



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 01124**

(22) Data de depozit: **14/12/2017**

(41) Data publicării cererii:
28/06/2019 BOPI nr. **6/2019**

(71) Solicitant:
• **SOFTWARE DEVELOPMENT AND
RESEARCH CENTRE S.R.L.,**
*SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.296, ET.1,
CAM.8, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO*

(72) Inventatori:
• **FLUERARU CRISTIAN ALEXANDRU,**
*BD.ALEXANDRU OBREGIA NR.5, BL.R14,
SC.2, ET.6, AP.65, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;*

• **TELEAGA DELIA,** *STR.MEHEDINȚI NR.6,
BL.H1, ET.2, SC.3, AP.26, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO;*
• **CRACIUNESCU VASILE,**
*STR.CUZA VODĂ NR.33A,
CÂMPUL LUNG MOLDOVENESC, SV, RO;*
• **SERBAN FLORIN,** *STR.FOIȘORULUI
NR.17, BL.F10C, SC.2, ET.3, AP.52,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;*
• **ENACHE MARIUS,** *BD. BASARABIA
NR.208B, BL.2TITAN, ET.3, AP.13,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;*
• **NEDELCU ION,** *STR. COZLA NR.6, BL.A8,
SC.2, ET.1, AP.21, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO*

(54) **METODĂ DE ELABORARE ȘI LIVRARE A HĂRȚII
DE HAZARD LA ALUNECĂRI DE TEREN, BAZATĂ
PE PRELUCRAREA DATELOR SATELITARE
ȘI A SURSELOR CARTOGRAFICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de elaborare și livrare a unei hărți de hazard la alunecări de teren bazată pe prelucrarea datelor satelitare și a surselor cartografice. Metoda conform invenției cuprinde: inventarierea manifestării locale de pierdere a stabilității, bazată pe prelucrarea de date satelitare tip radar, identificarea schimbării factorilor de influență, silvic și antropic, bazată pe prelucrarea de date satelitare de tip optic, obținerea datelor pentru estimarea valorii și a distribuției geografice a coeficienților silvic și antropic, bazată pe prelucrarea de date satelitare de tip optic, cuantificarea factorilor de influență pentru estimarea valorii coeficienților litologic, geomorfologic, structural, hidrologic și climatic, hidrogeologic, seismic, silvic, și antropic, pe baza informațiilor extrase dintr-o hartă digitală clasificată, obținută prin prelucrarea de date satelitare optice, și din alte surse cartografice, și livrarea hărții către beneficiari prin intermediul unei aplicații informatice.

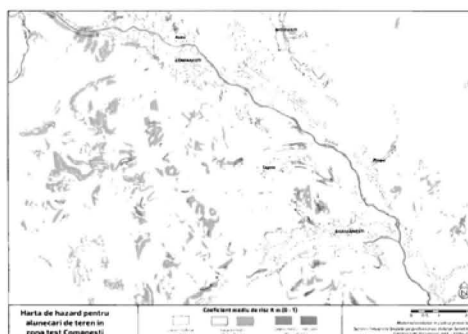


Fig. 22

Revendicări: 1
Figuri: 24

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



**Metoda de elaborare si livrare a harti de hazard la alunecari de teren
bazata pe prelucrarea datelor satelitare si a surselor cartografice**

Inventia se refera la o metoda de elaborare si livrare a harti de hazard la alunecari de teren bazata pe prelucrarea datelor satelitare si a surselor cartografice care cuprinde:

- metoda de inventariere a manifestarii locale de pierdere a stabilitatii - bazata pe prelucrarea datelor satelitare de tip RADAR;
- metoda de identificare a schimbarii factorilor de influenta (sivic si antropic) – bazata pe prelucrarea datelor satelitare de tip optic,
- metoda de obtinere a datelor pentru estimarea valorii si a distributiei geografice a coeficientilor Silvic (Kg) si Antropic (Kh) - bazata pe prelucrarea datelor satelitare de tip optic;
- metoda de cuantificare a factorilor de influenta pentru estimarea valorii coeficientilor $Ka+h$ [litologic (Ka), geomorfologic (Kb), structural (Kc), hidrologic si climatic (Kd), hidrogeologic (Ke), seismic (Kf), silvic (Kg), antropic (Kh)], cu respectarea cerintelor Anexei C la HG 447 / 2003 „Criteriile pentru estimarea potentialului si a probabilitatii de producere a alunecarilor de teren” pe baza informatiilor extrase din harta digitala clasificata [(*) obtinuta prin prelucrarea datelor satelitare optice] si din alte surse cartografice;
- metoda de livrare a hartilor catre beneficiari prin intermediul aplicatiei informatice PORTAL (aplicatia respecta directiva INSPIRE [cod 2004/0175, Directiva a Parlamentului European si a Consiliului de instituire a unei infrastructuri pentru informatii spatiale in Comunitatea Europeana, <http://inspire.ec.europa.eu>];

(*) **Nota:** o numim „clasificata” deoarece harta respectiva cuprinde informatii structurate dupa diverse „clase”/categorii [exemplu: paduri, teren neacoperit (defrisat), constructii; NU are legatura cu legislatia privind informatiile clasificate, cum ar fi de ex. legea nr. 182/2002 privind protectia informatiilor clasificate)]

Sunt cunoscute metode pentru inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii:

- determinari topo-geodezice in-situ,

Sunt cunoscute metode pentru identificarea schimbarii factorilor de influenta si pentru culegerea datelor necesare estimarii valorilor coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh) care constau in:

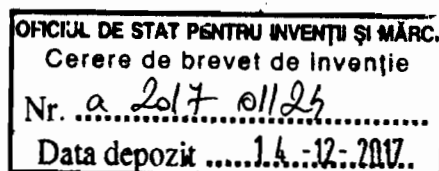
- determinari topo-geodezice in-situ [masuratori topografice, observatii in teren pentru caracterizarea tipului de acoperire: vegetatie (tipul vegetatiei), teren acoperit cu apa, constructii, teren neacoperit];
- fotograme aeriene (camere fotogrametrice imbarcate pe aparat de zbor cu pilot uman la bord, aparatul de zbor are motoare puternice cu ardere interna),

Metoda cunoscuta pentru inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii si pentru identificarea schimbarii factorilor de influenta si pentru estimarea coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh), respectiv metoda bazata pe “determinari topo-geodezice in-situ” (necesita deplasarea unei echipe umane si a echipamentului specializat in punctele de masura) are urmatoarele dezavantaje:

- se face pe suprafete restranse,
- nu toate punctele de masura sunt usor accesibile,
- in zona ariilor naturale protejate accesul poate afecta biodiversitatea,
- au grad redus de automatizare,
- durata de realizare mare,
- au cost ridicat,
- determinarile implica consum de resurse materiale (echipamente, combustibil pentru deplasari, ..etc)
- metoda nu permite monitorizarea periodica a factorilor ce influenteaza gradele de potential (carora le corespunde o anumita probabilitatea de producere a alunecarilor) si nici inventarierea periodica a manifestarii locale de pierdere a stabilitatii.

Metoda cunoscuta pentru estimarea coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh) respectiv metoda bazata pe “fotograme aeriene” are urmatoarele dezavantaje:

- polueaza fonic,
- polueaza cu gaze de ardere,
- consuma combustibili fosili (derivate din petrol),



- determinarile implica consum de resurse materiale (echipamente, aparat de zbor, combustibil pentru deplasari, ..etc)
- durata de realizare mai scazuta comparativ cu metoda bazata pe "determinari topo-geodezice in-situ" si mai ridicata comparativ cu metoda bazata pe prelucrarea datelor satelitare,
- cost mai scazut comparativ cu metoda bazata pe "determinari topo-geodezice in-situ" si mai ridicat comparativ cu metoda bazata pe prelucrarea datelor satelitare.

Sunt cunoscute metode pentru livrarea hartilor digitale:

- livrarea pe CD,
- livrarea prin mijloace electronice (fastupload, wetransfer, ..etc)
- site-uri web cu aplicatii specifice

Metodele cunoscute pentru livrarea hartilor digitale au urmatoarele dezavantaje:

- nu permit manipularea continutului cartografic (pentru manipularea continutului cartografic este necesar ca beneficiarul sa utilizeze pachete software specializate),
- nu sunt conforme cu cerintele directivei INSPIRE (care sa permita interoperabilitatea si schimbul de date la nivel European).

Sunt cunoscute metode pentru estimarea valorii si a distributiei geografice a coeficientilor Ka-h

- metodele tin cont de „Criterile pentru estimarea potentialului si a probabilitatii de producere a alunecarilor de teren” mentionate in Anexa C la HG 447 / 2003 si utilizeaza diverse surse cartografice.

Analizand metodologia de calcul a hartii de hazard conform GT019-98 am observat ca o mare parte a factorilor relevanti care determina fenomenul de alunecare a terenului sunt definiti in mod generic fara a se specifica datele de intrare, lasand multe aspecte la interpretarea realizatorului hartii. Acest lucru poate conduce la neconformitati si la rezultate eronate, lasand anumite zone vulnerabile sau concentrand eforturile de combatere a fenomenului in directii gresite.

O buna parte dintre cei 8 coeficienti enumerati in sectiunea anterioara pot fi pusi in evidenta si cuantificati prin metode bazate pe prelucrarea datelor satelitare in timp ce ceilalti coeficienti pot fi identificati si cuantificati folosind surse cartografice.

Astfel, pentru estimarea urmatoarelor coeficienti Ka-h [litologic (Ka), geomorfologic (Kb), structural (Kc), hidrologic si climatic (Kd), hidrogeologic (Ke), seismic (Kf), silvic (Kg), antropice (Kh)], am construit ipoteze de cuantificare si agregare a factorilor de influenta cu respectarea cerintelor Anexei C la HG 447 / 2003 (Criterile pentru estimarea potentialului si a probabilitatii de producere a alunecarilor de teren).

Problema tehnica pe care o rezolva inventia elaborare harti de hazard consta in realizarea unor procese pentru:

- inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii (bazata pe prelucrarea datelor satelitare RADAR)
 - ✓ inventarierea se poate face in mod periodic,
 - ✓ permite realizarea unui sistem de avertizare privind aparitia unei alunecari de teren,
- estimarea valorii coeficientului silvic (Kg) (bazata pe prelucrarea datelor satelitare optice)
 - ✓ monitorizarea fenomenului de defrisare,
- estimarea valorii coeficientului antropice (Kh) (bazata pe prelucrarea datelor satelitare optice)
 - ✓ monitorizarea realizarii unor constructii de suprafata (inclusiv elemente de infrastructura) care pot afecta stabilitatea solului;
 - ✓ monitorizarea deteriorarii unor elemente de infrastructura (ex. elemente de imbunatatiri functionale) care pot afecta stabilitatea solului;

Problema tehnica pe care o rezolva inventia livrare harti de hazard consta in:

- integrarea unui pachet de instrumente pentru manipularea continutului cartografic si rularea acestor instrumente pe serverul prestatorului, beneficiarul primind prin mijloace electronice (pe baza de cont si parola) continut cartografic facil de analizat si interpretat,
- livrarea hartilor in formate ce permit schimbul de date si interoperabilitatea (prin mijloace electronice) la nivel European,

Metoda de elaborare harti de hazard conform inventiei permite inventarierea periodica a manifestarii locale de pierdere a stabilitatii si monitorizarea periodica a factorilor ce influenteaza gradele de potential, pentru suprafete extinse, eficient din punct de vedere economic, fara poluare si fara afectarea biodiversitatii locale, inlaturand dezavantajele mentionate prin aceea ca:

- inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare de tip RADAR; solutia tehnica bazata pe prelucrarea datelor satelitare RADAR a fost imbunatatita prin dezvoltarea lantului de procesare PUTMCF (Phase Unwrapping using Triangulation and Minimum Cost Flow), respectiv:
 - script pentru a genera folderele necesare,
 - functia C (numita choose_master),
 - scripturile check_master si check_coarse_corell,
 - modificarea functiei Matlab ps_plot din StaMPS,
 fapt ce permite cresterea gradului de automatizare, reducerea timpilor de executie si reducerea costurilor;
 - identificarea schimbarii factorilor de influenta (sivic si antropic) se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare de tip optic,
 - caracterizarea factorilor de influenta pentru estimarea valorii coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh) se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare optic;
- Ansamblul metodelor bazate pe prelucrarea datelor satelitare optic si RADAR **ofera urmatoarele elemente de noutate:**
- ✓ permit investigatii pe suprafete extinse (de ordinul sutelor / miilor de kmp),
 - ✓ sunt complet nepoluante (fonic, gaze de ardere) nu afecteaza biodiversitatea din ariile investigate,
 - ✓ nu consuma combustibili fosili,
 - ✓ au grad foarte ridicat de automatizare,
 - ✓ determinarile nu implica consum de resurse materiale (toate determinarile se fac din satelit),
 - ✓ au durata de realizare scazuta,
 - ✓ au cost scazut,
 - ✓ permit monitorizarea periodica a factorilor ce influenteaza gradele de potential, pentru respectarea HG 447 / 2003, Art. 11, al 3 (Harta de hazard la alunecari de teren se actualizeaza periodic si ori de cate ori intervin modificari ale datelor initiale),
 - cuantificarea factorilor de influenta si agregarea datelor pentru estimarea valorii coeficientilor K_{a-h} [litologic (Ka), geomorfologic (Kb), structural (Kc), hidrologic si climatic (Kd), hidrogeologic (Ke), seismic (Kf), silvic (Kg), antropic (Kh)], metoda **ce ofera urmatorul element de noutate:**
 - ✓ permite obtinerea rezultatului final (harta de hazard la alunecari de teren) in conditii e repetabilitate a rezultatului (elimina factorul subiectiv ce tin ede interpretarea si experienta operatorului),
- si metoda de livrare utilizand solutia informatica PORTAL (WEB), **caracterizata prin aceea ca metoda de livrare ofera urmatoarele elemente de noutate:**
- ✓ permite manipularea continutului, pentru analiza si interpretarea datelor, fara ca beneficiarul sa detina pachete software specializate,
 - ✓ permite schimbul de date cartografice si interoperabilitatea la nivel European.

Inventia, elaborare harti de hazard prezinta urmatoarele avantaje:

- permite investigatii pe suprafete extinse (de ordinul sutelor / miilor de kmp),
- sunt complet nepoluante (fonic, gaze de ardere) nu afecteaza biodiversitatea din ariile investigate,
- nu consuma combustibili fosili,
- au grad foarte ridicat de automatizare,
- determinarile nu implica consum de resurse materiale (toate determinarile se fac din satelit),
- durata de realizare scazuta,
- cost scazut.

Inventia realizata (solutia de livrare a hartilor prin intermediul aplicatiei PORTAL) prezinta urmatoarele avantaje:

- ofera un pachet de facilitati care permit manipularea continutului cartografic cu scopul de a facilita analiza informatiilor (nu necesita achizitionarea sau instalarea altor pachete software),
- respecta intocmai cerintele directivei INSPIRE,

Metoda de elaborare si livrare harti de hazard conform inventiei consta in parcurgerea urmatoarelor etape:

➤ **Inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii**

Inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii se realizeaza cu ajutorul unei harti de deformare care pune in evidenta deplasarea terenului sau deplasarea unor elemente de infrastructura pe directia de vedere a radarului (ΔR), intre doua momente de timp. Harta de deformare se genereaza prin prelucrare datelor satelitare de tip RADAR.

➤ **Identificarea schimbarii factorilor de influenta**

Factorii de influenta sunt cuantificati cu ajutorul coeficientilor de risc Ka-h [litologic (Ka), geomorfologic (Kb), structural (Kc), hidrologic și climatic (Kd), hidrogeologic (Ke), seismic (Kf), silvic (Kg), antropice (Kh)]. Pentru factorii cuantificati prin coeficientii silvici (Kg) si antropici (kh) schimbarile pot fi identificate si cuantificate prin prelucrarea datelor satelitare optice.

Prin prelucrarea datelor satelitare optice se pot genera harti digitale clasificate la diverse momente de timp, din analiza carora rezulta modificarile privind:

- ✓ acoperirea cu vegetatie [paduri, pamant neacoperit (defrisat), zone cu arbusti, ierburi, ...etc]
- ✓ zonele de construire [cladiri, drumuri, balastiere, constructii hidrotehnice, diverse tipurile de infrastructuri, ...etc].

Metoda prezentata permite inclusiv monitorizarea periodica a factorilor ce influenteaza gradele de potential, pentru respectarea HG 447 / 2003, Art. 11, al 3 (Harta de hazard la alunecari de teren se actualizeaza periodic si ori de cate ori intervin modificari ale datelor initiale), astfel:

- utilizand metoda de generare a harti digitale clasificate (generata prin prelucrarea datelor satelitare optice) putem monitoriza:
 - ✓ defrisarile (care influenteaza valoarea estimata a coeficientului silvic),
 - ✓ realizarea unor constructii: cladiri, drumuri, balastiere, constructii hidrotehnice, imbunatatiri funciare, ... etc (care influenteaza valoarea estimata a coeficientului antropice),
- utilizand harta de deformare generata prin prelucrare datelor satelitare de tip RADAR putem realiza periodic inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii.

De asemenea, utilizand harta de deformare generata prin prelucrare datelor satelitare de tip RADAR, putem implementa un sistem de avertizare (respectiv, atunci cand deformarea sau viteza de deformare depaseste un anumit prag acest aspect anticipeaza aparitia unei alunecari de teren).

➤ **Stabilirea teritoriului de studiat**

Stabilirea teritoriului de studiat se realizeaza prin doua metode:

- ✓ prin analiza harti de deformare, se selecteaza din harta de deformare ariile pentru care deplasarea terenului sau deplasarea unor elemente de infrastructura pe directia de vedere a radarului (ΔR) depaseste o anumita valoare de prag;
- ✓ prin analiza schimbarilor factorilor de influenta, se selecteaza ariile pentru care schimbarea factorilor de influenta pot determina cresterea hazardului la alunecari de teren [in cazul metodelor bazate pe prelucrarea datelor satelitare: defrisari, constructii (elemente de infrastructura, balastiere, mine, ...etc)].

Ariile geografice pentru care se vor genera harti de hazard la alunecari de teren sunt cele care se incadreaza in cel putin una din situatiile de mai sus.

Atat harta de deformare (generata prin prelucrarea datelor satelitare de tip RADAR) cat si harta digitala clasificata (generata prin prelucrarea datelor satelitare de tip optic) sunt georeferentiate, din aceste harti se pot extrage poligoane georeferentiate.

➤ **Crearea bazei de date**

Presupune identificarea informatiilor necesare generarii hartii de hazard. Se utilizeaza:

- ✓ Harta Geologica produsa de Institutul Geologic Roman; pentru estimarea coeficientilor Litologic (Ka), Structural (Kc) si Hidrogeologic (Ke);
- ✓ Model Digital Altimetric al Terenului; pentru estimarea coeficientilor Geomorfologic (Kb) si Hidrologic (Kd);
- ✓ Harta de Zonare Seismica pentru calculul coeficientului Seismic (Kf);
- ✓ Harta digitala clasificata(*) obtinuta prin prelucrarea datelor satelitare optice pentru estimarea coeficientilor Silvic (Kg) si Antropic (Kh);
- ✓ Harti Topografice Digitale cu diverse straturi informationale (layere)

➤ **Generarea hartii de hazard**

Pentru generarea hartii de hazard la alunecari de teren s-a respectat HG 447 / 2003, Art.12 , cu mentiunea ca, plecand de la „Criteriile pentru estimarea potentialului si a probabilitatii de producere a alunecarilor de teren” mentionate in Anexa C la HG 447 / 2003, s-au definit metode proprii de cuantificare a factorilor de influenta (pe baza cuantificarilor propuse s-au estimat coeficientii $k_a=h$); Ulterior s-a calculat coeficientul mediu de hazard (K_m) si distributia geografica a acestuia.

