunecarea Holm. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 158 |
| <b>Figura 235.</b> Prezența argilelor cu Cryptomactra (la aprox. 2 m adâncime față de topografia inițială în alunecarea Holm). ....                                                                                                                                                                                                                                 | 159 |
| <b>Figura 236.</b> Alunecarea de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) ( <b>Figura 20</b> ) văzută de pe versantul opus. ....                                                                                                                                                                                      | 159 |
| <b>Figura 237.</b> Alunecarea de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) ( <b>Figura 20</b> ) văzută din lateral. ....                                                                                                                                                                                               | 160 |
| <b>Figura 238.</b> Secțiune prin masa acumulată a alunecării de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) ( <b>Figura 20</b> ). ....                                                                                                                                                                                   | 160 |
| <b>Figura 239.</b> Deschidere a masei acumulate a alunecării de tip curgere valea Rediu, la vest de zona Mihail Sadoveanu, Municipiul Iași (jud. Iași) ( <b>Figura 20</b> ). ....                                                                                                                                                                                   | 160 |
| <b>Figura 240.</b> Secționare masei alunecate relevă existența mai multor reactivări, rezultând depozite de alunecare stratificate, cu paleosoluri dezvoltate între reactivări (sus stânga – arealul Cucuteni, sus dreapta – arealul Podu Iloaiei, jos – arealul Răducăneni). ....                                                                                  | 161 |
| <b>Figura 241.</b> Cornișa alunecării complexe Băiceni în zona Cetățuiei Cucuteniene, cu reactivări vechi și recente; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                 | 162 |
| <b>Figura 242.</b> Secțiune a masei alunecate Băiceni, aval de cornișă, deschisă în malul unei ravene; pe lângă niveluri de grohotiș de calcare oolitice și cuarțarenite, apar și straturi compacte de nisip de nisip de Băiceni cu suprafețe de alunecare. ....                                                                                                    | 162 |
| <b>Figura 243.</b> Deschidere în deluvii de alunecare Țicău pe strada Hotin, nr. 31; în colțul din dreapta se pot observa peste sol, deponii, iar la baza deschiderii este prezentă Argila cu Cryptomactra alterată; la 2 adâncime sub platforma săpăturii Argila cu Cryptomactra este nealterată (vizibilă la săparea unor găuri pentru piloți de susținere). .... | 163 |
| <b>Figura 244.</b> Cartierul Țicău în zona Str. Hotin; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                             | 163 |
| <b>Figura 245.</b> Cartierul Țicău în zona Str. Hotin; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                | 164 |
| <b>Figura 246.</b> Argile cu Cryptomactra pe Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnuțiu, 103. ....                                                                                                                                                                                                                                             | 164 |
| <b>Figura 247.</b> Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnuțiu; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                   | 165 |
| <b>Figura 248.</b> Versantul Dl. Copou (Iași) în zona Țicău – Str. Simion Bărnuțiu; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                | 165 |
| <b>Figura 249.</b> Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra aflorând într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                        | 166 |
| <b>Figura 250.</b> Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra aflorând într-o ravenă de pe versantul drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                | 166 |
| <b>Figura 251.</b> Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra intens alterată Cotârgaci într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                       | 167 |
| <b>Figura 252.</b> Mudstones intercalate cu nisipuri în Formațiunea Argilelor cu Cryptomactra intens alterată Cotârgaci într-o carieră de la baza versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași). ....                                                                                                                                  | 167 |
| <b>Figura 253.</b> Situația topografică a versantului drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                 | 168 |
| <b>Figura 254.</b> Versantul drept al Bahluiețului la Cotârgaci, Comuna Bălțați (jud. Iași); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                       | 168 |
| <b>Figura 255.</b> Alunecări declanșate de adâncirea unei ravene în versantul sud-vestic al Dl. Podișul Șoldănești, la nord de localitatea Șoldănești (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                | 169 |
| <b>Figura 256.</b> Mudstones din Formațiunea Argilelor de Darabani-Mitoc, aflorând într-o treaptă de rocă a malului ravenei afectat de alunecări de teren translaționale din <b>Figura 255</b> . ....                                                                                                                                                               | 169 |
| <b>Figura 257.</b> Alunecare translațională în malul ravenei de la Șoldănești ( <b>Figura 255</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                           | 170 |
| <b>Figura 258.</b> Fisuri în cornișa unei alunecări translaționale din malul ravenei de la Șoldănești ( <b>Figura 255</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                   | 170 |
| <b>Figura 259.</b> Alunecare complexă pe versanții nordici, nord-estici și nord-vestici ai Dealului Balta lui Ciocan, la nord-est de Victoria, comuna Stăuceni (jud. Botoșani); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                       | 171 |
| <b>Figura 260.</b> Alunecare complexă pe versanții nordici, nord-estici și nord-vestici ai Dealului Balta lui Ciocan, la nord-est de Victoria, comuna Stăuceni (jud. Botoșani); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                    | 171 |
| <b>Figura 261.</b> Investigația geofizică a alunecării de teren complexe Băiceni ( <b>Niculită ș.a., 2019c</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                              | 173 |
| <b>Figura 262.</b> Harta detaliată a alunecării de teren complexe Băiceni ( <b>Niculită ș.a., 2019c</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                     | 174 |
| <b>Figura 263.</b> Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni. ....                                                                                                                                                                                                                                                | 174 |
| <b>Figura 264.</b> Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                       | 175 |
| <b>Figura 265.</b> Reactivare translațională pe o alunecare rotațională a cornișei alunecării complexe Băiceni; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                    | 175 |
| <b>Figura 266.</b> Probă de material lemnos prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași). .                                                                                                                                                                                                                                | 178 |
| <b>Figura 267.</b> Probă de material lemnos prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași). .                                                                                                                                                                                                                                | 178 |
| <b>Figura 268.</b> Probă de material vegetal incarbonizat prelevată din depozitele de terasă care acoperă alunecare fosilă Costești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                               | 179 |
| <b>Figura 269.</b> Cochilie prelevată din depozitele de albăie majoră aval de alunecarea fosilă Costești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                          | 179 |
