

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI  
FACULTATEA DE INGINERIE ȘI MECANICĂ  
ELECTRICĂ**

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**REZUMAT**

**CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE  
PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA SIGURANȚEI STABILITĂȚII  
ZONELOR ADIACENTE TRASEELOR DE TRANSPORT  
AUTO ȘI FERROVIAR**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:**

**PROF. UNIV.DR.ING. MARIN SILVIU NAN**

**DOCTORAND:**

**ING. ADRIAN MIHAI ȘCHIOPU**

**PETROȘANI**

**- 2015 -**

## REZUMATUL TEZEI

Dezvoltarea societății umane presupune și modernizarea , respectiv extinderea structurilor de transport de tip rutier și feroviar. Din această perspectivă pentru atingerea unor performanțe în domeniul securității traficului se impun și acțiuni de monitorizare a versanților adiacenți rutelor de transport unde există incertitudini privind stabilitatea acestora.

Alunecările de teren, alături de inundații și cutremure de pământ, sunt catastrofe naturale ce produc pierderi de vieți omenești, precum și pagube materiale însemnate.

Alunecările de teren pot fi mai ușor de prevenit și stăpânit față de cutremure și inundații. Versanții și taluzurile sunt formate din roci moi sau tari, naturale sau artificiale, au suprafețe de limitare, înclinate față de orizontală. Aceste suprafețe constituie locul unde se produc fenomenele de instabilitate, prin acțiunea unor factori cauzali. Fenomenele de instabilitate sunt cunoscute în geologie sub denumirea de deplasări de teren. Termenul de alunecare de teren se asociază cu deplasarea unei mase în principiu de roci moi, aflată în pantă pe un fundament impermeabil, prin înmuierea acestora, după ploii îndelungate.

Diferitele mișcări ale masivelor sunt în atenția oamenilor ca fenomene naturale ce îi amenință, pe care uneori nu le pot controla. Există regiuni în care se produc foarte rar, iar în alte locuri sunt foarte frecvente, ele reprezentând principalul factor al modelării suprafeței terenului, uneori consecințele sunt dezastruoase.

Alunecările de teren distrug căile de acces și de comunicație, construcțiile , casele, și nu în ultimul rând pun în pericol viețile oamenilor. Omul însuși provoacă alunecări de teren prin intervențiile greșite sau prin adoptarea unor metode nepotrivite la executarea unor lucrări.

Necesitatea preocupărilor privind studiul alunecărilor de teren, implicarea în acest domeniu a diferitelor categorii de cercetători, atestă complexitatea, importanța și actualitatea problemei.

Lucrarea abordează în principal problema monitorizării versanților adiacenți căilor de transport rutier și feroviar unde există incertitudini în privința controlului alunecărilor de teren. Sunt studiate o serie de probleme de natură teoretică și experimentală legate de mecanismele producerii alunecărilor de teren în sensul declanșării fenomenului și a evoluției în timp a acestuia. Sunt prezentate un număr important de soluții tehnice utilizabile în domeniul stabilizării versanților cu pericol de alunecare, iar pentru situațiile în care nu se poate atinge acest deziderat se studiază posibilitățile de monitorizare în vederea cunoașterii evoluției înaintea producerii alunecării, respectiv a alertării celor interesați de iminența acestei situații. Din multitudinea soluțiilor posibile a fi aplicate în domeniul monitorizării versanților s-a dezvoltat din punct de vedere conceptual și al realizării, un echipament cu caracteristici de originalitate, care a fost experimentat în condiții de lucru reale. Rezultatele obținute confirmă validitatea supozițiilor și certifică valoare practică și economică a soluției propuse.

Problema analizei stabilității este o problemă complexă datorită numărului mare de factori ce influențează procesele de alunecare , precum și

de a cuantifica ponderea de influență a fiecăruia.

Astfel, rezultatele calculului au valori relative și, se recomandă ca, la proiectare, să se ia în considerare coeficienții de siguranță acoperitori.

Metodele de calcul a stabilității se împart în două categorii:

- metode clasice – la care se pleacă de la starea de echilibru limită pe o suprafață de alunecare;

- metode numerice – se pleacă de la eforturile și deformațiile din masiv precum și de la interacțiunea cu rezistența rocilor.

