



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE MINE
DOMENIUL: MINE, PETROL ȘI GAZE



**CERCETĂRI PRIVIND STABILITATEA
STRUCTURILOR DE SUPRAFAȚĂ, A
CREȘTERII CALITĂȚII ROCILOR UTILIZATE
ÎN CONSTRUCȚII ȘI REDUCEREA
IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI.**

TEZĂ DE DOCTORAT

Conducător științific:

Prof. univ.dr.ing. ARAD Dumitru Victor Doctorand:ing.POPA LIVIU

Petroșani, 2023

Cuprins

Introducere.....	
Capitolul 1. Caracterizarea geomecanică a rocilor și terenurilor de fundare.	
Capitolul 2. Condiții de admisibilitate ale rocilor utilizate la infrastructura căilor de comunicație rutiere.	
Capitolul 3. Cercetări privind calitatea rocilor utilizate în construcții, creșterea fiabilității structurilor de suprafață și reducerea impactului asupra mediului.	
Capitolul 4. Analiza stabilității versanților și structurilor de suprafață.	
Capitolul 5. Caracterizarea geotehnică a rocilor din terenul de fundare.	
Capitolul 6. Metode de creștere a calității terenului de fundare.	
Capitolul 7. Reducerea impactului asupra mediului.	
Capitolul 8. Concluzii și contribuții originale.	
Bibliografie.	

Cuvinte cheie: Roci utile, caracterizare geomecanică, condiții de admisibilitate, stabilitatea taluzurilor și terasamentelor, infrastructuri rutiere, halde, iazuri de decantare, impact asupra mediului.

Actualitatea tezei de doctorat este dată de necesitatea asigurării stabilității versanților, construcțiilor civile, industriale și infrastructurilor căilor de comunicații terestre amplasate pe taluzuri și versanți.

Teza de doctorat este structurată pe opt capitole distincte, din care ultimul capitol evidențiază concluziile și contribuțiile personale ale autorului, la care se mai adaugă o introducere, o listă bibliografică ce cuprinde 94 de titluri, din care 9 aparțin doctorandului.

La 25 de contracte doctorandul a făcut cercetări efective pe teren și în laborator, iar rezultatele au fost utilizate în realizarea tezei. Teza de doctorat se extinde pe 110 pagini.

În conținutul tezei sunt prezentate 66 relații de calcul, 17 figuri, desene, scheme și grafice și 127 tabele.

Menționez că bibliografia consultată are 94 de referințe din literatura de specialitate română și străină, din care se evidențiază și o serie de articole și lucrări ce diseminează unele din rezultatele proprii ale autorului.

Rezultatele cercetărilor au fost diseminate în 9 lucrări științifice publicate ca singur autor, sau coautor.

Din analiza conținutului lucrării se pun în evidență următoarele aspecte ce caracterizează fiecare capitol în parte.

Teza are o Introducere care cuprinde 2 pagini.

În primul capitol, intitulat Caracterizarea geomecanică a rocilor și terenurilor de fundare, ce se extinde pe 15 pagini, se realizează o caracterizare geomecanică completă și complexă a rocilor utilizate la infrastructuri rutiere și a terenurilor de fundare. Aici se tratează Analiza mineralogică și petrografică pentru cele 5 tipuri de rocă utilizate la construcția infrastructurilor rutiere. Tot în acest capitol se analizează proprietățile geomecanice ale rocilor și se analizează din punct de vedere reologic argilele, care s-au întâlnit în majoritatea forajelor executate în terenurile de fundare pe care sunt amplasate infrastructurile rutiere.

Capitolul doi intitulat, Condiții de admisibilitate ale rocilor utilizate la infrastructura căilor de comunicație rutiere, se extinde pe 6 pagini, se tratează condiții de admisibilitate ale rocilor utilizate la infrastructura căilor de comunicații rutiere. Doctorandul a analizat proprietățile geomecanice și tehnologice ale rocilor magmatice utilizate la infrastructurile rutiere. A analizat rocile și a realizat încadrarea lor în condițiile de admisibilitate prevăzute de standardele în vigoare.

Doctorandul a realizat cercetările pe probele de roci magmatice aduse din perimetrele miniere Șoimoș Lipova, Cerbia Zam, Certej Floroia și Valea Căpitanului, Pietroasa, Almașul Mare, Dobra și Săvârșin. Aceste roci au fost încadrate în condițiile de admisibilitate și s-a constatat că toate rocile au o calitate Excelentă. Din cercetările efectuate a rezultat ca toate rocile analizate pot fi utilizate la construcția infrastructurilor rutiere.