| <b>Figura 270.</b> Probă bulk din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 180 |
| <b>Figura 271.</b> Probă de acizi fulvici+humici din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                    | 180 |
| <b>Figura 272.</b> Probă de humine din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 181 |
| <b>Figura 273.</b> Probă de macrovegetale din solul aluvial prins sub alunecarea Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                                                                                           | 181 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 274.</b> Probă bulk din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași). .....                                                                                                                                                                                        | 182 |
| <b>Figura 275.</b> Probă acizi fulvici+humici din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași). .....                                                                                                                                                                        | 182 |
| <b>Figura 276.</b> Probă humine din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași). .....                                                                                                                                                                                      | 183 |
| <b>Figura 277.</b> Probă macrovegetale din paleosolul din masa alunecării Lețcani (jud. Iași). .....                                                                                                                                                                               | 183 |
| <b>Figura 278.</b> Probă de material lemnos prins în matrice argiloasă. ....                                                                                                                                                                                                       | 184 |
| <b>Figura 279.</b> Contextul geomorfologic al alunecării fosile de la Costești (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                   | 186 |
| <b>Figura 280.</b> Malul albici majore a râului Bahluiet în perimetrul alunecării fosile de la Costești (jud. Iași) și localizarea probelor în depozitul de terasă care acoperă masa alunecată. ....                                                                               | 187 |
| <b>Figura 281.</b> Contextul geomorfologic al alunecării de la Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                            | 188 |
| <b>Figura 282.</b> Contextul geomorfologic al alunecării de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                  | 189 |
| <b>Figura 283.</b> Continuitatea solului fosil (linie întreruptă) al alunecării recente de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași); cu linie continuă subțire în imaginea de sus sunt figurate planuri de încălecare în masa de alunecare, iar cu dreptunghiul roșu locația probării. .... | 190 |
| <b>Figura 284.</b> Locația probării solului îngropat (dreptunghiul roșu din imaginea dreapta sus) din masa alunecării recente de la Cucuteni-Lețcani (jud. Iași). ....                                                                                                             | 191 |
| <b>Figura 285.</b> Utilizarea pistonului prelevator pentru obținerea de probe în cazul alunecării de la Breazu (jud. Iași). ....                                                                                                                                                   | 192 |
| <b>Figura 286.</b> Poziționarea geografică a siturilor databile cu metoda radiocarbon (cu linie groasă de culoare roz este reprezentată limita Podișului Moldovei). ....                                                                                                           | 193 |
| <b>Figura 287.</b> Alunecarea de teren Strunga (jud. Iași), alunecare de tip eveniment, de mari dimensiuni cu potențial de a avea o vârstă Holocen inferioară; aceasta a barat valea râului Lupul, fiind ulterior incizată de acesta. ....                                         | 194 |
| <b>Figura 288.</b> Baza alunecării de teren Strunga (jud. Iași), care a fost probată cu ajutorul unui șanț de 4 m adâncime, dar care probabil are contactul cu lunca văii Lupului, la peste 10 m adâncime, astfel că nu a putu fi surprins cu ajutorul forajelor manuale. ....     | 194 |
| <b>Figura 289.</b> Detaliu al șanțului de probare al alunecării de teren Strunga (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                                 | 195 |
| <b>Figura 290.</b> Alunecarea de teren Tăutești (jud. Iași), care acoperă albia majoră a râului Tăutești. ....                                                                                                                                                                     | 195 |
| <b>Figura 291.</b> Alunecarea de teren de la Brăești (jud. Iași), de pe Valea Sârbilor, care acoperă aproape total lunca. ....                                                                                                                                                     | 196 |
| <b>Figura 292.</b> Alunecarea de teren de la sud de Bălțați (jud. Iași) a cărei picior care acoperă lunca locală este incizat de ravene discontinue. ....                                                                                                                          | 196 |
| <b>Figura 293.</b> Alunecare de teren la nord de Dădești, care acoperă albia râului Cucuteni. ....                                                                                                                                                                                 | 197 |
| <b>Figura 294.</b> Alunecare care acoperă albia râului Moimești, la nord de localitatea Vânători (jud. Iași). ....                                                                                                                                                                 | 197 |
| <b>Figura 295.</b> Alunecare de teren care acoperă lunca unul afluent al Lupului, la nord-vest de localitatea Rediu (jud. Iași) .....                                                                                                                                              | 198 |
| <b>Figura 296.</b> Alunecări de teren care au acoperit albia majoră a râului Brezila, și care au fost ulterior incizate, la vest de Stornești (jud. Iași). ....                                                                                                                    | 198 |
| <b>Figura 297.</b> Probarea dendrogeomorfologică: sus – arbore înclinat datorită alunecării, jos –arbore dezvoltat în condiții normale. ....                                                                                                                                       | 200 |
| <b>Figura 298.</b> Carota dendrologică. ....                                                                                                                                                                                                                                       | 201 |
| <b>Figura 299.</b> Carota 1A – amonte arbore înclinat. ....                                                                                                                                                                                                                        | 202 |
| <b>Figura 300.</b> Carota 1B – aval arbore înclinat. ....                                                                                                                                                                                                                          | 202 |
| <b>Figura 301.</b> Carota 2A – amonte arbore normal. ....                                                                                                                                                                                                                          | 202 |
| <b>Figura 302.</b> Carota 2B – amonte arbore normal. ....                                                                                                                                                                                                                          | 202 |
| <b>Figura 303.</b> Interpretarea carotelor 1A (amonte) și 1B (aval) și detaliu privind inelele de creștere. ....                                                                                                                                                                   | 202 |
| <b>Figura 304.</b> Variația lățimii inelelor de creștere din amonte (albastru) și aval (roșu) și a indicelui de excentricitate (negru), pentru carotele 1A și 1B. ....                                                                                                             | 202 |
