

Teza de doctorat (rezumat scurt)

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:

Prof.univ.dr.ing. Bădulescu Dumitru

DOCTORAND:

ing. Neag (Iancu) Mariana

Cuvinte cheie: tehnologie de execuție, construcție subterană, amenajare hidroenergetică, utilaje tehnologice, eficiență economică, scheme tehnologice, monografie de armare, monografie de împușcare, secțiuni tip excavație, secțiuni tip de betonare, inel, ancoră, program RocData

Cuprins:

CAPITOLUL I DATE GENERALE PRIVIND AMENAJAREA HIDROENERGETICĂ A RÂULUI JIU 6

1.1. Aspecte teoretice referitoare la amenajările hidroenergetice	6
1.2. Rețeaua hidrografică și hidroenergia în România	7
1.3. Amenajarea hidroenergetică a râului Jiu	9
1.4. Schema de amenajare pe sectorul Livezeni-Bumbesti.....	9
1.5. Particularități ale obiectivului studiat	11
1.6. Caracteristici geologice, structurale și hidrogeologice	11
1.7. Fenomene fizico – geologice actuale	13

CAPITOLUL II CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND CARACTERIZAREA GEOMECHANICĂ A MASIVULUI DE ROCĂ ÎN CARE SUNT AMPLASATE LUCRĂRILE HIDROTEHNICE..... 14

2.1. Date morfologice și geologice	14
2.2. Metode de determinare a caracteristicilor geotehnice ale rocilor pe cale de laborator	14
2.2.1. Proprietățile fizice ale rocilor	15
2.2.2. Proprietățile mecanice ale rocilor	17
2.2.3. Caracteristicile elastice ale rocilor	21
2.2.4. Caracteristici tehnologice	22
2.3. Rezultatele obținute în urma determinărilor de laborator	24
2.4. Analiza datelor obținute cu ajutorul programului RocData	27

**CAPITOLUL III CERCETĂRI PRIVIND ÎNBUNĂȚĂȚIREA PERFORMANȚELOR TEHNOLOGIEI DE EXECUȚIE A CONSTRUCȚIILOR
SUBTERANE, DIN CADRUL AMENAJĂRII HIDROTEHNICE A RÂULUI
JIU.....33**

3.1 Analiza parametrilor tehnologici actuali	33
3.1.1 Date teoretice referitoare la proiectarea paramtrilor de perforare-împușcare	33
3.1.2 Alegerea tipului de exploziv	33
3.1.3 Calculul transferului de energie a explozivului către masivul de rocă.....	67
3.1.4 Concluzii și propuneri privind alegerea explozivului utilizat la săparea galeriei de aducțiune Livezeni și a decantorului subteran în funcție de cantitatea de energie trimisă de exploziv către masivul de rocă	40
3.1.5 Consumul specific de exploziv	41
3.1.6. Numărul de găuri	44
3.1.7. Determinarea lungimi găurilor	46
3.1.8 Perforarea găurilor	47
3.2 Prezentarea schemelor de perforare-împușcare întocmite pentru execuția galeriei de aducțiune Livezeni și a decantorului subteran	48
3.3 Concluzii privind îmbunătățirea randamentului de dislocare a rocilor	64

**CAPITOLUL IV CERCETĂRI PRIVIND ÎNBUNĂȚĂȚIREA PARAMETRIILOR TEHNOLOGIEI DE SUSȚINERE A CONSTRUCȚIILOR
SUBTERANE.....67**

4.1. Dimensionarea susținerii decantorului subteran și a galeriei de aducțiune Livezeni	67
4.1.1.Datele de intrare	67
4.1.1.1.Caracteristicile geomecanice medii ale rocilor	67
4.1.1.2.Geometria tunelului	67
4.1.2 Calculul tensiunilor dezvoltate la nivelul excavației	68
4.1.3.Calculul sprijinirilor	69
4.2 Concluzii referitoare la alegerea tipului de ancore	76
4.3 Dimensionarea analitică a susținerii provizorii și definitive a decantorului subteran și a galeriei de aducțiune Livezeni	77
4.3.1. Susținerea cu torcret	77
4.3.2. Susținerea în beton	78
4.4 Date generale privind decantorul Livezeni	80
4.5 Fazele de execuție a decantorului Livezeni	80

