

**ANALELE  
UNIVERSITATII "OVIDIUS" CONSTANTA  
ANUL II  
(2000)**

**Seria: CONSTRUCTII  
VOLUMUL I**

**Ediție specială consacrată lucrărilor  
Simpozionului HIDROTEHNICA - 2000**

**UNIVERSITATEA "OVIDIUS" CONSTANTA**

## **ANALELE UNIVERSITĂȚII „OVIDIUS” CONSTANȚA Seria CONSTRUCȚII OVIDIUS UNIVERSITY ANNALS OF CONSTRUCTIONS**

### **EDITORS**

Dumitru Ion Arsenie, Virgil Breabăn, Lucica Roșu  
„OVIDIUS” University, Faculty of Constructions, 124, Mamaia Blvd., 8700 RO Constanța, Romania

### **ADVYSORY EDITORIAL BOARD**

Dumitru Ion Arsenie, Prof.Ph. D. eng., „Ovidius” University of Constanța, Ro;  
Virgil Breabăn, Prof.Ph. D. eng., „Ovidius” University of Constanța, Ro;  
Mihail Popescu, Prof.Ph. D. eng., „Ovidius” University of Constanța, Ro;  
Gheorghe Popa, Prof.Ph. D. eng., The „Politehnica” University of Timișoara, Ro  
Dan Stematiu, Prof.Ph. D. eng., Technical University of Constructions, București, Ro  
Ion Giurma, Prof.Ph. D. eng., Technical University „Gh. Asachi”, Iași, Ro  
Lucica Roșu, Conf. Ph. D. eng., „Ovidius” University of Constanța, Ro.

### **DESK EDITORS**

Lucica Roșu and Anca Constantin  
Mail adress: „OVIDIUS” University, Faculty of Constructions, Departament of Hydrotechnical Constructions,  
124, Mamaia Blvd., 8700 Ro Constanța, Romania; e-mail: LucRosu@netscape.net, aconstantina@netscape.net

### **ORDERING INFORMATION**

Revista poate fi procurată prin comandă la Universitatea „OVIDIUS”, sau prin schimb de publicații cu instituții similare din țară și străinătate.

The journal may be obtained by ordering at the „OVIDIUS” University, or on exchange basis with similar romanian or foreign institutions.

124, Mamaia Blvd., 8700 Ro Constanța, Romania;

# CUPRINS

## SECȚIUNEA I HIDROTEHNICĂ

|                                                                                                                                                                                                                                               |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Modelarea și calibrarea rețelelor de alimentare cu apă, <i>Marius AGAFIȚEI, Alina NISTOR, Nicolae MARCOIE</i>                                                                                                                                 | 7-12   |
| Tendențe în dinamica proceselor erozionale determinate de restructurarea actuală a categoriilor de folosință de pe versanții unui microbazin hidrografic. Studiu de caz. <i>Dănuț AMBĂRUȘ, Gabriela BIALI</i>                                 | 13-15  |
| Influența pierderilor de sarcină în șocul hidraulic <i>Dumitru Ion ARSENIE, Mihai FLOREA, Ichinur OMER</i>                                                                                                                                    | 17-21  |
| Lovitura de berbec în cazul conductei compuse, <i>Dumitru Ion ARSENIE, Mihail POPESCU, Ichinur OMER, Claudiu NIȚESCU</i>                                                                                                                      | 23-29  |
| Exemplu de calcul al irigațiilor în brazde a unor terenuri drenate, <i>Robert BEILICCI, Erika BEILICCI</i>                                                                                                                                    | 31-35  |
| Soluții analitice în modelarea bidimensională a acviferelor <i>Robert BEILICCI, Erika BEILICCI</i>                                                                                                                                            | 37-40  |
| O abordare energetică a hidraulicii conductelor sub presiune, <i>Victor BENCHE, Virgil-Barbu UNGUREANU, Ovidiu-Mihai CRĂCIUN</i>                                                                                                              | 41-44  |
| Monitoringul proceselor erozionale pe spații întinse cu ajutorul tehnicilor GIS și analizei spațiale, <i>Gabriela BIALI, Nicolae POPOVICI</i>                                                                                                 | 45-48  |
| Simularea numerică a dispersiei poluanților, Aplicație pentru Râul Bahlui, <i>Esmeralda Ionela CHIORESCU, Ștefan POPESCU</i>                                                                                                                  | 49-52  |
| Studii asupra deficitului de producție determinat de secete în condițiile Moldovei <i>Corneliu CISMARU, Iosif BARTHA, Victor GABOR, Daniel SCRIPCARIU</i>                                                                                     | 53-57  |
| Studii privind eficiența lucrărilor de reabilitare și de modernizare a sistemelor de irigații cu mai multe trepte de pompare (cu referire la Podișul Moldovei) <i>Corneliu CISMARU, Victor GABOR, Tudor Viorel BLIDARU, Daniel SCRIPCARIU</i> | 59-63  |
| Considerații privind realizarea amenajărilor hidroenergetice cu acumulare prin pompaj, la noi în țară, <i>Albert Titus CONSTANTIN</i>                                                                                                         | 65-70  |
| Echipament de scufundare la mică adâncime, pentru intervenții în zona portuară, <i>Anca CONSTANTIN, Tamara STANCIU, Raul IONESCU</i>                                                                                                          | 71-74  |
| Cercetări experimentale privind mișcările nepermanente în sisteme hidraulice sub presiune la curgeri bifazice apă-aer, <i>Gheorghe CONSTANTINESCU, Mihai FLOREA</i>                                                                           | 75-80  |
| Influența pierderilor de elemente fertilizante de pe terenurile agricole asupra calității apelor de suprafață <i>Eugen FILICHE, Gheorghe PURNAVEL, Nelu POPA</i>                                                                              | 81-85  |
| Despre aproximații în calculul șocului hidraulic, <i>Mihai FLOREA</i>                                                                                                                                                                         | 87-94  |
| Cercetări privind soluții de sitare-filtrare a apei în sistemele de irigație, <i>Ioan GHELASE, Eftimie NIȚESCU, Ștefan POPESCU, Luca MIHAIL</i>                                                                                               | 95-98  |
| Instalații de mică capacitate pentru tratarea apei de alimentare în mediul rural, <i>Paula IANCU, Adriana PIENARU</i>                                                                                                                         | 99-102 |

|                                                                                                                                                                                              |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Electrocoagularea în alimentarea cu apă în mediul rural, <i>Paula IANCU, Adriana PIENARU</i>                                                                                                 | 103-106 |
| Variabilitatea climatică și fenomene hidrologice deosebite în zona de vest a României, <i>Florin MĂRĂCINEANU, Elena CONSTANTIN, Mircea NISTREANU</i>                                         | 107-109 |
| Soluții pentru reconstrucția zonelor degradate prin activități miniere și energetice din valea Jiului, <i>Florin MĂRĂCINEANU, Elena CONSTANTIN, Dumitru POPESCU, Dan MĂRĂCINEANU</i>         | 111-113 |
| Studii privind pretabilitatea terenurilor pentru amenajările hidroameliorative reversibile și mixte, <i>Daniela Gabriela MATEI, Corneliu CISMARU</i>                                         | 115-117 |
| Considerații asupra calculului distanței dintre drenuri în condițiile unui regim mixt de funcționare, drenaj-irigație <i>Iuliana MOISUC, Lucica ROȘU, Dumitru Ion ARSENIE, Cornel CIUREA</i> | 119-124 |
| Corelații între K, CO și CC în cernoziomurile din Câmpia Joasă a Banatului, <i>Iacob NEMEȘ, Laura CONSTANTINESCU</i>                                                                         | 125-128 |
| Cercetări privind automatizarea și optimizarea tehnologiei desalinizării prin spălare-drenaj a solurilor săratate, <i>Eftimie NIȚESCU</i>                                                    | 129-133 |
| Sistem combinat de manevră-guvernare al unui convoi fluvial împins <i>Iordan NOVAC, Ilie PATRICHI</i>                                                                                        | 135-139 |
| Testarea unor modele de simulare a eroziunii solului, <i>Nelu POPA, Eugen FILICHE</i>                                                                                                        | 141-145 |
| Evoluția pe termen lung a indicelui eroziune/productivitate a solului în Valea Țarinei – Colinele Tutovei, <i>Nelu POPA</i>                                                                  | 147-150 |
| Soluții pentru controlul integrat al apelor de suprafață și subterane în vederea stabilizării unui versant alunecător. Studiu de caz, <i>C. PRIOTEASA</i>                                    | 151-154 |
| Gradul, ritmul mediu anual și modul de colmatare al acumulării "Cuibul Vulturilor" din b.h. Tutova, <i>Gheorghe PURNAVEL, Gabriel PETROVICI</i>                                              | 155-160 |
| Poluarea solurilor în serele din Arad, <i>Gheorghe ROGOBETE, Laura CONSTANTINESCU, Iacob NEMEȘ</i>                                                                                           | 161-164 |
| Studiu de prognoză a evoluției nivelului pânzei freatice în amenajări de irigații, <i>Lucica ROȘU, Iuliana MOISUC, Dumitru Ion ARSENIE, Dan PASCALE</i>                                      | 165-169 |

## SECȚIUNEA II

# REZISTENȚĂ ȘI STRUCTURI

|                                                                                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG) în ceea ce privește indicatorii biologici și bacteriologici, <i>Marius CHERVASE</i>        | 173-177 |
| Date experimentale privind modul de funcționare a filtrelor cu cărbune activ granular (CAG), <i>Marius CHERVASE</i>                                 | 179-183 |
| Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG), în ceea ce privește reducerea oxidabilității, <i>Marius CHERVASE, Gabriel RACOVÎTEANU</i> | 185-188 |
| Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG) în ceea ce privește turbiditatea și PH-ul, <i>Marius CHERVASE, Gabriel RACOVÎTEANU</i>     | 189-193 |
| Pământuri macrostructurate din România. De la practică la modelare numerică, <i>Anton CHIRICĂ, Ion STĂNCULESCU</i>                                  | 195-209 |
| Particularități ale silozurilor dunărene, <i>Ana Maria GRAMESCU</i>                                                                                 | 211-221 |
| Aplicații la "solicitări compuse $\sigma$ - $\tau$ " pentru studenții facultății de construcții, <i>Garabet KÜMBETLIAN</i>                          | 223-226 |
| Modelarea matematică a unui concasor cu fălci, <i>C. LAMATIC</i>                                                                                    | 227-232 |

|                                                                                                                                                                                                                |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Modelarea matematică a ruperii digului de la iazul de decantare Valea Șesii, <i>Mihaela LĂZĂRESCU, Theodor GHINDĂ</i>                                                                                          | 233-236 |
| ARCVIEW 3.0 pentru campusul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară, București, <i>Ion Nelu LEU, Ion NEGOESCU, Liviu Constantin ILINCA, Cornel Dumitru ILINCA</i>                             | 237-239 |
| Particularități privind dimensionarea barajelor utilizate în lucrările de îmbunătățiri funciare, <i>Georgeta MÂNDRESCU, Carmen MAFTE, IDiana ȚENEĂ, Teodor FRÂNCU</i>                                          | 241-244 |
| Determinarea răspunsului seismic utilizând reazeme de cauciuc cu comportare neliniară, <i>Daniela MANEA, Ioan POP</i>                                                                                          | 245-247 |
| Materiale din polimeri utilizate la izolarea termică, <i>Daniela MANEA</i>                                                                                                                                     | 249-253 |
| Canalizarea zonei limitrofe complexului de lacuri Cîrc I și II, din jud. Iași, în scopul redresării ecologice a acesteia, <i>Alina NISTOR, Marius AGAFIȚEI, Nicolae MARCOIE</i>                                | 255-260 |
| Artificial Intelligence System for Decision -Making Process, <i>Cornelia NOVAC</i>                                                                                                                             | 261-266 |
| Analiza comportării falezei în zona Cazinoului Constanța, supus acțiunii dinamice a valurilor, <i>Iordan NOVAC, Dan PASCALE, Radu JOAVINĂ, Mirela POPA</i>                                                     | 267-274 |
| Experimentări privind fisurarea elementelor din beton parțial precomprimat, <i>Carmen NUȚIU, Traian ONEȚ</i>                                                                                                   | 275-277 |
| Efectul fisurării asupra durabilității betonului, <i>Traian ONEȚ, Zoltan KISS, Almos BECSKI</i>                                                                                                                | 279-281 |
| Comportarea grinzilor încovoiate cu secțiune I din ferociment, la solicitări statice, repetate și de lungă durată, <i>Traian ONEȚ*, Cornelia MĂGUREANU*, Felicia FLONTA</i>                                    | 283-286 |
| Folosirea imperfecțiunilor în programele de calcul MEF pentru evaluarea flambajului prin calculul de ordinul II, <i>Dan Aurelian PASCALE, Cornel CIUREA, Lucica ROȘU, Diana ȚENEĂ</i>                          | 287-290 |
| Considerații privind dezvoltarea utilizării betonului cilindrat în construcția de baraje, <i>Ervin PRELUSCHEK, Albert Titus CONSTANTIN</i>                                                                     | 291-294 |
| Comportarea cimenturilor cu adaos la agresivități chimice, <i>Gabriela ROȘU</i>                                                                                                                                | 295-297 |
| Aspecte experimentale și de calcul privind ruperea prin presurizare hidrostatică a unor țevi din oțel, <i>Ilie I. RUSU, Dănuț ZAHARIEA, Bogdan CIOBANU</i>                                                     | 299-304 |
| Utilizarea unor deșeuri din industria de aluminiu pentru realizarea de materiale ceramice pentru construcții, <i>Liliana ȘERBAN, Dan Corneliu HÂNCU</i>                                                        | 305-308 |
| Rezolvarea problemelor de stabilitate a recipientelor sub presiune, <i>Tamara STANCIU</i>                                                                                                                      | 309-312 |
| Creșterea randamentului în activitatea de scufundare, prin recuperarea și purificarea heliului din amestecurile respiratorii, <i>Paul TABACU, Steliana ASMARANDI, Valerica BEJAN, Cătălin CHIRU, Ion AVRAM</i> | 313-316 |
| Folosirea geosinteticelor pentru drenarea terasamentelor la calea ferată, <i>Diana ȚENEĂ, Dragoș VINTILĂ, Cornel CIUREA, Dan PASCALE, Carmen MAFTEI</i>                                                        | 317-320 |
| Panouri neportante – Risc și siguranță la acțiuni seismice, <i>Doina VERDES, Ioan POP</i>                                                                                                                      | 321-324 |
| Tăierea structurilor terestre și subacvatice cu ajutorul încărcăturilor cumulative, <i>Vasile VOICU, Marius MOLDOVAN, Simona RUS, Silvia CRISTEA, Ștefan GEORGESCU</i>                                         | 325-328 |

## Modelarea și calibrarea rețelelor de alimentare cu apă

Marius AGAFIȚEI

Alina NISTOR

Nicolae MARCOIE

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** The paper presents the principle of modeling and calibrating of water supply networks, using a software package as support for a good simulation of those. There are presented the four stages of the designing process: collecting of data, initial model of network (the solution), calibrating and analyzing. Afterwards is laying stress on the calibrating process of the water supply network and are presented the stages of this process under a block-scheme. Applying of the model is carried out with respect of the type of utilization of the network model. Most of applications take as support, as a rule, a calibrate model and they have as a limit just the creativity of the designer. Typical applications include the analyze of the fire flow and the nodes pressure and the analyze of dimensioning of pipes. There are presented the real possibilities of recording of variation of results for applying the same calibrate model. The simulation period refers to the time interval when the simulation of the model is realized, with respect of the variation of the consume, presenting in the same time the static simulation (by night, when the flow is constant) and the dynamic simulation (during the entire day – 24 hours). Finally, the variation of flow has to be known on the entire period of 24 hours, to realize the calibration of the model.

**Keywords:** Hydraulics, water supply networks, network calibration.

### 1. Principii generale de modelare și calibrare

Proiectarea sistemelor de distribuție a apei a fost foarte mult afectată de metodele și aparatura aflată la îndemâna inginerilor și proiectanților. Datorită expansiunii micro-computerelor, în ultimii ani procesul de modelare a luat noi dimensiuni.

Un *model* este creat pentru rezolvarea unei rețele. Pentru aceasta se impun datele provenite dintr-un set de date de bază, care, împreună cu pachetul de soluții software, dau *modelul de rețea* (soluția). Rezolvarea devine foarte simplă din punctul de vedere al presiunii și debitului. Există, așadar, o strânsă legătură între datele de bază, pachetul software și model (fig. 1.1). *Conductele și nodurile* reprezintă elementele de bază ale unui model (rețele).

Așa cum este reprezentat în fig. 1.2, procesul de modelare cuprinde patru stadii: colectarea datelor, soluția de rețea (modelul inițial), calibrarea și analiza.

*Colectarea datelor* este necesară pentru a realiza rețeaua, măsurătorile din teren și datele fiind necesare pentru o simulare cât mai corectă a funcționării sistemului.

*Soluția de rețea* rezultă atunci când datele sunt organizate într-un set care impune alegerea pachetului de soluții de rețea. Acest pachet de soluții este executat pentru a calcula valorile presiunilor și debitelor.

*Calibrarea* este procesul de ajustare a datelor de intrare impuse până când datele de ieșire (rezultate) reflectă valorile din teren.

*Analiza* reprezintă procesul de analizare și planificare a operațiilor pentru prezentul sistem la care se lucrează, utilizând un model deja calibrat sau bazat, la rândul lui, pe un model calibrat.

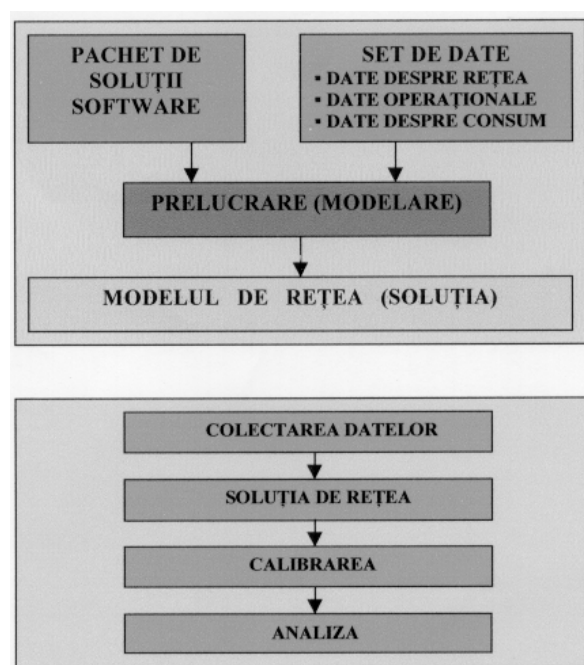


Figura 1.2

Un *model calibrat* este un model pentru care datele de ieșire simulează perfect condițiile naturale din teren. Procesul de calibrare a unui model este unul iterativ, în care se fac ajustări asupra datelor de operare după ce valorile rezultate (datele de ieșire) au fost generate, modelul fiind atunci rulat din nou, pentru a obține noi rezultate. Acest proces este repetat până ce rezultatul simulării este comparabil cu cerințele din teren. Modelul poate fi calibrat simulând orice secțiune a unei zile sau a unei perioade de timp. Un model calibrat devine reper și, deci, alte simulări pot fi comparate cu el.

Un model este calibrat pentru (1) stabilirea unui model credibil, (2) crearea unui model reper, (3) stabilirea prognozelor asupra comportării rețelei, (4) cunoașterea și înțelegerea modului de operare al sistemului și performanțele acestuia, (5) descoperirea erorilor sau a unor valori omise din teren.

Credibilitatea modelului este stabilită prin calibrare. Niciodată nu putem fi siguri că un model necalibrat reflectă condițiile reale din teren. În practica inginerască nu se folosesc niciodată modele necalibrate, deoarece acestea pot conduce la rezultate

eronate. Pentru un model calibrat, gradul de precizie cu care simulează sistemul este știut, iar datele de intrare sunt ajustate după nevoi. Deci, calibrarea este, de fapt, o metodă de testare a prezumțiilor și a datelor.

Un model calibrat poate fi utilizat ca reper. Presiunea și debitele determinate de către modelul reper devin valori de bază, cu care vor fi comparate valorile presiunilor și debitelor obținute mai târziu, în cadrul procesului de calibrare, când se vor compara cele două modele. Modelul calibrat poate fi folosit pentru determinarea presiunilor și debitelor în toate punctele și pentru orice interval de timp.

Aceste valori pot fi determinate pentru punctele unde nu se pot implementa în rețea aparate de măsură a acestora.

Capacitatea de prognozare a unui model poate fi restrânsă utilizând modelul calibrat ca reper pentru compararea cu un model calibrat modificat. Modelul modificat poate include, de exemplu, în plus, pompe și rezervoare pentru diferite zone de presiune. Este efectul prezicerii rezultatului schimbărilor din sistem.

Valorile rezultate ale presiunilor și debitelor pot fi comparate cu acelea din modelul luat ca reper.

Calibrarea induce cunoașterea și înțelegerea sistemului și a operațiilor. Analizând datele, calibrând modelul și studiind sistemul, utilizatorul poate ajunge la o înțelegere perfectă a modului de funcționare a sistemului. Inginerul care utilizează modelul devine, de fapt, un operator de sistem. Modelatorul poate simula majoritatea operațiilor pe care un operator le face și poate examina toate situațiile. Calibrarea poate fi capabilă, totodată, să descopere erorile sau anumite date necunoscute din teren. Adesea, în timpul calibrării, trebuie investigate condițiile de modelare din teren.

Procesul de calibrare este compus din mai multe etape (pași), unele fiind repetate până când se obțin valorile acceptabile. Trebuie stabilit intervalul

de timp (fie o singură oră, fie o perioadă de 24 de ore), datele trebuie compilate, se revăd toate operațiile, trebuie făcută simularea inițială, se ajustează datele, iar modelul trebuie finalizat. Etapele de ajustare, rularea modelului, revizuirea, realizarea ajustărilor în plus, din nou revizuirea, realizarea încă a unui set de ajustări și așa mai departe constituie o operație obișnuită. Acesta este, așadar, un proces iterativ. Un astfel de proces folosește rezultatele dintr-o etapă (pas) și le impune ca date pentru următorul, până ce se obține rezultatul dorit. Pachetul de soluții folosește, de asemenea, un proces iterativ pentru calcularea presiunilor și a debitelor în bucle (ochiuri de rețea). Procesul de ajustare și rularea modelului vor fi făcute de numeroase ori, înainte de a obține rezultatul dorit. În fig. 1.3 este reprezentat procesul calibrării.

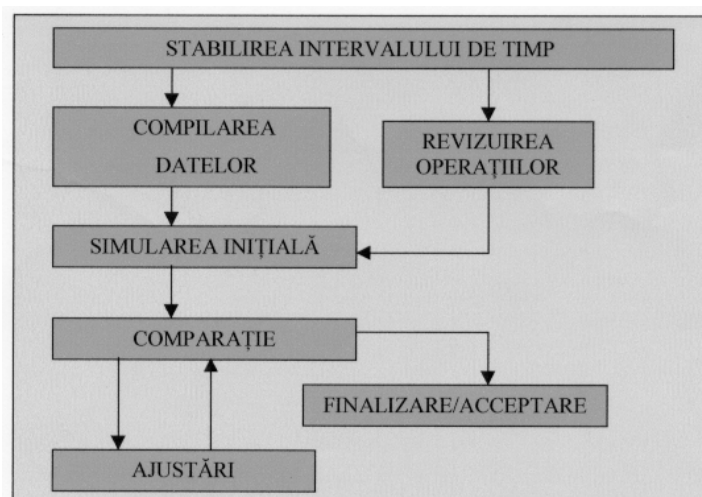


Figura 1.3

*Alegerea modelului* se face funcție de tipul de utilizare a modelului de rețea. Aproape toate aplicațiile au la bază un model calibrat. Aplicațiile sunt limitate numai de către imaginația modelatorului (proiectantului). Aplicațiile tipice includ analiza debitului de incendiu și a presiunii din noduri, precum și analiza dimensionării conductelor.

În practică este posibil să se înregistreze variații ale rezultatelor pentru aplicarea aceluiași model calibrat. Datele de intrare sunt schimbate pentru a obține modificări dinainte stabilite în sistemul de alimentare cu apă. Modelul este atunci executat

pentru a produce rezultate. Numărul de rulări (iterații) – corespunzător modificărilor succesive ale modelului – poate crește până la obținerea rezultatului dorit. Rezultatul poate fi comparat cu acel model calibrat care determină procesul de modificare. De exemplu, diametrul unei conducte poate fi schimbat; presiunea rezultată poate fi comparată cu presiunea modelului calibrat, care a determinat necesitatea modificării. În fig. 1.4 este reprezentată schema bloc detaliată a procesului de modelare.

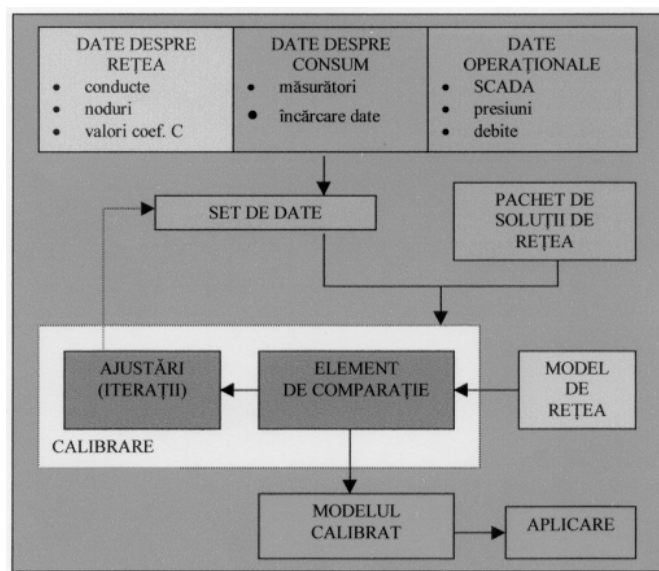


Figura 1.4

## 2. Date necesare modelării și calibrării unei rețele

Tipurile esențiale de date pentru modelarea unei rețele sunt datele de bază despre rețeaua propriu-zisă, datele de operare și consumul pe care trebuie să-l satisfacă rețeaua. Două dintre cele mai importante caracteristici ale datelor care intră în procesul de modelare sunt complexitatea și exactitatea datelor.

Datele necesare pentru modelarea unei rețele se împart în două mari categorii: date tradiționale (de bază) și date avansate. *Datele tradiționale* (de bază) se referă la conducte, noduri (joncțiuni), vane, pompe, perioadă de simulare. Datele despre conducte sunt: date de bază (numărul nodului inițial, numărul nodului final, lungime, diametru, coeficient de rugozitate) și opționale (indicatorul unei conducte paralele, numele sau descrierea conductei, facilități pentru identificare, coeficientul pierderilor minore). Datele despre noduri, cele de bază, se referă la numărul sau definirea nodului, elevația (cota), tipul nodului (gradient hidraulic, nivel maxim și nivel minim al apei, dacă este sursă (rezervor) și/sau cererea (necesarul) de apă, dacă este nod de consum). Datele despre vane sunt: date de bază (numărul nodului inițial, numărul nodului final, lungime,

diametru, coeficient de rugozitate, indicatorul tipului de vană, setări pentru reducerea presiunii aval și/sau amonte) și opționale (coeficientul pierderilor de sarcină, schimbări de presiune). Datele despre pompe sunt date de bază: numărul nodului inițial, numărul nodului final, diametrul, sarcina (presiunea) de pompare sau curba de pompare. Datele despre perioada de simulare cuprind: statutul (numărul de identificare al conductei, indicatorul închis-deschis sau parțial deschis), controlul (numărul de identificare al conductei, numărul nodului de control), patterns (numărul de identificare al nodului, factorul de multiplicare), timpul (durata simulării, mărimea intervalului, ora de începere a perioadei de simulare).

Datele avansate se referă la costul investiției, grafică, încărcarea modelului, optimizarea diametrelor conductelor, calitatea apei. Datele referitoare la costul investiției sunt: costul apei, costul energiei consumate, valoarea debitului (tratament și pompare), viteza operației de pompare, diametrul conductelor de aducțiune, curba eficienței pompării, puterea pompelor (motoarelor), corecții ale presiunii, setări de timp. Grafica se referă atât la coordonatele (X,Y) ale nodurilor în plan, cât și la cota punctelor (Z). Încărcarea modelului se referă la localizarea prizei,

zona de proiectare, aria de influență (opțional). Optimizarea diametrelor conductelor se referă la datele despre standardul diametrelor, costul unitar al conductelor, factorul de inflație, parametrii de presiune.

Datele despre calitatea apei sunt: date despre conducte (rata coeficientului de reacție pentru dimensiunea și pereții conductei) și date despre nod (rata coeficientului de reacție pentru rezervor, calitatea inițială a apei, concentrația de bază, dimensiunile rezervorului (nodul sursă) și volumul (nodul sursă)).

*Perioada de simulare* se referă la intervalul de timp în care are loc simularea modelului respectiv, funcție de variația consumului. Simularea poate fi statică (steady-state simulation) sau continuă, dinamică (extended-period simulation). *Simularea statică* se referă la simularea modelului respectiv pe timp de noapte, când rata debitului este constantă și, deci, cunoscută, ca și pozițiile valvelor reglatoare de debit sau de presiune și nivelul apei în rezervoare. *Simularea dinamică* se referă la simularea pe tot timpul zilei (24 de ore). Variația debitului trebuie cunoscută pe tot intervalul celor 24 de ore pentru a realiza calibrarea modelului. În acest caz, hidrograful cererii definește consumul de apă pentru fiecare oră a zilei. Determinarea capacității de pompare și dimensiunile rezervoarelor sunt aplicații ale simulării dinamice. Modelarea calității apei reclamă simularea dinamică.

### 3. Analiza

Analiza rețelelor se referă la acele rețele modelate cu ajutorul programelor de calcul. Modelul este folosit pentru a simula și analiza un sistem de distribuție a apei existent, precum și pentru planificarea, proiectarea și simularea de noi sisteme. Un model de rețea are el însuși două componente: o rezolvare (soluție) matematică a rețelei și un set de date care să descrie sistemul. Rezolvarea rețelei reclamă un program de analiză și un pachet de programe pentru rezolvare. Acesta calculează valorile presiunilor, debitelor, pierderilor de sarcină și ale vitezelor. Un program de soluții pentru rețea nu este

folosit individual; acesta reclamă datele referitoare la rețea. Setul de date este necesar a fi impus în cadrul pachetului de soluții pentru a rezolva rețeaua. Setul de date stabilește sistemul de operare și condițiile din rețea pentru un interval de timp dat. Setul de date trebuie să fie capabil să furnizeze date cel puțin despre conductele rețelei, caracteristicile sistemului și consumul (cererea) de apă. Datele despre rețea descriu caracteristicile fizice ale sistemului care urmează a fi simulat. Lungimea conductelor, diametrele și coeficienții de rugozitate sunt date la fel de necesare ca și cotele nodurilor și datele despre consum. Sistemul caracteristic de date descrie presiunea și debitul pompelor, cota rezervoarelor și setările pentru vanele reglatoare de presiune aval.

### 4. Proiectarea

Criteriile de proiectare includ zonele de presiune și costul de producție. *Zonele de presiune* se referă la proiectarea și trasarea zonelor de influență a presiunilor pe întreaga suprafață a sistemului. Deoarece presiunile sunt direct dependente de cota terenului, un sistem care acoperă o zonă de deal sau de munte va avea mai multe zone de presiune decât un sistem care acoperă un teren relativ plat. *Costul de producție* se referă la investiția totală pentru toate componentele sistemului.

*Stațiile de tratare* a apei sunt construite pentru producerea apei potabile. Capacitatea acestor stații trebuie să fie corespunzătoare pentru a asigura apa pentru consum în orice zi din an. *Rezervoarele* sunt amplasate în avalul stațiilor de pompare, deoarece există perioade ale anului când stația nu funcționează. Acestea asigură alimentarea cu apă a sistemului (deci funcționează ca surse), mai ales în perioada când consumul este ridicat (maxim) și sunt realimentate (funcționează ca și consumatori) în perioadele când consumul este minim. Factorii implicați în proiectarea și calculul capacității rezervorului includ debitul de alimentare, rezerva de incendiu și rezerva de stocare. *Tronsoanele de conducte* sunt proiectate pentru a face față orelor de consum maxim sau perioadelor când rezervoarele trebuiesc realimentate. Conductele trebuie să asigure presiunile și debitele necesare cu pierderi de sarcină cât mai mici. *Stațiile de pompare* sunt proiectate astfel încât capacitatea pompelor să satisfacă debitele și presiunile necesare. Stația trebuie

să asigure necesarul de apă pentru debitul orar maxim sau pentru debitul zilnic maxim. Presiunea asigurată trebuie să fie mai mare de 1,5 ori decât presiunea maximă necesară.

*Vanele* folosite de obicei în timpul modelării unui proces sunt: vanele de linie, vanele de control și vanele reglatoare de presiune.

### 5. Concluzii. Avantajele modelării, analizei și proiectării cu ajutorul programului EPANET

Programul EPANET a fost dezvoltat de către Lewis Rossman împreună cu US Environmental Protection Agency (Cincinnati, Ohio) în anul 1992 și a fost scos oficial pe piață în 1993. Acest pachet software a fost realizat în scopul modelării rețelelor de distribuție a apei și a analizei calității apei. EPANET-ul este, deci, un program care realizează simularea hidraulică pe o anumită perioadă a unui sistem și comportarea calității apei și a presiunilor din conductele rețelei. O rețea este alcătuită din conducte, noduri (joncțiuni de conducte), pompe, valve și tancuri de stocare sau rezervoare. EPANET urmărește debitul apei în fiecare conductă, presiunea în fiecare nod, nivelul apei în fiecare rezervor și concentrația substanțelor din apă de-a lungul rețelei pe timpul perioadei de simulare. De asemenea, pot fi simulate vârsta apei și calitatea sursei. Această versiune a EPANET-ului creează posibilitatea introducerii datelor despre rețea prin editare, simularea comportării din punct de vedere hidraulic a sistemului și simularea calității apei, precum și vizualizarea rezultatelor într-o varietate de formate. Acestea includ codificarea color a planului rețelei, precum și grafice.

*Componentele rețelei.* EPANET vizualizează rețeaua de distribuție a apei ca o mulțime de legături

(conexiuni, conducte) conectate împreună la punctele de capăt, numite noduri. Conexiunile și nodurile sunt identificate printr-un număr de ordine ID și pot fi aranjate în orice formă. Nodurile de stocare reprezintă tipuri speciale de noduri unde există o suprafață liberă a apei, iar sarcina hidraulică reprezintă cota apei față de nivelul mării. Tancurile se disting de rezervoare datorită faptului că își modifică suprafața liberă a apei funcție de debitul care intră și care iese – rezervoarele rămân la un nivel constant al apei indiferent de debit. Nodurile care reprezintă rezervoarele de stocare sunt, de obicei, folosite pentru a reprezenta sursele externe de apă, cum ar fi: lacuri, râuri, surse subterane.

### 6. Bibliografie

- [1] Alegre, H., Machado, P., Coelho, S. T., *Caracterizarea consumului domestic de apă al orașului Lisabona, după studiul realizat de Institutul EPAL și Laboratorul Național de Inginerie Civilă (LNEC)*, 1992;
- [2] Baptista, J.M., *Dimensionarea economică a sistemelor de distribuție a apei*, 1983, Teza Departamentului de Hidraulică, LNEC;
- [3] Bartha, I., Javgureanu, V., *Hidraulică*, Ed. Tehnică Chișinău, 1998;
- [4] Cesario, A.L., *Modelling, analysis and design of water distribution systems*, 1995, American Water Works Association, EUA;
- [5] Coelho, S.T., *Performance in water supply – a system approach*, 1997, Research Studies Press, Reino Unido/John Wiley & Sons, EUA;
- [6] Mănescu, Al., *Alimentări cu apă. Aplicații.*, 1998, Ed. H.G.A., București.

## Tendințe în dinamica proceselor erozionale determinate de restructurarea actuală a categoriilor de folosință de pe versanții unui microbazin hidrografic. Studiu de caz.

Dănuț AMBĂRUȘ <sup>a</sup>

<sup>a</sup>O.C.O.T.A. Bacău, Bacău, 5500, România

Gabriela BIALI <sup>b</sup>

<sup>b</sup>Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică  
"GH.ASACHI" Iași, Iași, 6600, România

**Résumé** Dans cet on ouvrage on présente une analyse concernant l'influence de la reorganisation des catégories d'utilisations du sol qui ont eu lieu pendant les dernières 10 années, sur la dynamique des processus géomorphologiques dans un microbassin hydrographique (b.h. Berheci, depart. Bacău) ou les facteurs naturels (le relief, la clime, la litologie etc.) lui confèrent un risc erosionel élevé.

**Mots clefs:** microbassin hydrographique, catégories d'utilisations du sol, risc erosionel, reorganisation,

### 1. Localizarea cercetărilor

Zona luată în studiu, având o suprafață de 3963 ha, reprezintă bazinul de recepție aferent acumulării agropiscicole Antohești de pe râul Berheci, afluent (de dreapta) al râului Bârlad, jud. Bacău, din apropierea localității Antohești.

Teritoriul se caracterizează printr-un relief puternic fragmentat, de tip colinar, cu o energie de relief de 362 m. Versanții, reprezentând principala

formă de relief, au pante accentuate, de peste 15 %, predominând expozițiile estice și cele vestice.

Procesele geomorfologice actuale au o dinamică accentuată, fiind prezente eroziunea hidrică de toate formele, aluvierile și alunecările de teren; acestea din urmă sunt în mare parte stabilizate și au fost cauzate mai ales de pantele mari, prezența pânzelor acvifere și stratificația rocilor: depozite nisipoase cu intercalații argiloase.

Tabel nr.1 Cartarea pantelor din b.h. Antohești

| Categorii de folosință (ha)     | Suprafața cu categorii de pante (ha) |          |           |            |
|---------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------|------------|
|                                 | sub 5 %                              | 5 – 10 % | 10 – 15 % | peste 15 % |
| Agricol + neprod. = 3057 ha     | 217                                  | 197      | 577       | 2066       |
| Arabil + vii + livadă = 1991 ha | 186                                  | 195      | 529       | 1032       |

Climatul este de tip temperat continental de silvostepă, cu temperatura medie anuală de 9,8°C și precipitații medii anuale de 556 mm. Precipitațiile cad mai ales sub formă de averse, agsivitatea pluvială (erozivitatea) având o valoare ridicată: ap = 1,32. Frecvența ploilor torențiale ce depășesc 1,35 mm / minut (pe durata a 15 minute) este de peste 20 %. Sezonul critic de eroziune este cuprins între 15.03 – 15.06, iar dezvoltarea maximă a formațiunilor eroziunii în adâncime și a alunecărilor de teren are loc în perioada 15.03 – 15.07. Stratul de precipitații

maxime în 24 ore cu asigurarea de 10 % are valoarea de 66 mm.

Datorită, în principal, condițiilor geomorfologice, geologice și climatice, solurile de pe versanți (preponderent brune argilo – iluviale și cernoziomuri levigate) au o slabă rezistență la eroziune, astfel că solurile puternic erodate ocupă 50,8 % din întreaga suprafață iar cele moderat și slab erodate 24,3 %.

Litologia, pantele și energia mare de relief a versanților, condițiile hidrologice și gradul de acoperire cu păduri, au favorizat producerea unor alunecări de teren pe însemnate suprafețe (cca.259ha,

din care cele stabilizate ocupă 55%), teritoriul în ansamblul său prezentând un risc ridicat la astfel de procese.

Sub aspectul vegetației naturale, regiunea se încadrează în zona de silvostepă. Factorul antropic a modificat esențial în timp învelișul natural vegetal, prin defrișări de păduri și desțeleniri de pajiști pe mari întinderi de teren.

## 2. Structura categoriilor de folosință

În ceea ce privește folosirea terenurilor din b.h. Antohești, după cum se poate observa și din datele prezentate în tabelul nr. 2, predomină terenurile cu folosințe agricole (cca. 77 %), din care arabilul ocupă cca. 60 % iar pășunile 37%.

Tabel nr. 2 Structura categoriilor de folosință în b.h. Antohești

| Folosința          | Înainte de 1991 |      | Actualmente |      | Evoluția         |
|--------------------|-----------------|------|-------------|------|------------------|
|                    | ha              | %    | ha          | %    |                  |
| Arabil             | 1874            | 46,9 | 1799        | 45   | scade cu 4 %     |
| Pășune             | 1061            | 26,6 | 1108        | 27,7 | crește cu 4,42 % |
| Fâneată            | 38              | 1    | 59          | 1,5  | crește cu 55 %   |
| Livadă             | 12              | 0,3  | 1           | 0,03 | scade cu 91 %    |
| Vii                | 56              | 1,4  | 45          | 1,1  | scade cu 19,6 %  |
| Pădure + tufăriș   | 670             | 16,8 | 657         | 16,4 | scade cu 19,4 %  |
| Construcții, curți | 218             | 5,4  | 221         | 5,5  | crește cu 1,4 %  |
| Neproductiv        | 16              | 0,4  | 51          | 1,3  | crește cu 218 %  |
| Tren sub apă       | 3,6             | 0,9  | 3,3         | 0,8  | crește cu 8 %    |
| Diverse            | 14              | 0,3  | 21          | 0,5  | crește cu 50 %   |
| Total              | 6963            | 100  | 3963        | 100  | —                |

Structura principalelor categorii de folosință agricole s-a modificat relativ puțin în perioada ultimilor 10 ani. Astfel, suprafața arabilă a scăzut cu 4%, iar cea a pășunilor cu 4,42%. Deși este vorba de suprafețe mici, o evoluție semnificativă au avut-o livezile, a căror suprafață a scăzut cu 91 % și fânețele au crescut cu 55 %, precum și viile, unde suprafața a scăzut cu 19,6 %.

Pe ansamblu însă, se semnalează creșterea alarmantă a suprafețelor ocupate de neproductiv (cu 218 %) și a folosințelor diverse cu 50 %, precum scăderea cu 19,4 % a suprafețelor ocupate de păduri și plantații de protecție. Parțial unele suprafețe ocupate anterior de vii, livezi și arabil au fost transformate în pășuni. În structura culturilor, prășitoarele (în special porumbul care ocupă 66 % din suprafața arabilă) au luat o extindere și mai mare, contribuind la intensificarea proceselor de eroziune pe versanți.

## 3. Evoluția sistemelor antierozionale de cultură

În contextul unor amenajări antierozionale complexe și eficiente executate în anii '75 – 77 pe unități naturale din bazinul hidrografic Berheci, în perioada de referință se constată o diminuare drastică a suprafețelor pe care s-au practicat sistemele antierozionale de cultură (tabel nr.3). Faptul acesta este evidențiat în primul rând prin creșterea de aproximativ 24 de ori a suprafeței arabile lucrate pe linia de cea mai mare pantă, care de la 44 ha în anul 1990 a ajuns la 1052 ha în anul 2000.

Concomitent cu extinderea terenurilor lucrate "deal – vale", suprafața exploatată după direcția generală a curbelor de nivel s-a micșorat de 2,3 ori, culturile în fâșii aplicându-se în prezent pe o întindere de 4,7 ori mai mică decât în 1990. Sistemul cu benzi înierbate se practică astăzi pe o suprafață de 2,5 ori mai redusă, iar cultivarea pe terase banchetă și agroterase a scăzut cu 62 %.

Tabel nr.3  
Evoluția sistemelor antierozionale de cultură

| Sistemul            | Înainte de 1991 |      | Actualmente |      |
|---------------------|-----------------|------|-------------|------|
|                     | ha              | %    | ha          | %    |
| Deal – vale         | 44              | 2,5  | 1052        | 63,4 |
| Pe curbele de nivel | 897             | 51,1 | 383         | 23,1 |
| Culturi în fâșii    | 512             | 29,1 | 108         | 6,5  |
| Benzi înierbate     | 218             | 12,4 | 85          | 5,1  |
| Agroterase          | 86              | 4,9  | 32          | 1,9  |

Cauza principală a acestor modificări negative într-o perioadă de numai câțiva ani rezidă, atât în fărâmițarea soarelui mari din cadrul fostelor C.A.P.-uri în parcele mici (cele mai multe având între 0,10 – 2,0 ha) prin punerea în posesie proprietarilor de drept, predominant pe vechile amplasamente cunoscute ca necorespunzătoare în privința protecției și conservării solului, cât, mai ales, în orientarea pe versanți a acestor mici proprietăți – de formă dreptunghiulară sau trapezoidală – cu latura lungă pe linia de cea mai mare pantă. Unele dintre aceste parcele traversează taluzuri de terase, executate anterior pe terenul arabil sau în fostele plantații viti – pomicele sau sunt presărate în masive de pășuni afectate de eroziuni și alunecări. Suprafețele pe care s-au mai menținut unele lucrări antierozionale au fost cele exploatate în sistem asociativ (privat sau cu capital de stat).

În absența măsurilor și lucrărilor practicate până nu demult în scop antierozional, actualmente se constată o accelerare a eroziunii și a altor procese de degradare a terenurilor în pantă, scăderea capacității de producție a solurilor, a căror consecință directă este diminuarea cantității și calității recoltelor, majorare apreciabilă a costurilor lucrărilor agrotehnice, colmatarea căilor de comunicații, poluarea apelor și creșterea ritmului de colmatare a acumulării Antohești (fapt evidențiat prin măsurători efectuate în această perioadă de către S.C.C.C.E.S. Perieni – Bârlad).

#### 4. Concluzii

1. Parcelarea terenurilor, îndeosebi arabile, pe vechile amplasamente a determinat apariția unor loturi orientate cu latura lungă pe linia de cea mai mare pantă, implicând și executarea lucrărilor agricole în același sens, contravine celor mai elementare reguli de prevenire și combatere a eroziunii solului.

2. Împărțirea terenurilor arabile în parcele mici și foarte mici, în general sub 2 ha, precum și lipsa prevederii unor scheme de drumuri agricole, au condus la deteriorarea și chiar lichidarea unor sisteme existente de c.e.s.

3. Absența cunoștințelor științifice în rândul actualilor deținători privați, privind consecințele eroziunii asupra solului, a producției agricole și scăderii nivelului de trai, favorizează exploatarea necorespunzătoare a acestor terenuri.

4. Dorința unor proprietari de a obține rânduri de vie din deal în vale în plantațiile viticole amenajate în terase, a produs grave deteriorări teraselor.

5. Defrișarea de către noii proprietari de terenuri a unor suprafețe excesiv degradate prin eroziune sau ravenare, care au fost împădurite în anii trecuți, contribuie la creșterea potențialului erozional și de torențialitate.

6. Se remarcă abandonarea de către actualii proprietari a unor suprafețe de teren situate pe pante mai mari 15 – 16 %, greu mecanizabile, sau situate pe soluri subțiri, introduse în circuitul arabil în perioada 1975 – 1989 ca urmare a politicii de extindere a suprafețelor arabile, datorită producțiilor agricole extrem de scăzute și refuzului mecanizatorilor de a executa lucrări în astfel de condiții. Această situație va conduce la erodarea rapidă a terenurilor respective, precum și la producerea de prejudicii diferitelor obiective social – economice situate în aval.

## Influența pierderilor de sarcină în șocul hidraulic

Dumitru Ion ARSENIE      Mihai FLOREA Ichinur OMER

*Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România*

**Résumé** Dans ce rapport on a étudié l'influence des pertes de charge sur les résultats de calcul du choc hydraulique. On a constaté que l'accroissement des pertes de charge, respectivement du coefficient Darcy-Weissbach a une influence favorable, en conduisant à l'accroissement de charge hydraulique minimale dans l'évolution du phénomène du choc hydraulique dans le cas d'une avarie énergétique d'une station de pompage.

**Mots clés:** choc hydraulique (coup de bélier), perte de charge, charge hydraulique.

### 1. Considerații teoretice

Literatura de specialitate din domeniul hidraulicii sistemelor sub presiune consemnează numeroase contribuții teoretice și metodologice în abordarea problemelor de calcul pentru mișcările nepermanente.

Metodele de calcul al șocului hidraulic (lovitura de berbec) pot fi clasificate în mai multe categorii, funcție de complexitatea lor.

Complexitatea metodelor de calcul și a schemelor de calcul adoptate în practică depinde de importanța instalației hidraulice și de modul de manifestare a fenomenului de șoc hidraulic [1].

În general, se acceptă că metodele de calcul se împart în două mari categorii: metode considerate exacte și metode aproximative.

Metodele aproximative se bazează pe folosirea unor grafice sau tabele de calcul, care sunt obținute prin prelucrarea și sintetizarea rezultatelor obținute prin metodele considerate exacte sau pe cale experimentală, a unor formule aproximative de calcul sau prin simulare analogică.

În prezent dezvoltarea extraordinară a mijloacelor de calcul automat – calculatoarele programabile – și pe baza lor, perfecționarea continuă a metodelor de calcul numeric, practic nu mai justifică utilizarea metodelor aproximative.

Cea mai utilizată metodă de calculul șocului hidraulic prin simulare numerică este în prezent metoda caracteristicilor.

Această metodă s-a impus deoarece asigură o precizie mai bună a calculelor decât alte metode, permite considerarea în calcule a unei mari varietăți de condiții la limită și poate fi utilizată și la calculul sistemelor complexe de conducte.

Esența metodei este următoarea:

- pornind de la condițiile inițiale cunoscute pentru  $t=t_0$  în fiecare nod de calcul al schemei hidraulice, adică cunoscând valorile  $H$  și  $V$  în toate secțiunile de calcul și precizând intervalul de timp de calcul  $\Delta t$ , se pot calcula valorile  $V$  ale vitezei și valorile  $H$  ale înălțimii piezometrice, în orice secțiune de calcul, în momentele ulterioare de timp, folosind sistemul de ecuații cunoscute [1]:

$$\begin{aligned} V_{j,i+1} &= \frac{1}{2} \left[ V_{j-1,i} + V_{j+1,i} + \frac{g}{c} (H_{j-1,i} - H_{j+1,i}) - \frac{\lambda \Delta t}{2D} (V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| + V_{j+1,i} |V_{j+1,i}|) \right] \\ H_{j,i+1} &= \frac{1}{2} \left[ H_{j-1,i} + H_{j+1,i} + \frac{c}{g} (V_{j-1,i} - V_{j+1,i}) - \frac{c \lambda \Delta t}{2gD} (V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| - V_{j+1,i} |V_{j+1,i}|) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

unde:

$j-1, j, j+1$  – secțiuni de calcul

$i, i+1$  – momente de timp

$D$  – diametrul

$c$  – celeritatea

$\lambda$  – coeficientul de rezistență hidraulică

$g$  – accelerația gravitației

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{c} \text{ - pasul de timp de calcul}$$

Deși metoda caracteristicilor este considerată o metodă de calcul cu o precizie bună, se semnalează frecvent diferențe – uneori apreciable – între rezultatele calculului și cele ale măsurărilor directe efectuate pe instalații din laborator sau din natură.

Sursa acestor diferențe o constituie o serie de ipoteze simplificatoare încă acceptate în calculul șocului hidraulic, cunoașterea insuficientă a influenței unor factori care intervin în fenomenul fizic, determinarea imprecisă a unor parametri inițiali [2], [3], [4].

Exemplificăm în acest sens:

- neglijarea sau considerarea în calcule în mod simplificat a influenței aerului liber
- considerarea pierderilor de sarcină ca în regimul permanent de curgere
- neglijarea comportării elastice a ansamblului instalație – lichid – aer
- neglijarea influenței unor factori termodinamici

- considerarea celerității ca o mărime constantă cu temperatura și presiunea etc.

Calea pentru îmbunătățirea preciziei calculului de șoc o constituie aprofundarea studiilor teoretice și experimentale pentru determinarea cu exactitate a influenței factorilor de mai sus și a altora și pe această cale, perfecționarea metodei de calcul.

În lucrarea [5], autorii au efectuat un studiu sistematic privind influența variației relative a celerității și a variației relative a momentului de inerție a agregatului de pompare, asupra rezultatelor calculului la șoc hidraulic pentru o instalație de pompare.

În prezenta lucrare au fost extinse aceste studii și asupra influenței variației pierderii de energie ca urmare a modificării coeficientului de rezistență hidraulică Darcy - Weissbach ( $\lambda$ ).

Variația coeficientului de rezistență hidraulică  $\lambda$  depinde direct de variația rugozității absolute a conductei –  $k$ .

În timp, valorile lui  $k$  se modifică datorită oxidării conductelor, datorită depunerilor sau îmbătrânirii instalației.

