

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT

- rezumat -

**CERCETĂRI PRIVIND RISCURILE GEOTEHNICE ÎN
CONDIȚIILE INUNDĂRII GOLURILOR REMANENTE ALE
CARIERELOR DE LIGNIT**

Conducător științific:
Prof. univ. dr. habil. ing. LAZAR Maria

Doctorand
Ing. NYARI APOSTU T. Izabela-Maria

PETROȘANI
- 2019 -

CUPRINS

MULȚUMIRI	7
SCOPUL TEZEI DE DOCTORAT	8
INTRODUCERE	9
PARTEA I	
EVALUAREA OPORTUNITĂȚII DE INUNDARE A GOLURILOR REMANENTE ALE FOSTELOR CARIERE. STUDIU DE CAZ: BAZINUL MINIER ROVINARI	13
CAPITOLUL 1	14
DESCRIEREA GENERALĂ A BAZINULUI MINIER ROVINARI	14
1.1 Geomorfologia și geologia regiunii	14
1.2 Hidrogeologia regiunii	15
1.3 Metode de exploatare a lignitului	18
1.4 Descrierea carierelor din Bazinul minier Rovinari	19
1.4.1 Cariera Rovinari (Rovinari Est - Gârla)	20
1.4.2 Cariera Tismana (Tismana I - Tismana II)	21
1.4.3 Cariera Pinoasa	22
1.4.4 Cariera Roșia de Jiu	24
1.4.5 Cariera Peșteana Nord	25
1.4.6 Situația actuală a golurilor remanente ale fostelor cariere din Bazinul minier Rovinari	27
1.5 Caracteristicile geometrice ale taluzurilor carierelor și haldelor interioare	29
CAPITOLUL 2	31
METODOLOGIE DE EVALUARE A OPORTUNITĂȚII DE INUNDARE A GOLURILOR REMANENTE ALE CARIERELOR DE LIGNIT	31
2.1 Criterii de evaluare	31
2.1.1 Geomorfologia și orografia amplasamentului (C1)	32
2.1.2 Configurația golului remanent (C2)	34
2.1.3 Necesitatea refacerii resurselor acvifere (C3)	36
2.1.4 Necesitatea apariției în zonă a unei oglinzi de apă (C4)	39
2.1.5 Hidrologia și hidrogeologia regiunii (C5)	40
2.1.6 Condiții de stabilitate ale taluzurilor definitive ale golului remanent (C6)	43
2.1.7 Accesibilitate și distanță față de zonele de interes (C7)	45
2.1.8 Investiții pentru recuperarea și reabilitarea golului remanent (C8)	46
2.1.9 Exigențele populației (C9)	47
2.2 Matricea de evaluare	48
CAPITOLUL 3	51
EVALUAREA OPORTUNITĂȚII DE INUNDARE A GOLURILOR REMANENTE ALE CARIERELOR DIN BAZINUL MINIER ROVINARI	51
PARTEA a II-a	
CERCETĂRI, STUDII ȘI ANALIZE PRELIMINARE NECESARE EVALUĂRII RISCURILOR GEOTEHNICE. STUDIU DE CAZ: GOLUL REMANENT AL CARIEREI PEȘTEANA NORD	63
CAPITOLUL 4	64

