

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

- REZUMAT -

STUDII GEOLOGICE INGINEREȘTI
ȘI HIDROGEOLOGICE
PENTRU CARACTERIZAREA
AMPLASAMENTULUI DEPOZITULUI
FINAL DE DEȘEURI SLAB
ȘI MEDIU RADIOACTIVE,
AFERENT CNE CERNAVODĂ

Doctorand:
Ing. Mihai – Alexandru Samoilă

Conducător Științific
Prof. dr. ing. Cristian Mărunțeanu

- BUCUREȘTI -

2012

CUPRINS

INTRODUCERE	4
1. INFORMAȚII GENERALE	7
1.1. Criterii de alegere a amplasamentului și descrierea principalelor alternative studiate	7
1.2. Descrierea conceptului de depozitare	11
1.3. Amplasamentul și planul general al DFDSMA	15
2. CADRUL NATURAL	18
2.1. Localizarea amplasamentului	18
2.2. Caracterizarea morfologică și geomorfologică	19
2.3. Condițiile climatice și meteorologice ale amplasamentului	22
3. CONDIȚIILE GEOLOGICE ȘI STRUCTURALE ALE AMPLASAMENTULUI DFDSMA	32
3.1. Geologia și tectonica Dobrogei de Sud	32
3.1.1. Stratigrafia	32
3.1.1.1. Fundamentul cristalin	32
3.1.1.2. Cuvertura sedimentară	33
3.1.1.2.1. Paleozoic	34
3.1.1.2.2. Mezozoic	35
3.1.1.2.3. Neozoic	43
3.1.2. Elemente structurale și tectonice	47
3.2. Geologia amplasamentului	54
3.2.1. Orizontul A	64
3.2.2. Orizontul B	66
3.2.3. Orizontul C	68
3.2.4. Orizontul D	69
3.2.5. Orizontul E	69
3.2.6. Compoziție mineralogică	70
3.2.7. Concluzii	71
4. CONDIȚIILE HIDROLOGICE ȘI HIDROGEOLOGICE ALE AMPLASAMENTULUI DFDSMA	73
4.1. Hidrologie regională	73
4.2. Hidrologia amplasamentului	75
4.3. Hidrogeologie regională	79
4.3.1. Complexe și orizonturi acvifere	79
4.3.1.1. Orizontul acvifer holocen	79
4.3.1.2. Orizontul acvifer pleistocen	80
4.3.1.3. Complexul acvifer sarmațian	80
4.3.1.4. Orizontul acvifer eocen	81
4.3.1.5. Complexul acvifer Jurassic superior – Cretacic inferior	82
4.3.1.6. Orizonturi acvifere paleozoice	83
4.4. Hidrogeologia amplasamentului	84
4.4.1. Acvifere zonale identificate	84
4.4.2. Acvifere cu extindere locală	86
4.4.3. Conexiunea cu alte surse de apă	88
4.4.4. Direcții de curgere	89
4.4.5. Gradienti hidraulici	92
4.4.6. Dispersivitatea	93
4.4.7. Contaminarea	95
4.5. Caracteristicile zonei nesaturate	96

4.5.1. Rata de infiltrare a apei	96
4.5.2. Caracteristica de umiditate	97
4.6. Caracteristici geochemice, pH și capacitatea de schimb cationic	101
4.6.1. Parametrii de transport ai radionuclizilor critici din deșeurile slab și mediu active	101
4.6.2. Coeficienți de distribuție și factori de retardare specifici amplasamentului Saligny	101
4.6.3. Difuzia radionuclizilor în mediile geologice caracteristice amplasamentului Saligny	104
4.6.4. Caracteristicile apelor din principalele acvifere – Caracteristici geochemice	105
4.7. Inundabilitatea	108
5. EROZIUNEA SOLULUI	109
5.1. Metode de estimare a eroziunii solului	109
5.2. Estimarea eroziunii amplasamentului „METODA RUSLE”	115
5.2.1. Recoltarea probelor și rezultatele testelor de laborator	115
5.2.2. Factorii ecuației pierderii de sol prin eroziune	117
5.2.2.1. Factorul precipitației și scurgere de suprafață (R)	117
5.2.2.2. Factorul de erodabilitate a solului (K)	118
5.2.2.3. Factorul gradient pantă-lungime a versantului (LS)	120
5.2.2.4. Factorul de acoperire cu vegetație (C)	123
5.2.2.5. Factorul de practică agricolă (P)	125
5.2.3. Norme de toleranță a eroziunii solului (A)	125
5.3. Dispersivitatea formațiunilor acoperitoare din versanții amplasamentului “TESTUL PINHOLE”	127
5.3.1. Descrierea testului pinhole	127
5.3.2. Recoltarea probelor din amplasament	127
5.3.3. Efectuarea testului pinhole	127
5.3.4. Interpretarea rezultatelor	129
5.4. Metode de monitorizare și reducere a eroziunii	132
6. STABILITATEA VERSANȚILOR ȘI A TALUZURILOR	137
6.1. Potențialul și probabilitatea de producere a alunecărilor de teren	137
6.2. Analiza stabilității versanților	144
6.2.1. Ipoteze de lucru	144
6.2.2. Parametrii fizico-mecanici de calcul	145
6.2.3. Metoda de analiza a stabilității și rezultatele obținute	146
6.2.4. Concluzii cu privire la stabilitatea versanților	152
7. CALCULUL TERENULUI DE FUNDARE	153
7.1. Istoricul studiilor cu caracter geotehnic executate pe amplasament	153
7.2. Încadrarea amplasamentului în stas-urile și normativele în vigoare	153
7.3. Caracterizarea geotehnică a amplasamentului	154
7.3.1. Lucrări de teren	154
7.3.2. Lucrările de laborator și în situ și rezultatele obținute	155
7.3.3. Categoria geotehnică a amplasamentului	159
7.4. Calculul terenului de fundare și al tasărilor	159
7.4.1. Fundare directă - Calculul terenului de fundare	160
7.4.1.1. Calculul presiunii convenționale	160
7.4.1.2. Calculul terenului de fundare la starea limită de deformații	162
7.4.2. Calculul tasărilor	164
7.4.2.1. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 3 m și fundare directă	164

7.4.2.2. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 3 m și fundare directă pe pernă de loess natural	167
7.4.2.3. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 3 m și fundare directă pe pernă de loess aditivat	168
7.4.2.4. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 18 m și fundare directă	169
7.4.2.5. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 18 m și fundare directă pe pernă de loess natural	170
7.4.2.6. Calculul tasărilor pentru orizontul A = 18 m și fundare directă pe pernă de loess aditivat	171
7.4.2.7. Calculul tasărilor pentru tot ansamblu de celule	172
7.4.2.8. Soluții de îmbunătățire a terenului de fundare	174
7.5. Concluzii privind terenul de fundare	176
8. CONCLUZII	179
Anexa 3.1. Date privind geologia amplasamentului Saligny	190
Anexa 4.1. Date privind hidrogeologia amplasamentului Saligny	224
BIBLIOGRAFIE	241
ANEXE	248

STUDII GEOLOGICE INGINEREȘTI ȘI HIDROGEOLOGICE PENTRU CARACTERIZAREA AMPLASAMENTULUI DEPOZITULUI FINAL DE DEȘURI SLAB ȘI MEDIU RADIOACTIVE AFERENT CNE CERNAVODĂ

Cuvinte cheie: deșuri radioactive, depozit de deșuri, eroziune, metoda RUSLE, Pinhole, dispersivitate, factor de stabilitate, capacitate portantă, tasare.