## 2. Exemplu numeric

Studiul de caz a fost efectuat prin calcul numeric automat, pentru aceeași instalație hidraulică de pompare considerată și în studiile anterioare și prezentată în fig. nr. 1:

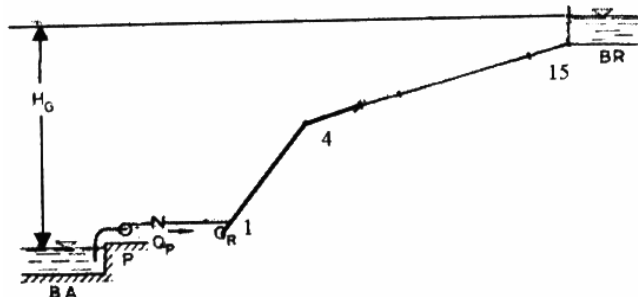


Fig. nr. 1 Schema instalației de pompare

Instalația de pompare are următoarele caracteristici:  $Q=8,5\text{m}^3/\text{s}$ ,  $H\approx 61\text{m}$ ,  $L=1200\text{m}$ .

Studiul influenței variației lui  $\lambda$  asupra rezultatelor calculului de șoc hidraulic s-a efectuat

considerând următoarele valori de referință:

$$\lambda_{ref}=0,015824 \text{ și } k_{ref}=0,751\text{mm}$$

Rezultatele calculului numeric efectuate cu metoda caracteristicilor sunt prezentate sub formă grafică în graficele din figurile nr. 2÷5.

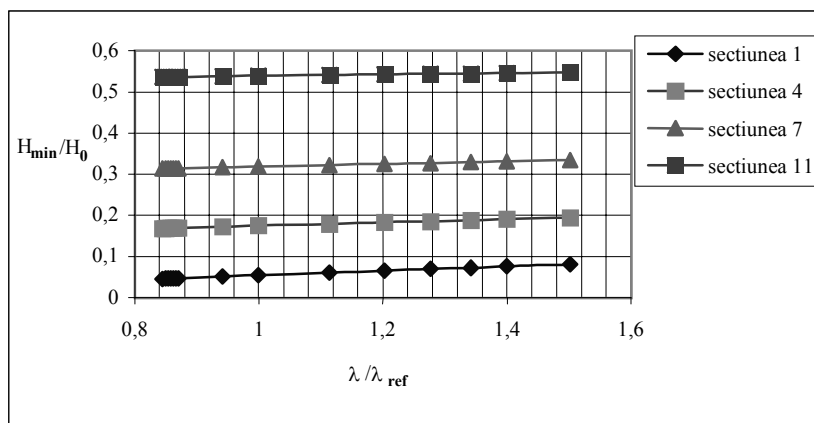


Figura 2 Variația sarcinii hidraulice minime ( $H_{min}$ ) datorită coeficientului de rezistență Darcy – Weissbach ( $\lambda$ )

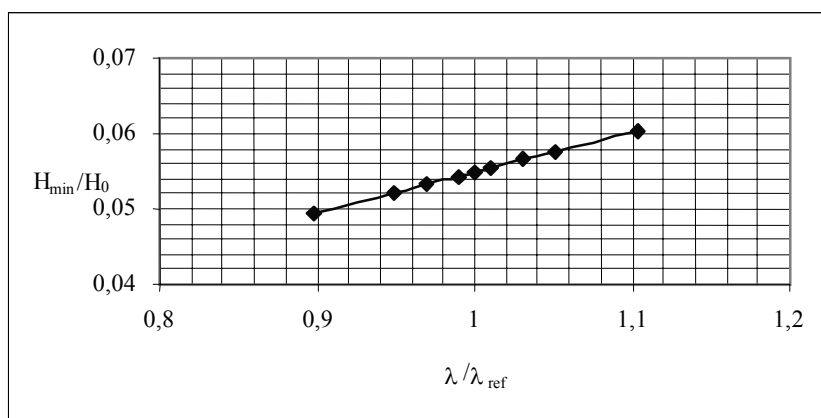


Figura 3 Dependența între parametrii  $\frac{H_{min}}{H_0}$  și  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  pentru secțiunea cea mai apropiată de pompă

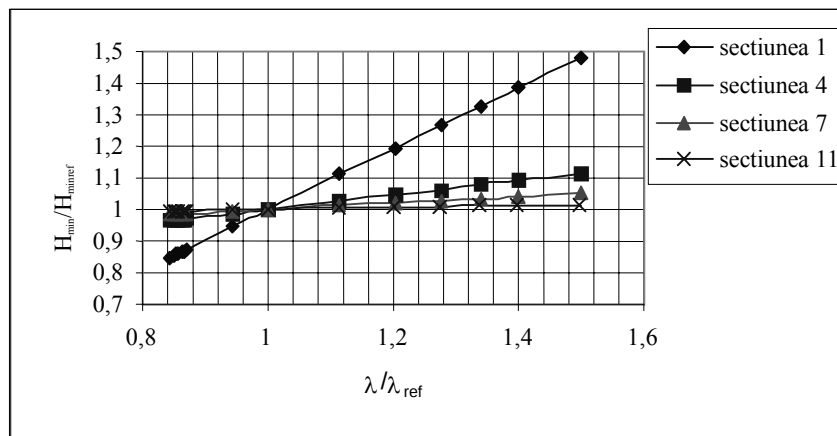


Figura 4. Variației coeficientului de rezistență ( $\lambda$ ) în funcție de depărtarea secțiunii de calcul față de pompă.

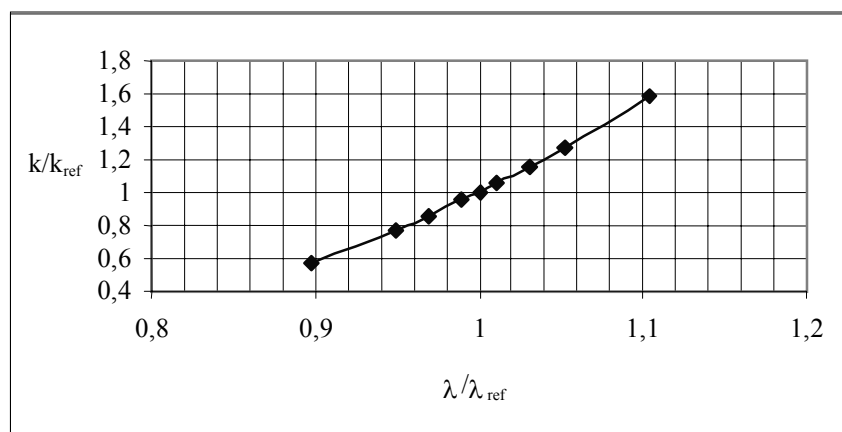


Figura 5 Dependența dintre parametrul  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  și parametrul  $\frac{k}{k_{ref}}$ .

### 3. Concluzii

1. În graficul din Fig. 2 se observă că variația sarcinii hidraulice minime ( $H_{min}$ ) ce apare în șocul hidraulic, variația datorată modificării coeficientului de rezistență Darcy – Weisbach ( $\lambda$ ) este aproximativ aceeași pentru toate secțiunile de-a lungul conductei (sarcina hidraulică de referință  $H_0$  este aceeași

pentru toate secțiunile, fiind chiar înălțimea de pompare).

În graficul din Fig. 3 se reprezintă, la o scară diferită dependența între parametrii  $\frac{H_{min}}{H_0}$  și  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  pentru secțiunea cea mai apropiată de pompă.

Se observă că pentru secțiunea studiată o variație a parametrului  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  de la valoarea 0,9 la 1,1 conduce

la o variație a parametrului  $\frac{H_{min}}{H_0}$  de la valoarea

0,05 la valoarea 0,06. Cu alte cuvinte o variație de circa 20% a primului parametru a condus la o variație aproximativ egală a celui de al doilea parametru. Deci, o eroare cu un procent oarecare ( $p\%$ ) a determinării coeficientului de rezistență hidraulică va conduce la variația sarcinii hidraulice minime aproximativ cu același procent. Se observă că creșterea coeficientului de rezistență hidraulică are efect favorabile asupra șocului hidraulic.

2. Dacă se consideră variația în raport cu același parametru dar sarcina hidraulică de referință se ia diferită de la secțiune la secțiune (Fig. nr.4) și anume sarcina hidraulică minimă din situația de referință, atunci toate curbele vor trece prin punctul de coordonate (1;1). Apare astfel foarte clar faptul că influența variației coeficientului de rezistență ( $\lambda$ ) scade pe măsura îndepărtării secțiunii de pompă. Creșterea acestui coeficient are un efect favorabil asupra valorii minime, ducând la creșterea valorii sarcinii hidraulice. Pentru exemplul studiat se poate aprecia că există o relație funcțională liniară între parametrul  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  și  $\frac{H_{min}}{H_{min ref}}$ . În ceea ce privește

secțiunea de calcul cea mai apropiată de pompă relația este aproximativ chiar de egalitate

$$\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cong \frac{H_{min}}{H_{min ref}}.$$

3. Variația coeficientului de rezistență hidraulică este legată de variația rugozității absolute conductei ( $k$ ). În graficul din Fig. 5 este reprezentată legătura dintre variația parametrului  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$  și variația

parametrului  $\frac{k}{k_{ref}}$ . Se observă că în acest

caz legătura ar putea fi aproximată printr-o relație liniară (cu o eroare mai mare) sau printr-o relație parabolică. În orice caz se observă că variația

parametrului  $\frac{k}{k_{ref}}$  este mai rapidă decât aceea a

parametrului  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$ . Astfel, la o variație de la 0,9 la

1,1 a parametrului  $\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$ , corespunde o variație de la

0,6 la 1,6 a parametrului  $\frac{k}{k_{ref}}$ , deci o variație de

cinci ori mai mare.

Având în vedere erorile posibile în evaluarea parametrului de rugozitate, această dependență este favorabilă, în sensul că erori relativ mari în evaluarea parametrului de rugozitate conduc la erori mult mai mici în evaluarea coeficientului de rugozitate hidraulică.

#### 4. Bibliografie

- [1] M. Popescu, D. I. Arsenie, *Metode de calcul hidraulic pentru uzine hidroelectrice și stații de pompare*, 1987, Ed. Tehnică București.
- [2] U. Streeter, E. Wylie, *Hydraulic transient*, 1967, Mc. Graw Hill, New York.
- [3] H. Chaudry, *Applied hydraulic transients, (Second Edition)*, 1987, Von Nastrand Reihold Company.
- [4] M. Florea, *Contribuții la studiul mișcărilor nepermanente sub presiune*, 1997, Teză de doctorat, Constanța.
- [5] D.I. Arsenie, M. Florea, I. Omer, *Considérations sur la précisions des calculs du coup de bélier (choc hydraulique)*, 2000, Buletinul științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, tom 46 (60).

## Lovitura de berbec în cazul conductei compuse

Dumitru Ion ARSENIE    Mihail POPESCU    Ichinur OMER    Claudiu NIȚESCU

Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România

**Résumé** Dans ce rapport on présente l'influence de la modification rapide de la section sur le phénomène du choc hydraulique et spécialement sur la valeur minimale de la charge hydraulique dans le cas d'une avarie énergétique (l'arrêt des pompes à cause de l'interruption de l'alimentation avec l'énergie électrique). On a constaté un effet favorable à l'augmentation de la section, respectivement un effet défavorable à la décroissance de la section.

**Mots clés:** choc hydraulique (coup de bélier), charge hydraulique, avarie énergétique.

### 1. Considerații teoretice

Lucrarea se încadrează în metoda caracteristicilor de rezolvare a problemei șocului hidraulic (loviturii de berbec), metoda matematică dezvoltată de Riemann și aplicată în tehnică pentru prima dată de Schneider și Bergeron.

În [1] s-au dat relațiile de calcul ale liniilor caracteristice aferente tronșoanelor curențe de conductă (folosind exprimarea în diferențe finite) între punctele  $P$  și  $A$ , respectiv între punctele  $P$  și  $B$ .

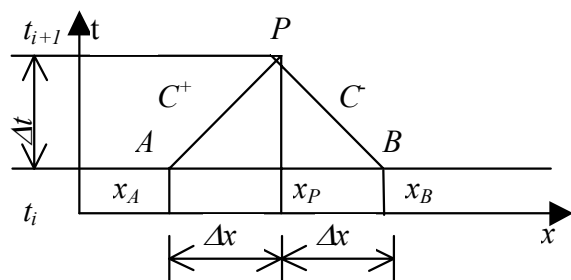


Fig. 1.

– pentru linia caracteristică directă ( $C^+$ ), care reprezintă unda ce se propagă în sensul pozitiv al axei  $Ox$ :

$$V_P - V_A + \frac{g}{c}(H_P - H_A) + \frac{\lambda}{2D} V_A |V_A| \Delta t = 0 \quad (1)$$

– pentru linia caracteristică inversă ( $C^-$ ), care reprezintă unda ce se propagă în sensul negativ al axei  $Ox$ :

$$V_P - V_B - \frac{g}{c}(H_P - H_B) + \frac{\lambda}{2D} V_B |V_B| \Delta t = 0 \quad (2)$$

În afară de aceste relații mai dispunem de două relații cinematice, reprezentând propagarea undelor, considerată uniformă:

- pentru linia caracteristică directă

$$x_P - x_A = c(t_P - t_A) \quad (3)$$

- pentru linia caracteristică inversă

$$x_P - x_B = -c(t_P - t_B) \quad (4)$$

În aceste relații, notațiile sunt cele din lucrarea citată, notații uzuale:  $V_A$ ,  $V_P$ ,  $V_B$  – viteze în secțiunile respective,  $g$  – accelerația gravitațională,  $c$  – celeritatea undelor,  $\lambda$  – coeficient de rezistență hidraulică Darcy-Weisbach,  $D$  – diametrul conductei,  $\Delta t$  – pasul de timp,  $\Delta x$  – distanța dintre secțiunile de calcul.

Cunoscând valorile ( $V$ ,  $H$ ) la momentul  $t_i$  în punctele  $A$ ,  $B$ , de abscise  $x_A = x_{j-1}$  respectiv de abscise  $x_B = x_{j+1}$  se pot calcula, prin rezolvarea sistemului format de ecuațiile (1) și (2), valorile ( $V$ ,  $H$ ) la momentul  $t_{i+1}$  în punctul  $P$  de abscisă  $x_j$ .

$$V_{j,i+1} = \frac{I}{2} \left[ V_{j-1,i} + V_{j+1,i} + \frac{g}{c} (H_{j-1,i} - H_{j+1,i}) - \frac{\lambda \Delta t}{2D} (V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| + V_{j+1,i} |V_{j+1,i}|) \right] \quad (5)$$

$$H_{j,i+1} = \frac{I}{2} \left[ H_{j-1,i} + H_{j+1,i} + \frac{c}{g} (V_{j-1,i} - V_{j+1,i}) - \frac{c \lambda \Delta t}{2gD} (V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| - V_{j+1,i} |V_{j+1,i}|) \right] \quad (6)$$

Pe lângă aceste relații, în practica curentă de calcul al șocului hidraulic se mai întâlnesc secțiuni de calcul cu diferite particularități, în [1] fiind prezentate relațiile de calcul pentru:

- secțiune de capăt aval (amonte) prevăzută cu vană cu închidere programată
- secțiune de capăt amonte (aval) cu rezervor cu nivel constant
- secțiune cu castel de echilibru
- secțiune cu rezervor de aer
- secțiune de calcul cu ramificație
- secțiune de calcul cu racord
- secțiune de calcul cu scurgere din conductă
- secțiune de calcul cu pompă sau turbină
- secțiune de calcul cu cavitație
- Prezenta lucrare completează această enumerare stabilindu-se relațiile care urmează a fi folosite în cazul unei secțiuni de calcul în care se produce o schimbare bruscă a diametrului conductei,

- trecându-se de la o conductă din stânga secțiunii de calcul, căreia îi corespund parametrii  $D_j^{(s)}, \lambda_j^{(s)}, c_j^{(s)}$  la o secțiune cu parametrii  $D_j^{(d)}, \lambda_j^{(d)}, c_j^{(d)}$ . În această situație problema va avea patru mărimi necunoscute, necesar a fi determinate la momentul  $i+1$  și anume  $V_j^{(s)}, V_j^{(d)}, H_j^{(s)}, H_j^{(d)}$ . Pentru aflarea acestor relații pe lângă cele două ecuații de tip (1) și (2), adaptate corespunzător mai sunt necesare următoarele două ecuații:

- ecuația de continuitate

$$Q_j^{(s)} = Q_j^{(d)} \Leftrightarrow V_{j,i+1}^{(s)} D_j^{(s)2} = V_{j,i+1}^{(d)} D_j^{(d)2}$$

– ecuația de mișcare (Bernoulli) care în acest caz utilizează formula Carnot-Borda pentru exprimarea pierderii de sarcină la schimbarea bruscă de secțiune ( $h_{rs}$ )

- formula Carnot-Borda

$$h_{rs} = \xi \frac{(V_j^{(d)2} - V_j^{(s)2})}{2g} = \xi \left( \frac{V_j^{(s)}}{V_j^{(d)}} - 1 \right)^2 \frac{V_j^{(d)} |V_j^{(d)}|}{2g} = \xi \left( \frac{D_j^{(d)2}}{D_j^{(s)2}} - 1 \right)^2 \frac{V_j^{(d)} |V_j^{(d)}|}{2g} \quad (7)$$

$$\xi = \begin{cases} 1 & \text{în cazul sensului de curgere caruia îi corespunde o marire bruscă a secțiunii} \\ \frac{1}{2} & \text{în cazul sensului de curgere caruia îi corespunde o micșorare bruscă a secțiunii} \end{cases} \quad (8)$$

- ecuația lui Bernoulli:

$$H_{j,i+1}^{(s)} = H_{j,i+1}^{(d)} + \xi \left( \frac{D_j^{(d)2}}{D_j^{(s)2}} - 1 \right)^2 \frac{V_{j,i+1}^{(d)} |V_{j,i+1}^{(d)}|}{2g} \quad (9)$$

În consecință, sistemul celor patru ecuații care permit determinarea celor patru valori necunoscute devine:

$$V_{j,i+1}^{(s)} - V_{j-1,i} + \frac{g}{c_{j-1}} \left( H_{j,i+1}^{(s)} - H_{j-1,i} \right) + \frac{\lambda_{j-1}}{2D_j^{(s)}} V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| \Delta t = 0 \quad (10)$$

$$V_{j,i+1}^{(d)} - V_{j+1,i} - \frac{g}{c_{j+1}} \left( H_{j,i+1}^{(d)} - H_{j+1,i} \right) + \frac{\lambda_{j+1}}{2D_j^{(d)}} V_{j+1,i} |V_{j+1,i}| \Delta t = 0 \quad (11)$$

$$V_{j,i+1}^{(s)} D_j^{(s)2} = V_{j,i+1}^{(d)} D_j^{(d)2} \quad (12)$$

$$H_{j,i+1}^{(s)} = H_{j,i+1}^{(d)} + \xi \left( \frac{D_j^{(d)2}}{D_j^{(s)2}} - 1 \right) \frac{V_{j,i+1}^{(d)} |V_{j,i+1}^{(d)}|}{2g} \quad (13)$$

Dacă din acest sistem se elimină mărimea  $V_{j,i+1}^{(s)}$  prin relația (12), relațiile (11) și (13) nu se modifică, iar relația (10) devine:

$$V_{j,i+1}^{(d)} \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 - V_{j-1,i} + \frac{g}{c_{j-1}} \left( H_{j,i+1}^{(d)} - H_{j-1,i} \right) + \frac{\lambda_{j-1}}{2D_j^{(s)}} V_{j-1,i} |V_{j-1,i}| \Delta t = 0 \quad (14)$$

Din noul sistem de trei ecuații cu trei necunoscute se elimină mărimea  $H_{j,i+1}^{(s)}$  folosind relația (13), ceea ce face ca relația (11) să rămână neschimbată și relația (14) să se schimbe în:

$$V_{j,i+1}^{(d)} \left[ C_{j-1} \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 + \xi \left( \frac{D_j^{(d)2}}{D_j^{(s)2}} - 1 \right)^2 \frac{|V_{j,i+1}^{(d)}|}{2C_{j+1}} \right] + gH_{j,i+1}^{(d)} = gH_{j-1,i} + C_{j+1}V_{j+1,i} - \frac{C_{j-1}\lambda_{j-1}}{2D_j^{(s)}} V_{j+1,i} |V_{j+1,i}| \Delta t \quad (15)$$

$$c_{j+1}V_{j,i+1}^{(d)} - gH_{j,i+1}^{(d)} = c_{j+1}V_{j+1,i} - gH_{j+1,i} - \frac{c_{j+1}\lambda_{j+1}}{2D_j^{(d)}}V_{j+1,i}|V_{j+1,i}|\Delta t \quad (16)$$

Se adună cele două relații, ceea ce conduce la eliminarea necunoscutei  $H_{j,i+1}^{(d)}$  rămânând o singură ecuație cu necunoscuta  $V_{j,i+1}^{(d)}$ . Pentru a se

obține relații mai simple s-a făcut în formula Carnot-Borda aproximația  $|V_{j,i+1}^{(d)}| \cong |V_{j,i}^{(d)}|$ , care introduce o eroare neglijabilă (sub 0,1%) în calcule rezultând în final:

$$V_{j,i+1}^{(d)} = \left[ I + \frac{C_{j-1}}{C_{j+1}} \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 + \xi \left[ \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 - I \right] \frac{|V_{j,i}^{(d)}|}{2C_{j+1}} \right]^{-1} \times \left[ V_{j+1,i} + \frac{C_{j-1}}{C_{j+1}} V_{j-1,i} + \frac{g(H_{j-1,i} - H_{j+1,i})}{C_{j+1}} - \frac{\Delta t}{2} \left( \frac{C_{j-1}\lambda_{j-1}}{C_{j+1}D_j^{(s)}} + \frac{\lambda_{j+1}}{D_j^{(d)}} V_{j+1,i}|V_{j+1,i}| \right) \right] \quad (17)$$

Pentru celelalte necunoscute rezultă relațiile cunoscute: următoare, în care  $V_{j,i+1}^{(d)}$  este considerată de acum

$$H_{j,i+1}^{(d)} = H_{j+1,i} + C_{j+1} \left( V_{j,i+1}^{(d)} - V_{j+1,i} \right) + \frac{C_{j+1}\lambda_{j+1}}{2gD_j^{(d)}} V_{j+1,i}|V_{j+1,i}| \quad (18)$$

$$V_{j,i+1}^{(s)} = V_{j,i+1}^{(d)} \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 \quad (19)$$

$$H_{j,i+1}^{(s)} = H_{j,i+1}^{(d)} + \xi \left[ \left( \frac{D_j^{(d)}}{D_j^{(s)}} \right)^2 - I \right] \frac{V_{j,i+1}^{(d)}|V_{j,i+1}^{(d)}|}{2g} \quad (20)$$

## 2. Exemplu numeric

Se consideră:  $H_0 \cong 61\text{m}$ ,  $D_{ref} = 2\text{m}$ ,  $Q_0 = 8,5\text{m}^3/\text{s}$ ,  $D$  de la 1,25m la 3m cu pasul de 0,25m.

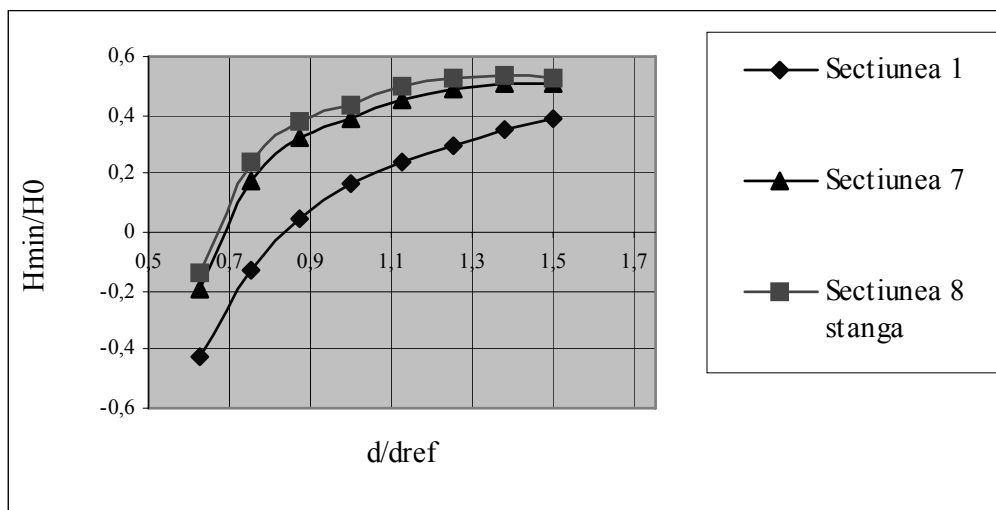


Fig. 2.a)-Variatia parametrului  $\frac{H_{min}}{H_0}$  ca functie de parametrul  $\frac{d}{d_{ref}}$

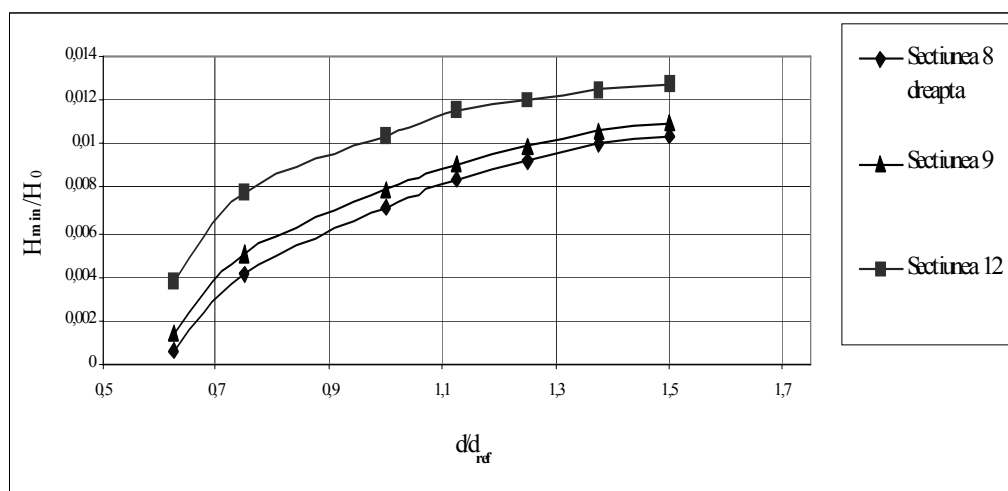


Fig. 2.b) Variatia parametrului  $\frac{H_{min}}{H_0}$  ca functie de parametrul  $\frac{d}{d_{ref}}$

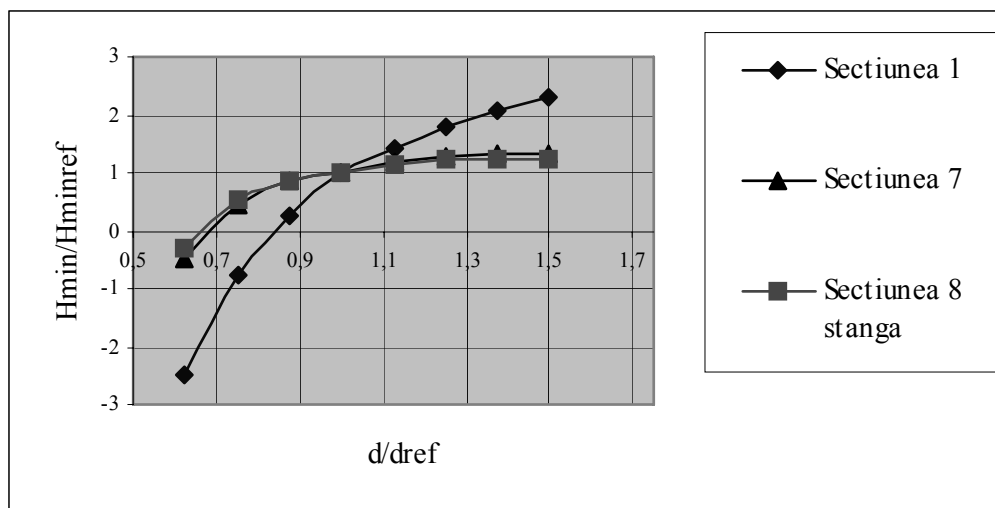


Fig. 3 a) Variația parametrului  $\frac{H_{min}}{H_{minref}}$  ca funcție de parametrul  $\frac{d}{d_{ref}}$

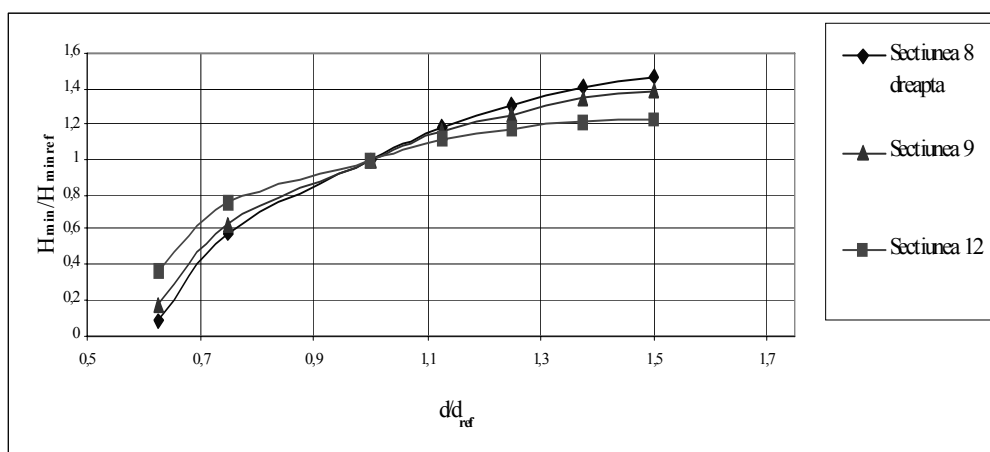


Fig. 3 b) Variația parametrului  $\frac{H_{min}}{H_{minref}}$  ca funcție de parametrul  $\frac{d}{d_{ref}}$

### 3.Concluzii

1. În graficele din Fig. 2 (a și b) s-a reprezentat variația parametrului  $\frac{H_{min}}{H_0}$  ca funcție de parametrul

$\frac{d}{d_{ref}}$  ( $H_0$  – înălțimea de pompare,  $d_{ref}=2m$ ). Se

constată că prin reducerea diametrului atât în prima jumătate a lungimii conductei cât și în a doua jumătate, sarcina hidraulică minimă ( $H_{min}$ ) scade semnificativ, ceea ce reprezintă un efect defavorabil. Între cele două alternative scăderea lui  $H_{min}$  este mai accentuată în cazul în care scăderea diametrului s-a produs pe prima jumătate a conductei față de cazul în care scăderea diametrului s-a produs în a doua jumătate.

Evident la mărirea diametrului se constată un efect favorabil în sensul creșterii sarcinii hidraulice minime.

2. Graficele din Fig. 3 (a și b) prezintă același efect exprimat însă în alt mod, aici reprezentându-se variația parametrului  $\frac{H_{min}}{H_{min\ ref}}$  ca funcție de

parametrul  $\frac{d}{d_{ref}}$ . Aici  $H_{min\ ref}$  reprezintă sarcina

hidraulică minimă în șocul hidraulic pe conducta de referință de diametru constant ( $d_{ref}=2m$ ). Din aceste grafice mai rezultă că influența relativă a variației diametrului scade pe măsura îndepărtării secțiunii de pompă (de secțiunea de unde se generează trenul de unde).

## 5. Bibliografie

[1] M. Popescu, D. I. Arsenie, *Metode de calcul hidraulic pentru uzine hidroelectrice și stații de pompare*, 1987, Ed. Tehnică, București.

## Exemplu de calcul al irigațiilor în brazde a unor terenuri drenate

Robert BEILICCI,

Erika BEILICCI

*Universitatea "Politehnica" Timișoara, Timișoara, 1900, România*

**Abstract** The example was used to illustrate variably unsaturated water flow and solute transport in furrow irrigation into a drained profile. The governing flow and transport equations are solved numerically using Galerkin type linear finite element schemes. We obtain the concentration front, the pressure head profile and velocity profile.

**Keywords:** Drained profile, furrow irrigation, finite element.

### 1. Introducere

În lucrarea de față se prezintă o metodă numerică de calcul hidraulic al irigațiilor în brazde a unor terenuri drenate. Metoda numerică se bazează pe metoda elementului finit și a fost aplicată prin intermediul unui program de calcul SWMS\_2D.

Programul de calcul rezolvă ecuațiile lui Richards' pentru ecuațiile de mișcare în domeniul saturat sau nesaturat respectiv ecuațiile convectiv-dispersive pentru ecuațiile de transport. Aceste ecuații care guvernează mișcarea sunt rezolvate numeric utilizând schema Galerkin caracteristică metodei elementelor finite.

Discretizarea domeniului este posibilă în două variante și anume una rectangulară de dimensiuni

egale sau diferite respectiv o discretizare în elemente triunghiulare de mărimi egale sau diferite.

### 2. Studiul de caz

S-a utilizat un domeniu transversal cuprins între două brazde, brazdele fiind asumate ca niște canale de irigații de secțiune trapezoidale. Acest domeniu s-a discretizat cu ajutorul unor elemente de formă triunghiulară de suprafețe diferite obținându-se un domeniu discretizat ca cel prezentat în Figura 1. Drenul s-a considerat de formă circulară situat la mijlocul distanței dintre brazde.

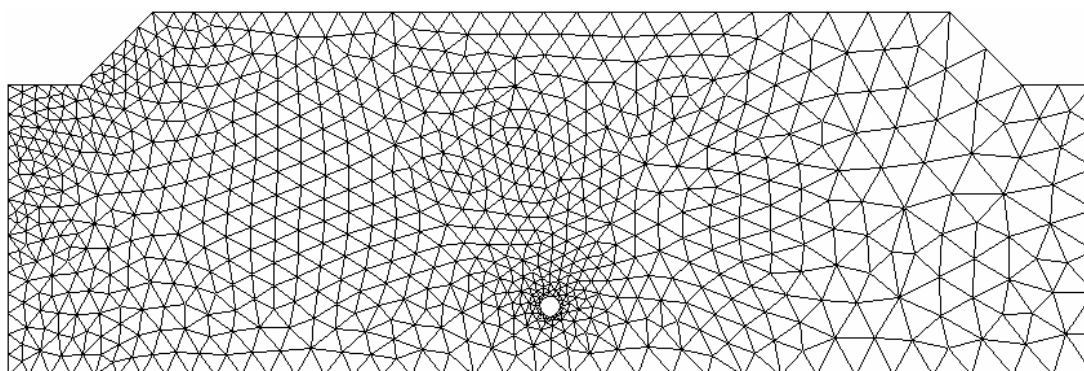


Fig. 1. Discretizarea domeniului

Utilizarea unei discretizări cu elemente triunghiulare diferite a permis o discretizare mai fină în zonele de interes mai mari ( în jurul drenului, respectiv a canalului de irigare).

Calculul s-a efectuat cu un pas de timp de 5 zile pe o perioadă totală de 90 de zile pentru urmărirea în

timp a curbelor de infiltrații și a problemei de transport.

Caracteristicile terenului precum și parametrii necesari rezolvării problemei de transport sunt date pentru un teren în domeniul nesaturat și sunt cei prezentați în Tabelul.

Tabelul 1  
Caracteristicile terenului și parametrii necesari rezolvării problemei de transport

| Parametrii hidraulici            |              | Parametrii de transport |                            |
|----------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| Parametru                        | Valoarea     | Parametru               | Valoarea                   |
| $\Theta_s = \Theta_m = \Theta_k$ | 0.46         | $\rho$                  | 1400 (kg/m <sup>3</sup> )  |
| $\Theta_r = \Theta_a$            | 0.034        | $D_d$                   | 0.001 (m <sup>2</sup> /zi) |
| $K_s = K_k$                      | 0.06 (cm/zi) | $D_L$                   | 0.01 (m)                   |
| $\alpha$                         | 1.39 (1/m)   | $D_T$                   | 0.001 (m)                  |
| $n$                              | 1.37         | $k$                     | 0                          |
|                                  |              | $\mu_w$                 | 0                          |
|                                  |              | $\mu_s$                 | 0                          |
|                                  |              | $c_\theta$              | 1                          |

Înălțimile piezometrice în domeniul studiat (hidroizoipse) sunt prezentate în figurile 2,3 la intervale de timp de 5,30,60,90 zile. În urma rulării s-

a observat că după 30 de zile s-au stabilizat înălțimile piezometrice rezultând hidroizoipse identice pentru timpii mai mari de 30 de zile.

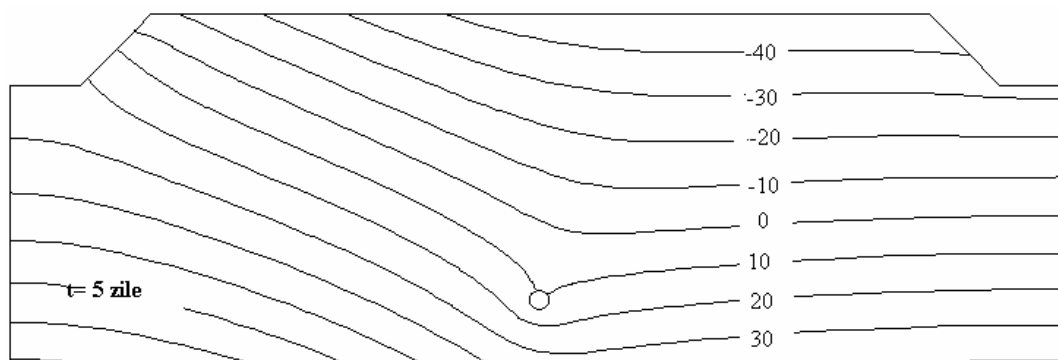


Fig. 2. Înălțimile piezometrice (cm) după 5 zile

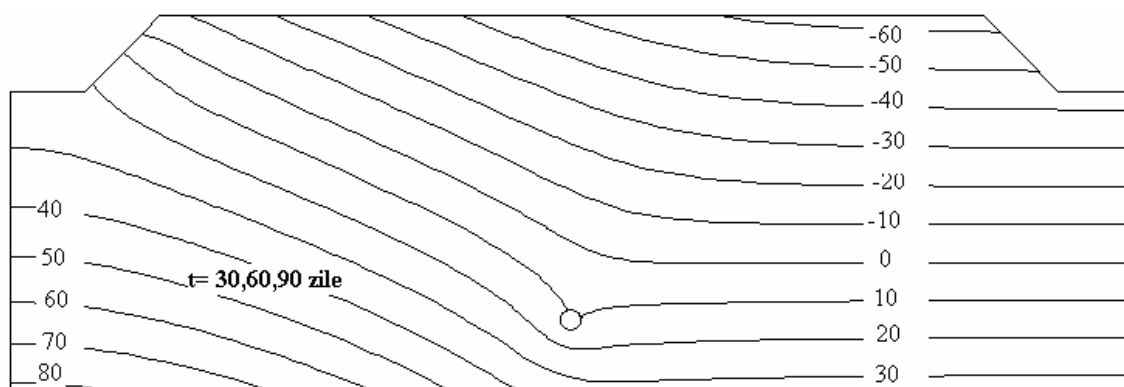


Fig. 3. Înălțimile piezometrice (cm) după 30,60,90 zile

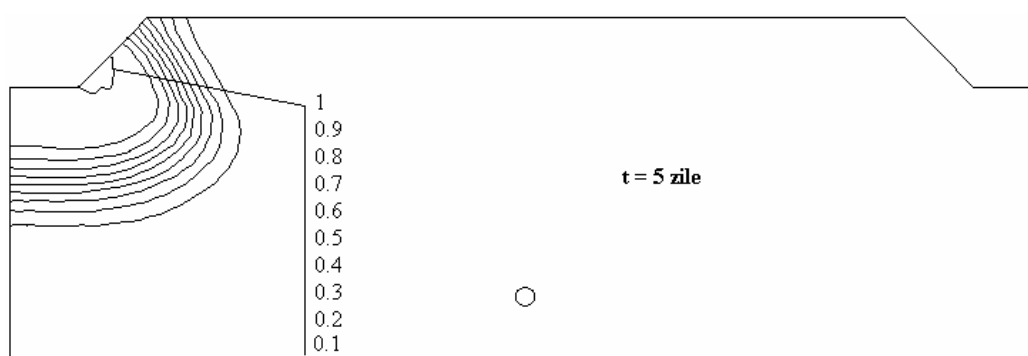


Fig. 4 Concentrațiile după 5 zile

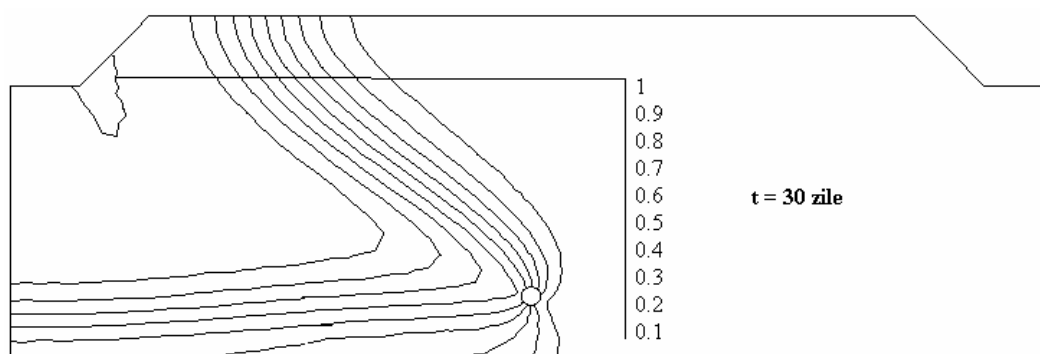


Fig. 5 Concentrațiile după 30 zile

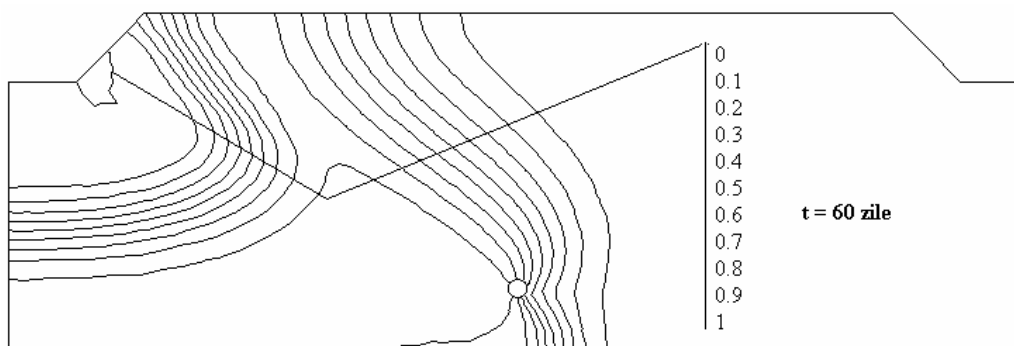


Fig. 6 Concentrațiile după 60 zile

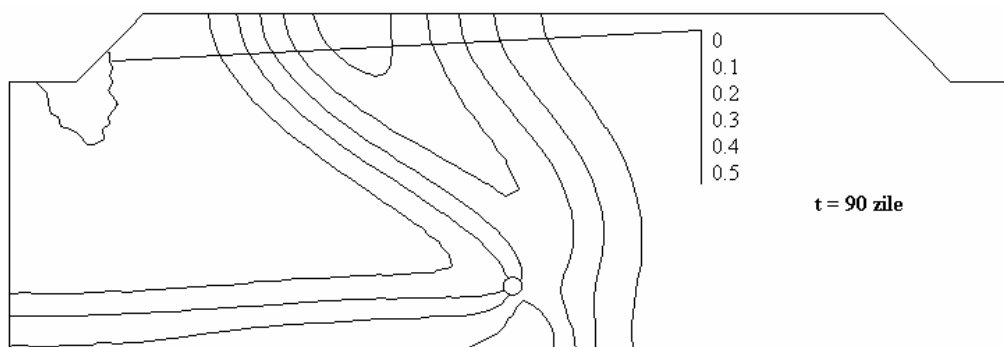


Fig. 7 Concentrațiile după 90 zile

Variația concentrațiilor în timp este prezentată în figurile 4,5,6,7 caracteristicilor timpilor de 5,30,60,90 zile.

Câmpul vitezelor este determinat analog cu observația că ea se stabilizează după 5 zile rămânând aproximativ identică pe perioada următoare.

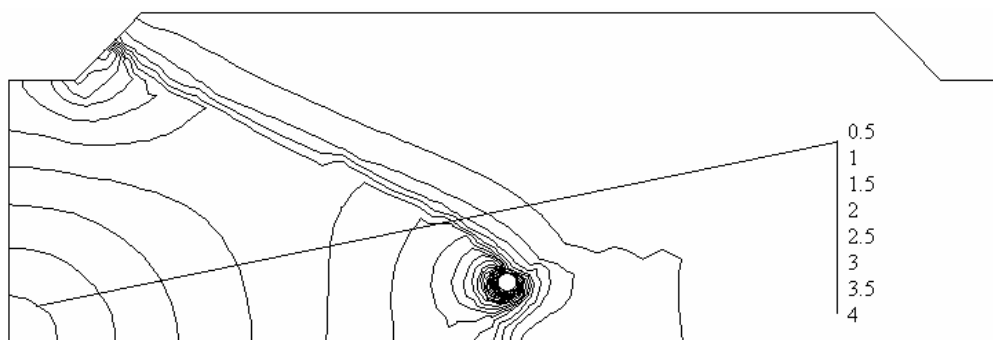


Fig. 8 Câmpul vitezelor (cm/zi) după 5,30,60,90 zile

## 5. Bibliografie

[1] Bear J., Bachmat J., , *Introducing to Modeling of Transport Phenomena in Porous Media*, 1992, Kluver Academic Publishers Netherlands, Dordrecht  
[2] David I., , *Grundwasserhydraulik*, 1998, Vieweg, Wiesbaden

[3] Simunek J., Vogel T., Van Genuchten M., *The SWMS\_2D Code for Simulating Water Flow and Solute Transport in Two-Dimensional Variably saturated Media*, 1994, U.S. Salinity Laboratory USA, Riverside

## Soluții analitice în modelarea bidimensională a acviferelor

Robert BEILICCI

Erika BEILICCI

*Universitatea "Politehnica" Timișoara, Timișoara, 1900, România*

**Abstract** Most analytic solutions are restricted to relatively simple geometries. This limitation may be overcome by superpositioning many analytic solutions, allowing the total solution to meet irregular boundary conditions. The functions that are superpositioned are associated with particular aquifer features. Some of the functions contain parameters that are unknown when the problem is posed. These unknowns are determined by specifying boundary conditions at control points located on or near the aquifer features.

**Keywords:** groundwater, analytic groundwater flow model

### 1. Introducere

La baza modelului mișcării stau soluțiile analitice determinate din ecuații diferențiale pentru mișcarea apei în acvifere. Mișcarea este modelată într-un plan  $x,y$  orientat orizontal sau într-un plan  $x,y$  orientat vertical (în cazul mișcărilor pe verticală). Majoritatea soluțiilor analitice sunt valabile doar în cazul unor geometrii simple, neconveniente care poate fi eliminat prin suprapunerea soluțiilor particulare astfel încât se obțin soluții ce rezolvă probleme complexe ale mișcării în acvifere.

Prin suprapunere apar niște parametri necunoscuți care vor fi eliminați prin condiții de frontieră specifice în anumite puncte de control sau pe contururi. Astfel se obțin sisteme de ecuații liniare determinate a căror soluții verifică ecuațiile diferențiale ce guvernează mișcarea în acvifer cu excepția punctelor singulare.

### 2. Soluțiile ecuațiilor diferențiale ce guvernează mișcarea apei în acvifer.

Acviferul are două straturi distincte și anume: stratul inferior de conductivitate hidraulică  $k_1$  și grosime  $H_1$  și stratul superior de conductivitate hidraulică  $k_2$  și grosime  $H_2$ . Mișcarea este cu nivel liber sau sub presiune după cum mișcarea se efectuează în ambele straturi sau doar într-un singur strat (Fig. 1).

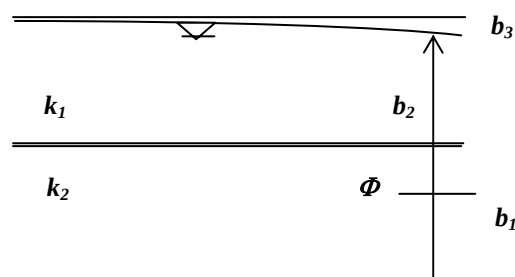


Fig.1 Acviferul pe două straturi.

Cotele straturilor acviferelor se determină cu relațiile:

$$b_2 = b_1 + H_1 \quad b_3 = b_2 + H_2 \quad (1)$$

Potențialul mișcării este dat de relațiile:

$$\Phi = \frac{l}{2} k_1 (\Phi - b_1)^2 \quad (b_1 \leq \Phi \leq b_2)$$

$$\Phi = k_1 H_1 (\Phi - b_1) + \frac{l}{2} k_2 (\Phi - b_2)^2 + C \quad (b_2 \leq \Phi \leq b_3) \quad (2)$$

$$\Phi = k_1 H_1 (\Phi - b_1) + k_2 H_2 (\Phi - b_2) + D \quad (\Phi \geq b_3)$$

Mișcarea uniformă este caracterizat de potențialul uniform dat de relația (3) unde  $Q_0$  este mărimea debitului în mișcare uniformă.

$$\Omega = -Q_0 z e^{-i\alpha} \quad (3)$$

Puțurile în mișcare staționară determină potențialele din relația (4) iar în mișcare nestaționară pe cele din relația (5) determinate de debitul din puț  $Q$  (pozitiv la extracție și negativ la injecție).

$$\Phi = \frac{Q}{2\pi} \ln(z - z_0) \quad (4)$$

$$\Phi = -\frac{Q}{4\pi} W(u) \quad (5)$$

În cazul infiltrațiilor potențialele sunt date de relațiile (6) și (7) (pe întregul domeniu sau pe zone circulare de rază  $R$ ).

$$\Phi = -N(A X^2 + B Y^2) \quad (6)$$

$$\Phi = \frac{N}{4}(R^2 - r^2) \quad (7)$$

### 3. Cazul studiat

Cazul studiat constă într-un domeniu ce cuprinde trei puțuri de extracție (5000, 9000, 6000 m<sup>3</sup>/zi) o zonă de infiltrație, o zonă heterogenă. Acviferul a fost considerat un acvifer sub presiune (deci cu două straturi de 1000, 85 m grosime și conductibilitate hidraulică de 5, 15 m/zi) Figura 2.

Condițiile de margine constă în înălțimea piezometrică impuse pentru zonele respective (după cum sunt prezentate în hidroizoipse), caracteristici ale zonei heterogene (conductibilitate hidraulică de 36 m/zi), coeficientul Leakage pentru zona de infiltrație (0.074).

Calculul s-a efectuat cu un program de calcul TWODAN ce permite utilizarea a 100 de puțuri, 20 zone impermeabile, 100 zone de infiltrații, 400 zone de înălțimi piezometrice impuse, utilizarea acviferelor cu nivel liber sau sub presiune.

În urma rulării programului s-a obținut trasarea hidroizoipselor precum și a traiectoriei mișcării pe întreaga zonă sau pe anumite subzone, fiind detaliate zonele puțurilor (Figura 3,4,5,6).