4.6 Execuția susținerii provizorii	85
4.6.1 Tipuri de susținere provizorie	85
4.6.2. Execuția susținerii din ancore, plasă metalică și șpritz beton	87
4.7 Concluzii	90

CAPITOLUL V CERCETĂRI PRIVIND STABILITATEA ÎN TIMP A GALERIEI DE ADUCȚIUNE LIVEZENI PRIN MODELAREA CU METODA ELEMENTULUI FINIT.....91

5.1 Modelarea prin metoda elementului finit	91
5.2 Interpretarea rezultatelor obținute în urma modelării prin metoda elementului finit	93
5.3 Concluzii	100

CAPITOLUL VI CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PROPUNERI..... 101

6.1 Concluzii	101
6.2. Contribuții	102
6.3. Propuneri	103

Bibliografie 104

Anexa 1 107

REZUMATUL TEZEI:

Prezenta teză de doctorat este structurată în două părți, una fiind o bază teoretică și alta una experimentală, cea de a doua constând în calcule comparative pentru studiul de caz al galeriei de aducțiune Livezeni și a decatorului subteran, realizate pe cursul râului Jiu, de către S.C. Hidroconstrucția S.A., verificările propunerilor făcute în ceea ce privește modul de manifestare al masivului de rocă în urma deranjării stării de tensiune a acestuia și al influenței pe care o va avea starea secundară de tensiune din masiv asupra stabilității construcțiilor subterane, fiind realizate prin modelarea cu element finit.

Primul capitol al prezentei teze de doctorat, intitulat ” Date generale privind amenajarea hidroenergetică a râului Jiu ”, are ca obiect prezentarea ansamblului de lucrări ce urmează a fi executate pe cursul râului Jiu, în scopul valorificării resurselor de apă, cu debit relativ constant și suficient pentru obținerea energiei alternative. Am prezentat la începutul capitolului aspectele teoretice referitoare la amenajările hidroenergetice, continuând cu schema de amenajare hidroenergetică a râului Jiu și prezentarea în detaliu a morfologiei zonei și influenței diferiților factori asupra acesteia și implicit a cursului râului Jiu.

Având în vedere că obiectivul nostru a fost perfecționarea tehnologiilor de execuție a construcțiilor subterane, capitolul doi este intitulat ”Cercetări teoretice și experimentale privind caracterizarea

geomecanică a masivului de rocă în care sunt amplasate lucrările hidrotehnice” și are ca scop prezentarea și analiza caracteristicilor fizico-mecanice, elastice și studiul modului de comportare a rocilor la impactul antropic pe care îl va avea executarea tunelurilor și a decantorului subteran, urmând ca în capitolele următoare să se găsească o soluție optimă atât din punct de vedere al timpului de execuție și financiar, cât și din punct de vedere al impactului antropic pe care îl vor avea construcțiile subterane asupra mediului, implicit a masivului de rocă, acestea fiind necesare a fi reduse pe cât posibil.

În urma datelor prezentate și a informațiilor culese și introduse în primele capitole am realizat capitolul trei denumit ”Cercetări privind îmbunătățirea performanțelor tehnologiei de execuție a construcțiilor subterane, din cadrul amenajării hidrotehnice a râului Jiu”. În acest capitol sunt prezentate pentru început schemele și parametrii operațiilor de perforare-împușcare propuse de S.C. Hidroconstrucția S.A., urmând ca apoi să realizez un ansamblu de propuneri în ceea ce privește îmbunătățirea procesului de perforare-împușcare, propuneri făcute pe baza unor argumente ce constau în calcule sau soluții demonstrate și interpretate atât din punct de vedere al timpului de execuție a construcțiilor subterane, cât și din punct de vedere al costului inițial. Capitolul se încheie cu o serie de propuneri desprinse în urma calculelor și studiilor comparative, propuneri ce încearcă a rezolva echilibrul în ceea ce privește reducerea timpului de finalizare a lucrărilor, reducerea implicită a costurilor și a impactului antropic asupra mediului respectiv stoparea fisurării excesive a masivului de rocă.