DESCRIEREA GOLULUI REMANENT AL CARIEREI PEȘTEANA NORD	64
4.1 Amplasarea perimetrului minier Peșteana Nord și descrierea obiectivelor din zonă	64
4.2 Configurația finală a golului remanent	66
4.2.1 Caracteristicile geometrice ale taluzurilor definitive ale golului remanent Peșteana Nord	68
4.2.2 Caracteristicile geometrice ale fundamentului haldei interioare	69
4.3 Cercetări și observații pe teren	72
CAPITOLUL 5	78
CARACTERISTICILE HIDROLOGICE ȘI HIDROGEOLOGICE ȘI POSIBILITĂȚI DE INUNDARE A GOLULUI REMANENT AL CARIEREI PEȘTEANA NORD	78
5.1 Cartarea geologică și hidrogeologică	78
5.2 Alimentarea și descărcarea acviferelor	83
5.3 Modificarea regimului hidrologic și hidrogeologic	84
5.3.1 Lucrări hidrotehnice	85
5.3.2 Lucrări de asecare	86
5.3.3 Impactul cantitativ și calitativ al lucrărilor hidrotehnice și de asecare asupra rezervelor de apă	87
5.4 Calculul volumelor de apă care contribuie la inundarea golului remanent și durata estimativă de inundare	90
CAPITOLUL 6	92
CARACTERISTICILE GEOTEHNICE ALE ROCILOR DIN PERIMETRUL PEȘTEANA NORD	92
6.1 Caracteristicile geotehnice ale rocilor aflate în stare naturală	94
6.1.1 Caracteristicile fizice	96
6.1.2 Caracteristici mecanice	102
6.2 Caracteristicile geotehnice ale rocilor aflate în stare saturată	109
6.2.1 Încercarea de rupere la forfecare	110
6.2.2 Modificarea caracteristicilor geotehnice în condiții saturate	112
6.3 Prelucrarea statistico-matematică a valorilor caracteristicilor geotehnice	114
6.3.1 Valorile caracteristicilor geotehnice ale rocilor aflate în stare naturală	115
6.3.2 Valorile caracteristicilor geotehnice ale rocilor aflate în stare saturată	117
CAPITOLUL 7	119
ANALIZA STABILITĂȚII TALUZURILOR DEFINITIVE	119
7.1 Metode de evaluare a stabilității taluzurilor	119
7.1.1 Alunecări după suprafețe cilindrico-circulare	119
7.1.2 Alunecări după suprafețe poligonale	122
7.2 Evaluarea stabilității taluzurilor definitive ale golului remanent	123
7.2.1 Analiza stabilității taluzurilor definitive aflate în stare naturală	124
7.2.2 Analiza stabilității taluzurilor definitive aflate în stare saturată	127
7.2.3 Analiza stabilității taluzurilor definitive în diferite etape ale inundării golului remanent	130
PARTEA a III-a	
EVALUAREA RISCURILOR GEOTEHNICE. STUDIU DE CAZ: INUNDAREA GOLULUI REMANENT AL CARIEREI PEȘTEANA NORD	133
CAPITOLUL 8	134

RISCURI GEOTEHNICE MAJORE ÎN CONDIȚIILE INUNDĂRII GOLURILOR	
REMANENTE	134
8.1 Descrierea procesului de inundare	134
8.2 Principalele categorii de riscuri geotehnice	135
8.2.1 Riscul de alunecare a taluzurilor definitive ale golului remanent	136
8.2.2 Riscul de lichefiere a materialului din haldă	137
8.2.3 Riscul de sufoziune la taluzurile definitive ale golului remanent	139
8.2.4 Alte riscuri	139
8.3 Analiza relației cauză-efect în studiul fenomenelor geotehnice	142
8.3.1 Factorii care influențează apariția fenomenelor geotehnice	142
8.3.2 Cauzele fenomenelor geotehnice	144
8.3.3 Efectele fenomenelor geotehnice și impactul asupra mediului	150
CAPITOLUL 9	153
EVALUAREA RISCURILOR GEOTEHNICE ÎN CONDIȚIILE INUNDĂRII GOLULUI	
REMANENT AL CARIEREI PEȘTEANA NORD	153
9.1 Riscul de alunecare a taluzurilor definitive	153
9.1.1 Fenomene de alunecare în perimetrul Peșteana Nord	153
9.1.2 Evaluarea riscului de alunecare	155
9.2 Riscul de lichefiere a materialului haldat	162
9.2.1 Proprietățile rocilor predispușe la lichefiere	163
9.2.2 Evaluarea riscului de lichefiere	165
9.3 Riscul de sufoziune la taluzurile definitive ale carierei	172
9.3.1 Fenomene de sufoziune în perimetrul Peșteana Nord	173
9.3.2 Evaluarea riscului de sufoziune	175
CAPITOLUL 10	181
SOLUȚII ȘI MĂSURI DE DIMINUARE A RISCURILOR ȘI REINTEGRARE	
FUNCȚIONALĂ A LACULUI FORMAT	181
10.1 Soluții și măsuri de diminuare a riscurilor	182
10.1.1 Stabilizarea taluzurilor definitive	182
10.1.2 Accelerarea procesului de inundare	186
10.2 Reintegrarea funcțională a lacului în peisaj	187
CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PROPUNERI FINALE	189
CONCLUZII	189
CONTRIBUȚII PERSONALE	193
PROPUNERI FINALE	194
BIBLIOGRAFIE	195
ANEXA 1	204
ANEXA 2	213
ANEXA 3	216
ANEXA 4	217
ANEXA 5	218
ANEXA 6	219
ANEXA 7	220
ANEXA 8	222
ANEXA 9	225