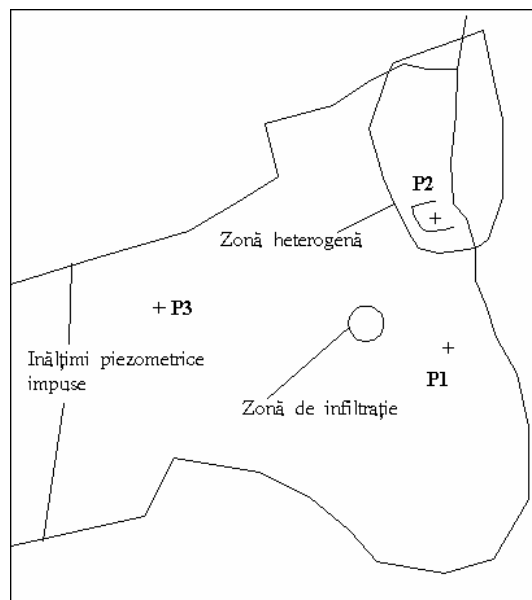


Figura 2. Domeniul studiat

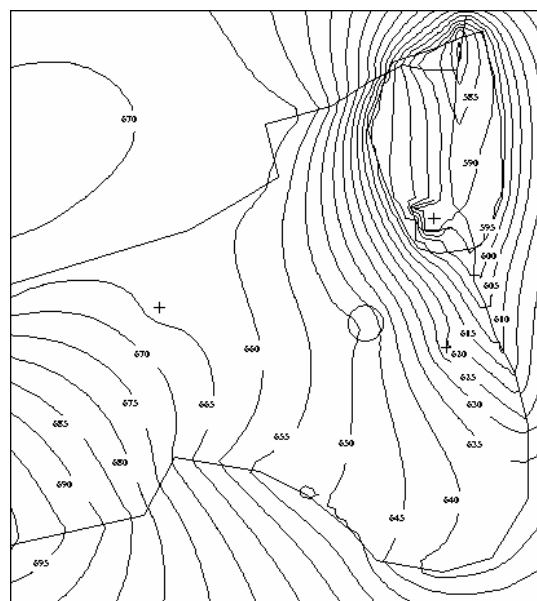


Figura 3. Înălțimi piezometrice

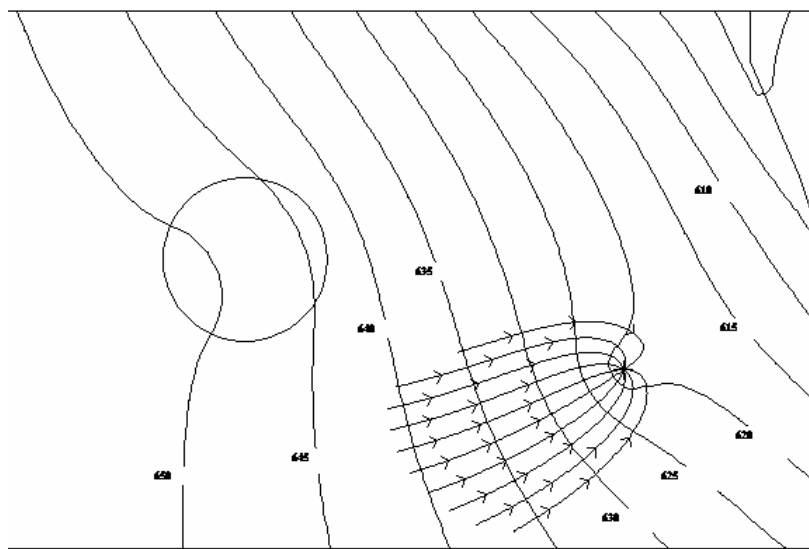


Figura 4 Înălțimi piezometrice și traiectoria mișcării în zona puțului 1

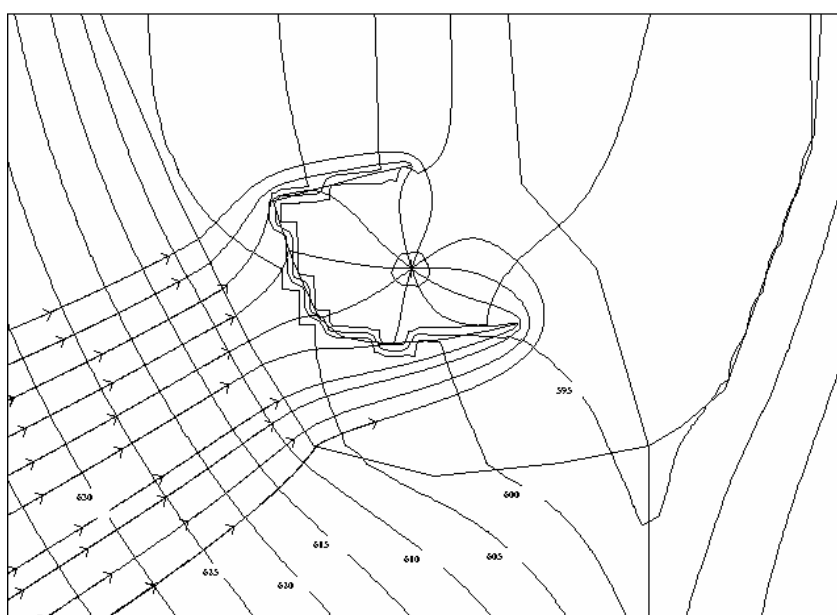


Figura 5 Înălțimi piezometrice și traiectoria mișcării în zona puțului 2

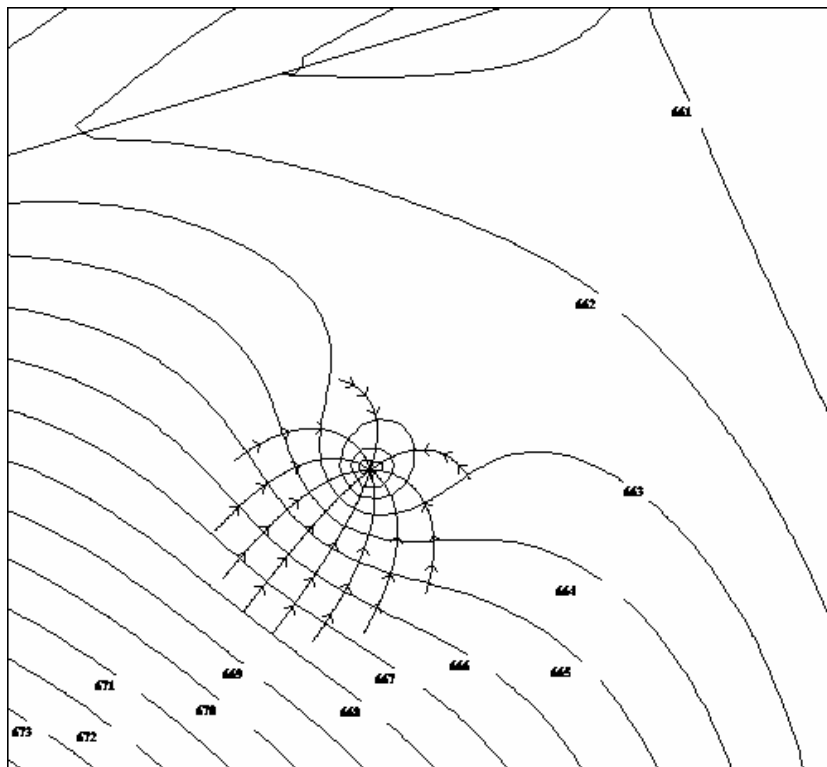


Figura 6. Înălțimi piezometrice și traiectoria mișcării în zona puțului 3

#### 4. Concluzii

Prin utilizarea metodelor analitice aplicate în programe de calcul se pot găsi soluții exacte pentru probleme complexe ale mișcări în acvifere, soluții care pot fi comparate cu soluțiile numerice astfel fiind posibil o verificare a acestora.

#### 5. Bibliografie

- [1] Bear J., Verruijt A., *Modeling Groundwater Flow and Pollution*, 1992, Reidel Publishing Company Holland, Dordrecht
- [2] David I., *Grundwasserhydraulik*, 1998, Vieweg, Wiesbaden
- [3] Fitts R., *TWODAN Two-Dimensional Analytic Groundwater Flow Model*, 1995, USA, Scarborough

## O abordare energetică a hidraulicii conductelor sub presiune

Victor BENCHE,

Virgil-Barbu UNGUREANU,

Ovidiu-Mihai CRĂCIUN

Universitatea "Transilvania" din Braşov, Braşov, 3400, România

**Abstract:** The paper presents an analytical study of carrying installations for gaseous fluids based on the determining equation for the thermogasdynamic process of the real fluid. We propose two significant indicators: the discharge coefficient and the power carrying efficiency. The proposed original equations hard correct the maximum ideal performances of these installations and contribute to a cheap design and efficient interventions.

**Keywords:** Hydraulics, carrying installations, gaseous fluids.

### 1. Introducere

Se consideră o instalație hidraulică prezentând schema: un generator; o conductă principală sub presiune; organe de închidere, reglaj, aparatură de circuit (de siguranță ș.a.).

Pentru fluide inextensibile se definește coeficientul de debit  $\mu$  ca raport dintre debitul volumic real și cel maxim ideal:

$$\mu = \left( \alpha + \zeta_{ech,tot} \right)^{-\frac{1}{2}} = \left( \alpha + \lambda \frac{l}{4R} + \sum \zeta \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\text{cu } \zeta_{ech,tot} = \lambda \frac{l_{ech,tot}}{4R} = \lambda \frac{l}{4R} + \sum \zeta$$

(2)

în care:  $l$  și  $R$  sunt lungimea geometrică și raza hidraulică a conductei;  $\sum \zeta$  - suma coeficienților de rezistență hidraulică locală;  $l_{ech,tot}$  și  $\zeta_{ech,tot}$  - lungimea și coeficientul de rezistență echivalentă totală;  $\alpha$  și  $\lambda$  - coeficientul Coriolis și coeficientul Darcy, dependenți de regimul curgerii fluidelor (Reynolds) și de rugozitatea relativă a peretelui interior al conductei.

Se definesc randamentul hidraulic al conductei sau raportul presiunilor  $\varepsilon$  și randamentul de transport al conductei:

$$\eta_h = \varepsilon = \frac{p_{i,am} - \Delta p}{p_{i,am}} = 1 - \frac{\Delta p}{p_{i,am}} \quad (3)$$

$$\eta_{tr} = \frac{N_{i,am} - N_{p,tr}}{N_{i,am}} = \mu \eta_h = \mu \varepsilon, \quad (4)$$

în care:  $p_{i,am}$ ,  $N_{i,am}$  sunt presiunea și puterea hidraulică la intrarea amonte a conductei;  $\Delta p$  și  $N_{p,tr}$  - căderea de presiune și puterea hidraulică pierdută prin transportul fluidic prin conductă.

Pentru fluide expansibile sunt utilizate relațiile conservării energiei, continuității, politropei și de stare. Practic, curgerea fluidului poate fi: prin conducte lungi, neizolate, cu viteze medii-izotremică; prin conducte izolate termic sau prin porțiuni scurte de conductă, orificii, ajutaje, organe de reglare și cu viteze mari - adiabatică. Energia specifică de frecare vâscoasă liniară și disipările locale în rezistențe hidraulice individuale se transformă în căldură, compensând parțial sau total scăderea de temperatură datorită expansiunii fluidului.

Autorii au definit [1],[2] o formulă de calcul a coeficientului de debit al instalației, având expresia:

$$\mu = \frac{\varepsilon_2 \sqrt{\varepsilon_3^{\frac{2}{n}} - \varepsilon_3^{\frac{n+1}{n}}}}{\sqrt{\left( \varepsilon^{\frac{2}{n}} - \varepsilon^{\frac{n+1}{n}} \right) \left[ 1 - \varepsilon_3^{\frac{2}{n}} \left( \frac{f}{F} \right)^2 \right]}}, \quad (5)$$

în care  $F$ ,  $f$  sunt secțiunile conductei magistrale, respectiv de alimentare (o reducere), iar  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  - raportul presiunilor la intrarea în conductă și din

magistrală; din capătul conductei față de cea de la intrare; din consumator față de cea de la capătul conductei.  $\varepsilon$  este căderea totală de presiune în limitele instalației, produs al căderilor parțiale pe parcurs,  $\varepsilon_i$ . Formula (5) consideră o instalație cu maximum trei căderi parțiale pe parcurs. În cazul unei scheme mai simple se face  $\varepsilon_i$  corespunzător egal cu unitatea. Menționăm că se consideră instalația fără pierderi volumice de fluid iar în mișcarea fluidului expansibil, evoluția este politropică cu  $1 \leq n \leq k$ .

Se raportează energia fluidului la ieșirea din instalație la cea intrată, raportând capacitatea reală de transport față de cea maximă și se obțin:

$$\eta_{tr} = C_T \mu \varepsilon^2, \quad (6)$$

$$\eta_{tr} = \mu \varepsilon^{\frac{n+1}{n}} \quad (7)$$

Coefficientul  $C_T$  este o corecție explicită de temperatură a fluidului, raport al valorilor absolute de la ieșirea și intrarea în instalație. Formula (7) renunță la  $C_T$  explicit, conținându-implicit în noua expresie.

Coefficientul de debit  $\mu$  este un coeficient subunitar care corectează sever expresia debitului ideal teoretic maxim (aria secțiunii înmulțită cu viteza Torricelli), rezultând din pierderile de energie specifică prin rezistență vâscoasă la curgere (rezistențe liniare și locale).

Randamentul de transport energetic al instalației  $\eta_{tr}$  este conceput, pe de o parte, ca un grad de utilizare a capacității de transport maxime, iar, pe de altă parte, ca un indicator de conservare a energiei intrate "încredințate" instalației.

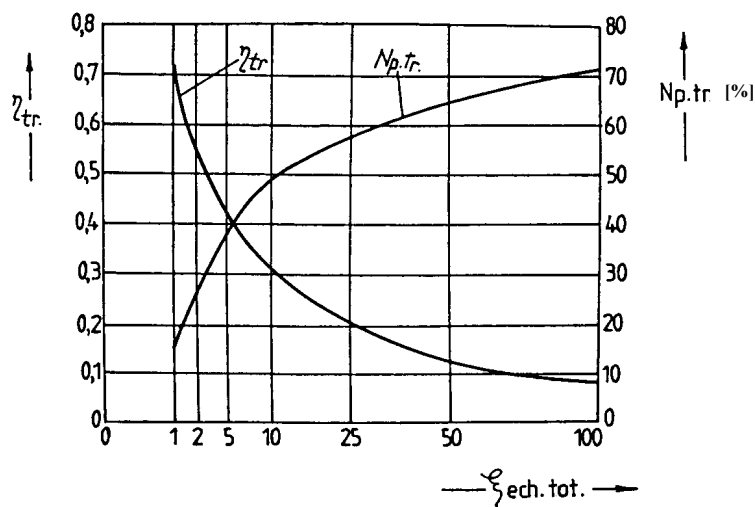


Fig.1 Curbele  $\eta_{tr}$  și  $N_{p.tr}$  pentru o conductă racordată la o pompă de apă

Prezentăm în figura 1 un exemplu cuprinzând  $\eta_{tr}$  și  $N_{p.tr}$  pentru o conductă racordată la o pompă de apă, având  $p_{i.am} = 5,5 \text{ bar}$ ,  $N_{i.am} = 8,65 \text{ kW}$ , parcursă cu o viteză  $v = 2 \text{ m/s}$ , pentru diferite valori  $\xi_{ech.tot} = 1 \dots 100$ , ce determină căderi de presiune pe parcurs  $\Delta p = (2,5 \dots 20) \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ .

În figura 2 prezentăm graficul funcției  $\eta_{tr}(\varepsilon)_\xi$ , pentru o conductă de aer, în cazul  $1 < n < k$ , în care s-a notat:  $\xi = \xi_{ech.tot} = \lambda l_{ech.tot} / 2d$ , regimul curgerii fiind turbulent-neted,  $k=1,4$ , curbele mai înalte sunt pentru  $n=k$  (curgere adiabatică), curbele mai joase pentru  $n=1$  (curgere izotermică).

Se poate concluziona că  $\eta_{tr}$  este un indicator energetic-economic, de performanță. El prezintă

valori (subunitare) surprinzător de mici (pentru nespecialiști). Ridicarea lui impune reducerea pierderilor hidro-termoenergetice de pe traseu, deci reducerea rezistenței hidraulice/gazodinamice.

Expresiile analitice propuse de autori evidențiază ponderea determinată a diferiților factori de influență,  $\mu$  și  $\varepsilon$ , prezentând importanța majoră,  $\mu$  explicit,  $\varepsilon$  explicit, dar și implicit prin  $\mu$ -ecuația

(5). Formulele  $\eta_{tr}$  prezintă trei componente, două dintre ele putând fi considerate randamente parțiale: randamentul volumic (coeficient de debit  $\mu$ ), randamentul hidro-gazodinamic în expresii  $\varepsilon$  (căderi de presiune) și factorul de influență –exponentul lui  $\varepsilon$  (dependent de procesul termodinamic de curgere, prin  $n$ ).

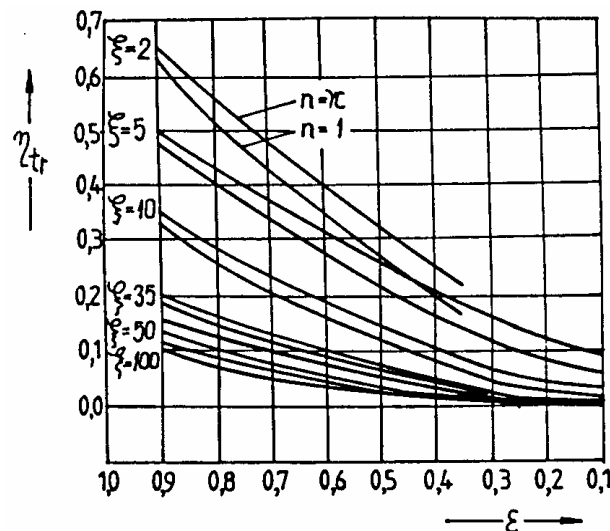


Fig.2 Graficul funcției  $\eta_{tr}(\varepsilon)_{\xi}$ , pentru o conductă de aer, în cazul  $1 < n < k$

Influența naturii termodinamice a curgerii fluidului asupra  $\eta_{tr}$ , rezultă din (7). Se dorește  $\eta_{tr}$

cât mai mare, deci  $\varepsilon^{n+1/n}$  cât mai mare ( $\rightarrow 1$ ), deci  $n$  cât mai mare ( $n \rightarrow k$ ). Curgerea cea mai favorabilă este cea adiabatică, ceea ce impune măsuri de izolare termică a conductei.

În calculul debitului fluidelor expansibile se va ține seama de regimul curgerii (supracritic, depinzând de presiuni și subcritic, constant și independent de presiunea finală, pentru presiunea inițială constantă) deoarece  $\varepsilon = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$ .

Formulele de mai sus permit abordarea analitică a optimizării instalațiilor. În proiectare, valoarea subunitară  $\mu$  majorează diametrul ( $\mu$  apărând sub radical la numitor), debitul real fiind cunoscut. De asemenea, opțiunea pentru valori mari ale diametrului conductei conduce la creșterea  $\varepsilon$ ,  $\mu$  și deci  $\eta_{tr}$  și la reducerea cheltuielilor de exploatare (diametrul apărând la numitor la puterea a cincea). Totuși,

majorarea diametrului conductei conduce la creșterea investiției (diametrul apărând la numărător la puterea a doua).

Calculul economic al instalației, minimizând cheltuielile totale, rezultă dintr-o formulă de genul:

$$D_{ec} = \sqrt[3]{\frac{5K_{exploatare}}{2K_{investiții}}} \quad (8)$$

în care coeficienții  $K_{exploatare}$ ,  $K_{investiții}$  cuprind produse de factori caracteristici, de exploatare (costul energiei de pompare, coeficienții de pierderi liniare și locale, debitul transportat la puterea a treia ș.a.).

Formulele originale propuse permit studiul analitic al instalațiilor de transport fluide inspirând adoptarea justificată a unor măsuri optimizatoare, contribuind la o dimensionare economică și la intervenții tehnice adecvate.

## Bibliografie

[1] Benche, V., Ungureanu, V.B., *Cercetări privind coeficientul de debit al instalațiilor de transport fluide compresibile*, 1999, Conferința Națională de Termotehnică, Craiova.

[2] ] Benche, V., Ungureanu, V.B., *Contributions to the Analytical Study of the Improvement of Carrying Installations for gaseous Fluids*, 1999, Buletinul I.P.Iași, tomul XLV (IL), Fasc5, Iași.

## Monitorul proceselor erozionale pe spații întinse cu ajutorul tehnicilor GIS și analizei spațiale

Gabriela BIALI

Nicolae POPOVICI

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică "GH. ASACHI" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** On présente des considerations concernant l'utilisation de la technique du Systemes d'Information Geographiques et d'analyse spatiale dans l'etablissement de l'état actuel et de perspective sur la dégradation du sol par l'érosion et des processus associés, avec de références concrète sur la modalité de l'application et d'exploitation dans ce but du le Modél digitale de terrain.

**Keywords:** technique GIS, analyse spatiale, dégradation du sol, érosion

### 1. Aspecte generale

Folosirea sistemelor informaționale geografice (GIS) în domeniul prognozei erozionale, se impune și se justifică mai ales datorită posibilităților oferite pentru analiza multitudinii de factori ce intervin în declanșarea și desfășurarea proceselor erozionale, a costurilor ridicate și a timpului mai îndelungat necesare pentru monitoringul lor prin alte metode, mai ales pe arii întinse.

Menirea unui GIS în activitatea de c.e.s. trebuie să fie aceea de a asigura achiziția, stocarea și prelucrarea de date în vederea obținerii de informații care să poată caracteriza sintetic, în orice moment, starea și evoluția proceselor de degradare a terenurilor prin eroziune, torențialitate și sedimentare, în scopul luării unor decizii în timp util, de către factorii responsabili cu managementul teritorial.

### 2. Modelarea proceselor erozionale

În încercarea de prognoza a pierderilor de sol prin eroziunea hidrică de pe terenurile în pantă, încă de la sfârșitul anilor '70 s-au elaborat unele modele matematice coerente, de simulare a proceselor erozionale, printre care se înscrie și "ecuația universală a eroziunii solului" – USLE (Universal Soil Loss Equation).

Respectându-se structura ecuației inițiale, elaborate în anul 1978, în SUA de către Wischmeier și Smith, dar modificându-se semnificația și modalitățile de stabilire a unor parametri componenți, în România relația pentru calculul pierderilor de sol prin eroziunea hidrică, se folosește sub forma:

$$E = K \cdot S \cdot L^m \cdot i^n \cdot C \cdot C_s \quad (2.1)$$

unde:

- $E$  (t/ha-an) este pierderea anuală de sol prin eroziunea în suprafață;
- $K$  (t/ha-an) – erozivitatea zonală; pierderi de sol pe zone de agresiivitate pluvială;
- $L^m$  (m) – lungimea în sensul scurgerii (pantei);
- $i^n$  (%) – panta medie a terenului în lungul scurgerii;
- $S$  – erodabilitatea solului (funcție de tipul de sol);
- $C$  – factor de influență a folosințelor, culturilor și lucrării solului;
- $C_s$  – factor de influență a măsurilor de conservare a solului existente.

Se poate ca în cazul suprafețelor relativ mici de teren, factorii  $K, S, L$  și  $i$  rămân practic neschimbați în timp, modificări relative intervenind, (uneori chiar anual) doar în privința lui  $C$  și  $C_s$ , ce semnifică "managementul agricol".

Urmărind creșterea preciziei de prognoza a degradării în timp a terenurilor prin eroziune, ulterior

au fost elaborate (în special de către Serviciul de Conservare a Solului din SUA), metode mai complexe, computerizate, precum: variantele noi ale ecuației universale – RUSLE 1.04 și Rusle 2.0, modelul WEPP (Water Erosion Predicting Project), modelul EPIC (Erosion – Productivity Impact Calculator), modelul GRASS (Geographical Resources Analysis Suport System), modelul

AGPNS (Agricultural Nonpoint Source Pollution Model) etc.

În toate modelele de simulare matematică a proceselor erozionale intră o multitudine de date alfanumerice și spațiale de o mare diversitate, care au însă o caracteristică comună: se referă la un anumit teritoriu / spațiu geografic.

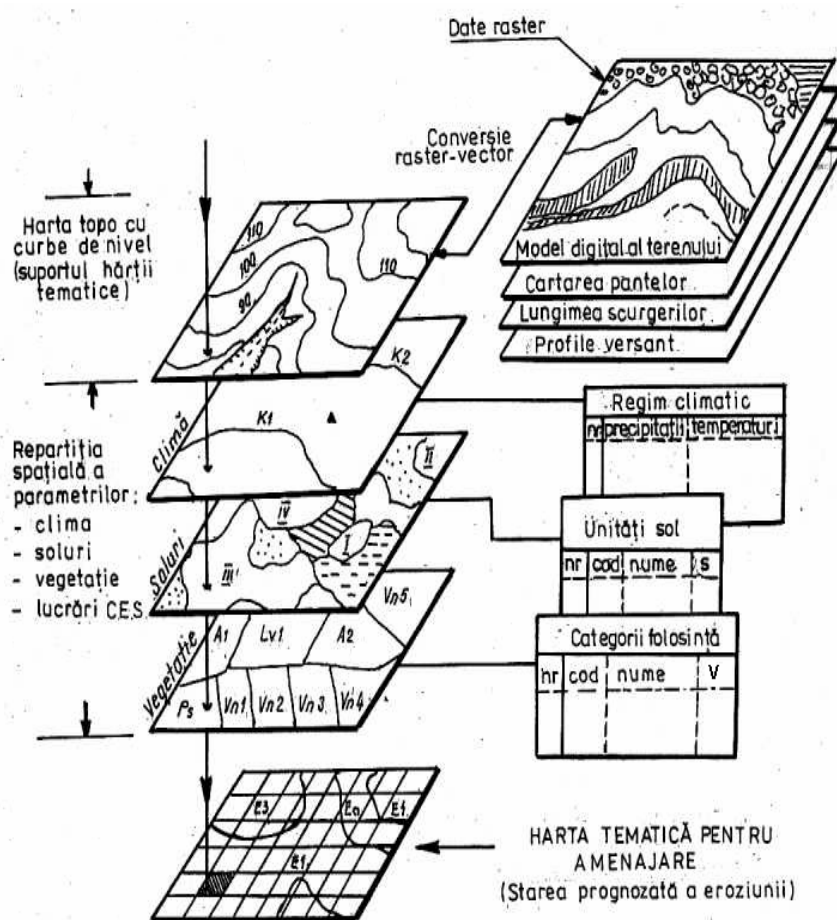


Fig. 1 – Stratificarea datelor georeferențiate pentru studiul eroziunii.

În acest context, pentru crearea bazei de date cu valori georeferențiate pe arii largi, pentru prelucrările acestor date în vederea obținerii de informații “în timp real” și luarea deciziilor, este necesar să se folosească tehnica GIS. Aceasta are în vedere

achiziționarea și stocarea stratificată a datelor multisursă (fig. 1) într-o bază de date relațională. Prelucrarea computerizată a acestora după programe / softuri specifice, în cadrul unui sistem geoinformațional este posibilă și prin folosirea

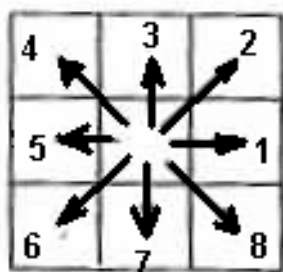
hărților și imaginilor de teledetecție (inclusiv satelitară) numerizate (exprimate digital).

Deoarece informația topografică (caracterizând relieful: pante, expoziții etc.) este esențială pentru

pentru măsurile de amenajare.

evoluția proceselor erozionale, modelarea distributivă a acestora, dezvoltată pe baza modelării și formării scurgerilor prin calcul de integrare pe suportul MNT (Model Numeric de Teren), oferă o mai mare precizie datorită unei analize de detaliu a fenomenului hidrologic ce se dezvoltă în condițiile locale ale teritoriului, o mai atentă evaluare a gradului de vulnerabilitate a versanților și opțiuni mai sigure

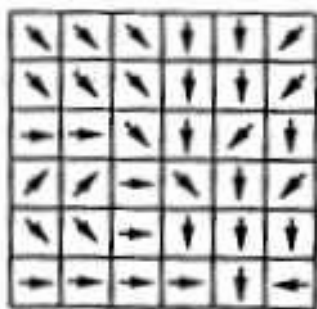
Ținând seama de distribuția spațială pe arii largi a proceselor erozionale, este indicat să se folosească modelul numeric al terenului în forma raster, cu rețea conexă de drenaj. Rețeaua de drenaj a unui teritoriu (de ex. microbazin hidrografic) constituie o structură arborescentă, cu ramificația maximă la nivelul pixelilor sursă, al cărui mod de concentrare în lungul traseelor spre pixelul de închidere depinde de pozițiile pixelilor de confluență (fig.2).



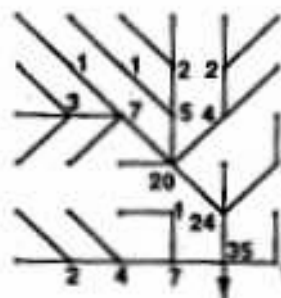
a.

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 78 | 72 | 69 | 71 | 58 | 49 |
| 74 | 67 | 56 | 49 | 46 | 50 |
| 69 | 53 | 44 | 37 | 38 | 48 |
| 64 | 58 | 55 | 22 | 31 | 24 |
| 68 | 61 | 47 | 21 | 16 | 19 |
| 74 | 53 | 34 | 12 | 11 | 12 |

b.



c.



d.

Fig. 2 – Analiza scurgerii într-un bazin utilizând metoda raster – GIS

În cadrul modelării numerice a terenului, informațiile teritoriale sunt sintetizate în planuri tematice specifice structuri topografice, acoperiri cu vegetație, pedologiei, modului de folosire a terenului etc.

Bilanțul de sedimente pe fiecare pixel în cadrul unei succesiuni lungi de evenimente ploaie – scurgere permite inclusiv evaluarea modificărilor

geomorfologice în teritoriu, a proceselor de dezvoltare a formațiunilor eroziunii în adâncime.

Pornind de la diferite scenarii pentru acoperirea vegetală sau modul de folosire a terenului, pot fi evaluate efectele asociate asupra terenurilor, sau se pot face estimări asupra diferitelor măsuri antierozionale preconizate.

De asemenea, modelarea distributivă a proceselor erozionale permite efectuarea unui

important transfer de informații, constituind astfel o bază fundamentală de predicție.

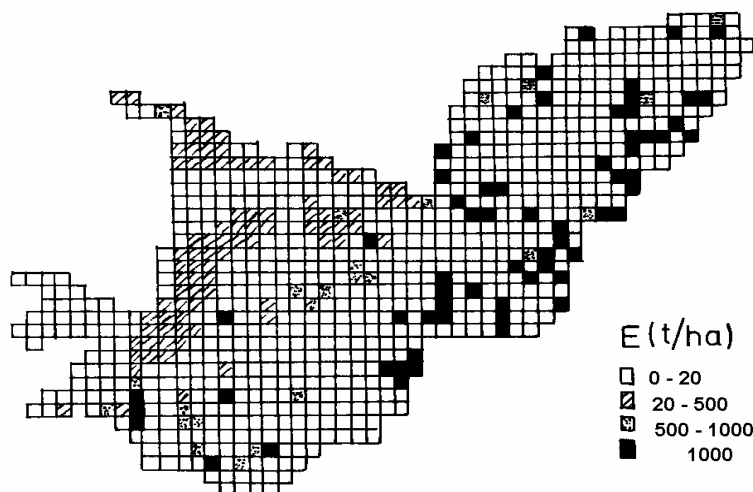


Fig. 3 – Distribuția spațială a pierderilor medii anuale de sol prin eroziune, în bazinul de recepție al acumulării Bajun (b.h. Tsengwen) – Taiwan

### 3. Concluzii:

1. Folosirea tehnicilor GIS în studiul proceselor erozionale pe spații largi, face posibilă stocarea și prelucrarea facilă, computerizată a datelor complexe alfanumerice spațiale provenite din diverse surse și caracterizând un anumit teritoriu, realizarea unui monitoring complex asupra calității solurilor de pe versanți și permite luarea celor mai adecvate măsuri de protecție și conservare a fertilității acestora.

2. Modelarea distributivă spațială a proceselor erozionale pe baza de MNT permite analiza evaluarea gradului de vulnerabilitate a unui teritoriu în relație cu factorii antropici sau chiar dinamica rețelei hidrografice pe baza bilanțului de sedimente pe termen lung, a cărui detalieri prin modelul raster este realizată în contextul local al rețelei de drenaj.

3. Comparativ cu alte modalități de evaluare a potențialului productiv al unor terenuri prin procese de degradare erozională, tehnicile GIS oferă factorilor decizionali în managementul teritorial

agricol, informații în timp real și la un cost mult mai redus.

### 4. Bibliografie selectivă:

- [1] Biali G., Popovici N., *Asupra realizării unor programe informatice pentru un GIS utilizat în prognoza degradării solurilor prin eroziune pe spații largi*, 1998 – 1999, Analele Științifice ale Univ. "Al.I.Cuza" Iași, serie nouă, Geografie – Supliment, tom XLIV – XLV
- [2] Furst J., *Anwendung von Geographischen Information systemen in Hydrologic und Wasserwirtschaft*, 1998, Univ. Wien GmbH
- [3] Haidu I., Haidu C., *S.I.G. Analiză spațială*, 1998, Ed. H.G.A., București
- [4] Zlate - Podani I., *Modelarea proceselor hidrologice la microscară. Teză de doctorat*, 1998, Universitatea Tehnică de Construcții București

## Simularea numerică a dispersiei poluanților. Aplicație pentru Râul Bahlui

Esmeralda Ionela CHIORESCU

Ștefan POPESCU

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract.** The supervise of the pollution degree of rives represents a hard work, which demands to draw permanently a great amont of water samples. In the paper are given a mathematical model and computation program which allow the numerical simulation of the pollutant dispersion in every computation time and in every computation section of a river only under the basis of initial observation and/or from extreme section observations.

**Keywords:** pollution, rives, mathematical model, computation program, simulation, pollutant dispersion

### 1. Introducere

Menținerea și chiar îmbunătățirea calității apei din cursurile naturale sau artificiale constituie un important aspect al activității desfășurate de Regia "Apele Române" și de Agențiile de protecție a mediului.

În prezent, monitorizarea gradului de poluare a apei necesită în permanență prelevarea din anumite secțiuni ale cursului de apă și analiza unui mare volum de probe.

În lucrare se prezintă un model matematic și un pachet compus din trei programe calculator care permit simularea numerică a dispersiei poluanților în râuri, precum și o aplicație numerică concretă referitoare la un tronson din râul Bahlui, aval de municipiul Iași.

### 2. Rezultate și discuții.

S-a considerat un model matematic unidimensional, bazat pe ecuația generalizată a difuziei-convecției unidimensionale în regim nepermanent (ecuația transferului de masă).

Ecuația cu derivate parțiale, a dispersiei poluanților, este de tip parabolic, notațiile având semnificațiile de mai jos:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial(A \cdot C)}{\partial t} + \frac{1}{A} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left( Q \cdot C - E \cdot A \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -K \cdot C + \frac{c_d \cdot q}{A} + \frac{c_p \cdot Q_p}{A \cdot \Delta x} \quad (1)$$

$A$ =aria secțiunii transversale prin albia râului;

$Q=Q(x)$ =debitul volumic;

$C=C(t,x)$ =concentrația medie în secțiunea transversală;

$E, K$ =coeficienții de dispersie longitudinal, respectiv de reacție;

$q, c_d$ =debit unitar și concentrația sursei de poluare liniare;

$Q_p, c_p$ =debitul și concentrația sursei de poluare punctuale;

$\Delta x$ =pasul de calcul după axa  $x$ .

Pentru coeficientul de dispersie  $E$  s-a utilizat formula empirică propusă de Bansol:

$$E = 74.8 \cdot R \cdot (Q/A)^{0.238} \cdot h^{-0.762} \quad (2)$$

cu

$h$ =adâncimea medie a apei în secțiunea transversală.

Pentru regimul hidraulic uniform pe un tronson de râu, parametrii hidraulici  $A$ ,  $Q$  și  $E$  sunt constanți, astfel ecuația (1) devine:

$$\frac{\partial C}{\partial T} + \frac{Q}{A} \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - E \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = -K \cdot C + \frac{c_d \cdot q}{A} + \frac{c_p}{A} \cdot \frac{Q_p}{\Delta x} \quad (3)$$

Pentru unicitatea soluției ecuațiilor (1) și (3), trebuie precizate:

➤ condițiile inițiale  $C(0, x) = \varphi(x)$ ; (4)

➤ condițiile limită:  
- amonte,  $C(0, t) = \varphi_0(t)$  (5)  
- aval,  $C(L, t) = \varphi_L(t)$  (6)

În cazurile concrete de interes practic, ecuația (3), cu condițiile (4)÷(6), se rezolvă numeric, utilizând algoritmi bazați pe metoda diferențelor finite. În acest scop s-au utilizat următoarele aproximări pentru derivatele parțiale și coeficienți:

$$\frac{\partial C}{\partial t}(t_i, x_j) \cong \frac{C_j - C_j^*}{\Delta t}; \quad \frac{\partial C}{\partial x}(t_i, x_j) = \frac{C_{j+1} - C_{j-1}}{2(\Delta x)} \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}(t_i, x_j) = \frac{C_{j+1} - 2C_j + C_{j-1}}{(\Delta x)^2}; \quad (8)$$

$$(K \cdot C)(t_i, x_j) = K_j \cdot C_j; \quad \left( \frac{c_d \cdot q}{A} \right)(t_i, x_j) = \frac{(c_d)_j \cdot q_j}{A_j}; \quad \left( \frac{c_p \cdot Q_p}{A \cdot \Delta x} \right)(t_i, x_j) = \frac{(c_p)_j \cdot (Q_p)_j}{A_j \cdot \Delta x} \quad (9)$$

Convenție de notație:

- mărimile de la momentul  $t_i$ , cunoscute, vor fi indexate superior cu (\*);
- mărimile de la momentul curent de calcul,  $t_{i+1} = (i+1) \cdot \Delta t$ , vor fi neindexate după  $i+1$ ;
- toate mărimile vor fi indexate inferior cu indicele nodului după axa  $x$ ;
- mărimile necunoscute de la momentul  $t_{i+1}$ ,  $C_j$ , ( $j=1, 2, \dots, n-1$ ), vor fi incluse în vectorul  $(n-1)$ -

dimensional  $\mathbf{C}$  ( $C_0$  și  $C_n$  sunt cunoscute din condițiile limită);

- mărimile cunoscute la momentul  $t_i$ ,  $C_j^*$ , ( $i=0, 1, \dots$ ;  $j=1, 2, \dots, n-1$ ), sunt reținute în vectorul  $(n-1)$ -dimensional  $\mathbf{C}^*$ .

Substituind în ecuația cu derivate parțiale (3) expresiile în diferențe finite (7)÷(9), rezultă:

$$f_j = f_j(\mathbf{C}) = \frac{Q_j}{A_j} \cdot \frac{C_{j+1} - C_{j-1}}{2 \cdot (\Delta x)} - E_j \cdot \frac{C_{j+1} - 2C_j + C_{j-1}}{(\Delta x)^2} + \frac{C_j - C_j^*}{\Delta t} + K_j \cdot C_j - \frac{(c_d)_j \cdot q_j}{A_j} - \frac{(c_p)_j \cdot (Q_p)_j}{\Delta x \cdot A_j} \quad (10)$$

În acest caz, schema fiind implicită, vectorul  $\mathbf{C}$  este soluția următoarei ecuații matriceale:

$$\mathbf{A}^* \cdot \mathbf{C} = \mathbf{d}^* \quad (11)$$

în care:

$$\mathbf{A}^* = \mathbf{F}'(\mathbf{C}^*) \quad \text{și} \quad \mathbf{d}^* = \mathbf{A}^* \mathbf{C}^* - \mathbf{F}(\mathbf{C}^*) \quad (12)$$

unde:

$$\mathbf{F}'(\mathbf{C}^*) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial C_1} & \frac{\partial f_1}{\partial C_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial C_j} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial C_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_j}{\partial C_1} & \frac{\partial f_j}{\partial C_2} & \dots & \frac{\partial f_j}{\partial C_j} & \dots & \frac{\partial f_j}{\partial C_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{n-1}}{\partial C_1} & \frac{\partial f_{n-1}}{\partial C_2} & \dots & \frac{\partial f_{n-1}}{\partial C_j} & \dots & \frac{\partial f_{n-1}}{\partial C_{n-1}} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Derivând funcția (10), au rezultat următoarele expresii pentru elementele matricei (13):

$$\frac{\partial f_j}{\partial C_{j-1}} = -\frac{Q_j}{2 \cdot (\Delta x) \cdot A_j} - \frac{E_j}{(\Delta x)^2}, j = 2, 3, \dots, n-1 \quad (14)$$

$$\frac{\partial f_j}{\partial C_j} = \frac{1}{\Delta t} + \frac{2 \cdot E_j}{(\Delta x)^2} + K_j, j = 1, 2, \dots, n-1 \quad (15)$$

$$\frac{\partial f_j}{\partial C_{j+1}} = \frac{Q_j}{2 \cdot (\Delta x) \cdot A_j} - \frac{E_j}{(\Delta x)^2}, j = 1, 2, \dots, n-2 \quad (16)$$

Vectorul  $F^*(C^*)$  prezintă componentele:

$$F(C^*) = \begin{pmatrix} f_1^* \\ \vdots \\ f_{n-1}^* \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$f_j^* = f_j(C^*) \quad (18)$$

### 3. Pachet de programe de calcul

Pentru rezolvarea numerică a ecuației (3), cu condițiile (4)-(6), s-a întocmit un pachet constituit din următoarele trei programe calculator, scrise în **GW BASIC: CHEIALIM.BAS; PROFALB.BAS și RAU.BAS** (listing 1).

Primele două programe pregătesc o parte din datele de intrare în programul **RAU.BAS**.

Programul **CHEIALIM** evaluează coeficienții  $p$  și  $r$  precum și exponentul puterii  $q$  pentru corelația dintre nivele și debite (cheia limnometrică) sub forma legii putere:  $y = p + rx^q$ .

Programul **PROFALB** evaluează parametrii geometrici și hidraulici ai unei albie naturale, de o formă oarecare, corespunzător unui șir de valori ale nivelului apei; astfel sunt evaluate: aria  $A$ , perimetrul udat  $P$ , raza hidraulică  $R = A/p$ , lățimea la luciul apei  $B$ , adâncimea medie  $h_{med} = A/B$ . În final, pentru

fiecare din mărimile  $A$ ,  $R$ ,  $B$  și  $h_{med}$  sunt stabilite corelații de forma putere în raport cu nivelul apei.

Programul **RAU** rezolvă numeric ecuația cu derivate parțiale (3) printr-un algoritm cu diferențe finite implicit. Datele de ieșire din program sunt redată în **listing-un 1**.

Programul principal apelează la următoarele subprograme:

- de înmulțire a două matrice;
- de rezolvare a sistemelor liniare cu matricea coeficienților tridiagonală;
- de evaluare a coeficienților ecuației (3).

### 4. Aplicație numerică

Programul **RAU** a fost testat cu un exemplu numeric referitor la tronsonul de râu Bahlui, delimitat de stațiile hidrometrice Dancu și Chiperești, considerând totodată și confluența Bahlui -Jijia. Datele de intrare, sistematizate după criteriile din **listing-ul 1**, sunt următoarele:

#### 1.1. Date generale

$Eps=0.01$ ;  $n_{Seri}=18$ ;  $x_0=0$ ;  $x_R=5500m$ ;  $L=8500m$ ;  $h=\Delta x=425m$ ;  $AK=\Delta t=865s$ ;  $Nph=20$ ;  $Npk=264$ .

#### 1.2. Constante din expresiile coeficienților ecuației, proprii tronsonului de râu

|                   |                   |                      |
|-------------------|-------------------|----------------------|
| $nScL=2$ ;        | $xSc1=x_0=0$ ;    | $xSc2=x_0+L=8500m$ ; |
| $z0m_0=33.35m$ ;  | $z0m_L=29.95m$ ;  |                      |
| $aQ_0=-3.7071$ ;  | $bQ_0=0.3386$ ;   | $cQ_0=1.5959$ ;      |
| $aQ_L=0.27135$ ;  | $bQ_L=20.272$ ;   | $cQ_L=1.48997$ ;     |
| $aA_0=5.866$ ;    | $bA_0=2.443$ ;    | $cA_0=1.9353$ ;      |
| $aA_L=-5.3002$ ;  | $bA_L=8.7217$ ;   | $cA_L=1.37795$ ;     |
| $ah_0=-1.51198$ ; | $bh_0=1.1237$ ;   | $ch_0=0.747454$ ;    |
| $ah_L=-0.45$ ;    | $bh_L=0.81017$ ;  | $ch_L=0.866553$ ;    |
| $aR_0=-1.48233$ ; | $bR_0=1.101685$ ; | $cR_0=0.747454$ ;    |
| $aR_L=-0.44121$ ; | $bR_L=0.79428$ ;  | $cR_L=0.866503$ ;    |

#### 1.3. Variabile din expresiile coeficienților ecuației proprii problemei de analizat

$NSpP=1$ ;  $xPk=5500$ ;

$t_1Q_1(I)=t_1Q_1(2)=t_1q=t_1cd=t_1k=t_1PQ(I)=172800s$ ;

$a_1Q_1(I)=1.86$ ;  $b_1Q_1(I)=c_1Q_1(I)=0$ ;

$a_1 Q_1(2)=9.74;$   
 $a_2 Q_1(1)=3.0;$   
 $a_2 Q_1(2)=8.0;$   
 $a_1 q=b_1 q=0;$   
 $a_1 cd=b_1 cd=0;$   
 $a_1 k=b_1 k=0;$   
 $a_1 PQ(1)=7.88;$   
 $a_2 PQ(2)=5.00;$   
 $a_1 Pc(1)=1047;$   
 $a_2 Pc(1)=500;$

$b_1 Q_1(2)=c_1 Q_1(2)=0;$   
 $b_2 Q_1(1)=c_2 Q_1(1)=0;$   
 $b_2 Q_1(2)=c_2 Q_1(2)=0;$   
 $a_2 q=b_2 q=0;$   
 $a_2 cd=a_2 cd=0;$   
 $a_2 k=b_2 k=0;$   
 $b_1 PQ(1)=0;$   
 $b_2 PQ(1)=0;$   
 $b_1 Pc(1)=0;$   
 $b_2 Pc(1)=0.$

#### 1.4. Funcții ce redau condițiile limită

$t_1 Fi_0=t_1 FiL=172800s;$        $x_1 Fi=1229;$   
 $a_1 Fi=2000;$      $b_1 Fi=0;$      $a_2 Fi=1229;$      $b_2 Fi=0;$   
 $a_1 Fi_0=2000;$      $b_1 Fi_0=0;$      $a_2 Fi_0=1000;$      $b_2 Fi_0=0;$   
 $a_1 FiL=1229;$      $b_1 FiL=0;$      $a_2 FiL=1229;$      $b_2 FiL=0.$

Din prelucrarea datelor de ieșire, au rezultat graficele ce redau evoluția concentrației în poluant (rezidu-ul fix) de-a lungul tronsonului Dancu – Chiperești (fig.1).

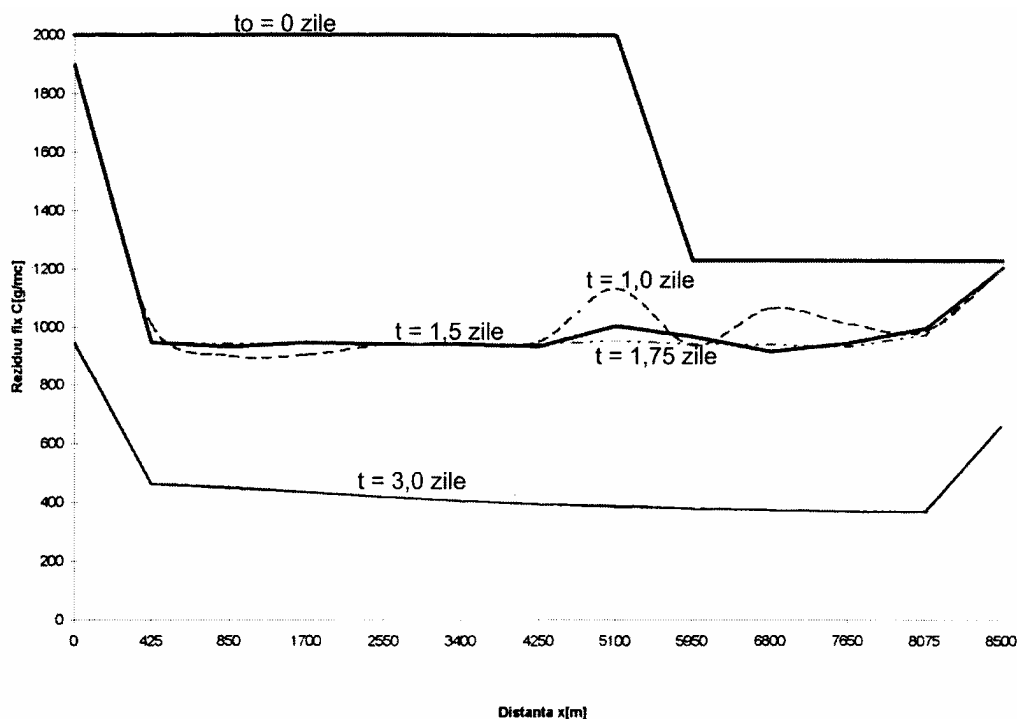


Fig. 1. Variația concentrației (reziduul fix) pe tronsonul Dancu-Chiperești

## 5. Concluzii

Contribuția acestei lucrări constă în:

- prezentarea sintetică a unui model matematic și a unui pachet de programe calculator ce facilitează simularea dispersiei poluanților în râuri;
- urmărirea variației concentrației în poluanți în timp și spațiu, în orice secțiune intermediară de pe parcursul unui râu (nu numai în cele de efectare a prelevărilor de probe) permite prognozarea mai

precisă a evoluției calității apei și stabilirea unor măsuri adecvate de exploatare a surselor de apă.

## 6. BIBLIOGRAFIE

- [1] Cojocaru, I. *Surse, procese și produse de poluare*, Ed. Junimea, Iași, 1995;
- [2] Negulescu, M. *Protecția mediului înconjurător*, Ed. Tehnică, București, 1995;
- [3] Roman, P. *Introducere în fizica poluării fluidelor*, Ed. Șt. En., București, 1980.

## Studii asupra deficitului de producție determinat de secete în condițiile Moldovei

Corneliu CISMARU

Iosif BARTHA

Victor GABOR

Daniel SCRIPCARIU

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică "GH.ASACHI" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** Agricultural damages due to drought have been studied by simulation of the hydric regime dynamics of soil for a representative soil – chamic chernozem – and for three main cultures (corn, sugar beet and alfalfa). For analyze intensity of droughts humidity index, proposed by N. Soroceanu, is used. Close relationships between the relative damages of agricultural production and the humidity index values from the end of vegetation season have been established. Finally, multiannual average production losses have been determined.

**Keywords:** Agriculture damages, drought, simulation, relationships, humidity index, agricultural production.

### 1. Introducere

În țara noastră secetele severe de diferite intensități afectează frecvent o bună parte din teritoriu, în special sudul și estul țării. În ultimele decenii situația s-a înrăutățit, deoarece frecvența, durata și intensitatea secetelor au crescut.

Impactul lor nefavorabil afectează direct agricultura, zootehnia, piscicultura și alimentările cu apă, iar indirect întreaga activitate economică, sănătatea publică și calitatea factorilor de mediu.

În Moldova, efectele secetelor agricole sunt accentuate de valorificarea scăzută a precipitațiilor datorită pantelor relativ mari ale terenurilor, ce favorizează scurgerile ce se produc în timpul ploilor însemnate.

Caracteristicile secetelor (intensitatea, durata, frecvența, suprafața afectată) în zona de est a țării au fost analizate în studii anterioare [1, 2].

În această lucrare s-au analizat pierderile relative de producție agricolă, funcție de intensitatea secetelor și variația acestora la nivel mediu multianual pe teritoriul Moldovei.

### 2. Metoda de lucru

Deficitul de producție s-a analizat pentru culturile de porumb, sfeclă de zahăr și lucernă în condițiile unui sol cernoziom cambic (tab.1), reprezentativ pentru zona Moldovei.

*Tabel 1* Caracteristicile fizice și hidrofizice ale tipului de sol cernoziom cambic

| Tip de sol       | Strat | Adâncime inițială (m) | Adâncime finală | CC (%) | CO (%) | Densitatea aparentă (g/cm <sup>3</sup> ) |
|------------------|-------|-----------------------|-----------------|--------|--------|------------------------------------------|
| Cernoziom cambic | 1     | 0,0                   | 0,25            | 27,1   | 8,7    | 1,28                                     |
|                  | 2     | 0,25                  | 0,60            | 23,4   | 11,0   | 1,39                                     |
|                  | 3     | 0,60                  | 1,0             | 23,7   | 10,0   | 1,35                                     |
|                  | 4     | 1,0                   | 1,50            | 25,5   | 10,0   | 1,35                                     |

Deficitul de producție an de an a fost stabilit prin simularea dinamicii bilanțului hidric, cu ajutorul programului de calcul ISAREG [5], la 15 stații agrometeorologice (Adjud, Avrămeni, Bacău, Bârlad, Berești, Botoșani, Dorohoi, Fălțiceni, Focșani, Galați, Huși, Iași, Roman, Tecuci, Vaslui) pe un șir de 18 ani (1981-1998), cu mersul real al precipitațiilor și al consumurilor specifice fiecărei culturi.

Evapotranspirația potențială a fost calculată lunar prin metoda Penman, în funcție de valorile temperaturii aerului, vitezei vântului, umidității relative a aerului și duratei de strălucire a Soarelui.

Pierderile relative de producție (deficitul relativ) se obțin folosind relația lui Stewart [4] (ce presupune o legătură direct proporțională între evapotranspirația relativă și deficitul relativ de producție).

Pentru o fază de vegetație are expresia:

$$\frac{\Delta y}{y_{\max}} = k_y \left( 1 - \frac{ETa}{ETm} \right) \cdot 100 \quad (2.1)$$

iar pentru tot sezonul de vegetație:

$$1 - \frac{y_a}{y_{\max}} = 1 - \prod \left( \frac{y_a}{y_{\max}} \right)_i \quad (2.2)$$

în care:

$ETa$  – evapotranspirația efectivă;

$ETm$  – evapotranspirația maximă;

$K_y$  – coeficient de proporționalitate, cu valori diferențiate pe culturi și faze de vegetație;

$\Delta y$  – scăderea producției agricole;

$y_a, y_{\max}$  – producția realizată, respectiv maximă.