➤ **Validarea hartii de hazard**

Validarea s-a realizat prin doua metode:

- ✓ cu ajutorul „punctelor cotate la sol” s-au verificat estimarile si distributia geografica pentru coeficientii Geomorfologic (Kb), Silvic (Kg) si Antropic (Kh);
- ✓ cu ajutorul unei harti de deformare, generata din doua imagini satelitare RADAR de inalta rezolutie, s-a validat hartii de hazard la alunecare a terenului.

➤ **Livrarea hartii de hazard catre potentialii beneficiari**

Pentru livrarea hartii de hazard la alunecari a terenului catre potentialii beneficiari (si pentru manipularea continutului cartografic) s-a realizat o aplicatie de tip PORTAL (WEB) cu respectarea directivei INSPIRE [cod 2004/0175, Directiva a Parlamentului European si a Consiliului de instituire a unei infrastructuri pentru informatii spatiale in Comunitatea Europeana, <http://inspire.ec.europa.eu/>];

In legatura cu fig 1 – 24 care reprezinta:

- Fig. 1 – Harta de deformare generata din mai multe interferograme (orasul Bucuresti),
- Fig. 2 – Harta de deformare generata dintr-o singura interferograma zona Siriu,
- Fig. 3 - Harta de deformare generata dintr-o singura interferograma (zona Darmanesti - Comanesti),
- Fig. 4 - Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti - Comanesti, clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste harta topografica 1:25.000,
- Fig. 5 - Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare,
- Fig. 6 - Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 1;
- Fig.7 - Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 6,
- Fig. 8 - Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 8,
- Fig. 9 - Ordinea de prelucrare pentru desfășurarea de fază (în blocurile din schema apar denumirile funcțiilor/programelor utilizate),
- Fig. 10 - Faza (nedesfasurata) a interferogramei complexe test.raw (intrarea lanțului de prelucrare),
- Fig. 11 - Masca pentru eliminarea pixelilor zgomotoși (fisierul mask.raw, rezultat dupa phase_mask)
- Fig. 12 - Faza interferogramei mascate (fisierul masked.test.raw, rezultat dupa maskifg)
- Fig. 13 - Faza desfasurata (fisierul unw.masked.test.raw, rezultat dupa putmcf)
- Fig. 14 - Coeficientul litologic K a – zona test Darmanesti - Comanesti
- Fig. 15 - Coeficientul geomorfologic K b – zona test Darmanesti - Comanesti
- Fig. 16 - Coeficientul structural K c – zona test Darmanesti - Comanesti
- Fig. 17 - Coeficientul hidrologic si climatic K d – zona test Darmanesti - Comanesti
- Fig. 18 - Coeficientul hidrogeologic K e– zona test Darmanaesti - Comanesti

- Fig. 19 - Pozitionarea Zonei test Darmanesti – Comanesti in cadrul Hartii De Zonare Seismica (Pga) Din P100-1/2013 (valorile estimate si distributia geografica a coeficientului Kf),
- Fig. 20 - Coeficientul silvic K g – zona test Darmanesti – Comanesti;
- Fig. 21 - Coeficientul antropic K h – zona test Darmanesti – Comanesti;
- Fig. 22 - Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti – Comanesti;
- Fig. 23 - Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti – Comanesti clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste modelul numeric al terenului;
- Fig. 24 - Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti – Comanesti clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste harta topografica 1:25.000.

Harti de deformare generate in cadrul proiectului si care permit inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii:

- harta de deformare generata din mai multe interferograme (pentru orasul Bucuresti) – prezentata in Fig. 1
- harat de deformare generata dintr-o singura interferograma pentru zona Siriu – prezentata in Fig. 2
- harat de deformare generata dintr-o singura interferograma pentru zona Darmanesti – Comanesti – prezentata in Fig.3

Hartile sunt generate in format „.tif” cu „.tfw” si permit extragerea de puncte si poligoane georeferentiate, pentru selectia intuitiva a suprafetelor se utilizeaza un cod de culori.

In fig. 3 am selectat 8 zone de experimentare. Pentru problematica studiata (respectiv, inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii cu ajutorul unei harti de deformare) sunt relevante zonele 1, 6 si 8 (asa cum vom prezenta in paginile urmatoare).

Harti care simbolizeaza valorile si distributia geografica a coeficientilor Ka-h (Ka – coeficient litologic, Kb – coeficient geomorfologic, Kc – coeficient structural, Kd – coeficient hidrologic si climatic, Ke – coeficient hidrogeologic, Kf – coeficient seismic, Kg – coeficient silvic, Kh – coeficient antropic)

Procesul tehnologic: Inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii se realizeaza cu ajutorul unei harti de deformare (generata prin prelucrarea datelor satelitare RADAR) care pune in evidenta deplasarea terenului sau deplasarea unor elemente de infrastructura pe directia de vedere a radarului (ΔR).

Succesiunea etapelor pentru generarea harti de deformare

- Achizitia imaginilor radar: Procesul de achizitie al imaginilor satelitare radar consta in programarea satelitului pentru preluarea unor imagini radar noi si/sau in consultarea arhivelor de imagini radar existente - prin intermediul DLR (Agentia Spatiala Germana), ESA (Agentia Spatiala Europeana), etc. In functie de zona monitorizata, trebuie stabiliti urmatorii parametri: tipul imaginilor radar (in banda X, C sau L), numarul, rezolutia si geometria de achizitie a acestora. Alegerea geometriei de achizitie este o etapa foarte importanta intr-un proiect de monitorizare prin tehnica DInSAR. Geometria de achizitie a unei imagini radar e data in principal de directia orbitei satelitului si de unghiul de vedere al antenei satelitului fata de verticala.
- Citirea si transformarea imaginilor radar: Acest pas include atat citirea imaginilor radar (a informatiilor de amplitudine si faza) cat si a parametrilor de achizitie (pozitia acestuia, orbita). In aceasta etapa se realizeaza (eventual) decuparea unei zone de interes din intreaga imagine si transformarea acesteia intr-un format binar.
- Coregistrarea si reesantionarea imaginilor radar: Coregistrarea imaginilor radar inseamna alinierea pixelilor unor imagini radar (numite imagini slave) in raport cu geometria radar a uneia dintre imagini (numita imagine master), cu o precizie mai buna de 0,1 pixeli, pentru a elimina distorsiunile imaginilor slave in raport cu imaginea master. Aceste distorsiuni sunt cauzate de unghiuri diferite de inclinare ale platformei radar si de distanta dintre pozitia antenei radar la momentul preluarii imaginilor. Reesantionarea inseamna reesantionarea imaginii slave in coordonatele imaginii master.

Teoretic se pot genera harti de deformare cu numai două imagini SAR (achizitionate la momente diferite) Insa doar pentru anumite seturi de date si anumite geometrii de achizitie (distanța perpendiculara foarte mica, efecte atmosferice minime, model digital al terenului la rezolutia imaginilor SAR) se poate extrage cu o acuratete buna faza generata de deformarea terenului din faza totala a interferogramei, putandu-se astfel genera harta de deformare.

Pentru analize mai precise si mai complexe (viteza medie de deformare, profile de deformare) sunt necesare serii de timp. Se pot crea perechi de câte 2 imagini radar astfel încât anumiți parametri (distanța perpendiculară între antene, distanța temporală) să fie optimizați. În continuare se obțin interferogramele pentru aceste perechi și se analizează rezultatele pe tot setul de imagini astfel obținute.

- Crearea perechilor radar consecutive: Se creaza perechi de cate 2 imagini radar astfel incat anumiți parametri (distanța perpendiculara între antene, distanța temporală) sa fie optimizati.
- Calculul interferogramelor consecutive: Faza interferometrica se calculeaza ca fiind produsul complex conjugat al celor doua imagini complexe.

În acest moment, diferența de fază sau faza interferometrică poate fi exprimată ca fiind suma contribuțiilor mai multor fenomene:

- ✓ faza topografică - $\Delta\varphi_T$,
- ✓ faza datorată deformării terenului - $\Delta\varphi_d$ (ceea ce se dorește),
- ✓ faza datorată proiecției suprafeței Pământului pe o suprafață plană - $\Delta\varphi_{ref}$,
- ✓ zgomot (termic, zgomot datorat diferitelor efecte ale propagării prin atmosferă) - $\Delta\varphi_n$.

$$\Delta\varphi = \varphi_M(x, y) - \varphi_S(x, y) = \Delta\varphi_d + \Delta\varphi_T + \Delta\varphi_{ref} + \Delta\varphi_n$$

- Calculul si eliminarea fazei datorate curburii Pământului: datorită formei Pământului, obiecte aflate la aceeași altitudine, vor fi vazute în interferogramă la altitudini diferite. Diferența de fază dintre două obiecte aflate la aceeași altitudine poate fi calculată cu relația:

$$\Delta\varphi_{ref} = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{B_n \cdot s}{R \cdot \tan\theta}$$

in care λ este lungimea de undă, iar B_n , s , R și θ sunt parametrii geometrici rezultati din parametrii geometrici ai achizitiei.

- Calculul si eliminarea fazei topografice: Dupa obtinerea unui model al terenului, acesta se proiecteaza in geometria radar si se creaza o imagine radar simulata aliniata cu imaginile radar reale. Acest pas va fi folosit pentru eliminarea fazei semnalului radar provenita din topografia terenului.
- Calculul hartii de coerenta: Harta de coerenta este necesara pentru estimarea zgomotului fazei interferometrice. Pentru aceasta se utilizeaza o fereastră pentru estimarea coerentei, ce este baleiata pe imagine, urmata de o fereastră de mediere.
- Filtrarea fazei: Este un pas optional, folosit pentru a usura pasul de despachetare a fazei. Se aplica operatia de convolutie a fazei cu un nucleu de diferite dimensiuni. Scopul filtrarii fazei este de a reduce zgomotul speckle, ce ofera imaginilor un aspect granular. Zgomotul speckle este caracteristic imaginilor SAR si apare datorita sumarii coerente a elementelor componente din cadrul unei celule de rezolutie, ce se influenteaza reciproc aleator in functie de fazele lor relative; campul electromagnetic observat fiind astfel afectat de interferente. Astfel apare efectul de speckle ce face ca imaginea unui camp omogen de tinte sa apara ca un proces aleator, dar nu este o problema de rezoluție, ci un rezultat al procesului coerent de formare al imaginii SAR. Mai mult, nu este un zgomot nepredictibil, în aceleași condiții se produce întotdeauna același speckle.
- Desfasurarea (despachetarea) fazei: Aceasta etapa e cea mai importanta si dificila etapa in lantul de prelucrare, mai ales daca interferogramele sunt afectate de zgomot, adica prezinta coerenta scazuta. Despachetarea fazei inseamna procesul de adunare a unui multiplu corect de 2π fazei interferometrice, dat fiind faptul ca faza unei interferograme nu se cunoaste in valoare absoluta, ci doar *modulo* 2π .

Pentru procesarea interferogramelor de dimensiuni mari (specifice monitorizării fenomenelor pe suprafețe mari utilizând date satelitare RADAR de înaltă rezoluție) și pentru îmbunătățirea timpului de rulare, firma **Software Development and Research Center** a dezvoltat un lanț de procesare numit **PUTMCF (Phase Unwrapping using Triangulation and Minimum Cost Flow)** – prezentată mai jos la pag.19.

- Crearea unei hărți de deformare dintr-o singură interferogramă (*harta zonei Comanesti și harta zonei Siriu prezentate mai jos ca exemplu*); După desfasurarea fazei se obține interferograma desfasurată care are faza exprimată tot în radiani, dar nu mai e *modulo* 2π . Variațiile fazei, pentru același punct, între două momente de timp va oferi o măsură precisă a variației altitudinii, adică a deplasării terenului pe direcția de vedere a radarului. Pentru a obține valori ale deplasării exprimate în mm (nu în radiani), valorile diferenței de fază sunt convertite în distanță (în mm) după relația de mai jos.

$$\Delta R = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \Delta \varphi$$

unde $\Delta \varphi$ este diferența de fază, măsurată, λ lungimea de undă a radiației electromagnetice utilizată de sensor iar ΔR diferența de nivel (ce se dorește a se obține). Harta de deformare astfel obținută este în coordonate SAR, pentru utilizare se poate proiecta în sistemul de coordonate dorit (proces numit georeferențiere).

- Crearea unei hărți de deformare din mai multe interferograme (*Harta orașului București prezentată mai jos ca exemplu*); Pentru a putea extrage cât mai precis doar componenta fazei datorată deformării terenului e nevoie de o stivă de interferograme diferențiale, adică de o serie temporală de imagini SAR achiziționate cu aceeași geometrie, și de metode mai complexe aplicate acestor date - ca de exemplu metoda PSI (Persistent Scatterer Interferometry).

Procesul tehnologic: Identificarea schimbării factorilor de influență

Pentru factorii cuantificați prin coeficienții silvic (Kg) și antropic (kh) schimbările pot fi identificate și cuantificate prin prelucrarea datelor satelitare optice. Prin extragerea informațiilor tematice, la diverse momente de timp, se pot identifica și cuantifica schimbările privind:

- ✓ acoperirea cu vegetație [paduri, pamant neacoperit (defrisat), zone cu arbusti, ierburi, ...etc]
- ✓ zonele construite [tipurile de infrastructuri, ...etc].

Succesiunea etapelor pentru identificarea schimbării factorilor de influență [inclusiv pentru extragerea informațiilor privind zonele verzi și zonele construite pentru estimarea coeficienților Silvic (Kg) și Antropic (Kh)]

- Achiziția imaginilor optice; constă în programarea satelitului pentru preluarea unor imagini optice noi și/sau în consultarea arhivelor de imagini optice existente - prin intermediul NASA (Agentia Spațială a Statelor Unite ale Americii), ESA (Agentia Spațială Europeană), etc; selectarea tipului de date achiziționate (rezoluție spațială, rezoluție temporală, rezoluție radiometrică) se face în funcție de domeniul de utilizare.
- Citirea și transformarea datelor optice
 - ✓ include citirea imaginilor optice și a parametrilor de achiziție,
 - ✓ aplicarea unor transformări și salvarea rezultatelor într-un format de fișier potrivit cu aplicațiile software utilizate ulterior pentru prelucrarea imaginilor; printre cele mai comune transformări se numără georeferențierea. Prin georeferențiere, imaginile satelitare sunt aduse într-un sistem de coordonate. Punctele de control necesare pentru această operație sunt furnizate de operatorul platformei satelitare sau sunt identificate pe hărți sau imagini gata georeferențiate.
- Corectarea datelor optice; în funcție de tipul și rezoluția datelor satelitare optice este necesară aplicarea mai multor tipuri de corecții:
 - ✓ Corecții atmosferice - se realizează folosind un model de transfer radiativ care calculează transmitanța și radianța atmosferice pentru diverse frecvențe. Ca parametri de intrare, modelul folosește date referitoare la profilul atmosferic (presiune, temperatura, vapori de apă, ozon), tipul aerosolilor, altitudine, unghiul solar zenital și unghiul de vizualizare al senzorului.
 - ✓ Corecții topografice - se realizează folosind un model numeric altimetric de teren (MNAT).
 - ✓ Corecții radiometrice - În funcție de sensibilitatea senzorului unele imagini au o calitate care nu permite o analiză corespunzătoare (prezintă distorsiuni) din punct de vedere radiometric. Pentru îmbunătățirea calității imaginilor se folosesc procedee de adaptare a dinamicii radiometriei, de obicei procedee prin care

histograma (care in cazul imaginilor cu dinamica slaba este concentrata intr-un numar restrans de nivele) este extinsa pe o plaja suficient de intinsa care sa asigure calitatea ceruta.

- ✓ Corectii geometrice – asigura corectarea deformatiilor geometrice datorate modului de inregistrare a informatiei spectrale.
- Racordarea scenelor (optional – se foloseste numai in cazul in care zona de studiu nu poate fi incadrata de o singura scena satelitara). Este procesul prin care un număr de imagini georeferentiate alaturate sunt "lipite" formand o aceeași imagine in care suprafetele comune de acoperire sunt eliminate. Conditiiile de baza pentru realizarea acestei operatii sunt ca imaginile sa fie georeferentiate in aceeași proiectie si sa aiba aceeași rezolutie spatiala.
- Clasificarea informatiei: Presupune asignarea pixelilor din imaginea satelitara unor clase predefinite pentru a pune in evidenta realitatea de la sol [paduri, teren neacoperit (ex. defrisat, arabil), ierburi, apa, zona construita, ..etc],
- Realizarea hartii finale: Informatiile extrase din imaginile satelitare optice sunt utilizate in conjunctie cu alte date geospatiale (retele de comunicatie, localitati, hidrografie, puncte de interes, toponimie etc.) pentru a obtine harta finala.
- Validarea rezultatelor: se realizeaza prin campanii de masuratori pe teren, folosind senzori si echipamente adecvate, sau prin intercompararea cu alte imagini satelitare optice cu rezolutie mai mare sau deja validate.

Procesul tehnologic: Stabilirea teritoriului de studiat

Stabilirea teritoriului de studiat se realizeaza prin analiza harti de deformare realizata prin prelucrarea datelor de tip RADAR si selectarea din harta de deformare a ariilor pentru care deplasarea terenului sau deplasarea unor elemente de infrastructura pe directia de vedere a radarului (ΔR) depaseste o anumita valoare de prag.

Mai jos in sunt prezentate ca exemplu:

- Harta de deformare generata din mai multe interferograme (pentru orasul Bucuresti) – prezentata in Fig. 1
- Harta de deformare generata dintr-o singura interferograma pentru zona Siriu - prezentata in Fig. 2
- Harta de deformare generata dintr-o singura interferograma pentru zona Darmanesti – Comanesti - prezentata in Fig. 3

Hartile sunt generate in format „tif” cu „tfw” si permit extragerea de puncte si poligoane georeferentiate, pentru selectia intuitiva a suprafetelor se utilizeaza un cod de culori.

In fig. 3 am selectat mai 8 zone de experimentare. Pentru problematica studiata (respectiv, inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii cu ajutorul unei harti de deformare) sunt relevante zonele 1, 6 si 8 (asa cum vom prezenta in paginile urmatoare).

Procesul tehnologic: Crearea bazei de date

Presupune identificarea informatiilor necesare pentru generarea hartii de hazard.

Pentru estimarea valorii si a distributiei geografice a coeficientilor Ka-Kh se pot utiliza diverse surse cartografice cum sunt:

- ✓ Harta Geologica produsa de Institutul Geologic Roman; pentru estimarea coeficientilor Litologic (Ka), Structural (Kc) si Hidrogeologic (Ke);
- ✓ Model Digital Altimetric al Terenului; pentru estimarea coeficientilor Geomorfologic (Kb) si Hidrologic (Kd);
- ✓ Harta de Zonare Seismica pentru calculul coeficientului Seismic (Kf);
- ✓ Harti Topografice Digitale cu diverse straturi informatinale (layere); Harta digitala clasificata(*) obtinuta prin prelucrarea datelor satelitare optice pentru estimarea coeficientilo Silvic (Kg) si Antropic (Kh);

Pentru estimarea valorii si a distributiei geografice a coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh) am dezvoltat o metoda proprie bazata pe prelucrare adatelor satelitare.