În capitolul trei intitulat, Cercetări privind calitatea rocilor utilizate în construcții, creșterea fiabilității structurilor de suprafață și reducerea impactului asupra mediului, care cuprinde 9 pagini, s-au realizat cercetări privind calitatea rocilor utilizate în construcții, creșterea fiabilității structurilor de suprafață și reducerea impactului asupra mediului. În acest capitol a analizat calitatea rocilor prin 4 studii de caz.

Capitolul 4, denumit Analiza stabilității versanților și structurilor de suprafață, care cuprinde 28 pagini în care doctorandul a analizat cele mai moderne metode de analiză a stabilității rocilor din terenul de fundare pe care vor fi amplasate infrastructuri rutiere.

Au fost tratate aici cercetările geotehnice asupra rocilor recoltate din județul Hunedoara și un studiul geostatistic al parametrilor geotehnici. Au fost analizate cele mai recente metode de analiza a stabilității versanților. A realizat o abordare sistemică a problemei de stabilitate, factorii perturbatori ai sistemului și ai subsistemul stării de rezistență a masivului.

Doctorandul a realizat 3 studii de caz privind stabilitatea terasamentelor executate într-un masiv de rocă omogen, prin metodele Fellenius, Maslov-Berer și Bishop.

A realizat un studiu de caz privind stabilitatea DN 76 Deva – Oradea și a determinat stabilitatea terasamentelor în funcție de înălțimea și înclinarea versanților prin metodele Fellenius, Jambu și Bishop.

Doctorandul a mai stabilit, pe baza studiilor de caz, reacția sistemului la acțiunea factorilor perturbatori și reacția sistemului la acești factori.

Doctorandul a stabilit înălțimea treptelor de lucru în funcție de modul de extagere al rocilor prin acțiuni mecanice, sau cu ajutorul explozivilor.

În capitolul 5, intitulat Caracterizarea geotehnică a rocilor din terenul de fundare, și cuprinde 27 pagini, autorul a realizat caracterizarea geotehnică a rocilor din cele 24 foraje realizate în terenul de fundare pe traseul DN 75 Brad – Ștei.

Doctorandul a realizat un studiu de caz cu privire la DN 75 Brad – Ștei, unde a realizat studii geotehnice ale terenului de fundare pentru rocile recoltate din 24 foraje și a prezentat și caracteristicile geofizice ale terenului de fundare. Studiul de caz s-a finalizat cu concluzii cu privire la caracteristicile geotehnice ale terenului de fundare și a făcut recomandări privind adâncimea de fundare și presinea de convențională pentru fiecare foraj și strat în parte.

Capitolul 6, intitulat, Metode de creștere a calității terenului de fundare, se extinde pe 7 pagini și este destinat cercetărilor privind creșterea calității rocilor prin stabilizarea cu lianți hidraulici. Cercetări privind stabilirea procentului optim de liant hidraulic. A realizat cercetări privind utilizarea rocilor sterile din halde și iazuri la infrastructuri rutiere și posibilităților de stabilizarea strilului din halde și iazuri și de creștere a calității rocilor sterile. Aici se tratează

prin-un amplu studiu de caz posibilitățile de utilizare a rocilor sterile din halde și iazuri la realizarea infrastructurilor și betoanelor rutiere.

În Capitolul 7 intitulat, Reducerea impactului asupra mediului, care cuprinde 7 pagini, doctorandul a realiza o analiză a Cadrului legislativ și a Legislației UE privind managementul deșeurilor din industria minieră și procedeele de reducere a impactului asupra mediului produse de deșeurile din minerit.

În acest capitol regăsim cercetările privind situația iazurilor de decantare și a haldelor de steril rezultate din industria minieră în urma exploatării zăcămintelor. Tot aici se realizează evaluarea probabilității de alunecare, impactul depozitelor de deșeuri asupra mediului și .de relocarea depozitelor de deșeuri.

Capitolul se finalizează cu concluzii privind reabilitarea zonelor afectate de depozitele de deșeurile miniere, prin utilizarea deșeurilor la realizarea de betoane și redarea terenurilor ocupate de halde și iazurile de decantare în circuitul inițial.

Capitolul 8 intitulat, Concluzii și contribuții originale, care cuprinde 3 pagini este destinat concluziilor și contribuțiilor personale ale doctorandului.

Concluziile cuprind 18 din cele mai importante concluzii care au fost desprinse din cercetările realizate de doctorand și 29 contribuții personale rezultate din cercetările proprii ale doctorandului.