În paralel, s-a efectuat analiza severității secetelor din fiecare an, apreciată pe baza valorilor indicelui de umiditate propus de N. Soroceanu [3].

Cu rezultatele privind pierderile relative de producție pentru culturile analizate și indicii de umiditate, calculați pentru sfârșitul perioadei de vegetație, s-au efectuat corelații pentru fiecare cultură.

Acest indice integrează și completează evoluția secetei în lunile cele mai critice, cum sunt iulie și august. Folosirea intensității secetei din octombrie ca reprezentativă pentru culturile de toamnă se bazează și pe faptul că cele mai multe secete de durată ating intensitatea maximă în această lună.

Pe baza corelațiilor între deficitul anual de producție și intensitatea secetei, după ce s-a stabilit valorile medii multianuale ale indicelui de umiditate, s-au calculat pierderile de producție determinate de secetă.

### 3. Rezultate

Legăturile între deficitul relativ de producție și indicele de intensitate a secetei ( $Iu$ ) sunt de tip logaritmice (fig.1.), reflectând situația reală de accentuare a deficitului și pagubelor cu cât rezerva de apă din sol este mai apropiată de coeficientul de ofilire.

Ecuatiile de regresie logaritmice între deficitul relativ de producție și indicele de intensitate a secetei la finele perioadei de vegetație sunt:

- la porumb:

$$\Delta y/y_{\max} = 1,005 - 130,949 \lg(Iu) \quad (3.1)$$

- la sfeclă de zahăr:

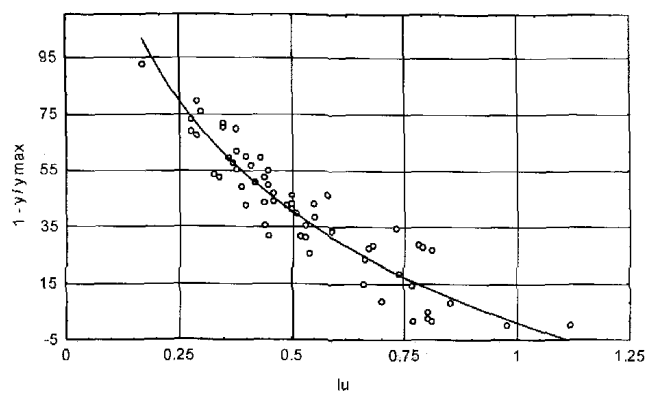
$$\Delta y/y_{\max} = 6,903 - 92,868 \lg(Iu) \quad (3.2)$$

- la lucernă:

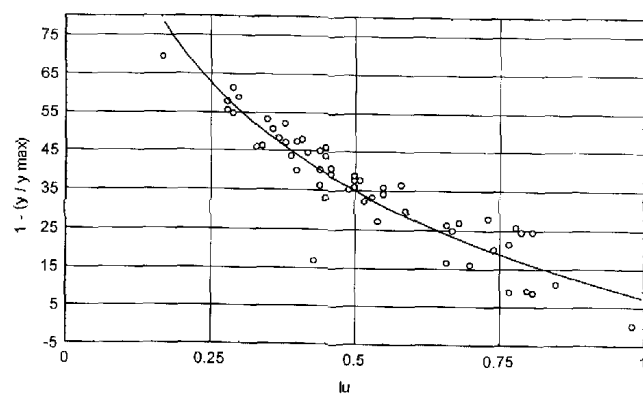
$$\Delta y/y_{\max} = 7,937 - 91,879 \lg(Iu) \quad (3.3)$$

Din analiza corelațiilor la aceste culturi se constată că pierderile cresc odată cu intensitatea secetei la finele perioadei de vegetație. La porumb pierderile până la 20% din producția maximă potențială se manifestă în condițiile secetei ușoare, până la 45% în cazul secetei moderate, până la 68-70% dacă seceta a fost gravă, iar în cazul secetei extreme cultura poate fi compromisă total.

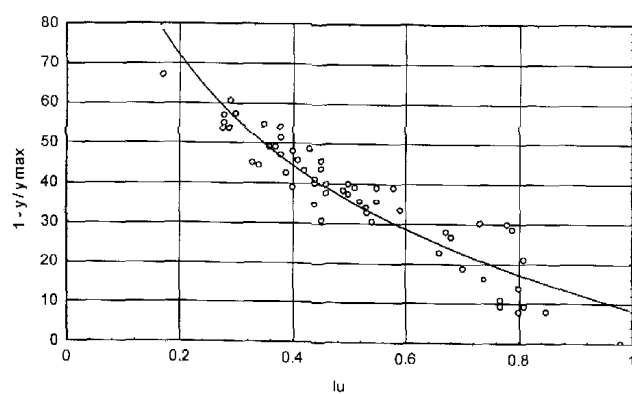
La sfecla de zahăr, pierderile relative de producție la același nivel de secetă, sunt mai reduse decât la porumb cu câteva procente (de exemplu: pentru seceta moderată, la sfeclă pierderile sunt între 20-25%, iar la porumb între 17-40%; pentru secetă gravă, la sfeclă pierderea relativă de producție este de 35-60% iar la porumb 40-77%; la secetă extremă, pentru sfeclă corespund pierderi de 60-100% iar pentru porumb 77-100%).



a)



b)



c)

Fig.1. Deficitul relativ de producție anual funcție de indicele de intensitate la sfârșitul perioadei de vegetație (luna octombrie) pentru sol tip cernoziom cambic la culturile de porumb (a), sfeclă de zahăr (b) și lucernă (c).

**Deficitul de producție mediu multianual  
pe culturi în cuprinsul zonei de est a țării**

Intensitatea secetei medii multianuale, apreciate după indicii de umiditate Soroceanu pe luna octombrie a fost stabilită pentru perioada 1981-1998. Valorile acestui indice sunt arătate în tabelul 2.

Din analiza distribuției deficitului mediu multianual al producției agricole pe teritoriul Moldovei se constată următoarele:

Zona unde seceta determină pierderi maxime se află între Galați și Tecuci (în podișul Covurlui) și se extinde de-a lungul Prutului între Berești și Huși. Aici, pierderile sunt de 40 - 51%, la cultura de porumb și de 40-43% la sfeclă de zahăr și la lucernă.

Mergând spre nord, deficitul de producție scade, dar se menține totuși ridicat în podișul Bârladului și colinele Tutovei (în zona localităților Bârlad, Vaslui) și chiar mai la nord, în câmpia Prutului Mijlociu (Iași, Botoșani, Avrămeni).

Valorile cele mai scăzute sunt în podișul Sucevei și în podișul piemontan.

Pentru evaluarea operativă a pagubelor chiar din momentul începerii secetei care se manifestă prima dată în epicentru (situat pentru Moldova în zona Galați-Tecuci), prezintă interes corelațiile între indicii de umiditate mediu pe perioada de secetă, stabilit în epicentru ( $Iu_{med,ep}$ ) și pierderea de producție medie ponderată la scara întregii regiunii.

Tabel 2 Valorile indicelui mediu de intensitate a secetei ( $Iu$ )

| Stația meteo              | Iași     | Vaslui  | Tecuci | Roman     | Huși     |
|---------------------------|----------|---------|--------|-----------|----------|
| $Iu$ multian. (luna oct.) | 0,7      | 0,57    | 0,45   | 0,71      | 0,50     |
| Stația meteo              | Galați   | Focșani | Adjud  | Fălticeni | Dorohoi  |
| $Iu$ multian. (luna oct.) | 0,41     | 0,52    | 0,64   | 0,78      | 0,61     |
| Stația meteo              | Botoșani | Berești | Bârlad | Bacău     | Avrămeni |
| $Iu$ multian. (luna oct.) | 0,62     | 0,51    | 0,52   | 0,57      | 0,71     |

Expresiile analitice ale acestor corelații sunt următoarele[1]:

- la cultura de porumb

$$\Delta y/y_{max} 100 = -8,26 - 111,391 \cdot \lg Iu_{med,ep} \quad (3.4)$$

- la cultura de sfeclă de zahăr

$$\Delta y/y_{max} 100 = -4,96 - 92,214 \cdot \lg Iu_{med,ep} \quad (3.5)$$

- la cultura de lucernă

$$\Delta y/y_{max} 100 = -3,314 - 90,987 \cdot \lg Iu_{med,ep} \quad (3.6)$$

În legătură cu vulnerabilitatea la secetă și variația ei pe teritoriul Moldovei sunt necesare studii mai aprofundate, care să ia în considerare un evantai mai larg de factori care potențază sau reduc efectul

secetelor. Ponderea acestor factori este destul de importantă pentru productivitatea agricolă, iar gestiunea acestora face parte din problematica

gestiunii integrate a secetelor. În această categorie de factori trebuie cuprinși grosimea solului și capacitatea de înmagazinare a precipitațiilor, panta terenului și coeficientul de scurgere de la suprafața solului, caracterul torențial al precipitațiilor, ș.a.

#### 4. Concluzii

1. Din analiza deficitului de producție determinat de secete în Moldova la scară multianuală a rezultat mărimea pierderilor de producție la trei culturi principale pentru această zonă: porumb, sfeclă de zahăr și lucernă.

2. Pierderile procentuale de producție se corelează strâns cu indicii de intensitate a secetei mediu multianual pe luna octombrie. Corelațiile între aceste elemente sunt de formă logaritmică.

3. Pierderile procentuale medii multianuale variază pe teritoriul zonei studiate de la sud spre

nord, cât și de la est la vest.

4. Pierderile cele mai mari în teritoriu sunt înregistrate în epicentrul secetelor, respectiv în zona Galați-Tecuci- Bârlad: de 41-51% la porumb și 40-43% la sfeclă de zahăr și la lucernă. Spre nord și vest pierderile scad însă cu un gradient mai mic pe direcția nord-sud decât pe direcția est-vest. Pierderile cele mai mici sunt în podișul Sucevei și în podișul piemontan.

5. Zona unde seceta are consecințe economice maxime cuprinde podișul Covurlui, extinzându-se spre nord pe o fâșie care ajunge până la Huși.

Prin simularea dinamicii bilanțului hidric al solului și corelarea pierderii de producție cu indicii de intensitate a secetelor Iu, s-au stabilit corelațiile de tip logaritmice între aceste variabile, care s-au folosit pentru determinarea pagubelor produse de secetă.

În scopul stabilirii vulnerabilității la secetă pe teritoriul Moldovei, s-au analizat legăturile între indicii de umiditate mediu pe perioada de secetă și pierderea de producție medie ponderată pentru toată regiunea. Aceste legături, exprimate prin relații de regresie, pot fi folosite pentru prognoze ale impactului secetelor și de asemenea reprezintă

elemente de bază pentru studiul vulnerabilității la secetă, ca rezultat al acțiunii sinergice a condițiilor naturale (climă, pantă, sol) și agricole.

## 5. Bibliografie

- [1] Cismaru, C., Bartha, I., Cojocaru, I., Marcoie, N., Gabor, V - *Characterizing agricultural droughts in eastern Romania*. 1-st Inter-Regional Conference on Environment-Water: Innovative issues in irrigation and drainage, Lisabona, 1998, p.430-439.
- [2] Cismaru, C., Bartha, I., Marcoie, N., Gabor, V. - *Unele caracteristici ale secetelor din ultimele decenii în partea estică a României*. Rev. Hidrotehnica, vol.44, 1999.
- [3] Soroceanu, N. - *Considerații asupra conceptului și evaluării fenomenului de secetă*. Studii și cercetări meteorologice, vol.3, I.N.M.H. București, 1989.
- [4] Stewart, S.A., Nielsen, D.R. - *Irrigation of Agricultural Crops*. Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1990
- [5] Teixeira, J.L. - *Programa ISAREG Guia do utilizador*. Projecto NATO-po-Irrigation. Dep. de Eng. Rural, Inst. Sup. de Agron., Univ. Tehnica de Lisboa, 1994.

## Studii privind eficiența lucrărilor de reabilitare și de modernizare a sistemelor de irigații cu mai multe trepte de pompare (cu referire la Podișul Moldovei)

Corneliu CISMARU

Victor GABOR Tudor Viorel BLIDARU Daniel SCRIPCARIU

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică "GH.ASACHI" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** The paper analyzed irrigation efficiency in actual stage of system equipment for some representative cultures. Different rehabilitation and modernization solutions have been analyzed from technical and economic point of view, establishing their profitability. Economic criteria for irrigation projects are taking in account pumping head and cost for increase the pumping, transport and distribution water efficiency.

**Keywords:** irrigation efficiency, rehabilitation, modernization, solutions, pumping station.

### 1. Introducere

Începând din anul 1989 amenajările de irigații existente pe cca. 3,2 milioane ha în țara noastră au fost utilizate din ce în ce mai puțin, deși în unii ani ca 1992, 1998 în partea de sud-est a țării au fost secete severe.

Starea tehnică a sistemelor s-a agravat din cauza reducerii cheltuielilor de întreținere și reparații. Pe de altă parte, cererea de apă s-a redus deoarece, în urma aplicării legii 18, proprietatea funciară s-a divizat (în medie pe țară un agricultor având 2,5 ha), instalațiile de udare existente, insuficiente și în ipoteza udării prin rotație pe suprafețe mari au ajuns să fie total insuficiente și să mai existe numai la unitățile cu capital de stat.

Agricultura din țara noastră în condițiile proprietății funciare mici este de subzistență și nu are mijloacele financiare pentru a apela la irigații. S-a ajuns în situația că multe din sistemele mari de irigații irigă numai câțiva beneficiari care au suprafețe mari, societăți cu capital de stat sau asociații de cultivatori de legume.

Un impact negativ asupra eficienței economice a irigației are reducerea gradului de utilizare, care produce mărirea costului apei de irigație pe care trebuie să o suporte agricultorul, ajungându-se în situația că sporul de venit adus de irigație este depășit de cheltuielile impuse de această verigă tehnologică.

Studii efectuate de I. Nicolaescu [5,6] și M. Moisă [3,4] au evidențiat că direcțiile pentru reducerea cheltuielilor pentru irigații se referă în special la creșterea randamentelor pomparei sau a randamentului rețelei de transport și distribuție și a randamentului udărilor.

În această lucrare se analizează eficiența irigației separat pe trepte de pompare în situația actuală și în perspectivă dacă nu se întreprind măsuri de reabilitare și modernizare.

În problema fundamentării soluțiilor de modernizare am utilizat elemente de metodologie elaborate de I. Nicolaescu [5,6], ca și elemente din metodologia studiilor elaborate de Binnie and Partners în colaborare cu ISPIF-SA București [2].

### 2. Eficiența irigației în condițiile din Podișul Moldovei

Experiențele efectuate în perioada 1982-1998 (17 ani) la Stațiunea de cercetări agricole Podu Iloaiei [1] privind eficiența irigației în condiții de fertilizare și agrotehnică superioară, au arătat clar că plătind apa de irigație la nivel de 221.000 - 355.000 lei (prețuri la nivelul anului 1998) s-au înregistrat următoarele valori medii pe culturi (tab.1).

Tabel 1  
Indicatori de rentabilitate a irigației în condițiile stațiunii experimentale agricole Podu Iloaiei [1]

| Cultura                        | Valoarea sporului de producție datorat irigației (lei/ha) | Cheltuieli pentru sporul de producție, inclusiv apa de irigație (lei/ha) | Costul apei de irigație (lei/ha) | Beneficiul datorat irigației (lei/ha) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Porumb                         | 2.320.000                                                 | 1.900.000                                                                | 355.000                          | 420.000                               |
| Grâu                           | 1.788.000                                                 | 738.000                                                                  | 114.000                          | 1.050.000                             |
| Soia                           | 1.950.000                                                 | 782.000                                                                  | 242.000                          | 1.168.000                             |
| Sfeclă de zahăr                | 3.250.000                                                 | 1.540.000                                                                | 240.000                          | 1.710.000                             |
| Leguminoase și graminee perene | 868.000                                                   | 730.000                                                                  | 231.000                          | 138.000                               |

Se remarcă faptul că beneficiul irigației are valori mai ridicate la sfeclă de zahăr, urmată de soia și grâu, mai redus la porumb și scăzut la leguminoase și graminee. Aceste date pot constitui o orientare în amplasarea culturilor în sensul că cele cu beneficii mai mari pot fi așezate pe trepte de pompare mai ridicate.

În bazinul râului Prut sistemele mari cu mai multe trepte de pompare sunt arătate în tab.2.

Consumurile specifice de energie (kwh/ha) variază cu înălțimea de pompare și cu randamentul hidraulic al aducțiunii, care este funcție de gradul de utilizare al sistemului. Sunt prezentate graficele de variație a consumurilor specifice în condițiile a două sisteme de irigație: Câmpia Covurlui (fig.1.a,b) și Sud Soloneț din amenajarea Tabăra-Trifești-Sculeni (fig.2).

Tabel 2.  
Sisteme de irigație pentru care au fost analizate consumurile energetice și suprafața aferentă treptelor de pompare

| Sistemul                |                        | Treapta de pompare     | Suprafața (ha) |
|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| Câmpia Covurlui         |                        | I (luncă)              | 5545           |
|                         |                        | II vest (pe CMT1+CMT2) | 47232          |
|                         |                        | III vest               | 25929          |
| Albița Fălciu           | Râșești                | I                      | 2204           |
|                         | Pogănești              | I                      | 3145           |
|                         | Săratu                 | I                      | 2870           |
|                         | Bumbăta                | I                      | 4193           |
|                         | Berezeni               | II                     | 910            |
| Tabăra Trifești Sculeni | Nord Soloneț           | I                      | 5103           |
|                         |                        | II                     | 3390           |
|                         | Sud Soloneț            | I                      | 2588           |
|                         |                        | II                     | 2541           |
|                         | Lunca Trifești Sculeni | I                      | 1739           |
|                         |                        | I                      | 7288           |

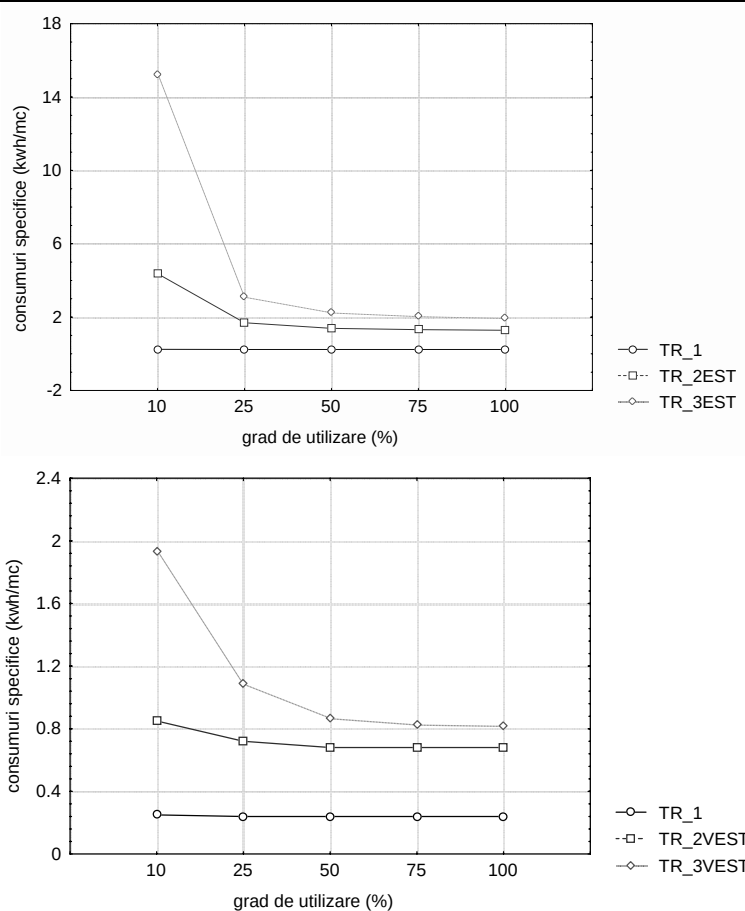


Fig.1. Variația consumurilor specifice de energie pe trepte de pompare, funcție de gradul de utilizare a sistemului de irigații Câmpia Covurlui: est (a) și vest (b)

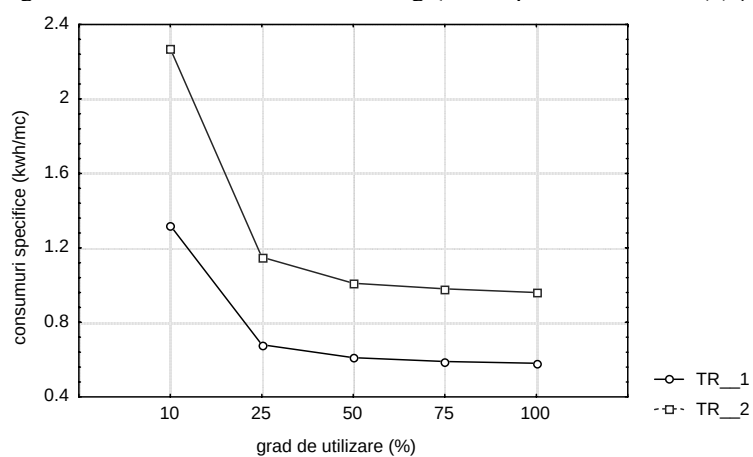


Fig.2. Variația consumurilor specifice de energie pe trepte de pompare, funcție de gradul de utilizare a sistemului Sud - Soloneț

### 3. Lucrări de reabilitare și modernizare adecvate sistemelor din Moldova

Lucrările de reabilitare și modernizare au în vedere pe de o parte reducerea cheltuielilor pentru irigații, iar pe de altă parte valoarea producției agricole.

Cheltuielile pentru irigații (în condițiile când statul nu acordă subsidii) se referă la:

- costurile energiei pentru pomparea apei;
- costurile pentru întrețineri și reparații;
- costuri pentru administrarea sistemului;
- tarife plătite Regiei Apelor Române pentru captare;
- cheltuielile pentru realizarea practică a udărilor și amortismente pentru instalațiile de udare.

Se pot exclude amortismentele pentru amenajările fixe care pot să fie preluate de către stat.

Valoarea producției agricole depinde de structura de culturi, producția la hectar și prețul de vânzare.

Măsurile de reabilitare și modernizare trebuie să aibă în vedere toate pârghiile de influențare favorabilă a acestor factori. Din aceste măsuri un interes deosebit îl au cele care privesc reducerea costurilor energetice.

Energia pentru pompare are expresia:

$$E = \frac{2,725 \cdot Gu \cdot V_0 \cdot H}{\eta_p \cdot \eta_s} \quad [\text{kwh}] \quad (3.1)$$

$$\eta_s = \left[ \frac{1}{\eta_u \eta_d} + \frac{V_{pa}}{Gu \cdot V_0} \right]^{-1} \quad (3.2)$$

În aceste relații:

$V_0$  - volumul de apă net necesar în sistem, cu asigurarea de 50%, pentru condițiile unui an mediu (destinat acoperirii consumurilor prin evapotranspirație ale culturilor);

-  $H$  - înălțimea totală de pompare (mCA);

-  $\eta_s$  - randamentul global al amenajării;

-  $\eta_p$  - randamentul mediu ponderat a stațiilor de pompare;

-  $\eta_u$  - randamentul udărilor;

-  $\eta_d$  - randamentul rețelei de distribuție din conducte

-  $Gu$  - gradul de utilizare a sistemului:

$$Gu = \frac{V_r}{V_0} \quad (3.3)$$

-  $V_r$  - volumul real distribuit într-un sistem în timpul unui sezon;

-  $V_{pa}$  - volumul pierderilor de apă din canale; care depinde de pierderile unitare ( $l/m^2 \cdot zi$ ), de perimetrul de exfiltrație și de lungimea canalelor deschise.

Măsurile de modernizare vizează și condițiile zonei noastre, unde apa încă nu este o resursă limitată, au scopul de a reduce consumurile energetice, direcțiile de acțiune fiind:

➤ înlocuirea agregatelor de pompare uzate, având randamente scăzute, cu agregate având randamente superioare. În acest mod randamentul  $\eta_p$  poate crește la unele stații de pompare de la valori actuale de cca. 0,35 la 0,7;

➤ refacerea impermeabilizărilor prin utilizarea unor materiale mai eficiente decât cele din beton (ex. geomembranele), reducându-se substanțial volumul pierderilor prin exfiltrație. Pe lângă efectul economic este de considerat și efectul ecologic favorabil;

➤ creșterea randamentului udărilor prin înlocuirea instalațiilor de udare actuale, cu mutare manuală, cu instalații de udare autodeplasabile, care pe lângă reducerea consumurilor energetice conduc și la mărirea producțiilor la hectar (prin faptul că în expresia randamentului udărilor ca factor intră coeficientul de uniformitate al udărilor) nefiind de neglijat nici efectul ecologic favorabil pe care îl produce;

➤ creșterea gradului de utilizare al sistemelor de irigații peste un prag minim peste care consumul specific de energie se menține la valoarea cea mai scăzută.

Acest prag minim a cărui valoare pentru condițiile sistemului M. Kogălniceanu (Dobrogea) este de 45-59% [7] pentru condițiile din Moldova, unde lungimea specifică a canalelor deschise în cadrul schemelor de amenajare este mai redusă decât în Dobrogea, poate să aibă valoare mai mică, fiind în acord și cu cerințele de irigații mai reduse din zona podișului Moldovei.

Pentru realizarea acestui deziderat și pentru se asigura o continuitate a irigației, de la an la an

trebuie să se înființeze asociații de utilizatori de apă și să se definitiveze reforma necesară și în privința proprietății funciare.

Creșterea producțiilor agricole depinde de mulți factori, irigația fiind unul dintre ei, în lipsa celorlalți chiar eficiența irigațiilor fiind sub semnul întrebării. În acest sens, instalațiile de udare performante au un rol de seamă:

- pentru reducerea personalului și cheltuielilor de exploatare se impune o modernizare pe linia automatizării și informatizării sistemelor;
- reducerea normelor nete de irigație prin măsuri organizatorice ca: organizarea prognozei udărilor, folosirea irigației deficitare în locul celei optimale la culturi de câmp, etc.

#### 4. Concluzii

Rentabilitatea irigației în situația actuală, pe treptele a II-a și a III-a ale sistemelor din podișul Moldovei este nesigură, în special la culturi de leguminoase și ierburi perene, porumb, grâu.

În condițiile treptelor de pompare cu consumuri specifice de energie de peste 1 kWh/m<sup>3</sup> sunt necesare analize aprofundate ale rentabilității irigației la toate culturile de câmp.

Acolo unde gradul de utilizare este sub 25%, consumurile specifice cresc mult, ceea ce poate face ca și pentru amenajările de pe treapta a II-a să se impună analize economice aprofundate.

Măsurile de reabilitare și modernizare ale sistemelor din Podișul Moldovei considerăm că

trebuie să se refere în primul rând la reducerea consumului de energie electrică pentru pomparea apei, respectiv creșterea randamentelor stațiilor de pompare, reducerea înălțimilor totale de pompare, reducerea normelor nete de irigație ș.a.

#### 5. Bibliografie

- [1] Ailincăi Despina - *Cercetări privind influența irigației și a fertilizării asupra producțiilor și eroziunii solurilor pe terenuri în pantă din depresiunea Jijia-Bahlui*. Teză de doctorat, U.T.I., 1998.
- [2] Binnie & Partners Ltd. In association with Hunting Tech. Services Ltd. U.K. and ISPIF – SA Bucuresti – *Study of Irrigation and Drainage in Romania*. Bucuresti, 1994.
- [3] Moisă, M. - *Considerații teoretice asupra randamentului sistemelor de irigații*. Rev. Hidrotehnica, 4/1993, p.15-19.
- [4] Moisă, M. - *Model de calcul a rentabilității irigației*. Rev. Hidrotehnica, 7/1994, p.21-25.
- [5] Nicolaescu, I.. - *Bazele modernizării sistemelor de irigații în România*. Rev. Hidrotehnica, 1-3/1992, p.25-35.
- [6] Nicolaescu, I.. - *Bazele modernizării sistemelor de irigații în România. Partea a II-a*. Rev. Hidrotehnica, 10/1993, p.17-26,.
- [7] Nicolaescu I., Manole E. – *Minimum level of water demand for a profitable operation of an irrigation scheme*. 1-st Inter-Regional Conference on Environment-Water: Innovative issues in irrigation and drainage, Lisabona, 16-18 sept. 1998, p.292-299.

## Considerații privind realizarea amenajărilor hidroenergetice cu acumulare prin pompaj, la noi în țară

Albert Titus CONSTANTIN

*Facultatea de Hidrotehnică-Universitatea "Politehnica" Timișoara, " Timișoara, 1900, România*

**Abstract** In this paper, theoretical calculus in the economical point of view on a pumped storage is presented in intention of realization in our country, because in all developed countries are building this kind of works. Are presented two examples of pumped storage from world comparative with our national power system in the point of necessity of this works.

**Keywords:** Pumped storage, power system

### 1. Sistemul energetic

Se numește sistem energetic un complex format din centrale, stații transformatoare, rețele de transport și de distribuție, precum și din consumatori de energie, legate între ele prin rețele de diferite tensiuni, formând o unitate tehnică de exploatare cu rezervă comună și regim comun de funcționare. Acest sistem asigură o frecvență unică, alimentarea cu energie electrică a tuturor consumatorilor, elimină pagubele pricinuite în producție prin întreruperile curentului și micșorează rezerva totală în sistem.

În sistemele energetice se ține seama în mod permanent de evoluția producătorilor de energie, dezvoltându-se mereu acele compartimente care corespund în cea mai mare măsură creșterii consumului și după un program de amplificare accesibil pentru economia țării.

Într-un sistem energetic este necesară:

- rezerva de exploatare sau de sarcină pentru menținerea frecvenței la vârfuri de sarcini ocazionale care depășesc maximele normale (aproximativ 5% din maximul de sarcină în sistemele mari, și mai mult de 5% la sisteme mici);
- rezerva de avarii pentru înlocuirea producției de energie a agregatelor scoase din funcțiune în mod neprevăzut (10-15% din maximul de sarcină);
- rezerva pentru reparații planificate.

Astfel, în cadrul bilanțului de energie al sistemului, la nivelul anilor 1996-1997, repartitia

procentuală pe tipuri de surse de electricitate se prezenta astfel:

|                               | 1996  | 1997  |
|-------------------------------|-------|-------|
| Termocentrale pe cărbune      | 39.6% | 35.2% |
| Termocentrale pe hidrocarburi | 31.9% | 23.8% |
| Hidrocentrale                 | 26.7% | 31.3% |
| Centrala nucleară Cernavodă   | 9.7%  | 1.8%  |

La nivelul anului 1998, investiția nucleară începută la Centrala nucleară Cernavodă acoperea deja peste 10% din cererea națională de electricitate, în condițiile în care centrala funcționează, așa cum se cunoaște doar cu prima unitate. La nivelul țării, la o putere electrică totală instalată de circa 19000 MW, consumul intern a scăzut de la 9-10000 MW putere medie anuală în 1989, la 6-7000 MW în 1997, și a continuat să scadă în continuare, ceea ce a dat posibilitatea selectării obiectivelor de modernizat în electrocentrale. Costurile de producție în aceste centrale aveau următoarea configurație:

- termocentrale pe cărbuni 42,8 dolari/MWh
- termocentrale pe hidrocarburi 36,17 dolari/MWh
- hidrocentrale 4,3 dolari/MWh
- centrala nucleară Cernavodă 28-30 dolari/MWh.

### 2. Încadrarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj în sistemul energetic

Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj se regăsesc în literatura de specialitate și sub denumirea de “*transformatoare hidroenergetice* (The)”. Acestea primesc la primar energie electrică de bază  $E_1$  – kWh, ( $P_1$  - kW) și produc la secundar  $E_2$  ( $P_2$ ) de vârf. Transformarea energiei electrice și înmagazinarea ei în rezervoare sau lacuri, pe cale complexă electrică, mecanică, hidraulică, justifică denumirea de The. Necesitatea construirii The provine din nevoile acoperirii consumului electric variabil în timp și anume:

- iarna, consumul energetic este cu 30-50% mai mare decât vara;
- în zilele lucrătoare consumul depășește cu 50-80% pe cel de duminică și sărbători legale;
- în orele zilei consumul la vârful de dimineață și seara depășește pe cel de noapte (golul curbelor de sarcină, când există excedent de energie) cu aproximativ 60-80%.

Variația în timp a sarcinii electrice  $P=f(t)$  impune anumite moduri de încadrare în sistem a diferitelor categorii de centrale electrice:

- centralele nucleare-electrice funcționează la baza inferioară a graficului sarcinilor cu  $T_u=7000$ -8000 h/an, unde  $T_u=E/P_i$ ;
- centralele termoelectrice cu arderea de lignit și cărbune inferior funcționează la baza a doua, cu  $T_u=5500$ -6500 h/an;

➤ centralele cu arderea de gaze se încadrează la semibază,  $T_u=5000$  h/an;

➤ centralele hidroelectrice fluviale și cele cu căderi  $H$  mici, debite  $Q$  mari și volume utile în lacuri  $V_u$  foarte reduse se încadrează la semibază sau semivârf, cu  $T_u=3500$ -5500 h/an;

➤ centralele hidroelectrice gravitaționale, cu lacuri și căderi mari, funcționează la vârful graficului sarcinii, cu  $T_u=1500$ -2500 h/an;

➤ transformatoarele hidroenergetice (The) sunt utile și economice la vârfuri înalte și de scurtă durată, cu  $T_u$  sub 1500 h/an.

Ciclul transformărilor energetice este complex: electric-mecanic-hidraulic și constă din două faze distincte:

➤ faza primarului (pomparea), în care din rețeaua electrică se prelevă puterea, prin transformatorul coborât al tensiunii, electromotorul antrenează pompa și debitează apa în rezervorul superior sau în lac;

➤ - faza secundarului (turbinarea) începe după un anumit timp, în care apa pompată rămâne înmagazinată în rezervor, apoi este goliță prin turbina care antrenează generatorul, a cărui putere se restituie rețelei, din nou prin transformatorul de ridicare al tensiunii electrice.

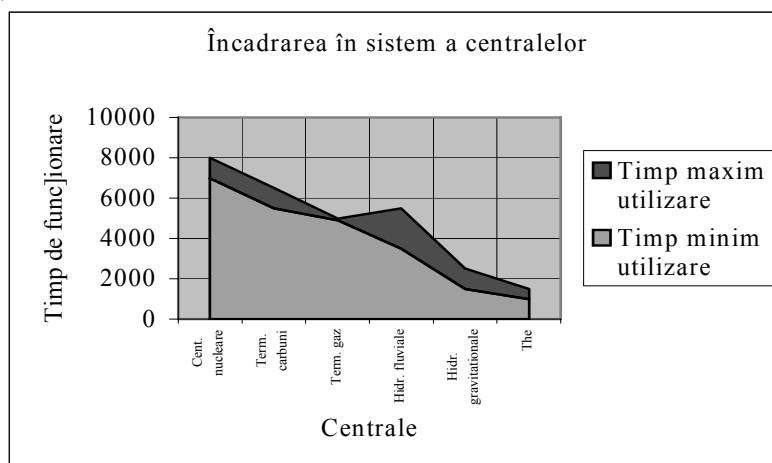


Fig. 1 Grafic de funcționare a centralelor

Durata ciclurilor, compusă din cele două faze, diferă după gradul compensării sarcinilor, ca: ciclu zilnic, ciclu săptămânal, ciclu sezonier și foarte rar,

anual. Cel mai frecvent este ciclul zilnic în care se compensează sarcinile de vârf cu cele ale golului de noapte.

### 3. Tipuri de circuite transformatoare

Construcțiile hidrotehnice și echipamentele electromecanice, ca și debitele  $Q$ , căderile  $H$ , puterile  $P$ , determină două tipuri de circuite, fiecare cu două subtipuri, și anume :

- circuitul închis            - pur,
- mixt;
- circuitul deschis        - pur,
- mixt.

În continuare se prezintă calculul economic pentru circuitul închis:

#### 3.1. Transformatorul hidroenergetic (The) cu circuit închis – pur

Acesta constă din rezervorul superior  $R_s$ , rezervorul inferior  $R_i$ , conductă, galerie sau puț forțat și centrala cu echipamente electromecanice. Circuitul este caracterizat prin:

$V_1 = V_2 = V$ , având volumul pompat  $V_1$  (m<sup>3</sup>/ciclu) egal cu  $V_2$  turbinat;

$H_{b1} = H_{b2} = H_b$ , căderi brute egale  $H'$  maxim,  $H''$  minim;

$H_1 > H_2$ , căderi nete cu  $H_1 = H_b + h_{r1}$ , și  $H_2 = H_b - h_{r2}$ ;

$Q_{i1} < Q_{i2}$ , debite instalate, datorită  $P_1 < P_2$ ;

$E_2 = E_1 \cdot \eta$  - energia produsă, ce este mai mică decât energia consumată la pompare  $E_1$ .

➤ randamentul global, unde indicii reprezintă randamente parțiale:

$$\eta = \eta_{L_1} \cdot \eta_{T_1} \cdot \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_{ih_1} \cdot \eta_{h_{21}} \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{T_2} \cdot \eta_{L_2} \cong 0.6 - 0.7 \quad (1)$$

$L$  – linia electrică,  $T$  – transformatorul electric,  
 $m$  – electromotorul,  $p$  – pompa,  $t$  – turbina,  
 $g$  – generatorul,  $h$  – hidraulic, iar  $I$  – faza pomparei  
 și 2 – faza turbinării.

Pierdere de energie este:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (1 - \eta) \cdot E_1 \cong (0.3 - 0.4) \cdot E_1 \quad kWh/ciclu \quad (2)$$

Socotind valoarea energiei la vârf  $p_2 \cong 4 \cdot p_1$ , se compară venitul brut  $E_2 \cdot p_2$  cu cheltuiala cu energia de pompare  $E_1 \cdot p_1$  și se obține:

$$\frac{E_2 \cdot p_2}{E_1 \cdot p_1} = \eta \cdot \frac{p_2}{p_1} = 0.62 \cdot 4 \cong 2.6. \quad (3)$$

Deci, cu toate că se pierde energie, excedentară de noapte, valoarea mai mare a energiei de vârf face ca venitul să fie de aproximativ 2,6 ori mai mare decât cheltuiala cu energia de pompare.

În lume, din categoria centralelor cu acumulare prin pompaj, acestea sunt cele mai multe.

#### 3.2. Transformatorul hidroenergetic (The) cu circuit închis – mixt

În schema din figura 2 se introduce volumul  $\Delta V$  (m<sup>3</sup>/ciclu), provenit din precipitațiile de pe versanți ce înconjoară rezervorul sau din captarea unor afluenți, pe cale gravitațională. Se numește circuit mixt deoarece  $V_2 = V_1 + \Delta V > V_1$ , caz în care pierderea de energie într-un ciclu este:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = E_1 \cdot \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\Delta V}{V_1} \right) \cdot \eta \right] \quad kW/h \quad (4)$$

Transformatorul devine autoportant, adică fără pierderi dacă se anulează paranteza mare:

$$\left[ 1 - \left( 1 + \frac{\Delta V}{V_1} \right) \cdot \eta \right] = 0 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{1}{\eta} - 1 \quad (5)$$

deci la un randament de aproximativ 0,65,  $\Delta V$  trebuie să fie:  $\Delta V = 0.54 \cdot V_1$ . Dacă coeficientul este mai mare decât 0,54 – The devine supraportant - și deci se câștigă energie.



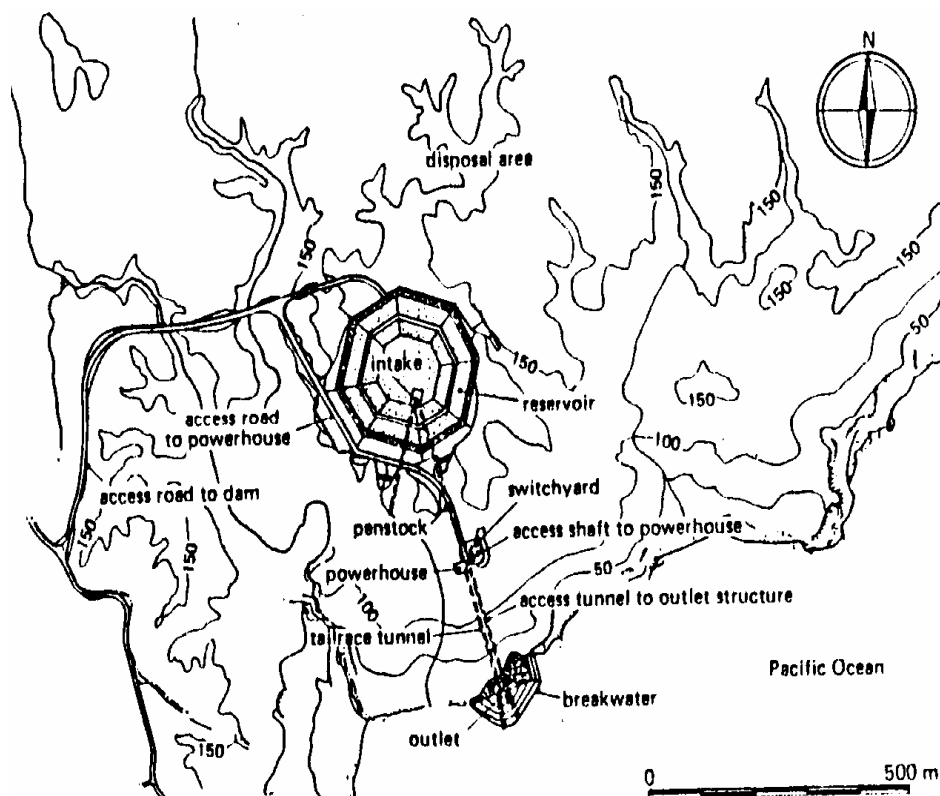


Fig. 3. Vederea în plan a amenajării Kunigami

Principalele caracteristici ale acumulării prin pompaj sunt:

- puterea instalată 750 MW;
- 4 turbine Pelton reversibile + o a cincea turbină Pelton;
- căderea brută cuprinsă între limitele 1072-1194m;
- înălțimea pompată 1120-1217 m;
- puterea consumată 148-158 MW;
- randamentul de pompare maxim 0.90, respectiv de turbinare 0.895;
- diametrul galeriei de aducțiune 2140 mm.

## 5. Concluzii

Dezvoltarea în continuare a electrificării duce nu numai la creșterea consumului de energie

electrică, ci și la creșterea puterilor la vârf. În perspectivă centrala nuclearo-electrică de la

Cernavodă, va asigura tot mai pronunțat energia la bază, odată cu punerea în funcțiune și a unității 2, iar centralele termoelectrice vor funcționa tot mai lent, datorită combustibililor clasici limitați. Pentru semivârful și vârful graficului de sarcină se vor utiliza centralele hidroelectrice gravitaționale cu lacuri mari și căderi înalte, precum și centralele fluviale, iar pentru vârfurile de sarcină cele mai pronunțate trebuie construite transformatoarele hidroenergetice, atât cu circuit închis, cât și cu circuit deschis. Bazinele hidrografice oferă în zonele muntoase, și nu numai, posibilități de realizare a transformatoarelor hidroenergetice.

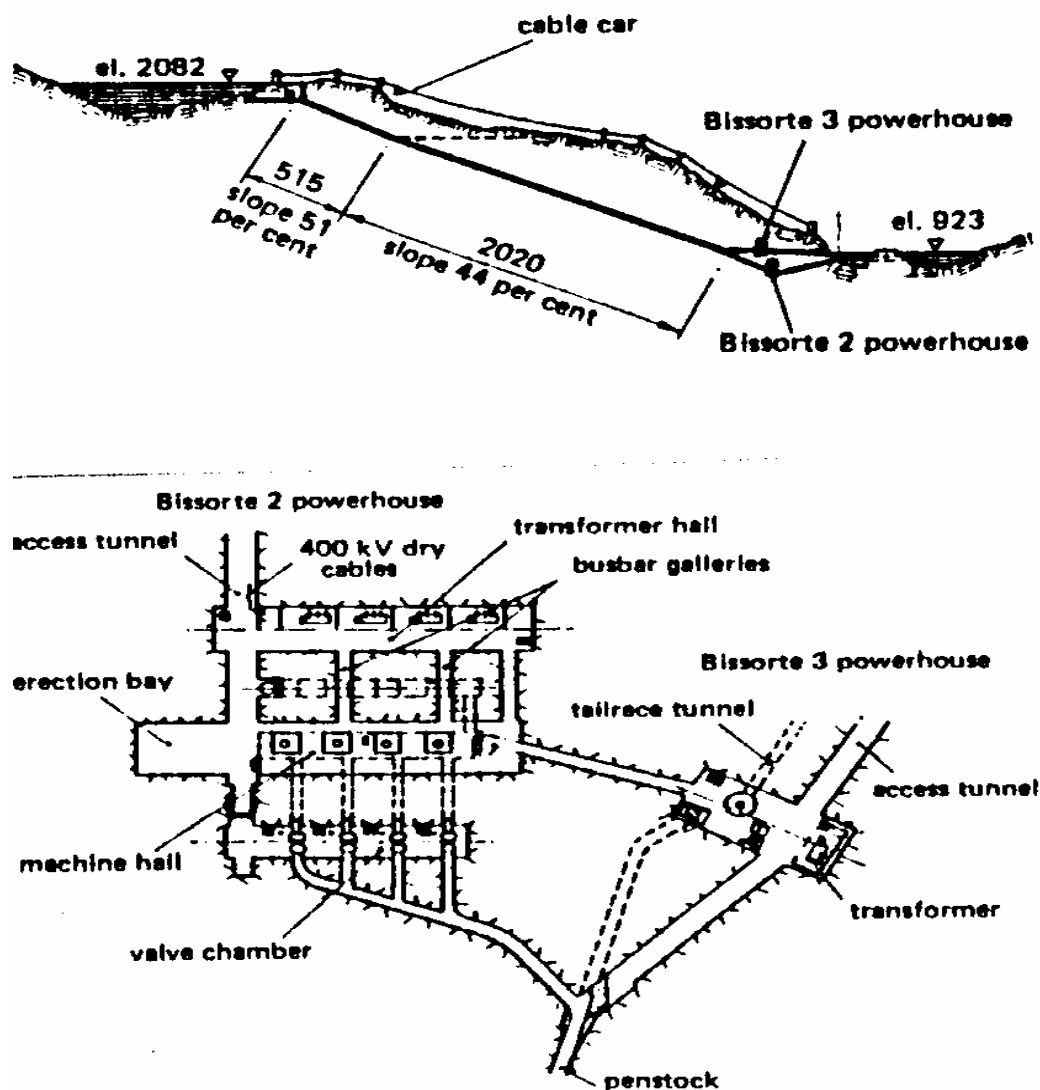


Fig. 4. Profilul longitudinal al amenajării Super Bissorte

## 6. Bibliografie

- [1]. Dorin Pavel - articol Hidrotehnica – vol. 17 nr. 5 / 1972 București.
- [3]. Water Power & Dam Construction – february 1991.

- [4]. Hydropower & Dams World Atlas – 1997
- [5]. Crețu Gheorghe, Preluscek Ervin – *Economia Apelor – Probleme*
- [2]. Revista Univers Ingineresc – numerele 23/1997, 2/1998, 3/1998, 7/1998, 23/1998.

## Echipament de scufundare la mică adâncime, pentru intervenții în zona portuară

Anca CONSTANTIN<sup>a</sup>, Tamara STANCIU<sup>b</sup>, Raul IONESCU<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universitatea "Ovidius" Constanța, Constanța, 8700, România

<sup>b</sup>Centrul de scafandri, Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract** The equipment provides life support for diving operations in shallow water (max 50 feet of seawater). A compressed air cylinder, of high capacity, kept at surface, allows a great duration of the underwater activity. The system consists of a mask with demand regulator, an umbilical assembly and an emergency air supply. The system offers safety, comfortable breathing and the possibility to move easily into the underwater site work.

**Keywords:** Air diving, surface air supply, regulator.

### 1. Introducere

Intervențiile subacvatice în șantierele de lucru din zonele portuare au ca particularități: adâncime mică de scufundare și durată relativ mare. În funcție de natura activității, timpul de scufundare poate fi mai mare decât cel posibil cu butelia unui scafandru autonom. Echipamentul realizat este destinat acestui tip de scufundare. Capacitatea buteliei (blocului de butelii) de stocare a aerului, aflată la suprafață, dă scafandruului posibilitatea de a rămâne sub apă atât cât este necesar pentru desfășurarea activității și pentru efectuarea palierelor de revenire, atunci când acestea se impun. Echipamentul este conceput astfel încât să ofere utilizatorului lejeritate în respirație, mobilitate și posibilitatea de a comunica cu suprafața în orice moment.

### 2. Principiu de funcționare și elemente de calcul pentru circuitul pneumatic

Principiul de funcționare a circuitului pneumatic se bazează pe destinderea aerului sub presiune la trecerea prin restrictori. Legătura între cele două volume, cel fix al buteliei și cel variabil al plămânilor, se face prin intermediul a doi restrictori principali, cu secțiune variabilă, tip duză-clapet, montați în serie. Deci, destinderea aerului sub presiune are loc în două trepte. Prima treaptă de destindere o constituie detentorul treapta întâi montat la butelia de alimentare, aflată la suprafață. Cea de-a

doua, este detentorul treapta a doua montat la masca facială pe care o poartă scafandruul.

Forța motoare ce acționează deschiderea circuitului este cea produsă de scăderea prin inspir a presiunii din camera de joasă presiune aflată în interiorul măștii faciale. Aceasta depresiune este creată prin mărirea volumului pulmonar. Depresiunea este transmisă în camera de joasă presiune a detentorului treapta a doua, aflată sub o membrană elastică. Valoarea depresiunii trebuie să dezvolte, prin acționarea asupra membranei traductoare, o forță suficientă pentru deschiderea mecanismului de admisie al treptei a doua.

Deschiderea mecanismului permite propagarea unde de expansiune în camera de medie presiune. Camera de medie presiune este formată din furtunul de legătură între trepte și din spațiul format sub membrana elastică a detentorului treapta întâi. Scăderea presiunii medii determină scoaterea din echilibru a elementelor elastice ale treptei întâi și deschiderea mecanismului de admisie al acesteia. Din acest moment, gazul respirator curge prin cei doi restrictori cu debit critic. Raportul de destindere,  $\beta$ , pentru fiecare restrictor (raportul dintre presiunea aval și cea amonte) este impus astfel încât să fie mai mare decât raportul critic pentru aer,  $\beta_c = 0,528$ .

$$\beta_I = \frac{P_m}{P_a} > \beta_c \quad \text{restrictor I}$$

$$\beta_2 = \frac{p_e}{p_m} > \beta_c \text{ restrictor II}$$

unde  $p_a$ -presiunea de alimentare,  $p_m$ -presiunea medie (după prima destindere),  $p_e$ -presiunea mediului.

Curgerea este inițial nestaționară. Secțiunile celor doi restrictori sunt în creștere.

$$\dot{m}_{1c} = C\sigma_{1(t)} \frac{p_a}{RT_a} \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (3)$$

$$\dot{m}_{2c} = C\sigma_{2(t)} \frac{p_m}{RT_m} \quad (4)$$

unde  $\dot{m}_{1c}$  și  $\dot{m}_{2c}$  -debitele critice prin cei doi restrictori,

$\sigma_{(t)1,2}$  -secțiunile critice, variabile în timp;

$C$  -constanta care depinde de natura gazului și de muchiile duzei de la restrictor;

$R$ -constanta aerului,  $R = 287,037 \text{ J/kg.K}$ ;

$T_o$ -temperatura de stagnare în butelia de alimentare,  $[K]$ ;

$T_m$ -temperatura de stagnare în camera de medie presiune,  $[K]$ .

Considerând temperatura de stagnare constantă,  $T_o = T_m$  și presiunea din butelie constantă pentru un ciclu respirator, rezultă că presiunea medie,  $p_m$ , variază conform ecuației:

$$\dot{m}_{2c} - \dot{m}_{1c} = \frac{V_m}{RT_m} \frac{dp_m}{dt} \quad (5)$$

unde  $V_m$ - volumul camerei de medie presiune;

Viteza de deschidere a unui restrictor este dată de sensibilitatea fiecărui mecanism în parte. Atât  $\sigma_1$  cât și  $\sigma_2$  variază proporțional cu viteza elementului de etanșare a mecanismului; pentru secțiune critică de forma cilindrică avem:

$$\frac{d\sigma}{dt} = 2\pi \frac{dx}{dt} \quad (6)$$

unde  $x$ -deschiderea mecanismului (înălțimea secțiunii cilindrice de trecere a gazului).

Cu cât sensibilitatea mecanismelor este mai mare, cu atât durata curgerii nestaționare a aerului este mai mică. Teoretic, timpul în care unda de expansiune parcurge lungimea de 30 m a furtunului de legătură între cele două trepte de destindere ale echipamentului, determinată prin metoda variabilelor

autosimilare, este  $t_e = 0,91$  s. Această valoare este mult mai mare decât cea corespunzătoare unui aparat de respirat autonom,  $t_a = 0,2$  s. Rezultă că inspirul este mai amplu pentru scafandru care folosește acest echipament.