Procesul tehnologic: Generarea hartii de hazard**Succesiunea etapelor pentru generarea gartii de hazard**

Calculul hazardului de aparitie a unei alunecari de teren s-a realizat cu ajutorul relatiei de mai jos (fig. 1). Aceasta abordare este conforma cu GT019-98 (MLPAT 1998) fiind calitativa, menita sa delimiteze in mod aproximativ zonele ce ar putea fi afectate de alunecari de teren.

$$K_m = \sqrt[3]{\frac{K_a K_b}{6} (K_c + K_d + K_e + K_f + K_g + K_h)}$$

unde:

K_m – coeficient mediu de risc

K_a – coeficient litologic,

K_b – coeficient geomorfologic,

K_c – coeficient structural

K_d – coeficient hidrologic si climatic

K_e – coeficient hidrogeologic

K_f – coeficient seismic

K_g – coeficient silvic

K_h – coeficient antropic

Influenta fiecarui factor asupra starii de echilibru a versantului se exprima printr-un coeficient K_i ($i = a \dots h$), a carui valoare se inscrie intre 0 si 1.

➤ Estimarea coeficientului Litologic (Ka)

Coeficientul litologic Ka este derivat din Harta Geologica 1:200.000 produsa de Institutul Geologic Roman. Toate informatiile din harta sunt extrase sub forma vectoriala, pentru fiecare poligon fiind adaugate tipurile de roca. Ulterior, fiecarui poligon i se atribuie un coeficient de risc. Atribuirea coeficientilor de risc se realizeaza in baza unei clasificari dezvoltate prin proiect cu respectarea criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de producere a alunecarilor de teren), respectiv Tab. 1 de mai jos.

nr.	Tip formatiune geologica	Coeficient Ka
0	1	2
1	aq	0.40
2	aq-he	0.40
3	bd	0.45
4	bg	0.45
5	bs	0.50
6	he	0.40
7	ks+m	0.40
8	lf-ch	0.40
9	lv	0.40
10	m	0.40
11	ne-al	0.30
12	p+dc	0.30
13	Pgl-lt	0.40
14	pr	0.40
15	Q	0.45
16	qh1	0.50
17	qh2	0.50
18	qp1/1	0.40
19	qp1/3	0.50
20	qp2-3	0.50
21	qp2/2	0.50
22	qp3	0.45
23	qp3/3	0.45
24	riu	0.10
25	sm	0.35
26	sn+d	0.30
27	to	0.50
28	vh	0.45
29	vr-tu	0.30

Tablul 1. Coeficientul litologic Ka – valorile folosite la calculul coeficientului

In Fig. 14 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului litologic Ka – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Geomorfologic (Kb)

Modalitatea de calcul a acestui coeficient este descrisa destul de evaziv si general in specificatiile GT019-98. Pentru calculul acestui coeficient folosim o clasificare a pantelor conform referintelor din literatura de specialitate (Tab.2). Harta pantelor a fost derivata din modelul numeric al terenului (utilizand curbele de nivel).

Nr.	Interval panta (grade)	Coeficient risc
1	0 – 0.7	0.1
2	0.7 – 5	0.2
3	5 – 18	0.5
4	18 – 25	0.75
5	25 – 37	0.7
6	37 – 55	0.5
7	> 55	0.4

Tablul 2. Coeficientul geomorfologic K b – valorile folosite la calculul coeficientului

In Fig. 15 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului geomorfologic K b – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Structural (Kc)

Coeficientul litologic Kc este derivat din Harta Geologica 1:200.000 produsa de Institutul Geologic Roman. Toate informatiile din harta sunt extrase sub forma vectoriala, fiind vorba de linii falie normala si inversa. Pentru fiecare astfel de linie de falie se va crea un buffer cu raza de 300 m. Pentru zonele corespunzatoare acestor buffere se va alocu un coeficient de risc conform criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de producere a alunecarilor de teren).

In Fig. 16 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului structural K c – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Hidrologic si Climatic (Kd)

Pentru calculul acestui coeficient utilizam numai informatiile referitoare la reseaua hidrografica (considerand ca zona nu are o extindere suficient de mare pentru a fi surprinse variatii climatice). Primul pas este extragerea retelei hidrografice permanente si temporare din modelul numeric al terenului si completarea acesteia cu informatii din harta topografica 1:25.000. Ulterior, in functie de importanta vail sau a cursului de apa, se vor crea buffere cu dimensiuni cuprinse intre 100 si 30 m, menite a marca zona de influenta a cursului de apa. Acestor buffere, li se vor aloca, tinand cont de particularitatile locale, diferite grade de risc cuprinse intre 0.1 si 0.9; conform criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de producere a alunecarilor de teren).

In Fig. 17 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului hidrologic si climatic K d – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Hidrogeologic (Ke)

Pentru calculul acestui coeficient s-au utilizat date cu o rezolutie spatiala suficient de fina pentru a identifica particularitatile zonei (harta topografica digitala). Informatiile sunt extrase sub forma vectoriala, pentru fiecare poligon fiind adaugate tipurile litologice (caracterul consolidat / neconsolidat si acvifer). Ulterior, fiecarui poligon i se atribuie un coeficient de risc. Atribuirea coeficientilor de risc se realizeaza in baza unei clasificari dezvoltate prin proiect cu respectarea criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de producere a alunecarilor de teren) (Tab. 3).

nr.	Litologie	Caracter	Acvifer	Coeficient K e
0	1	2	3	4
1	Argile, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros productiv / activ	0.70
2	Pietrisuri, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros productiv / activ	0.65
3	Pietrisuri, nisipuri, acoperite cu argile, mal	Materiale neconsolidate	Acvifer poros productiv / activ	0.65
4	Argile, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.70
5	Argile, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.70
6	Argile, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.70
7	Conglomerate	Materiale consolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.30
8	Pietrisuri, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.65
9	Pietrisuri, nisipuri	Materiale neconsolidate	Acvifer poros scazut / moderat - productiv	0.65
10	Gresii, calcar, nisipuri, argila, mal	Materiale partial - consolidate	Acvifer fisurat scazut / moderat - productiv (inclusiv carst)	0.55
11	Gresii, calcar, nisipuri, argila, mal	Materiale partial - consolidate	Acvifer fisurat scazut / moderat - productiv (inclusiv carst)	0.55
12	Gresii, nisipuri	Materiale consolidate	Acvifer fisurat scazut / moderat - productiv (inclusiv carst)	0.40
13	Argile, nisipuri, conglomerate	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.58
14	Argile, nisipuri, conglomerate	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.58
15	Argile, nisipuri, conglomerate	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.58
16	Gresii, calcar, nisipuri, argila, mal	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.50
17	Gresii, calcar, nisipuri, argila, mal	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.50
18	Gresii, calcar, nisipuri, argila, mal	Materiale partial - consolidate	Acvifer local, poros sau fisurat	0.50

Tab. 3 Coeficientul hidrogeologic K_e – valorile folosite la calculul coeficientului

In Fig. 18 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului hidrogeologic K_e – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Seismic (K_f)

Acest coeficient se determina pe baza informatiilor extrase din Harta De Zonare Seismica (Pga) Din P100-1/2013.

In Fig. 19 prezentam pozitionarea Zonei test Darmanesti – Comanesti in cadrul Hartii De Zonare Seismica (Pga) Din P100-1/2013 (respectiv valorile estimate si distributia geografica a coeficientului structural K_f – zona test Darmanesti – Comanesti).

➤ Estimarea coeficientului Silvic (Kg)

Acest coeficient poate fi calculat pe baza setului de date extras cu ajutorul Macroprocesului (10-02) „Extragerea informatiilor tematice”. Pentru calculul coeficientului Kg se va putea utiliza dupa caz si alte seturi de date cum ar fi Corine Land Cover. Dupa caz, datele poate fi in prealabil decupate pentru zona de interes si corectat manual pentru a include schimbarile recente in modul de utilizare al terenului. Ulterior, fiecarei clase i se atribuie un coeficient de risc. Atribuirea coeficientilor de risc se realizeaza in baza unei clasificari dezvoltate prin proiect cu respectarea criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de productie a alunecarilor de teren) (Tab.4)

Nr.	Mod de utilizare a terenului	Cod Corine Land Cover	Coeficient risc
1	Paduri de foioase	311	0.1
2	Paduri de conifere	312	0.1
3	Paduri amestec	313	0.1
4	Zone adiacente lacului	512	0.5
5	Zone de tranzitie cu arbusti si vegetatie ierboasa	324	0.6
6	Zona construita	112	0.7
7	Pasuni	231	0.7
8	Zona in principal agricola	243	0.7
9	Site-uri constructie	133	0.8
10	Pasuni naturale	321	0.9

Tablul 4. Coeficientul silvic K g – valorile folosite la calculul coeficientului

In Fig. 20 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului silvic K g – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Estimarea coeficientului Antropic (Kh)

Acest coeficient este unul deosebit de important, el cuantificand impactul presiunii umane asupra conditiilor generale ale reliefului. Calculul coeficientului antropic se poate realiza (dupa caz) pe baza datelor extrase cu ajutorul Macroprocesului (10-02) „Extragerea informatiilor tematice” si/sau a datelor din planurile de situatii a unor harti topografice digitale, ..etc. Pentru calculul acestui coeficient au fost utilizate mai multe straturi tematice:

- Zona construita: conturul localitatilor si al constructiilor;
- Baraje;
- Drumuri nationale si judetene;
- Drumuri de exploatare si poteci;
- Cai ferate;
- Conducte;
- Cariere;
- Reteaua electrica (stalpi inalta tensiune).

Pentru fiecare dintre elementele ce alcatuiesc aceste seturi de date a fost creat un buffer corespunzator importantei (Tab.5) si, ulterior, alocat un coeficient de risc de 0.1. Valoarea estimata a coeficientului Kh a fost obtinuta prin insumarea la nivel de pixel a valorilor fiecarui strat tematic. Astfel, daca se suprapuneau mai multe straturi (ex.: drum national si retea electrica) valoarea finala este suma coeficientilor. Astfel metoda propusa permite estimarea valorilor coeficientului antropic cu respectarea criteriilor mentionate in HG 447 / 2003, Anexa C la normele metodologice (Criterii pentru estimarea potentialului si probabilitatii de productie a alunecarilor de teren).

Nr.	Strat tematic	Buffer (m)
1	Retea electrica (stalpi tensiune)	50
2	Cladiri, zona construita	100
3	Drumuri nationale	100
4	Drumuri secundare	50
5	Drumuri exploatare, poteci	30
6	Cariere	200
7	Conducte	200
8	Baraje	200

Tablul 5. Coeficientul antropic K_h – valorile folosite la calculul coeficientului

In Fig. 21 prezentam valorile estimate si distributia geografica a coeficientului antropic K_h – zona test Darmanesti – Comanesti.

➤ Calculul coeficientului mediu de risc (K_m) si generarea hartii de hazard

Utilizand valorile estimate si distributia geografica a coeficientilor K_a-h , in urma implementarii formulei descrisa in prima sectiune a acestui document (mentionata si mai jos), se poate calcula Harta de hazard pentru alunecari de teren.

$$K_m = \sqrt[3]{\frac{K_a K_b}{6} (K_c + K_d + K_e + K_f + K_g + K_h)}$$

In Fig. 22 prezentam harta de hazard pentru alunecari de teren in zona de test Darmanesti – Comanesti

Pentru analiza si interpretare am prezentat in Fig. 4 harta de hazard clasa valorii medii-superioare (> 0.35) suprapusa peste harta topografica 1:25.000; astfel putem asocia intuitiv urmatoarele categorii de informatii:

- localizarea perimetrelor cu potential de hazard la alunecari de teren,
- presiunea antropica asupra acestor perimetre (constructii, defrisari, ...etc)
- obiectivele (sociale, economice, ..etc) supuse hazardului la alunecari de teren.

Procesul tehnologic: validarea hartii de hazard

Validarea hartii de hazard cu ajutorul unei harti de deformare, generata din doua imagini satelitare RADAR de inalta rezolutie.

➤ Georeferentierea in acelasi sistem de coordonate

Ambele harti (harta de hazard la alunecari de teren si harta de deformare) se georeferentieaza (daca este cazul) in aceeasi proiectie (in experimentari am utilizat Proiectia Cartografica Oficiala a Romaniei „Stereo 70”)

➤ Suprapunerea hartilor

Pentru validare se suprapune harta de hazard cu harta de deformare si se identifica perimetre relevante de analiza. In Fig. 5 am prezentat suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare

➤ Validare prin analiza perimetrelor relevante

Zona de validare 01

Aceasta zona de validare se afla in partea estica a zonei de interes. Arealele cu risc mediu si ridicat se suprapun in acest caz cu zone defrisate, fara vegetatie si cu urme de viituri (ca urmare a unor ploii torentiale cazute pe zone defrisate / fara vegetatie). Au fost determinate arealele susceptibile a suferi deplasari in baza superioara pantei. Suprapunerea cu harta InSar arata in mod clar cu aceste zone suferi deformari negative in partea superioara a pantei (deplasare) si pozitive la baza pantei (acumulare).

In Fig. 6 am prezentat suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 1;

Zona de validare 06

In acest areal din partea centrala a zonei de interes au fost inregistrate in special miscari pozitive in partea inferioara a pantei ceea ce indica faptul ca au avut loc in zona miscari ale terenului.

Si aici se vede clar relatia intre zonele cu potential de hazard la alunecari de teren (partea superioara a pantei) si zonele de acumulare (deformari la baza pantei).

In Fig. 7 am prezentat suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 6,

Zona de validare 08

Acest areal este o situatie in care datele InSAR nu confirma concluziile hartii de hazard. Insa toate elementele (zona proaspat despadurita, existenta urmelor de viitura, panta) indica probabilitatea producerii unei alunecari de teren in zona in viitorul apropiat.

In Fig.8 am prezentat suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($K_m > 0.35$) cu harta de deformare pentru perimetrul 8,

Validarea coeficientilor geomorfologic (K_b), silvic (K_g) si antropic (K_h) utilizand puncte cotate la sol.

➤ Alegerea si determinarea punctelor cotate la sol

Pentru a se verifica si valida valoarea estimata si distributia geografica a coeficientilor geomorfologic (K_b), silvic (K_g) si antropic (K_h) se aleg in mod reprezentativ puncte cotate la sol.

➤ Estimarea valorilor coeficientilor geomorfologic (K_b), silvic (K_g) si antropic (K_h) in punctele cotate la sol

Estimarea se poate face pe baza datelor din teren [pante, acoperirea cu vegetatie, existenta in proximitate a elementelor antropice (retele electrice, cladiri, drumuri, conducte, baraje, cariere)] sau utilizand informatii geografice cu rezolutie ridicata, cum sunt:

- ✓ Harti topografice digitale cu date specifice,
- ✓ Modelul Digital Altimetric al Terenului
- ✓ GoogleMaps

➤ Validarea indicatiilor din hartile cu reprezentarea coeficientilor mentionati (estimari premergatoare calcularii coeficientului mediu de hazard conform GT019-98) Se compara punct-cu-punct.

Procesul tehnologic: Livrarea hartii de hazard catre potentialii beneficiari

Pentru livrarea hartii de hazard la alunecari a terenului catre potentialii beneficiari (si pentru manipularea acestora) s-a realizat o aplicatie de tip PORTAL (WEB) cu respectarea directivei INSPIRE [cod 2004/0175, Directiva a Parlamentului European si a Consiliului de instituire a unei infrastructuri pentru informatii spatiale in Comunitatea Europeana, <http://inspire.ec.europa.eu/>];

Aplicatia PORTAL permite incarcarea, manipularea si livrarea hartilor in formatele: Shapefile, PostGIS, GeoTIF.

Aplicatia informatica PORTAL a fost realizata cu respectarea urmatoarelor cerinte (specificatii tehnice de proiectare):

1. Cerinte Gnerale (GEN)

Nr	Descriere
0	1
GEN-010	Geoportalul SISat trebuie să includă informații geospațiale relevante pentru zona de studiu și obiectivele cercetării.
GEN-020	Geoportalul SISat trebuie să fie accesibil pe Internet.
GEN-030	Geoportalul SISat trebuie să fi compatibil cu specificațiile și principiile directivei europene INSPIRE.
GEN-040	Geoportalul SISat trebuie să fie compatibil cu specificațiile și principiile Programului european de monitorizare a Pământului (Copernicus, fost GMES)
GEN-050	Produsele serviciului SISAT trebuie să poată fi accesate online prin intermediul unei interfețe grafice prietenoase.

2. Cerinte referitoare la Date (DAT)

Nr	Descriere
0	1
DAT-010	Geoportalul SISat trebuie să poată asimila date în format raster și vector.
DAT-020	Datele geospațiale trebuie publicate în formate standard (ex. GeoTiff, HDF, CSV, GML, KML).
DAT-030	Datele geospațiale trebuie publicate în sisteme de coordonate utilizate pe teritoriul României (ex.: WGS84 – EPSG:4326; Stereo70 – EPSG:31700).
DAT-040	Atributele asociate datelor vectoriale trebuie să folosească convenții unitare.
DAT-050	Atributele cantitative asociate datelor vectoriale trebuie exprimate în aceleași unități de măsură.

3. Cerinte referitoare la Functionalitate (FUN)

Nr	Descriere
0	1
FUN-010	Geoportalul SISat trebuie să permită descărcarea fără restricții a seturilor de date.
FUN-020	Geoportalul SISat trebuie să permită selectarea și afișarea de informații pe criterii temporale.
FUN-030	Geoportalul SISat trebuie să permită utilizarea definițiilor/codurilor EPSG pentru sistemele de coordonate.
FUN-040	Geoportalul SISat trebuie să permită adăugarea de noi surse de date.
FUN-050	Geoportalul SISat trebuie să permită trasabilitatea informațiilor.
FUN-060	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu de tip CSW.
FUN-070	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu de tip WMS.
FUN-080	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu de tip WCS.
FUN-090	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu de tip KML.
FUN-100	Geoportalul SISat trebuie să permită accesarea de către utilizatori a informației geospațiale folosind o interfață de tip WMS.
FUN-110	Geoportalul SISat trebuie să permită accesarea de către utilizatori a informației geospațiale folosind o interfață de tip WCS.
FUN-120	Geoportalul SISat trebuie să permită accesarea de către utilizatori a informației geospațiale folosind o interfață de tip KML.
FUN-130	Sistemul de coordonate implicit va fi Stereografic 1970 (Stereo70/EPG: 31700).
FUN-140	Serviciile geospațiale standard SISAT (WMS, WCS, WFS) trebuie să ofere suport pentru cel puțin patru sisteme de coordonate: WGS84, UTM34/35, Stereo 70, Spherical Mercator sistemul de coordonate folosit de furnizorii de servicii cartografice internaționale precum Google Maps, Bing Maps, OpenStreetMap etc.).
FUN-150	Geoportalul SISat trebuie să permită definirea de grupuri de utilizatori.