Introducere

Conform Programului Național Nuclear actual se prevede ca până în anul 2015 la CNE Cernavodă să funcționeze 4 unități de tip CANDU 600. În cadrul procesului de funcționare a CNE Cernavodă rezultă o mare varietate de deșuri slab și mediu radioactive stocate în prezent la Depozitul Intermediar de Deșuri Radioactive (DIDR).

Volumul tot mai mare de deșuri rezultat în urma punerii în funcțiune a celui de al doilea reactor în septembrie 2007, coroborată cu premisele realizării a încă două până în anul 2015, a condus la urgentarea investigațiilor începute în 1992, pentru realizarea unui depozit de deșuri radioactive.

Astfel după cum am precizat anterior începând cu anul 1992 a fost demarat un program de cercetare pentru localizarea unui amplasament care să corespundă cerințelor necesare realizării unui depozit de deșuri slab și mediu radioactive.

Conceptul de stocare propus pentru depozitarea definitivă a deșeurilor slab și mediu radioactive rezultate de la CNE Cernavodă este de tipul „depozit de suprafață cu bariere multiple”. Acest tip de depozit, a fost ales analizându-se diversele tipurile de deșuri rezultate în mod obișnuit din funcționarea unui reactor de tip CANDU și ținând cont de tipurile de instalații utilizate pe plan mondial pentru depozitarea pe termen lung a acestor tipuri de deșuri.

Conform prevederilor ghidului Agenției Internaționale de Energie Atomică de la Viena, amplasamentul viitorului depozit trebuia să întrunească o serie de criterii de ordin geologic, hidrogeologic, socio – economic, etc.

Lucrarea de față cuprinde sinteza studiilor de teren efectuate din 1992 până în prezent, la care se adaugă contribuțiile personale ale autorului, evidențiate pe parcursul lucrării. Lucrarea este structurată în opt capitole al căror conținut este rezumat în ceea ce urmează.

Capitolul 1. Informații generale

Odată stabilite criteriile de selecție a amplasamentului depozitului de deșuri slab și mediu radioactive, s-a trecut la selectarea zonelor favorabile. Deoarece prezenta caracteristici geologice și climatice avantajoase, zona de investigare s-a restrâns treptat la teritoriul Dobrogei. Au fost selectate 37 de potențiale amplasamente, care îndeplineau majoritatea criteriile de selecție.

În continuare zona de investigare a fost și mai mult restrânsă cu tendința clară de apropiere de CNE Cernavodă. Astfel au rămas doar 3 potențiale amplasamente (Mireasa, Cernavodă și Saligny), care au beneficiat de investigații geologice. Investigațiile au constat

în execuția a 3 (trei) foraje geologice cu adâncimi cuprinse între 60 – 100 m, realizate pentru determinarea litologiei, a parametrilor fizico – mecanici și hidrogeologici, la care s-au adăugat 1 – 2 profile seismice de refracție.

În urma acestor investigații a fost ales ca locație pentru depozitul final de deșeuri slab și mediu radioactive, amplasamentul Saligny care prezintă câteva avantaje certe. Cel mai important a fost poziția sa în interiorul ariei de excludere totală a obiectivului nuclear, care determină costuri mici de transport precum și facilității la întreținere.

Soluția optimă în ceea ce privește depozitarea pe termen lung a deșeurilor slab și mediu radioactive, rezultate de la CNE Cernavodă, o reprezintă un depozit de suprafață cu bariere geologice ingineresti multiple. La această soluție s-a ajuns în urma analizei tipurilor de deșeuri slab și mediu radioactive ce rezultă din exploatarea unui reactor de tip CANDU. Experiența internațională, acumulată în timp în ceea ce privește gestionarea deșeurilor radioactive a jucat de asemenea un rol important în alegerea tipului de depozit.

Sistemul de bariere geologice și ingineresti multiple, trebuie să asigure atât protecția mediului geologic cât și a mediului înconjurător. La Saligny barierele geologice sunt reprezentate de litologia zonei iar cele ingineresti de container, matricea de imobilizarea a deșeurilor, celula de depozitare iar în ultimă instanță întreg sistemul constructiv al depozitului.

Capitolul 2. Cadrul natural

Din punct de vedere **morfologic** amplasamentul este situat pe dealul Bogdaproste, sau dealul lui Cristian în alte documentații, care face parte din marea unitate morfologică **Podișul Dobrogei de Sud**, cu subunitatea *Podișul Dorobanțului*. Această unitate este caracterizată de dealuri intens fragmentate și văi cu talvegul plat.

Din punct de vedere **geomorfologic** amplasamentul aparține zonei marginale dunărene, caracterizată prin terase de abraziune lacustră și fluviatilă, formată dintr-o serie de nivele cu altitudini cuprinse între 15 și 100 de metri.

Dealul Bogdaproste atinge cota de 69,69 mdMN (metri deasupra nivelului Mării Negre la Sulina), în extremitatea sa vestică și 72 mdMN în partea estică, orientarea platoului fiind nord vest – sud est. Se prezintă ca un platou mărginit de versanți naturali cu pante ce pot atinge uneori 90°, precum și versanți creați antropic prin depozitarea deșeurilor rezultate de la construirea CNE Cernavodă. Aceștia au pante de până la 45°, prezentând fenomene de instabilitate și eroziune accentuată.

În ceea ce privește **condițiile climatice și meteorologice** ale amplasamentului, rezultate din analiza unui set informații foarte vast, se pot trage următoarele concluzii:

- Amplasamentul DFDSMA se află în zona I de ariditate, cu o medie multianuală a precipitațiilor de 400 – 500 mm/an;
- Media multianuală a precipitațiilor este în jurul valorii de 450 mm/an, cu un maxim de 830 mm/an atins în 1966;
- Amplitudini termice de 68°C;
- Media multianuală a temperaturii este de 11,2°C mai ridicată în comparație cu restul țării;
- Circulația aerului predominantă este pe direcția nord – sud;
- Numărul mediu multianual de zile cu zapadă este aproximativ 30;

- Umiditatea relativă în zona este mare în luna ianuarie de aproximativ 88%, după care începe să scadă până în luna iulie când atinge un minim de 69%;
- Vitezele medii lunare sunt mai mari în tot cursul anului pentru vântul ce bate pe sectorul cuprins între nord și sud est;
- În anotimpul rece predomină categoriile de stabilitate atmosferică neutră și stabilă. Vara și toamna categoria neutră scade în favoarea celor stabile. Primăvara, categoriile de stabilitate au frecvența cea mai redusă din an, dominante fiind cea neutră și cele instabile.