Din momentul în care debitul masic de aer este egal prin ambii restrictori, curgerea are caracter staționar. Debitul masic al curgerii staționare,

$\dot{m}_c = \dot{m}_{1c} = \dot{m}_{2c}$  este cel cerut de scafandru, nu neapărat debitul maxim pe care îl poate livra aparatul. Cererea scafandruului este reprezentată de amplitudinea mișcării inspiratorii și, deci, de mărimea deschiderii restrictorului II:

$$\dot{m}_c = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{k} \frac{\alpha \sigma_2 p_m}{\sqrt{RT_m}} \quad (7)$$

Valoarea debitului masic critic depinde de presiunea medie, deci de adâncime (presiunea medie este reglată la suprafață prin tararea unui resort calibrat, în funcție de adâncime). Dar, la aceeași adâncime, debitul masic nu variază, indiferent de presiunea din butelie. Stabilirea aceluiași debit prin restrictorul I conduce la egalitatea:

$$\dot{m}_c = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{k} \frac{\alpha \sigma_1 p_a}{\sqrt{RT_a}} \quad (8)$$

unde  $\alpha$ -coeficientul de debit, considerat același pentru ambii restrictori;

$\sigma_{1,2}$ -secțiunile celor doi restrictori, constante în timpul curgerii staționare.

Admițând evoluția adiabatică, temperaturile de stagnare sunt egale. Din egalarea relațiilor ce dau debitele, rezultă că destinderea este proporțională:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{p_m}{p_a} \quad (9)$$

Cele două secțiuni  $\sigma_1$  și  $\sigma_2$  variază astfel încât presiunea medie să rămână aceeași indiferent de presiunea rămasă în butelia de alimentare.

### 3 Descrierea ansamblului

Echipamentul este conceput astfel încât să asigure desfășurarea scufundărilor cu aer, cu durată mare de imersiune, în șantieri situate la adâncimi de

până la 18 m. Instalația este reprezentată schematic în figura 1. Este ilustrată amplasarea principalelor elemente componente în cazul în care scafandru sudează în șantierul subacvatic. Echipamentul de scufundare cuprinde un rezervor de aer de mare capacitate, masca facială, ombilicalul și butelia de rezervă.

a. Rezervorul de aer, aflat la suprafață, este o butelie de mare capacitate ( 40 l la 200 bar), sau un bloc de butelii ( 4 x 12 l la 200 bar). La sursa de aer este montat un detentor treapta întâi, echipat cu un manometru de înaltă presiune și unul de joasă presiune, cu ajutorul cărora se urmărește evoluția presiunii gazului din rezervor și, respectiv, din furtunul de alimentare.

Detentorul treapta întâi nu este pilotat în funcționare de presiunea hidrostatică, la fel ca la aparatele autonome. De aceea, el este tarat la o valoare prestabilită a presiunii medii, în funcție de adâncimea ce urmează a fi atinsă.

b. Ombilicalul (legătura între scafandru și instalațiile de suprafață) este compus din furtunul de alimentare cu aer, saula de rezistență și cablul de comunicații audio. Furtunul de alimentare este confecționat din cauciuc siliconic armat și rezistă la presiuni de 19 bar (presiunea de lucru). El face legătura între cele două trepte ale aparatului de respirat. Saula de rezistență preia solicitările mecanice care apar la ombilical.

c. Masca facială este executată din cauciuc și are o formă adecvată feței unui scafandru de talie mijlocie. Pe mască este montat detentorul treapta a doua, prin care respirația se face la cerere, sau continuu în funcție de opțiunea utilizatorului. Detentorul nu este prevăzut cu muștiuc, pentru ca scafandru să poată vorbi. Aerul este inspirat din mască. Microfonul este amplasat în partea de jos a măștii, lateral. Spațiul din mască, prevăzut pentru posibilitatea comunicării, reprezintă un volum mort pentru respirație. El se adaugă volumului mort din camera de joasă presiune a detentorului treapta a doua. Din aceasta cauză, respirația prin mască cere scafandrului un efort

suplimentar față de aparatele de respirat în circuit deschis autonome.

d. Butelia de rezervă este purtată de scafandru pe spate. Ea are capacitate mică: 2 l la 150 bar. La butelie este atașat un detentor treapta întâi, a cărui funcționare este pilotată de presiunea hidrostatică. Această butelie este deschisă de scafandru în cazul în care, în mod accidental, s-a întrerupt alimentarea de la suprafață.

Circuitul pneumatic este prevăzut cu un dispozitiv de protecție contra placării, pentru cazul în care furtunul de alimentare de la suprafață este tăiat accidental.

#### 4. Rezultate experimentale. Concluzii

Echipamentul a fost executat, în fază de model experimental și apoi prototip, la Centrul de scafandri din Constanta. El a fost testat, cu bune rezultate, atât în condiții simulate, cât și în condiții reale de imersiune, în ambele faze de execuție. În prezent, instalația este omologată.

Debitul oferit scafandrului, la cerere sau continuu, este cuprins în domeniul  $250 \pm 50$  l/min.

Autonomia permisă de această instalație este mai mare decât a unui aparat autonom. Dacă alimentarea de la suprafață se face dintr-o butelie de 40 l, autonomia oferită de echipament, la aceeași presiune de stocare, este aproape dublă față de un aparat de respirat autonom. Scufundarea nu mai este limitată de capacitatea buteliei de alimentare, aceasta putând fi aleasă după durata estimată a scufundării. De asemenea, butelia de alimentare poate fi înlocuită după golire, chiar în timpul scufundării, scafandru respirând din rezervă în timpul manevrelor. Zona de intervenție în plan a scafandrului are formă semicirculară. Ea este limitată de lungimea ombilicalului la aproximativ 900 m<sup>2</sup>, pentru adâncimea maximă de scufundare.

Echipamentul oferă utilizatorului confort respirator și siguranță în scufundare.

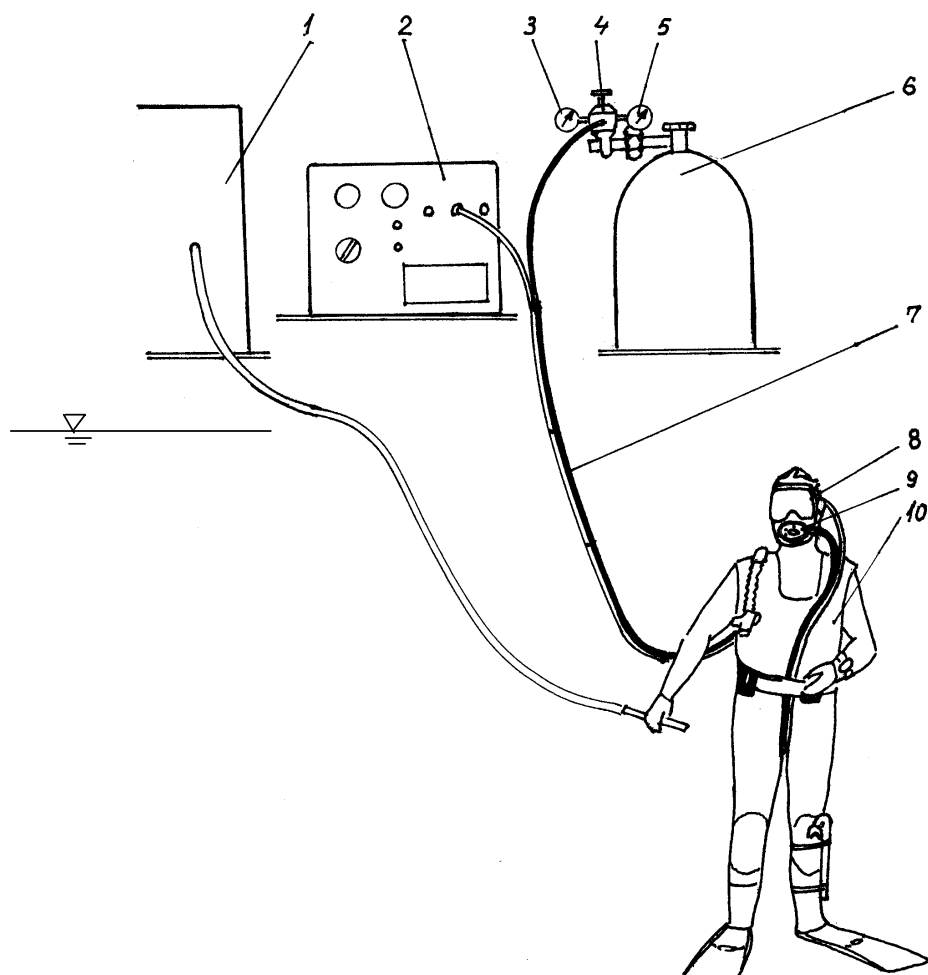


Fig. 1 Ansamblu de scufundare cu alimentare de la suprafață

1.convertizor de sudură; 2.stație de comunicație; 3.manometru de înalta presiune; 4.detentor treapta întâi; 5.manometru de presiune medie; 6.sursa de aer comprimat; 7.ombilical; 8.masca facială; 9. detentor treapta a doua; 10.vesta de salvare;

## 6. Bibliografie

[1].Carafoli E., Constantinescu V.N. –*Dinamica fluidelor compresibile*, 1984, Editura Academiei, București;

[2].Constantin Anca -*Aparate de respirat în circuit deschis.Elemente de calcul*, 1997, Tehnica militară, nr. 4, Ed. M.Ap.N.,Bucuresti ;

[3].Demian Traian -*Elemente constructive de mecanică fină*, 1980, E.D.P., București;

[4].. \* \* \* -*Underwater Breathing Apparatus, Surface Supported Diving System*, 1993, Naval Sea Systems Command, Washington D.C;

## Cercetări experimentale privind mișcările nepermanente în sisteme hidraulice sub presiune la curgeri bifazice apă-aer

Gheorghe CONSTANTINESCU<sup>a</sup>,

Mihai FLOREA<sup>b</sup>

<sup>a</sup>I.C.I.M. București, București, 7000, România

<sup>b</sup>Universitatea "Ovidius" Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract:** This work presents some results obtained by the authors in the field of unsteady motion in under pressure hydraulic systems, in the case of biphasic air-water flow. The experimental results are presented comparatively with the analytical ones concerning the effects of free air on the propagation velocity of pressure wave and on the unsteady motion.

**Keywords:** Hydraulic systems, unsteady motion, biphasic flow.

### 1. Introducere

Studiul mișcărilor nepermanente, a șocurilor hidraulice în sistemele hidraulice sub presiune, are o importanță deosebită atât din punct de vedere teoretic cât și aplicativ. Pentru aceasta se impune efectuarea de cercetări atât teoretice cât și experimentale.

Cercetările experimentale efectuate prin modelări fizice sunt, în general, costisitoare. Pe lângă faptul că sunt necesare instalații și aparatură de măsurare sofisticată uneori, de cele mai multe ori este nevoie și de timp pentru reproducerea și cunoașterea

cât mai exactă a parametrilor hidraulici, a condițiilor inițiale și de margine.

În cadrul lucrării au fost efectuate determinări experimentale atât în ceea ce privește viteza de propagare a undelor de presiune, a celerității, cât și mișcările nepermanente în conducte sub presiune pe o instalație de laborator cu performanțe deosebite (figura 1). Din punct de vedere al dimensiunilor și al posibilităților de cercetare, instalația apare ca remarcabilă comparativ cu alte instalații de laborator cunoscute sau menționate de literatura de specialitate.

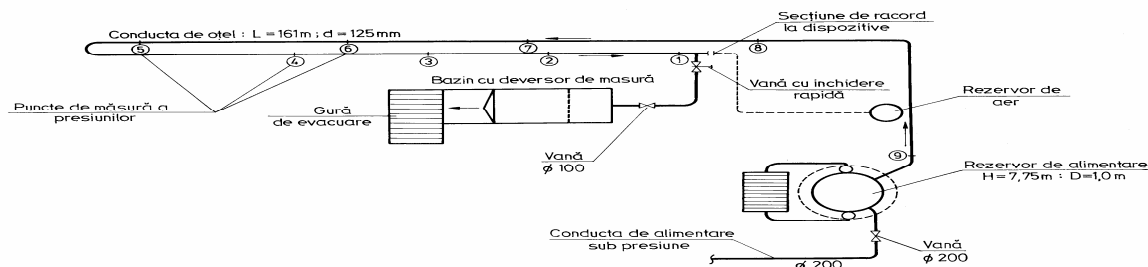


Fig.1 Schema instalației experimentale

## 2. Cercetări și rezultate experimentale privind efectul aerului asupra celerității

Prezența aerului în stare gazoasă în sistemele hidraulice sub presiune, în cantități oricât de mici, are o influență semnificativă asupra celerității. Aceasta se explică prin faptul că aerul este un fluid mult mai compresibil în comparație cu apa sau materialele din care sunt confecționate sistemele sub presiune, având modulul de elasticitate de ordinul de mărime cu cel al presiunii la care se găsește acesta. Variația compresibilității mediului bifazic apă-aer este funcție de cantitatea de aer în fază gazoasă și de presiunea la care se găsește în conductă la un moment dat.

Existența aerului în fază gazoasă în conducte poate fi sub diverse forme funcție de caracteristicile geometrice și hidraulice ale sistemului sub presiune, de cantitatea de aer, de poziția conductei față de orizontală, de sensul de curgere etc. Aceste forme pot fi: bule mici distribuite uniform în masa de fluid, pungi de aer distribuite la partea superioară a conductei, dopuri cuprinzând întreaga secțiune a conductei, în special în coturi etc.

Viteza de propagare a undei de presiune în mediu bifazic se determină cu o relație de forma:

$$c_{\alpha} = \left( \frac{E_w}{\rho_w} \right) \cdot \left[ \left( 1 - \frac{\gamma_{\alpha} \cdot R \cdot T}{p} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\gamma_{\alpha} \cdot R \cdot T}{p^2} \cdot E_w + \frac{E_w}{E_c} \cdot \frac{D}{e} \right) \right] \quad (1)$$

unde s-a notat cu:  $\alpha$  - fracțiunea fazei gazoase a aerului;  $E_w$ ,  $E_c$  - modulul de elasticitate al apei, respectiv al conductei;  $\rho_w$  - masa specifică a apei  $\gamma_{\alpha}$  - greutatea specifică a fracțiunii fazei gazoase a aerului pe unitate de volum de mediu bifazic;  $R$  - constanta caracteristică a aerului,  $R=29,27$  m/grad;  $T$  - temperatura absolută a mediului bifazic;  $p$  - presiunea mediului bifazic;  $D$  - diametrul conductei;  $e$  - grosimea peretelui conductei.

Analizând influența parametrilor ce intervin în relația precedentă se constată dependența foarte mare a vitezei de propagare a undelor de presiune, de prezența aerului în stare liberă (prin  $\gamma_{\alpha}$ ) și de presiunea  $p$ .

Pentru valori relativ mici ale lui  $p$  și de asemenea, valori mici ale lui  $\gamma_{\alpha}$ , celeritatea variază foarte mult la variații nesemnificative ale lui  $\gamma_{\alpha}$ . Pe măsură ce cantitatea de aer crește, variația celerității scade, tinzând către o valoare asimptotică, către valoarea vitezei de propagare a undelor pe suprafața unui lichid (figura 2).

Pentru confirmarea rezultatelor analitice s-au efectuat o serie de cercetări experimentale pe instalația de laborator menționată. Tehnica de măsurare folosită

este tehnica de măsurare pe cale electrică, care prezintă o serie de avantaje, printre care posibilitatea măsurării de la distanță, a înregistrării continue a fenomenului de măsurat, a preciziei și sensibilității ridicate etc. Această metodă este o metodă curent folosită în măsurarea vibrațiilor, a oscilațiilor în sistemele hidraulice sub presiune.

Pe instalația experimentală s-au efectuat o serie de determinări experimentale privind efectul elastic al aerului liber asupra celerității. Aerul în stare liberă introdus în instalația experimenta a variat între 0% și 3% din volumul mediului bifazic, valori raportate la presiunea atmosferică. Aerul a fost introdus în instalație în secțiunea de lângă rezervorul de nivel constant (secțiunea 9, figura 1). Modul de determinare a mărimii celerității este prezentat în figura 3.

În figura 4 se prezintă comparativ rezultatele obținute pe cale analitică și determinate experimental. Din analizarea acestor rezultate se remarcă faptul că relația de calcul a celerității răspunde satisfăcător din punct de vedere al aplicării practice a acesteia.

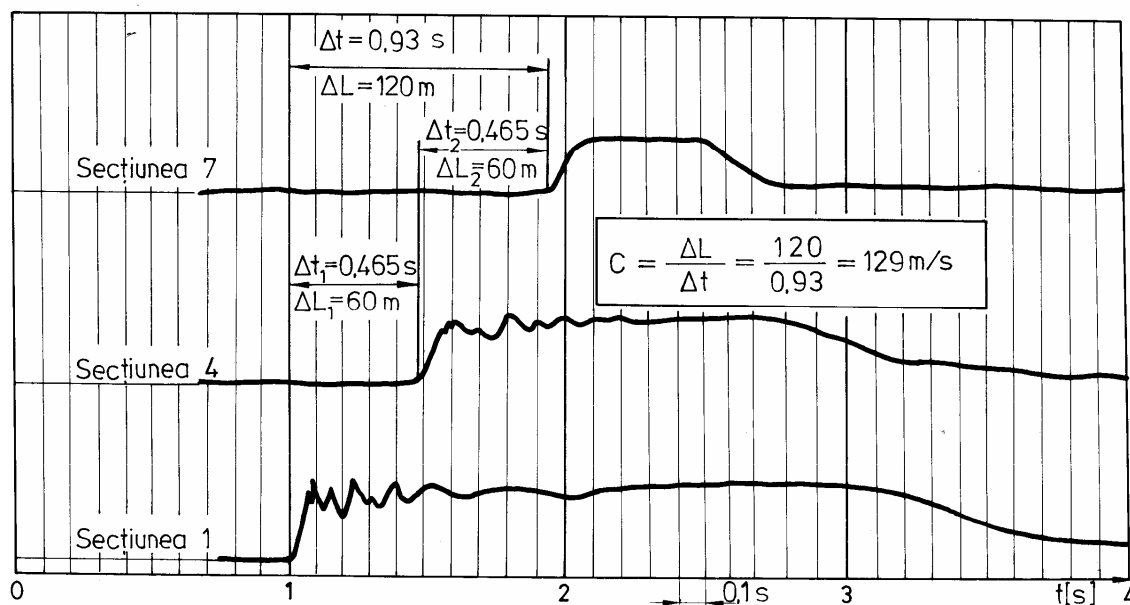


Fig 2. Modul de determinare experimentală a celerității

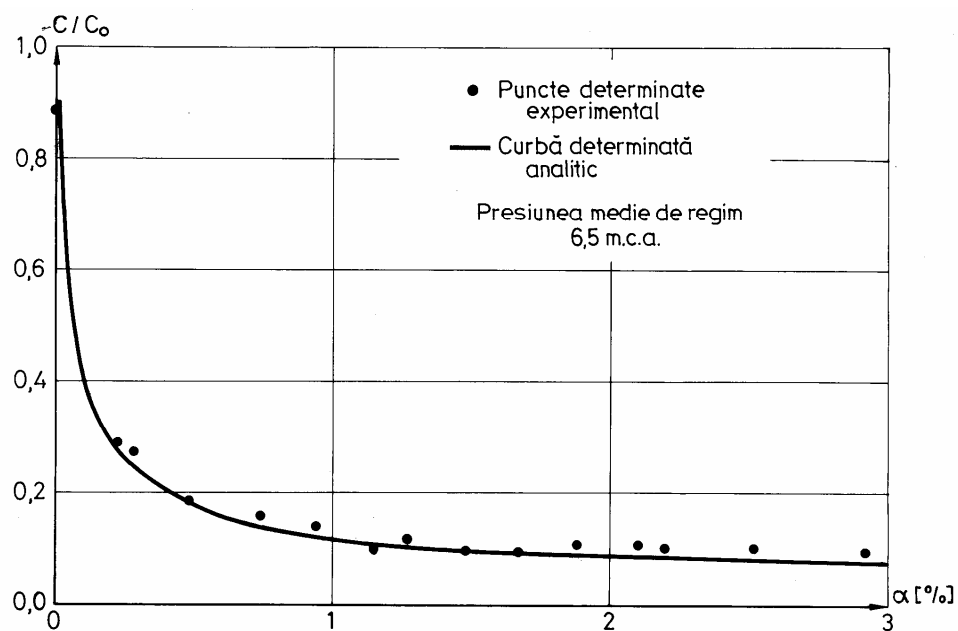


Fig. 3 Comparații între valorile determinate experimental și analitic

### 3.Efectul aerului liber asupra desfășurării mișcării nepermanente

Paralel cu efectuarea determinărilor experimentale legate de viteza de propagare a undelor de presiune în mediul bifazic apă-aer, s-au efectuat și măsurători de presiune la regimuri nepermanente.

Din analiza rezultatelor obținute prin calcule, prezentate în etape anterioară, privind mișcările nepermanente în sisteme hidraulice sub presiune, rezultă influența favorabilă pe care poate să o aibă prezenta aerului în fază gazoasă. Se remarcă faptul că pentru cantități ale fazei gazoase a aerului care depășesc anumite limite inferioare se poate modifica caracterul mișcării din mișcare rapid variabilă în mișcare lent variabilă. De asemenea sunt puse în evidență efectele deosebit de favorabile privind reducerile presiunilor maxime și minime.

Un alt aspect remarcat este acela al fenomenului de amortizare a mișcărilor nepermanente. Se remarcă faptul că în lipsa existenței aerului ( $\gamma_\alpha = 0$ ) după câteva perioade de oscilație a presiunii, fenomenul de amortizare este practic nul. Se constată că pentru cantități relativ mici de aer ( $\gamma_\alpha \neq 0$ ) fenomenul de amortizare este practic constant, vârfurile presiunilor maxime înscriindu-se pe o linie descendentă. În ceea ce privește presiunea minimă, de la valoarea presiunii de cavitație care poate fi atinsă, în cazul lipsei existenței aerului în stare liberă, poate să ajungă la presiunea atmosferică sau chiar mai mare, pentru cantități ale fazei gazoase de peste 2% din volumul total al mediului bifazic. Așa cum s-a mai subliniat, pentru presiuni de regim mari, influența aerului liber scade pe măsura creșterii acestei presiuni, ajungând ca peste anumite valori ale presiunii influența aerului liber să devină, din punct de vedere practic nulă.

### 4.Rezultatele măsurărilor pentru mișcările nepermanente, la curgeri bifazice apă-aer

Măsurătorile au fost efectuate pe schema prezentată în lucrare, pentru mai multe debite, din care s-a reținut varianta pentru,  $Q=13,5$  l/s. Pentru acest debit au fost prezentate în paralel atât rezultate obținute prin măsurători cât și cele obținute prin calcule. La acest debit s-au analizat mai multe variante în ceea ce privește mărimea fracțiunii fazei

gazoase a aerului. Această fracțiune a variat între 0,1% și 3 %.

Manevrele de închidere a vanei au asigurat închiderea debitului într-un timp relativ mic, sub 0,1 s, ceea ce din punct de vedere practic se poate considera o închidere instantanee a vanei.

Semiperioada de oscilație a mișcării, în situația fără aer în fază gazoasă, este de 0,245 s. În cazul curgerii bifazice, semiperioada de oscilație a mișcării este funcție de cantitatea de aer în fază gazoasă, crescând o dată cu creșterea cantității de aer în stare liberă.

Rezultatele măsurărilor efectuate sunt prezentate în figura 4. Paralel cu aceste rezultate s-au prezentat și rezultatele obținute prin calcule. Din analiza comparativă a celor două grupuri de rezultate se remarcă o bună concordanță atât în ceea ce privește presiunile maxime și minime cât și în ceea ce privește perioadele de oscilație ale mișcării.

În cazul absenței aerului în fază gazoasă, așa cum este remarcat și în alte lucrări de specialitate, apar diferențe semnificative în ceea ce privește aspectele legate de fenomenul de amortizare a mișcării nepermanente cât și în ceea ce privește perioada de oscilație a acestei mișcări.

În situația în care evacuarea mediului bifazic apă-aer se face la presiuni mici sau la presiunea atmosferică, eliminarea efectelor negative ale mișcărilor nepermanente din sistemele hidraulice sub presiune se poate realiza prin introducerea de aer sub presiune la capătul aval al sistemului. Prin acest procedeu se pot elimina neajunsurile provocate de costurile, uneori ridicate, ale sistemelor clasice de protecție la șoc hidraulic.

De asemenea, în cazul curgerii bifazice, legea de închidere a debitului nu mai prezintă importanță deosebită, având în vedere faptul că perioada de oscilație a mișcării este mult mai mare decât în cazul curgerii monofazice.

Soluția de reducere sau chiar de eliminare a efectelor negative ale șocului hidraulic, prin introducerea de aer în fază gazoasă, așa cum se poate constata, poate fi aplicată la stațiile de pompare cu refulare în atmosferă sau la presiuni mici (1-2 m.c.a.), la sistemele de răcire de la uzinele termoelectrice.

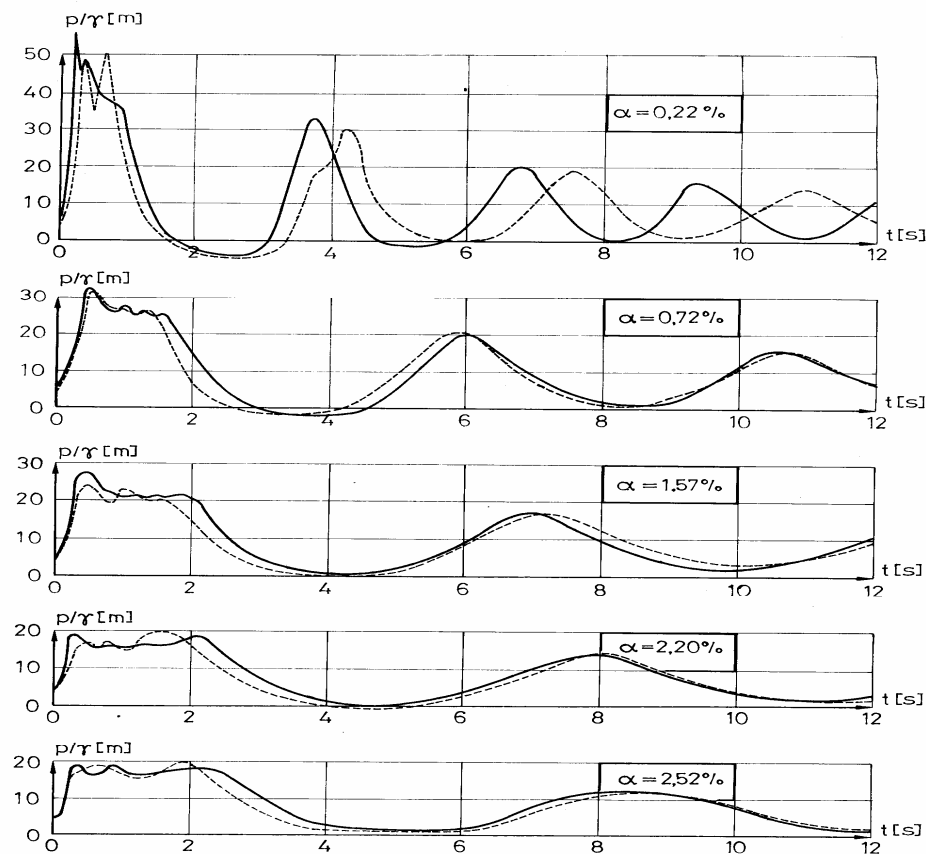


Fig 4 REZULTATELE MĂSURĂTORILOR ȘI CALCULELOR ALE VARIAȚIEI PRESIUNII ÎN SECTORUL 1

$$Q = 13,51/s \quad \alpha = \frac{Vol_c}{Vol}$$

Legenda

----- Măsurători  
 ———— Calcule

## 5. Concluzii

Lucrarea abordează din punct de vedere teoretic și aplicativ problema introducerii aerului liber în sistemele hidraulice sub presiune.

Așa cum s-a scos în evidență în cuprinsul lucrării, existența aerului în fază gazoasă în aceste sisteme are o influență semnificativă asupra desfășurării mișcărilor nepermanente.

Pentru anumite domenii de activitate, așa cum este cazul stațiilor de pompare utilizate în sisteme de irigații sau în general în sistemele hidraulice sub presiune, unde apa curge la presiuni mici (sisteme de răcire la centrale termoelectrice, canalizări etc.) și

care refulează la presiuni, de asemenea mici, aerul în fază gazoasă are influență favorabilă. Pentru astfel de situații, existența aerului liber poate conduce la reducerea sau chiar eliminarea efectelor negative care apar în timpul desfășurării mișcărilor nepermanente.

Ca urmare a existenței aerului în fază gazoasă, elasticitatea mediului bifazic crește substanțial și implicit viteza undelor sub presiune scade de asemenea foarte mult. Pentru valori ale fracțiunii fazei gazoase de peste 0,5% și pentru presiuni relativ mici, celeritatea poate să scadă sub viteza de propagare a sunetului în aer, putând să ajungă mult sub valoarea acesteia (până la circa 100 m/s). Ca urmare a acestui aspect, perioada de oscilație crește

foarte mult, ajungând ca mișcarea să primească un caracter de mișcare oscilatorie, de oscilație în masă.

În ceea ce privește existența aerului în sistemele hidraulice sub presiune, aceasta se datorează mai multor cauze: neetanșeități ale sistemului hidraulic, vortexurile care se creează în bazinele de aspirație ale pompelor, umplerea prea rapidă a conductelor de refulare, pătrunderea accidentală la epuizarea volumului de apă din castelele de echilibru sau din hidrofoare e.t.c. Pentru cantități mici, existența aerului în stare gazoasă este inevitabilă fiind influențată direct de structura sistemului apă-conducte. De asemenea aerul poate fi introdus în mod special pentru a-și îndeplini rolul de protecție la șoc hidraulic.

În ceea ce privește rezultatele măsurărilor efectuate în cadrul lucrării, acestea pun în evidență concordanța bună cu rezultatele obținute prin calcule. Diferențe mai importante se remarcă la valori mici ale fracțiunii fazei gazoase.

Deci din punct de vedere aplicativ, modelul de calcul elaborat corespunde cu valorile practice. În

cadru lucrării s-au efectuat până în prezent cercetări teoretice și experimentale privind mișcările nepermanente la curgeri bifazice apă-aer, pentru valori ale fracțiunii fazei gazoase cuprinse între 0-3%. Aceste activități de cercetare au fost efectuate pe instalații de laborator.

Urmează ca în continuare, această activitate de cercetare să fie extinsă asupra unor instalații complexe prevăzute și cu alte sisteme de protecție la șoc hidraulic cum sunt: rezervoare cu perne de aer, camere de echilibru, rezervoare de apă etc.

## 6. Bibliografie

- [1] Boieru P., *Asupra unor rezultate privind curgerea bifazică apă-aer în conducte*. 1972, Hidrotehnica Nr.1 vol. XVIII.
- [2] Mateescu C., *Hidraulica*, 1968, București.
- [3] Wylie E.B. *Free air in liquid transient flow*. Third International Conference on Pressure Surges. BHRA Fluid Engineering, Conterburz, England.

## Influența pierderilor de elemente fertilizante de pe terenurile agricole asupra calității apelor de suprafață

Eugen FILICHE,

Gheorghe PURNAVEL,

Nelu POPA

*Stațiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni - Bârlad*

**Abstract** This paper deals with the impact of fertiliser movement ( N, P, K) trough runoff and erosion on water quality regarding:

- the influence of fertiliser elements on water quality;
- the influence of N and P on eutrophication process of reservoir;
- the period and zone with maxim values of elements that can modify water quality.

**Keywords:** Water quality, fertiliser movement, erosion.

### 1. Introducere

Poluarea apei este definită ca fiind fenomenul prin care se produc modificări calitative negative ale proprietăților naturale, ce au ca urmare scoaterea parțială sau totală a sursei din circuitul folosințelor.

După natura surselor care o provoacă, poluarea apelor poate fi:

- artificială, cauzată de introducerea prin activități umane în emisarii naturali a unor substanțe poluante fie direct, fie cu ocazia deversării apelor din rețeaua de canalizare a localităților, industriilor sau a unităților agricole;
- naturală, produsă fără intervenția omului, fiind cauzată de fenomene și factori cu o distribuție și intensitate variabilă și aleatoare.

Sursele de poluare artificială din agricultură sunt reprezentate de apa provenită din sectoarele zootehnice, irigații, apa pluvială sau freatică excedentară pe suprafețele agricole, ape caracterizate calitativ prin conținut ridicat în germeni microbieni, în substanțe chimice utilizate în agricultură și un grad ridicat de încărcare cu material aluvionar și substanțe organice preluate de la suprafață sau de pe profilul solului.

Dintre agenții poluanți ai apelor, elementele fertilizante (substanțe nutritive pentru plante) ajung de azot oscilează între 3,2 și 20,3 kg/ha având reduceri cu 50% la lucrarea cu chiselul și cu 77% la

în apele naturale prin spălarea produsă de curenții de apă ce se scurg de pe terenurile agricole.

Principalele elemente fertilizante sunt compuși cu azot (N), fosfor (P) și potasiu (K), dintre care N și P au un rol esențial în evoluția procesului de eutrofizare a lacurilor ce se constituie într-un habitat necorespunzător pentru majoritatea biocenozelor acvatice și pune probleme deosebite de prelucrare și utilizare în scop potabil și industrial.

Cercetările efectuate în domeniul eutrofizării lacurilor arată că:

- eroziunea solului, precipitațiile, spălarea rocilor din scoarța litologică spălarea materiei organice de la suprafața solului sunt principalele surse difuze naturale de elemente nutritive;
- activitățile din agricultură și silvicultură sunt principalele surse difuze artificiale de substanțe nutritive.

Cercetările efectuate în perioada 1978-1996 la S.C.C.C.E.S. Perieni au permis determinarea pierderilor de elemente fertilizante la cultura porumbului sub diferite tehnologii. În urma acestor experiențe se apreciază că pierderile anuale

nearat față de tehnologia convențională. Referitor la repartiția acestor pierderi se constată că pierderile de

N prin solul erodat reprezintă 80-95% din totalul pierderilor în timp ce în apa scursă se regăsesc 5-20 % din pierderi. Pierderile de P mobil sunt apreciate la 0,9-5,2 kg/ha/an, aceste pierderi fiind asociate în proporție de 80% cu pierderile de sol. În privința pierderilor de K mobil, acestea sunt comparabile cu pierderile de P mobil cu deosebirea că procentul asociat pierderilor prin apa scursă crește la 20-40% ( Doina Nistor, 1998).

Referitor la pierderile de sol, deci și a elementelor fertilizante asociate acestor pierderi, cercetările de la S.C.C.C.E.S. Perieni au dus la concluzia că față de terenul cultivat cu ierburi perene pierderile de sol la cultura porumbului sunt de 14-16 ori mai mari iar la grâu de 2-7 ori mai mari. (Neamțu T., 1977, Popa A. și colab. 1984).

## 2. Metoda de cercetare

Studiul influenței pierderilor de substanțe nutritive asupra calității apelor de suprafață s-a făcut urmărind evoluția concentrațiilor acestor elemente pe principalele cursuri de apă ce alimentează acumulara Cuibul Vulturilor (râurile: Tutova, Iaura, Roșcani și Cârjăoani) precum și în zona prizelor. Acumularea Cuibul Vulturilor este amplasată în bazinul inferior al râului Tutova, este considerată ca făcând parte din categoria 1 de folosință, cu rol complex: regularizarea scurgerilor și atenuarea viiturilor, alimentare cu apă, irigații, piscicultură, agrement.

În perioada 1996-1999 s-au recoltat 204 probe de pe intrarea frontală (Tutova), 306 probe de pe intrările laterale (Iaura, Roșcani și Cârjăoani) și 102 probe din zona prizelor. Probele au fost recoltate atât în regim normal de curgere, cât și după sau în timpul unor evenimente pluviale deosebite începând din februarie până în octombrie. Probele au fost prelevate manual sau cu ajutorul unui prelevator semiautomat ISCO, în vase de plastic. Pregătirea și conservarea probelor s-a făcut respectându-se prevederilor normativelor în vigoare.

Principalele elemente urmărite în studiu au fost:

- azotul nitric, determinat colorimetric cu acid fenol 2-4 disulfonic;
- azotul amoniacal, determinat colorimetric cu reactiv Nessler;
- fosforul, dozat colorimetric ca albastru de molibden;
- potasiul, dozat prin fotometrie în flacără.

Rezultatele analitice au fost grupate pe cele trei zone de recoltare, prezentând sub formă grafică dinamica fiecărui element luând în calcul media lunară multianuală și sub formă tabelară unde sunt prezentate limitele de variație a concentrației elementului analizat precum și media multianuală.

## 3. Rezultate obținute

În privința dinamicii N sub formă de nitrat, (fig. nr. 1) se constată o creștere a valorilor medii lunare multianuale în lunile aprilie și octombrie fenomen explicabil prin faptul că în această perioadă vegetația este puțin dezvoltată, deci solul este slab protejat antierozional. Creșterile de concentrații din iunie sunt datorate faptului că în zona de experimentare cantitățile de precipitații căzute se situează la cel mai ridicat nivel, iar nitrati sunt cel mai ușor spălați. Valorile maxime-37,2 ppm (tabelul nr. 1) nu depășesc limita de 45 ppm. admisă de STAS pentru categoria 1 de folosință, valorile minime fiind caracteristice regimului normal de curgere

Azotul sub formă de cation amoniu, fiind reținut în complexul adsorbiv al solului, este mai greu spălat comparativ cu ionul nitrat. Creșterile înregistrate în sezonul de primăvară și în luna septembrie (fig. nr.2) sunt datorate mai mult N amoniacal provenit din spălarea gunoaielor de grajd, care conțin între 0,32 și 5,82% azot din care 1/3 este sub formă amoniacală. (Agenda agrochimică, D. și V. Davidescu, 1978). Datele prezentate (tabelul nr. 2), arată că deși valorile maxime lunare pe intrări depășesc valoarea admisă de STAS, de 1 ppm. pentru categoria 1 de folosință, în zona prizelor valoarea mediei multianuale de 0,47 ppm. permite încadrarea acumulării în această categorie.

Tabelul nr. 3 prezintă mediile multianuale ale azotului ca element aflat sub formă nitrică și amoniacală, iar suma acestor două forme s-a considerat ca formând azotul mineral. Ținând cont de faptul că N pierdut de pe terenurile agricole prin apa scursă reprezintă 5-20% din pierderile totale de azot, iar o parte din solul erodat (conținând N organic) ajunge în acumulări se poate trage concluzia că N deplasat contribuie la accelerarea procesului de eutrofizare a lacurilor, proces caracteristic acumulărilor cu un conținut de N total mai mare de 1,5 ppm.(Cojocaru I., 1995).

Din dinamica anionului fosfat (fig. nr. 3) constatăm că acest anion are o evoluție asemănătoare anionului nitrat, cu creșteri ale concentrațiilor în sezonul de primăvară când solul este slab protejat antierozional și în luna cu nivelul de precipitații cel mai ridicat, iunie. Pierderile mai mici de fosfați față de nitrați sunt datorate faptului că fosfații se fixează în sol și migrează mai greu. (Buckman și Brady, 1961). Deși pe intrările în acumulare se depășește valoarea de 0,5 ppm. admisă de STAS, pentru categoria 1 de folosință (tabelul nr. 4), în zona

prizelor calitatea apei nu este afectată. În privința contribuției P mobil (sub formă de anion fosfat regăsit în apă) la aportul de P total în acumulare, acesta contribuie cu concentrații de 0,08- 0,18 ppm. la procesul de eutrofizare. (P total peste 0,15 ppm.)

Pierderile maxime de potasiu (fig. nr. 4.) sunt în luna iunie, având și două maxime de intensitate mai mică în lunile aprilie și septembrie. Pierderile de  $K^+$  nu afectează categoria de încadrare a acumulării.

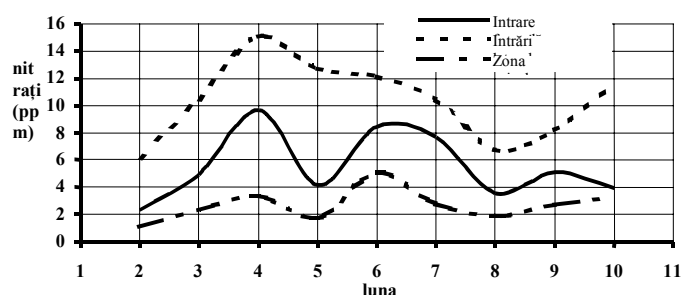


Fig. 1. Dinamica nitraților 1996-1999

Tabelul 1  
Variația concentrației anionului nitrat (ppm)

| Valoare        | Intrări laterale | Intrare frontală | Zona prizelor |
|----------------|------------------|------------------|---------------|
| Minimă         | 3,76             | 2,13             | 1,10          |
| Maximă         | 37,20            | 20,37            | 5,07          |
| Media multian. | 10,39            | 5,54             | 2,69          |

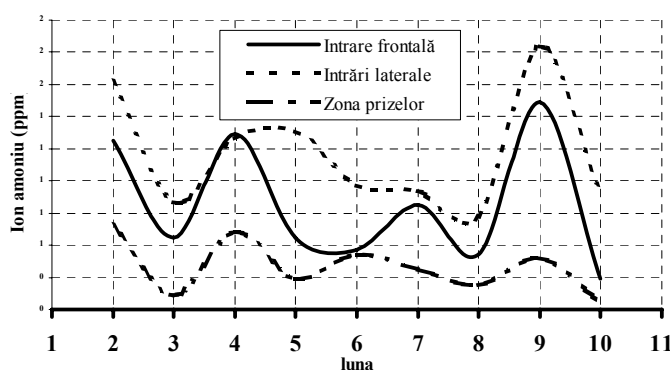


Fig. 2. Dinamica ionului amoniu 1996-1999

Tabelul 2. Variația concentrației ionului amoniu (ppm)

| Valoare | Intrări laterale | Intrare frontală | Zona prizelor |
|---------|------------------|------------------|---------------|
|---------|------------------|------------------|---------------|

|                |      |      |      |
|----------------|------|------|------|
| Minimă         | 0,30 | 0,23 | 0,18 |
| Maximă         | 5,10 | 3,60 | 1,18 |
| Media multian. | 1,17 | 0,85 | 0,47 |

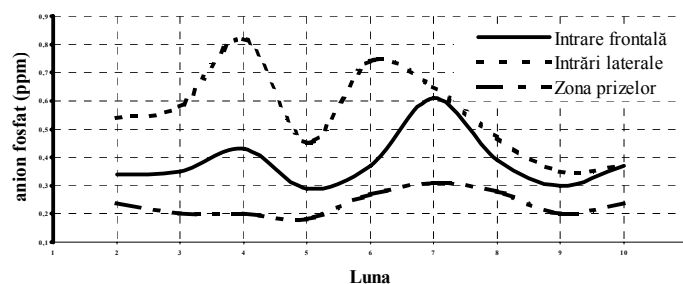


Fig. 3. Dinamica anionului fosfat 1996-1999

Tabelul 3 Mediile multianuale ale concentrațiilor azotului mineral (ppm)

| Forma de azot  | Intrări laterale | Intrare frontală | Zona prizelor |
|----------------|------------------|------------------|---------------|
| Azot nitric    | 2,35             | 1,25             | 0,61          |
| Azot amoniacal | 0,91             | 0,66             | 0,37          |
| Azot mineral   | 3,26             | 1,91             | 0,97          |

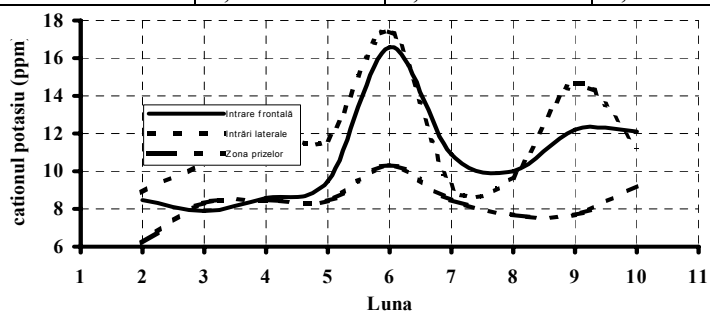


Fig. 4. Dinamica cationului potasiu 1996-1999

Tabelul 4 Variația concentrației anionului fosfat (ppm)

| Valoare        | Intrări laterale | Intrare frontală | Zona prizelor |
|----------------|------------------|------------------|---------------|
| Minimă         | 0,24             | 0,20             | 0,20          |
| Maximă         | 2,02             | 0,86             | 0,31          |
| Media multian. | 0,55             | 0,38             | 0,24          |

#### 4. Concluzii

- Pierderile de elemente fertilizante sunt strâns legate de fenomenul de eroziune;
- În iunie, când în zona de experimentare nivelul de precipitații este cel mai mare, valorile concentrațiilor elementelor studiate sunt cele mai ridicate;

- Primăvara și la începutul toamnei când solul este slab protejat antierozional se înregistrează creșteri ale conținutului de elemente fertilizante în sursele de alimentare a acumulării;
- Concentrațiile cele mai mari de elemente se înregistrează pe intrările laterale;
- Ca urmare a fenomenelor de diluție și a consumului vegetației hidrofile din acumulare, în zona prizelor calitatea apei nu este afectată;
- Aportul de azot și fosfor contribuie la accelerarea fenomenului de eutrofizare;
- Concentrațiile cele mai mari sunt înregistrate la nitrați și potasiu datorită slabei rețineri a acestora în complexul adsorbativ al solului.

## 5. Bibliografie

- [1] Cojocaru I., *Surse și produse de poluare*, 1995, Ed. Junimea, Iași
- [2]. Florea M., *Chimia și valențele ei în agricultură*, 1972, Ed. Ceres
- [3]. Popa A. și colab., *Combaterea eroziunii solului pe terenurile agricole* 1984., Ed. Ceres, București.
- [4]. Nistor Doina, *Contribuții la îmbunătățirea metodelor de protejare a solului și de combatere a buruienilor, în vederea reducerii eroziunii și sporirii producției de porumb, pe terenurile în pantă*, 1998, teză de doctorat, Universitatea Agronomică Iași
- [5]. \*\*\* 1986, *Metode de analiză chimică a solului*, I.C.P.A. București
- [6]. Purnavel Gh., Hurjui C., Ioniță I., Filiche E. și Petrovici G., *Impactul scurgerilor lichide și solide asupra sedimentării și calității apei acumulării Cuibul Vulturilor din b.h. Tutova ( Colinele Tutovei)*, 1997, Sesiunea de Comunicări Științifice, Universitatea Agronomică, Iași.

## Despre aproximații în calculul șocului hidraulic

Mihai FLOREA

*Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România*

**Abstract** Due to the complexity of the water hammer phenomenon, the present mathematical models accept a series of approaches. These approximations lead to differences between calculus results and direct measurements. Nowadays computers allow us to leave the calculus simplification with the condition of a better knowledge of the influence of the concerned factors. The paper presents comparative results regarding the influence of celerity considered, in a simplified manner, as a constant amount and, respectively, as an variable amount dependent on pressure and air content of water.

**Keywords:** Hydraulics, water hammer, celerity.

### 1. Introducere

Până la apariția calculatoarelor electronice programabile, calculul șocului hidraulic se făcea aproximativ, cu metode simple și pe scheme de instalații simple.

Odată cu dezvoltarea calculului automat, posibilitățile de rezolvare a problemelor privind șocul hidraulic în instalații sub presiune a crescut practic nelimitat.

În suntem limitați mai mult de cunoștințele privind fizica fenomenului (de exemplu, șocul hidraulic produs în condițiile ruperii și refacerii instantanee a coloanei de apă, ca urmare a producerii fenomenului de cavitație în conductă sau în privința șocului hidraulic în cazul unui fluid format dintr-un amestec de lichid și gaz) și de realizarea modelului matematic corespunzător, decât de cunoștințele privind posibilitățile de simulare prin calcul a acestui fenomen.

Modelele matematice uzuale, pe baza cărora se efectuează calculele privind modul de desfășurare a fenomenului tranzitoriu sau calculele pentru stabilirea soluțiilor de protecție față de șocul hidraulic, sunt în prezent afectate de o serie de ipoteze simplificatoare, impuse datorită unor aspecte de ordin fizic insuficient studiate și elucidate, cât și de posibilitățile de rezolvare matematică (de exemplu, liniarizarea ecuațiilor).

Astfel, prezența în apă a aerului sau a altor gaze în stare liberă (nedizolvate) determină modificarea

vitezei de propagare a undelor care apar în fenomenul de șoc hidraulic în acest amestec bifazic, determină modificarea condițiilor de cavitație, a presiunilor maxime și minime și în general modifică modul de desfășurare a fenomenului tranzitoriu în ansamblu, față de cazul în care apa nu conține aer în stare liberă.

În principiu, calculele privind mișcarea nepermanentă în sistemele hidraulice sub presiune, se pot face atât folosind metode de calcul considerate exacte, cât și metode aproximative, în funcție de importanța și complexitatea instalației hidraulice care se studiază.

### 2. Unele aproximații acceptate în calculul șocului hidraulic

Pentru a se putea integra ecuațiile diferențiale ale mișcării și pentru a reduce volumul calculelor și a le simplifica, în prezent înca se mai acceptă o serie de ipoteze simplificatoare, dintre care se menționează:

- pierderile de energie longitudinale se consideră la fel ca în cazul mișcărilor permanente
- apa se consideră pură
- nu se ia în considerare dizolvarea aerului în apă și respectiv degajarea aerului dizolvat când presiunea în sistem variază

- se consideră că viteza de propagare a undelor progresive și regresive este constantă în decursul oscilațiilor și independentă de presiunea din conductă
- se neglijează efectul disipativ datorită comportării elastice a ansamblului apă- conductă, etc.

Aceste ipoteze simplificatoare sunt acceptate în prezent și datorită faptului că influența factorilor menționați mai sus asupra fenomenului de șoc hidraulic nu este până în prezent suficient studiată și elucidată și nu sunt elaborate modelele de calcul exacte cu privire la acești factori.

Acceptarea acestor ipoteze simplificatoare face să apară diferențe între rezultatele calculului și cele ale măsurărilor experimentale. Aceste diferențe se înregistrează atât în ceea ce privește valorile extreme ale presiunilor, valorile perioadelor de oscilație și amortizarea fenomenului.

Pentru a putea evalua cantitativ influența acceptării unor dintre ipotezele simplificatoare de mai sus asupra rezultatelor calculului de șoc hidraulic am efectuat studii sistematice privind influența celerității considerată ca mărime constantă și respectiv ca mărime variabilă cu presiunea din sistem și studii privind influența aerului liber.

Studiile s-au efectuat prin calcul numeric automat folosind metoda caracteristicilor pentru diverse instalații de pompare și pentru amenajări hidroenergetice.

Relațiile de calcul care s-au folosit au fost determinate pe cale indirectă, prin prelucrarea matematică a unor date experimentale.

Celeritatea undelor șocului hidraulic, considerată ca mărime constantă pe parcursul fenomenului, se determină din relația cunoscută (1):

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_w}{\rho_w}}}{\sqrt{1 + \frac{D}{\delta} \cdot \frac{E_w}{E_c}}} = \frac{v_{sw}}{\sqrt{1 + \frac{D}{\delta} \cdot \frac{E_w}{E_c}}} \quad (1)$$

unde:

- $D$ -diametrul conductei;
- $\delta$ - grosimea pereților conductei;
- $E_w$ - modulul de elasticitate al apei (lichidului);
- $E_c$ - modulul de elasticitate al materialului din care este confecționată conducta;
- $v_{sw}$ - viteza de propagare a șocului hidraulic în conducte cu pereți rigizi ( $E_c \rightarrow \infty$ ), respectiv viteza de propagare a sunetului în lichid:

$$v_{sw} = \sqrt{\frac{E_w}{\rho_w}}$$

- $\rho_w$  - masa specifică a apei (lichidului)

În realitate celeritatea nu este o mărime constantă ci o mărime variabilă, depinzând de variația presiunilor din sistemul hidraulic.

Relația de calcul care a fost stabilită pentru a determina celeritatea în funcție de presiune este (2):

$$c_i = \pm \frac{1400 \cdot \sqrt{1 + k_0 \cdot \frac{\Delta p_i}{p_0}}}{\sqrt{1 + \frac{d \cdot E_{w0}}{\delta \cdot E_c} \cdot \left(1 + k \cdot \frac{\Delta p_i}{p_0}\right)}} \quad (2)$$

unde:

- $k_0 = 92,793 \cdot 10^{-5}$ ;  $k = 97,654 \cdot 10^{-5}$
- $p_0$  = presiunea atmosferică;
- $\Delta p_i = p_i - p_0$  = variația de presiune (presiuni absolute);
- $d$  = diametrul conductei;
- $\delta$  = grosimea pereților conductei;
- $E_c$  = modulul de elasticitate al materialului conductei;
- $E_{w0}$  = modulul de elasticitate al apei fără aer liber, la presiunea atmosferică.