Capitolul patru intitulat ”Cercetări privind îmbunătățirea parametrilor tehnologiei de susținere a construcțiilor subterane” descrie fazele de lucru propuse pentru excavarea și susținerea provizorie a decantorului subteran. În prima parte a acestui capitol am prezentat dimensionarea susținerii decantorului subteran și a galeriei de aducțiune Livezeni urmând ca în a doua parte a acestui capitol să prezint, pe urma calculelor întocmite, cercetări privind îmbunătățirea parametrilor tehnologiei de susținere a construcțiilor subterane.

Capitolul cinci este intitulat ”Cercetări privind stabilitatea în timp a galeriei de aducțiune Livezeni prin modelarea cu metoda elementului finit” și în cadrul acestui capitol am verificat stabilitatea galeriei de aducțiune cu distribuția tensiunilor ce se dezvoltă pe conturul acesteia, utilizând metoda elementului finit. În urma datelor introduse și prezentate în anexa de la finalul prezentei teze de doctorat, programul utilizat a realizat o modelare a stării de tensiune ce se dezvoltă în masivul de rocă și pe conturul lucrării.

În ultimul capitol al tezei sunt prezentate concluziile, contribuțiile și propunerile desprinse în urma cercetării efectuate.

Concluzii:

Teza de doctorat intitulată ”Cercetări privind perfecționarea tehnologiilor de execuție a construcțiilor subterane din cadrul amenajării hidrotehnice a râului Jiu” și-a propus analiza factorilor geomecanici, tehnici și tehnologici de influență asupra modului de comportare a excavațiilor subterane din cadrul Amenajării Hidroenergetice a râului Jiu, comportare evaluată prin tensiunile dezvoltate în elementele de susținere sub influența solicitărilor generate de presiunea rocilor în vederea îmbunătățirii tehnologiei de execuție a acestor lucrări.

Atât analiza stabilității cât și alegerea soluției de execuție a viitoarelor excavații au făcut obiectul prezentei tezei de doctorat deoarece s-a încercat găsirea unei soluții de susținere și dimensionare cât mai puțin costisitoare atât din punct de vedere financiar cât și din punct de vedere al obținerii unei durate cât mai scurte de finalizare a lucrărilor cu un impact minim asupra mediului, lucru valabil și pentru cazul executării construcțiilor subterane, respectiv decantorul subteran și galeria de aducțiune Livezeni.

Teza de doctorat fiind împărțită în două părți și anume o parte teoretică inclusă în primul capitol al tezei și partea de cercetare și analiză pentru adoptarea unor soluții optime, prezentate în partea a doua a tezei.

Prima problemă care s-a pus a fost aceea de alegere a explozivului ce urmează a fi utilizat în vederea dislocării rocilor din masiv. Acest lucru este de o importanță deosebită deoarece provocarea unei fisurări prea mari a masivului de rocă conduce la instabilitatea lucrărilor subterane. Astfel am propus spre analiză două tipuri de explozivi pentru a determina transferul de energie către masivul de rocă.

Din punct de vedere economic se poate spune că cel mai indicat exploziv a fi utilizat este Austrogel G1, deoarece energia eliberată spre masivul de rocă și implicit al randamentului în ceea ce privește dislocarea rocilor, are valorile cele mai mari, motiv pentru care, pentru aceeași cantitate de exploziv, 0,8 kg pe gaură, Austrogel G1 are un efect de dislocare mult mare prin energia transmisă masivului, decât în cazul utilizării explozivului Lambrex 1.