<i>0</i>	<i>1</i>
FUN-160	Geoportalul SISat trebuie să includă un catalog pentru metadate.
FUN-170	Utilizatorii de tip "publisher" vor avea dreptul să publice metadate despre seturile de date din geoportalul SISat.
FUN-180	Utilizatorii de tip "administrator" vor avea drepturi administrative asupra catalogului SISAT.
FUN-190	Utilizatorii obișnuiți vor avea dreptul de vizualizare a metadatelor.
FUN-200	Catalogul de metadate va permite căutarea după numele seturilor de date.
FUN-210	Catalogul de metadate va permite căutarea după numele instituției ce a creat un anumit set de date.
FUN-220	Catalogul de metadate va permite căutarea după cuvinte cheie.
FUN-230	Catalogul de metadate va permite căutarea folosind extinderea geografică a seturilor de date.
FUN-240	Catalogul de metadate va permite căutarea după criterii temporale.
FUN-250	Catalogul de metadate va permite previzualizarea seturilor de date identificate de utilizator cu ajutorul funcțiilor de căutare.
FUN-260	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu cartografic web.
FUN-270	Serviciul cartografic web va permite accesarea de informații geospațiale de la serviciile de date standard SISAT (WMS, WFS, WCS)
FUN-280	Interfața grafică a serviciului cartografic web va include componente pentru accesarea de servicii WMS predefinite.
FUN-290	Interfața grafică a serviciului cartografic web va permite selectarea interactivă a straturilor ce se doresc afișate de la serviciile WMS predefinite.
FUN-300	Serviciul cartografic web va permite integrarea cu servicii cartografice populare (ex.: Google Maps, Bing Maps, OpenStreetMap)
FUN-310	Geoportalul SISat trebuie să includă un serviciu de invocare de tip WPS.
FUN-320	Interfața grafică a aplicației va include funcționalități pentru apelarea serviciului WPS și afișarea rezultatelor generate de acesta.
FUN-330	Serviciul WPS trebuie să includă funcționalități de procesare a seriilor temporale.

4. Cerinte referitoare la Securitate (SEC)

Nr	Descriere
<i>0</i>	<i>1</i>
SEC-010	Geoportalul SISat va fi securizat prin intermediul unui "firewall".
SEC-020	Geoportalul SISat va fi configurat în așa manieră încât să permită accesul doar pentru utilizatorii autorizați în anumite secțiuni ale portalului web.
SEC-030	Transferul credențialelor de conectare ale utilizatorilor se va face printr-o conexiune securizată.
SEC-040	Geoportalul SISat va permite accesul securizat la straturile de informație geospațială confidențiale.

5. Cerinte referitoare la Hardware (HAR)

Nr	Descriere
<i>0</i>	<i>1</i>
HAR-010	Geoportalul SISat va fi instalat pe un singur server cu arhitectură x86 sau x86-64.
HAR-020	Testarea performanțelor serviciului SISat se va face pe un server standard.
HAR-030	Geoportalul SISat va fi accesibil via Internet.

6. Cerinte referitoare la Software (SOF)

Nr	Descriere
0	1
SOF-010	Geoportalul SISat va fi implementat pe un server ce rulează un sistem de operare bazat pe GNU/Linux.
SOF-020	Geoportalul SISat va fi implementat exclusiv cu software liber cu sursă deschisă (FOSS)
SOF-030	Geoportalul SISat va include limbaje de programare "server-side" (ex.: Python, PHP).
SOF-040	Geoportalul SISat va permite folosirea compilatorului GCC.
SOF-050	Geoportalul SISat va permite folosirea bibliotecii GDAL/OGR.
SOF-060	Geoportalul SISat va permite folosirea bibliotecii ImageMagick
SOF-070	Geoportalul SISat va permite folosirea suitei de programe GRASS GIS
SOF-080	Geoportalul SISat va permite folosirea suitei de programe OTB (Orfeo Toolbox)
SOF-090	Geoportalul SISat va permite folosirea suitei de programe SAGA GIS
SOF-100	Geoportalul SISat va permite folosirea suitei de programe SEXTANTE
SOF-110	Geoportalul SISat va permite folosirea bibliotecii GEOS

Pentru încărarea datelor în aplicația PORTAL, au fost definite trei seturi de instrucțiuni de lucru câte un set de instrucțiuni pentru fiecare format Shapefile, PostGIS sau GeoTIF.

Metoda PUTMCF – dezvoltată de SDRC

Pentru desfășurarea fazei unei interferograme poate fi utilizat modulul **SNAPHU** (open source, inclus și în Doris), dar acesta s-a dovedit a nu fi foarte eficient din punct de vedere al timpului necesar rulării, în special dacă interferograma este afectată de zgomot, faza desfășurată conținând un număr ridicat de reziduuri. De asemenea nu se poate folosi pentru interferograme de dimensiuni foarte mari (specifica monitorizării fenomenelor pe suprafețe mari utilizând date satelitare RADAR de înaltă rezoluție). De aceea SDRC a implementat o altă abordare, descrisă mai jos.

SDRC a dezvoltat un lanț de procesare denumit **PUTMCF (Phase Unwrapping using Triangulation and Minimum Cost Flow)** pentru desfășurarea de fază care cuprinde următorii pași:

- eliminarea pixelilor zgomotoși (care prezintă coerență redusă);
- realizarea unei rețele între pixelii rămași, cu ajutorul triangulației Delaunay;
- formularea problemei de drum de cost minim;
- rezolvarea problemei de drum de cost minim;
- integrarea soluției.

Rulează sub Linux, din linie de comandă.

Pachetul software PUTMCF cuprinde următoarele foldere și fișiere:

prepare2unwrap - fișiere sursă și makefile pentru cpxfiddle, phase_slope, phase_mask și maskifg

Fisiere:

- cpxfiddle.cpp (parte din Doris)
- phase_mask.c (parte din ROI-PAC)
- phase_slope.c (parte din ROI-PAC)
- maskifg.cpp
- Makefile
- read.me

putmcf - fisiere sursa si makefile pentru putmcf**Fisiere:**

- libtriangle.a - triangle library windows 32 bit
- libtrianglel32.a - triangle library linux 32 bit
- libtrianglel64.a - triangle library linux 64 bit
- triangle.h - header file for triangle library
- mainlg.cpp - putmcf main function
- putmcf.h - header file for putmcf
- putmcf_aux.cpp - auxiliary function for putmcf
- putmcf_io.cpp - IO functions for putmcf
- MCFClass.h - header file for RelaxIV library
- mcfclass_aux.h - header file for RelaxIV library
- OPTop.h - header file for RelaxIV library
- OPTtypes.h - header file for RelaxIV library
- RelaxIV.h - header file for RelaxIV library
- Relax IV.c - RelaxIV C++ implementation
- read.me

unw_example_132 - unwrap example on a test image (binaries for Linux 32bit)**Fisiere:**

- unwrap.sh - script for running the unwrap example
- clean.sh - script for cleaning the produced files
- cpxfiddle - cpxfiddle binary
- maskifg - binary
- phase_mask - binary
- phase_slope - binary
- putmcf - binary
- test.raw - test image
- read.me

unw_example_164 - unwrap example on a test image (binaries for Linux 64bit)**• fisierele sunt aceleasi ca la unw_example_132**

Pentru a obtine fisierele binare se ruleaza make all in folderele prepare2unwrap and putmcf, apoi se copiaza in folderul de lucru. Pentru a sterge fisierele obiect create se ruleaza make clean.

Ordinea de prelucrare este data în Fig. 9. Parametrii comenzilor principale sunt detalati in continuare. Cei cu rosu sunt obligatorii.

phase_slope <interferogram> <ph grad> <width> <win sz> <thres> <xmin> <xmax> <ymin> <ymax>

- interferogram - complex interferogram (complex coherence) filename
- ps_grad - phase gradient file
- width - number of samples/row
- win_sz - size of region used for determination of phase gradient (default = 5)

- `thres` - threshold for accepting the phase gradient 0.0 -> 1.0 (default=.4)
- `xmin` - starting range pixel offset (default = 0)
- `xmax` - last range pixel offset (default = width-1)
- `ymin` - starting azimuth row offset, relative to start (default = 0)
- `ymax` - last azimuth row offset, relative to start (default = nlines-1)

Exemplu de utilizare pentru o interferograma complexa (test.raw – faza infasurata e reprezentata in Fig. 10) cu 455 linii si 546 coloane:

```
phase_slope test.raw phase_gradient 546 5 0.5
```

Rezultatul comenzii este fisierul phase_gradient.

phase_mask <interf> <slope> <sigma> <thresh> <width> <nrw> <nazw> <xmin> <xmax>
<ymin> <ymax>

- `interf` complex interferogram (complex coherence) filename
- `slope` phase slope data
- `sigma` phase standard deviation (mask file)
- `thresh` phase standard deviation threshold
- `width` number of samples/row
- `nrw` size in range of region for smoothing (default = 5)
- `nazw` size in azimuth of region for smoothing (default = 5)
- `xmin` starting range pixel offset (default = 0)
- `xmax` last range pixel offset (default = width-1)
- `ymin` starting azimuth row offset, relative to start (default = 0)
- `ymax` last azimuth row offset, relative to start (default = nlines-1)

In cazul exemplului de mai sus:

```
phase_mask test.raw phase_gradient mask.raw 0.5 546
```

Rezultatul este vizualizat in Fig. 11.

maskifg <threshold_value> <threshold_file> <infile_cifg> <outfile>

- `threshold_value` - threshold value for selecting pixels in complex interferogram
- `threshold_file` - file containing threshold values for pixels (mask file)
- `infile_cifg` - input complex interferogram
- `outfile` - output masked complex interferogram

In cazul exemplului de mai sus:

```
maskifg 0.1 mask.raw test.raw masked.test.raw
```

Rezultatul este vizualizat in Fig. 12.

putmcf <input_file> <no_lines> <line_length> <output file>

- `input_file` - complex interleaved binary file (float32) - the interferogram
- `no_lines` - number of lines in interferogram
- `line_length` - number of pixels per line
- `no_lines` - unwrapped phase binary file (float32)

In cazul exemplului de mai sus:

```
putmcf masked.test.raw 455 546 unw.masked.test.raw
```

Rezultatul este vizualizat in Fig. 13.

Exemple de linii de cod C++ din functia putmcf:

```

#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <assert.h>
#include <string.h>

#include "putmcf_internal.h"

extern "C"
{
    #include "triangle.h"

    struct triangulateio in, mid, vorout; //structura de date utilizata pentru
    apelarea functie de triangulatie

    int putmcf(char* argv1, int_type nlines, int_type linelen, char* argv2)
    {
        float **mag; //matricea de magnitudine
        float **phase; //matricea de faza
        float **uw_phase; //matricea de faza despachetata

        //int_type nlines;
        //int_type linelen;

        float *k; //solutia optimizarii
        int *k_int; //solutia optimizarii rotunjita la un numar intreg

        int_type no_tri; //numarul de triunghiuri
        int_type **ordered_triang; //lista triunghiurilor
        int_type **neighbors;
        int_type no_edges; //numarul de laturi

        int_type *ex; //coordonate X lista laturilor
        int_type *ey; //coordonate Y lista laturilor

        int_type *ex_temp; //coordonate X lista laturilor
        int_type *ey_temp; //coordonate Y lista laturilor

        list_node **exy_temp_hash;
        list_node **exy_hash;
        list_node_index **p_hash;
        list_node **G;

        int_type **co_list; //lista de coordonate care intra in triangulatie
        float F1,F2,F3; //diferentele de faza dintre puncte
        float rez; //reziduu
        float NaN;
        float Psi1; //variabila utilizata in etapa de integrare
        int rez_int;

        int_type *bread_crums; //lista de noduri parcurse din graful pe care se face
        integrarea
        int_type *bread_crums_check;

        int_type *children; //nodurile descendente din arborele parcurs in etapa de
        integrare a solutiei
        int_type root_node;
        int_type nvars;
        int_type num_nodes=0;
        int_type num_arcs=0;
        int_type num_arcs_gnd=0;
        int_type l,old_l,last_old,no_children,temp_edge[2]; //folosite in etapa de
        integrare
        int temp_k; //folosite in etapa de integrare
    }

```

```

    int_type index_x1,index_x2, index_y1,index_y2;//folosite in etapa de
integrare
    int_type temp1, temp2, temp3,temp4,temp5,temp6,temp7,temp8,temp9,temp10,junk;
//some temporary vars
    /*int_type index_li,index_lj;*/
    double temp_float1,temp_float2,temp_float3,temp_float4;
    char *temp_str1,*temp_str2, *temp_str3,*temp_str4; //some temporary strings
    FILE *fid; //file pointer

    int point_index=0;
    int i,j; //index pentru bucle for

    //reading input file
    cout<<"\nReading input file: "<<argv1<<". "<<endl;
    ReadComplexFile(&mag, &phase, argv1,nlines, linelen);
    for(i=0;i<nlines;i++)
    {
        free(*(mag+i));
    }
    free(mag); //valoarea absoluta nu este necesara
    cout<<"File: "<<argv1<<" is loaded."<<endl;

    /* Gaseste numarul de puncte cu coerenta ridicata*/

    for (i=0;i<nlines;i++)
    {
        for (j=0;j<linelen;j++)
        {
            if (!flt_equals(phase[i][j],EPSILON))
            {
                point_index=point_index+1;
            }
        }
    }
    /* Am gasit numarul de puncte cu coerenta ridicata*/

    in.numberofpoints = point_index;
    in.pointlist = (REAL *) malloc(in.numberofpoints * 2 * sizeof(REAL));
    assert(in.pointlist!=NULL);
    templ=0;
    for (i=0;i<nlines;i++)
    {
        for (j=0;j<linelen;j++)
        {
            if (!flt_equals(phase[i][j],EPSILON))
            {
                in.pointlist[templ]=(REAL) (i+1);
                in.pointlist[templ+1]=(REAL) (j+1);
                ++templ;
                ++templ;
            }
        }
    }
}

```

**Metoda de elaborare si livrare a harti de hazard la alunecari de teren
bazata pe prelucrarea datelor satelitare si a surselor cartografice**

BIBLIOGRAFIE

Cadrul legislativ (aplicabil in Romania) privind succesiunea operațiilor de întocmire a hărților de risc natural la alunecări de teren și conținutul acestora este dat de urmatoarele acte legislative:

- [1] GT006-97: Ghid privind identificarea și monitorizarea alunecărilor de teren (MLPAT 1997)
- [2] GT019-98: Ghid de redactare a hărților de risc la alunecare a versanților pentru asigurarea stabilității construcțiilor (MLPAT 1998)
- [3] Hotărârea Guvernului nr. 447/2003, privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren (Guvernul României 1998)
- [4] Legea nr. 575/2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național – Secțiunea V-a – zone de risc natural (Parlamentul României 2001)
- [5] Hotărârea Guvernului nr. 447/2003, privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren (Guvernul României 2003)

Bibliografie de specialitate

- [1] Richards, M.A., *A Beginner's Guide to Interferometric SAR Concepts and Signal Processing [AESS Tutorial IV]*, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE , vol.22, no.9, pp.5,29, Sept. 2007. doi: 10.1109/MAES.2007.4350281.
- [2] Marinkovic, P.; Hanssen, R., *Advanced InSAR coregistration using point clusters*, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International , vol.1, no.,pp.489,492,20-24Sept.2004. doi: 10.1109/IGARSS.2004.1369070
- [3] *Delft Object-oriented Radar Interferometric Software*. User's manual and technical documentation. Delft Institute of Earth Observation and Space Systems (DEOS) Delft University of Technology.
- [4] Ferretti, A., C. Prati, and F. Rocca, *Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 38(5), 2202 . 2212, 2000.
- [5] Hooper, A., P. Segall, and H. Zebker (2007), *Persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar for crustal deformation analysis, with application to Volcán Alcedo, Galápagos*, J. Geophys. Res., 112, B07407, doi:10.1029/2006JB004763.
- [6] Andy Hooper, Karsten Spaans, David Bekaert, Miguel Caro Cuenca, Mahmut Arikan, Anneleen Oyen. *StaMPS/MTI Manual v_3.2*. 24th November 2010.
- [7] *Introduction to Interferometric Synthetic Aperture Radar – InSAR*. Presentare PowerPoint. http://www.bgu.ac.il/geol/classes/physical_processes/Front/kinematics_4.ppt [15.07.2013]
- [8] Alessandro Ferretti, Andrea Monti-Guarnieri, Claudio Prati, Fabio Rocca, Didier Massonnet. *InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation*. Technical coordination: Juerg Lichtenegger.ESA.
- [9] M. Costantini. *A Novel Phase Unwrapping Method Based on Network Programming*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 36. No. 3. Pp. 813-821. 1998.
- [10] C.W. Chen and H. A. Zebker. *Network approaches to two-dimensional phase unwrapping: Intractability and two new algorithms*. J. Opt. Soc. Amer. A, vol. 17, pp. 401–414, 2000.
- [11] Imagine preluată de pe siteul USGS: <http://srtm.usgs.gov/index.php> [15.07.2013].
- [12] Samuel W. McCandless Jr., Cristopher R. Jackson. Chapter 1. Principles of Synthetic Aperture Radar. În Syntetic Apperture Radar. Marine User's Manual de C.R.Jackson și J.R. Apel. Resursă online <http://www.sarusersmanual.com>. [16.07.2012].
- [13] Guido Luzi (2010). Ground Based SAR Interferometry: a Novel Tool for Geoscience, Geoscience and Remote Sensing New Achievements, Pasquale Imperatore and Daniele Riccio (Ed.), ISBN: 978-953-7619-97-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/geoscience-and-remote-sensing-newachievements/ground-based-sar-interferometry-a-novel-tool-for-geoscience>
- [14] Andy Hooper, Karsten Spaans, David Bekaert, Miguel Caro Cuenca, Mahmut Arikan, Anneleen Oyen. *StaMPS/MTI Manual v_3.2*. 24th November 2010.

- [15] ROI-PAC: Repeat Orbit Interferometry PACkage.
http://www.openchannelfoundation.org/projects/ROI_PAC/ [16.07.2013]
- [16] Krieger, G.; Hajnsek, I.; Papathanassiou, K.P.; Younis, M.; Moreira, A., *Interferometric Synthetic Aperture Radar (SAR) Missions Employing Formation Flying*, Proceedings of the IEEE , vol.98, no.5, pp.816,843, May 2010. doi: 10.1109/JPROC.2009.2038948
- [17] Goldstein, R. M. and C. L. Werner (1998, November). Radar interferogram filtering for geophysical applications. *Geophysical Research Letters* 25(21), 4035–4038.

**Metoda de elaborare si livrare a harti de hazard la alunecari de teren
bazata pe prelucrarea datelor satelitare si a surselor cartografice**

REVENDICARE

Metoda de elaborare si livrare a harti de hazard la alunecari de teren bazata pe prelucrarea datelor satelitare, **caracterizata prin aceea ca:**

- inventarierea manifestarii locale de pierdere a stabilitatii se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare de tip RADAR; solutia tehnica bazata pe prelucrarea datelor satelitare RADAR a fost imbunatatita prin dezvoltarea lantului de procesare PUTMCF (Phase Unwrapping using Triangulation and Minimum Cost Flow), respectiv:
 - script pentru a genera folderele necesare,
 - functia C (numita choose_master),
 - scripturile check_master si check_coarse_corell,
 - modificarea functiei Matlab ps_plot din StaMPS,
 fapt ce permite cresterea gradului de automatizare, reducerea timpilor de executie si reducerea costurilor;
 - identificarea schimbarii factorilor de influenta (sivic si antropic) se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare de tip optic,
 - caracterizarea factorilor de influenta pentru estimarea valorii coeficientilor silvic (Kg) si antropic (Kh) se bazeaza pe prelucrarea datelor satelitare optic; ansamblul metodelor bazate pe prelucrarea datelor satelitare optic si RADAR **ofera urmatoarele elemente de noutate:**
 - ✓ permit investigatii pe suprafete extinse (de ordinul sutelor / miilor de kmp),
 - ✓ sunt complet nepoluante (fonic, gaze de ardere) nu afecteaza biodiversitatea din ariile investigate,
 - ✓ nu consuma combustibili fosili,
 - ✓ au grad foarte ridicat de automatizare,
 - ✓ determinarile nu implica consum de resurse materiale (toate determinarile se fac din satelit),
 - ✓ au durata de realizare scazuta,
 - ✓ au cost scazut,
 - ✓ permit monitorizarea periodica a factorilor ce influenteaza gradele de potential, pentru respectarea HG 447 / 2003, Art. 11, al 3 (Harta de hazard la alunecari de teren se actualizeaza periodic si ori de cate ori intervin modificari ale datelor initiale),
 - cuantificarea factorilor de influenta si agregarea datelor pentru estimarea valorii coeficientilor Ka+h [litologic (Ka), geomorfologic (Kb), structural (Kc), hidrologic si climatic (Kd), hidrogeologic (Ke), seismic (Kf), silvic (Kg), antropic (Kh)], metoda ce **ofera urmatorul element de noutate:**
 - ✓ permite obtinerea rezultatului final (harta de hazard la alunecari de teren) in conditii e repetabilitate a rezultatului (elimina factorul subiectiv ce tin ede interpretarea si experienta operatorului),
- si metoda de livrare utilizand solutia informatica PORTAL (WEB), **caracterizata prin aceea ca metoda de livrare ofera urmatoarele elemente de noutate:**
- ✓ permite manipularea continutului, pentru analiza si interpretarea datelor, fara ca beneficiarul sa detina pachete software specializate,
 - ✓ permite schimbul de date cartografice si interoperabilitatea la nivel European.