În primul caz, suprafața de alunecare poate avea diferite forme: curbă; plană; poligonală, în funcție de structura masivului precum și de caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor.

În analiza talazurilor, uzual, se ia în calcul ruperea după o suprafață cilindrică. La versanți, în cazul alunecărilor extinse se observă semnele alunecării (crăpături, refulări, etc.) corelate cu analiza stratificației și astfel se pot stabili una sau mai multe suprafețe de alunecare, la contactul dintre strate. Dacă există alunecări reactivitate se poate lua în calcul suprafața preexistentă.

Aceste metode, datorită perioadei îndelungate de aplicare și verificare, sunt folosite în practică pentru estimarea stabilității versanților și pentru proiectarea geometriei talazurilor.

Stabilitatea versanților adiacenți căilor de transport este importantă prin efectele dezastruoase pe care le poate genera în cazul declanșării alunecărilor de teren. Măsurile ce se impun (monitorizarea sau stabilizarea versanților) sunt imperative, lipsa lor putând afecta în mod direct construcțiile executate pe unele tronsoane (podurile, viaductele, etc.) sau calea de rulare, fie ea rutieră sau feroviară, generând costuri însemnate și timp îndelungat pentru remediere. Impactul social este important, putând destabiliza activitățile unei comunități importante. De asemenea și impactul asupra mediului este influențat în mod negativ, circulația pe rute ocolitoare generând cantități mai mari de noxe. Căile de transport alternative afectează costurile de transport și timpii de tranzit ducând la pierderi financiare.

Caracteristicile naturale ale masivelor de roci sunt date de geneza și evoluția în timp a rocilor, ca atare caracteristicile lor sunt complexe. Studiul lor presupune o abordare ce ține în primul rând de geologie. [45]

Principalele caracteristici sunt:

- neomogenitatea;
- stările de tensiune;
- anizotropia;
- deformabilitatea.

În clasificarea alunecărilor de teren sunt numeroase dificultăți ce provin din cunoașterea parțială a cauzelor care le generează, și de multitudinea formelor de alunecări.

Alunecările de teren sunt foarte diferite ca dimensiuni, structură, forme morfologice, procese dinamice, cauze și condiții de formare.

Cele mai importante criterii de clasificare utilizate în practică sunt: viteza de alunecare, adâncimea, poziția suprafeței în raport cu structura versantului sau taluzului, viteza de deplasare, sensul de evoluție, amploarea fenomenului, tipul mișcării. Cunoașterea poziției suprafeței de alunecare este un element foarte important în stabilirea metodelor folosite pentru stabilizarea alunecărilor.

Prognoza alunecărilor este de utilitate practică deosebită dacă avem

în vedere urmările ce pot fi uneori catastrofale. Prevederea evoluției viitoare a stabilității versanților sau taluzurilor înseamnă determinarea zonelor în care se pot produce alunecări, de asemenea și perioada în care vor avea loc. Această cercetare impune rezolvarea tuturor problemelor geologice sau inginerești ce le ridică prognoza. Pentru a interveni din timp cu măsurile de prevenire a alunecărilor de teren , sau cu măsurile de stabilizare, este nevoie să cunoaștem evoluția stabilității unui taluz sau versant. Prognoza presupune observarea cu atenție a unor deformații ale terenului. Aceste deformații apar ca urmare a dezechilibrului de forțe ce acționează asupra rocilor, identificarea cauzelor, înregistrarea evoluției.

Metodele de stabilizare presupun identificarea zonelor cu risc, ce este cu atât mai greoaie cu cât vechimea lor este mai mare. În timp, alunecările trec din stare activă (de mișcare) în stare stabilă. Procesele ulterioare de eroziune și transport precum și evoluția vegetației de la suprafața versanților, în general, au drept efect mascarea din ce în ce mai accentuată a vechilor alunecări. Reactivarea acestor zone se poate face fără semne prealabile în cazul prezenței unor factori declanșatori cu acțiune rapidă (ploile torențiale, topirea rapidă a zăpezii, etc.).

Toate investigațiile au drept scop delimitarea spațială a masei de roci alunecate, natura litologică, caracteristicile fizico-mecanice și hidrogeologice ale rocilor alunecate precum și ale rocilor din substrat.

Metodele de stabilizare aplicabile în apropierea căilor de transport sunt lucrări ce trebuie corelate cu elementele geometrice ale traseului, cât și cu structura versanților și taluzurilor din apropierea lor.