În cazul în care în sistemul hidraulic există aer în stare liberă, celeritatea variază cu presiunea în limite mult mai largi. Relația de calcul stabilită pentru această situație este cea mai complicată (3):

$$c_i = \pm \frac{1400 \cdot \sqrt{1 + k_0 \cdot \frac{\Delta p_i}{p_0}} \cdot \left[1 - \alpha \cdot e^{-\beta \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^\gamma}\right]}{\sqrt{1 + \frac{d \cdot E_{w0}}{\delta \cdot E_c} \cdot \left(1 + k \cdot \frac{\Delta p_i}{p_0}\right)} \cdot \left[1 - c \cdot e^{-a \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^b}\right]} \quad (3)$$

unde:  $\alpha, \beta, \gamma$  = coeficienți ale căror valori depind de conținutul de aer liber

Utilizând relațiile (2) și (3) au fost efectuate calcule de șoc hidraulic pentru instalația de pompare din Fig. 1. Calculele s-au efectuat atât în ipoteza că instalația nu este prevăzută cu mijloace de protecție la șoc hidraulic cât și în situația echipării cu mijloace

de protecție de tip rezervor cu pernă de aer, castel de echilibru sau cameră de apă precum și combinații ale acestora.

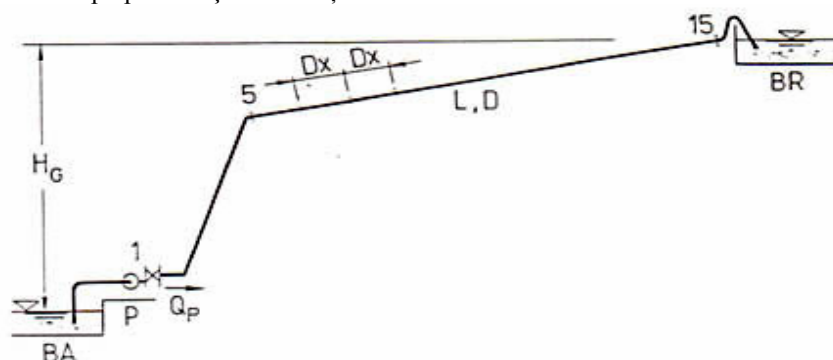


Fig. nr. 1; Schema instalației de pompare. Caracteristicile instalației de pompare sunt:

$$H_g = 48,50m; Q_p = 8,5m^3/s; L = 1138m; d = 2000mm; \Delta_x = 81m$$

### 3. Rezultate obținute

Rezultatele calculelor efectuate cu relațiile (1) și (2) pun în evidență diferențele între cazul în care se consideră celeritatea constantă și când se

consideră variabilă cu presiunea, în ipoteza că în apă nu există aer liber. Câteva din rezultatele acestor calcule sunt prezentate sub formă grafică în Fig 2÷5:

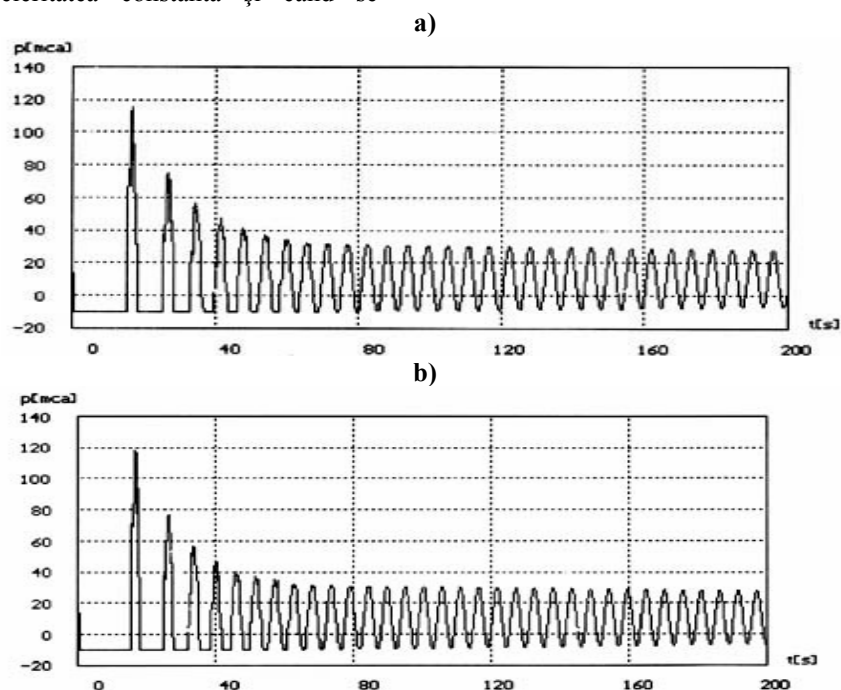


Fig. nr.2- Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5)  
- varianta fără protecție la șoc hidraulic:

a) celeritate constantă      b) celeritate variabilă

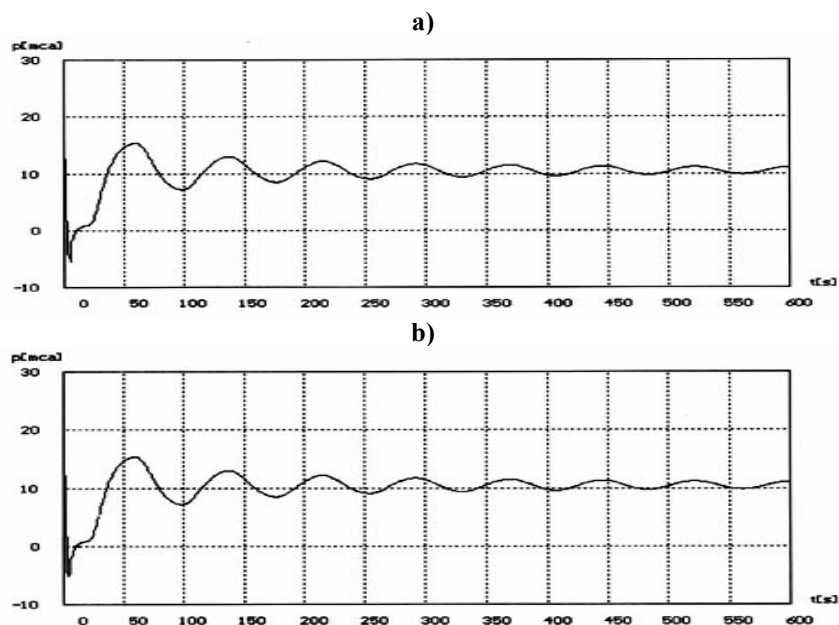


Fig. nr. 3 – Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5)  
varianta de protecție la șoc hidraulic cu rezervor cu pernă  
de aer amplasat lângă stația de pompare (vol = 160 m<sup>3</sup>)

a) celeritate constantă      b) celeritate variabilă

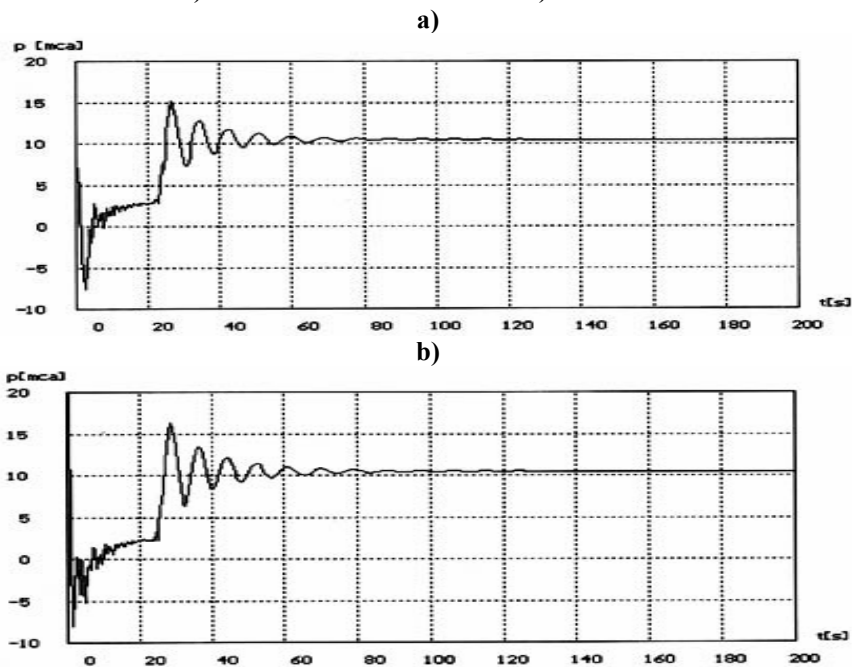


Fig. nr. 4 – Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5) - varianta  
de protecție cu cameră de apă amplasată în secțiunea 5 de calcul

a) celeritate constantă      b) celeritate variabilă

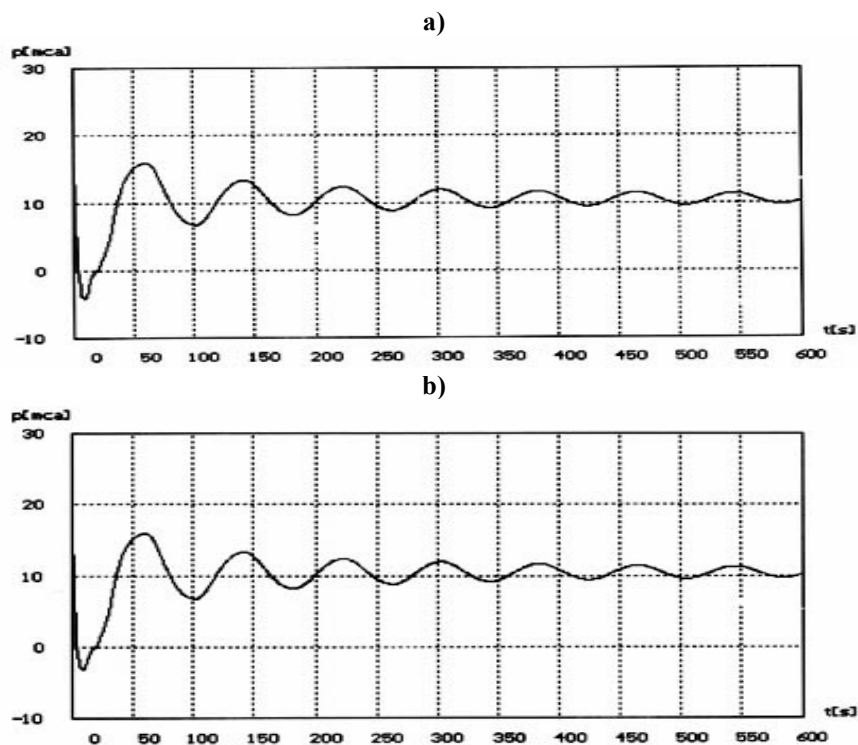
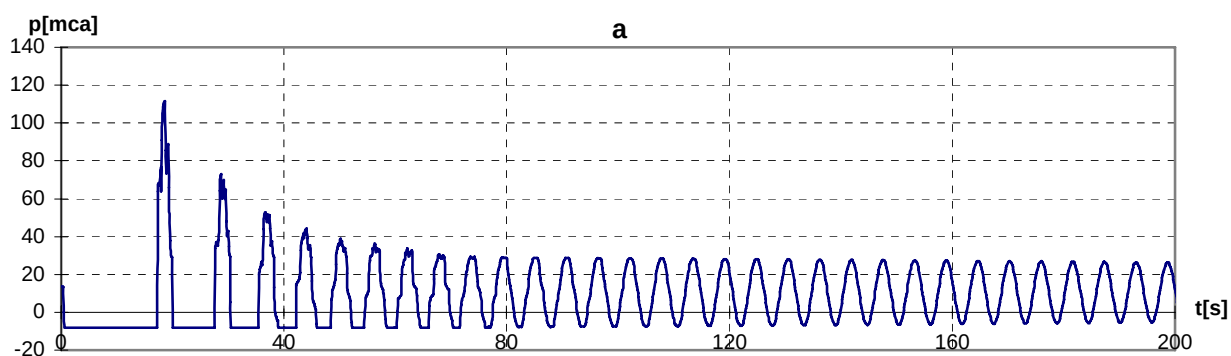


Fig. nr. 5 – Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5)- varianta de protecție cu rezervor cu pernă de aer amplasat lângă stația de pompare (Vol = 50m<sup>3</sup>) și castel de echilibru amplasat în secțiunea 5 de calcul  
**a) celeritate constantă**                      **b) celeritate variabilă**

S-au efectuat calcule comparative și utilizând relațiile (2) și (3), pentru a pune în evidență influența aerului liber asupra undelor șocului hidraulic.

O parte din rezultatele acestor calcule sunt prezentate sub formă grafică în Fig. 6 și 7:



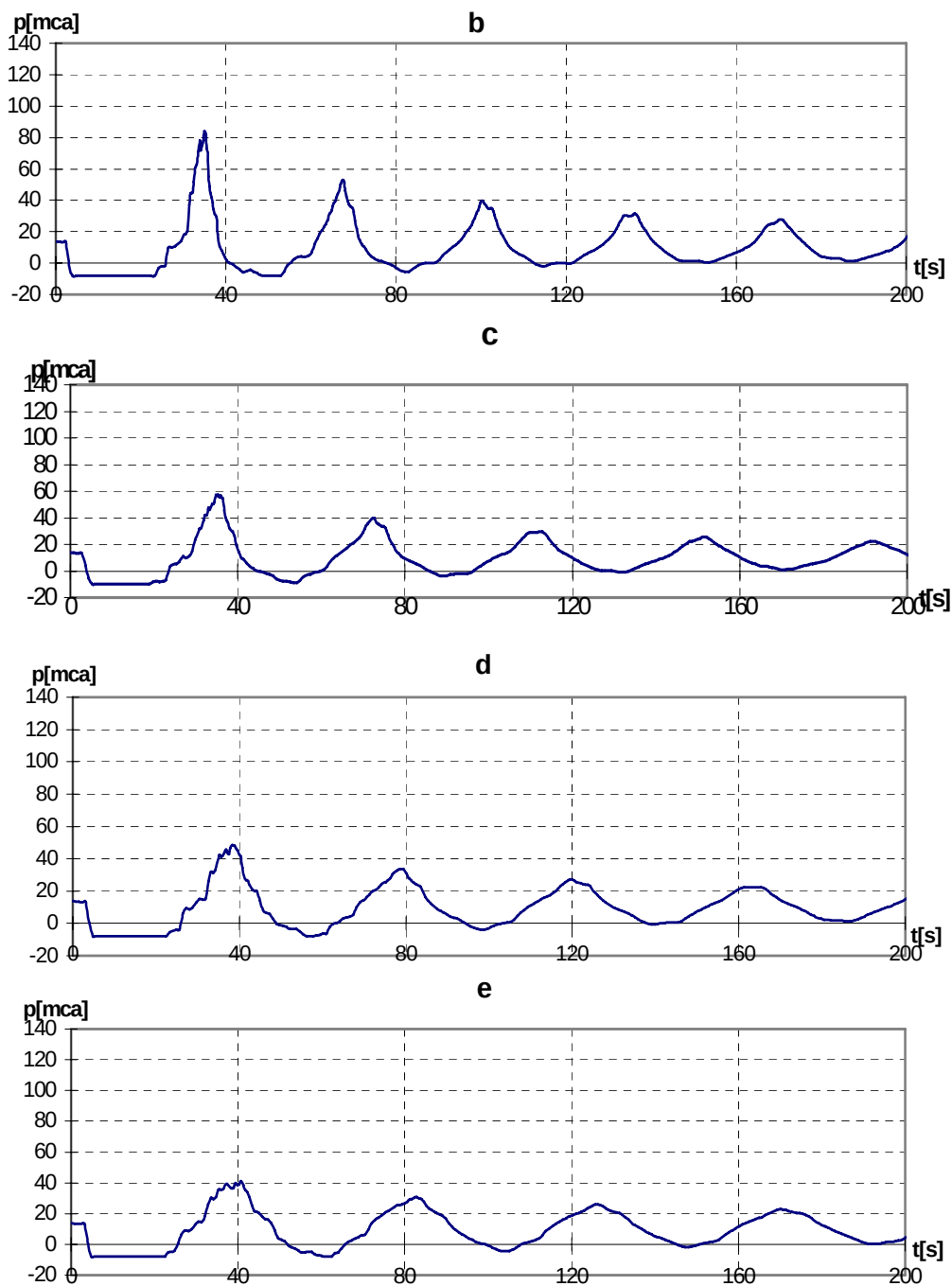


Fig. 6. Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5)  
 - varianta fără protecție la șoc hidraulic:  
 a) fără aer; b) cu 1% aer; c) cu 2% aer; d) cu 4% aer; e) cu 6% aer

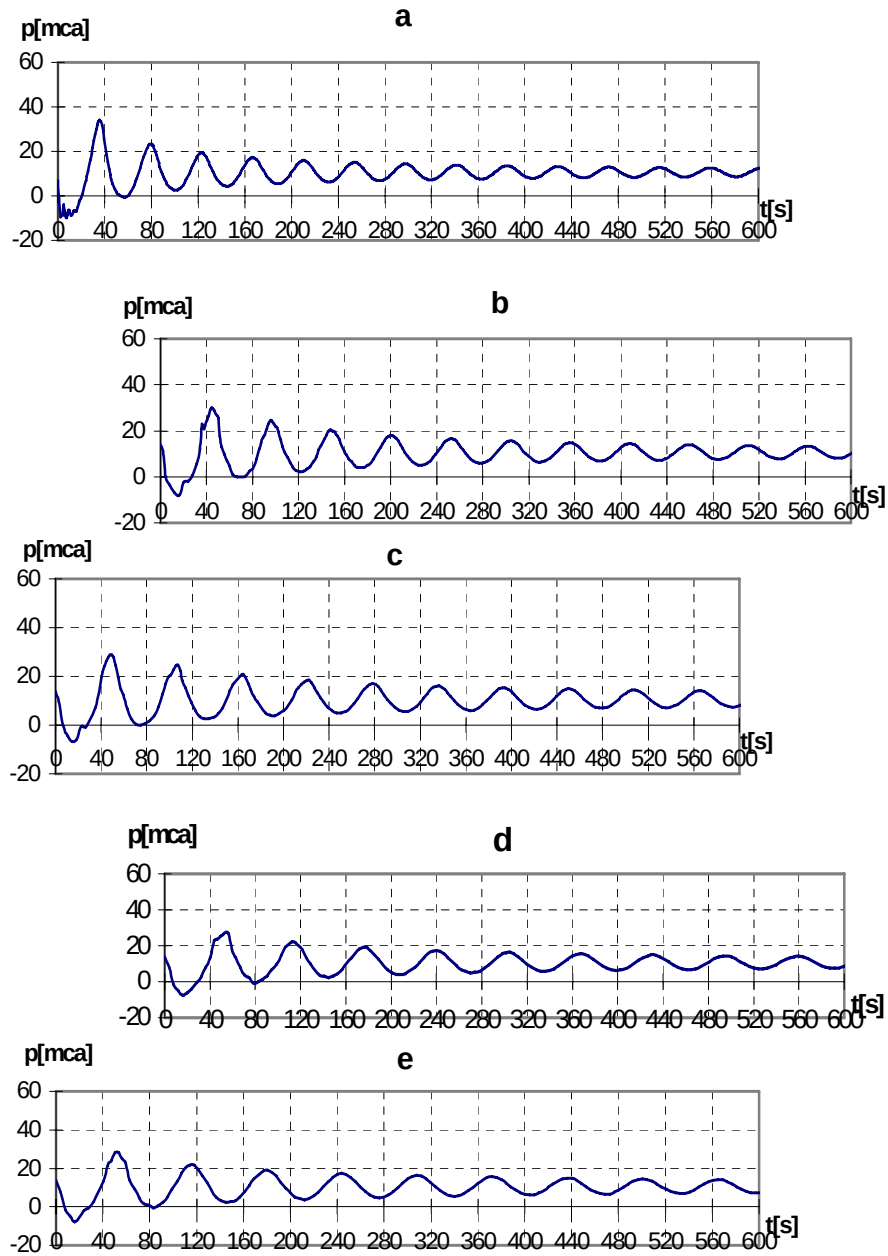


Fig. 7. Variația presiunilor în conducta de refulare (secțiunea 5)  
 varianta cu protecție la șoc hidraulic cu rezervor cu pernă  
 de aer amplasat lângă stația de pompare ( $Vol = 160m^3$ ):

a) fără aer; b) cu 1% aer; c) cu 2% aer; d) cu 4% aer; e) cu 6% aer

#### 4. Concluzii

Din rezultatele numerice obținute dar și din prezentarea acestora sub formă grafică se desprind următoarele concluzii:

- atunci când celeritatea se consideră o mărime variabilă cu presiunea, așa cum este în realitate, recalculându-se la fiecare pas de calcul, față de cazul în care celeritatea se consideră constantă, se înregistrează diferențe sesizabile privind variația presiunilor în sistem în cazul în care instalația hidrolică nu are mijloace de protecție
- presiunea maximă rezultată din calculele în care se consideră celeritatea variabilă este mai mare cu circa 3% decât în cazul celerității constante
- în cazurile instalației fără protecție se constată și o ușoară reducere a perioadei oscilațiilor
- când sistemul hidrolic este echipat cu mijloace de protecție diferențiale între presiunile maxime și între perioadele de oscilație devin ne semnificative, efectul mijloacelor de protecție fiind mai important decât efectul celerității variabile.
- în cazul în care în calcule se ține seama și de existența aerului liber se constată diferențe foarte importante față de situația când se neglijează aerul liber:
- dacă instalația nu are mijloace de protecție frecvența oscilațiilor de presiune scade de șase până la opt ori când există volume mici de aer liber față de cazul când se neglijează aerul
- amplitudinea oscilațiilor de presiune scade considerabil
- amortizarea oscilațiilor este mai accentuată când există aer liber
- perioada oscilațiilor crește considerabil
- creșterea conținutului de aer liber determină și creșterea efectelor menționate dar într-o măsură mai mică

➤ când instalația hidrolică este prevăzută cu mijloace de protecție, efectele prevăzute se mențin dar sunt mai puțin spectaculoase

➤ aerul liber contribuie la diminuarea efectelor negative ale șocului hidrolic

Atunci când în calculele de șoc hidrolic se ține cont de celeritatea variabilă cu presiunea și conținutul de aer liber din apă, complicarea modelului de calcul (în cazul calcului automat) este neglijabilă, dar rezultatele calculelor vor fi mai apropiate de valorile reale iar proiectarea instalațiilor hidrolic și a mijloacelor de protecție la șoc hidrolic se va face în condiții de eficiență economică mai ridicată.

#### 5. Bibliografie

- [1] Popescu M., Arsenie D., *Metode de calcul hidrolic pentru uzine hidroelectrice și stații de pompare*, 1987, Ed. tehnică - București
- [2] Wylie E.B., *Free air in liquid transient flow*, 1980, Third International Conference on Pressure Surges. BHRA Fluid Engineering - Canterbury, England
- [3] Tullis J.P., Streeter V.L., Willie E.B., *Waterhammer analysis with air release*, 1976, On the 2-nd International Conference on Pressure Surges. BHRA Fluid Engineering, London, England
- [4] Chaudry H., *Applied hydraulic transients (Second Edition)* 1987, Von Nastrand Reinhold Compan
- [5] Florea Mihai, *Contribuții la studiul mișcărilor nepermanente sub presiune – Teză de doctorat*, 1997, Constanța
- [6] Florea Mihai, *Unele rezultate privind influența variațiilor de presiune și a aerului liber (nedizolvat) asupra undelor șocului hidrolic*, 1999, "Hidrotehnica" – nr. 7/1999.

## Cercetări privind soluții de sitare-filtrare a apei în sistemele de irigație

Ioan GHELASE <sup>a</sup>Eftimie NIȚESCU <sup>b</sup>Ștefan POPESCU <sup>b</sup>Luca MIHAIL <sup>b</sup><sup>a</sup> RAIF Brăila<sup>b</sup> Facultatea de Hidrotehnică Universitatea "GH ASACHI" Iași,  
Iași, 6600, România

**Abstract** This paper presents an solution of an automate installation for filtration and screening (sieving). The proposed installation can be assembled and used in the conditions of existing arrangements without necessitating another structures of the working section. This prototypes of the installation for filtration and screening (sieving) is presented

**Keywords:** installation for filtration and screening

### 1. Introducere

În sistemele de irigație aflate în exploatare, singurele instalații folosite pentru reținerea aluviunilor sunt cele de tip static, plan verticale. Ele au o funcționare ciclică, procesul lor de curățire realizându-se greoi.

Apa din sistemele de irigație trebuie îmbunătățită calitativ din punct de vedere al conținutului de aluviuni atât pentru reducerea intensității procesului de colmatare a canalelor și a conductelor, cât și pentru a putea oferi eventualilor utilizatori agricoli sau producătorilor industriali mici, ce se dezvoltă în zona rurală, apă la parametrii de calitate impuși.

În acest scop s-a studiat posibilitatea modernizării sistemelor de irigație existente prin introducerea în secțiunile interesate a unor instalații de sitare-filtrare, care să corespundă următoarelor cerințe [1]:

- Să se adapteze în sistemele de irigații fără amenajări speciale costisitoare, atât pe canale cât și pe conducte;
- Înlocuirea funcționării ciclice –cu curățire periodică- printr-o funcționare de tip continuă
- Realizarea automată a curățirii sitei

### 2. Soluția I

O primă soluție tehnică de instalație pentru sitarea-filtrarea apei este cea destinată rețelei de canale deschise [2]. În fig. 1 este prezentată o instalație care se montează pe taluzul canalului de alimentare C1 în secțiunea de derivație a apei pe canalul C2, destinată unui beneficiar care solicită o apă de calitate superioară celei transportate de canalul C1.

Schema constructivă a instalației este prezentată în fig. 2, ea fiind formată dintr-un cadru metalic (1) ce se așează și se ancorează pe taluzul canalului C1, în cadru culisând o ramă port-sită (2). Acționarea sitei, alternativ stânga-dreapta, se realizează cu un motor electric printr-un pinion (3) ce angrenează o cremalieră (4) montată pe cadrul suport al sitei. În continuare, pe axul electromotorului este montată o perie rotativă destinată curățirii sitei.

Un senzor de nivel (5) montat în canalul de derivație c2 comandă punerea în funcțiune a sistemului automat de curățire astfel: între nivelul apei din c1 și nivelul apei din C2 există o diferență – pierdere de sarcină- determinată de trecerea apei prin sită.

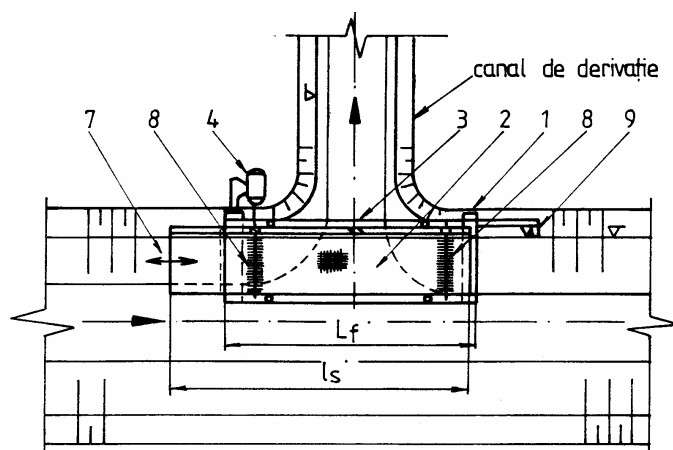


Fig. 1. Instalație de filtrare – sitare  
Schema de montaj pe taluzul canalului  
în secțiunea de derivație a apei spre un beneficiar

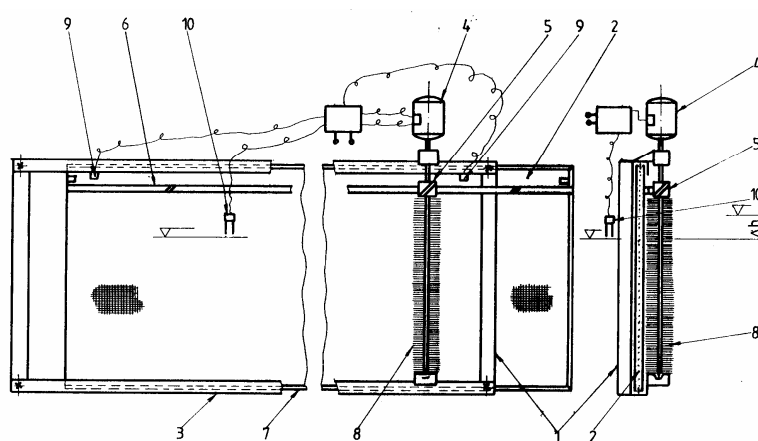


Fig. 2. – Schema constructivă a instalației de filtrare – sitare

Dacă sita se colmatează cu aluviuni pierderea de sarcină crește, valoarea limită de scădere a nivelului apei este sesizată de senzorul (5) care astfel comandă operația de curățire, fără a mai opri curgerea apei spre beneficiar. Aluviunile curățate de pe sită sunt antrenate de curentul de apă din canalul c1 distribuindu-se spre aval.

Un alt avantaj al acestui tip de instalație îl constituie faptul că procesul colmatării sitei este mai lent datorită componentei tangențiale a mișcării particulelor de aluviuni ce lovesc sita, orientată pe

direcția curgerii apei, reducându-se astfel pericolul obturării ochiurilor sitei.

### 3. Soluția II

A doua soluție tehnică de instalație de sitare-filtrare a apei a fost gândită pentru a echipa rețelele de conducte ale unui sistem de irigație.

În fig. 3 și 4 este prezentat cazul unui sistem de irigație la care alimentarea SPP ului se face din canal.

În acest caz sita (1) este fixă, montată pe sorbul (2) al conductei de aspirație, sita fiind curățită de o

perie ce se rotește pe planul sitei, fiind acționată de un motor electric (3) ce transmite mișcarea printr-un

ax (4) cuplat la un reductor (5) ce rotește peria cu o viteză de cca. 50 rotații/min.

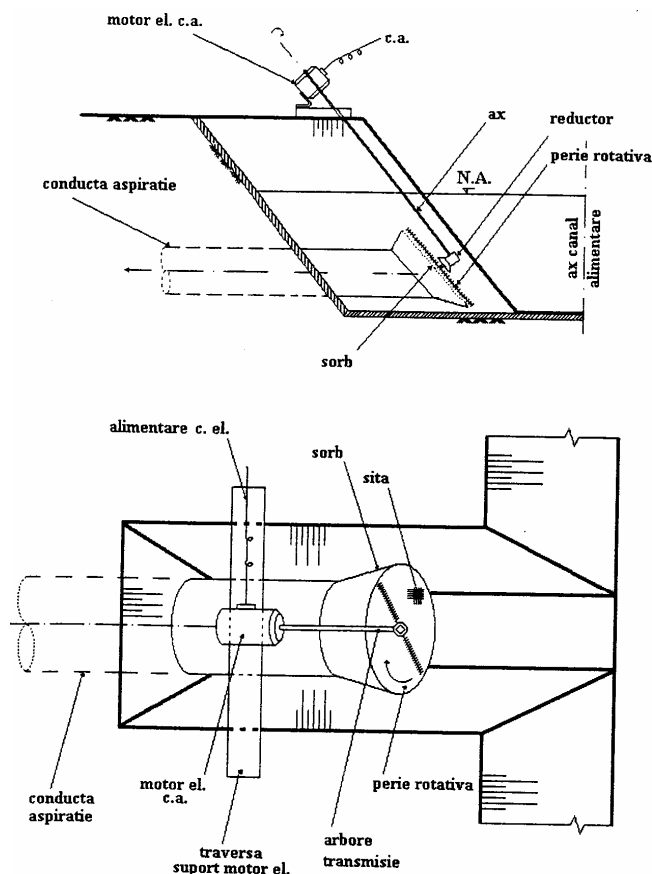


Fig. 3;4. – Schema instalației de filtrare – sitare cu perii rotative și sita fixă adaptată pentru conducte

În această soluție consumul de energie electrică este mai mic, comparativ cu soluția precedentă, aceasta datorită faptului că la soluția II este antrenată numai peria, pe când la soluția I este antrenată într-o mișcare de translație și sita instalației.

#### 4. Soluția III

O altă problemă abordată în cercetările privind îmbunătățirea calității apei este aceea apărută în cazul ungerii cu film de apă al lagărelor pompelor. Pentru ungerea lagărelor, acestea sunt echipate cu minipompe de apă având rotorul din material plastic. Datorită concentrației mari de aluviuni în suspensie în apa ce alimentează minipompele, rotoarele s-au

degradat prin abraziune la scurt timp de la introducerea lor în funcțiune. Pentru a îmbunătăți calitatea apei în acest proces s-a conceput un sistem ce include două trepte de curățire a apei de aluviuni (fig. 5)

Pentru a reține și particulele fine, pe conducta de evacuare a ciclonului, în interior, s-a montat un cartuș filtrant (fig. 5b).

Întrucât pentru menținerea capacității de filtrare este necesară demontarea frecventă a cartușului filtrant, s-a conceput un sistem de autocurățire format dintr-o microturbină montată pe conducta de evacuare, ea servind la acționarea unei baterii de perii ce curăță continuu suprafața laterală a cartușului filtrant.

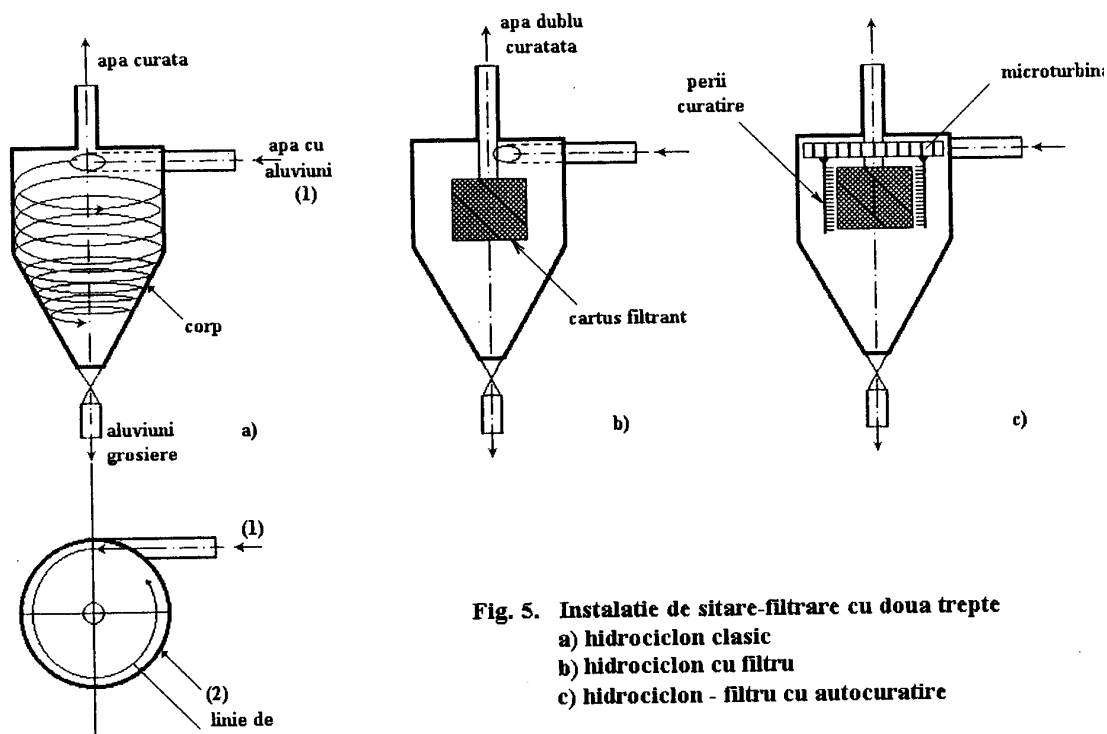


**Fig. 5. Instalatie de sitare-filtrare cu doua trepte**  
**a) hidrociclon clasic**  
**b) hidrociclon cu filtru**  
**c) hidrociclon - filtru cu autocurățire**

## 5. Concluzii

Deservirea calitativ superioară a fermelor agricole și a unor beneficiari ce solicită apa la anumiți parametri de calitate în ce privește conținutul de aluviuni, impune introducerea în sistemele de irigație a unor instalații de sitare-filtrare, care să se adapteze amenajărilor existente fără modificări majore. Lucrarea prezintă două astfel de instalații, una adaptată pentru funcționarea pe rețeaua de canale și o a doua pentru rețele de conducte.

Aluviunile în suspensie din apa de irigație produc neajunsuri și echipamentelor hidromecanice în special datorită fenomenului de abraziune care poate fi diminuat prin utilizarea instalație de sitare-filtrare prezentate în lucrare.

Toate tipurile de instalații de sitare-filtrare concepute și prezentate în lucrare sunt echipate cu

sisteme de autocurățire, ceea ce le asigură o funcționare continuă și menține debitul de apă proiectat.

## 6. Bibliografie

- [1] Nițescu E., Luca M., Popescu Șt., Ghelase I., 1998 *Îmbunătățirea calității apei din sistemele de irigație prin sitare în flux continuu*, Hidrotehnica, vol 43, nr.7, București ISSN 0439-0962
- [2] Luca M., Nițescu E., Stătescu Fl., Popescu Șt., 1998, *research on low pressure filtering modules*, Buletin IPI, tomul XLIII (XLIV), Fasc. 1-4, Secția VII
- [3] Nițescu E și colab. 1997, *Studiu de laborator al prototipului instalației de filtrare continuă a apei* Grant MEN nr. 7002/1997

## Instalații de mică capacitate pentru tratarea apei de alimentare în mediul rural

Paula IANCU<sup>a</sup>Adriana PIENARU<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului,  
U.S.A.M.V. București, București, 7000, România*

<sup>b</sup> *Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București, București, 7000, România*

**Abstract** The proposed installation of 1000 m<sup>3</sup>/day can supply rural communities with 350 – 400 inhabitants. The water source must have 1500 – 2000 mg/l suspended solids, with 15 – 20 mg/l organic substances. The installation is operating permanently, automatically, continually and without supplementary operations during its washing.

**Keywords:** water treatment station, classical reagent coagulation, electrical coagulation, country planning .

### 1. Introducere

Dezvoltarea durabilă a satelor se impune cu pregnanță în condițiile specifice României, ținând seama că spațiul rural reprezintă 90% din suprafața țării și cuprinde circa 45% din populația totală, grupată în 13461 localități rurale. Din cei 22,7 milioane locuitori beneficiază de alimentare cu apă în sistem centralizat circa 13,8 milioane, din care numai 3,3 milioane trăiesc în mediul rural. Restul de aproximativ 7 milioane locuitori nu beneficiază de alimentare cu apă în sistem centralizat, riscul acestora de a folosi ape infestate fiind deosebit de ridicat.

### 2. Specificul stațiilor de tratare în mediul rural

Stațiile de tratare aplicate în mediul rural în România trebuiesc concepute astfel încât, având în vedere costul ridicat al terenului, posibilele variații ale parametrilor calitativi ai apei brute la sursă, lipsa personalului calificat pentru întreținere și exploatare, să satisfacă următoarele condiții:

- dimensionarea generală să permită preluarea variațiilor de încărcare a apei brute,
- funcționarea instalațiilor să aibă un aport avansat de automatizare, care să permită o funcționare fără personal permanent de exploatare,
- instalațiile să fie pe cât posibil comasate pentru a ocupa o suprafață de teren cât mai redusă

- instalațiile să se preteze la prefabricare, pentru a reduce manopera pe șantier.

Stațiile de tratare a apelor de suprafață pentru debite mici, sunt cunoscute sub denumirea de “monobloc”, ele sunt răspândite în străinătate. Costul lor este relativ ridicat și nu se întrevide posibilitatea importării lor pe scară largă pentru mediul rural. Există însă posibilități de realizare a lor în țară, la costuri accesibile, cu condiția stabilirii unor tehnologii adecvate. Fluxul tehnologic la aceste stații este sub presiune.

În principiu, *schemele tehnologice* se prezintă astfel:

- coagularea prealabilă a apei folosind reactivi de coagulare și adjuvanți
- reținerea suspensiilor coloidale coagulate, în general în decantoare de tip pulsator sau circular sau în instalații de filtrare grosieră (prefiltre)
- finisarea turbidității apei prin filtrare pe straturi granulare din nisip cuarțos sau din alte materiale
- sterilizarea apei folosind hipoclorit de sodiu sau clor activ produs prin diferite metode.

Schemele se completează funcție de calitatea sursei comparativ cu cea solicitată în alimentare, cu: adsorbția micropoluantilor pe cărbune activat granular, reducerea gradului de mineralizare folosind schimbători de ioni, oxidarea cu ozon, dezinfecție cu ultraviolete, etc.

La stațiile de foarte mică capacitate se tinde să se realizeze echiparea cu elementele necesare *coagulării electrice*, în cadrul căreia substanțele chimice de coagulare se produc direct prin electroliză în fluxul tehnologic, înainte de decantare, fără modificarea mineralizării și nici acidității apei.

### 3. Scheme tehnologice ale stației de tratare. Parametrii funcționali

Stația de tratare funcționează în flux continuu, în regim automat, fără întreruperi și fără manevre suplimentare pe perioada spălării fluxului.

#### 3.1 Stația de tratare, varianta cu reactivi clasici (sulfat de aluminiu)

Schema tehnologică și fluxul apei în stația de tratare sunt date în Fig. 1. Apa de la sursă intră în stația de tratare prin conducta Ø S cu debitul de  $4\text{ m}^3/\text{h}$ , fiind distribuită prin reglarea robinetelor V1,

V2, V3 și V4 după cum urmează :  $0,5 Q = 2\text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,55\text{ l/s}$ ) direct în distribuitorul Ø P din decantor și  $0,5 Q = 2\text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,55\text{ l/s}$ ) spre vasul sifon prin Ø C. În vasul tampon se acumulează apa timp de 40 sec. iar apoi, prin sifonul automat, apa se descarcă timp de 7 sec. prin Ø P în distribuitorul de la baza decantorului. Apa se distribuie în regim pulsatoriu de la baza decantorului spre partea superioară. În prima zonă se formează, prin coagularea suspensiilor, un strat suspensional care se concentrează și apoi deversează în vasul Vn de colectare a nămolului. În acesta se realizează concentrații de  $18 - 20\text{ g/l}$ . Apa trecută prin stratul suspensional, cu viteze ascensionale de  $3\text{ m/h}$ , se limpește și este colectată prin sistemul de țevi perforate de la partea superioară a decantorului de unde prin robinetul V6 ajunge în filtru prin curgere gravitațională. Apa decantată trece în filtru cu curent descendent printr-un strat de nisip cu granulometrie  $1...1,5\text{ mm}$  și înălțimea  $1\text{ m}$ , cu viteză medie de filtrare de  $5\text{ m/h}$ .

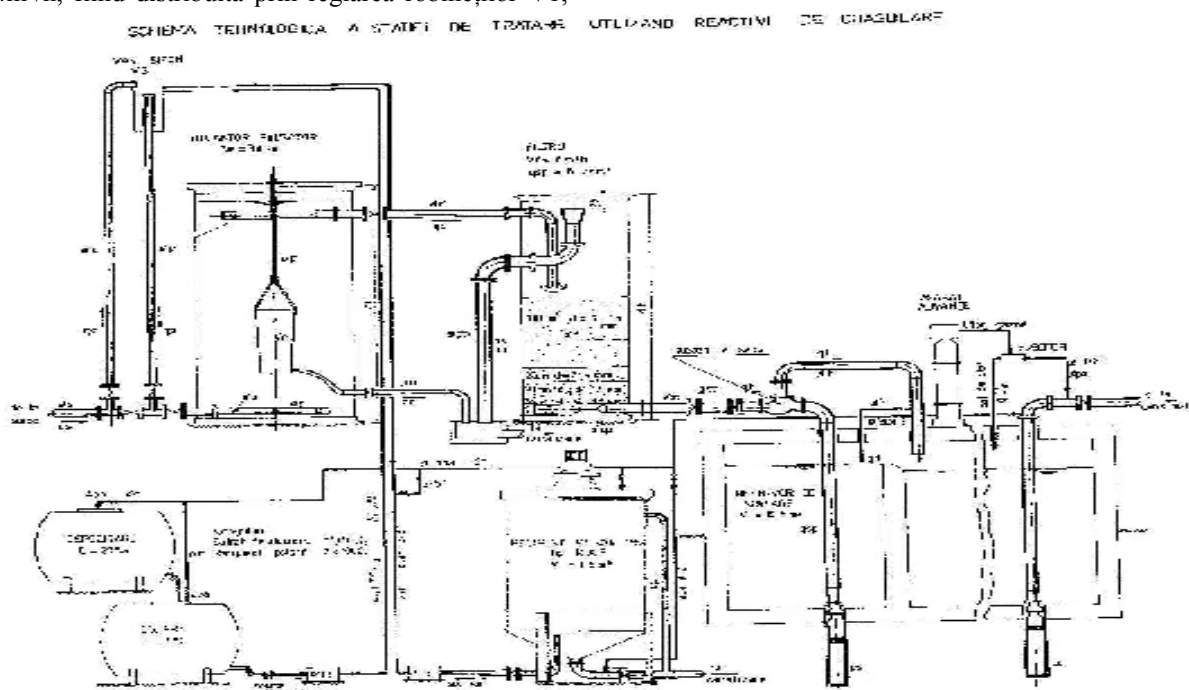


Fig. 1. Schema tehnologică și fluxul apei în stația de tratare, varianta cu reactivi clasici

Filtrul funcționează cu nivel de apă ascendent de la  $20\text{ cm}$  peste stratul filtrant la începutul ciclului de filtrare și de  $125\text{ cm}$  la finele acestui ciclu.

La acest nivel care corespunde colmatării maxime a filtrului, un semnalizator magnetic de nivel pentru comandă electrică SNCE-1 transmite comanda de

pornire a pompei de spălare PS din rezervorul de spălare. Spălarea filtrului se efectuează cu contracurent de apă cu debit de cca. 12 l/s  $m^3$  din apa acumulată în rezervorul de spălare ( $9,5 m^3$ ). Spălarea continuă până la epuizarea rezervei de spălare (cca.  $8,5 m^3$ ) când la atingerea nivelului minim al apei din rezervoare un dispozitiv SNE blochează funcționarea pompei de spălare întrerupând ciclul de spălare.

În timpul spălării, apa decantată trece în continuare în filtru asigurând un baleiaj de suprafață iar apa de spălare se evacuează prin preaplinul filtrului. Dezinfectarea apei se face cu soluție de clor cu dozare printr-un aparat de dozare tip ADVANCE 201  $q = 0,6 - 12 g Cl/h$  funcționând sub vid, montat pe capul buteliei de clor. Trimiterea apei la consumator este prevăzută cu o pompă submersibilă PC montată în rezervorul de apă filtrată.

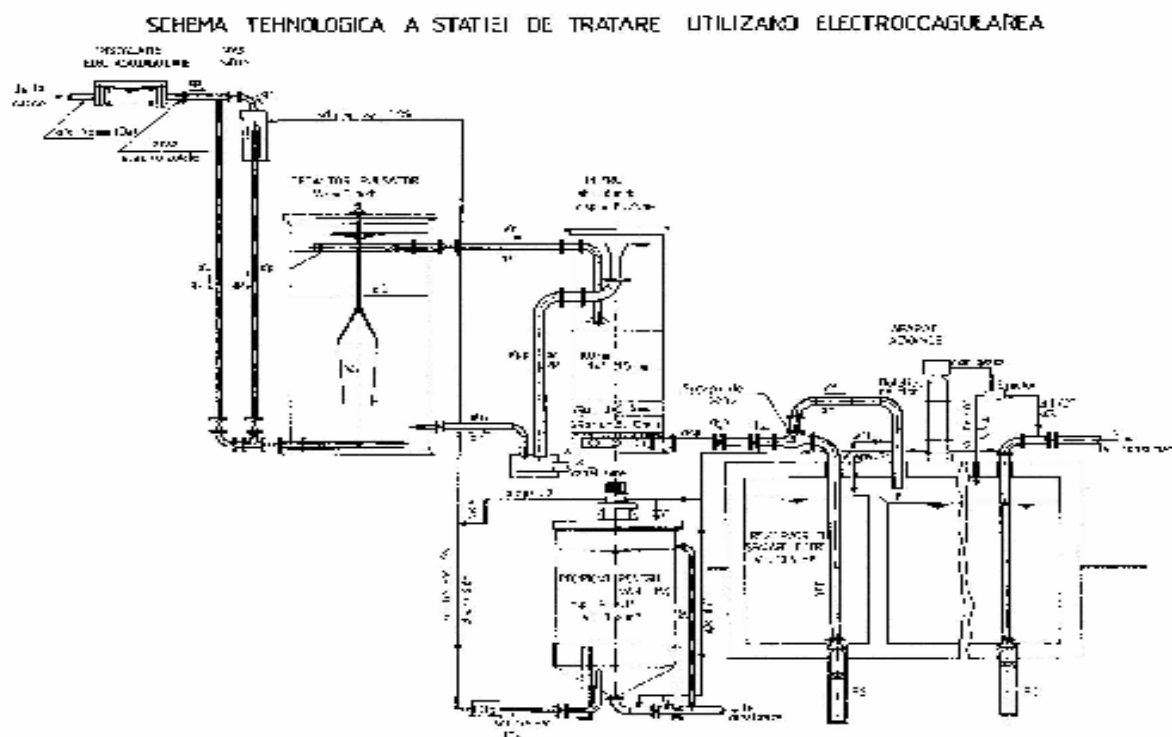


Fig. 2 Schema tehnologică și fluxul apei în stația de tratare, varianta de coagulare electrică

### 3.2 Stația de tratare, varianta de coagulare electrică

Schema tehnologică este similară cu aceea descrisă anterior, cu următoarele modificări: recipientii de soluție  $c = 20 \%$  și  $c = 5 \%$  precum și pompa dozatoare PD I cu circuitele aferente sunt înlocuite cu dispozitivul de coagulare intercalat pe conducta de apă brută înainte de intrarea în decantor.

Schema acestei variante este cea reprezentată în Fig. 2. Această variantă, aplicabilă în cazul apelor cu durtate temporară peste  $6 - 7^0 G$  care nu comportă tratarea apelor cu var, utilizează pentru coagulare un

aparat de electroliză a fierului în apă. Apa brută trece printre plăcile (electrozi) de fier, coagularea realizându-se datorită fierului dizolvat în apă. În funcție de încărcare apei brute se reglează amperajul la redresorul de curent astfel încât în decantor să se formeze flocoane bine conformate și cu un grad corespunzător de coeziune a nămolului.

### 4. Concluzii

Instalația poate fi aplicată pentru debite de  $4 m^3/h$  ( $1,1 l/s$  sau cca.  $1000 m^3/zi$ ) ceea ce corespunde la colectivități de  $350 - 400$  locuitori, cu consumuri

zilnice maxime de 250 l/om zi. Intercalarea unei asemenea stații de tratare în schema generală a alimentării cu apă este indicată în schemele în varianta cu rezervor de înălțime și în varianta cu pompare cu hidrofor, funcție de poziția relativă a amplasamentului stației față de sursă și consumator și ținând seama de cotele relative ale sursei, rezervorului și rețelei de distribuție. Stația de tratare poate fi aplicată pentru ape brute din surse având maximum: 1500 – 2000 mg/l suspensii și 15 - 20 mg/l substanță organică, în cazul când aceste substanțe pot fi reduse

printr-o decantare și filtrare cu adaos de floculanți și adjuvanți până la limitele admise de STAS 1343/91, de 10 – 12 mg/l. Desnisiparea apei nu este cuprinsă în schemele tehnologice ale stațiilor de tratare, ea făcându-se la captarea apei. În cazul în care la sursa de apă conținutul de suspensii depășește limita de 1500 - 2000 mg/l, instalațiile de desnisipare se măresc în mod corespunzător pentru a reține și partea de suspensii gravimetrice ce depășește aceste limite. În cazul apelor cu duritate temporară sub 5 – 6° G se poate aplica varianta cu coagulare clasică cu reactivi sulfat de aluminiu și var (Fig. 1). În cazul apelor cu duritate temporară peste 6 – 7° G se poate aplica opțional fie varianta clasică (Fig.1) în care nu mai este necesară tratarea cu var, fie varianta (Fig. 2)

cu coagulare electrică. Stația corespunde exigențelor de funcționare în regim semiautomat, fără personal de exploatare permanent, necesitând numai intervenții periodice pentru prepararea reactivilor și controlul funcționării agregatelor de pompare.