Exemple de realizare

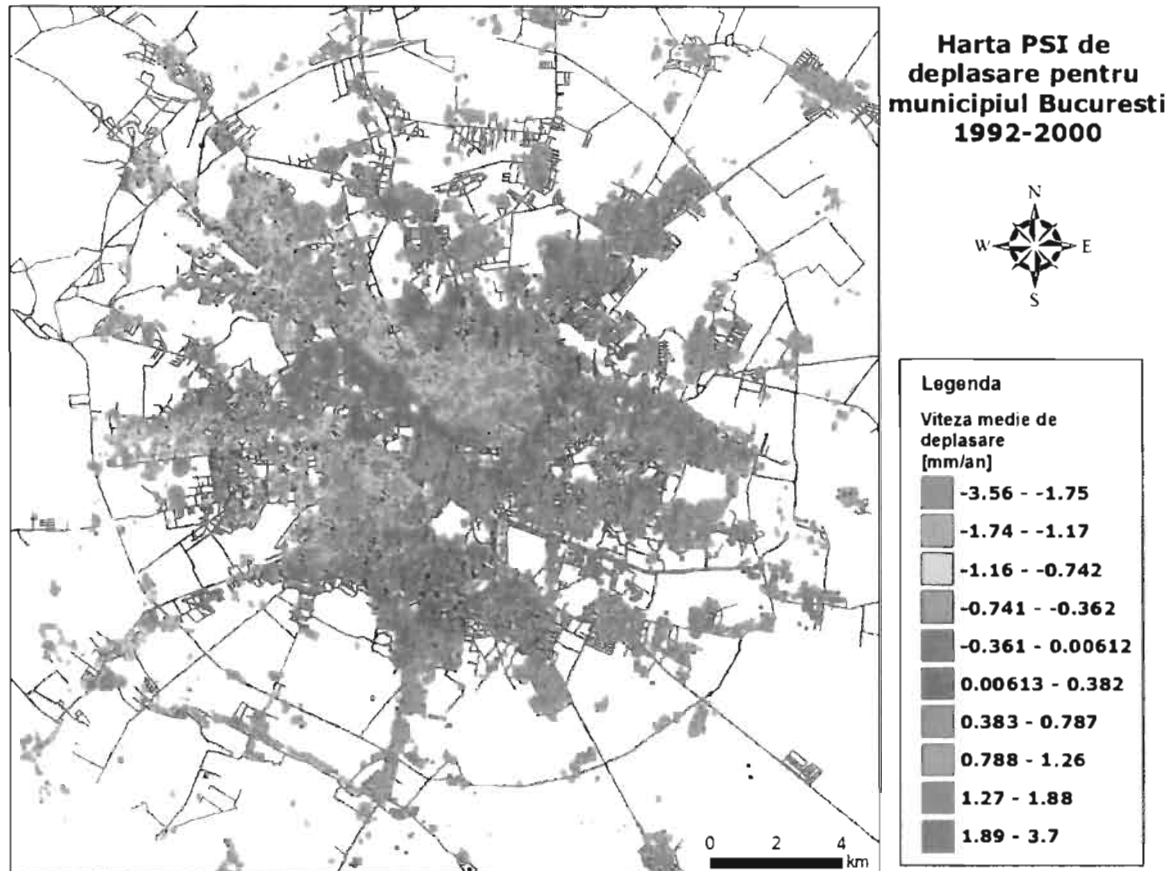


Fig. 1 Harta de deformare generata din mai multe interferograme (orasul Bucuresti)

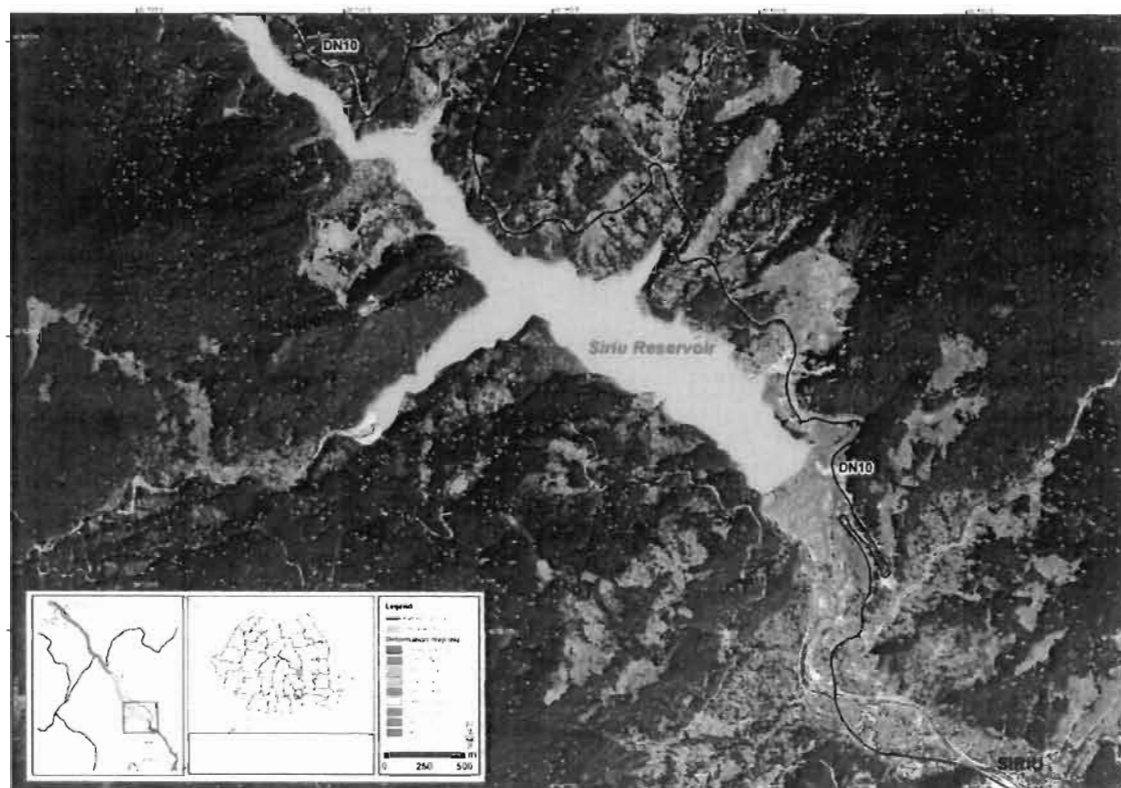


Fig.2 Harat de deformare generata dintr-o singura interferograma zona Siriu

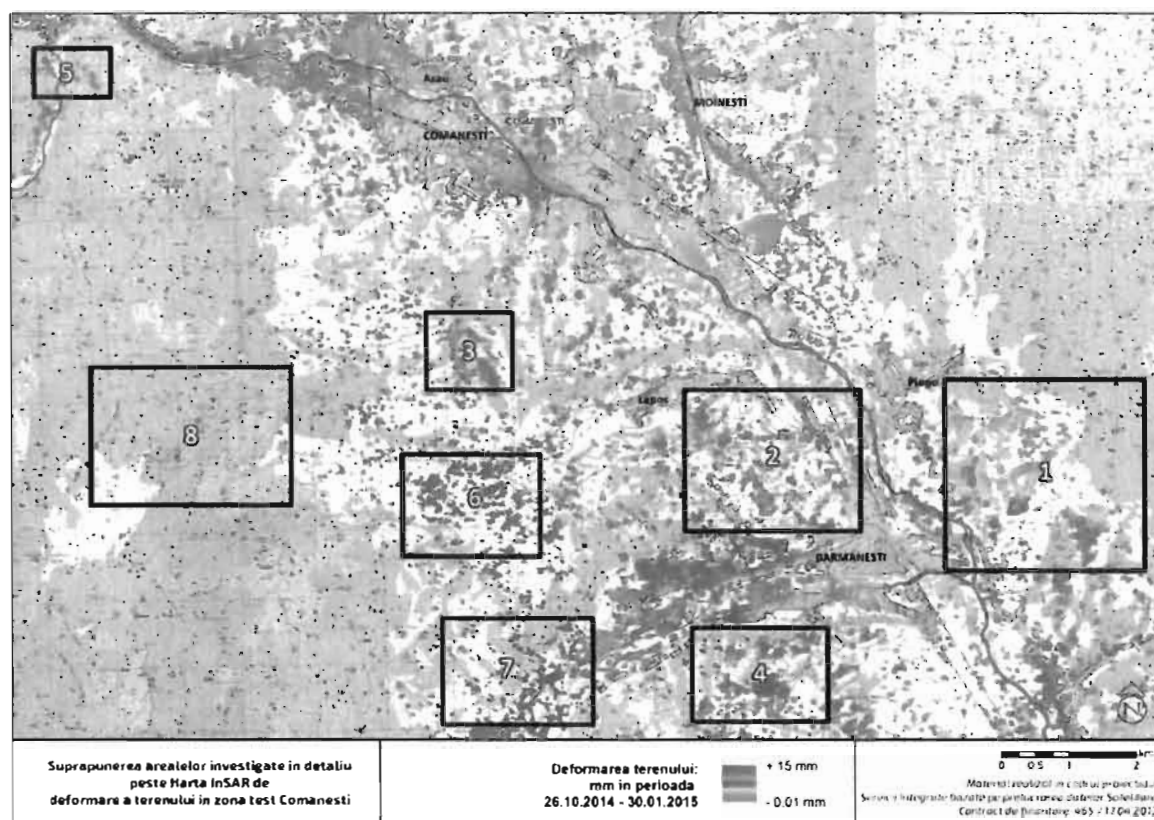


Fig. 3 Harta de deformare generata dintr-o singura interferograma (zona Darmanesti - Comanesti)

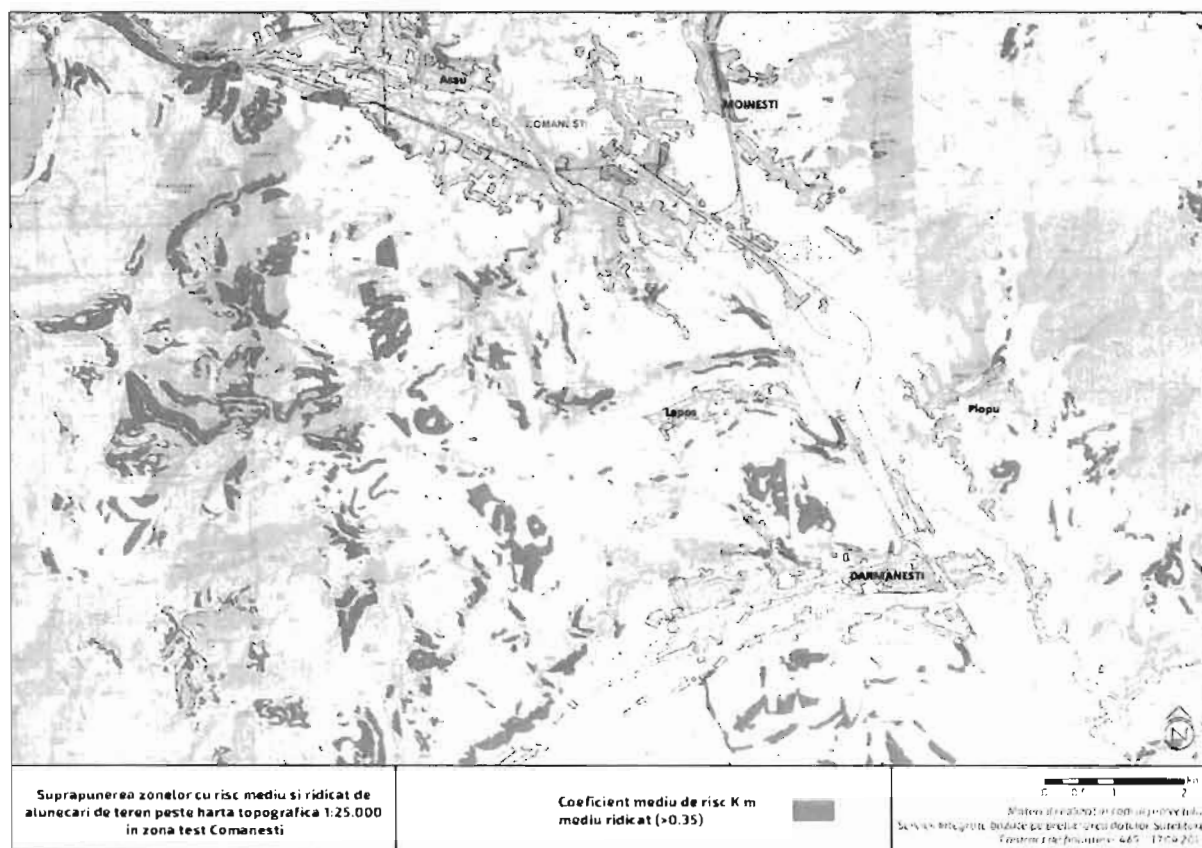


Fig. 4 Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti - Comanesti clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste harta topografica 1:25.000.

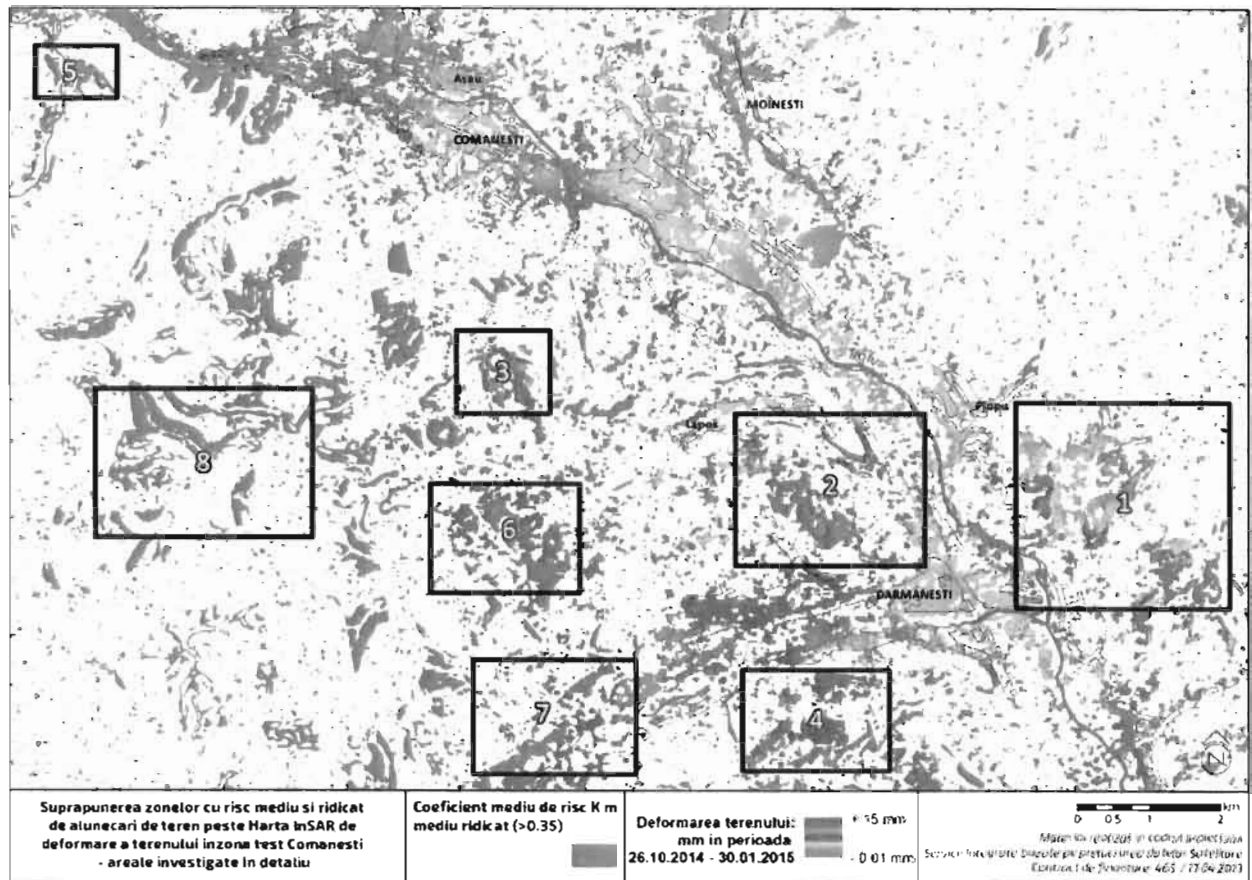


Fig. 5 Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($Km > 0.35$) cu harta de deformare