Capitolul 3. Condițiile geologice și structurale ale amplasamentului DFDSMA

Amplasamentul Saligny face parte din marea unitate structurală Dobrogea de Sud. Aceasta are un relief cu aspect de platou suspendat între două nivele de bază coborâte, Dunărea și Marea Neagră, fiind o regiune pe care eroziunea a afectat-o puternic, imprimându-i un relief foarte șters.

Din punct de vedere stratigrafic în Dobrogea de Sud se disting două etaje:

- fundamentul cristalin și;
- cuvertura sedimentară.

Fundamentul cristalin este acoperit de o stivă groasă cu depozite sedimentare și a fost investigat exclusiv prin foraje.

În cadrul fundamentului au fost separate următoarele formațiuni cu dispunere discordantă:

- Seria de Ovidiu de vârstă Arhaică, cata-mezometamorfică;
- Seria de Palazu Mare de vârstă Proterozoic Inferior – mezometamorfică și;
- Seria de Cocoșu, de vârstă Vendian – Cambrian Inferior – anchimetamorfică.

Cuvertura sedimentară, cuprinde formațiuni (de vârstă Paleozoică, Mezozoică și Neozoică) dispuse discordant pe fundamentul de roci cristaline, prezentând o distribuție spațială neuniformă și variații mari de facies.

Mișcările repetate de exondare sau basculare din perioadele mezozoice și neozoice au dus la formarea a numeroase lacune stratigrafice de amploare variabilă în cadrul coloanei stratigrafice a cuverturii sedimentare.

Depozitele carbonatice aparținând Jurasicului superior și Neocomianului, precum și depozitele terigen carbonatice miocene suferă procese de carstificare, ale căror efecte s-au acumulat de la o etapă la alta de exondare.

Relațiile spațiale dintre diverșii termeni stratigrafici ai cuverturii de sedimentare mezozoice și neozoice sunt foarte complexe, fapt datorat proceselor de erodare și eroziune, a existenței unei tectonici rupturale sin – sedimentare (care a condus la apariția unui mozaic de blocuri faliat). Exemple: depozitele Apțiene stau parțial direct pe fundament, depozitele Neozoicului stau parțial direct peste depozitele Cretacicului inferior.

Din punct de vedere **structural și tectonic** Dobrogea de Sud, este caracterizată de prezența a două sisteme de falii cu orientare VNV – ESE mai nou și sistemul de falii orientate NNE – SSV.

Structura formațiunilor sedimentare, predominant calcaroase, este caracterizată de existența a numeroase falii verticale sau subverticale care au fragmentat zona în blocuri tectonice cu poziție ridicată sau coborâtă. Aceste falii s-au format după depunerea calcarelor

în Jurassic superior – Valanginian și au fost activate în Cretacic și Paleogen. Activitatea tectonică s-a încheiat înainte de Sarmatian, care se prezintă sub forma unei plăci de calcare lumașelice cvasicontinue, ușor înclinată către est.

Amplasamentul Saligny se află pe blocul structural Ivrinezu – Peștera, delimitat la nord de falia Cernavodă – Constanța, la est de falia Gherghina, la sud de falia Rasova – Costinești iar la vest de falia Dunării.

Pentru caracterizarea **geologiei din zona** amplasamentului a fost realizată o harta geologică digitală, rezultată în urma unei cartări geologice de mare detaliu, corelată cu harta geologică 1:50.000 foaia Peștera.

Pentru descrierea **geologiei amplasamentului** au fost utilizate informațiile provenite din forajele geologice și datele cu caracter geotehnic rezultate din acestea. Forajele au interceptat o succesiune litologică corelabilă. Denumirile atribuite orizonturilor (orizontul A de loess prăfos, orizontul B de loess argilos, etc.) prezente în amplasament sunt cele utilizate în toate documentațiile referitoare la acest amplasament.

La suprafață a fost interceptat un strat cu grosimi cuprinse între 4,5 – 24,5 m, de praf argilos sensibil la umezire – colapsibil PSUC, conform NP 125/2008. Datorită conținutului mare de praf acest strat a fost denumit **Orizontul A** de loess prăfos. Acesta este dominat granulometric de particule de praf, ce acoperă în medie 70% din spectrul granulometric, urmat de nisipul fin, respectiv argila.

Urmează în această succesiune un strat de praf argilos dar cu conținut mai mare procentual de fracție argilosoasă, fapt ce-i conferă proprietăți fizico – mecanice diferite. Intervalul de grosime al stratului este cuprins între 1,2 – 21,7 m. Acest strat are de asemenea caracter loessoid, fiind denumit în documentațiile aferente acestui amplasament ca **Orizontul B** de loess argilos. Spectrul granulometric al particulelor componente este deplasat spre dimensiuni mai mici dar ponderea majoritară este deținută tot de particulele de praf care acoperă în medie 68 % din spectrul granulometric.

Orizontul C este denumirea primită de argila roșie cuaternară cu intercalații nisipoase. Nu a fost interceptat în toate forajele de investigație executate pe amplasament, având o distribuție foarte neomogenă. Alternează zone în care argila are grosimi de ordinul metrilor cu zone în care lipsește. Astfel orizontul C aproape că lipsește în jumătatea nord-estică a amplasamentului, în nord, în extremitățile sudică și estică.

Orizontul D este reprezentat de un complex neomogen foarte variat, alcătuit din diferite tipuri de argile, lentile de nisip și pietriș, calcare și gresii. A fost interceptat în toate forajele de investigație din amplasament. Grosimea minimă interceptată este de 7 m în vestul amplasamentului iar cea maximă de 54,8 m în estul amplasamentului. Rezultă astfel o creștere a grosimii pe direcția vest – est. Pe direcția sud est – nord vest, grosimea orizontului descrește de la 54,8 la 31,3 m. Acest orizont oferă o plajă mare de valori a tuturor parametrilor structurali. Probele analizate în laborator, reflectă o compoziție granulometrică medie calculată statistic, alcătuită din particule mai mari de 0,25 mm într-un procent 55% nisip grosier, 27% nisip fin și 39% argilă sub 5 μm.

Forajele s-au oprit în platforma de calcar berriasiian – alcătuită din roci calcaroase, în care zonele compacte alternează cu zone alterate și fisurate. Platforma de calcar apare în documentație cu denumirea de **Orizontul E**.