## 5. Bibliografie

- [1] \*\*\*Studiu PROED S.A., *Documentare asupra tehnologiilor aplicate pentru stații de tratare*, 1993.
- [2] \*\*\*Studiu de cercetare ICIM București *Tehnologii și instalații de tratare a apelor de alimentare în zonele rurale*, 1991, 1992, 1993,.
- [3] \*\*\*PROED S.A. *Studiu de fundamentare pentru tratarea și epurarea apelor în mediul rural - unități mici și foarte mici, cu debite de la 1 la 6 l/s, soluții "monobloc"*, 1993, 1994.
- [4] \*\*\*ICIM, *Studiu de cercetare privind: Realizarea unor echipamente de electrocoagulare a apei*, 1993.
- [5] Pienaru Adriana, *Contribuții la tehnologiile de tratare speciale pentru alimentarea cu apă a zonelor rurale*, 1999, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții, București.

## Electrocoagularea în alimentarea cu apă în mediul rural

Paula IANCU<sup>a</sup>Adriana PIENARU<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului,  
U.S.A.M.V. București, București, 7000, România*

<sup>b</sup> *Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București, București, 7000, România*

**Abstract** The electrochemical coagulation is an alternative of the classic coagulation, using gas bubbles as separation agents. These bubbles are generated by the electrolysis of the effluent using metallic consumable electrodes. After laboratory tests on similar water samples, using electrocoagulation and coagulation with chemical reagents, we have identical results for both methods. The disadvantage of electrocoagulation is that it is an expensive method.

**Keywords:** waste-water decantation, classic coagulation, electrochemical coagulation

### 1. Introducere

În ultimii ani, atât pe plan mondial cât și în țara noastră, au continuat cu intensitate preocupările pentru găsirea unor procedee mai eficiente în tratarea apelor de alimentare, printre acestea putând fi menționată și metoda coagulării electrochimice [1].

Este cunoscut faptul că, pentru îndepărtarea poluanților fin dispersați în apă, este utilizată curent metoda coagulării cu ajutorul cationilor unor metale (alumiul, fierul) adăugate sub forma unor săruri solubile. O altă posibilitate de introducere a unor astfel de cationi în apă constă în solubilizarea electrochimică a unor electrozi din metale similare [2].

Coagularea electrochimică, urmată de electroflotație, este de fapt o variantă a flotației clasice, folosindu-se bule de gaz generate electrochimic ca agenți de separare. În cazul electrocoagulării, degajarea de microbule este provocată de electroliza efluentului însăși cu ajutorul electrozilor metalici consumabili. Procesul este însoțit de o serie de reacții electrochimice a căror viteză este determinată conform legilor cineticii electrochimice, de valoarea totală a potențialului la limita metal-soluție, de compoziția soluției, etc.

Eficacitatea metodei este dată de valoarea mare a raportului suprafață /volum a bulelor de gaz generate electrochimic care urcă la suprafață prin

dispersia coloidală destabilizată, realizând un efect de separare rapid.

### 2. Procesul de electrocoagulare

Electrocoagularea este o metodă electrolitică ale cărei procese constau în reacții la electrod cu metalul electrodului (*Al* sau *Fe*) în apă sub acțiunea curentului electric. Reacțiile care se produc la electrozi depind de potențialele electrochimice ale metalelor.

Electrocoagularea duce la apariția ionilor  $Al^{3+}$ ,  $OH^-$  și a ionilor complecși de forma:

$[Al(H_2O)_6]^{3+}$ ,  $[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+}$ ,  $[Al(OH)_4(H_2O)]^-$ , etc.

Toate aceste "specii" ce conțin aluminiu depind de *pH*-ul apei. Când  $7 < pH < 8,5$  apare  $[Al(OH)_3(H_2O)_3]^\infty$  în cantități mari, iar ceilalți cationi polimerici ai hidroxidului de aluminiu în cantități foarte mici. Ei pot forma flocoane în timpul procesului de electrocoagulare. Procentul de reținere a  $HCO_3^-$  în "apa finală", în urma electrocoagulării este în general de 50 – 70%, iar  $Ca^{2+}$  de 40 – 60%. În procesul electrocoagulării, la catod ionii  $OH^-$  sunt emiși continuu în soluție. Aceasta va duce la

stabilirea echilibrului, în ceea ce privește acidul carbonic pierdut. Electroliza are o acțiune directă asupra materiilor dizolvate și una indirectă asupra materiilor în suspensie.

### 3. Experimentarea floculării electrice

În vederea stabilirii posibilităților de aplicare a acestei metode în potabilizarea apelor, s-a realizat un program experimental pe o instalație pilot /5/. Experimentările au fost efectuate în Laboratorul de Inginerie și Ecologie Urbană, din cadrul ICIM București (fig.1), alcătuită din: bazin stocare apă

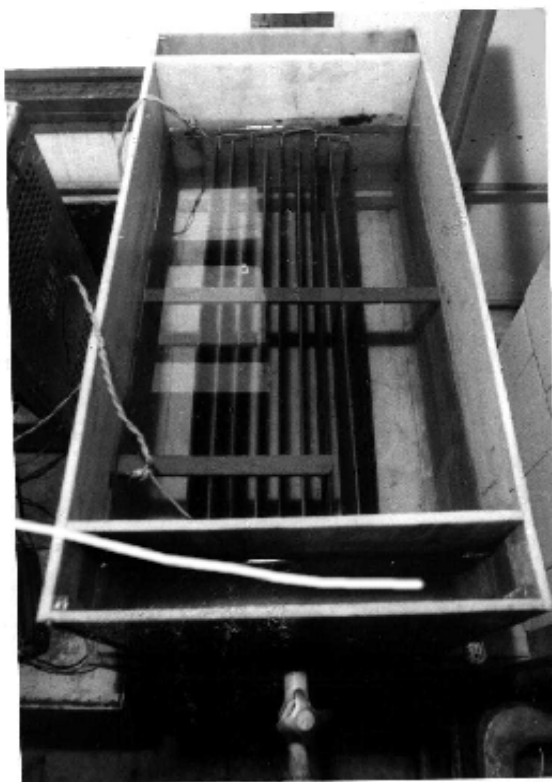


Fig. 1. Instalație pilot pentru experimentarea metodelor de potabilizare a apei

necesar a fi tratată (2 bucăți), cu volum de  $1 \text{ m}^3$ ; pompă,  $Q = 1 - 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; rotametrul, cu domeniul de măsurare  $Q = 100 - 2000 \text{ l/h}$ ; echipament pentru electrocoagularea (cuvă, electrozi, sursă de curent);

rezervor amestecare lentă – timp de amestecare de 10 minute; decantor.

Echipamentul pentru electrocoagulare este alcătuit din: o sursă de curent continuu, cuvă din PVC și electrozi. Cuvă are dimensiunile de  $640 \times 300 \times 300 \text{ (mm)}$ , cu un volum util de  $57 \text{ dm}^3$ .

Electrozii folosiți au fost în prima etapă din fier și în a doua etapă din aluminiu. S-au efectuat teste pe o apă sintetică, preparată din apă potabilă din rețeaua municipiului București, în care s-a introdus caolin, pentru a se crea o turbiditate artificială.

Caracteristicile inițiale ale apei au fost: conductivitate –  $380 \mu\text{S/cm}$ ; turbiditate –  $80^\circ \text{SiO}_2$ ; fier total ionic –  $0,25 \text{ mg/l}$ . Aplicându-se diferite tensiuni s-au obținut rezultatele prezentate în tabelul următor, pentru o apă brută având  $220 \text{ mg/l}$  suspensii:

Tabel nr.1 Caracteristicile inițiale ale apei (sintetice)

| Apa       | $U \text{ (V)}$ | $I \text{ (A)}$ | Conductivitate<br>( $\mu\text{S/cm}$ ) | Turbiditate<br>( $^\circ\text{SiO}_2$ ) |
|-----------|-----------------|-----------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Apa brută | -               | -               | 380                                    | 80                                      |
| Test 1    | 4,0             | 8,5             | 380                                    | 42,5                                    |
| Test 2    | 5,0             | 11              | 380                                    | 28,65                                   |
| Test 3    | 6,5             | 13              | 380                                    | 18,9                                    |
| Test 4    | 8,0             | 15              | 380                                    | 16,89                                   |

După cum se observă, cele mai bune rezultate s-au obținut la Testul 3 pentru tensiunile de 6,5 și 8V, turbiditatea (după decantare) fiind sub  $20^\circ \text{SiO}_2$ , deci, în domeniul considerat ca optim pentru desfășurarea ulterioară, în bune condiții, a filtrării. Cantitățile de nămol rezultate după decantare timp de 90 de minute au fost de  $1,6 - 1,7 \text{ ml/l}$  de apă tratată, nămolul având o umiditate de 97,80%.

După aceste operații de calibrare și verificare s-a testat apa de râu. Tensiunile aplicate și rezultatele parțiale pentru fiecare dintre acestea sunt prezentate în tabelul următor

Tabel nr.2 Caracteristicile apei de râu

| Apa           | $U (V)$ | $I (A)$ | Turbiditate ( $^{\circ}SiO_2$ ) | Suspensii (mg/l) | Substanțe organice (mg $KMnO_4/l$ ) |
|---------------|---------|---------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Apa brută (A) | -       | -       | 60                              | 148              | 18,59                               |
| Proba A1      | 4,0     | 8,1     | 45,35                           | 72               | 16,72                               |
| Proba A2      | 5,0     | 10,6    | 39,2                            | 46               | 14,35                               |
| Proba A3      | 6,5     | 12,2    | 18,55                           | 14               | 10,22                               |
| Proba A4      | 8,0     | 14,7    | 25,5                            | 18               | 10,05                               |

După cum se observă, pentru acest caz tensiunea optimă a fost de 6,5 V, cu o intensitate a curentului de 12,2 A, ceea ce a asigurat o eficiență de 90,5% în reducerea suspensiilor și de 45% în reducerea substanțelor organice. Apa decantată a fost filtrată, după filtrare caracteristicile fiind cele corespunzătoare unei ape potabile, fierul reducându-se la 0,05 mg/l, turbiditatea la  $^{\circ}SiO_2$ , substanțele organice la 7,82 mg  $KMnO_4/l$ , etc.

Consumul specific de energie și de electrozi se poate calcula, pentru fiecare caz în parte, folosind rezultatele obținute la experimentările efectuate.

Pentru un debit de tratat  $Q = 200 \text{ l/s} = 720 \text{ m}^3/\text{h}$ ; doza necesară de clorură ferică = 20 mg  $FeCl_3/l$ ;  $U = 7,3 \text{ V}$ ;  $I = 11,5 \text{ A}$ ; modul de lucru 7,3 V/11,5 A; știind că energie consumată este:

$$E = U \times I \times t,$$

în care:  $E$  = energia consumată,  $U$  = tensiunea,  $I$  = intensitatea curentului electric,  $t$  = timpul de funcționare, rezultă pentru datele de mai sus  $E = 60 \text{ kWh}$ , ceea ce conduce la un volum de cheltuieli:

$$C = E \times p_e = 60 \text{ kWh} \times 700 \text{ lei/kwh} = 42.000 \text{ lei}$$

și un consum de  $Fe^{3+}$  5,4 kg /h.

#### 4. Concluzii

Metoda electrocoagulării are următoarele avantaje: nu aduce aport de salinitate din exterior, acțiune rapidă (câteva minute), decantare mult mai rapidă a flocoanelor formate, oxidarea sau reducerea unor poluanți în plus față de efectul de coagulare –

floculare, posibilitatea coagulării - floculării a coloizilor cei mai fini, nu este necesară automatizare, grad de suplețe în utilizare, timp de reacție mai redus, rezultând instalații mult mai compacte.

Dezavantajul acestei metode constă în costuri mari în comparație cu cea clasică. Utilizarea fiarelor vechi sortate, ca anod în locul tolelor, ar permite scăderea considerabilă a prețului de cost. Consumul de energie este în jur de  $400 \text{ Wh/m}^3$  apă tratată. În urma experimentărilor pe instalația pilot realizată în laborator, s-au desprins unele concluzii deosebit de importante pentru introducerea unor echipamente și tehnologii noi, mai ales în domeniul sănătății și siguranței publice, cu respectarea obligatorie a următoarelor etape:

- elaborarea unui studiu documentar și de prelucrare a datelor existente din literatura de specialitate și cercetări anterioare (acolo unde va fi cazul);
- lucru pe instalații experimentale de laborator pentru stabilirea unor elemente tehnologice (viteze, doze, tensiuni, etc.);
- realizarea unei stații-pilot amplasată pe teren, în cadrul unor stații de tratare, instalație care să permită folosirea electrocoagulării în tratarea unui anumit debit (propunere  $Q = 10 - 20 \text{ l/s}$ ); această etapă va pune în evidență modul de desfășurare a procesului, dificultățile în exploatarea și întreținerea echipamentului, implicațiile asupra proceselor ulterioare de tratare.

Rezultatele obținute prin tratarea aceluiași tip de apă cu reactivi clasici (clorură ferică, sulfat de aluminiu, etc.) sau folosind electrocoagularea sunt apropiate. Deci, din acest punct de vedere, efectele și rezultatele pot fi considerate ca identice.

## 5. Bibliografie

[1]\*\*\* Realizarea unor echipamente de electrocoagulare a apei”, 1993, Contract de cercetare ICIM, București.

[2] Rojanschi V., Popescu I., *Electrocoagulare—metodă pentru tratarea și epurarea apelor*, 1980, Revista Hidrotehnica, nr. 25 / 1980.

[3] Lewandowski, R., *Electroflot ou electro-coagulo -- flotation*, 1977, La Tribune du CEBEDEAU, nr. 407, octombrie 1977.

[4] Kulski, L.A., *Epurarea apei prin electro-coagulare*, 1978, Budivel'nik, Kiev.

[5]. Pienaru A., “*Contribuții la tehnologiile de tratare speciale pentru alimentarea cu apă a zonelor rurale*”, 1999, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții, București.

## Variabilitatea climatică și fenomene hidrologice deosebite în zona de vest a României

Florin MĂRĂCINEANU

Elena CONSTANTIN

Mircea NISTREANU

*Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului, U.S.A.M.V. București, București, 7000, România*

**Abstract** The modifications of climate produced by greenhouse effect are feeling on west Romania, approximately on 4,5 millions hectares. In comparison with medium values of climate, from period of 1896-1955, in the last 20 years the intensity of water excess and was reduce the area with hydric equilibrium was increase. But it is happen, to keep on, higher floods wich produce more and more smaller damages as a result of the flood control works.

**Keywords:** climate, hydric equilibrium, flood control, greenhouse effect

### 1. Introducere

Partea de vest a României reprezintă o unitate istorico-geografică distinctă în cuprinsul țării, individualizată după condițiile naturale și social-economice. Această zonă cuprinde teritoriul format de câmpia ce se întinde de-a lungul graniței cu Iugoslavia și Ungaria, împreună cu dealurile piemontane și zona muntoasă, până la cumpăna Munților Apuseni și a unei părți din Carpații Meridionali, cu o lungime de peste 350 km și o lățime de 80-100 m, având o suprafață de circa 4500000 ha.

### 2. Caracterizare hidrografică

Densitatea rețelei hidrografice este de peste 1 km/km<sup>2</sup> în bazinul Crișul Negru și pe versantul vestic al masivului Biharea. Dealurile piemontane din vest au o densitate hidrografică de 0,40-0,50 km/km<sup>2</sup> în apropierea munților, unde precipitațiile anuale depășesc 700 mm/an și sub 0,40 km/km<sup>2</sup> pe măsură ce se intră în câmpie, unde precipitațiile scad sub 650 mm/an.

Regimul hidrologic al râurilor este oglinda fidelă a regimului climatic. Alimentate din ploi, izvoare și zăpezi, râurile de munte au debit permanent, cu creșteri de nivel de primăvară până la 1-3 m, amplitudinea creșterilor de nivel depășind 3 m în zona de dealuri și în jur de 5 m în câmpie.

### 3. Caracterizare climatică

Câmpia Tisei, mai expusă curenților atlantici, încărcată de umiditate, are un climat continental mai moderat (amplitudine termică anuală 22-23°C) și mai umed (600-700 mm/an) decât alte regiuni de câmpie din țară.

Dealurile piemontane din vest au o climă caracterizată prin veri și ierni relativ blânde și precipitații care cresc de la vest (peste 600 mm/an) spre est (peste 800 mm/an).

În general, în zona de vest a României, lunile normal pluviometric au o frecvență redusă, de 8-20%. Lunile ploioase au o frecvență de 44-30%, iar lunile secetoase au o frecvență de 40-61%.

### 4. Evoluții climatice în vestul României

Efectul de seră generat în principal de activitatea industrială induce modificări climatice la scară planetară, evidențiate la început prin anomalii climatice care tind să se permanentizeze. De fapt, aridizarea climatului înseamnă creșterea continuă a deficitului de umiditate care devine din ce în ce mai mult un factor natural restrictiv pentru agricultură și alte activități antropice.

Mărimea deficitului de umiditate obținut prin scăderea evapotranspirației potențiale din precipitațiile medii anuale arată caracterul climei sub raportul umidității meteorice. Pentru a stabili tendința de evoluție climatică în zona de vest a României s-a calculat deficitul de umiditate mediu anual pentru

perioada 1895-1955, considerată ca perioadă de referință și pentru intervalul 1978-1997.

Diferența dintre deficitul de umiditate în ultimele două decenii (1978-1997) și din perioada de referință (1896-1955) apreciată prin suprafața relativă ocupată de fiecare zonă cu același deficit arată că în ultimele două decenii clima a evoluat în sens favorabil exploatării terenurilor din mediul rural.

Tabelul 1 Dinamica umidității de natură meteorică în vestul României (% din suprafața studiată)

| Perioada        | Echilibru hidric | Deficit de umiditate | Exces de umiditate | Total suprafață relativă |
|-----------------|------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|
| 1978-1997 (A)   | 24               | 31                   | 45                 | 100                      |
| 1896-1955 (B)   | 14               | 30                   | 56                 | 100                      |
| Diferență (A-B) | 10               | 1                    | - 11               | -                        |

Tabelul 2 Pagube fizice înregistrate în bazinele hidrografice Crișuri și Barcău

| Bazinul hidrografic | Anul | Suprafețe inundate (ha) |       | Case inundate | Drumuri naționale, județene, comunale (km) | Căi ferate (km) | Păduri |
|---------------------|------|-------------------------|-------|---------------|--------------------------------------------|-----------------|--------|
|                     |      | Arabil                  | Total |               |                                            |                 |        |
| Crișul Alb          | 1980 | 6359                    | 8699  | 4             | 16,8                                       | 2,2             | 827    |
|                     | 1981 | 11477                   | 13784 | 811           | 93,0                                       | 5,0             | -      |
|                     | 1995 | 3250                    | 5000  | 360           | 251,2                                      | 5,0             | -      |
|                     | 1996 | 281                     | 296   | 41            | 9,9                                        | 0,1             | -      |
|                     | 1997 | 1578                    | 1678  | 54            | 49,4                                       | 0,2             | 100    |
|                     | 1998 | -                       | -     | 35            | -                                          | 0,1             | -      |
|                     | 1999 | 1645                    | 1645  | 161           | 62,9                                       | -               | -      |
| Crișul Negru        | 1980 | 47878                   | 61424 | 1332          | 207,6                                      | 3,7             | 32     |
|                     | 1981 | 23165                   | 30284 | 1288          | 176,9                                      | 2,0             | 4      |
|                     | 1989 | 8922                    | 10096 | -             | 114,0                                      | -               | -      |
|                     | 1995 | 9052                    | 14167 | 152           | 229,1                                      | -               | -      |
|                     | 1996 | 239                     | 239   | 142           | 31,1                                       | -               | -      |
|                     | 1997 | 280                     | 286   | 5             | 146,7                                      | -               | -      |
|                     | 1999 | 8140                    | 11593 | 160           | 214,3                                      | -               | -      |
| Crișul Repede       | 1980 | 15287                   | 22217 | 910           | 145,8                                      | 43,2            | 4      |
|                     | 1981 | 7465                    | 13139 | 336           | 100,0                                      | 2,2             | -      |
|                     | 1989 | 781                     | 1098  | -             | -                                          | -               | -      |
|                     | 1995 | 1367                    | 1969  | 182           | 78,0                                       | -               | -      |
|                     | 1996 | 13                      | 14    | 18            | 27,5                                       | -               | -      |
|                     | 1997 | -                       | -     | -             | 27,0                                       | -               | -      |
|                     | 1998 | 5                       | 5     | 18            | 16,4                                       | -               | -      |
| Barcău              | 1999 | 789                     | 1371  | 472           | 65,1                                       | 0,8             | -      |
|                     | 1980 | 43144                   | 63334 | 450           | 25,9                                       | 4,3             | 8      |
|                     | 1981 | 10762                   | 16570 | 25            | 6,2                                        | -               | -      |
|                     | 1989 | 6318                    | 7766  | -             | 31,0                                       | -               | 3      |
|                     | 1995 | 2975                    | 3580  | 62            | 48,4                                       | -               | -      |
|                     | 1996 | -                       | -     | 3             | -                                          | -               | -      |

Această concluzie rezultă din următoarele aprecieri (tabelul 1):

- suprafața de echilibru hidric în care apele meteorice au valoare egală cu consumul dat de evapotranspirația potențială a crescut cu 10%;
- suprafața cu deficit de umiditate diferă doar cu 1% în plus, deci practic valorile sunt echivalente;
- suprafața caracterizată prin excedent de apă meteorică a scăzut cu 11%.

Constatăm deci o evoluție climatică spre un echilibru hidric natural, care poate evolua în viitor în orice direcție, fie spre un deficit de umiditate, fie spre un exces de umiditate.

#### **4. Producerea viiturilor pe cursurile de apă din vestul României și pagube produse**

Creșterea apreciabilă într-un interval de timp relativ scurt a debitului și a nivelului unui curs de apă dă naștere unei viituri. Aceasta se propagă pe cursul râului printr-o undă de viitură (undă de inundație) cu viteze și mărimi variabile de la un sector la altul.

Studii mai recente arată că în ultimele două secole s-au produs inundații în România în medie odată la 15 ani, frecvența acestora crescând odată la 4-5 ani, iar în unele zone, la 1-2 ani. Inundațiile nu afectează numai terenurile agricole, ci toate categoriile de activități.

Pentru exemplificare prezentăm pagubele fizice înregistrate în județul Bihor, în bazinele hidrografice Barcău și Crișul Negru în perioada 1980 - 1999 (tabelul 2). Efectele inundațiilor au fost limitate de buna funcționare a lucrărilor de apărare existente.

#### **5. Orientări privind prevenirea inundațiilor în vestul României**

Caracteristicile naturale ale zonei de vest a României favorizează producerea inundațiilor cu efecte devastatoare asupra activității economice și sociale. Având în vedere dezvoltarea social-economică a spațiului hidrografic Crișuri, propunerile de lucrări și amenajări de gospodărire a apelor s-au detaliat până în anul 2025, structurate pe trei etape de dezvoltare:

- etapa de scurtă durată: până în anul 2025;
- etapa de durată medie: perioada 2005-2015;
- etapa de lungă durată: perioada 2016-2025.

În schema cadru se acordă o atenție deosebită sectoarelor de cursuri de apă neamenajate, în special în zonele în care viiturile au produs eroziuni ale malurilor, prin propunerea unor lucrări de regularizări, apărări de maluri, îndiguiri etc.

#### **6. Bibliografie**

- [1] Mărăcineanu F. și colab.- *Amenajări de râuri în vestul României*, 2000, Oradea,
- [2] Nistoreanu M.- *Tehnologia de execuție și exploatare a lucrărilor de amenajare a albiilor cursurilor de apă*, 1999, Referat nr. 1/1999, USAMV București
- [3] Oprea C. și colab.- *Inundațiile din 1970 și efectele lor asupra agriculturii din vestul R.S. România*, 1971, MAIASA
- [4] \* \* \* *Situația pagubelor istorice înregistrate în bazinul hidrografic Crișuri în perioada 1970-1991*, Compania Națională "Apele Române" S.A. – Direcția Apelor "Crișuri", Oradea

## **Soluții pentru reconstrucția zonelor degradate prin activități miniere și energetice din valea Jiului**

Florin MĂRĂCINEANU, Elena CONSTANTIN, Dumitru POPESCU, Dan MĂRĂCINEANU

*Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului – București, București, 7000, România*

**Abstract** The most frequent useful for storing the offal, inclusively ashes from thermo-electrical power stations and sterile from mine careers, it is constitute by waste dumps. These, degrade the environment and influence negatively the human activity. Their capitalization includes two stages: technico-mine and biological, either with objectives and specifically technologies.

**Keywords:** Environment, waste dump, offal storing

Dezvoltarea societății umane din ultimele două secole a determinat unele efecte secundare nedorite, cum sunt: degradarea mediului ambiant și epuizarea unor resurse naturale. Deșeurile produse prin activitățile economice, gospodărești, sociale etc. au ajuns treptat să constituie o problemă deosebită prin implicațiile pe care le determină asupra mediului natural și a condițiilor de viață ale oamenilor. Sunt cunoscute mai multe moduri de debarasare de aceste deșeuri, dar depozitarea în halde este soluția cea mai folosită.

### **1.Generalități privind haldele pentru depozitarea deșeurilor**

Având în vedere cantitățile din ce în ce mai mari de deșeuri, amplasamentele disponibile situate frecvent la distanțe mari de sursele producătoare de deșeuri, restricțiile impuse la amplasarea acestor lucrări pe terenuri agricole, realizarea haldelor trebuie să se bazeze pe următoarele principii:

- haldele sunt o categorie de construcții ingineresti de mare pericolozitate și dificultate tehnică pentru a căror proiectare sunt necesare studii și cercetări asemănătoare celor pentru baraje de pământ;
- amplasarea haldelor trebuie să se facă pe terenuri neproductive;

- trebuie folosite haldele foarte înalte, realizând astfel o capacitate maximă de depozitare pe o suprafață minimă;

- odată cu dezvoltarea haldei trebuie aplicate măsuri de asigurare a stabilității împreună cu un sistem de monitoring a comportării de ansamblu a haldei;

- prevenirea poluării mediului cu substanțe antrenate din halde;

- valorificarea deșeurilor pentru micșorarea volumului de depozitare și creșterea duratei de serviciu a haldei.

### **2.Impactul haldelor asupra mediului**

Prin aspectul lor, haldele reprezintă discontinuități supărătoare în teritoriu, unele dintre ele fiind surse distincte de poluare a mediului ambiant. Astfel infiltrația apei în halde poate produce poluarea apelor de suprafață ca și a celor subterane și poate afecta stabilitatea construcției. Apele de infiltrație din halde, colectate deseori prin amenajarea proprie de drenaj sunt evacuate în emisari naturali a căror calitate se modifică defavorabil.

Aerul poate fi poluat cu particule de cenușă sau alte materiale solide, cu vapori sau mirosuri neplăcute. Efectul poluării aerului produce afecțiuni

ale aparatului respirator la oameni și animale, afectează creșterea plantelor și condițiile normale de viață.

### 3. Probleme caracteristice bazinului minier Oltenia

Rezervele de lignit din Oltenia au o structură multi-strat, neuniformă pe verticală și orizontală ceea ce diferențiază metodele de exploatare. Astfel, în bazinul Motru, Albeni și parțial Alunu-Berbești predomină exploatarea subterană în care degradarea terenului se manifestă prin prăbușiri ale terenului de 2-3 mm, precum și prin alunecări.

De aceea cca. 30-35% din terenurile agricole situate deasupra exploatărilor nu mai pot fi utilizate. Exploatarea la zi este dominantă în județul Gorj. Ea constă în excavații cu adâncime de până la 150-200 m și halde de steril, ca niște dealuri cu înălțimi de până la 100 m, raportul util/steril cel mai redus fiind de 1/8. Suprafața ocupată de utilități miniere este de 14890 ha.

Materialele rezultate din excavare, cu excepția cărbunelui sunt utilizate la umplerea carierelor. Efectele principale ale exploatărilor miniere la zi sunt: strămutarea satelor din amplasamentul fronturilor de excavare, distrugerea infrastructurii aferente și a formelor de mezorelief.

Formele de relief cele mai afectate de lucrările miniere din bazinul Rovinari pentru cariere sunt: luncile și terasele 57,9%, versanții 38,6% și 3,5% coame și platouri. Termocentralele din zonă care utilizează cărbune produc ca deșeuri cenușă și zgură care sunt colectate și evacuate hidraulic la un amestec de apă/material de 6:1-6:10.

### 4. Reabilitarea zonelor degradate de activitățile miniere și energetice

Refacerea peisajului degradat prin prezența carierelor și a haldelor reprezintă un atribut al conceptului privind dezvoltarea durabilă și poate asigura un mediu natural favorabil evoluției societății umane.

După atingerea cotelor maxime de depozitare, haldele se abandonează din punct de vedere tehnologic și intră în faza de reabilitare pentru refacerea peisajului natural. Redarea în circuitul

economic-productiv a haldelor de cenușă se face în două etape:

- etapa tehnico-minieră, efectuată de întreprinderile miniere care constă în: nivelare, amenajarea și fixarea taluzurilor haldelor, regularizarea apelor de suprafață;
- etapa biologică, tehnică complexă care trebuie diferențiată de la o haldă la alta, pe o durată de minimum 4-5 ani.

Se recomandă următoarea tehnologie de recultivare biologică:

- nivelare anuală pentru diminuarea denivelărilor produce prin tasare datorită stagnării apei;
- în primul an sunt recomandate ierburile perene urmate de cereale, prășitoarele incluzându-se în sortimentul de culturi din al II-lea an de recultivare;
- fertilizarea organo-minerală trebuie făcută cu doze duble sau triple față de terenurile normale;
- în primii 3-4 ani, toată producția secundară trebuie să fie încorporată în sol;
- după 5-6 ani de recultivare biologică se recomandă efectuarea unei cartări agrochimice.

### 5. Concluzii selective

Redarea în circuitul economic al haldelor se face în două etape: tehnico-minieră și biologică, cu obiective bine definite. Valorificarea agricolă a haldelor de cenușă se face după o tehnologie specială aplicată pe o durată de minim 4-5 ani de la eliberarea haldei de sarcini tehnologice. Valorificarea agricolă a haldelor de cenușă este recomandabil să se facă cu amestecuri de plante furajere, care parțial sau total să fie încorporate în protsolul de cultură.

Dintre culturile de câmp, mai întâi se vor folosi cerealele și apoi prășitoarele; plantațiile pomi-viticole se pot amplasa pe halde după 5-7 ani de ameliorare agricolă. Se recomandă specii de prun (pe corcoduș), de măr (pe portaltoi viguros), de cireș (franc). Pentru vița de vie se recomandă soiuri de masă sau de vin altoite pe portlatoși Kober 5 BB, selecția Crăciunel. Succesul plantațiilor depinde de fertilizarea organo-minerală anuală.

Valorificarea silvică a haldelor prin împădurire se poate face cu: sălcioară, salcâm, cătină albă, anin, paltin, gorun, pin negru. La recultivarea haldelor se va avea în vedere structura inițială a categoriilor de

folosință în vederea păstrării balanței suprafețelor pe categorii de terenuri.

## 6. Bibliografie

[1]. Dumitru M. și colab., *Recultivarea haldelor de cenușă*, 1995. Ed. Ceres,

[2]. Mărăcineanu F., *Studii și cercetări de inginerie tehnologică privind posibilitățile de aplicare a unor materiale și tehnologii noi la fixarea taluzurilor*

*haldelor de cenușă din termocentrale*. Contract 125/1995, Biotehnos, București

[3]. Popescu D., *Valorificarea terenurilor degradate prin activități miniere și energetice*. Referat nr. 1/2000, USAMV București

[4]. Popescu I., *Cercetări privind stabilirea celui mai corespunzător sortiment de plante de cultură în procesul de recultivare*. INPA, 1996, București

## Studii privind pretabilitatea terenurilor pentru amenajările hidroameliorative reversibile și mixte

Daniela Gabriela MATEI <sup>a</sup>

Corneliu CISMARU <sup>b</sup>

<sup>a</sup>S.C. I.S.P.I.F. -S.A., Filiala Iași, 6600, România

<sup>b</sup>Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Tehnică „GH. ASACHI” Iași Iași, 6600, România

**Abstract** The paper analyses the suitability criteria of agricultural land for the mixed and reversible type hydroameliorative projects (irrigation and drainage) in order to obtain a higher economic efficiency of these works, with respect to the increasing of crop yields and hydroameliorative costs. In addition to pedological, hydrogeological, land slope and uniformity conditions, the importance of agrotechnical and agroeconomical conditions is underlined.

**Keywords:** suitability criteria, reversible type projects, irrigation – drainage

### 1. Probleme generale

Restructurarea fundamentală a formei de proprietate asupra pământului ce a avut loc în ultimii ani în România, prin creșterea ponderii proprietății private, a determinat noi premise referitoare la exploatarea amenajărilor hidroameliorative mixte existente. Printre acestea se menționează:

- existența pe suprafețe mici, aflate în proprietate privată, a unor canale de desecare cu gabarite mari, care nu sunt funcționale, practic, decât în anii corespunzători asigurării de calcul;
- existența drenurilor subterane, care funcționează circa 30-40 zile/an;
- prezența antenelor la distanțe mari, ceea ce împiedică accesul fiecărui proprietar la sursa de apă de irigat;
- modul de amplasare al proprietăților prin aplicarea Legii fondului funciar;
- costul ridicat al energiei utilizată la punerea sub presiune a apei pentru irigații.
- Aceste considerente aduc în actualitate problema **utilizării reversibile a amenajărilor de drenaj**, ceea ce implică:
- folosirea schemei hidrotehnice de drenaj existentă la alimentarea cu apă pentru irigații, bazată pe decalarea în timp a funcționării celor două rețele;
- reutilizarea apei colectate din drenaj la irigații;

- prevenirea degradării solului prin procesele secundare aferente lucrărilor hidroameliorative;
- menținerea unui biotop optim pentru biocenozele agricole.
- Realizarea practică a unor amenajări de irigații și desecări – drenaje cu funcționare în regim reversibil impune o serie de studii și cercetări privind:
- stabilirea nivelurilor freatice din fiecare zonă caracteristică, favorabilă pentru irigarea culturilor cu apă ridicată capilar din stratul freatic;
- evaluarea pericolului de salinizare secundară a solului în condițiile menținerii, în perioada de vegetație a unor niveluri freatice mai ridicate decât cele care se realizau anterior în mod obișnuit;
- stabilirea schemei de amenajare și a proceselor tehnologice de întreținere și de exploatare a sistemelor de irigații și desecări – drenaje, cu funcționare în regim reversibil și mixt;
- estimarea indicilor tehnici și de eficiență economică a amenajărilor de desecare – drenaj folosite și la irigații;
- stabilirea criteriilor pedoclimatice, de relief, hidrogeologice și de monitoring a aplicării

➤ metodei de funcționare în regim reversibil și mixt.

➤ Se are în vedere faptul că aplicarea aceste soluții în unele amenajări, precum și studiile de specialitate întreprinse, au condus la o evaluare favorabilă, cu privire atât la gospodărirea și utilizarea rațională a apei în teritoriu, fie prin aportul freatic, fie prin refolosirea apelor, pentru asigurarea necesarului pentru irigarea culturilor. În cadrul preocupărilor de reabilitare și re tehnologizarea a amenajărilor de îmbunătățiri funciare se impune analiza oportunității și fiabilității soluției de adoptare a sistemelor cu rețea mixtă de tip reversibil. agricole, cât și la economia de energie și la reducerile cheltuielilor de întreținere și exploatare.

Dificultatea principală în adoptarea soluției de reglare bilaterală a umidității solului constă în restricțiile impuse de marea variație a condițiilor pedologice și ameliorative a terenurilor, precum și a funcționalității exploatarei amenajărilor de îmbunătățiri funciare, a prognozei evoluției solurilor, a regimului hidrogeologic și a condițiilor tehnico-economice a unităților agricole.

## 2. Aprecierea pretabilității soluției reversibile și mixte

Principalele criterii de apreciere a pretabilității la acest tip de amenajare se pot grupa în următoarea structură:

*a.) Criteriul economic;*

*b.) Criteriul modului de folosire al terenului*

*c.) Criteriul producției agricole*

*d.) Criteriul condițiilor naturale*

*a.) Criteriul economic* – analizează comparativ valoarea investiției (formată din: cheltuieli de studii, proiectare, execuție, întreținere și exploatare) necesare în cele două variante: sistem reversibil sau mixt, respectiv complex, cu rețea separată. La un sistem reversibil sau mixt, investiția este de 1,2-1,5 ori mai mare decât la un sistem clasic de desecare – drenaj. Dacă suprapunem peste un sistem clasic de desecare – drenaj, separat, sistemul de irigații, investiția crește de 2,5-3 ori. Comparând cele de mai sus, rezultă că un sistem de reglare bilaterală a umidității solului, folosind reversibilitatea rețelei, este mult mai economic din punct de vedere al investiției, aceasta fiind de circa 2,5 ori mai mică

decât în cazul unui sistem amenajat în complex, cu rețea separată.

*b.) Criteriul modului de folosire al terenului* – reliefează gradul de utilizare al terenului în cele două variante. În cazul unui sistem perfecționat cu reglare bilaterală se creează condiții pentru extinderea suprafețelor ocupate de culturi agricole, terenul arabil folosindu-se în proporție de 60-70% din totalul suprafeței aferente amenajării, iar culturile anuale pot ocupa procente de 40-60%, întrucât se controlează strict variația nivelului freatic, eliminându-se aproape total condițiile hidrice nefavorabile în perioada de vegetație a plantelor.

*c.) Criteriul producției agricole* – în baza căruia se extrapolează, în funcție de specificul zonei, rezultatele obținute în poligoanele experimentale reversibile sau mixte. Pe terenurile amenajate bilateral, producțiile agricole cresc de 1,1-3 ori față de cele amenajate clasic, iar din punct de vedere financiar, în sistemele bilaterale, pentru produse se încasează de 2-3 ori mai mult decât în sistemele unilaterale datorită posibilităților de adoptare a unei structuri mai rentabile a folosințelor. Pe suprafețele ocupate cu pășuni și fânețe, producțiile pe terenurile amenajate bilateral sunt de 20-100% mai mari decât pe terenurile amenajate clasic.

Ca urmare a creșterii producțiilor agricole, durata de amortizare a investițiilor suplimentare reclamate de realizarea reglării bilaterale, este cuprinsă între 1 și 5 ani. Totuși, cheltuielile de bază (amortismente, întrețineri, reparații, lucrări agroameliorative) în sistemele cu reglare bilaterală sunt de 2-3 ori mai mari decât în sistemele clasice de desecare-drenaj.

*d.) Criteriul condițiilor naturale* – specifică particularitățile geomorfologice, pedologice, hidrogeologice, climatice și de regim hidric favorabile aplicării soluției de reglare bilaterală a umidității solului.

Din punct de vedere geomorfologic, terenul trebuie să aibă un relief uniform, cu o pantă generală sub 1,5% (terenurile din luncă).

Din punct de vedere pedologic, cele mai indicate soluri sunt cele aluviale, slab sau mediu gleizate, cu textură luto-nisipoasă sau chiar luto-argiloasă (argilă fizică sub 30-40%), cu reacția solului slab acidă (pH = 5,5-6,5) și profil de sol cât

mai subțire.

Din punct de vedere al regimului hidric, acesta trebuie să fie de tip periodic percolativ și exudativ (umiditatea variind între coeficientul de ofilire și capacitatea de câmp pentru apă, cu alimentare simultană a profilului de sol din precipitații și din freatic).

Din punct de vedere hidrogeologic, sistemul de reglare bilaterală a umidității se recomandă pe terenuri la care nivelul freatic se găsește între 1,5-2m.

Din punct de vedere climatic, aplicarea sistemului de reglare bilaterală a umidității se pune în evidență printr-o analiză a raportului în care se găsesc intrările și ieșirile de apă din teritoriu – bilanțul apei de suprafață și a celei din sol.

Climatul subumed ce se caracterizează și prin perioade scurte de ploi și prin perioade îndelungate (anuale sau multianuale) cu precipitații abundente, intercalate cu secete frecvente și de lungă durată, conduce la susținerea necesității unor amenajări hidroameliorative care să asigure regimul de umiditate necesar în cazul dereglării balanței prin exces sau deficit de apă.

Prin reglarea umidității din sol se obține în același timp și o diminuare importantă a intensității efectelor ecologice negative asupra mediului ambiant.

Impactul ecologic este în aceste condiții mult mai ușor de controlat prin posibilitatea de intervenție în timp util și având la dispoziție date de bază corecte și suficiente pentru restabilirea echilibrului natural eventual perturbat.

Atenuarea impactului ecologic, este în primul rând rezultatul reducerii considerabile a volumelor de

lucrări (în special terasamente), care are implicații deosebite asupra vieții din sol și implicit în păstrarea fertilității naturale.

Se reduc de asemenea volumele de apă administrate terenurilor agricole prin irigații (norma de irigație), care au efecte importante în reducerea eroziunii de suprafață și a spălării inoportune a profilului de sol.

### 3. Concluzii

Aplicarea sistemului de reglare bilaterală a umidității solului va elimina în mare măsură, dacă nu în totalitate, posibilitatea apariției înmlăștinării și sărăturării, în timp ce organizarea teritoriului agricol va deveni mai eficientă atât în exploatare cât și în întreținere, rezultând și un peisaj funciar pozitiv.

Se poate concluziona deci, că lucrările de irigații și drenaj pot fi realizate într-o nouă concepție printr-o rețea hidrotehnică reversibilă care să asigure o reglare bilaterală a umidității solurilor cu efecte tehnico-economice și ecologice avantajoase în condițiile agriculturii private.

### 4. Bibliografie selectivă

- [1] Grosu M., *Contribuții la retehnologizarea unor amenajări de irigații și drenaje, prin valorificarea concepției reversibilității și funcționării mixte*, 1995, Teză de doctorat, U.T. „Gh. Asachi”, Iași
- [2] Wehry A. și colab., *Proiectarea amenajărilor de desecare – drenaj reversibile în subirigație*. 1985, Revista Hidrotehnică, nr.1, București.

## Considerații asupra calculului distanței dintre drenuri în condițiile unui regim mixt de funcționare, drenaj-irigație

Iuliana MOISUC

Lucica ROȘU

Dumitru Ion ARSENIE

Cornel CIUREA

Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract** On irrigated lands the hydrotechnical system must constitute a unitary whole, blending its two functions, irrigation and drainage. One significant problem the irrigation – drainage raises to the designer is that to determine such a distance between the absorbing drains as to have the groundwater level kept under strict control. In the solution for the construction of such a mixt system the distance between drains is determined considering an unsteady flow state. The paper presents an analytical solution to determine the depression curve equation and the distance between absorbing drains in the case of lands where irrigation and drainage coexist. As application, the results obtained in a case study are presented.

**Keywords:** irrigation, drainage, unsteady flow, distance between drains.

### 1. Introducere

Problema care se pune, în cazul regimului de curgere nepermanentă a apei spre drenuri, este aceea de a stabili o asemenea distanță între drenuri,  $L$ , încât coborârea nivelului freatic de la o înălțime inițială deasupra planului drenurilor,  $h_i$  (cu o valoare maximă acceptată impusă de respectarea normei de drenaj), la o înălțime optimă,  $h$ , să se producă într-un interval de timp,  $t$ , bine determinat.

### 2. Soluția analitică a ecuației de mișcare în mediu poros în regim nepermanent de curgere. Calculul distanței dintre drenuri în regim nepermanent de curgere

Regimul de curgere nepermanent este descris de ecuația Boussinesq, ecuație diferențială cu derivate parțiale, (2.1), stabilită în ipoteza unui masiv permeabil, semiinfiniț, omogen și izotrop, cu pat impermeabil orizontal. Pentru problema plan verticală unidimensională ecuația mișcării este de forma [1], [4]:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{n_e}{K \cdot D_0} \cdot \frac{\partial y}{\partial t} \quad (2.1)$$

În ecuația (2.1), într-o secțiune de curentă dintre două drenuri succesive,  $x$ , funcția de spațiu ( $x$ ) și de timp ( $t$ ),  $y(x,t)$ , este variația nivelului suprafeței libere a apei deasupra planului drenurilor,  $n_e$  este porozitatea efectivă iar  $K$  este conductivitatea hidraulică a stratului acvifer,  $D_0$  este înălțimea medie a secțiunii de curgere:  $D_0 = D + h_i/2$ , unde,  $D$  - grosimea stratului permeabil, între planul drenurilor și stratul impermeabil din bază și  $h_i$  - înălțimea inițială a nivelului freatic, măsurat deasupra planului drenurilor (Fig.1).

Prin introducerea notației:  $\alpha = K D_0 / n_e$  (2.2) se obține o ecuație echivalentă cu ecuația (2.1):

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\partial y}{\partial t} \quad (2.3)$$

Soluția ecuației (2.1) este obținută prin metoda separării variabilelor, construind o funcție  $y(x,t)$ , cu ajutorul funcțiilor  $X(x)$  și  $T(t)$ , fiecare depinzând de o

singură variabilă, care satisfac ecuația (2.3) și o transformă într-o ecuație liniară omogenă de ordinul doi:

$$y(x,t) = X(x) \cdot T(t) \quad (2.4)$$

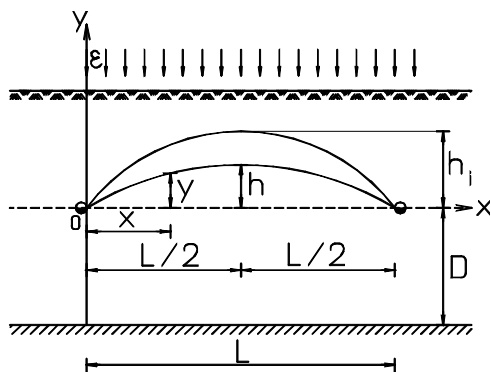


Fig. 1. Schematizarea drenajului orizontal în regim de curgere nepermanent

Înlocuind în ecuația (2.2) derivatele :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = X'' \cdot T \quad \text{și} \quad \frac{\partial y}{\partial t} = T' \cdot X \quad \text{se obține:}$$

$$(X''/X) = (1/\alpha) \cdot (T'/T).$$

Se caută o valoare comună, k, astfel încât să existe:

$$X''/X = k \quad \text{și} \quad (1/\alpha) \cdot (T'/T) = k \quad (2.5)$$

Rezultă două ecuații diferențiale independente:

$$X'' - kX = 0 \quad (2.6)$$

$$T' - \alpha \cdot k \cdot T = 0 \quad (2.7)$$

Ecuația (2.6), ecuație diferențială liniară omogenă de ordin doi, are drept condiții de margine impuse:

$$X(0) = 0 \quad \text{și} \quad X(L) = 0 \quad (2.8)$$

Ecuația caracteristică,  $r^2 - k = 0$ , a ecuației diferențiale (2.6) are rădăcinile:

$$r_{1,2} = \pm \sqrt{k} \quad (2.9)$$

Pentru a găsi soluțiile nenule ale ecuației (2.6) se rezolvă o problemă de tip Sturm-Liouville. În funcție de semnul constantei k se analizează trei cazuri:

- pentru valori  $k > 0$ , rădăcinile  $r_{1,2}$  sunt reale și distincte iar soluția generală este de forma:

$$X(x) = C_1 \cdot e^{r_1 \cdot x} + C_2 \cdot e^{r_2 \cdot x} = 0,$$

Constantele de integrare  $C_1$  și  $C_2$  se determină din condițiile de margine (2.8) din sistemul:

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = 0 \\ C_1 \cdot e^{L \cdot \sqrt{k}} + C_2 \cdot e^{-L \cdot \sqrt{k}} = 0 \end{cases}$$

Pentru ( $\forall$ )  $k > 0$ , determinantul acestui sistem este nenul și rezultă:  $C_1 = 0$  și  $C_2 = 0$ , soluție care nu convine deoarece, pentru ( $\forall$ )  $x \in [0; L]$ , funcția  $X(x)$  se anulează ;

- pentru valoarea  $k = 0$ , rădăcinile ecuației caracteristice sunt nule, soluția generală fiind:

$$X(x) = C_1 \cdot x + C_2 \cdot x$$

Condițiile de margine conduc, ca și în cazul anterior, la anularea constantelor de integrare  $C_1$  și  $C_2$  și a funcției  $X(x)$  pentru ( $\forall$ )  $x \in [0; L]$ , soluție care nu convine;

- pentru  $k < 0$ , rădăcinile ecuației caracteristice sunt imaginare. Se introduce notația:

$$k = -\beta^2 \quad (2.10)$$

unde,  $\beta > 0$ , constantă cu o valoare reală ce trebuie determinată). În acest caz rădăcinile ecuației caracteristice (2.9) vor fi:

$$r_{1,2} = \pm i \cdot \beta \quad (2.11)$$

Soluția generală a ecuației (2.7) este de forma :

$$X(x) = C_1 \cdot \cos \beta \cdot x + C_2 \cdot \sin \beta \cdot x \quad (2.12)$$

Cu condițiile de margine (2.8) constantele de integrare  $C_1$  și  $C_2$  rezultă din sistemul:

$$\begin{cases} C_1 \cos \beta \cdot 0 + C_2 \sin \beta \cdot 0 = 0 \\ C_1 \cos \beta \cdot L + C_2 \sin \beta \cdot L = 0 \end{cases}$$

Expresiile constantelor de integrare sunt:

$$\begin{aligned} C_1 &= 0 \\ C_2 \sin \beta \cdot L &= 0 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Prin eliminarea cazului care nu convine ( $C_2 = 0$ ) rămâne de analizat cazul  $C_2 \neq 0$ . Impunând condiția  $\sin \beta L = 0$ , se obține expresia constantei

$$\beta = n\pi/L \quad \text{cu } n \in \mathbb{N}^* \quad (2.14)$$

Se alocă constantei  $\beta$  din (2.14) indicele  $n$  și, ținând seama de (2.10), rezultă:

$$k_n = -(n\pi/L)^2 \quad \text{cu } n \in \mathbb{N}^* \quad (2.15)$$

Valorile  $k_n$  se numesc valori proprii iar funcțiile proprii sunt soluțiile nenule:

$$X_n(x) = \sin(n\pi/L) \cdot x \quad (2.16)$$

Cu expresia  $k_n$  din relația (2.15), ecuația diferențială (2.8) devine:

$$T'' + \alpha \cdot (n\pi/L)^2 \cdot T = 0 \quad (2.17)$$

Soluțiile nenule ale ecuației (2.17) au expresia:

$$T_n(t) = e^{\frac{-\alpha \cdot n^2 \pi^2}{L^2} \cdot t} \quad (2.18)$$

Soluția generală,  $y_n(x, t)$  a ecuației Boussinesq liniarizată, (2.1), se obține înlocuind expresiile funcțiilor  $X_n(x)$  și  $T_n(t)$  din (2.16) și (2.17) în relația (2.3). Pentru  $(\forall) n \in \mathbb{N}^*$ :

$$y_n(x, t) = e^{\frac{-\alpha \cdot n^2 \pi^2}{L^2} \cdot t} \cdot \sin(n\pi/L) \cdot x \quad (2.19)$$

Infinitatea de soluții  $y_n(x, t)$  satisfac condițiile inițiale și la limită din ecuația diferențială (2.1), pentru valori  $n=1, 2, \dots$

Pentru momentul inițial  $t = 0$  rezultă în ordine:

$$y_n(x, 0) = \sin(n\pi/L) \cdot x \quad (2.20)$$

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^N b_n \cdot e^{\frac{-\alpha \cdot n^2}{L^2} \cdot \pi^2 \cdot t} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \quad (2.21)$$

Constanta  $b_n$  se determină din ecuația (2.21), utilizând proprietatea de ortogonalitate a sistemului de funcții de forma  $\sin(n\pi/L)$  și anume: două funcții  $\varphi(x)$  și  $\psi(x)$ , definite pe un interval  $x \in [a, b]$ , sunt ortogonale una pe cealaltă, dacă pe acest interval

există:  $\int_a^b \varphi(x) \cdot \psi(x) \cdot dx = 0$ . În aceste condiții, constanta  $b_n$  rezultă din relațiile:

$$b_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \cdot \sin \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} dx$$

$$\Rightarrow b_n = \frac{2}{n\pi} \cdot h_i (1 - \cos n\pi)$$

$$\Rightarrow b_n = \frac{2}{n\pi} \cdot h_i \cdot [1 - (-1)^n]$$

(2.22)

În ecuațiile (2.22) s-a considerat că funcția  $f(x)$  este definită ca fiind:  $f(x) = h_i$  (2.23)

unde:  $h_i$  reprezintă înălțimea inițială a nivelului apei freatice astfel considerată încât la momentele de calcul  $j$  și  $j+1$ , relația care se stabilește este:

$$h_i^{j+1} = h_i^j + y(t) \quad (2.24)$$

Pentru constanta  $b_n$  rezultă expresia:

$$b_n = (4/n \cdot \pi) \cdot h_i;$$

$$b_n = \frac{4}{(2 \cdot p - 1) \cdot \pi} \cdot h_i, \quad \text{cu } p \geq 1 \quad (2.25)$$

Soluția generală a ecuației lui Boussinesq pentru regimul de curgere nepermanent se obține după înlocuirea expresiei din (2.25) a constantei  $b_n$  în ecuația (2.21):

$$y(x, t) = \frac{4}{\pi} \cdot h_i \sum_{p=1}^N \frac{1}{2 \cdot p - 1} \cdot e^{\frac{-\alpha \cdot (2 \cdot p - 1)^2 \cdot \pi^2}{L^2} \cdot t} \cdot \sin \frac{(2 \cdot p - 1) \cdot \pi \cdot x}{L} \quad (2.26)$$

În particular, alocând factorului  $n$  valoarea unitară și înlocuind expresia termenului  $\alpha$  din (2.3), ecuația (2.26) este transformată, pe rând, astfel:

$$\begin{aligned} y(x,t) &= \frac{4}{\pi} \cdot h_i \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot \pi^2 \cdot t}{L^2}} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{L} \\ \frac{y}{h_i} &= \frac{4}{\pi} \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot \pi^2 \cdot t}{L^2}} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{L} \\ \frac{y}{h_i} &= \frac{4}{\pi} \cdot e^{-\frac{K \cdot D_0 \cdot \pi}{n_e \cdot L^2} \cdot t} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{L} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Ecuația (2.27) permite calculul înălțimii nivelului freatic deasupra planului drenului în orice secțiune dintre două drenuri succesive. Deosebit de importantă este valoarea săgeții curbei de depresie, în secțiunea de calcul de la mijlocul distanței dintre drenuri,  $x = L/2$ , acolo unde săgeata atinge valoarea maximă admisă  $h$ :

$$h = \frac{4}{\pi} \cdot h_i \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot \pi^2 \cdot t}{L^2}} \Leftrightarrow h = \frac{4}{\pi} \cdot h_i \cdot e^{-\frac{K \cdot D_0 \cdot \pi^2}{n_e \cdot L^2} \cdot t} \quad (2.28)$$

Din ecuația (2.28) se deduce o relație de calcul a distanței dintre drenuri în regim de curgere nepermanent, relație cunoscută în literatura de specialitate ca fiind relația Glover –Dumm:

$$L = \pi \left( \frac{k \cdot D_0 \cdot t}{n_e} \right)^{1/2} \cdot \left( \ln \frac{4}{\pi} \cdot \frac{h_i}{h} \right)^{-1/2} \quad (2.29)$$

În literatura de specialitate [3] mai apare o formă a relației Glover –Dumm, pe care acesta a transpus-o grafic:

Tabel nr.1 Creșterile totale ale nivelului pânzei freatice (m) în raport cu situația inițială

| Anul de calcul | Secțiune de calcul în lungul fâșiei $x_f$ (m) | Luna din sezonul de irigații: |      |      |      |      |      |
|----------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
|                |                                               | IV                            | V    | VI   | VII  | VIII | IX   |
| 1              | 26                                            | 0,03                          | 0,17 | 0,29 | 0,47 | 0,63 | 0,67 |
| 5              | 26                                            | 0,12                          | 0,62 | 1,00 | 1,63 | 2,13 | 2,21 |
| 10             | 26                                            | 0,29                          | 0,97 | 1,56 | 2,54 | 3,33 | 3,43 |

Calculul distanței dintre drenuri a fost efectuat luând în considerare valorile reîncărcării stratului freatic, în cursul sezonului de irigații, pe o durată de producere

$$\frac{y}{h_i} = \frac{192}{\pi^5} \cdot \sum_{n=1,3,5}^{\infty} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \frac{n^2 \cdot \pi^2 - 8}{n^5} \cdot e^{(-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \frac{\pi^2 \cdot \alpha \cdot t}{L^2}}$$

(2.30)

Această distanță, astfel determinată, trebuie să asigure menținerea sub un control riguros al nivelului pânzei freatice în zona irigată, ceea ce înseamnă că, în orice interval de timp dintre irigații pânza freatică nu trebuie să intre în spațiul rezervat normei de drenaj.