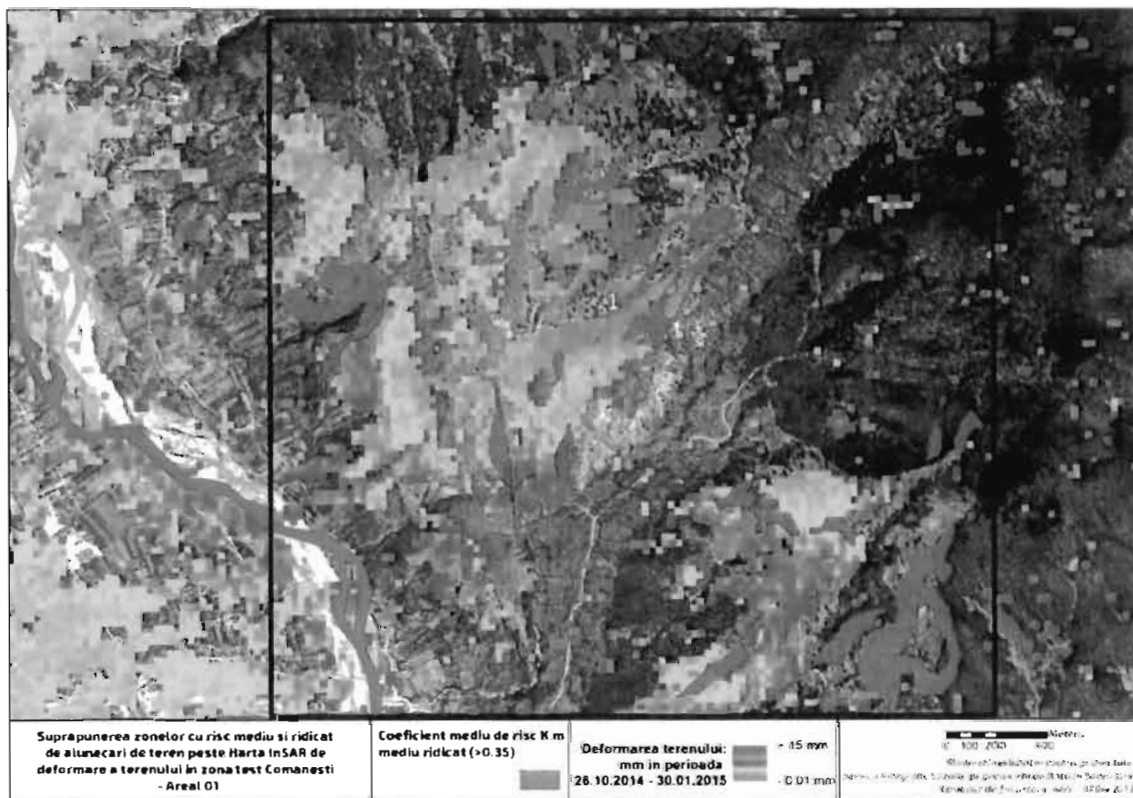
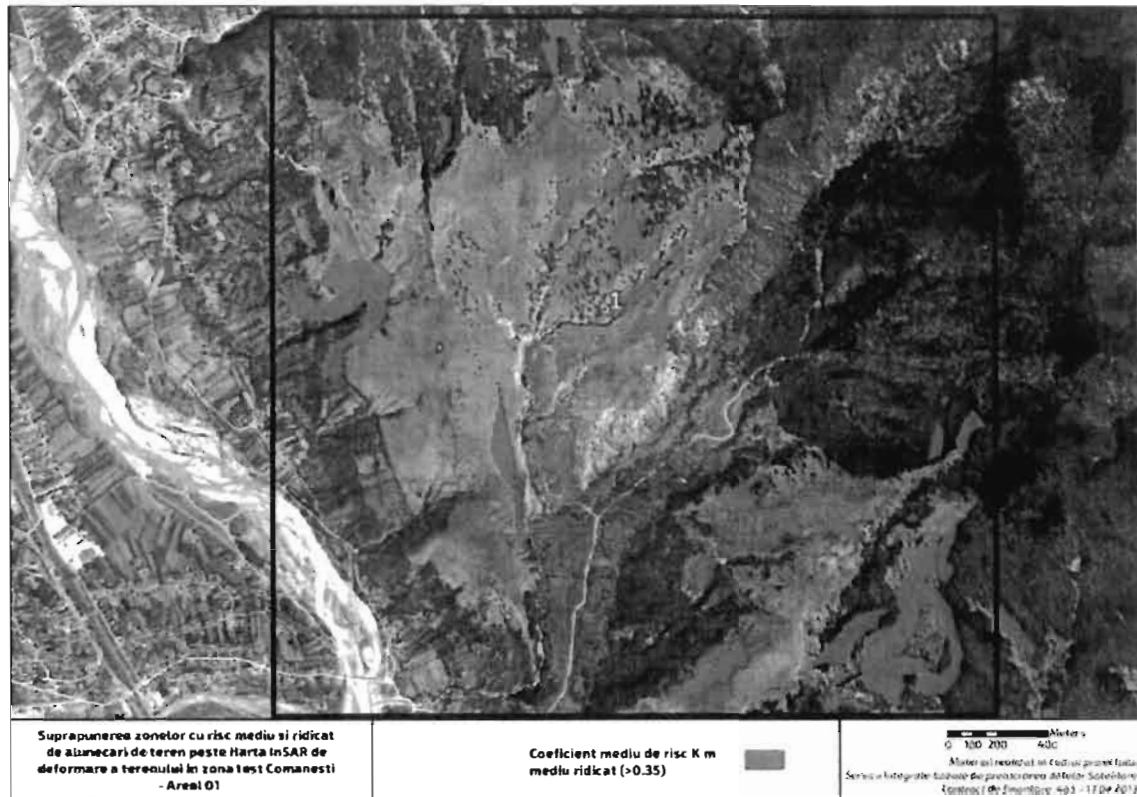


Fig. 6 Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($Km > 0.35$))

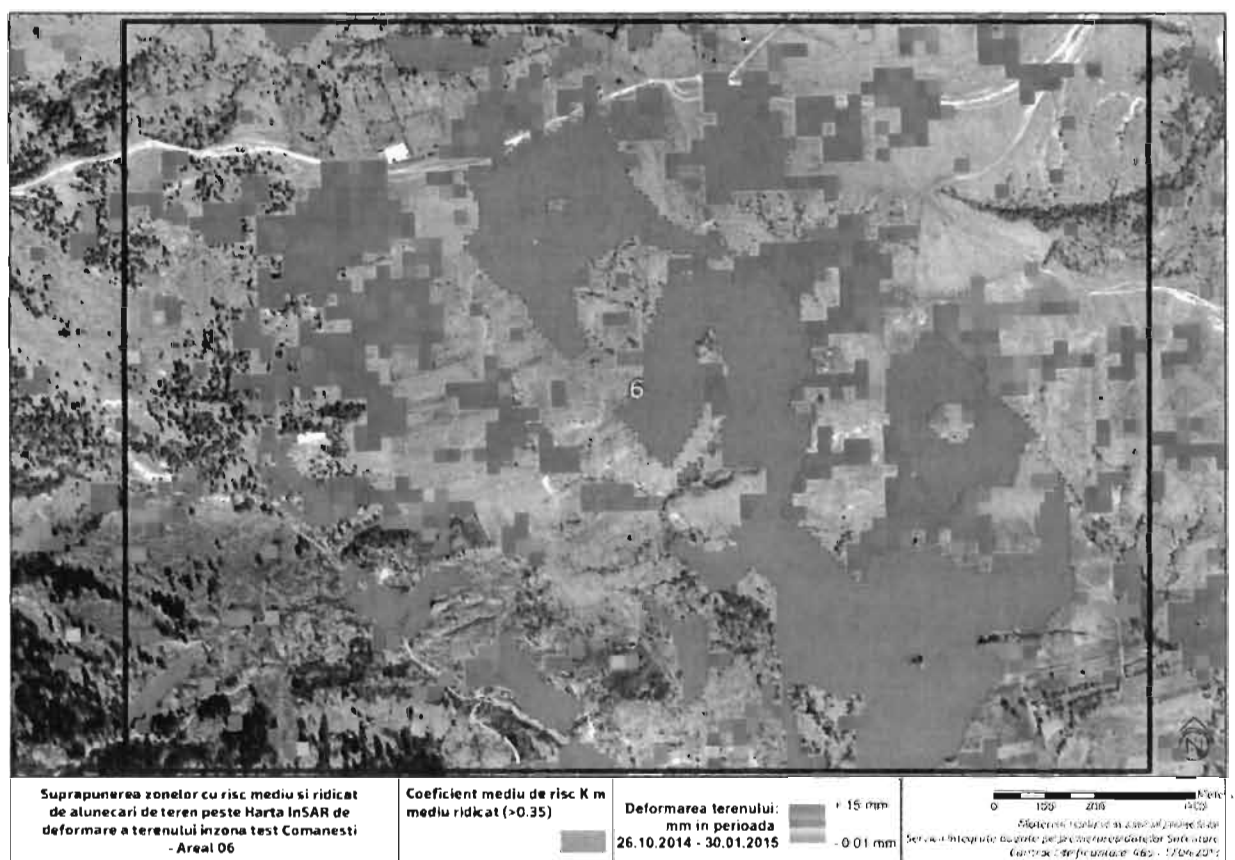
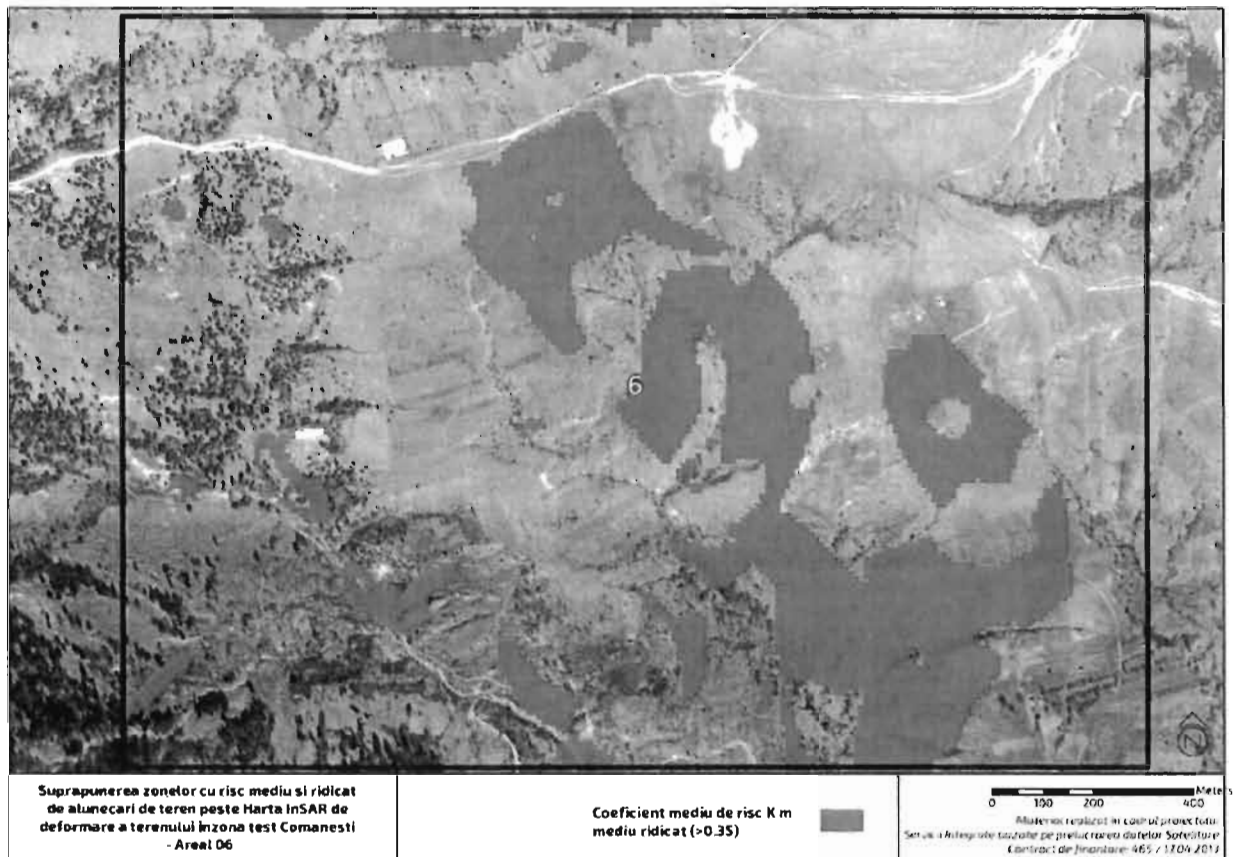


Fig.7 Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($Km > 0.35$))

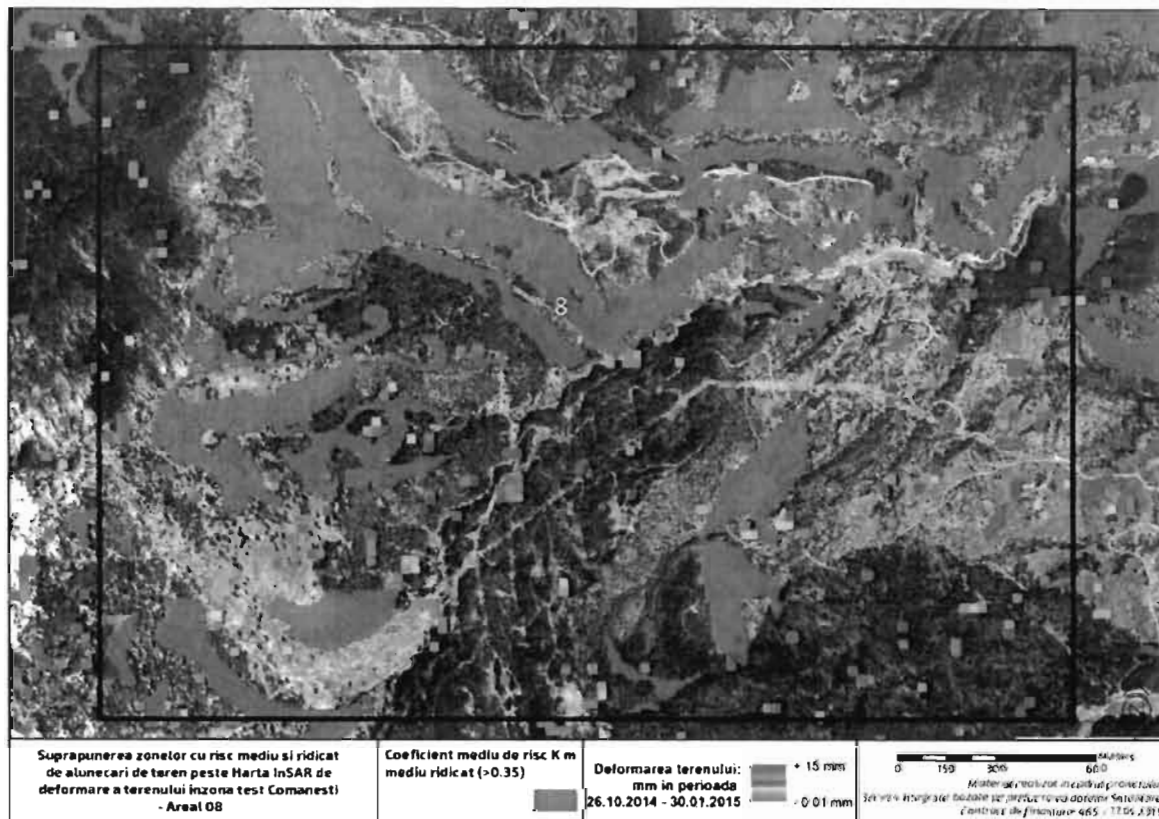


Fig. 8 Suprapunerea hartii de hazard (clasa de risc mediu-ridicata ($Km > 0.35$)) cu harta de deformare pentru perimetrul 8

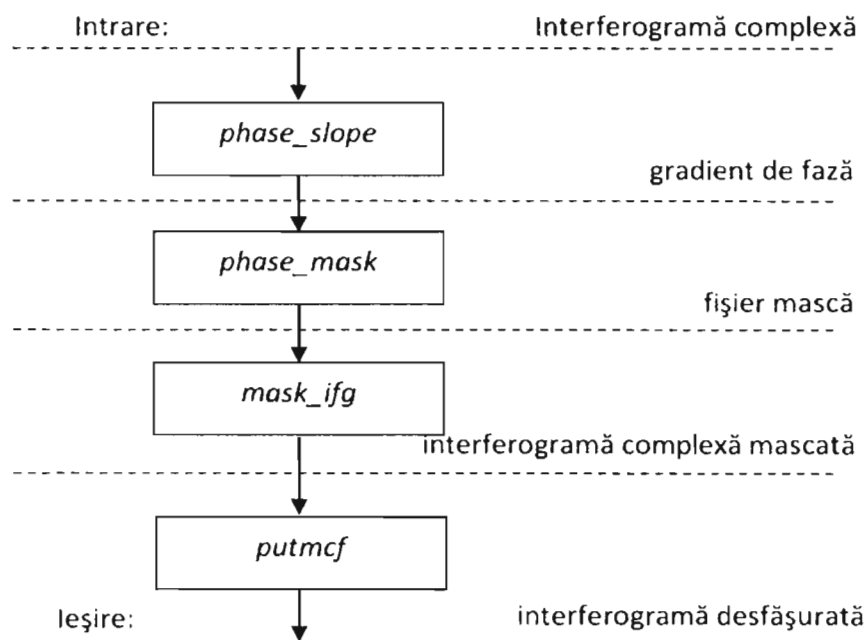


Fig. 9 Ordinea de prelucrare pentru desfășurarea de fază (în blocurile din schema apar denumirile funcțiilor/programelor utilizate)

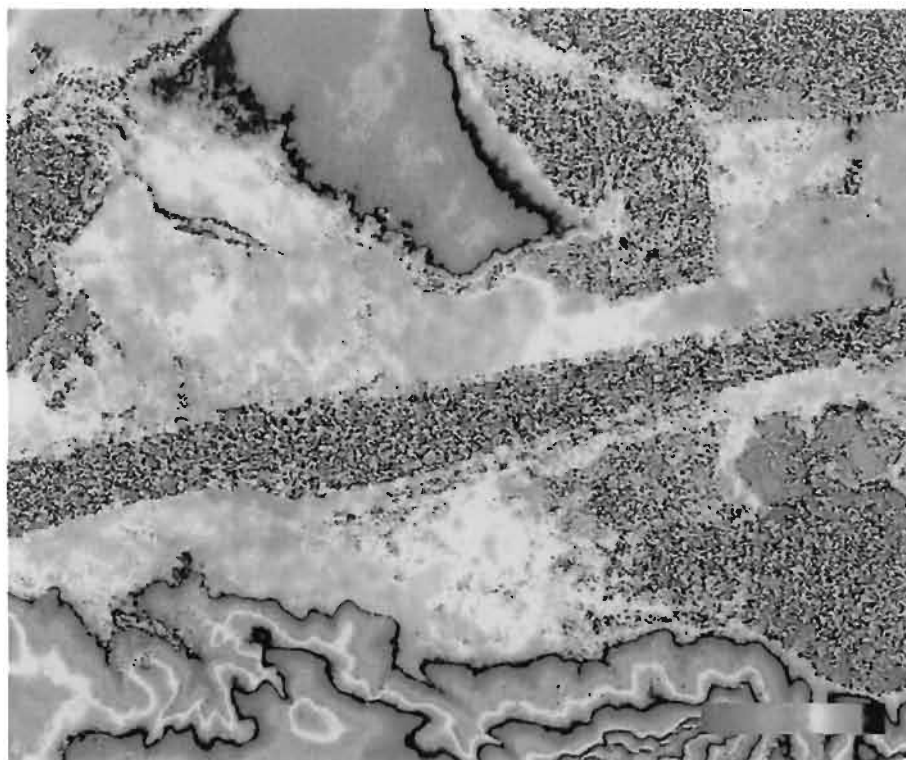


Fig. 10 Faza (nedesfasurata) a interferogramei complexe test.raw (intrarea lanțului de prelucrare)