În urma analizei statistice a seriilor de valori aferente parametrilor fizico – mecanici, orizonturile separate anterior au suferit la rândul lor o nouă împărțire, astfel au apărut în cadrul orizonturilor A și B mai multe subdiviziuni (ex: orizontul A1, A2, B1, etc.). Aceste

suborizonturi prezintă caracteristici geologice și geotehnice diferite reportate la stratele adiacente.

Capitolul 4. Condițiile hidrologice și hidrogeologice ale amplasamentului DFDSMA

Caracteristica hidrologică principală a Dobrogei de Sud, o reprezintă deficiența apelor curgătoare, cele mai multe având debite mici și oscilante. Densitatea foarte scăzută a acesteia, de 0,1 km/km², reprezintă cea mai redusă valoare de pe întreg teritoriul țării. Corpurile de apă reprezentative sunt: Marea Neagră, Dunărea, Canalul Dunăre – Marea Neagră, râuri, pârâuri, lacuri maritime sau lagunare, etc.

Rețeaua **hidrografică a amplasamentului** este tributară în totalitate Dunării, prin canalul Dunăre – Marea Neagră. Principalele ape de suprafață ce prezintă caracter permanent, în zona amplasamentului Saligny, sunt reprezentate de: fluviul Dunărea, prin Brațul Dunărea Veche, canalul Dunare - Marea Neagră, balta și râul Țibrin.

În ceea ce privește apele cu caracter temporar, acestea apar în urma precipitațiilor abundente, pe văile secundare ale rețelei hidrografice.

În valea Cișmelei apare un izvor alimentat de acviferul local, cantonat în calcarele Eocene.

La nord pe teritoriul comunei Siliștea Seimeni, se formează valea Ramadan, canalizată, ce colectează de pe teritoriul orașului Cernavodă, o serie de văi torențiale: valea Mare, valea Avionului și valea Dermengiului.

Hidrogeologia Dobrogei de Sud este caracterizată de prezența a două sisteme acvifere majore. Complexul acvifer superior, cantonat în formațiunile sarmațianului, respectiv complexul acvifer de adâncime, cantonat în formațiunile aparținând jurasicului. Acviferul sarmațian este localizat în treimea sud estică a Dobrogei de sud, pe când cel jurasic se dezvoltă pe aproape toată suprafața acestui teritoriu.

În funcție de *permeabilitatea rocilor și capacitatea de înmagazinare a depozitelor* din Dobrogea de Sud, succesiunea hidrogeologică rezultă de la formațiunile mai vechi la cele mai noi este:

- complexul acvifer de fundament;
- complexul acvifer inferior;
- complexul acvitară inferior;
- complexul acvifer superior și;
- complexul de acoperire.

Complexele și orizonturile, definite în funcție de *litologie, raporturi stratigrafice, structurale și hidrodinamice ale formațiunilor geologice ce ar putea cantona acvifere sunt:*

- orizontul acvifer holocen;
- orizontul acvifer pleistocen;
- complexul acvifer sarmațian;
- orizontul acvifer eocen;
- complexul acvifer Jurasic superior – Cretacic inferior și;
- orizonturi acvifere paleozoice.

Hidrogeologia amplasamentului este caracterizată de existența a trei tipuri de acvifere separate după extinderea lor spațială. Astfel a fost identificat un acvifer cu **extindere regională** reprezentat de apa cantonată în calcarele jurasice.

Urmează în această logică a extinderii spațiale, patru **acvifere zonale**: acviferul Berriasian, acviferul din calcarele formațiunii evaporitice, acviferul din lunca Dunării și acviferul din Valea Carasu. Acestea au dinamică inițială, cu niveluri hidrostatice ce variază, funcție de cotele corpurilor de apa de suprafață cu care sunt în legătură.

Acviferul Berriasian este cu nivel liber, sau sub presiune funcție de cotele Dunării. La variații de 5-7 m ale apelor Dunării, nivelul acviferului berriasian variază cu 2-3 m, raporturile dintre Berriasian și Dunăre fiind reversibile. Apa circulă dispre Dunăre spre acvifer când apele Dunării au cote ridicate (12-14 m deasupra nivelului Mării Negre (mdMN) și dinspre acvifer spre Dunăre când cotele Dunării scad la 4 -5 mdMN. În concluzie acviferul este parțial sub presiune, parțial cu nivel liber.

Cu extindere locală a fost identificat un acvifer în formațiunea de vârstă Eocenă și unul în formațiunea Aptiană.

Apa cantonată în lentile calcaroase, grezoase sau nisipoase de vârstă sarmațiană și aptiană, mai rar albiană, sunt grupate generic sub numele de **acviferul Aptian**.

Acest acvifer a fost interceptat pe traseul tunelelor și a canalului de evacuare a apei de răcire de la CNE Cernavodă fiind prezent și sub amplasamentul Saligny propus pentru DFDSMA. Debitele pompate sunt ne semnificative în zona amplasamentului, dar au prezentat valori mari în zona tunelelor de evacuare a apelor de răcire, unde au fost necesare epuizamente pentru descărcarea apelor și continuarea excavării. Aceste debite au scăzut în timp.

În zona amplasamentului Saligny, nivelurile acestor acvifere sunt în general diferite și nu variază în timp, fapt care arată că nu există circulație între aceste acvifere, lentilele fiind în general înglobate într-o masă argiloasă sau marnoasă.

Acviferul Eocen are extindere locală, fiind cantonat în formațiunea de calcar din valea Cișmelei. Deși este redus ca dimensiuni, acesta alimentează o fântână care asigură apă, tot timpul anului. A fost investigat printr – un foraj de observație FS 10, în care calcarul eocen a fost interceptat la adâncimea de 20 m. În acest punct, calcarul atinge o grosime de cca. 27 m.

Nivelul hidrostatic al apei măsurat în acest foraj este constant situându-se în jurul valorii de 21,25 mdMB. Nu se cunosc cu precizie limitele acestui acvifer, dar se estimează că distanța minimă în plan orizontal, pe direcție nord – est de la depozit la acvifer este de cca. 200 m.

În urma precipitațiilor abundente, acviferul devine sursa unui mic izvor ce iese la suprafață chiar în Valea Cișmelei. Acest acvifer nu comunică cu lentilele apropiate ale Aptianului, nici cu Berriasianul și în consecință nici cu Dunărea sau Canalul. Acest acvifer local și izolat, poate fi considerat fără dinamică.

Conexiunea cu alte surse de apa se rezumă la acviferul Berriasian care este în legatură directă cu Dunărea, gradientii schimbându-și direcția funcție de oscilațiile de nivel ale fluviului.

Formațiunile geologice din subsolul amplasamentului se împart într-o **zonă nesaturată** și una **saturată**.

Orizonturile A, B și C aparțin zonei nesaturate, cu un grad de saturație ce variază între 0,20 și 0,80.

Orizontul D face trecerea de la zona nesaturată la zona saturată. Gradul de saturație al orizontului D variază între 0,5 și 1, saturația atingându-se nu numai la limita cu apa freatică

ci și în unele lentile de nisip, pietriș și calcar, izolate între ele de straturi de argilă cu permeabilitate foarte redusă.