Aplicarea metodelor de consolidare impune o cunoaștere detaliată a fenomenelor de instabilitate, precum și a cauzelor declanșării acestor fenomene.

Datorită complexității acestor fenomene, nu se poate face o delimitare strictă dintre măsurile și lucrările de prevenire a alunecărilor. Măsurile de prevenire au menirea de a înlătura, în timp util, cauzele declanșatoare a unei posibile alunecări, înainte ca ea să fi avut loc.

Lucrările de stabilizare a unei suprafețe deja alunecate sunt mult mai costisitoare și mai complicate ca cele de prevenire.

Dintre metodele de stabilizare ale terenului amintim:

- zidurile de sprijin;
- ranforți în săpătură mecanizată;
- baretele și coloanele din beton armat;
- ranforți în săpătură mecanizată încadrați în coloane;
- chesoane ranfort pe coloane sau barete;
- drenarea apelor subterane.

Etapele procesului de monitorizare necesită o abordare interdisciplinară și trebuie să includă următoarele etape :

- observații directe asupra zonei studiate - astfel se poate identifica fenomenul cu acuratețe maximă;

- culegerea datelor din teren presupune măsurători și încercări în zona studiată;

- prelucrarea datelor presupune procesarea datelor culese din teren , folosind echipamente și programe specializate;

- interpretarea datelor este cea mai importantă și cea mai grea etapă a monitorizării , o interpretare corectă a datelor prelucrate conduce cu siguranță la rezultate ce reflectă realitatea , pe când o interpretare greșită va duce cu siguranță la soluții eronate;

- analiza tehnico economică, este un factor important în alegerea soluțiilor tehnice ce vor fi aplicate pentru stabilizarea versanților sau taluzurilor luând în calcul și considerentele economice;

- concluziile și recomandările, reprezintă etapa finală a procesului de monitorizare , se referă la situația concretă din teren , la soluții adaptate atât din punct de vedere tehnic , cât și economic , precum și posibilitățile integrării soluției adoptate într-un sistem de avertizare timpurie , etc.

Monitorizarea zonelor cu risc se poate face prin mai multe metode, din care amintim:

- utilizarea stației totale;
- folosirea sistemului GPS;
- metode imagistice;
- teledetecția;
- utilizarea măsurătorilor directe în “situ”.

Combinarea diverselor metode de monitorizare conduce, de asemenea, la îmbunătățirea rezultatelor. Foarte importantă este și experiența operatorilor umani , în interpretarea datelor provenite de la aparatura folosită. Omul , prin complexitatea sa, este singurul care poate lua decizii importante în vederea închiderii unui tronson de drum sau cale ferată la o alertă indicată de aparatura din teren.

Primul pas ce trebuie făcut pentru monitorizarea corectă a versanților și taluzurilor o reprezintă metoda de monitorizare. Această metodă trebuie să corespundă caracteristicilor geotehnice ale versantului , de poziția acestuia în raport cu echipamentele de monitorizare, de posibilitățile de instalare a senzorilor, de echipamentele disponibile și nu în ultimul rând de costurile de exploatare. În cazul în care zona este accesibilă se poate alege o metodă cu senzori activi montați în perimetrul monitorizat, această metodă culegând date direct din teren, se presupune că furnizează informații reale. Combinând senzori de diverse modele (înclinometre, piezometre, etc.) informațiile vor fi diversificate, iar rezultatele finale au un grad ridicat de precizie. Această metodă se poate aplica în cazul în care suprafața terenului este de dimensiuni mici. Metoda presupune executarea de foraje în zona monitorizată, astfel trebuie ținut seama de posibilitatea de forare. În cazul unor suprafețe mari de teren se recomandă o metodă imagistică, fie ea executată de la nivelul solului sau de la altitudine. Dacă importanța obiectivului (a construcției) este mare, fie ca valoare economico-financiară, sau strategică, se poate alege metoda de monitorizare cu stație totală. Orice metodă va fi aleasă, trebuie precedată de studii de specialitate în domeniul geomecanicii.

Funcționarea în ansamblu a unei instalații de monitorizare trebuie să fie simplă , astfel se reduc erorile de natură umană ce pot apărea ca urmare a exploatarea greșită a unei astfel de instalații.