| <b>Figura 305.</b> Frecvența absolută a reactivării alunecărilor de teren (a) și indicii climatici (b): negru – valoarea maximă lunară a 5 zile consecutive cu precipitații, roșu – valoarea lunară maximă în 24 ore, albastru – suma anuală a precipitațiilor. ....               | 203 |
| <b>Figura 306.</b> Frecvența absolută pe ani a evenimentelor istorice de alunecări de teren. ....                                                                                                                                                                                  | 205 |
| <b>Figura 307.</b> Frecvența absolută pe luni, a evenimentelor istorice de alunecare de teren (acolo unde au fost date pentru reconstituirea). ....                                                                                                                                | 206 |
| <b>Figura 308.</b> Baza de date a alunecărilor istorice: acoperirea la nivel de unitate administrativă LAU2 (Comune + Municipii + Orașe). ....                                                                                                                                     | 207 |
| <b>Figura 309.</b> Vedere aeriană a alunecării Pârcovaci; zona alunecată în decembrie 1996 se află la baza unei alunecări vechi. ....                                                                                                                                              | 208 |
| <b>Figura 310.</b> Situația topografică a alunecării Pârcovaci; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                      | 208 |
| <b>Figura 311.</b> Topografia zonei alunecate în 1999 în satul Todirel, Comuna Ciurea (jud. Iași); umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                   | 209 |
| <b>Figura 312.</b> Locația cornișei alunecării Todirel; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                           | 209 |
| <b>Figura 313.</b> Detaliu pe teren a cornișei alunecării Todirel; cornișa nu depășește 2 metri și este înierbată. ....                                                                                                                                                            | 210 |
| <b>Figura 314.</b> Detaliu de teren al efectelor alunecării Todirel: arbori înclinați. ....                                                                                                                                                                                        | 210 |
| <b>Figura 315.</b> Detaliu de teren al efectelor alunecării Todirel: bulhac; prezența apei freatice care atinge suprafața generând aceste lacuri temporare (Niculiță ș.a., 2010), popular numite bulhace indică existența condițiilor de reactivare. ....                          | 211 |
| <b>Figura 316.</b> Calea ferată Dângeni-Darabani (CFR 609) la intrare în Vlăsinești; se observă alunecările de teren care au afectat terasamentul; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                   | 211 |
| <b>Figura 317.</b> Calea ferată Dângeni-Darabani: alunecări de teren la intrarea în Vlăsinești; imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                   | 212 |
| <b>Figura 318.</b> Calea ferată Dângeni-Săveni, la ieșire din Vlăsinești; umbrire MNT LiDAR cu rezoluție de 0,5 m. ....                                                                                                                                                            | 212 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 319.</b> Vatra părăsită a satului Meleşcani, comuna Dealul Morii (jud. Bacău); vedere aeriană. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 213 |
| <b>Figura 320.</b> Satul Aldeşti, Comuna Bereşti-Meria (jud. Galaţi); vedere aeriană. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 213 |
| <b>Figura 321.</b> Vatra părăsită a satului Aldeşti (jud. Galaţi); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 214 |
| <b>Figura 322.</b> Vatra părăsită a satului Aldeşti (jud. Galaţi) şi topografia alunecărilor; umbrire MNT LiDAR cu rezoluţie de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 214 |
| <b>Figura 323.</b> Vatra părăsită a satului Cârlig (jud. Iaşi); imagine satelitară din arhiva Google Earth. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 215 |
| <b>Figura 324.</b> Vatra părăsită a satului Cârlig (jud. Iaşi) şi topografia alunecărilor; umbrire MNT LiDAR cu rezoluţie de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 215 |
| <b>Figura 325.</b> Alunecarea rotaţională-curgere din intravilanul localităţii Glăvăneşti (Comuna Andrieşeni, jud. Iaşi), declanşată în perioada 1910-1915; umbrire MNT LiDAR cu rezoluţie de 0,5 m. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 216 |
| <b>Figura 326.</b> Alunecarea rotaţională-curgere din intravilanul localităţii Glăvăneşti (Comuna Andrieşeni, jud. Iaşi); imagine aeriană. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 216 |
| <b>Figura 327.</b> Localităţi afectate de alunecări de teren în Podişul Moldovei în perioada contemporană ( <b>Văculişteanu ş.a., 2019</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 217 |
| <b>Figura 328.</b> Repartiţia spaţială a alunecărilor de teren recente. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 218 |
| <b>Figura 329.</b> Harta rusă de la 1828 reprezentând oraşul Iaşi ( <b>Rădvan şi Ciobanu, 2019</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 219 |
| <b>Figura 330.</b> Inventarul alunecărilor de teren recente din Aria Metropolitană Iaşi ( <b>Niculiţă ş.a., 2018a</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 221 |
| <b>Figura 331.</b> Reprezentare sintetică a arheologiei, climei şi activităţii alunecărilor de teren din Podişul Moldovei: (A) cronologia preistoriei şi a istoriei (sintetizată de <b>Niculiţă ş.a. 2016a</b> cu modificări ulterioare după <b>Niculiţă ş.a. 2018; 2019c</b> , (B) culturile arheologice (sintetizate de <b>Niculiţă ş.a. 2016a</b> , (C) sistemul de clasificare Blytt-Sernander ( <b>Schröder ş.a. 2004</b> adaptat pentru România de <b>Tămaş ş.a. 2005</b> ) (B–Bølling, OD–Older Dryas, A–Allerød, YD–Younger Dryas, PB–Preboreal, BR–Boreal, SBR–Subboreal, HCO–Holocene Climatic Optimum, SA–Subatlantic, RWP–Roman Warm Period, MCO–Medieval Climatic Optimum, LIA–Little Ice Age), (D) perioade umede/uscate după reconstituiri paleoclimatice din România după <b>Rădoane ş.a. 2015, Rădoane ş.a. 2017, Tămaş ş.a. 2005, Feurdean ş.a. 2008, Onac ş.a. 2002, Magyari ş.a. 2013</b> şi <b>Braun ş.a. 2013</b> , (E) perioade calde/reci după reconstituiri paleoclimatice din România după <b>Tămaş ş.a. 2005, Feurdean ş.a. 2008, Onac ş.a. 2002</b> , (F) şi (G) activitatea alunecărilor în siturile studiate (numerotate conform <b>Figurii 1</b> ); (H) distribuţia densităţii probabilistice a alunecărilor din Carpaţii vestici (verde închis) şi Apenini (verde deschis) după <b>Pánek (2019)</b> , utilizând date radiocarbon şi elipsele alte metode; (I) datele absolute ale alunecărilor obţinute prin datare radiometrică; (J) modelul propus; limita Pleistocen-Holocen este preluată după <b>Gheorghiu ş.a. (2015)</b> . .... | 233 |
| <b>Figura 332.</b> Secţiunea schematică printr-un versant frunte de cuestă, afectat de modelul retrogresiv al alunecărilor de teren din Podişul Moldovei. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 234 |
| <b>Figura 333.</b> Curba temporală de magnitudine-frecvenţă pentru diverse inventare de pe glob ( <b>Malamud ş.a., 2004a</b> ), pentru inventarul din Podişul Moldovei ( <b>Niculiţă şi Mărgărint, 2014; Mărgărint şi Niculiţă, 2017a</b> ), cu accent pe inventarul alunecărilor datate relativ (foarte vechi, vechi şi recente) prin asocierea cu siturile arheologice ( <b>Niculiţă ş.a., 2016a, 2019c</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 236 |
| <b>Figura 334.</b> Curba temporală de magnitudine-frecvenţă pentru diverse inventare de pe glob ( <b>Malamud ş.a., 2004b</b> ), pentru inventare din Podişul Moldovei ( <b>Mărgărint şi Niculiţă, 2017a; Bejenaru şi Niculiţă, 2017</b> ), cu accent pe inventarul alunecărilor din ultimii 100 ani din Aria Metropolitană Iaşi ( <b>Niculiţă ş.a., 2018a</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 237 |
| <b>Figura 335.</b> Prognoza climatică privind o serie de indici ai precipitaţiilor până în 2070 conform modelului climatic SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR în scenariul RCP 4.5 (stabilizare la 4.5 W/m2 până în 2100, prin măsuri de reducere) ( <b>Niculiţă, 2020</b> ); cu gri este indicată perioada de revenire a unui ciclu umed. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 238 |
| <b>Figura 336.</b> Diferenţele prognozate între perioada 1971-1990 (ROCAD – <b>Dumitrescu şi Bîrsan, 2014</b> ) şi 2030-2050 (modelul climatic SMHI.MPI-M-MPI-ESM-LR) pentru precipitaţiile medii anuale şi cele maxime în 24 ore ( <b>Niculiţă, 2020</b> ). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 239 |