Nivelul hidrostatic a fost localizat în partea inferioară a orizontului D, la adâncimi de 40 - 45 m.

În zona nesaturată a amplasamentului, s-a conturat o zonă afectată de regimul climatic și o altă în care umiditatea depinde doar de structura mediului geologic și în special de conținutul fracției argiloase. Zona cu umiditate dependentă de variațiile climatice acoperă primii 3 - 4 metri de la suprafața solului. Amplasamentul Saligny se află într-o regiune aridă, în care regimul de precipitații este scăzut, iar evaporația este foarte mare, fapt ce explică deficitul de umiditate din partea superioară a loessului.

În condițiile climatice specifice zonei și a caracteristicilor mediului geologic ce constituie amplasamentul Saligny rata de infiltrare a apei este de 18,75 mm/an.

Capacitatea de **schimb cationic** cea mai ridicată corespunde orizontului C și orizontului D, datorită conținutului ridicat de montmorillonit, ce favorizează reținerea cationilor pe suprafața particulelor sale.

În ceea ce privește **pH-ul** stratelor geologice din amplasamentul Saligny, acesta este ridicat variând între 8,2 și 9,3. Valorile mari de pH sunt determinate de prezența carbonaților în cantități ridicate, pe de o parte și Na^+ interschimbabil pe de altă parte. Determinările de Na^+ schimbabil au pus în evidență cantități fluctuante ale acestui parametru care pot de asemenea influența valorile ridicate de pH.

În ceea ce privește **inundabilitatea** zonei, cota de amplasare a depozitului de 60 mdMN elimină riscul inundării amplasamentului Saligny. Aceasta afirmație este susținută și prin prezența în imediata apropiere a amplasamentului Saligny a CNE Cernavodă (aflată la cota de aproximativ 17 mdMN) asigurată din punct de vedere al inundabilității și pentru situații accidentale cum ar fi avarierea barajelor de pe afluenții Dunării.

Capitolul 5. Eroziunea solului

Prin eroziune se înțelege procesul de degradare fizică sau chimică a solurilor sau a rocilor, caracterizat prin desprinderea particulelor neconsolidate și transportul lor sub acțiunea apei din precipitații și a vântului.

Pentru estimarea și cuantificarea eroziunii au fost dezvoltate în timp o serie de modele. Dintre acestea cele mai utilizate sunt: USLE (Universal Soil Loss Equation), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), MMF (Morgan, Morgan and Finney Model), WEPP (Water Erosion Prediction Project Model).

Estimarea eroziunii amplasamentului Saligny s-a făcut prin două metode. O metodă empirică „RUSLE” ce permite cuantificarea efectului rezultat în urma executării de lucrări agricole și construcții asupra eroziunii și o metodă bazată pe analize în laborator, testul „PINHOLE”.

Calculul eroziunii cu metoda RUSLE se face după o formulă în care sunt înglobați majoritatea factorilor care produc eroziune, dar și cei care o reduc. Formula de calcul este:

$$A = (R)(K)(LS)(C)(P), \quad \text{în care:}$$

A = pierderea potențială medie anuală de sol pe termen lung (*tone/acru/an*);

R = factorul precipitații și scurgere de suprafață într-o locație dată;

K = factorul de erodabilitate a solului;

LS = factorul gradient pantă – lungime a versantului;

C = factorul de acoperire cu vegetație;
P = factorul de practică agricolă.

Factorul R reprezintă eroziunea anuală medie dată de precipitații (potențialul solului de a fi spălat în timpul precipitațiilor și a furtunilor). Este un parametru care poate fi calculat în funcție de energia cinetică totală a furtunii (E), intensitatea maximă a furtunii într-o perioadă de 30 de minute (in/hr) și numărul de furtuni în fiecare an.

Datorită faptului că în România la măsurătorile necesare calculării acestui parametru nu se realizează valoarea factorului R, această valoare a fost estimată prin analogie cu zone asemănătoare din punct de vedere climatic.

Factorul K este o măsură a susceptibilității de desprindere și transport a particulelor de sol prin precipitații și scurgere de suprafață. Acesta este o funcție a conținutului de materie organică, granulozitate, permeabilitate și structura solului. Se determină cu ajutorul unei nomograme. Pentru obținerea parametrilor necesarii calculării factorului K au fost recoltate de pe amplasament 55 de probe.

Factorul LS reprezintă efectul produs de morfologia terenului în producerea eroziunii. Acesta înglobează efectul produs de gradientul pantei și lungimea acesteia. În mod normal eroziunea solului este direct proporțională cu panta terenului dar și cu lungimea acesteia.

Valorile factorului LS se pot alege dintr-un tabel dar se pot calcula și cu formula următoare:

$$LS = [0,065 + 0,0456(\text{grad}) + 0,006541(\text{grad})^2] \times (\text{lungime panta} \div \text{const})^{NN}$$

în care:

grad – reprezintă panta în % a versantului;
lungime pantă – reprezintă lungimea versantului corespunzătoare unui gradient, măsurată în picioare (foot);
const – este 72,5 sistem imperial sau 22,1 sistem metric;
NN – coeficient funcție de panta.

Factorul C reprezintă influența pe care o are gradul de acoperire cu vegetație asupra eroziunii solului. Acesta include atât vegetația, cât și biomasa. Pentru amplasamentul Saligny acest factor a fost realizat pe baza ortofotogramei existente, coroborată cu cartarea în teren.

Factorul P depinde de operațiunile agricole aplicate. Metoda de arat și rotația culturilor afectează rata de eroziune a solurilor. Acest factor este rareori aplicabil în cazul amplasamentelor cu construcții caz în care factorului P este unitar.

După realizarea hărților cu factori descriși anterior, s-a trecut la realizarea gridurilor necesare calculului pierderii potențiale medii anuale de sol pe termen lung. Calculul a fost realizat prin înmulțirea gridurilor aferente factorilor, în sistem informatic geografic (GIS).

Rezultatele obținute au evidențiat zone cu erodabilitate maximă, mai mare de 15 tone/acru/an, respectiv mai mare de 37 tone/ha/an, corespunzătoare ariilor cu panta mare, neacoperite de vegetație arboricolă și cu suprafața naturală deranjată de lucrări agricole (arătură). Această categorie de erodabilitate a terenului ocupă o suprafață de cca. 9,6 ha, reprezentând cca. 23,1 % din aria totală studiată. Zonele cu erodabilitate severă și cu erodabilitate ridicată însumate reprezintă cca. 41,5 % din aria totală, iar zonele cu erodabilitate foarte scăzută și scăzută însumate reprezintă cca. 49,7 % din aria totală. Aceste valori de erodabilitate se înscriu în intervalele rezultate în urma aplicării și altor metode pe amplasament, dintre care amintim tehnica variației profilelor de Cs-137 provenit din depunerile atmosferice.