Realizarea unei instalații de monitorizare presupune o activitate susținută pornind de la conceperea, până la punerea în funcțiune și exploatarea ei. În ultimii ani , progresul tehnicii a facilitat apariția unor

dispozitive ce ajută cercetătorul , acesta putând beneficia de performanțele de detecție și de interconectare cu alte dispozitive.

Alegerea corectă a acestor dispozitive și tehnologii face posibilă conceperea și proiectarea unui echipament de monitorizare în concordanță cu progresele tehnologice ale ultimilor ani , chiar dacă metodele de analiză a stabilității terenului sunt cunoscute cu mult timp în urmă. Omul, prin ingeniozitatea sa , este singurul care poate concepe o astfel de instalație , dispozitivele și tehnologiile utilizate , doar automatizează anumite procese de calcul sau de comunicație.

Cercetările experimentale reprezintă partea cea mai complexă și dificilă a demersului științific pentru implementarea și utilizarea unor echipamente destinate monitorizării alunecărilor de teren în proximitatea căilor de transport rutier și feroviar. Pornind de la principiile teoretice s-a conceput o soluție de monitorizare bazată pe imagistică, ce cuprinde două părți distincte:

- echipamentul ce se află pe teren, în apropierea zonei monitorizate;
- echipamente aflate în laborator.

Pentru realizarea echipamentului de pe teren, este necesară respectarea anumitor restricții privind consumul de energie, prețul echipamentului, modalitatea de instalare, fiabilitatea, etc.

Toate echipamentele alese au un consum de energie redus, o putere de calcul suficient de mare, dat fiind faptul că alunecările de teren sunt fenomene ce se desfășoară lent cu excepția alunecării propriu-zise. Au un volum redus pentru a putea fi montate într-o carcasa de dimensiuni mici, cu grad ridicat de protecție împotriva intemperierilor.

Alimentarea cu energie electrică se face de la un panou solar, cu dimensiuni corespunzătoare, ce este capabil să încarce un acumulator cu capacitatea suficient de mare pentru alimentarea echipamentelor utilizate și în cazul în care condițiile meteo nu sunt favorabile câteva zile consecutiv.

Transmisia datelor către laborator se realizează utilizând rețeaua GSM disponibilă în zona considerată. Datele se prelucrează primar astfel încât volumul de date ce trebuie transmis să fie mic, acest transfer se va realiza cu ajutorul SMS-urilor.

În privința echipamentelor aflate în laborator, aici posibilitățile sunt multiple, nu mai avem restricțiile de pe teren, de asemenea posibilitățile de urmărire a evoluției situației se poate face în mai multe moduri (prin urmărirea pe calculator a datelor primite și a graficelor generate, sau mai mult, în cazul în care datele se încarcă pe un site web urmărirea lor se poate din orice loc unde este prezentă conexiunea la internet). În continuare sunt descrise atât echipamentele utilizate, cât și modalitatea de lucru, urmărind atingerea unor obiective clare.

Aceste monitorizări analizează , de obicei, evenimentele anterioare și , pe baza lor, se prognozează o evoluție ulterioară a situației din teren. Factorul uman este însă, cel mai important deoarece , de obicei , interpretarea rezultatelor se face de către specialiști.

Pentru funcționarea corectă și continuă a echipamentului aflat pe teren s-a conceput schema bloc din figura 1.