# ANEXE

## ANEXA 1. Rezultatele datărilor

### Costești

(Variables:  $\delta^{13}C = -24.4$  o/oo)

Laboratory number    **Beta-518572**

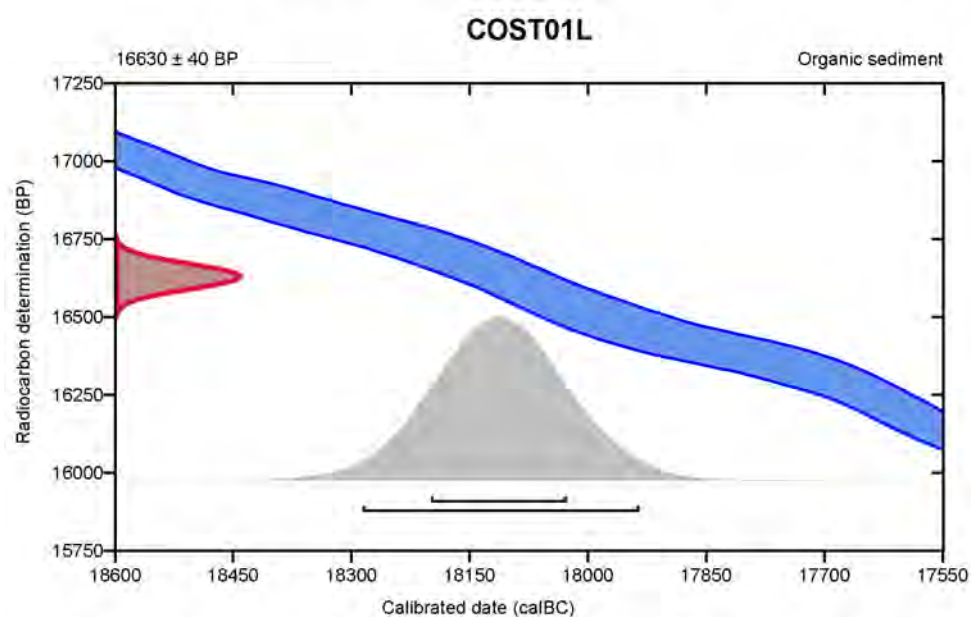
Conventional radiocarbon age    **16630  $\pm$  40 BP**

95.4% probability

(95.4%)    18287 - 17937 cal BC    (20236 - 19886 cal BP)

68.2% probability

(68.2%)    18201 - 18029 cal BC    (20150 - 19978 cal BP)





(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -6.5$  o/oo)

**Laboratory number**      **Beta-518573**

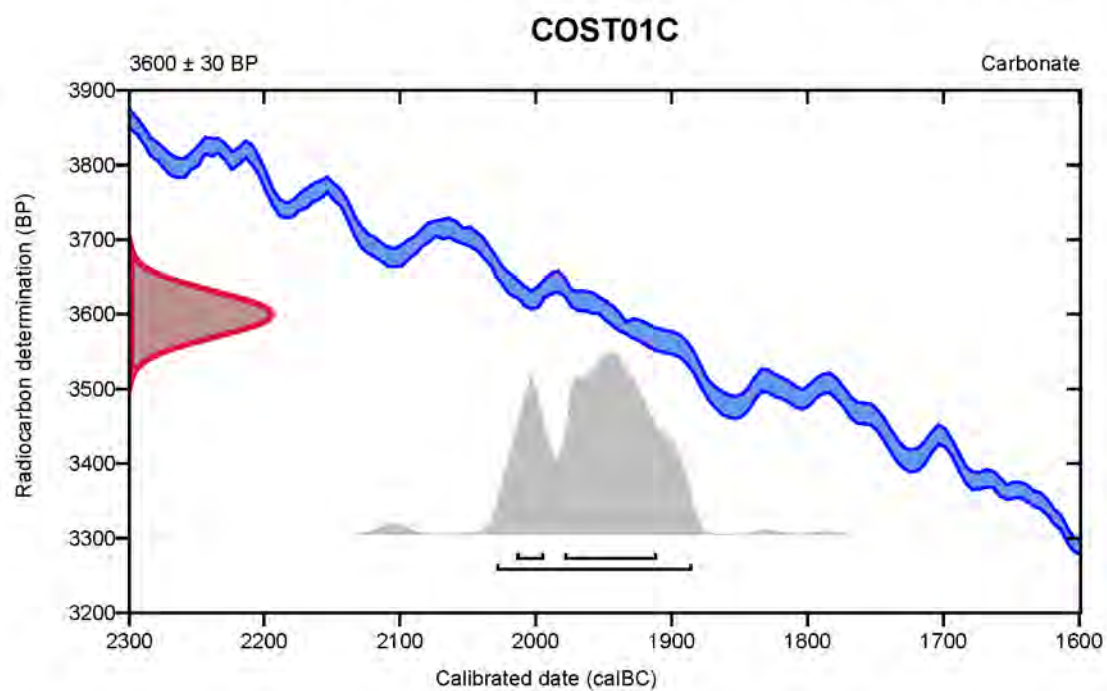
**Conventional radiocarbon age**       **$3600 \pm 30$  BP**

95.4% probability

(95.4%)    2031 - 1887 cal BC                      (3980 - 3836 cal BP)

68.2% probability

(54.3%)    1981 - 1913 cal BC                      (3930 - 3862 cal BP)  
(13.9%)    2016 - 1996 cal BC                      (3965 - 3945 cal BP)





(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -24.6$  o/oo)

**Laboratory number**    **Beta-518574**

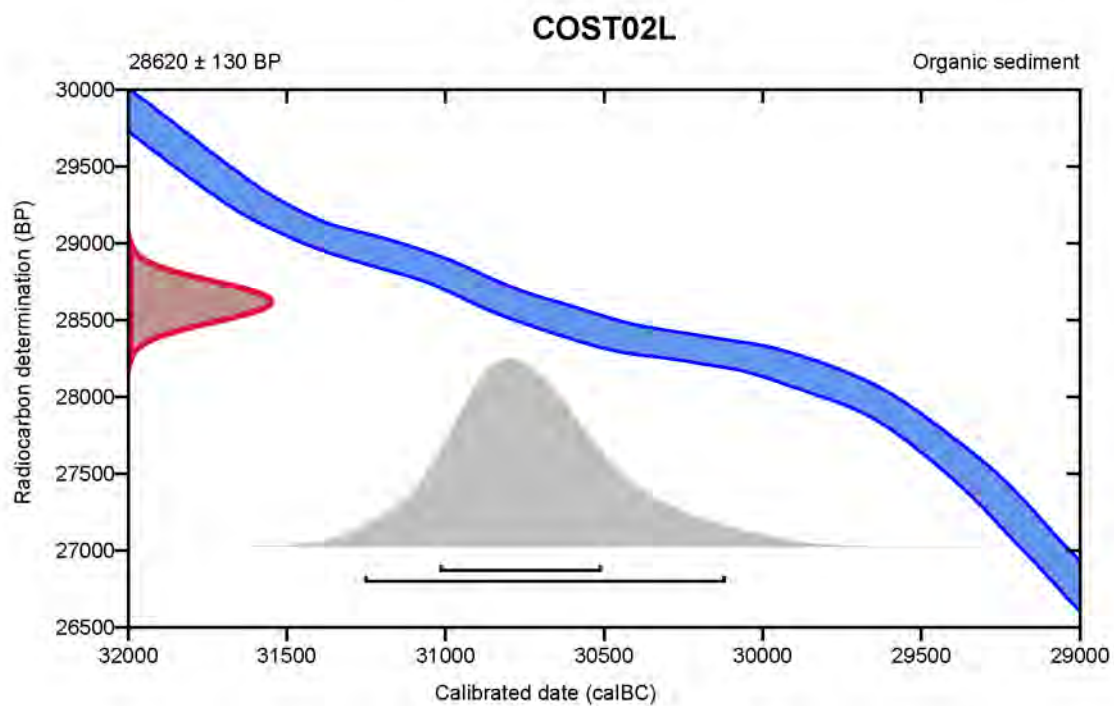
**Conventional radiocarbon age**     **$28620 \pm 130$  BP**