Eroziunea versanților nu afectează stabilitatea amplasamentului în perioada operațională dar pe termen lung, eroziunea poate conduce la modificarea topografiei amplasamentului. Modificările sunt însă reduse pentru condiții apropiate de condițiile climatice și de vegetație actuale.

A doua metoda de estimare a eroziunii amplasamentului a constituit-o testul PINHOLE, care deși nu oferă rezultate cantitative ale erodabilității, constituie un indicator foarte bun cu privire la dispersivitatea solurilor, parte componentă a fenomenului de eroziune.

Solurile cu compoziție granulometrică fină, de tipul argilelor, argilelor prăfoase și prafurilor argiloase, ce au în componența lor un procent ridicat de sodiu (Na^+), prezintă un grad ridicat de erodabilitate și dispersie. Aceste fenomene se măsoară experimental la trecerea apei prin interiorul probei nu pe suprafața ei.

În acest test apa distilată este trecută printr-un canal cu diametrul de 1 mm executat în proba de pământ. Dimensiunile probei sunt: diametru 20 mm respectiv 38 ± 2 mm grosime. Testul are loc pe probe cu umiditate naturală. Apa distilată acționează asupra pereților găurii cilindrice sub presiuni de 50, 180, 380 și 1020 ± 5 mm.

Rezistența la eroziune și dispersie a probei, este analizată vizual prin evaluarea turbidității apei ce a traversat proba, a volumului de apă recoltat într-un cilindru gradat precum și pe baza observațiilor făcute asupra diametrului final al canalului format în probă.

Pentru determinarea dispersivității solurilor din amplasamentul Saligny, au fost recoltate 39 de probe netulburate. Acestea au fost analizate conform metodologiei descrise în ASTM D4647-06 (2006). Rezultatele arată că solurile prezente la suprafața amplasamentului DFDSMA, sunt moderat dispersive și nedispersive. Rezultatele au scos la iveală faptul că dispersivitatea este o funcție a gradului de folosire a terenului pentru agricultură, în prezent și în trecut.

Capitolul 6. Stabilitatea versanților și a taluzurilor

Analiza **stabilității versanților și a taluzurilor** a presupus de asemenea două metode de investigare. Prima metodă reprezintă o estimare a potențialului de producere a alunecărilor de teren bazată pe legislația actuală. Rezultatele obținute sunt în termeni de relativitate dar constituie un bun indicator pentru identificarea zonelor cu potențial ridicat de alunecare.

În urma acestei analize au fost separate **3 zone de probabilitate**:

- zone cu **probabilitate** de producere a alunecărilor de teren **redușă - practic zero**, cu un potențial scăzut, identificate pe zonele de culme deluroasă cu aspect de platou, cu pante ce nu depășesc 5 grade, arabile sau cu diverse tipuri de vegetație, pe zonele depresionare create de rețeaua hidrografică principală și secundară (Valea Carasu, Valea Cișmelei, văi torențiale) și pe zona de aflorare a calcarului berriasian și zona mediană cu umpluturi;
- zone cu **probabilitate** de producere a alunecărilor de teren **medie** și potențial mediu reprezentate prin zonele de versant cu pante de maxim 30 grade, împădurite sau arabile, fără drumuri sau alte construcții, pe care aflurează în general depozite loessoide;
- zone cu **probabilitate** de producere a alunecărilor de teren **medie – mare** și potențial mediu, au fost evidențiate pe versantul de nord unde au fost depozitate umpluturile de la construcția CNE Cernavodă, chiar dacă acestea sunt parțial împădurite, pe

versanții ce mărginesc dealul Bogdaproste cu pante ce depășesc 30 de grade lipsiți în general de vegetație arboricolă.

În concluzie zona amplasamentului DFDSMA, este relativ stabilă cu excepția versanților cu pante mai mari de 30 de grade, despăduriți sau cu umpluturi antropice, care prezintă un potențial mare de producere a alunecărilor de teren.

Odată identificate zonele vulnerabile s-a trecut la calculul stabilității versanților cu probabilitate medie – mare și potențial mediu și mare de producere a alunecărilor de teren.

Analizele de stabilitate pe patru profile au reliefat valori ale factorilor de stabilitate în general mari, în cazul terenului natural. Acest lucru arată că versanții sunt în general stabili pentru valorile maxime ale parametrilor geotehnici. Pentru valorile minime însă, cele două zone cu pante mai mari (depresiuni sau văi de eroziune) din sud vestul respectiv nord estul amplasamentului au factori de stabilitate la limita stabilității pentru tipul specific de construcții care se vor realiza în amplasament.

În aceste condiții sunt necesare unele măsuri de protecție. Astfel versanții naturali trebuie să fie cât mai puțin deranjați de lucrări de construcții și drumuri sau depuneri de umpluturi, mai ales neconsolidate; trebuie stabilizați și protejați de eroziune cu geogriile și prin înierbare. Cele două zone cu pante mai mari și stabilități reduse (menționate mai sus) pot fi stabilizate prin taluzare realizându-se pante mai mici, obținute prin umpluturi consolidate, eventual cu material obținut din excavațiile pentru fundații.

În cazul terenului construit (situația finală), **valorile Fs** sunt mai mici decât în cazul terenului natural, pentru că în analiza de stabilitate au fost luate în calcul numai eventualele suprafețe de instabilitate influențate de sarcina construcțiilor.

Capitolul 7. Calculul terenului de fundare

Pe baza parametrilor fizico – mecanici determinați în cele două campanii majore de investigații a fost calculată presiunea convențională și presiunea plastică precum și tasările rezultate în mai multe variante de fundare.

Amplasamentul DFDSMA, prezintă condiții de fundare dificile, care coroborate cu dimensiunile mari ale radierului și încărcările finale conduc la tasări relativ mari și presiuni convenționale mici.

Categoria geotehnică a amplasamentului are valoarea 2, corespunzătoare unui risc geotehnic moderat.

Calculul presiunii convenționale în varianta fundării directe pe orizontul A de loess prăfos la adâncimea de 2 m, conduce la o valoare de aproximativ 190 kPa. Presiunea convențională calculată pentru fundarea pe pernă de loess este $P_{conv.} = 244$ kPa. Ambele valori sunt mai mici față de cei 250 kPa pe care îi transmit celulele.

Calculul terenului de fundare la starea limită de deformații a fost realizat în patru variante, corespunzătoare situațiilor limită de grosime remanentă a orizontului A după nivelarea platoului la cota de 58 mdMN. Rezultatele obținute sunt cuprinse între 1179 kPa pentru A = 3 m și fundare directă, respectiv 2586 kPa fundare pe pernă de loess;

În cazul când orizontul A = 18 m pentru fundare directă s-au obținut 1136 kPa respectiv 2490 kPa pentru fundare pe pernă de loess.