SCOPUL TEZEI

Scopul tezei de doctorat este de a evalua și analiza riscurile geotehnice în condițiile inundării golurilor remanente ale fostelor cariere de lignit. Teza urmărește să inițieze și să încurajeze cercetarea în domeniul geotehnic, al ingineriei mediului și în managementul golurilor remanente ale fostelor cariere de lignit. La nivel mondial se pune tot mai mult accentul pe recuperarea și redarea terenurilor afectate de activitățile miniere în circuitul productiv și/sau ecologic. Umplerea cu apă este una dintre direcțiile posibile de reutilizare a golurilor remanente, această practică având beneficii majore pe termen lung indiferent de tipul de reutilizare. Totuși, prezența apei în roci, situație care se materializează odată cu refacerea resurselor acvifere, cu inundarea golului remanent și cu ridicarea nivelului apei în haldă, determină înrăutățirea caracteristicilor geotehnice ale acestora și sporirea riscurilor geotehnice de tipul alunecărilor de teren.

ORIGINALITATEA TEZEI

Studiul se bazează pe cercetări ample care cuprind documentări, prelevări de probe, determinări și încercări în laborator, prelucrări statistico-matematice, formulări de ipoteze, analize, evaluări, interpretări și observații pe teren privind comportamentul rocilor și manifestarea fenomenelor geotehnice negative.

Elaborarea metodologiei de evaluare a oportunității de inundare a golurilor remanente și evaluarea riscurilor geotehnice în condițiile inundării golurilor remanente ale carierelor de lignit din Bazinul Minier Rovinari reprezintă pilonii de bază ai tezei de doctorat. Evaluarea timpurie a riscurilor geotehnice permite stabilirea măsurilor de reducere a riscurilor asigurând condiții favorabile de stabilitate și securitatea obiectivelor din zonele de influență.

Originalitatea tezei constă în modul de combinare a metodelor și metodologiilor elaborate cu cele clasice și probabilistice existente în literatura de specialitate pentru rezolvarea problematicii propuse și de structurare a informațiilor similar unui ghid. În plus, amintește necesitatea recuperării terenurilor degradate, urmărește prevenirea abandonului perimetrelor miniere la nivel național și încurajează aplicarea metodei de inundare a golurilor remanente utilizând toate resursele necesare pentru redarea corespunzătoare în folosință a acestora întrucât beneficiile compensează în timp investițiile.

SINTEZA TEZEI

Teza de doctorat este structurată pe 3 părți și cuprinde 10 capitole care urmează o succesiune logică pentru rezolvarea problematicii tezei.

În partea I a tezei (constituită din capitolele 1 - 3) se realizează o descriere generală a Bazinului minier Rovinari și a unităților miniere de carieră componente și se prezintă o metodologie propusă pentru evaluarea oportunității de inundare a golurilor remanente ale fostelor cariere.

Metodologia propusă are caracter general putând fi aplicată pe orice tip de carieră. În prezenta teză, metodologia a fost aplicată și verificată pe cazul particular al carierelor de lignit din Bazinul Minier Rovinari. În urma evaluării a rezultat faptul că golul remanent al carierei Peșteana Nord prezintă oportunitate majoră de inundare.

Partea a II-a (constituită din capitolele 4 - 7) cuprinde o serie de cercetări, studii și analize preliminare necesare evaluării riscurilor geotehnice în condițiile inundării golului remanent al carierei Peșteana Nord.

Capitolul 4 aduce o serie de completări la descrierea generală a perimetrului minier Peșteana Nord. Se prezintă configurația golului remanent, elementele geometrice ale taluzurilor definitive, dar și obiectivele existente în zonele adiacente perimetrului minier, dintre care amintesc: gospodării individuale, terenuri agricole, aparținând satelor din zonă, pășuni, păduri, râul Jiu ș.a, cu scopul de a semnală faptul că, în condițiile manifestării fenomenelor geotehnice negative, riscurile sunt semnificative, întrucât pot implica atât distrugerea mediului, cât și pierderi materiale sau de vieți omenești. Capitolul se încheie cu rezultatele cercetării și observațiilor efectuate pe teren. Analizele vizuale efectuate au permis evidențierea deformațiilor și a modificărilor care pot semnală apariția fenomenelor geotehnice negative. S-au evidențiat alunecări superficiale, zone de eroziune, zone de sufoziune, crăpături, fisuri, care nu au afectat stabilitatea de ansamblu, aceste modificări fiind remediate pe măsura avansării frontului de lucru. Ele pot fi problematice în cazul taluzurilor definitive care au o perioadă de serviciu mult mai mare.