Concluzii

În urma cercetărilor efectuate de doctorand se poate poate concluziona:

1. Caracterizarea geotehnică a rocilor din terenul de fundare pe care urmează a se amplasa infrastructuri rutiere ne indică că majoritatea rocilor din terenul de fundare sunt argile.
2. Analza geomecanică a rocilor utilizate la infrastructurile rutiere sunt roci magmatice, recoltate din carierele Șoimoș Lipova, Cerbia Zam, Brănișca, Dobra, Valea Căpitanului, Săcărâmb, Almașu Mare, Căzănești și Pietroasa.
3. Rocile magmatice analizate au fost încadrate în clase de stabilitate și am constatat ca toate se încadrează în clasa A și deci sunt recomandate pentru a fi utilizate la infrastructuri și betoane rutiere.
4. Din caracterizarea reologică argilele analizate au fost încadrate în Clasa a II-a reologică cu un comportament exprimat de un model Burgers, care au deformații în mare parte ireversibile.
5. Clasa rocilor determinată în funcție de proprietățile tehnologice, a indicat că toate rocile au o calitate *Excelentă* și se pot utiliza la construcția infrastructurilor rutiere.
6. Am realizat un studiu geostatistic al parametrilor ce influențează stabilitatea taluzurilor și versanților.
7. Am analizat stabilitatea DN 76 Deva Oradea, prin realizarea a 24 foraje și caracterizarea geotehnică a rocilor din aceste foraje.
9. Am stabilit adâncimea de fundare și presiunea specifică pentru rocile din fiecare foraj.
10. Deși s-a crezut inițial că depozitele de steril rezultate din exploatăriile miniere sunt fără posibilitate de utilizare ulterioară, am demonstrat că se poate utiliza sterilul minier pentru obținere materialelor de construcții netradiționale, iar terenurile ocupate de halde și iazuri pot fi redade în circuitul natural anterior.
11. În România au fost realizate prin activitățile miniere, 64 de iazuri de decantare, cu o suprafață de 1.350 hectare și în care sunt înmagazinate peste 350 milioane metri cubi, respectiv peste 875 milioane tone de steril.

12. Metodele moderne de valorificare a deșeurilor miniere pot avea un efect pozitiv asupra mediului și asupra climatului economic.
13. Compoziția mineralogică și chimică a deșeurilor miniere, le recomandă pentru realizarea betoanelor neconvenționale.
14. A realizat o clasificarea deșeurilor miniere din punct de vedere geotehnic și geomecanic pentru halda de la Cuprumin și iazul de decantare Valea Ștefancei I.
15. A realizat încercări pe probele din beton obținute din roci, deșeuri miniere și ciment și a cercetat posibilitatea valorificării și posibilitățile de utilizare a fiecărui tip de rocă și deșeu minier, în funcție de caracteristicile geotehnice și condițiile de admisibilitate de utilizare a rocilor în construcții;
16. Betoanele realizate din rocile sterile de la Roșia Poieni, SC Cuprumin SA și ciment au caracteristici geomecanice superioare celor obținute din agregate naturale și ciment.
17. Betoanele realizate cu sterilul din iaz și ciment au o rezistență la compresiune cu 3,2% mai mare decât cele realizate din agregate naturale și ciment, iar probele de beton realizate cu steril din haldă și ciment au o rezistență cu 6,18% mai mare decât cele realizate din agregate naturale și ciment.

Contribuțiile originale aduse prin această cercetare pot fi sintetizate astfel:

1. Am realizat caracterizarea geomecanică a rocilor utilizate la infrastructuri rutiere și ale terenurilor de fundare.
2. Pe baza încercărilor de laborator am realizat o încadrare a rocilor în condițiile de admisibilitate stabilite de standardele în vigoare.
3. Am realizat trei studii de caz privind calitatea rocilor utilizate la construcția infrastructurilor rutiere.
4. Am realizat un vast studiu de caz pentru DN 76 Arad Oradea. Am caracterizat rocile din cele 24 foraje din punct de vedere al caracteristicilor geotehnice: activitatea coloidală a argilelor, plasticitate și compresibilitate, și am stabilit categoria geotehnică pentru fiecare strat din cele 24 de foraje,
5. Am stabilit presiunea convențională și adâncimea de fundare pentru fiecare strat și foraj.
6. Pentru toate forajele fundarea se recomandă, pe stratul III alcătuit din argilă cenușie vârtoasă, ca rocă de bază.
7. Adâncimile minime de fundare variază între 4,40 și 7,20 metrii.
8. Doar pentru rocile din profilul geotehnic VII-VII, zona F19÷F21, fundarea se recomandă, pe stratul I, alcătuit din argilă cafeniu gălbuie vârtoasă, care face parte din categoria rocilor dificile de fundare, cu activitate foarte mare, iar adâncimea minimă de fundare este de 2,00 m.
9. Terenul de fundare, conform Ts -1994, se încadrează în categoria foarte tare pentru stratele de argilă și în categoria tare pentru stratele argiloase-prăfoase, nisipoase și nisip
10. Am realizat pentru prima dată caracterizarea reologică a rocilor argiloase din terenul de fundare al infrastructurilor rutiere.
11. Am realizat analiza statistică prin utilizarea un software dedicat TCWIN și am concluzionat ca variația coeziunii și a unghiului de frecare interioară se face după o funcție polinomială.
12. Am realizat analiza statistică a parametrilor geotehnici, determinați în laborator pentru 120 de probe de rocă, recoltate din carierele luate în studiu.