Calculul tasărilor a fost realizat în mai multe variante de fundare, atât prin metoda stasului românesc cât și cu metoda elementului finit, integrată în programul GeoStudio modulul SIGMA/W.

Deoarece zona activă în varianta când orizontul A are grosimea de 3 m se extindea până în orizontul D, acesta din urmă a fost considerat incompresibil, datorită lipsei parametrilor fizico – mecanici ai acestuia din urmă.

Pentru calculul tasărilor în varianta în care **orizontul A = 3 m**, orizontul B se dezvoltă pe o grosime de 21 m iar orizontul C are 5 m. În cazul **fundării directe** valoarea totală a tasării a fost în jurul a 310 mm.

În a doua variantă de calcul a tasării pentru **orizontul A = 3 m și fundare directă pe pernă de loess natural**, valoarea tasării maxime absolute a fost de cca. 280 mm.

În acest scenariu orizontul A remanent a fost înlocuit în totalitate cu pernă de loess natural, care stă direct pe orizontul B cu proprietăți fizico – mecanice mult mai bune.

În ultima variantă se calculează tasările când grosimea remanentă a **orizontul A este de 3 m și fundarea se realizează direct pe pernă de loess aditivat**, rezultatele obținute au fost de aproximativ 265 mm tasare totală.

Calculul tasărilor pentru orizontul A = 18 m și fundare directă. În acest caz grosimea maximă a orizontului A de 18 m este atinsă în zona central sud estică a amplasamentului. În această zonă, orizontul B se dezvoltă pe o grosime de 12 m iar orizontul C are o grosime de 9 m.

În scenariile de calcul pentru A = 18 m, limita zonei active este localizată în orizontul C, lucru datorat grosimii mai mari a orizonturilor respectiv 38 m, comparativ cu doar 29 m în variantele cu A = 3 m.

Rezultatele obținute în varianta de calcul A = 18 m și fundare directă s-au obținut valori ale tasărilor de ordinul a 410 mm.

În cazul **fundării directe pe pernă de loess natural când orizontul A = 18 m**, îmbunătățirea ternului de fundare, a fost realizată prin înlocuirea a 3 m corespunzători intervalului de cote 55 – 58 m din grosimea de 18 m remanentă a orizontului A, cu o penă de loess natural, rezultând valori ale tasării de 380 mm.

Aditivarea loessului folosit pentru **perna de 3 m** realizată pe grosimea remanentă a **orizontului A de 18 m**, a produs o nouă îmbunătățire a rezultatelor. Astfel valorile calculate ale tasării au fost în jurul a 360 mm.

Fundarea pe pernă fie de loess natural sau aditivat, produce scăderii ale tasărilor, dar insuficiente ținând cont de importanța investiției.

Deoarece aceste scenarii sunt ipotetice datorită variațiilor mari de grosime remanentă a orizontului A, dar mai ales ale orizonturilor ce constituie zona activă, valorile tasărilor sunt diferite în situația reală a amplasamentului. Analiza tasărilor pe 6 profile care redau situația după nivelarea amplasamentului sunt elocvente în acest sens.

Valorile tasărilor pe profile reprezintă de fapt valorile reale de tasare, deoarece aceste conțin și tasarea rezultată prin influență reciprocă a celulelor. Diferențele de valori ale intervalelor în care se încadrează tasările, susțin acest lucru.

Tasarea maximă absolută rezultată din calculul pe profile a fost mai mare decât cea pentru situația extremă, în care loessul prăfos are grosime maximă. Acest lucru se repetă și în cazurile în care au fost calculate tasările pe teren de fundare îmbunătățit.

Valorile mari ale tasărilor pentru acest tip de investiție au condus la realizarea unei simulări, în care terenul de fundare a fost îmbunătățit substanțial prin realizarea de coloane de dislocuire. Aceste au fost realizate pentru situația cea mai defavorabilă, când orizontul A are grosime maximă, fundarea fiind realizată pe pernă de loess care stă pe aceste coloane.

Rezultatele obținute astfel au fost substanțial mai bune, obținându-se valori ale tasărilor cu aproximativ 50% mai mici decât în cazul terenului natural.

Contribuții personale

O prima contribuție personală a constituit-o centralizarea și sistematizarea multitudinii de studii efectuate în decursul a aproape două decenii pentru acest amplasament.

Toate informațiile au fost introduse într-o bancă de date digitală, completată pe parcurs, pe baza căreia au fost făcute toate simulările și interpretările ulterioare.

Realizarea hărții geologice digitale, cuprinsă în **capitolul 3**, pe o suprafață de aproximativ 19 km² în jurul amplasamentului este de asemenea o contribuție personală, realizată în mai multe etape. Prima etapă a fost georeferențierea hărții geologice existente, întocmită de Institutul geologic al României, foaia Peștera scara 1:50.000 editată în anul 1984. A urmat stabilirea perimetrului de investigat și digitizarea zonelor de aflorare a diverselor formațiuni.

După realizarea acestei operații a urmat suprapunerea poligoanelor digitale aferente formațiunilor geologice peste ortofotograma existentă. Diferențele de sisteme de coordonate ale celor două hărți au condus la apariția unor erori de suprapunere corectate printr-o translație și o rotație a poligoanelor.

Analiza în detaliu a hărții nou create a condus la o nouă corecție materializată printr-o nouă digitizare a zonelor de aflorare. A urmat o cartare a zonei cu fotografierea aflorimentelor și identificarea rocilor ce aflurează, dublată de măsurători GPS. În urma acestor investigații a rezultat harta geologică a zonei adiacente DFDSMA.

A urmat detalierea geologiei amplasamentului propriu-zis, etapă reprezentată de corelarea rezultatelor existente și trasarea unor concluzii proprii bazate pe calcule statistice ale seriilor de valori existente, aferente parametrilor fizico – mecanici determinați. Această etapă a inclus identificarea forajelor în teren și poziționarea în sistem de referință Stereo 70.

Din analiza fisele de foraj care conțin descrierea litologică, corelate cu rezultatele calculelor statistice ale parametrilor determinați pentru diverse adâncimi, am trasat limitele de separație între orizonturile deja descrise ale amplasamentului.

Pentru crearea unei imagini de detaliu a orizonturilor prezente în subsolul amplasamentului am trasat și realizat două profile geologice. Tot în această etapă au fost realizate hărți conturale cu grosimea orizonturilor, necesare ulterior pentru trasarea altor profile.

Capitolul 4 este compus în majoritatea sa din date existente pe hărțile topografice, lucrări și articole publicate de diverși autorii. Contribuțiile personale la acest capitol constau în descrierea parțială a elementelor hidrologice și hidrogeologice atât locale cât și regionale. În plus pe baza măsurătorilor de nivel hidrostatic pentru acviferului berriasian, singurul care are dinamică și deci care poate transporta radionuclizi scăpați din sistem, am realizat două hărți ale spectrului hidrodinamic. Cele două hărți reprezintă două situații extreme ale nivelului hidrostatic al Dunării, cu care acviferul este în legătură.