Capitolul 5 cuprinde o prezentare a caracteristicilor hidrogeologice. În acest capitol se realizează descrierea formațiunilor acvifere din cuprinsul perimetrului Peșteana Nord și se evidențiază formațiunile de interes. Modul de alimentare și descărcare al acviferelor, calitatea apelor subterane, calculul volumelor de apă care contribuie la inundarea golului remanent și estimarea duratei de inundare a golului remanent al carierei Peșteana Nord din surse naturale sunt, de asemenea, subiecte discutate în acest capitol.

Capitolul 6 prezintă caracteristicile geotehnice ale rocilor în stare naturală și saturată și se evidențiază modificările care apar odată cu creșterea umidității și saturarea rocilor.

Datele existente în literatura de specialitate și în documentațiile geotehnice studiate, respectiv datele obținute în urma determinărilor și încercărilor în laborator au stat la baza efectuării unei prelucrări statistico-matematice a valorilor caracteristicilor geotehnice ale rocilor. Prelucrarea statistico-matematică s-a efectuat în scopul obținerii unor valori reprezentative ale caracteristicilor geotehnice ale stratelor de roci in-situ în funcție de natura rocilor și ale amestecului de roci haldate.

În cazul rocilor in-situ s-au calculat valorile medii ale caracteristicilor geotehnice, în funcție de natura rocilor (marnoase, argiloase, nisipoase, bolovănișuri și pietrișuri, roci carbunoase, sol vegetal), iar în cazul amestecului de roci s-au calculat valorile medii ponderate.

Rezultatele obținute în urma prelucrării datelor au permis analiza stabilității taluzurilor definitive ale golului remanent (capitolul 7) în trei etape diferite:

1. înainte de inundare - în condiții de drenare naturală a apei;
2. pe perioada inundării - în condițiile refacerii resurselor acvifere, respectiv a creșterii nivelului apei în haldă și a manifestării presiunii apei în pori;
3. după inundarea completă a fiecărei trepte a carierei, respectiv a haldei - în condițiile refacerii resurselor acvifere, respectiv a creșterii nivelului apei în haldă, a manifestării presiunii apei în pori și a presiunii hidrostatice pe taluzuri ca urmare a submersării acestora.

Evaluarea stabilității s-a efectuat în acord cu recomandările existente în literatura de specialitate. Acestea stabilesc pentru treptele individuale un interval care cuprinde valoarea optimă a factorului de stabilitate, respectiv $F_s = 1,25 \div 1,5$, iar pentru sistemele de trepte s-a

stabilit o limită care indică valoarea minimă a factorului de stabilitate, $F_s > 3$. Rezultatele analizelor de stabilitate sunt prezentate în tabelele 1 și 2.

Tab. 1 Valorile coeficienților de stabilitate pentru treptele individuale definitive ale carierei - Comparatie situații: roci drenate - roci saturate - taluzuri submersate

Treapta	Valorile coeficienților de stabilitate*		
	Roci în stare naturală drenată	Roci saturate cu influența apei în pori	Taluzuri submersate
I	1,235	1,109	1,478
II	1,605	1,218	2,355
III	1,259	0,790	1,712
IV	1,660	0,972	2,362

* suprafață curbă de minimă rezistență;

Tab. 2 Valoarea coeficienților de stabilitate pentru treptele individuale definitive ale haldei - Comparatie situații: roci drenate - roci saturate - taluzuri submersate

Treapta	Valorile coeficienților de stabilitate*								
	medii- σ ($\gamma_a=16,33$ kN/m ³ ; $c=8,93$ kN/m ² ; $\varphi=19,41^\circ$)			medii ($\gamma_a=17,87$ kN/m ³ ; $c=13,45$ kN/m ² ; $\varphi=23,46^\circ$)			medii+ σ ($\gamma_a=19,40$ kN/m ³ ; $c=17,98$ kN/m ² ; $\varphi=27,52^\circ$)		
	Nat	Sat	Sub	Nat	Sat	Sub	Nat	Sat	Sub
I	1,371	1,199	2,230	1,771	1,588	2,720	2,150	1,901	3,133
II	1,219	0,916	1,602	1,538	1,199	2,009	1,784	1,434	2,299
III	1,430	0,944	1,763	1,792	1,250	2,164	2,160	1,564	2,548
IV	1,179	0,871	1,592	1,492	1,150	1,951	1,803	1,427	2,279

* suprafață curbă de minimă rezistență; Nat - Roci în stare naturală drenată; Sat - Roci saturate cu influența apei în pori; Sub - Taluzuri submersate

Analizand rezultatele obtinute pentru cele 3 situatii s-au constatat reduceri mari ale coeficientilor de stabilitate la taluzurile III și IV ale carierei, de 37% și 42%, ce se explica prin existența stratelor acvifere de grosimi mari, nisipuri la care valorile caracteristicilor de rezistență sunt mici în condiții saturate.