13. Am constatat că pierderea stabilității terasamentelor și versanților poate avea loc prin apariția suprafețelor de rupere în interiorul masivului, prin dezvoltarea zonelor de deformare neelastică, sau de fluaj și a consecințelor stării de tensiune secundare create în masiv după executarea a terasamentului.
14. Am evaluat pentru prima dată stabilitatea versanților prin introducerea parametrilor reologici în calculul coeficientului de stabilitate.
15. Am calculat coeficientul de stabilitate, în funcție de coeziune și umiditate, stabilite în context reologic.
16. Am calculat reducerea rezistenței rocilor argiloase în timp, cu luarea în considerare a umidității rocilor, care poate fi condiționată de ridicarea nivelului apelor subterane în urma inundațiilor sau a precipitațiilor atmosferice abundente și de seismicitatea terenului.
17. Am studiat cazul unui taluz cu panta de 1:1,5 realizat la o adâncime de 10 m executat într-o argilă omogenă caracterizată de următoarele proprietăți geomecanice: densitatea volumică de $2 \cdot 10^4$ [N/m³], coeziunea de 0,02 [MPa] și unghiul de frecare interioară 20° și am estimat stabilitatea taluzului utilizând metoda Maslov-Berer.
18. Pentru metoda Bishop, am considerat un taluz care are o pantă de 1:1,5, cu un unghi de înclinare de 33° 41' și o înălțime de 10 m, care este realizat într-o rocă argilooasă, omogenă, caracterizată din punct de vedere geomecanic printr-o densitate volumică de 20 kN/m³, coeziunea de 0,02 MPa și un unghi de frecare interioară de 20°.
19. Am aplicat Metoda Bishop, pentru un taluz cu o înclinare de 31° și înălțimea de 15 m, realizat în argile caracterizate prin densitatea volumică de $1,9 \cdot 10^4$ N/m³, coeziunea de 0,25 MPa, unghiul de frecare de 38° și pentru același taluz, care la adâncimea de 5 m intersectează un strat acvifer, caracterizat de coeziunea de 0,25 [MPa], unghiul de frecare de 12°.
20. Am analizat stabilitatea taluzurilor prin utilizarea softului specializat în geotehnică GeoTecB, în cazul metodelor Fellenius, Jambu și Bishop.
21. Am constatat că terasamentul pe care se află amplasat DN 76 Deva Oradea, este stabil în condiții de umiditate naturală, însă rezerva de stabilitate scade foarte mult în perioadele cu precipitații, când s-au obținut valori subunitare ale coeficientului de stabilitate.
22. Am realizat o analiză a stadiului actual al depozitelor de deșeuri din industria minieră și am realizat o clasificare a deșeurilor miniere din punct de vedere geotehnic și geomecanic.
23. Am realizat încercări pe probele din beton obținute din roci, deșeuri miniere și ciment.
24. Am cercetat posibilitatea valorificării deșeurilor în funcție de caracteristicile acestora.
25. Am identificat posibilitățile de utilizare a fiecărui tip de rocă și deșeu minier, în funcție de caracteristicile geotehnice și condițiile de admisibilitate de utilizare a rocilor în construcții;
26. Am realizat încercări privind îndeplinirea condițiilor de admisibilitate, pentru rocile și agregatelor utilizate la infrastructuri rutiere.
27. Am analizat impactul activității miniere asupra factorilor de mediu, dar și asupra comunității locale.
28. Am propus metode noi, moderne, de valorificare a deșeurilor miniere care au un efect pozitiv asupra mediului.