Utilizarea explozivului Austrogel G1 prezintă însă dezavantaje față de cazul Lambrex 1 datorită factorului de impedanță η_1 . Acest factor fiind mai mic în cazul Lambrex 1, ceea ce înseamnă că masivul de rocă este mai puțin fisurat decât în cazul utilizării explozivului Austrogel G1, vibrațiile sonore fiind unul din principalii factori ce influențează sfărâmarea și fisurarea masivului de rocă în urma utilizării perforării-puşcării.

Transferul în funcție de independențele acustice influențează în cazul Austrogel G1 doar în zonele în care intercalațiile de argilă sunt mai rar întâlnite predominând rocile tari. În aceste zone vibrațiile sonore produc fisuri suplimentare masivului de rocă ceea ce duce la dezastre ce apar în timpul procesului de susținere provizorie sau definitivă. Din acest punct de vedere explozivul Austrogel G1 se recomandă a fi folosit, conform hărților geologice, în zonele cu roci moi din categoriile III și IV, medii umede sau roci saturate, apa jucând un rol important în ceea ce privește stoparea fisurării masivului datorită vibrațiilor sonore produse de explozie.. Astfel fisurarea datorită energiei acustice eliberată în masivul de rocă este limitată de gradul de vâscozitate al argilelor întâlnite, ruperea realizându-se în condiții optime datorită cantității de energie mari transmisă.

Un alt avantaj pe care îl prezintă explozivul Lambrex 1 față de explozivul Austrogel G1, este acela că poate fi achiziționat în cartușe cu diametre începând de la 30 de mm până la 120 mm, lucru care poate remedia problema în ceea ce privește raportul dintre diametrul găurii și cea a cartușului, respectiv indicii de încartuşare η_2 ce mărește sau micșorează cantitatea de energie eliberată în masivul de rocă, implicit randamentul operațiilor de perforare pușcare.

Tot în ceea ce privește optimizarea tehnologiei de execuție a decantorului subteran și a galeriei de aducțiune Livezeni, am propus spre analiză pe lângă variantele posibile a monografiilor de perforare-împuşcare cu sâmbure până verticală, utilizarea schemelor cu sâmbure coromant. Acest tip de sâmbure s-a constatat a avea un succes mult mai mare în ceea ce privește dislocarea rocilor, el nefiind utilizat însă datorită utilajului de perforare folosit și anume Axera D06, a cărei tijă s-a rupt în timpul experimentului de a reliza găurile de sâmbure coromant.

Execuția excavației și susținerii decantorului s-a realizat în 6 faze principale, începând de la boltă spre vatră.

Formațiunile intersectate de decantor sunt constituite din granite cu diferite grade de fisurare și alterare, clasificate în categoriile de la roci tari la roci foarte slabe.

În vederea verificării susținerii și analizei de stabilitate s-au utilizat atât metode analitice cât și numerice. În calculele efectuate, comportamentul rocilor a fost considerat preponderent elasto-plastic iar al susținerii, preponderent elastic.

Verificarea prin metode analitice a condus la concluzia că susținerea, executată conform proiectului, este stabilă.

Gradul de aproximare al metodelor analitice luate în considerație nu a permis o studiere în detaliu a stabilității susținerii, de aceea s-a apelat analiza stabilității cu ajutorul metodei elementelor finite, acest lucru realizându-se cu ajutorul programului Phase2.

Datorită structurii relativ rigide a susținerii din beton, tensiunile sunt transferate de pe conturul excavației spre masivul de roci înconjurătoare, în special în zona din apropierea excavației.

Constatăm lipsa tensiunilor de tracțiune pe conturul interior al susținerii.

Concentratorii tensiunilor de tracțiune se dezvoltă pe extradusul susținerii, în zona de naștere a boltii. Deși tensiunile de tracțiune în aceste zone sunt excesiv de mari, totuși ruperea structurii de susținere este împiedecată de structura armăturii de oțel, ce preia aceste tensiuni.