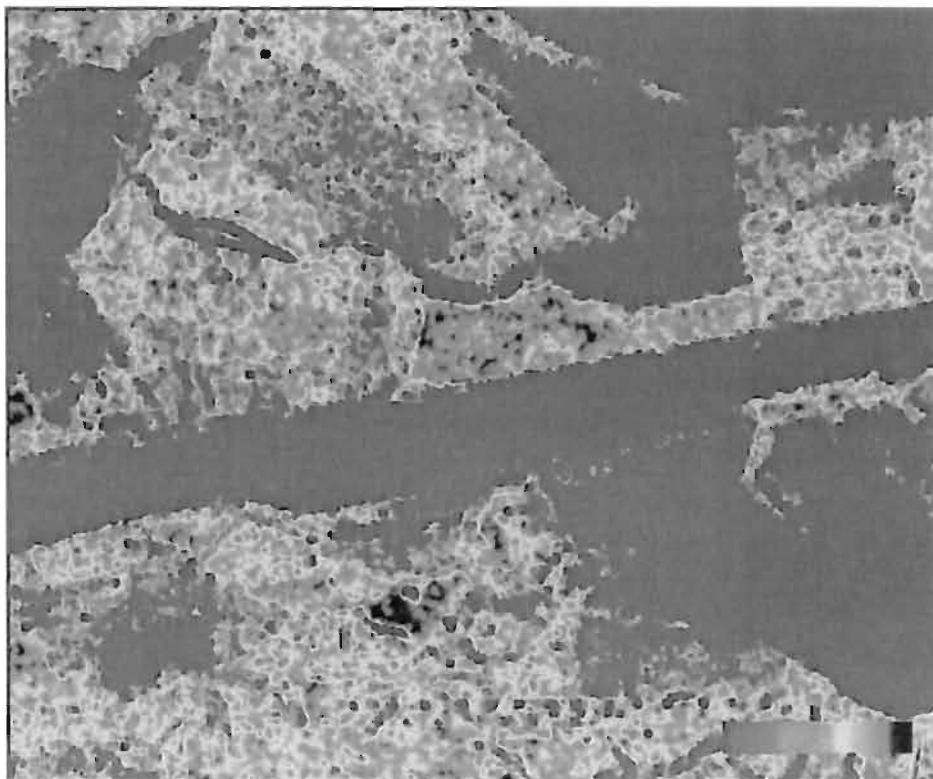


Fig. 11 Masca pentru eliminarea pixelilor zgomotoși (fisierul mask.raw, rezultat dupa phase_mask)

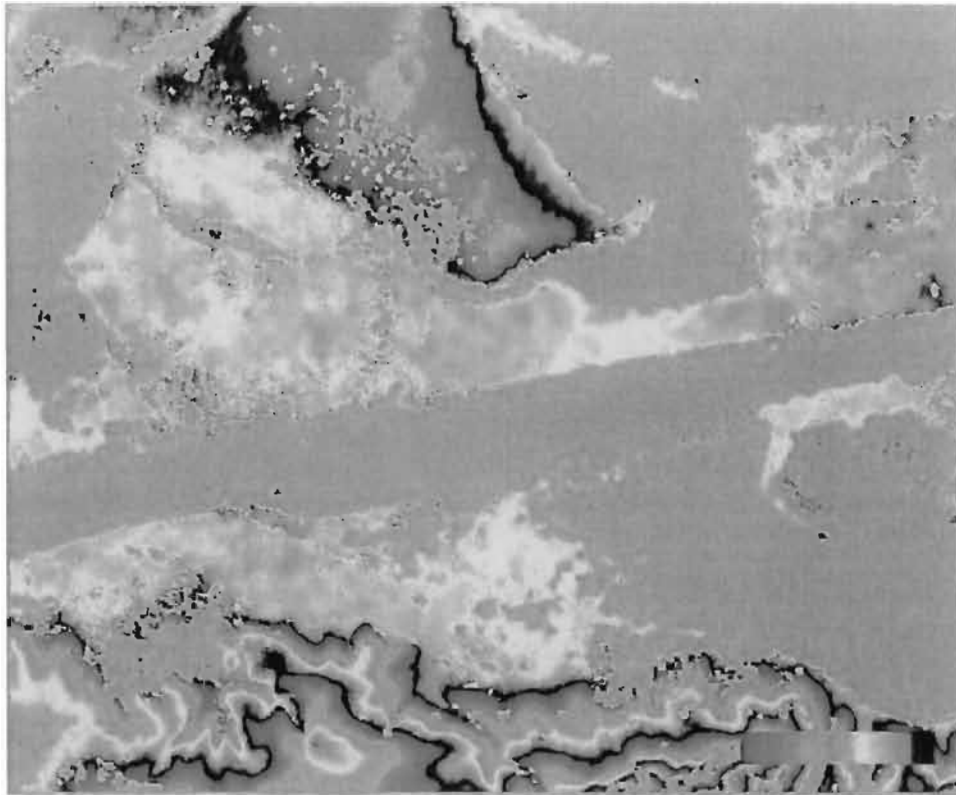


Fig. 12 Faza interferogramei mascate (fisierul masked.test.raw, rezultat dupa maskifg)



Fig. 13 Faza desfasurata (fisierul unw.masked.test.raw, rezultat dupa putmcf)

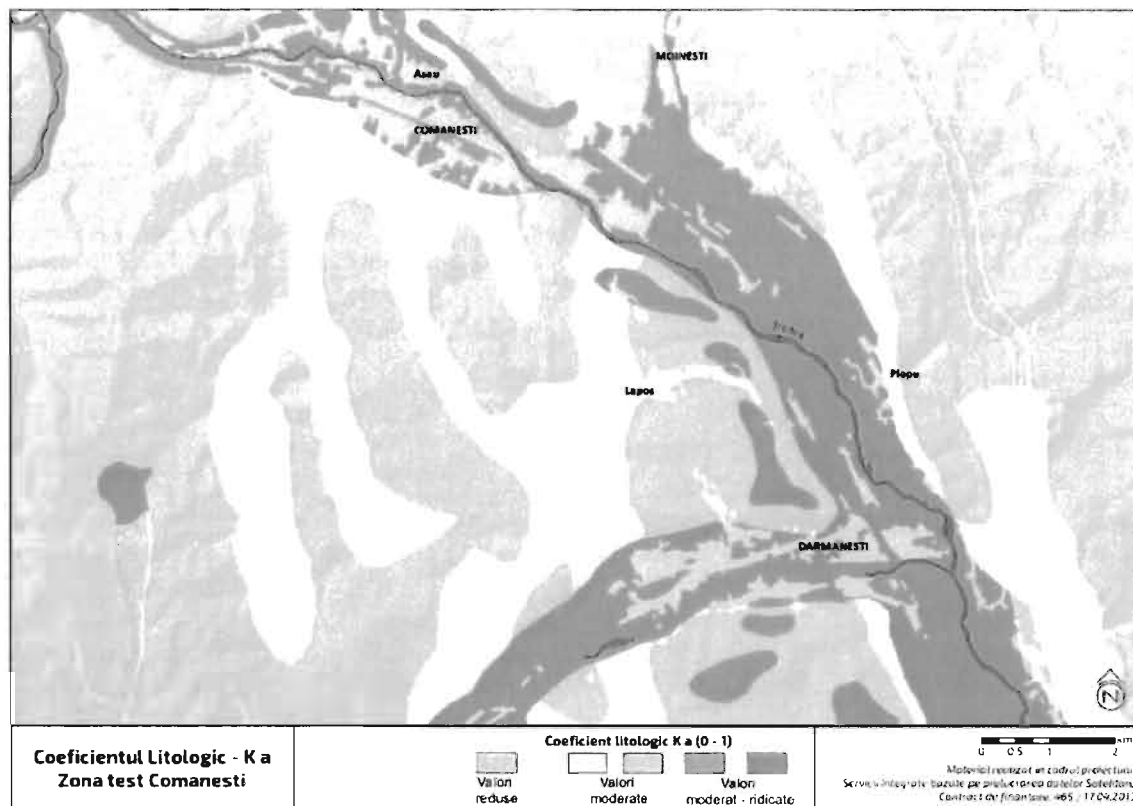


Fig. 14. Coeficientul litologic K a – zona test Darmanesti - Comanesti

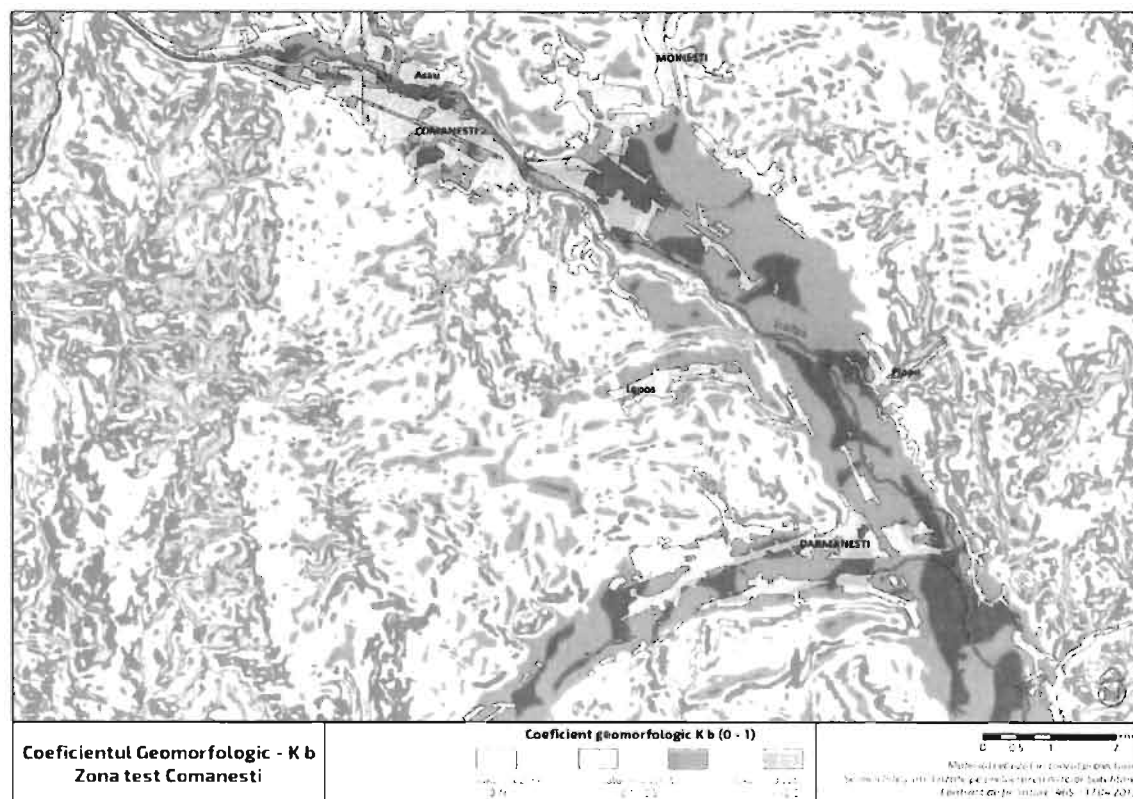


Fig. 15. Coeficientul litologic K b – zona test Darmanesti - Comanesti

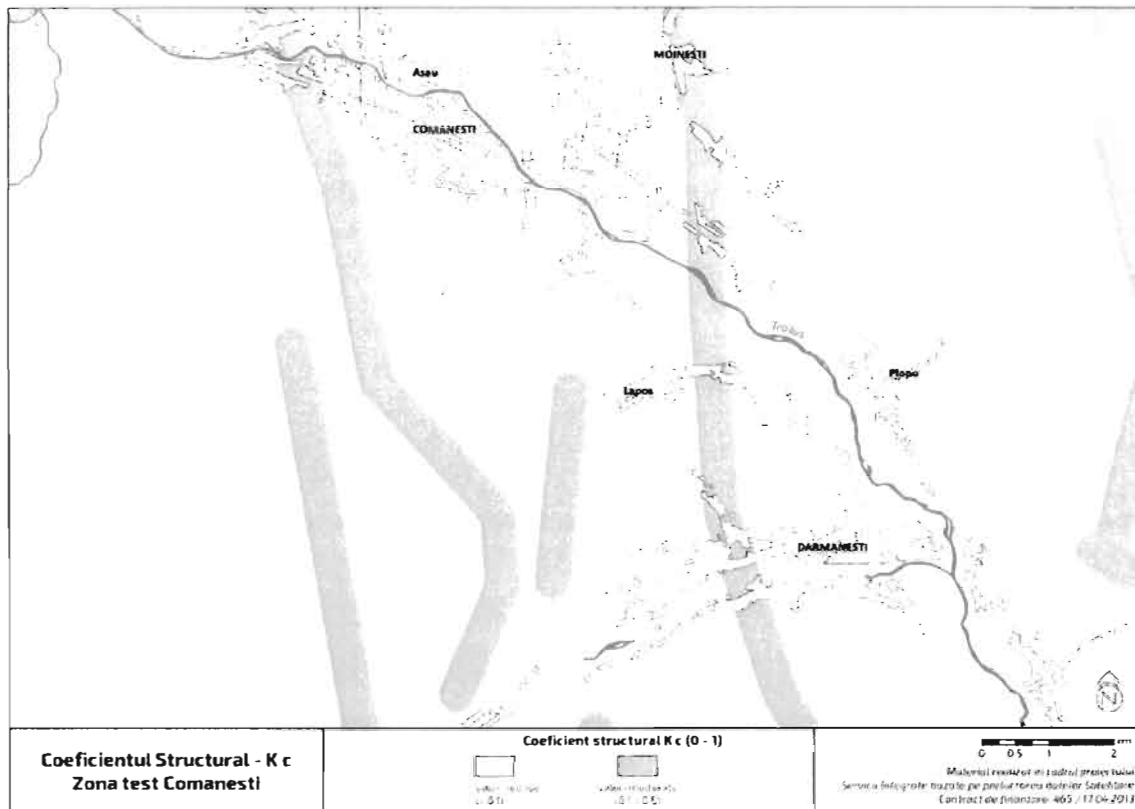


Fig. 16. Coeficientul litologic K c – zona test Darmanesti - Comanesti

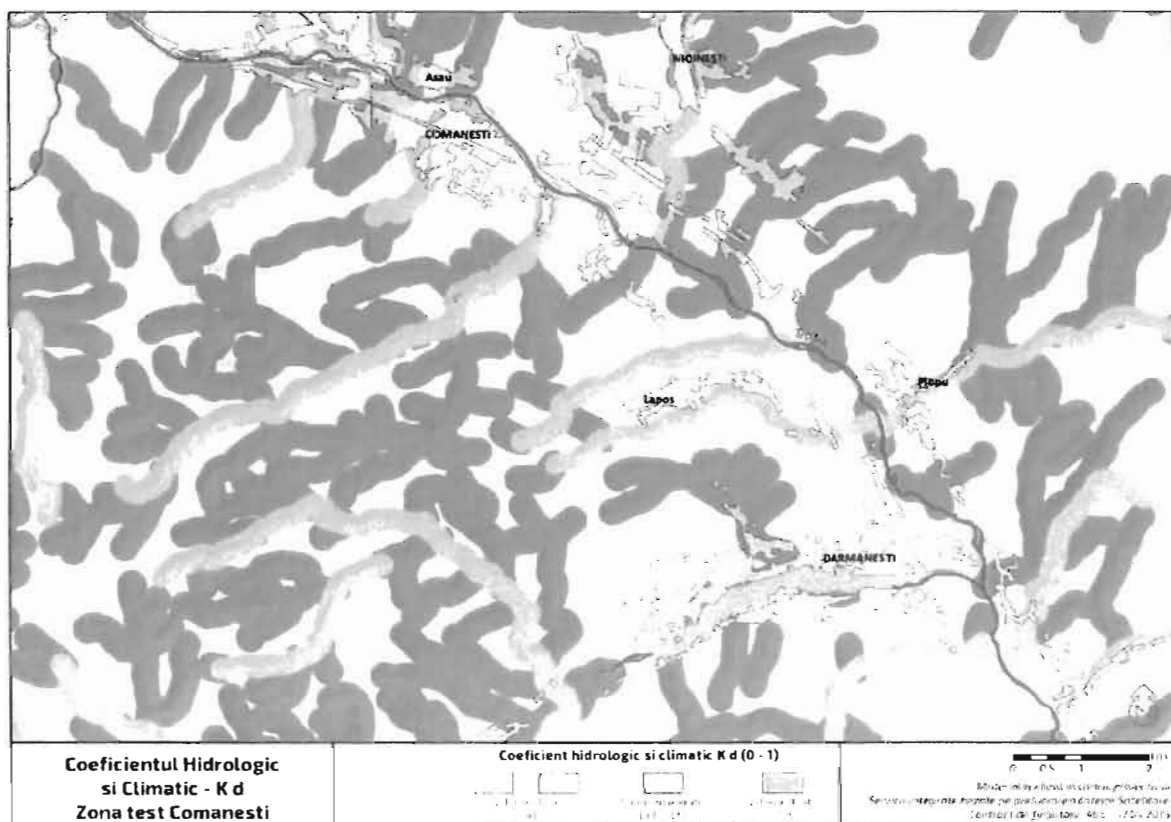


Fig. 17. Coeficientul hidrologic si climatic K d – zona test Darmanesti - Comanesti