95.4% probability

(95.4%)    31257 - 30120 cal BC    (33206 - 32069 cal BP)

68.2% probability

(68.2%)    31020 - 30510 cal BC    (32969 - 32459 cal BP)





(Variables: d13C = -25.1 o/oo)

**Laboratory number**      **Beta-518575**

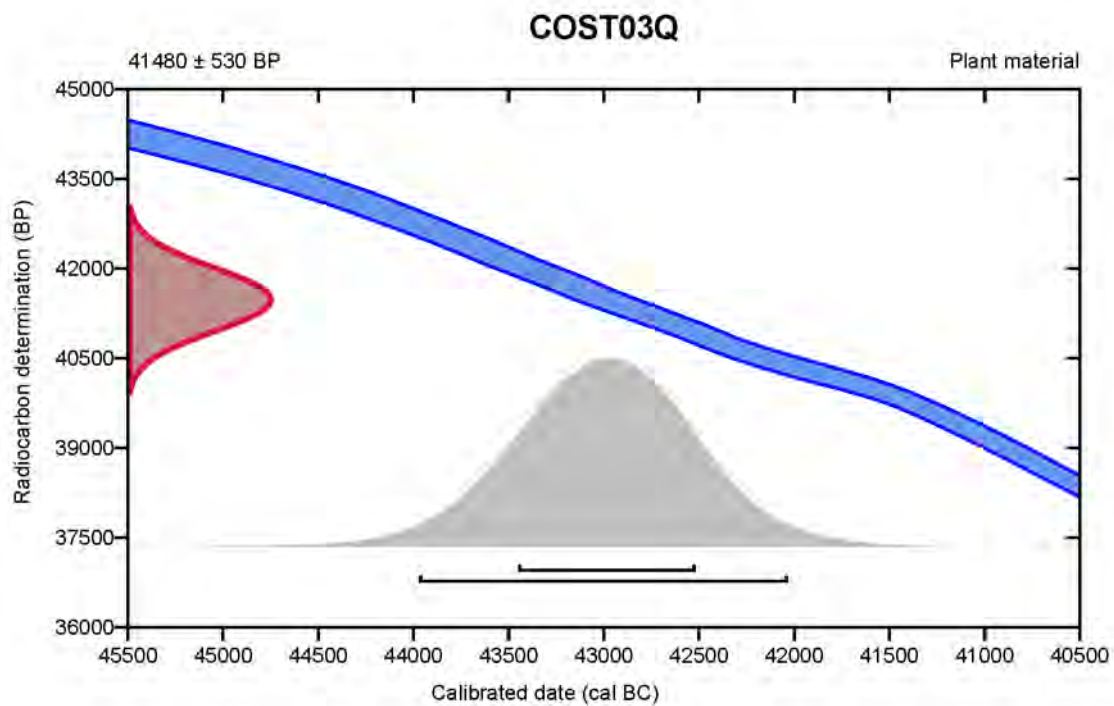
**Conventional radiocarbon age**      **41480 ± 530 BP**

95.4% probability

(95.4%)    43971 - 42036 cal BC      (45920 - 43985 cal BP)

68.2% probability

(68.2%)    43451 - 42521 cal BC      (45400 - 44470 cal BP)





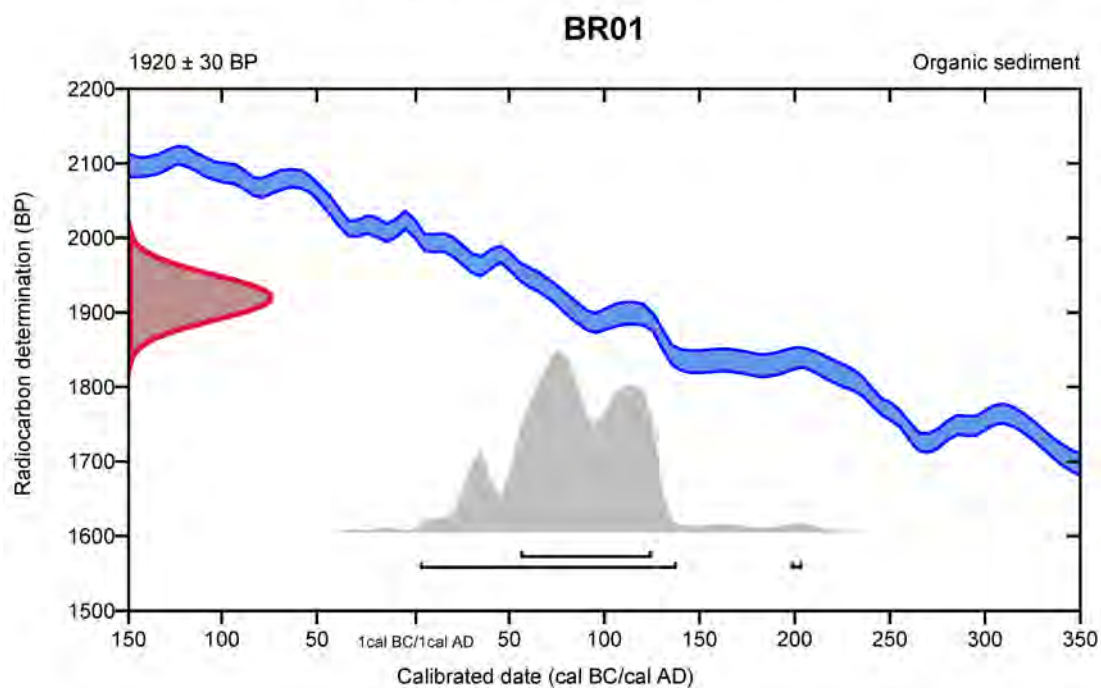
**Breazu**(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -25.6$  o/oo)**Laboratory number    Beta-556262****Conventional radiocarbon age     $1920 \pm 30$  BP**

95.4% probability

|        |                  |                      |
|--------|------------------|----------------------|
| (95%)  | 3 - 138 cal AD   | (1947 - 1812 cal BP) |
| (0.4%) | 198 - 204 cal AD | (1752 - 1746 cal BP) |