Zonele periculoase din punct de vedere al stabilității la compresiune și forfecare a structurii de susținere, pe suprafața interioară, sunt situate în zona de racord dintre boltă și perete, unde raza curbei este mai restrânsă.

Contribuții:

Rezolvarea tezei luate în studiu permite stabilirea următoarelor aspecte privind contribuțiile personale precum:

- Analiza parametrilor tehnologici actuali unde am pus un accent deosebit pe noile tipuri de explozivi utilizați, studiind astfel prin comparație, mai amănunțit, caracteristicile acestora;
- Analiza influențelor acustice și a transferului de energie pe care îl au tipuri diferite de explozivi în vederea alegerii unei soluții prin care fisurarea masivului de rocă să fie minimă, implicit și impactul utilizării acestora, asupra mediului, să fie cât mai redus;

- Am întocmit diferite variante de scheme de perforare-împuşcare în vederea utilizării unei cantități cât mai mici de substanță explozivă ceea ce presupune un cost mai redus al investiției;

- Am analizat și propus îmbunătățirea schemelor de împuşcare utilizând așa numitele găuri de sâmbure coromant care permit o mai bună dislocare a rocilor din masiv;

- Evaluarea stării de tensiune din jurul excavațiilor subterane în raport cu caracteristicile rocilor, respectiv medii elastice sau clastice, a fost realizată utilizând metoda elementului finit;

- Evaluarea presiunii miniere prin diferite ipoteze de calcul - element important în definirea solicitărilor ce acționează asupra elementelor de susținere, a fost deasemenea analizată și pe cale analitică;

- Am propus o dimensionare a susținerii în baza evaluării eforturilor ce apar în elementele constructive în raport cu forma geometrică a cadrului de susținere (profil circular);

- Modelarea cu element finit a masivului de rocă și a galeriei de aducțiune pentru verificarea stabilității acesteia în timp am realizat-o cu ajutorul programului Phase 2.

Propuneri:

Din analiza prezentată propun utilizarea schemelor de puşcare cu găuri de sâmbure coromant, sau dacă nu există fonduri de achiziționare a unui utilaj nou de perforat a cărei tijă să permită forarea unor astfel de găuri, propun schemele de puscare cu găuri în care nu vor fi introduse cartuse de exploziv, pentru a se crea acele spații libere și o mai bună derocare, încărcătura de exploziv medie pe gaură rezultând a fi de aproximativ 0,8 kg, în funcție de schema aleasă, explozivul cel mai indicat a se utiliza fiind Lambrex 1 pentru zonele cu roci tari sau foarte tari, fără intercalații argiloase. Timpul de execuție și finalizare a lucrărilor va fi însă mai mare în cazul utilizării acestuia decât în cazul Austrogel G1 ce se propune a fi utilizat doar în zonele cu roci moi, cu intercalații de argilă și roci saturate, dar nu apare pericolul fisurării excesive a masivului de rocă ce poate avea repercursiuni atât financiare cât și materiale, prin deformarea sau distrugerea susținerilor, cu riscul instabilității în timp a acestor construcții subterane.

În urma realizării modelării cu element finit a manifestării presiunii rocilor în timp, propun mărirea numărului de ancore pe metru liniar de galerie, pasul de armare dintre cintrele metalice trebuie micșorat cu minimum 20-30 %, adică distanța dintre cadre egală cu 0,4 m astfel încât stabilitatea lucrării să nu mai fie pusă sub amenințare. Conlucrarea dintre masivul de rocă și susținere va fi mult mai echilibrată, ancorele susținând blocurile de rocă și împiedicând manifestarea tot mai pronunțată a deplasării rocilor. Utilizarea ancorelor Swellex crește rezistența la forfecare și tracțiune a blocurilor de rocă ce suferă fisurări excesive și datorită vibrațiilor produse de unda de șoc aferentă procesului de perforare-puşcare necesar înaintării în masivul de rocă.