81

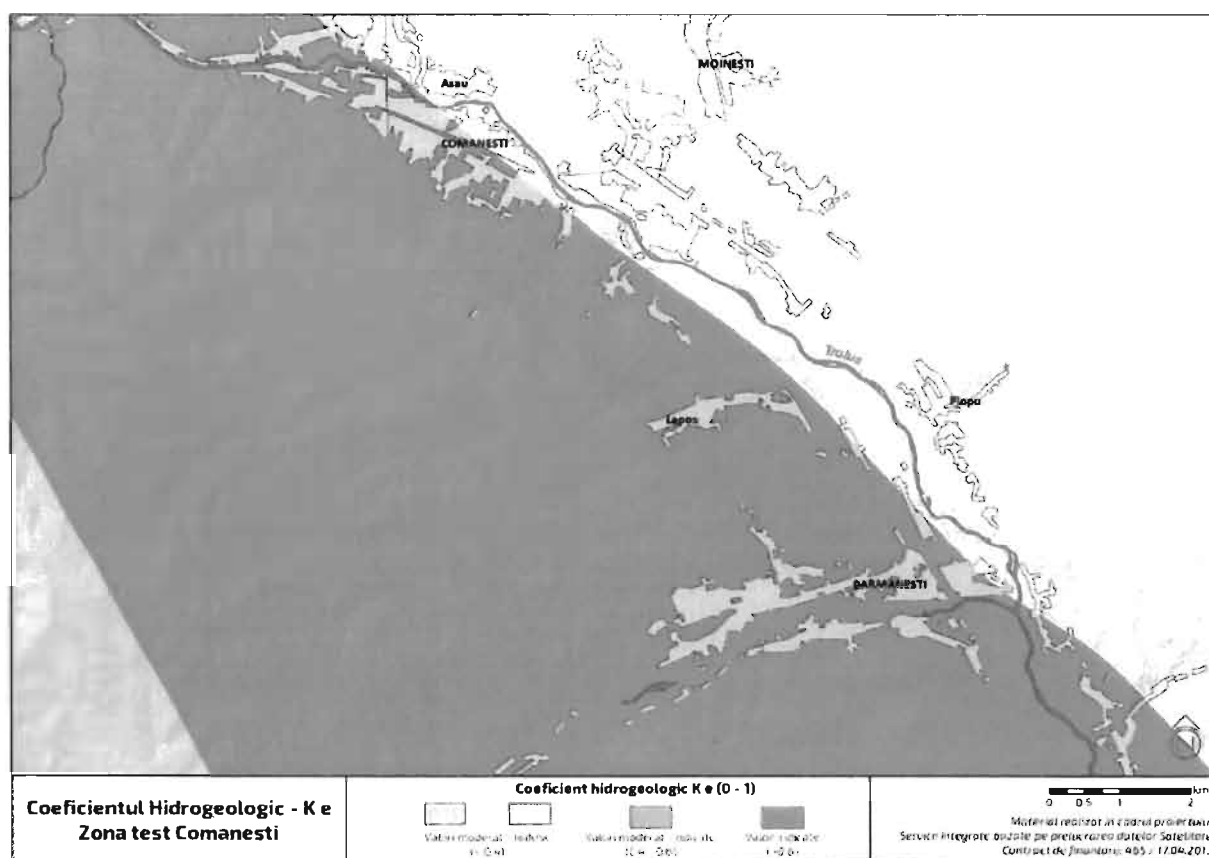


Fig. 18. Coeficientul hidrogeologic– zona test Darmanaesti - Comanesti

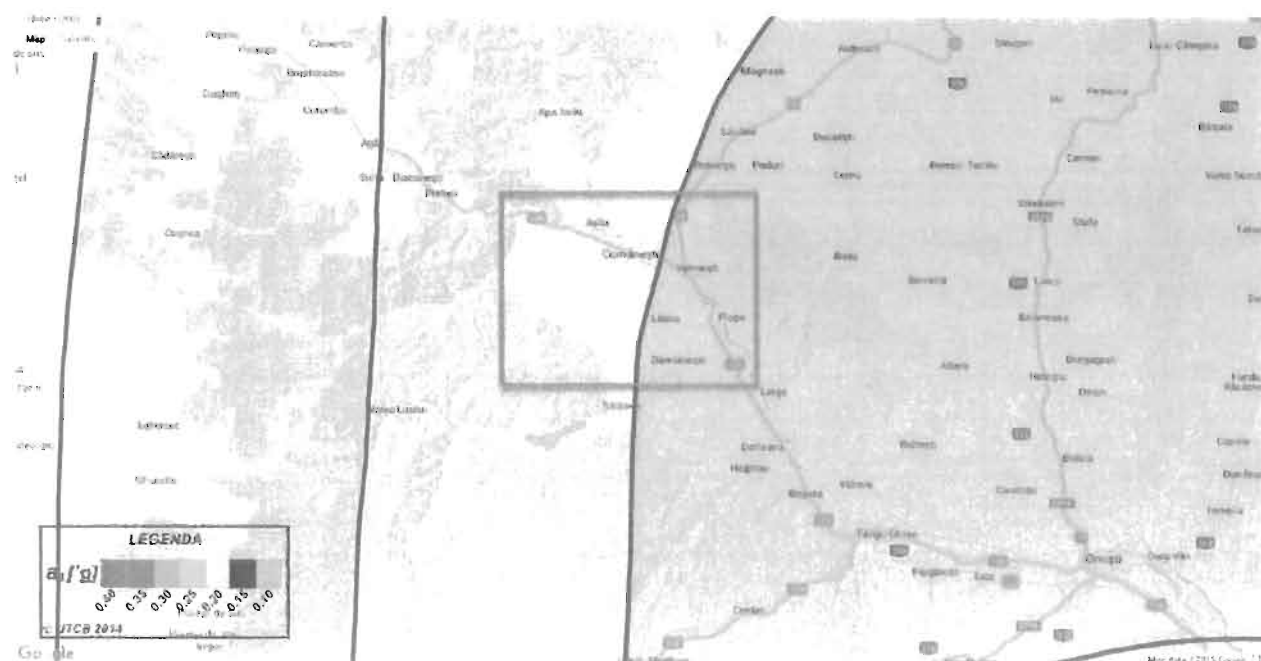


Fig. 19. Pozitionarea Zonei test Darmanesti – Comanesti in cadrul Hartii De Zonare Seismica (Pga) Din P100-1/2013

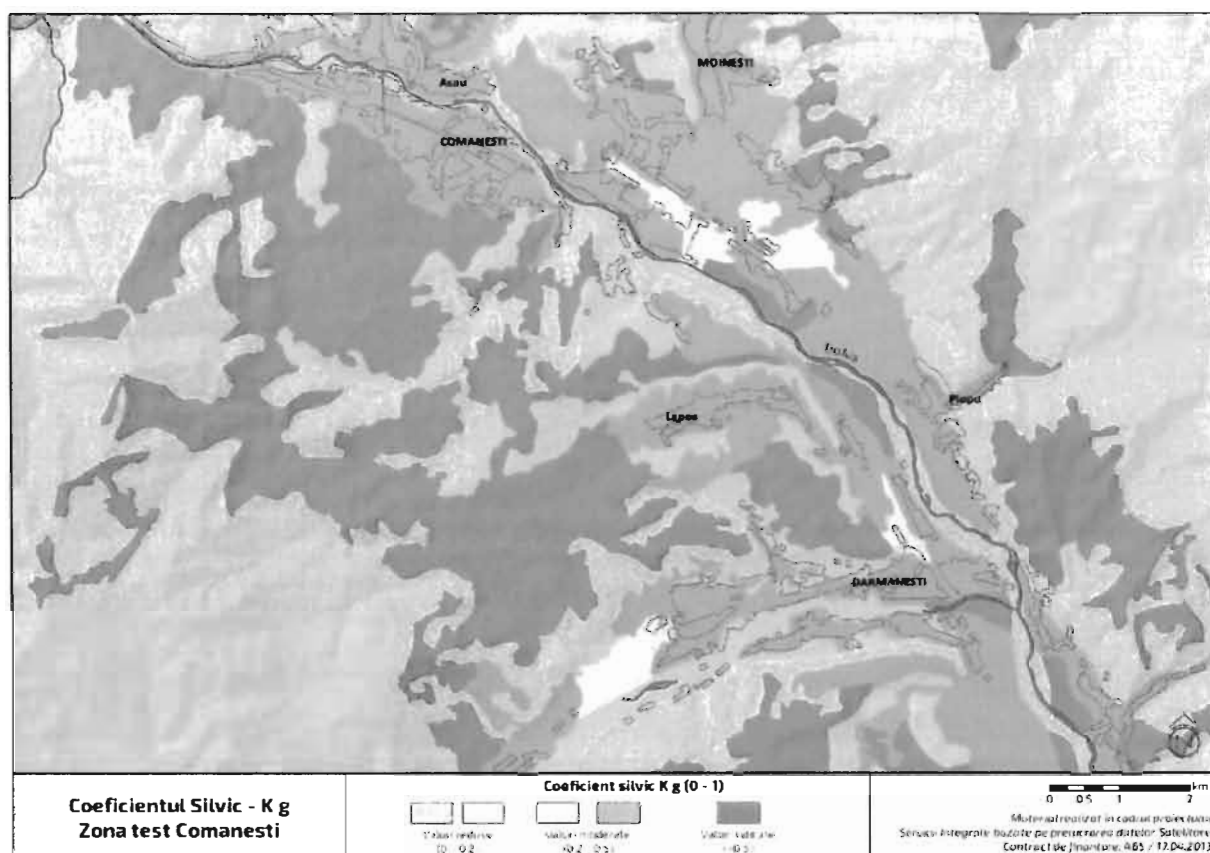


Figura 20. Coeficientul silvic K g – zona test Darmanesti - Comanesti

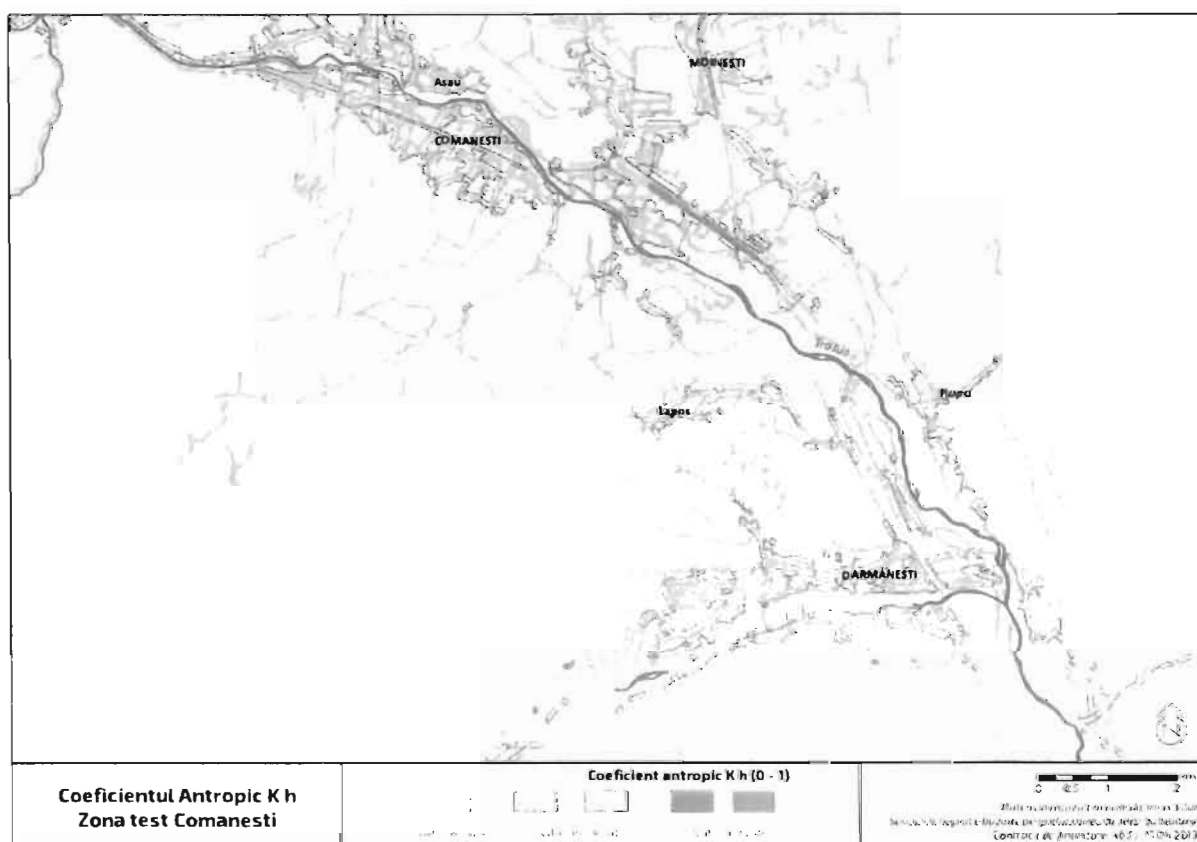


Figura 21. Coeficientul antropic K h – zona test Darmanesti - Comanesti

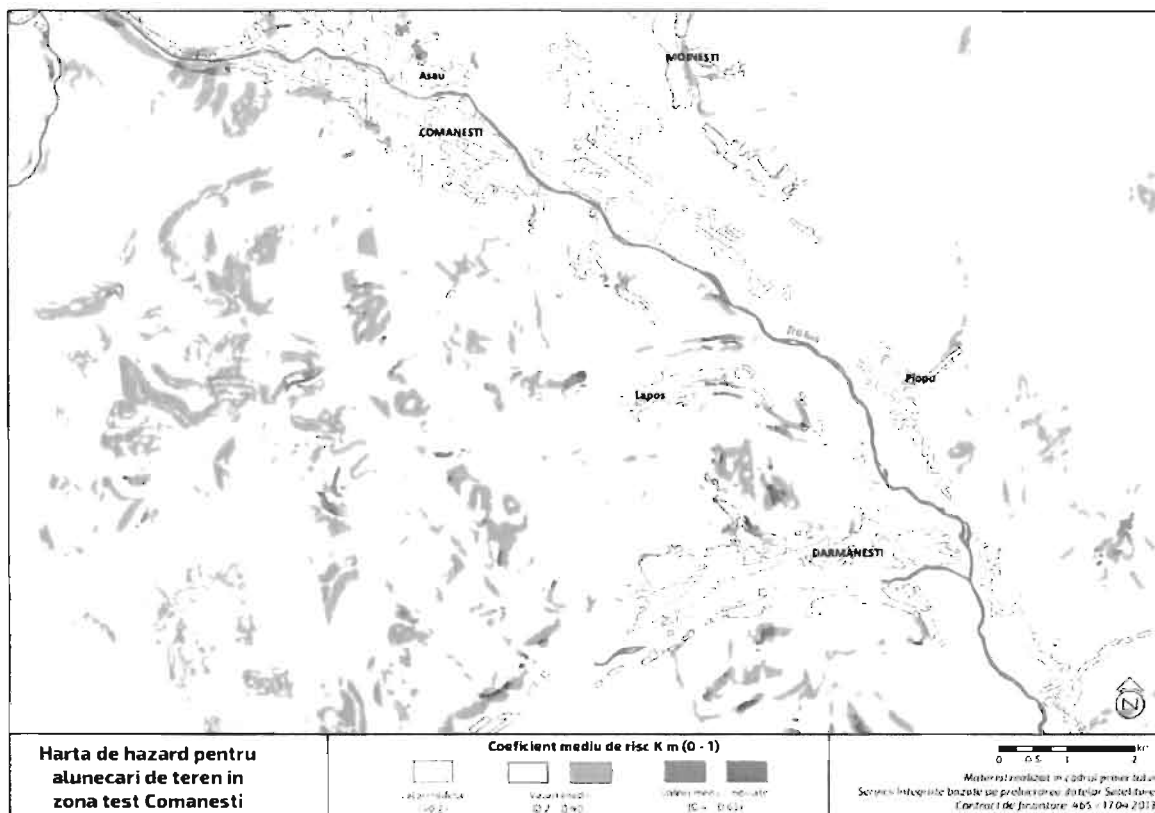


Figura 22. Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti - Comanesti

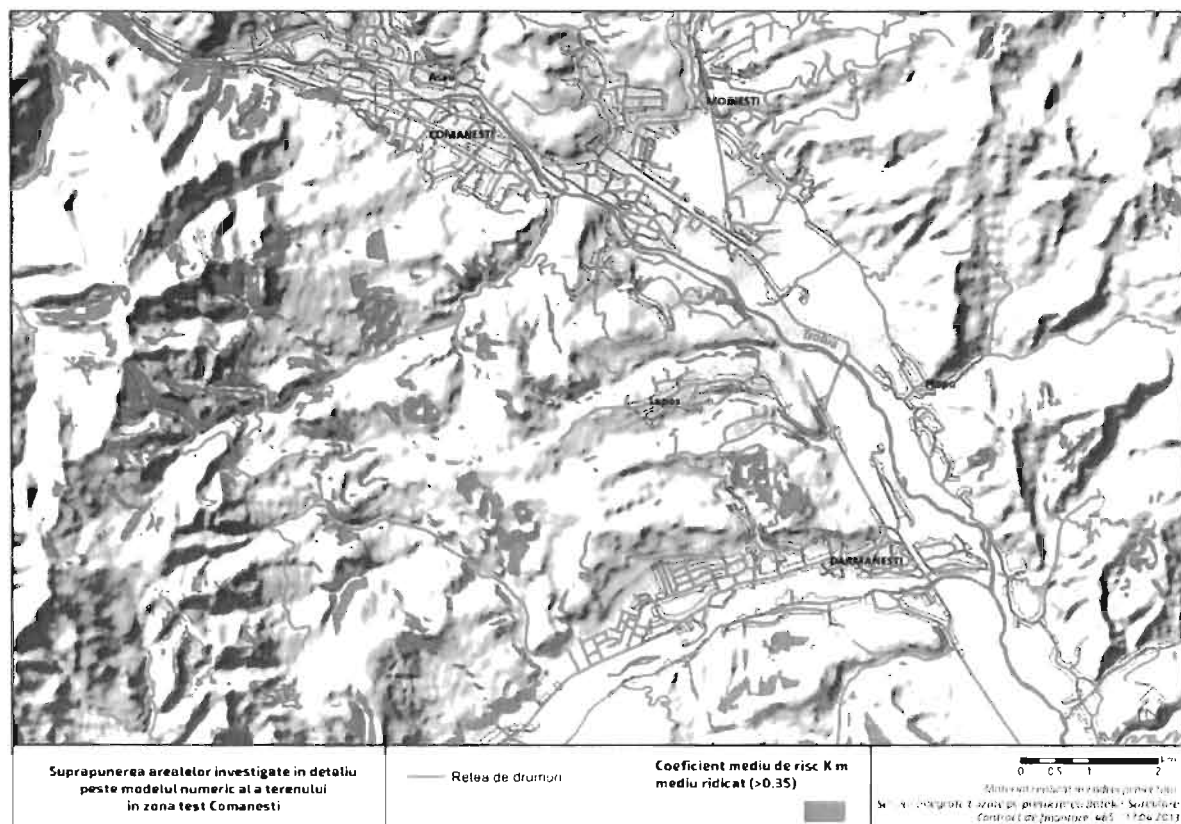


Figura 23. Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti - Comanesti clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste modelul numeric al terenului

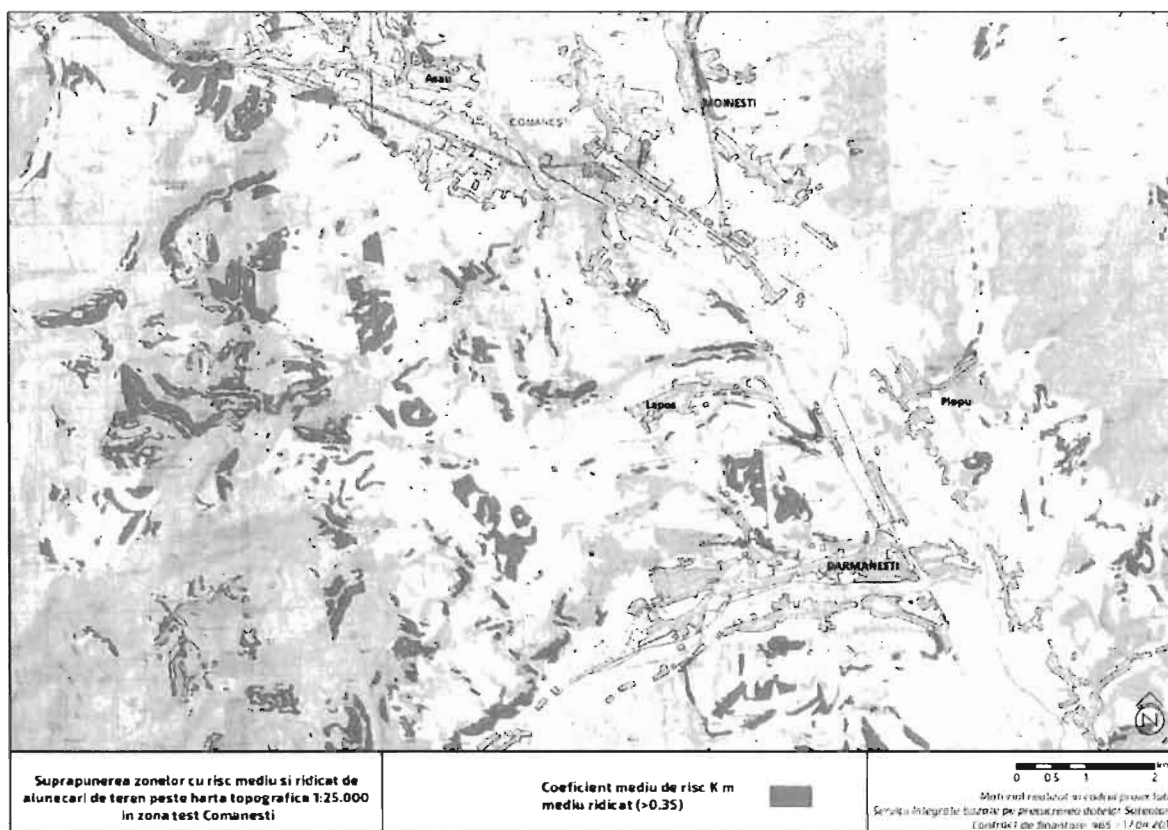


Figura 24. Harta de hazard pentru alunecari de teren in zona test Darmanesti - Comanesti clasa cu valori medii-superioare suprapusa peste harta topografica 1:25.000.