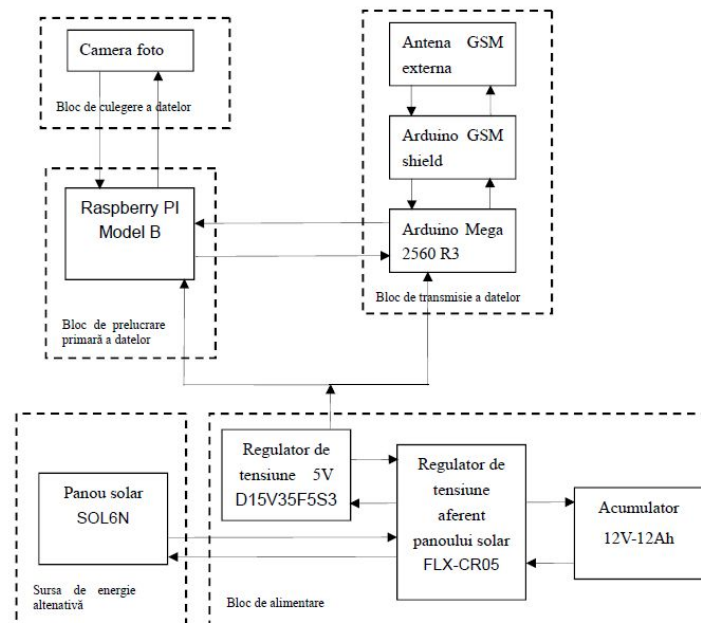


fig. 1 Schema bloc de funcționare a echipamentului aflat pe teren

Pentru atingerea obiectivelor propuse s-a realizat practic echipamentul prezentat în figura 2.

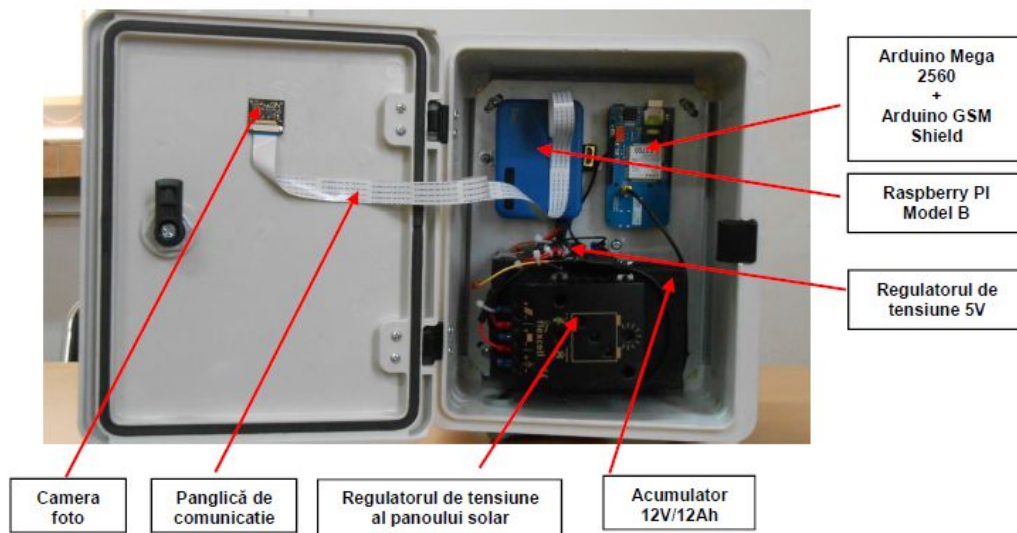


fig: 2 Instalația de monitorizare

Etapa principală a studiului a fost montarea echipamentului în munte, într-o zonă izolată. Această zonă este situată în apropierea Cabanei Mija, pe drumul ce leagă Petroșaniul de Voineasa, pe defileul Jiețului.

Instalarea echipamentului s-a realizat un stâlp metalic într-o fundație de beton, care asigură o rigiditate bună întregului echipament (figura 3).



fig: 3 Echipamentul de monitorizare montat în zona de cercetare

În cadrul cercetării s-a folosit o cameră foto ce are o sensibilitate bună în spectrul infraroșu, așa cum se vede în figura 4.

După cum se observă în imagine, această cameră nu realizează o fotografie color, doar în infraroșu, acest lucru reprezentând un avantaj în anumite condiții meteo nefavorabile. Echipamentul din teren a fost programat să execute câte trei fotografii pe zi. Această fotografie este stocată pe cardul de memorie al microcontrolerului, apoi prelucrată în vederea identificării panourilor.

În vederea monitorizării s-a ales o soluție imagistică. În zona supusă monitorizării s-au instalat trei panouri cu dimensiunea de 70 cm x 80 cm, denumite "markere". În zona adiacentă monitorizării s-au instalat două panouri de 50 cm x 50 cm ce au fost considerate de referință. Panourile au fost dispuse ca în figura 4.

Prin fotografierea la intervale de timp prestabilite a zonei se urmăresc eventualele mișcări ale panourilor marker, în raport cu panourile de referință, acestea din urmă fiind instalate într-o zona considerată sigură, fără risc de alunecare.