În cazul treptelor submersate, s-a constatat că nu există probleme de echilibru în niciuna dintre situații. Mai mult, s-au înregistrat creșteri ale coeficientilor de stabilitate de până la 43% în cazul treptelor carierei și până la 35% în cazul treptelor haldei, față de condițiile naturale.

Studiul de evaluare a riscurilor geotehnice în condițiile inundării golului remanent al carierei Peșteana Nord este cuprins în partea a III-a a tezei (constituită din capitolele 8 - 10).

În capitolul 8 se prezintă riscurile geotehnice majore care pot să apară în condițiile inundării golurilor remanente ale fostelor cariere și se descriu factorii și cauzele care influențează apariția acestor fenomene geotehnice negative. Capitolul se încheie cu efectele alunecărilor de taluzuri care se evidențiază prin metoda rețelelor de impact.

Capitolul 9 răspunde întrebării care a dat naștere temei de cercetare: “Care sunt riscurile geotehnice în condițiile inundării golurilor remanente ale fostelor cariere de lignit?” prin efectuarea unui studiu de evaluare a riscurilor geotehnice în condițiile efective ale inundării golului remanent al carierei Peșteana Nord. Se evaluează riscurile de alunecare, de lichefiere și de sufoziune care pot să apară la taluzurile definitive ale golului remanent în condițiile inundării acestuia.

Conform studiilor efectuate privind evaluarea riscurilor geotehnice în condițiile inundării golurilor remanente ale carierei Peșteana Nord s-a constatat că există următoarele riscuri:

- risc mediu de alunecare a taluzurilor treptelor II, III și IV ale carierei și a taluzurilor treptelor haldei interioare în condiții de drenare naturală;

- risc ridicat de alunecare a taluzurilor treptelor I, III și IV ale carierei în condițiile refacerii resurselor acvifere și a manifestării presiunii apei în pori;
- risc ridicat de alunecare a taluzului treptei IV a haldei în condițiile submersării complete a treptei inferioare, a ridicării nivelului apei în haldă și a manifestării presiunii apei în pori;
- risc mediu de lichefiere a materialului haldat în halda interioară;
- risc mediu de apariție a fenomenelor de sufoziune la treptele III și IV ale carierei.

Riscul ridicat de alunecare estimat pentru treptele I, III și IV ale carierei se explică prin prezența stratelor acvifere (pietrișuri și nisipuri) cu grosimi mari. Ca urmare, rezistența de ansamblu a treptelor se înrăutățește. În ceea ce privește treapta IV a haldei există un risc real de alunecare odată cu inundarea treptelor inferioare întrucât nivelul apei în haldă crește treptat înainte de a fi egalat de nivelul apei din lac. Ca urmare, se înrăutățesc caracteristicile de rezistență, iar geometria treptei nu este favorabilă în aceste condiții.

În perimetrul Peșteana Nord nu s-au înregistrat sau observat fenomene de lichefiere. Totuși, fracțiunea nisipoasă existentă în haldă, de aproape 50%, a impus evaluarea riscului de lichefiere. Conform rezultatelor obținute, lichefierea sau nu a materialului haldat sunt la fel de probabile.

Fenomenele de sufoziune înregistrate în perimetru de-a lungul timpului s-au manifestat la partea superioară a treptei IV și la partea inferioară a treptei III și nu au pus în pericol stabilitatea treptelor individuale sau a ansamblului de trepte ale carierei. Rezultatele obținute confirmă faptul că riscul de sufoziune există, dar nu se pune problema unor fenomene de sufoziune de mare amploare.

Fenomene de eroziune pot să apară la taluzurile definitive ca urmare a scurgerilor superficiale a apei. În cazul lacurilor, se poate produce eroziunea malurilor (taluzurilor definitive ale golului remanent) sub acțiunea valurilor.