68.2% probability

|         |                 |                      |
|---------|-----------------|----------------------|
| (68.2%) | 56 - 125 cal AD | (1894 - 1825 cal BP) |
|---------|-----------------|----------------------|





(Variables: d13C = -27.4 o/oo)

**Laboratory number    Beta-556263**

**Conventional radiocarbon age    2060 ± 30 BP**

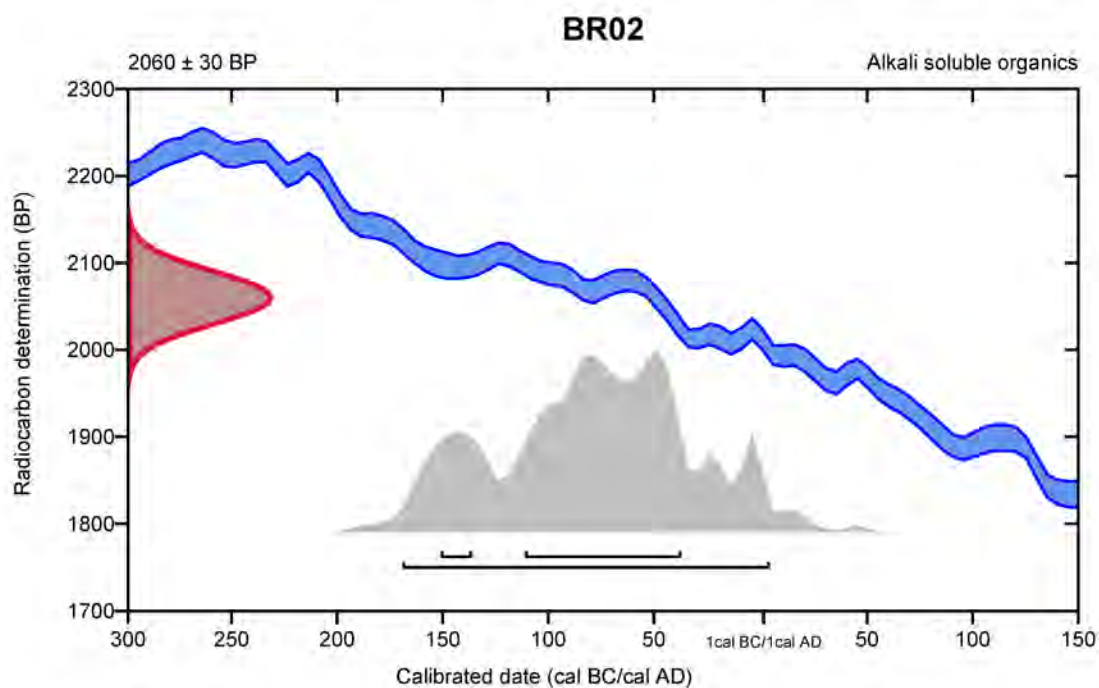
95.4% probability

(95.4%)    171 cal BC - 4 cal AD    (2120 - 1946 cal BP)

68.2% probability

(60.4%)    113 - 39 cal BC    (2062 - 1988 cal BP)

(7.8%)    153 - 138 cal BC    (2102 - 2087 cal BP)





(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -26.0$  o/oo)

**Laboratory number    Beta-556264**

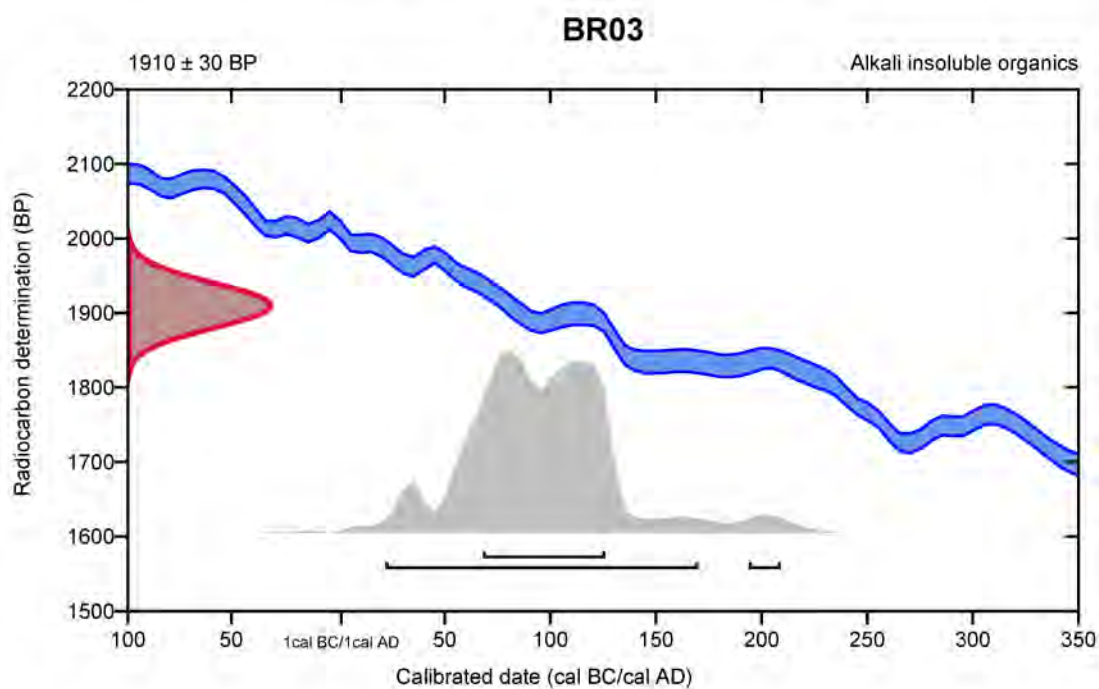
**Conventional radiocarbon age     $1910 \pm 30$  BP**

95.4% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (93.6%) | 22 - 170 cal AD  | (1928 - 1780 cal BP) |
| (1.8%)  | 194 - 209 cal AD | (1756 - 1741 cal BP) |

68.2% probability

|         |                 |                      |
|---------|-----------------|----------------------|
| (68.2%) | 68 - 126 cal AD | (1882 - 1824 cal BP) |
|---------|-----------------|----------------------|





(Variables: d13C = -29.3 o/oo)