Compararea imaginilor obținute se face automat, cu ajutorul microcontrolerului, rezultatele se transmit către laborator, utilizând rețelele GSM. Se menționează faptul că nu se trimit imagini către laborator, doar coordonatele centrelor plăcilor marker instalate pe teren. Transmiterea datelor în acest fel se realizează simplu, la costuri mici, pe când dacă am fi transmis imaginea întregă, costul utilizării rețelei GSM ar fi fost cu mult mai mare.

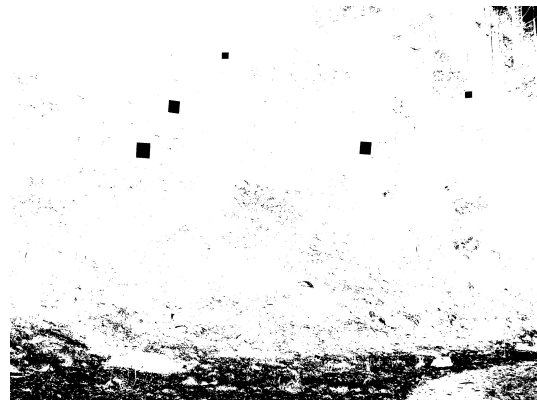




fig: 4 Imaginea zonei supusa cercetării, fotografiată cu camera în infraroșu

Etapele de lucru în vederea monitorizării sunt următoarele :

- a) fotografierea zonei supusă monitorizării. Imaginile sunt luate cu camera în infraroșu (figura 5a);
- b) convertirea imaginii preluate în format alb-negru (figura 5b). Această conversie este necesară pentru identificarea mai ușoară a panourilor;
- c) determinarea coordonatelor centrului fiecărui panou și pregătirea datelor pentru transmitere. Aceste operații au fost realizate cu ajutorul microcontrolerului;
- d) transmiterea datelor spre laborator de către interfața GSM, prin SMS.



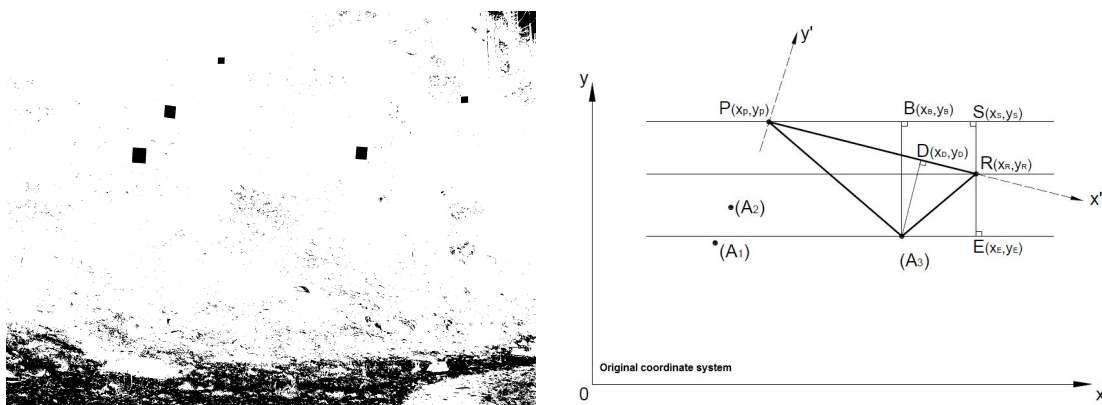
a) Imagine obținută în infraroșu;

b) Imagine convertită în alb-negru

fig: 5 Imagine obținută în timpul cercetării

La recepția SMS-ului se primesc coordonate având ca reper colțul din stânga jos al fotografiei, după care urmează translatarea acestor

coordonate în raport cu panourile de control. Calculul centrelor panourilor marker trebuie făcut în raport cu panourile marker și nu luând ca referință colțul imaginii, astfel eliminând eventualele erori ce s-ar produce prin mișcarea camerei foto între două preluări succesive. Noul sistem de coordonate (figura 6) are centrul în punctul P, iar axa x trece prin centrul celui de al doilea punct de reper R.



a) imaginea reală convertită în alb-negru; b) schema de calcul

fig: 6 Dispunerea panourilor în teren

Rezultatele finale se prelucrează prin intermediul trigonometriei și sunt prezentate în figura 7.