Nu s-au înregistrat fenomene de tasare anormală, ținând cont de funcționarea sistemelor de asecare, care ar fi putut influența apariția acestor tipuri de fenomene geotehnice, astfel că s-a considerat că după oprirea sistemelor de asecare și inundarea golului remanent riscul tasării anormale este aproape nul.

În vederea reducerii riscurilor geotehnice, în capitolul 10 se recomandă aplicarea soluțiilor corespunzătoare de stabilizare a taluzurilor definitive (retaluzare, nivelare, compactare, cimentarea rocilor necoezive, împădurire) și lucrări de accelerare a procesului de inundare (care pot fi realizate concomitent cu lucrări de asecare pentru controlul afluxului de apă din formațiunile acvifere în scopul reducerii riscului de sufoziune) pentru ridicarea mai rapidă a nivelului apei în golul remanent, întrucât apa va manifesta o presiune hidrostatică pe taluzuri și va acționa în sensul creșterii rezervei de stabilitate. În plus se recomandă o serie de măsuri de reintegrare funcțională a lacului în peisaj în condiții de siguranță.

CONTRIBUȚII PERSONALE

- ❖ Cercetări și observații în perimetrele miniere din Bazinul minier Rovinari.
- ❖ Colectarea datelor.
- ❖ Elaborarea metodologiei de evaluare a oportunității inundării glolurilor remanente ale carierelor.
- ❖ Aplicarea metodologiei propuse pentru carierele din Bazinul minier Rovinari.
- ❖ Prelevarea probelor și efectuarea încercărilor și determinărilor de laborator în vederea determinării caracteristicilor geotehnice ale rocilor și a calității apei.

- ❖ Prelucrarea statistico-matematică a valorilor caracteristicilor geotehnice (greutate volumetrică, coeziune, unghi de frecare interioară) în vederea obținerii unor valori reprezentative.
- ❖ Evaluarea stabilității taluzurilor definitive ale golului remanent în diferite condiții: înainte, pe perioada și după submersarea fiecărei trepte a carierei, respectiv a haldei.
- ❖ Evidențierea efectelor alunecărilor de teren (înainte, pe durata și după inundarea golului remanent) aplicând metoda rețelelor de impact.
- ❖ Studiarea și stabilirea unor metode de determinare a vulnerabilității și probabilității de apariție a fenomenelor geotehnice negative.
- ❖ Evaluarea riscurilor de alunecare, lichefiere și sufoziune în condițiile concrete de inundare a golului remanent al carierei Peșteana Nord.
- ❖ Formularea unor propuneri și recomandări pe baza rezultatelor obținute, concretizate în soluții și măsuri de reducere a riscurilor și de reîntegrare funcțională a lacului în peisaj.

PROPUNERI FINALE

- Având în vedere faptul că fiecare gol remanent este unic din punct de vedere al condițiilor caracteristice (amplasament, configurație, condiții morfologice, geomorfologice, orografice, hidrologice, hidrografice, hidrogeologice, de stabilitate, accesibilitate etc.) se recomandă adaptarea/corelarea condițiilor existente astfel încât să fie posibilă evaluarea oportunității de inundare conform metodologiei elaborate.
- Perfecționarea metodologiei de evaluare a oportunității de inundare a golurilor remanente prin completarea criteriilor de evaluare.
- Se impune efectuarea lucrărilor necesare în vederea creșterii rezervei de stabilitate, luând în considerare și influențele viitoare externe sau interne, dar în mod special influența apei.
- Având în vedere efectele negative ale fenomenelor geotehnice, în special în condițiile în care este prevăzută inundarea unui gol remanent, se propune aplicarea măsurilor descrise în vederea îmbunătățirii caracteristicilor rocilor și a sporirii gradului de stabilitate a taluzurilor definitive ale golului remanent.
- Stabilirea unui ansamblu eficient de măsuri pentru reducerea concomitentă a riscurilor de alunecare, de lichefiere și de sufoziune în condițiile inundării golurilor remanente într-o perioadă de timp acceptabilă.
- Se recomandă monitorizarea ridicării nivelului apei în lac și a posibilelor semnale care anunță posibilitatea apariției unuia dintre cele trei tipuri de riscuri analizate.
- Efectuarea studiului de evaluare a riscurilor geotehnice pentru oricare dintre golurile remanente ale carierelor de lignit din Oltenia pentru care este oportună inundarea, în scopul sporirii gradului de securitate a obiectivelor din zonele de influență.

Rezumatul de față cuprinde într-o formă concisă conținutul tezei de doctorat, accentuând contribuțiile originale.