**Laboratory number    Beta-557341**

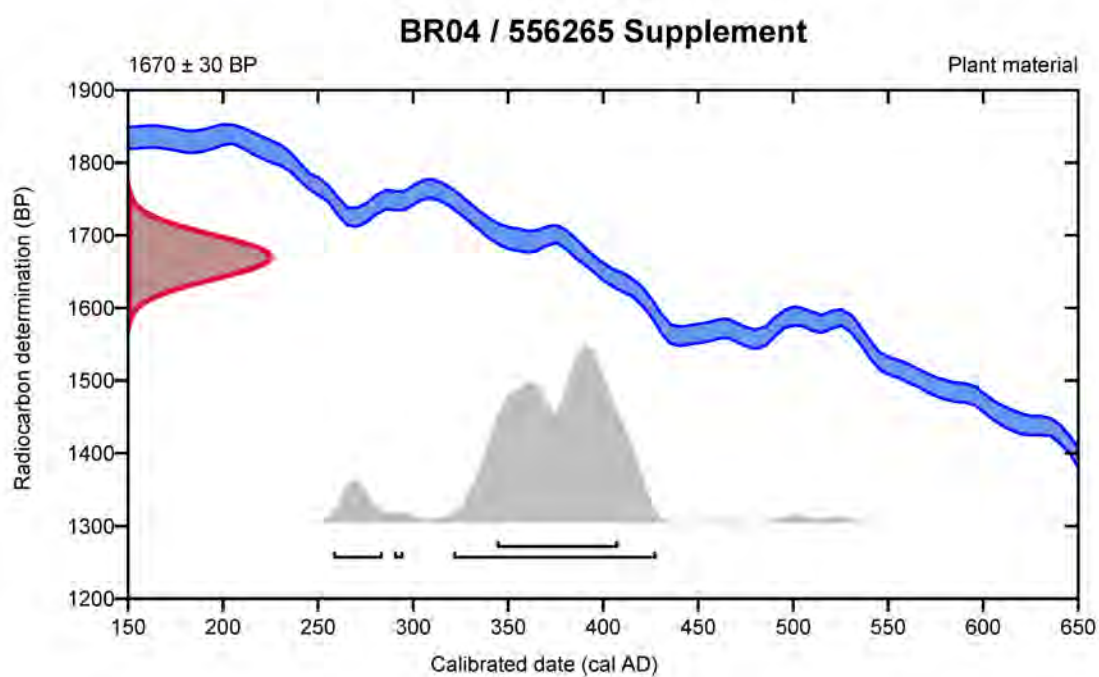
**Conventional radiocarbon age    1670 ± 30 BP**

95.4% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (89.1%) | 321 - 428 cal AD | (1629 - 1522 cal BP) |
| (5.9%)  | 258 - 284 cal AD | (1692 - 1666 cal BP) |
| (0.4%)  | 290 - 295 cal AD | (1660 - 1655 cal BP) |

68.2% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (68.2%) | 344 - 408 cal AD | (1606 - 1542 cal BP) |
|---------|------------------|----------------------|





## Lețcani

BetaCal 3.21

**Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years**

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

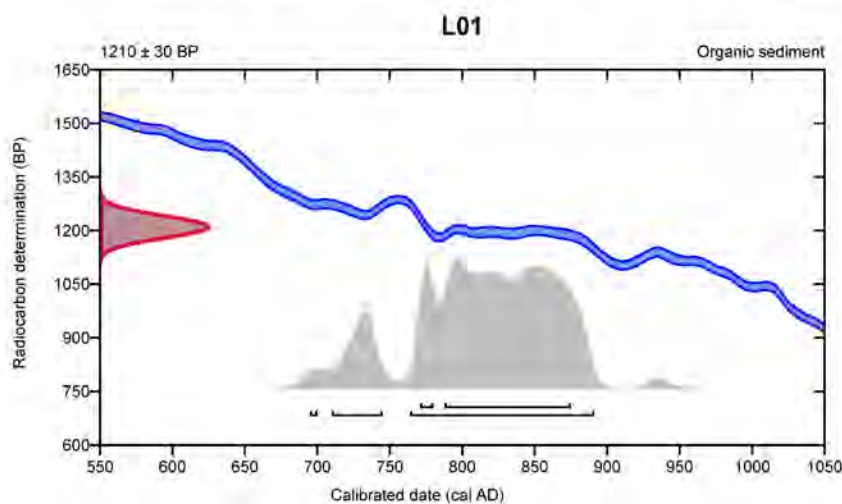
(Variables:  $\delta^{13}C = -26.2$  o/oo)**Laboratory number**    **Beta-542377****Conventional radiocarbon age**    **1210  $\pm$  30 BP**

95.4% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (84%)   | 764 - 891 cal AD | (1186 - 1059 cal BP) |
| (10.8%) | 710 - 745 cal AD | (1240 - 1205 cal BP) |
| (0.6%)  | 695 - 700 cal AD | (1255 - 1250 cal BP) |

68.2% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (61.9%) | 788 - 875 cal AD | (1162 - 1075 cal BP) |
| (6.3%)  | 771 - 780 cal AD | (1179 - 1170 cal BP) |



**Database used**  
INTCAL13

**References****References to Probability Method**Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.**References to Database INTCAL13**Reimer, et al., 2013, *Radiocarbon* 55(4).**Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory**4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: [beta@radiocarbon.com](mailto:beta@radiocarbon.com)

Page 5 of 7



(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -27.6$  o/oo)

**Laboratory number**      **Beta-542378**

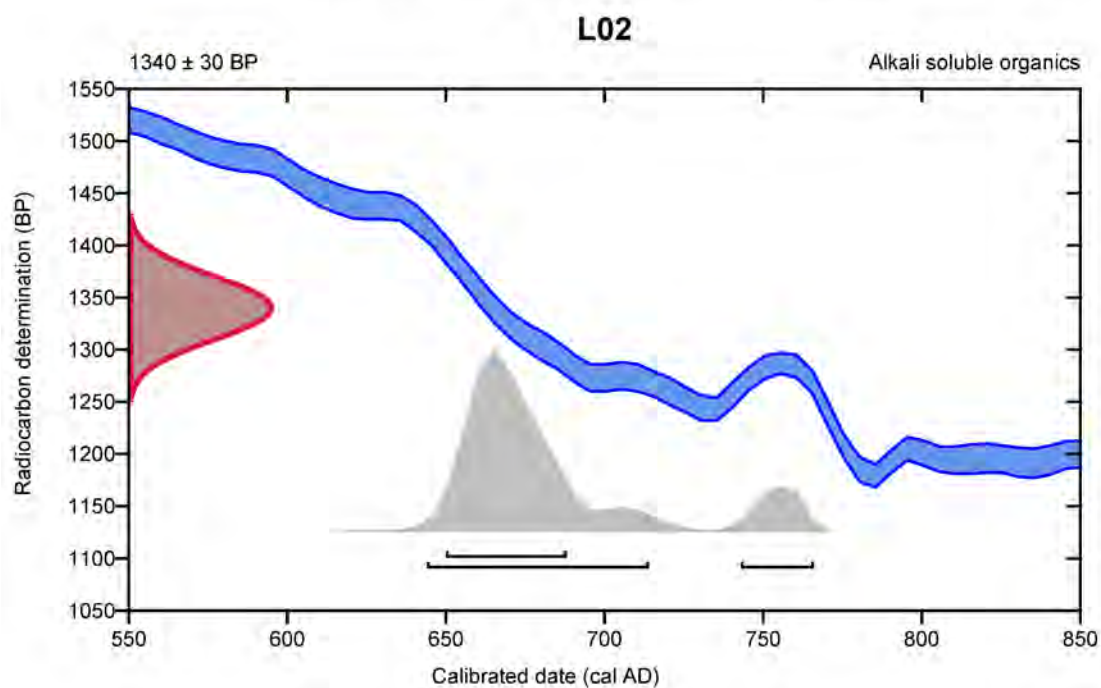
**Conventional radiocarbon age**       **$1340 \pm 30$  BP**