Colturile panourilor fiind identificate automat eroarea de poziționare este de  $\pm 1$  pixel. Această eroare depinde și de nivelului luminii din momentul efectuării fotografiei. La conversia în alb-negru nu există nuanțe de gri, pixelul (de culoare gri) ce are un nivel mai mare de 50% de alb este considerat alb, iar dacă nivelul de alb este sub 50% atunci este considerat negru. Este posibil ca în două cazuri consecutive același pixel chiar din colțul panoului să difere, deși panoul nu s-a mișcat.

Această oscilație prezentă pe tot parcursul monitorizării nu trebuie luată ca o mișcare a panourilor ea reprezintă eroarea normală a măsurătorilor.

Pe parcursul monitorizării panourile A1 și A2 au rămas fixe, doar panoul A3 a înregistrat o mișcare de câteva zile, apoi terenul s-a stabilizat. Această mișcare a panoului A3 a fost o mișcare reală observând foarte clar pe grafic (figura 7) nivelul deplasării absolute timp de câteva zile.

Corelând mișcarea cu condițiile meteo existente în acea perioadă se constată că mișcarea a survenit în timpul unei perioade ploioase, când, inclusiv județul Hunedoara s-a aflat sub cod galben de ploi. Cu aceste date culese din teren s-a putut verifica partea teoretică, în special cea legată de cauzele declanșatoare ale alunecărilor de teren. În acest caz este clar că ploile abundente au fost un factor favorizator al alunecărilor de teren. Studiind amplasarea panourilor marker, se observă că panourile A1 și A2 sunt situate într-o zonă cu vegetație (iarbă și arbuști), iar panoul A3 este poziționat într-o zonă fără vegetație, arătând faptul că aceasta are o importanță deosebită în stabilizarea solului. De asemenea, analizând vizual zona supusă cercetării, se

mai evidențiază un factor favorizator al declanșării alunecării, respectiv excavația la baza versantului. Aceste excavații s-au făcut când s-a construit drumul forestier din zonă