Concluzia rezultată din cele două hărți a fost că direcția de curgere în acvifer se face în ambele sensuri, spre Dunăre când nivelul acesteia este scăzut și din Dunăre în acvifer când nivelul fluviului este ridicat.

Estimarea eroziunii amplasamentului prezentată pe larg în capitolul 5 a presupus realizarea de investigații semnificative, executate în exclusivitate de autorul lucrării. Prima etapă de estimare a eroziunii a constituit-o metoda RUSLE. Pentru determinarea parametrilor

necesari acestei metode am recoltat de pe amplasament 55 de probe netulburate într-o rețea de locații repartizate pe arealul amplasamentului de depozitare Saligny. Distribuția probelor pe amplasament, a fost realizată cu ajutorul coordonatelor GPS extrase în etapa anterioară deplasării în teren. Metodologia de recoltare a presupus îndepărtarea stratului vegetal urmată de prelevarea probei cu ajutorul unei carotiere.

Probele au fost analizate în laborator pentru determinarea granulozității (fracțiunile argilă, silt, nisip în procente, conform standardului american), conținutului în materie organică (în procente) și analiza permeabilității (în cm/s). Rezultatele au fost de asemenea analizate statistic pentru obținerea unor rezultate concludente.

Pe baza rezultatelor obținute au fost realizate hărți conturale cu distribuția fracției argiloase, a materiei organice și a permeabilității, necesare definirii factorilor ce intră în calculul pierderii anuale de sol prin eroziune.

Definirea factorului de erodabilitate K în cele 55 de locații a fost realizată cu ajutorul nomogramei USDA, operație urmată de realizarea hărții conturale cu distribuția spațială pe amplasament a factorului.

Variația factorului LS, factor ce conține două componente a presupus realizarea unui algoritm de calcul între harta pantelor în procente și lungimea pantei, conform unei formule propusă de Stone în anul 2000. A rezultat astfel planșa, care reprezintă variația acestui factor pe amplasament.

Pentru determinarea factorului de acoperire cu vegetație C, am folosit în primă fază ortofotograma zonei. După conturarea zonelor cu diferite tipuri de vegetație a urmat o altă deplasare în teren pentru caracterizarea tipului de vegetație și atribuirea unui coeficient conform metodologiei folosite. Deoarece terenurile agricole prezentau variații mari de la an la an a tipului de vegetație existent a fost aleasă situația cea mai nefavorabilă pentru caracterizarea factorului C.

Gridurile factorilor au fost introduse în formula de calcul a pierderii potențiale medie anuală de sol pe termen lung, rezultând după introducerea limitelor intervalelor prestabilite variația erodabilității pe amplasament.

Tot pentru estimarea eroziunii pământurilor din amplasament a fost aplicată și metoda PINHOLE, care definește de fapt comportarea dispersivă a solurilor. Realizarea testului a presupus o nouă campanie de teren în care au fost recoltate 39 de probe netulburate, urmând aceiași pași descriși anterior la metoda RUSLE.

Pe fiecare probă am făcut analize pentru determinarea limitelor Atterberg și a umidității naturale. Diferența de material a fost trecută printr-o sită cu dimensiunea ochiurilor de 2 mm, pentru separarea impurităților. Materialul din fiecare probă a fost omogenizat și a fost adus prin reducerea sau creșterea umidității la limita superioară de plasticitate. Din materialul omogenizat s-a realizat în cilindrul aparatului prin compactare pe 5 strate individuale o probă de 38 ± 2 mm grosime. Proba a fost delimitată de două site metalice urmate de filtre formate din pietriș mărgăritar cu diametrul maxim de 5 mm.

Proba a fost introdusă în aparat și a fost efectuat testul propriu – zis prin creșterea treptată a gradientului. Analiza turbidității efluentului colectat, coroborată cu diametrul canalului rezultat în probă, a condus la încadrarea specimenului analizat într-una din clasele de dispersivitate. Toate informațiile aferente fiecărei probe au fost introduse în banca de date a proiectului.

Pe baza rezultatelor obținute în cele 39 de locații analizate am întocmit harta corespunzătoare claselor de dispersivitate ale pământurilor prezente la suprafața terenului.

După analizarea mai multor metode de monitorizare a eroziunii, specifice diferitelor tipuri de climă și caracteristici ale amplasamentelor unde pot fi aplicate, am proiectat un sistem de monitorizare a eroziunii. Sistemul și componentele sale sunt adaptate la condițiile actuale ale zonei investigate.

Datorită poziționării depozitului pe culmea dealului Bogdaproste, dar mai ales a extinderii sale în zona de berma a versanților a apărut necesitatea realizării unor calcule privind stabilitatea versanților ce înconjoară amplasamentul. Acest lucru este realizat în capitolul 6 care cuprinde în prima sa parte o identificare a potențialului de producere a alunecărilor de teren, analiză bazată atât pe date existente cum ar fi curbele de nivel, dar mai ales pe aprecieri și modelări proprii ale factorilor care intră în calcul.

Analiza stabilității versanților aferenți amplasamentului, partea a doua din capitolul 6 este în totalitate concepție proprie. Profilele analizate au fost alese pe baza potențialului de producere a alunecărilor de teren descris în subcapitolul precedent dar mai ales pe baza observațiilor realizate în campaniile de teren.

Analizele de stabilitate sunt definitorii în amenajarea versanților pentru realizarea unor condiții optime de exploatare a depozitului pe termen lung.

Din sistematizarea datelor cu caracter geotehnic a rezultat capitolul 7, dedicat în întregime calculului terenului de fundare și al tasărilor. Dacă prima parte conține o trecere în revistă a informațiilor existente, din care au fost aleși parametrii de calcul, precum și o încadrare a amplasamentului în staturile și normativele în vigoare, subcapitolul 7.4 reprezintă în totalitate concepție și aport personal.

Aceasta cuprinde calculul presiunii convenționale în două variante funcție de sistemul de fundare, directă sau pe perna de loess, precum și calculul terenului de fundare la starea limită de deformații.

Calculul tasărilor reprezintă un amplu pachet de scenarii încadrate de cele două situații extreme de grosime ale orizontului A și metodele de fundare.

În a doua parte a subcapitolului rezervat tasărilor am calculat deformațiile terenului de sub fundații în situația finală când depozitul intră în faza post operațională.

Datorită tasărilor mari rezultate, am modelat în final o situație în care terenul de fundare este îmbunătățit prin realizarea de coloane de dislocuire sub perna de loess.

În concluzie, amplasamentul se pretează cu mici îmbunătățiri, realizării unei astfel de investiții.

Lucrările ingineresti necesare exploatarei în siguranță a depozitului în perioada sa operațională și post operațională, au fost descrise pe parcursul tezei.