95.4% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (83.8%) | 644 - 714 cal AD | (1306 - 1236 cal BP) |
| (11.6%) | 743 - 766 cal AD | (1207 - 1184 cal BP) |

68.2% probability

|         |                  |                      |
|---------|------------------|----------------------|
| (68.2%) | 650 - 688 cal AD | (1300 - 1262 cal BP) |
|---------|------------------|----------------------|





(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -25.6$  o/oo)

**Laboratory number    Beta-542379**

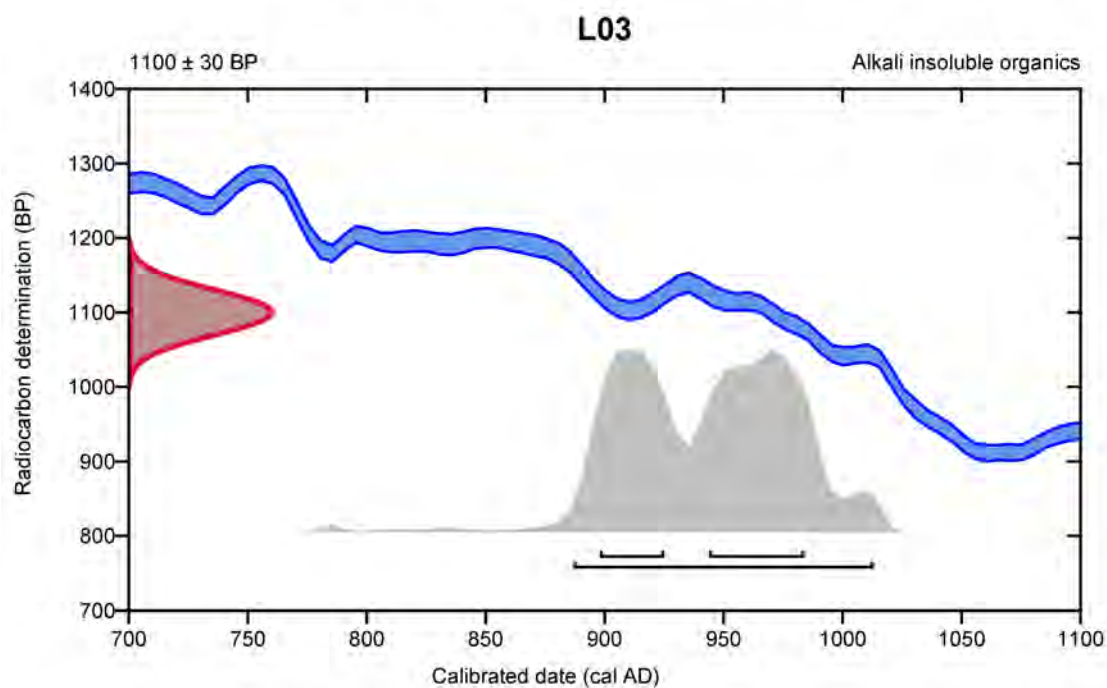
**Conventional radiocarbon age     $1100 \pm 30$  BP**

95.4% probability

(95.4%)    887 - 1013 cal AD    (1063 - 937 cal BP)

68.2% probability

(40.4%)    944 - 984 cal AD    (1006 - 966 cal BP)  
(27.8%)    898 - 925 cal AD    (1052 - 1025 cal BP)





BetaCal 3.21

## Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

(Variables:  $\delta^{13}\text{C} = -25.2$  ‰)

Laboratory number **Beta-544491**

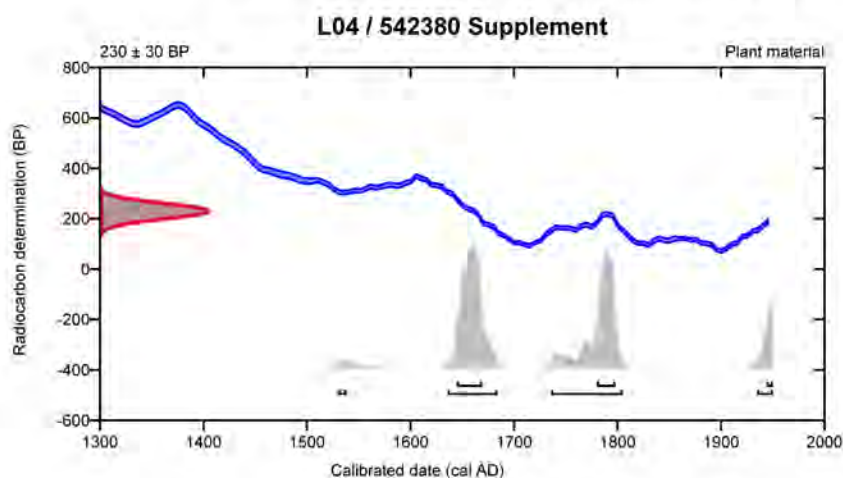
Conventional radiocarbon age  **$230 \pm 30$  BP**

95.4% probability

|         |                         |                      |
|---------|-------------------------|----------------------|
| (45.7%) | 1636 - 1684 cal AD      | (314 - 266 cal BP)   |
| (40.3%) | 1736 - 1805 cal AD      | (214 - 145 cal BP)   |
| (8.7%)  | 1935 - Post cal AD 1950 | (15 - Post cal BP 0) |
| (0.8%)  | 1530 - 1538 cal AD      | (420 - 412 cal BP)   |

68.2% probability

|         |                         |                     |
|---------|-------------------------|---------------------|
| (36.7%) | 1645 - 1669 cal AD      | (305 - 281 cal BP)  |
| (26.4%) | 1780 - 1798 cal AD      | (170 - 152 cal BP)  |
| (5.1%)  | 1944 - Post cal AD 1950 | (6 - Post cal BP 0) |



**Database used**  
INTCAL13

### References

#### References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.

#### References to Database INTCAL13

Reimer, et al., 2013, *Radiocarbon* 55(4).

### Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: [beta@radiocarbon.com](mailto:beta@radiocarbon.com)



---

Bun de tipar: 2020. Apărut: 2020

Editura Tehnopress, str. Pinului nr. 1A, 700109 Iași  
Tel./fax: 0232 260092  
email: [tehnopress@yahoo.com](mailto:tehnopress@yahoo.com)  
[www.tehnopress.ro](http://www.tehnopress.ro)

---





Mihai Niculiță este doctor în Geografie, conferențiar în cadrul Departamentului de Geografie, al Facultății de Geografie și Geologie, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.

Pasionat de geomorfologie încă din liceu, el abordează subiecte geomorfologice din diferite zone ale României.

În cazul de față realizează primele datări ale alunecărilor din Podișul Moldovei și identificând o alunecare de teren de vârstă Pleistocen superioară, la Costești (jud. Iași).

ISBN 978-606-687-433-5