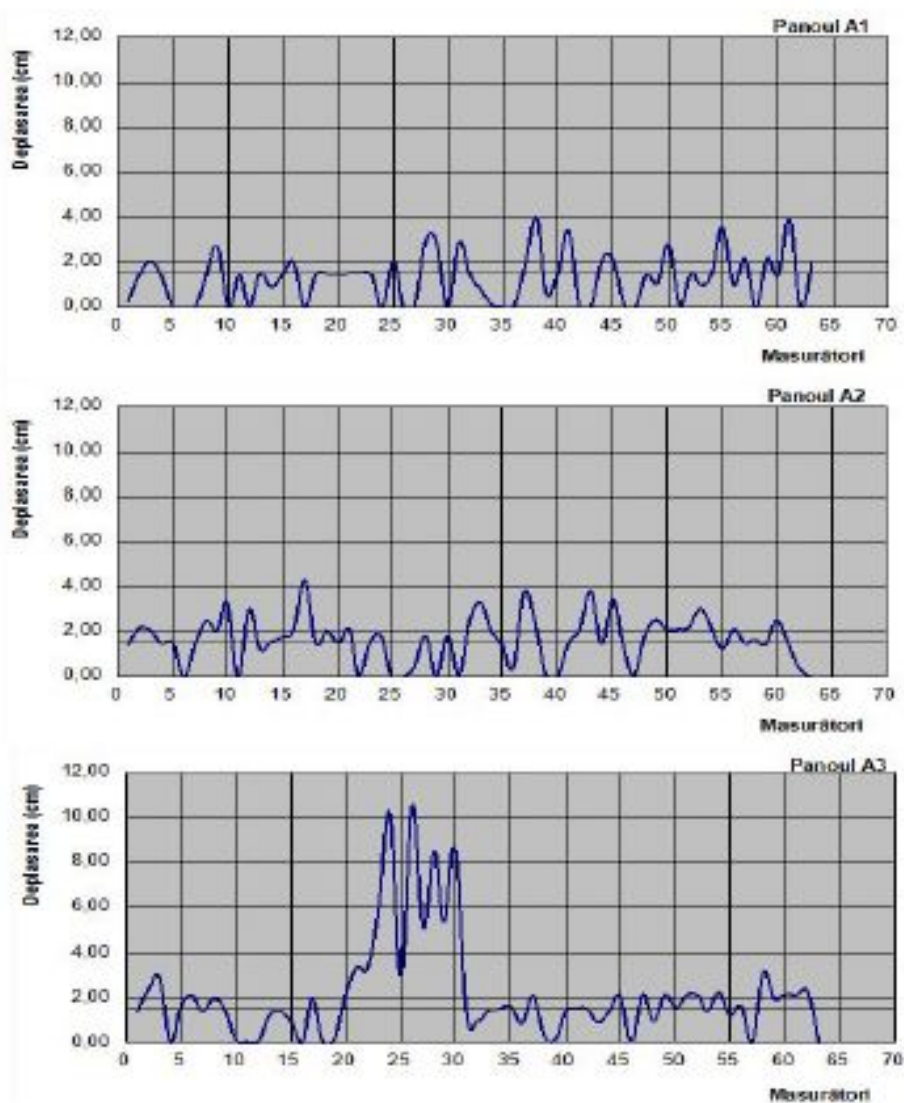


fig: 7 Graficele corespunzătoare mișcării panourilor în faza de monitorizare

Analiza cost-beneficiu are drept scop estimarea impactului socio-economic al investiției , prin identificarea și cuantificarea acesteia ( financiare și non-financiare ).

Criteriul financiar indică finanțarea proiectelor rentabile , cu venituri estimate ca fiind mai mari decât capitalul investit , și este de obicei folosit în sfera privată .

Criteriul non-financiar este utilizat de obicei de autoritățile publice care decid susținerea financiară a unui proiect , nu doar pe baza rentabilității financiare, ci luând în calcul impactul pozitiv asupra societății , inclusiv aspectele non-financiare .

Aceste diferențe de abordare țin de rolul statului în economie , ce poate subvenționa proiecte, cu scopul declarat de a genera beneficii pentru societate.

Contribuțiile personale la nivelul experimental sunt importante prin faptul că s-au verificat elementele într-un caz real și s-a realizat o instalație de monitorizare, perfect funcțională, ce poate fi luată ca bază de lucru pentru cercetările ulterioare.

Aceste contribuții sunt reprezentate de rezultatele obținute la nivelul cercetării:

- identificarea punții de legătură dintre partea teoretică și cea practică. Acest lucru a fost realizat prin punerea în practică a elementelor teoretice prezentate în cadrul capitolului 5 , prin realizare, montarea în SITU și punerea în funcțiune a echipamentului descris în capitolul 6.

- verificarea elementelor teoriilor cu privire la alunecările de teren. S-au putut pune în evidență atât factorii declanșatori - prin evidențierea mișcării panoului A3 în timpul unei perioade cu ploi abundente, cât și a factorilor favorizatori declanșării fenomenelor de alunecare - prin faptul că panourile A1 și A2 au fost amplasate într-o zonă cu vegetație ce a stabilizat terenul, pe când panoul A3 fiind amplasat într-o zonă fără stabilizare a suferit o alunecare temporară.

- posibilitățile de realizare a acestor instalații la un preț redus. Totalul investiției financiare în echipamentul prezentat a fost de aproximativ 800 Euro. Se poate considera că acest preț este unul foarte mic în comparație cu metodele publicate în revistele de specialitate. De asemenea costurile de exploatare sunt foarte mici, datorită faptului că în zona monitorizată se prelucrează primar datele, urmând să fie transmise către centrul de comandă și control un volum extrem de mic de date ce încap în dimensiunea unui SMS, nefiind necesară transmiterea imaginii pentru analiză. În acest fel costurile cu închirierea canalelor de transmisie au fost reduse până la minim. Se poate estima că în cazul producerii în serie a acestor echipamente prețul de achiziție va scădea, sau dacă se păstrează prețul vor crește performanțele.

- posibilitățile de diversificare. Această posibilitate a fost pusă în evidență prin utilizarea microcontrolerului universal Raspberry PI ce are în componență mai multe interfețe , în acest caz utilizându-se doar cea de cameră foto. În cazul schimbării metodei de monitorizare se pot utiliza aceste interfețe pentru citirea senzorilor instalați în teren. De asemenea în partea a doua, cea de prelucrare și interpretare datelor, soluțiile sunt mult mai numeroase nemaifiind îngădite de restricțiile impuse echipamentelor din teren (robustețe, consum de energie, dimensiuni, etc)