### 3. Aplicație numerică

În studiul de caz s-a considerat o suprafață irigată prin scurgere la suprafață pe brazde din Sistemul de irigații Cobadin, județul Constanța. Datele cu privire la evoluția nivelului pânzei freatice, ca urmare a infiltrației apei provenită din pierderi la udarea în câmp, pe o perioadă de zece ani consecutivi, au fost preluate din lucrarea [5]

În amplasamentul considerat, caracteristicile stratului permeabil sunt următoarele:  $K=2\text{m/zi}$  - conductivitatea hidraulică (praf argilos loessoid);  $n_e=0,14$  - porozitatea efectivă;  $a^2=86\text{m}^2/\text{s}$  - difuzivitatea; grosimea stratului permeabil de 6m.

În tabelul nr. 1 sunt prezentate valorile creșterilor de nivel ale pânzei freatice față de nivelul inițial,  $\Delta H(x_f, t)$ , ca urmare a infiltrațiilor provenite din pierderi de la irigații, într-o secțiune amplasată în partea aval a fâșiei irigate ( $x_f=26\text{m}$ ).

a fenomenului de infiltrație de cinci ani (Tabel nr.2) și respectiv de zece ani (Tabel nr.3).

Tabel nr. 2 Înălțimea nivelului freatic ( $h_i$ ) deasupra planului drenului, la mijlocul distanței dintre drenuri, pentru anul cinci de calcul – Norma de drenaj  $Z = 1,20\text{m}$ ; Distanța dintre drenuri  $L = 30\text{m}$ ; Adâncimea de îngropare a drenurilor  $H_d = 2,00\text{m}$ ; Grosimea stratului permeabil este de  $6\text{m}$

| Nr. Crt. | Creșterea nivelului prin reîncărcarea stratului (m) | $h_i$ (m) | $L$ (m) | $D$ (m) | $D_0 = D + \frac{h_i}{2}$ (m) | $e^{\frac{(-1)^{\frac{\pi^2 KD_0 t}{n_e L^2}}}{}}$ | $\frac{y}{h_i}$ | $y$ (m) |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|---------|---------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|---------|
| 1        |                                                     | 0,8       | 30      | 4       | 4,40                          | 0,127                                              | 0,162           | 0,129   |
| 2        | 0,12                                                | 0,249     | 30      | 4       | 4,12                          | 0,145                                              | 0,185           | 0,050   |
| 3        | 0,50                                                | 0,55      | 30      | 4       | 4,275                         | 0,135                                              | 0,172           | 0,095   |
| 4        | 0,38                                                | 0,475     | 30      | 4       | 4,238                         | 0,137                                              | 0,175           | 0,083   |
| 5        | 0,63                                                | 0,713     | 30      | 4       | 4,356                         | 0,130                                              | 0,166           | 0,118   |
| 6        | 0,50                                                | 0,618     | 30      | 4       | 4,309                         | 0,132                                              | 0,168           | 0,104   |
| 7        | 0,12                                                | 0,224     | 30      | 4       | 4,112                         | 0,145                                              | 0,185           | 0,041   |

Tabel nr. 3 Înălțimea nivelului freatic ( $h_i$ ) deasupra planului drenului, la mijlocul distanței dintre drenuri, pentru anul zece de calcul – Norma de drenaj  $Z = 1,20\text{m}$ ; Distanța dintre drenuri  $L = 20\text{m}$ ; Adâncimea de îngropare a drenurilor  $H_d = 2,20\text{m}$ ; Grosimea stratului permeabil este de  $6\text{m}$

| Nr. Crt. | Creșterea nivelului prin reîncărcarea stratului (m) | $h_i$ (m) | $L$ (m) | $D$ (m) | $D_0 = D + \frac{h_i}{2}$ (m) | $e^{\frac{(-1)^{\frac{\pi^2 KD_0 t}{n_e L^2}}}{}}$ | $\frac{y}{h_i}$ | $y$ (m) |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|---------|---------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|---------|
| 1        |                                                     | 1,000     | 20      | 3,8     | 4,30                          | 0,01                                               | 0,013           | 0,013   |
| 2        | 0,29                                                | 0,303     | 20      | 3,8     | 3,95                          | 0,015                                              | 0,020           | 0,005   |
| 3        | 0,77                                                | 0,774     | 20      | 3,8     | 4,19                          | 0,012                                              | 0,015           | 0,012   |
| 4        | 0,59                                                | 0,602     | 20      | 3,8     | 4,10                          | 0,013                                              | 0,016           | 0,010   |
| 5        | 0,99                                                | 1,000     | 20      | 3,8     | 4,30                          | 0,01                                               | 0,013           | 0,013   |
| 6        | 0,80                                                | 0,813     | 20      | 3,8     | 4,21                          | 0,011                                              | 0,015           | 0,012   |
| 7        | 0,10                                                | 0,112     | 20      | 3,8     | 3,856                         | 0,017                                              | 0,022           | 0,002   |

Rezultatele calculelor pun în evidență faptul că întârzierea intervenției cu lucrări de drenaj, în perimetrele unde se produc creșteri ale nivelului pânzei freactice, implică realizarea ulterioară a unui drenaj mai intens, cu drenuri amplasate la distanțe mai mici și cu adâncimi de îngropare mai mari.

Ținând seama de interacțiunea drenaj – irigație, distanța dintre drenurile absorbante a fost astfel determinată încât nivelul pânzei freactice să fie menținut sub un control riguros, pe durata admisă pentru evacuarea apei ( $T=3$  zile). Aceasta a presupus calculul variației nivelului freatic,  $y(t)$  (ecuația 2.27) și a înălțimii acestui nivel deasupra planului drenului,  $h_i$  (ecuația 2.24), în așa fel încât să fie respectată norma de drenaj,  $Z = 1,20\text{m}$ , în secțiunea de la

mijlocul distanței dintre două drenuri succesive. Valorile înălțimii,  $h_i$ , ale nivelului pânzei freactice deasupra planului drenului, calculate în Tabelul nr. 3, sunt prezentate spre comparație, cu valorile  $h_i^*$  calculate aplicând relația Glover –Dumm dată sub forma (2.30). Pentru cazul analizat, se constată diferențe nesemnificative (sub 0,2%).

În ambele moduri de calcul, a fost considerat doar primul termen al sumei; ceilalți termeni fiind foarte mici, au fost neglijati. Valoarea înălțimii,  $h_i$ , a nivelului pânzei freactice calculată cu un termen al sumei (poziția 5 din Tabel nr. 3) diferă cu 0,062% față de valoarea calculată considerând doi termeni ai sumei.

Tabel nr.4 Înălțimea nivelului freatic ( $h_i$ ) deasupra planului drenului, la mijlocul distanței dintre drenuri, pentru anul zece de calcul Norma de drenaj  $Z = 1,20\text{m}$ ; Distanța dintre drenuri  $L = 20\text{m}$ ; Adâncimea de îngropare a drenurilor  $H_d = 2,20\text{m}$

| Nr. Crt. | Creșterea nivelului prin reîncărcarea stratului (m) | $L$ (m) | $D$ (m) | $h_i$ (m) | $h_i^*$ (m) |
|----------|-----------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-------------|
| 1        |                                                     | 20      | 3,8     | 1,0000    | 1,000       |
| 2        | 0,29                                                | 20      | 3,8     | 0,3026    | 0,303       |
| 3        | 0,77                                                | 20      | 3,8     | 0,7755    | 0,774       |
| 4        | 0,59                                                | 20      | 3,8     | 0,6010    | 0,602       |
| 5        | 0,99                                                | 20      | 3,8     | 1,0000    | 1,000       |
| 6        | 0,80                                                | 20      | 3,8     | 0,8125    | 0,813       |
| 7        | 0,10                                                | 20      | 3,8     | 0,1112    | 0,112       |

#### 4. Concluzii

Pe terenurile unde coexistă irigația și drenajul, cum este cazul amenajărilor de irigații cu creșteri semnificative ale nivelului pânzei freatice, interacțiunea drenaj-irigație se poate realiza în condiții optime, în măsura în care nivelul pânzei freatice este menținut sub un control riguros.

Problema care se pune este aceea de a stabili o asemenea distanță dintre drenurile absorbante încât acest deziderat să fie atins, în condițiile regimului de curgere nepermanent care se instalează. Pentru problema plan verticală unidimensională, în lucrare este prezentată o soluție analitică a ecuației de mișcare a apei în mediu poros în regim nepermanent de curgere (ecuația Boussinesq), soluție care permite calculul înălțimii nivelului freatic deasupra planului drenului în orice secțiune dintre două drenuri succesive și implicit a distanței dintre drenuri.

Rezultatele calculelor sunt comparabile cu cele obținute prin utilizarea altor tipuri de relații întâlnite în literatura de specialitate.

În același timp, este pus în evidență faptul că întârzierea intervenției cu lucrări de drenaj, în

perimetrele unde se produc creșteri ale nivelului pânzei freatice, implică realizarea ulterioară a unui drenaj mai intens, cu drenuri amplasate la distanțe mai mici și cu adâncimi de îngropare mai mari.

#### 5. Bibliografie

- [1] Pietraru Vitalie , 1977, *Calculul infiltrațiilor*, Editura CERES, București;
- [2] Arsenie Dumitru Ion, 1981, *Hidraulică, Hidrologie, Hidrogeologie*, IIS Constanța;
- [3] Blidaru Valeriu, 1976, *Sisteme de irigații și drenaje*, Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [4] Zamfirescu Florian, 1997, *Elemente de bază în dinamica apelor subterane*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [5] Lucica ROȘU, Iuliana MOISUC, Dumitru Ion ARSENIE, Adrian DUMITRU, Cornel CIUREA, 2000, *Studiu de prognoză a evoluției nivelului pânzei freatice în amenajări de irigații*, Simpozion HIDROTEHNICA 2000, Constanța.

## Corelații între K, CO și CC în cernoziomurile din Câmpia Joasă a Banatului

Iacob NEMEȘ,

Laura CONSTANTINESCU

*Universitatea "Politehnica" Timișoara, Timișoara, 1900, România*

**Résumé** Dans cet ouvrage nous avons présenté les conditions pedoclimatiques qui se trouvent à la base des correlations entre K, CC, CO et les indices physiques pour le sol isohumique typique, gleyifié et le sol isohumique salinisé- alcalisé de la Plain Basse du Banat.

L'ouvrage presente aussi les correlations resultees et les equations polynomiales proposees pour ces types de sols.

Pour etablir les correlation, des analyses physiques et chimiques de 160 profils de ces sols ont ete utilisees.

*Des mots clé:* Pedologie , indices physiques pour le sol, equations polynomiales.

### 1. Introducere

Lucrarea de față prezintă, pentru cernoziomurile din Câmpia Joasă a Banatului – zona Jimbolia – Lovrin – Sânicolau Mare corelațiile obținute pentru conductivitatea hidraulică, capacitatea de câmp și coeficientul de ofilire funcție de indicii fizici determinați uzual cum ar fi : nisipul grosier, nisipul fin, praful, argila, argila fizică și densitatea aparentă.

Zona studiată face parte din Câmpia Banatului, temperatura medie multianuală este de 10.8°C, media anuală a precipitațiilor este de 525,3mm iar evapotranspirația potențială de 687,1mm.

Terenul este în general plan, cu microrelief ce a influențat formarea și evoluția solurilor din zonă, altitudinea medie sete de 90m.

Repartiția precipitațiilor este următoarea; 224,2mm în sezonul cald și 301,1mm în sezonul rece.

Evapotranspirația potențială calculată după Thorntwaite este de 80.9mm în sezonul rece și 606,2mm în sezonul cald.

Diferența dintre precipitații și evapotranspirație arată un exces pentru sezonul rece de 143,3mm și un deficit de 305,1mm pentru sezonul cald.

Temperatura maximă, 21.6°C, se înregistrează în luna iulie iar temperatura minimă de -1.4°C se înregistrează în luna ianuarie.

Anual se înregistrează un nr. de 15.3 zile cu zăpadă, cele mai multe, 4.3 zile în luna februarie. Teritoriul cercetat este situat în zona de silvostepă cu o vegetație specifică, fiind lipsită de păduri masive. Caracterele morfologice ale cernoziomului tipic, slab gleizat studiat sunt:

*Ap (0-30cm)*, lut mediu brun închis cu structură distrusă prin arătură, moderat coeziv slab compact, slab cimentat, pori mijlocii și frecvenți, efervescență slabă, rădăcini subțiri și rare, trecere clară.

*Am (30-47cm)*, lut mediu, brun închis cu structură distrusă prin arătură, moderat coeziv, slab compact, slab cimentat, pori mijlocii și frecvenții, efervescență slabă, rădăcini subțiri și rare.

*A/C (47-75cm)*, lut mediu, brun deschis cu structură poliedrică și prismatică, moderat coezivă, slab compact, slab cimentat, pori mijlocii și frecvenți, efervescență slabă, rădăcini subțiri și rare.

*Cn (75-100cm)*, lut mediu, brun gălbui cu structură poliedrică și prismatică, moderat coeziv, slab compact, slab cimentat, pori mijlocii și frecvenți, efervescență slabă, rădăcini subțiri și rare, trecere treptată.

*Cng (100-150cm)*, lut nisipos fin, gălbui brun ruginiu, structură nedefinită, slab coeziv, necimentat, pori mijlocii și frecvenți, efervescență slabă, rădăcini subțiri și rare, trecere treptată.

*CnkGo (150-200cm)*, lut nisipos fin, gălbui ruginiu vinețiu, structură nedefinită, slab coeziv, necimentat, pori mijlocii și frecvenți, efervescență moderată, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , rădăcini subțiri și rare, trecere treptată.

Materialul parental/subiacent: luturi mijlocii/nisipuri grosiere.

Nivelul apei freactice: 2-3m.

Caracterele morfologice ale cernoziomului alcalizat-salinizat sunt:

*A țel K (0-9cm)*, lutos mediu, negru, grăunțos, slab coeziv, afânat, slab compact, rădăcini mijlocii foarte frecvente, face efervescență, trecere clară.

*A m' K (9-38cm)*, lutos mediu, negru, slab coeziv, afânat, slab compact, rădăcini mijlocii frecvente, face efervescență, trecere clară.

*A m'' K, sc-ac (38-55cm)*, lutos mediu, negricios brun, poliedric subangular, slab coeziv, slab compact, rădăcini frecvente, face efervescență, trecere clară.

*A/Cca, sc-ac (55-74cm)*, lutos mediu, gălbui brun - brun gălbui, poliedric subangular, slab compact, rădăcini rare, face efervescență, trecere clară.

*Cca, sc-ac (74-93cm)*, lutos mediu, gălbui murdar, poliedric subangular, slab compact, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , face efervescență, trecere clară.

*II Cca g, sc-ac (93-105cm)*, lutos mediu, gălbui - rare pete vineții, poliedric subangular, slab compact, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , face efervescență, trecere clară.

*III Cca g, sc-ac (105-125cm)*, lutos mediu, gălbui - pete vineții, masiv, slab compact, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , face efervescență, trecere clară.

*IV Cca g, sc-ac (125-160cm)*, lutos mediu, gălbui ruginiu albicios - pete vineții, masiv, slab compact, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , face efervescență, trecere clară.

*V Cca Go, sc-ac (160-190cm)*, lut nisipos fin, gălbui ruginiu albicios - slab vinețiu, masiv, slab compact, concrețiuni de  $\text{CaCO}_3$ , face efervescență.

Materialul parental/ subiacent: depozite bistratificate mijlocii. Nivelul apei freactice: 3-5m.

Metodologia de lucru adoptată a fost metoda polinoamelor de interpolare globale de tip Lagrange.

## 2. Corelații obținute, ecuații propuse

După prelucrarea datelor analitice pentru cernoziomul tipic, slab gleizat au rezultat corelații între K și indicii fizici doar pentru primul orizont (Ap), iar pentru cernoziomul sărăturat pentru primele trei orizonturi studiate.

La stabilirea corelațiilor s-au utilizat ec. logaritmice de tip "Jabro" și "Canarache":

$$\log(K_s) = 9,60 - 0,81 \log(\% \text{praf}) - 1,09 \log(\% \text{argilă}) - 4,64(DA). \quad (\text{după Jabro.})$$

$$\lg K = -0.26 - 0.0459A + 0.0006A^2 + 0.0304P + 0.0262Nf + 0.0357Ng - 3.04 \lg DA - 0.0343A \lg DA \quad (\text{după Canarache.})$$

## 3. Ecuațiile de corelație propuse de autori pentru conductivitatea hidraulică

Prelucrând datele analitice pentru cernoziomul tipic, slab gleizat și cernoziomul sărăturat au rezultat

următoarele corelații între CO și A, CC cu A și DA folosind ec. de tipul:

$$CO = 0.05 + 0.35 A \quad (\text{după Rogobete Gh.})$$

$$CO = 4.1 + 0.305A - 0.035P - 0.0376Nf - 0.0437Ng$$

(după Iliescu M.)

$$CC = 23.181 + 17.292DA - 12.966DA^2$$

$$CC = 7.795 + 0.523A - 0.0028A^2$$

Tabelul 1

| Nr. crt. | TIPUL DE SOL(orizontul) | ECUAȚIA PROPUȘĂ |
|----------|-------------------------|-----------------|
|----------|-------------------------|-----------------|

|    |                                       |                                         |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. | Cernoziom tipic,slab gleizat (Ap)     | $K=0.0004x^3-0.0109x^2+0.1269x+0.0338$  |
| 2. | Cernoziomul alcalizat-salinizat (Ap)  | $K=-0.002x^3+0.0322x^2-0.0961x-0.0913$  |
| 3. | Cernoziomul alcalizat-salinizat (Am)  | $K=0.0008x^2+0.0178x-0.2778$            |
| 4. | Cernoziomul alcalizat-salinizat (A/C) | $K=-0.0001x^3+0.0043x^2-0.0147x-0.1788$ |

#### 4.Ecuatiile de corelație propuse de autori pentru coeficientul de ofilire

Tabelul 2

| Nr. crt. | TIPUL DE SOL(orizontal)               | ECUAȚIA PROPUȘĂ                      |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.       | Cernoziom tipic,slab gleizat (Ap)     | $CO = -0.2476A^2 + 1.9722A + 5.5366$ |
| 2.       | Cernoziomul tipic, slab gleizat (Am)  | $CO = -0.1702A^2 + 1.4562A + 5.2782$ |
| 3.       | Cernoziomul tipic, slab gleizat (A/C) | $CO = -0.214A^2 + 1.9395A + 4.2179$  |
| 4.       | Cernoziomul alcalizat-salinizat (Ap)  | $CO = 0.1003A^2 - 1.275A + 13.289$   |

#### 5.Ecuatiile de corelație propuse de autori pentru capacitatea de câmp

Tabelul3

| Nr. crt. | TIPUL DE SOL(orizontal)                | ECUAȚIA PROPUȘĂ                                                                                      |
|----------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Cernoziom tipic,slab gleizat (Ap)      | $CC = -0.0005A^3 - 0.0073A^2 + 0.9373A + 13.616$<br>$CC = 4375.6DA^3 - 16691DA^2 + 21128DA - 8854.3$ |
| 2.       | Cernoziomul alcalizat-salinizat (Am"K) | $CC = 0.0327A^2 - 0.7649A + 26.97$<br>$CC = 0.3518DA^2 - 1.8568DA + 25.13$                           |

#### 6. Concluzii

- Solurile din Câmpia joasă a Banatului au o mare neuniformitate în reținerea apei.
- În Câmpia joasă a Banatului predomină solurile cu valori mari ale CO și CC.
- În Câmpia joasă a Banatului, K este predominant cu valori mici și neuniform pe profil.
- În Câmpia joasă a Banatului, K are valori mijlocii în orizontul Ap.
- Orizonturile superioare (Ap) au proprietăți hidrofizice mai bune decât cele inferioare.
- Diferențele între proprietățile hidrofizice cresc la creșterea gleizării și sărăturării.
- Indicii hidrofizici pe profil sunt neuniformi și afectați de hardpan.
- Indicii hidrofizici, care sunt valori convenționale pe curba de sucțiune-umiditate, variază în plan orizontal de la un tip de sol la altul și în plan vertical pe orizonturi pedogenetice.
- Pentru cernoziomul tipic, slab gleizat corelații între K și indici fizici au rezultat doar în orizontul (Ap), în orizonturile Am și A/C nu se pot stabili corelații cu nivel de încredere corespunzător, folosind metoda propusă de autor.
- Pentru cernoziomul alcalizat-salinizat, au rezultat corelații între K și indicii fizici pentru toate orizonturile.
- Corelații între coeficientul de ofilire și argilă se obțin pe toate orizonturile la cernoziomul tipic,slab gleizat.
- Corelații între capacitatea de câmp și argilă sau densitatea aparentă la cernoziomul tipic, slab gleizat se obțin doar în orizontul Ap.
- La cernoziomul alcalizat-salinizat, între coeficientul de ofilire și argilă se obțin corelații doar în orizontul Ap.

14. La cernoziomul alcalizat-salinizat, corelații între capacitatea de câmp și argilă sau densitatea aparentă se obțin în orizontul Am''K.
15. Corelațiile propuse în literatura de specialitate de diverși autori nu au aplicabilitate în zona studiată.
16. Corelații între indicii hidrofizici și alte proprietăți ale solului se pot stabili doar în condiții concrete ( areal, tip de sol), ele nefiind valabile la un tip de sol pe areale diferite.

## 7. Bibliografie

- [1] Cambell G. S., *A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data*, 1974, Soil Sci. 311-314.
- [2] David I., Șumălan I., *Metode numerice cu aplicații în hidrotehnică*, 1998 Ed. Mirton.
- [3] Nemeș I., Șumălan I., *Corelații posibile între indicii fizici și hidrofizici ai unor soluri din Banat*, 1992, Publ. Simp. Protecția Mediului, ASAS.
- [4] Nemeș I., *Corelații între indicii fizici și hidrofizici ai solurilor din Câmpia Joasă a Banatului*, 1999, Teza de doctorat.
- [5] Rogobete Gh., Țărău D., *Solurile și ameliorarea lor. Harta solurilor Banatului*, 1997, Ed. Marineasa, Timișoara.

## Cercetări privind automatizarea și optimizarea tehnologiei desalinizării prin spălare - drenaj a solurilor săratate

Eftimie NIȚESCU

*Facultatea de Hidrotehnică Universitatea "GH ASACHI" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** Deterioration of irrigated soils by secondary salinization, followed by decreasing their productivity, is a problem in many states having irrigated lands. In Romania nearly 1 million hectares agricultural land presents the possibility of secondary as result of irrigation. Protection and prevention of this process presents high importance for agriculture and economy of country. The paper presents a solution and technology for desalting based on Romanian Patent. There is a draw up installation that can realise automatically an optimum desalting process by washing and drainage; and it can be used in all irrigation projects having drainage arrangements too. Regulation of the quality of irrigation water and optimisation of water application reduce duration of desalting and water consumption up to 30%. After desalting the installation can be user for monitoring and warning salting of soils, based on limit value of salts, given by sensitiveness and admitted losses of different crops.

**Keywords:** Irrigation, drainage, desalting process

### 1. Introducere

Salinizarea primară sau secundară a terenurilor agricole afectează negativ producția agricolă. Fenomenul se datorește atât prezenței în sol a cca. 3000 de minerale de origine eruptivă și secundare din zonele afectate. Astfel la scara globului peste 300 de milioane de hectare de teren sunt degradate de fenomene de sărăturare datorită condițiilor naturale și intervenției omului, în România existând peste 400000 ha afectate de sărăturare și cca. 1 milion de ha de terenuri care prezintă condiții potențiale de salinizare. Tehnologia desalinizării prin spălare-drenaj a acestor terenuri implică costuri mari datorită consumurilor de apă (de ordinul a 10-30 m<sup>3</sup> mc apă/ha) și energie, a duratei salinizării și a personalului tehnic necesar pentru aplicarea spălărilor și controlul salinității solului.

Pentru reducerea costului desalinizării astfel încât această tehnologie hidroameliorativă să poată fi aplicată eficient din punct de vedere economic s-au studiat atât căile de optimizare care să conducă la reducerea consumului de apă cât și posibilitățile de ridicare a nivelului tehnic și chiar de automatizare a

procesului tehnologic de desalinizare. În acest sens, lucrarea prezintă principalele rezultate privind soluții de optimizare și conducere automată a procesului tehnologic de salinizare.

### 2. Rezultate și discuții

Cercetările s-au efectuat pe modele fizice [1], solul studiat prelevat din lunca Râului Prut fiind saturat alcalic. În sol predomină ionii  $\text{SO}_4^{2-}$  (60% din totalul sărurilor solubile) și ionii de  $\text{Na}^+$  (30%). Diferența de 10% este formată din ionii de  $\text{K}^+$   $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Capacitatea totală de schimb cationic pe profilul de sol cu adâncimea de 130 cm este de 11-37 me, în stratul de 0-40 cm ionii de sodiu ocupând 30% din aceasta. Solul are o textură fină (50-70% argilă), coeficientul de ofilire fiind de  $C_o=15.30\%$  iar capacitatea de câmp  $C_c=25.50\%$ .

Modelul fizic folosit (3000x2000x800 mm) este echipat cu piezometre 8echidistanța 2000 mm) pentru vizualizarea curbei de depresie, drenurile fiind prevăzute cu robinete de reglare a regimului de curgere.

Modificările de salinitate a solului supus spălării s-au măsurat prin metoda electroconductivității aparente a solului ( $EC_s$ ) folosind senzori introduși în straturi de sol succesive de grosime 20cm. Spălarea s-a realizat prin aspersiune cu ajutorul unei instalații cu doze montate pe model. Intensitatea ploii de spălare a fost reglată între 4-10 mm/h fiind corelată cu viteza de infiltrație în sol. Indicele de eficiență a spălării, calculat [2] ca valoare medie a fost  $f=0.24$  astfel ca pentru a desaliniza solul (adică cantitate de săruri ce rămâne pe profilul solului în urma spălării să fie  $S \leq 100\text{mg}\%$ ) a fost necesară o normă totală de spălare  $M=10500 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

De menționat că, datorită conținutului mare de argilă (50-70%) conductivitatea hidraulică ( $k$ ) a scăzut rapid, astfel că după aplicarea unei norme de spălare de  $600 \text{ m}^3/\text{ha}$  filtrația a devenit neglijabilă  $k=4 \times 10^{-4} \text{ m/zi}$ .

În aceste condiții, pentru a putea continua spălarea s-au aplicat soluții tehnice complementare și anume:

- afânarea cât mai adâncă a solului, care în condițiile tehnice actuale poate fi de până la 100 cm adâncime. În principiu afânarea trebuie să ajungă cât mai aproape de planul drenurilor;
- introducerea în apa de spălare a unui electrolit pe bază de calciu, ionii de calciu având în sol un dublu rol: îndepărtează ionii nocivi de Na prin schimb cationic (cu cei de Ca), intensificând astfel procesul desalinizării și în al doilea rând, determină o coagulare a argilei, ceea ce asigură menținerea în timp a efectului afânării, aceasta însemnând permeabilitatea ridicată pentru apă.

Aplicarea normei de spălare ( $M$ ) s-a făcut în reprize de valoare diferită, urmărindu-se determinarea valorii optime (eficiență de spălare maximă). De asemenea s-a constatat că eficiența de spălare depinde și de intervalul de timp dintre două reprize de spălare consecutive.

Rezultatele privind desalinizarea prin spălare-drenaj a solului au fost următoarele:

- în stratul superficial de sol (0-20cm) conținutul total de săruri s-a redus cu 54,32% în apropierea drenurilor și cu numai 18% la 3 m distanță de linia drenurilor
- în stratul de sol cu adâncimea de 20-50 cm desalinizarea a fost mai intensă, conținutul total de săruri reducându-se cu 85,74% în apropierea

drenurilor și cu 63,93% la 3 m distanță de linia drenurilor

- în apa drenată provenită din spălări a predominat ionul de  $\text{Na}^+$  (30%) și  $\text{SO}_4^{2-}$  (25%) din totalul ionilor conținuți. Deși în sol predomină ionul de  $\text{SO}_4^{2-}$  (60%) prezența scăzută a acestuia în apa drenată se dorește solubilității acestuia;
- ionul de  $\text{Na}^+$  din sol (toxic pentru vegetația cultivată) a scăzut în concentrație de la 135,5 mg/100g sol, la 13,5 în stratul superficial de sol (0-20 cm) iar în stratul următor (20-50) cm adâncime a scăzut de la 500 mg/100g sol, concentrație inițială la numai 17 mg/g sol după aplicarea spălărilor;
- variația mineralizării apei drenate încărcate cu sărurile evacuate din sol, de-a lungul perioadei de ameliorare este de tip exponențial, având forma:

$$\frac{C_t}{C_i} = e^{-0.013it} + \frac{C_w}{C_i} \quad (2.1)$$

unde:

$C_t$  – mineralizarea apei drenate la timpul „ $t$ ” [g/l];

$C_i$  – mineralizarea inițială a apei drenate [g/l];

$i$  – intensitatea ploii de spălare [mm/hl];

$C_w$  – mineralizarea apei folosite pentru desalinizare [g/l].

Impunând valoarea  $C_t$ , admisă de o cultură vegetală – se poate prognoza care este durata desalinizării „ $t$ ” pentru  $C_i$ ,  $C_w$  și  $i$  prestabilite și necesarul total de apă de spălare (norma de spălare)

$$M = txi \text{ [mm strat de apă]}. \quad (2.2)$$

### 3. Soluție de automatizare a procesului tehnologic

Normele mari de apă de spălare reclamate desalinizarea solurilor puternic săratate (10-30 mii mc/ha) și durata desalinizării (1-3 ani), fac ca în prezent costul tehnologiei de salinizare să fie prohibitiv pentru fermieri. În aceste condiții conducerea automată și optimizarea tehnologiei sunt singurele căi care pot conduce la reducerea costului ameliorării terenurilor săratate. În acest fel tehnologia poate deveni accesibilă în vederea recuperării terenurilor afectate de salinizare primară sau secundară.

Soluția de automatizare a procesului tehnologic se bazează pe supravegherea și controlul salinității solului și apei drenate din sol (prin sistemul de drenaj

al amenajării). Sistemul automatizat include sistemul de irigație și are următoarea componentă (fig. 1):

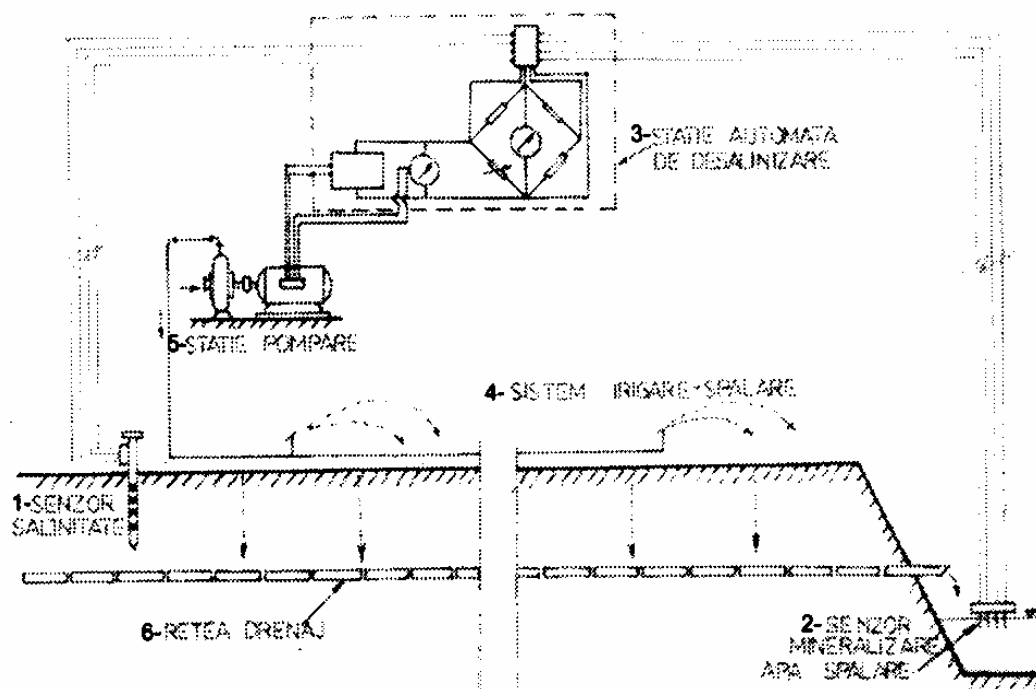


Fig.1. Instalație automată pentru desalinizarea terenurilor agricole

- Senzori de salinitate montați în sol prin înfigere (1), pe linia mediană dintre două drenuri din zona centrală a parcelei de irigat-spălat;
- Senzor de mineralizare a apei drenate (2) care se montează pe colectorul de drenaj al parcelei (în cazul colectoarelor de tip închis senzorul se montează într-un cămin de vizitare situat aval de parcelă sau central)

Ambii senzori sunt construiți pe principiul măsurării electroconductivității prin metoda celor 4 electrozi (așezați echidistant, în linie) ce elimină influența rezistenței de contact a electrozilor cu solul sau apa. Informațiile senzorilor sunt transmise fie prin cablu, fie prin intermediul unor emițătoare proprii la o stație (3) fixă sau mobilă, formată dintr-un comutator automat, ce conectează alternativ și cu intermitență (la intervale de timp de cca. 30 min.) senzorii (1) și (2) cu un bloc electronic, care prelucrează informațiile primite de la senzori și anume: valorile salinității solului se compară cu valoarea admisibilă introdusă în procesorul blocului

electronic al stației (3) putând comanda, dacă valoarea măsurată este egală sau mai mică decât valoarea admisibilă, oprirea udării de spălare (oprirea stației de pompare (5)). În cazul în care sistemul de irigație-spălare nu funcționează iar informațiile senzorului de sol indică o valoare a salinității mai mare decât limita impusă, stația (3) comandă intrarea în funcție a stației de pompare sau/și a instalației de udare-spălare (de exemplu instalațiile de aspersiune (4)).

#### 4. Optimizarea consumului de apă pentru spălări

S-au analizat (fig.2) curbele mineralizării apei drenate obținute experimental pe modelul fizic descris mai sus. Se poate observa că, la fiecare curbă corespunzând reprizelor de spălare 3, 6, 8 și 9 selectate în acest scop (pe ordonată s-au notat valorile electroconductivității apei drenate,  $EC$ , la temperatura standard de  $25^{\circ}\text{C}$ , iar pe abscisă, volumul de apă drenată pe model  $(V_D)_M$  și

echivalentul la scară naturală  $(V_D)_P$  care însumat reprezintă mărimea reprizei de spălare aplicate; de exemplu pentru reprima de spălare nr. 9 s-a aplicat pe model un volum de 20 l de apă, ceea ce la scară naturală echivalează cu 750 mc apă/ha) se disting

clar două zone: zona  $z_I$  a curbelor cu panta mare, relativ constantă, care semnifică fizic că din sol se evacuează în principal sărurile dizolvate anterior aplicării apei de spălare (în pauza dintre udări).

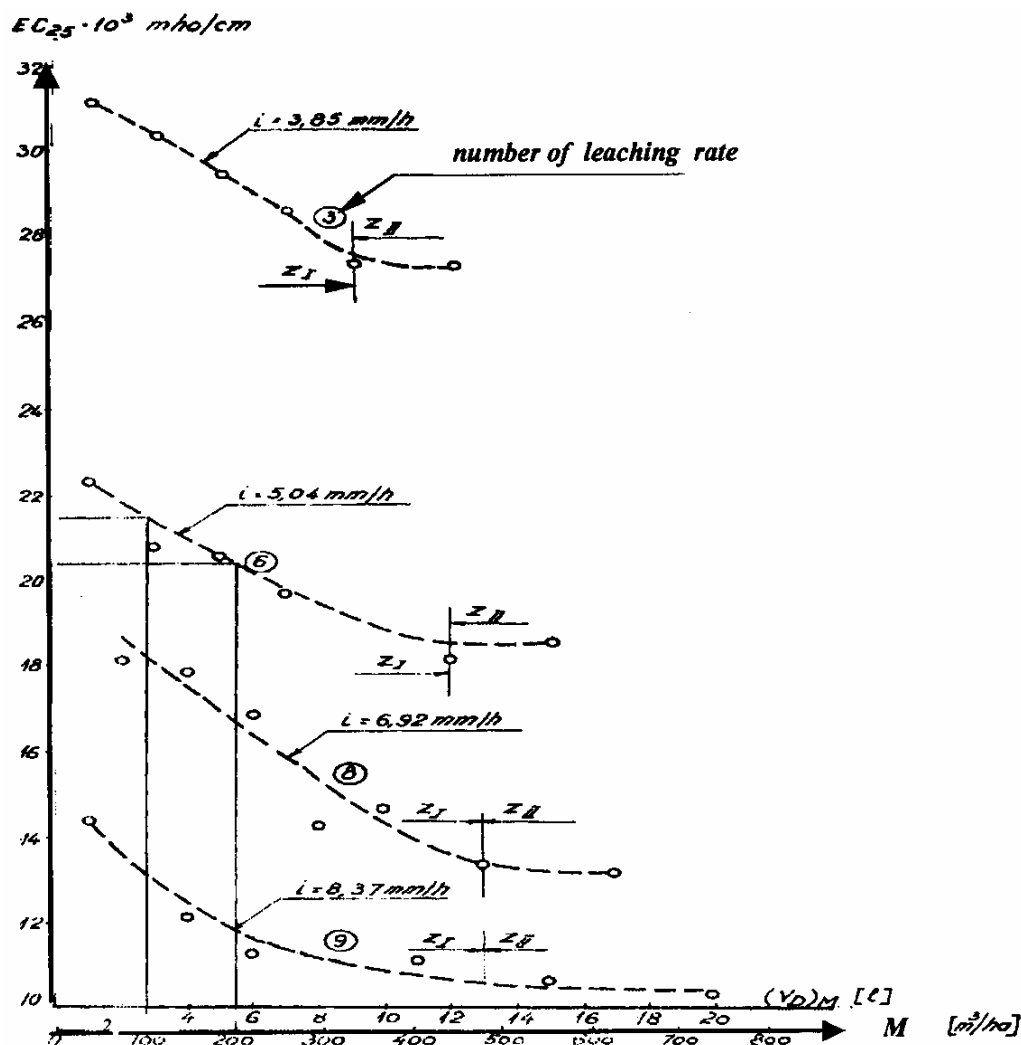


Fig. 2. Curbele de spălare

La epuizarea sărurilor dizolvate anterior apa drenată evacuează în continuare doar sărurile ce se dizolvă în timpul aplicării reprizei de spălare. Ramura curbei din zona  $z_{II}$  situată pe un palier semnifică fizic o concentrație cvasiconstantă a

sărurilor din apa de spălare drenată. Se observă, la toate curbele, că pentru zona II apa de spălare drenată evacuează din sol o cantitate de săruri mult mai redusă, ceea ce conduce la concluzia că apa de

spălare este folosită ineficient și deci spălarea trebuie oprită.

Pentru a sesiza trecerea dintre cele două zone ale curbelor de spălare și a opri în acel moment aplicarea apei de spălare, valorile *EC* măsurate de senzori sunt înregistrate succesiv la stația 3 care calculează automat panta curbei pe fiecare interval de timp (cca. 30 min.) și o compară automat cu valoarea medie a întregului interval anterior. Atunci când se constată că panta ultimului interval este mai mică cu 25-40% decât valoarea medie a pantei anterioare microprocesorul stației comandă automat oprirea spălării. Experimentele făcute –pe tipul de sol studiat- au arătat că mărirea reprizelor de spălare optime au valori diferite funcție de faza de desalinizare, începând de la 300mc/ha, la primele reprize, ajungând la 550 mc/ha pentru repriza a 9-a (numărul total de reprize de spălare aplicate pe model a fost de 12 reprize). Literatura clasică de specialitate recomandă împărțirea pe reprize egale a normei totale de spălare (*M*), iar o repriză de spălare să aibă valori cuprinse între 1200 și 1500 mc/ha. Rezultatele obținute în experiment diferă substanțial de aceste valori recomandate, dar cum alte experimentări mai noi arată că folosind reprize mici de spălare se obțin rezultate mai eficiente în procesul desalinizării, ceea ce confirmă justetea analizei și interpretării prezentate în această lucrare.

### 5. Intervalul optim dintre reprizele de spălare

Referindu-se la intervalul de timp dintre două reprize de spălare consecutive, literatura clasică recomandă valori mergând de la 6-7 zile până la 30 zile. Experimentările realizate pe model privind mărirea optimă a intervalului dintre reprizele de spălare au evidențiat următoarele concluzii:

- La începutul desalinizării, când în sol este acumulată o cantitate mare de săruri solubile intervalul dintre spălări să fie numai de 0,5-1 zi. Acest interval este suficient pentru ca, între reprize, o nouă cantitate de săruri din sol să treacă în soluția solului aprovizionat cu apa de la repriza precedentă de spălare.

- Înaintea primei reprize de spălare solul se aduce la capacitatea de apă în câmp pentru a asigura dizolvarea sărurilor

- Pe măsură ce desalinizarea avansează, intervalul dintre reprize trebuie mărit întrucât în această etapă rămân în sol sărurile cu solubilitate redusă (de exemplu cele pe bază de sulf).

### 6. Concluzii generale

Tehnologia clasică de desalinizare a terenurilor degradate de fenomenul de sărăturare este susceptibilă de modernizare, care împreună cu optimizarea componentelor sale poate conduce la reducerea consistentă a costurilor aplicate.

Procesul tehnologic de salinizare poate fi optimizat și automatizat conform schemelor prezentate în lucrare, cu următoarele efecte:

- reducerea consumului de apă pentru spălări precum și a energiei aferente cu 30%
- scurtarea duratei desalinizării, grăbind astfel repunerea terenului în circuitul agricol
- eliminarea analizelor chimice de apă și sol, efectuate în laborator, pentru a controla evoluția procesului de desalinizare
- deciziile privind conducerea procesului tehnologic se iau rapid, în regim automatizat, fără timpi de așteptare (durata unei analize clasice de sol este de cca. 20 zile)
- se reduce considerabil personalul tehnic de urmărire și control
- instalația automată, prin testări periodice cu senzorii (1) asigură prevenirea și combaterea –încă din fază incipientă- a fenomenului salinizării secundare ce poate să apară pe terenurile cu potențial de salinizare secundară.

### Bibliografie

- [1] Eftimie Nițescu, 1980 *Contribuții la studiul drenajului în scop de desalinizare și prevenirea salinizării*, teză de doctorat
- [2] Nițescu E., Giurma I., Bartha I., Popescu Șt., 1999, *Improving and protection technologz of deteriorate salt irrigated soils*, Regional Conference on EnviroWater Lausanne Elveția

## Sistem combinat de manevră-guvernare al unui convoi fluvial împins

Iordan NOVAC <sup>a</sup>,

Ilie PATRICHI <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universitatea Maritimă Constanța, , Constanța, 8700, România

<sup>b</sup> Academia Navală Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract** In this paper are presented reasons of projection for a complex steering control gear mounted to a train of barge with river pusher ( 2·900 HP; 2·1200 HP). The steering control gear is used for increasing manoeuvring capabilities in new conditions of navigation on Danube (bridges, locks, hydroelectric plants). This concept is presented in section 2 and his mathematical model in section 3. In the end of the paper are presented conclusions and estimations for operational efficiency of this complex steering gear.

**Keywords:** Ship governing, bow-thruster, gyration

### 1. Considerații introductive

Navigația prin împingere practică cu navele de marfă pe Dunăre a acumulat o experiență substanțială care a dus la apariția unor noi tipuri de instalații de guvernare pentru convoaiele de barje propulsate de împingătoare fluviale, dotate cu instalații adecvate care să corespundă cât mai bine noilor condiții de navigație. În ultimele două decenii s-au realizat construcții hidroenergetice pe tot cursul Dunării precum Hidrocentralele de la Porțile de Fier și Canalul Dunăre-Marea Neagră.

În același timp s-au construit noi poduri peste Dunăre, au fost executate lucrări de regularizare a șenalului navigabil, lucrări ce au influențat cerințele privind asigurarea manevrabilității navelor și a convoaielor împinse.

Împingătoarele de 2·1200 CP, respectiv 2·900 CP, prin performanțele și caracteristicile constructive, asigură o guvernabilitate greoaie a convoiului format din 2-4 unități nepropulsate de cca. 1500-3000 t marfă și siguranța scăzută pe durata transportului. În consecință a devenit necesară dotarea împingătorului cu instalații de guvernare de tip Balabal sau Enkel ajutate de un sistem legare-împingere speciale la care se adaugă un sistem de bow-thruster montat în barja de capăt a convoiului.

Sistemul de legare-împingere special este un ansamblu compus din vinciuri de legare-fixare și doi cilindri împingători montați în cele două estacade de împingere.

Bow-thruster-ul ce se montează în prova barjei de capăt a convoiului este compus dintr-o centrală hidraulică comandată de pe împingător, ansamblul motor-reductor-elice cu pas variabil și tunel de orientare a jetului, iar în altă variantă din centrala hidraulică, ansamblul motor-reductor-elice cu pas fix, tunel vertical în care este poziționată elicea și un tunel orizontal de orientare a jetului cu valvule electro-hidraulice în borduri.

### 2. Prezentarea conceptului de instalație integrată

Instalația integrată este compusă din trei elemente: instalația de guvernare (Balabal, Enkel), sistemul de legare-împingere cu cilindrii în estacade și instalația cu bow-thruster.

Instalația de tip Balabal este alcătuită din patru cârme dispuse câte două în urma fiecărei elici. Cinematica schemei de acționare permite rotirea fiecărei perechi de cârme astfel încât să se realizeze un unghi total de 180 grade față de poziția lor inițială.

Caracteristic pentru acest sistem este faptul că dacă în poziția lor normală cele două safrane amplasate înapoia fiecărei elice sunt paralele cu divergența zero ele vor căpăta la bandare un unghi de divergență care va crește odată cu unghiul de bandare atingând cca. 20 grade atunci când unghiul mediu de cârmă atinge 90 grade unul din safrane fiind rotit cu 100 grade, în timp ce celălalt safran s-a rotit numai cu 80 grade.

Pentru un unghi mediu de 75 grade al safranului fluxul de apă este împins perpendicular pe planul diametral al navei și aceasta girează practic pe loc sub efectul celor două elice ce se rotesc în sensul marșului înainte. Suprafața totală a penelor de cârmă este de 11,6 m<sup>2</sup>.

Instalația de guvernare de tip Enkel este caracterizată prin dispunerea specială a cârmelor și a unghiurilor inițiale de montaj. Sunt montate câte

două cârme în dreptul fiecărei elice, numărul total de cârme fiind patru.

La bandarea cârmelor spre babord acestea se suprapun, jetul de apă fiind dirijat perpendicular pe planul diametral al navei, iar în acest caz pentru manevră este suficient să funcționeze numai elicea din stânga. Cârmelile sunt bandate de o singură mașină de guvernare, fiecare cârmă la unghiul său. Cele două cârme dispuse în jetul unei elice formează o rețea de profile, asigurând devierea necesară a jetului.

Instalația de legare-împingere specială este necesară pentru ca la intrarea convoiului în coturi aceasta trebuie să se deformeze, adică să capete o anumită curbura. Curbarea poate fi realizată dacă legăturile între împingător și barjă își pot modifica lungimea, astfel încât însuși împingătorul devine, cârma pentru convoi.

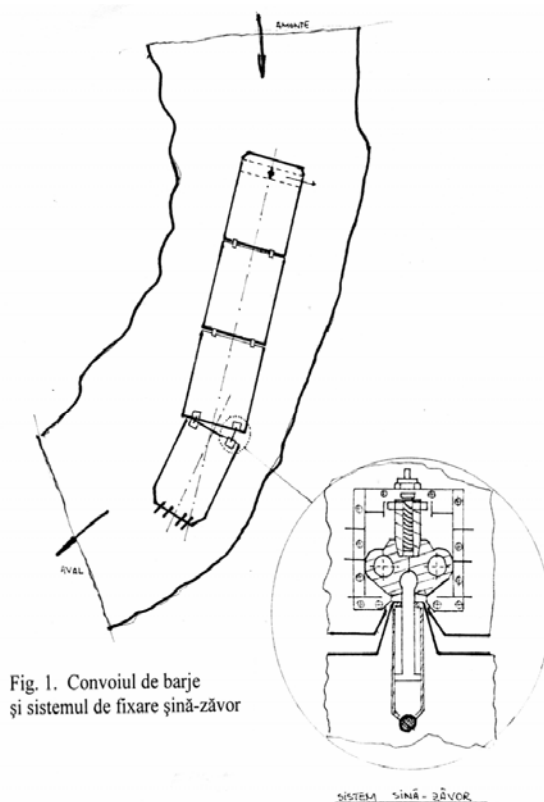


Fig. 1. Convoiul de barje și sistemul de fixare șină-zăvor

| var. | L (m) | K    | D (m) |
|------|-------|------|-------|
| 1    | 240   | 4    | 500   |
| 2    | 210   | 6    | 364   |
| 3    | 210   | 8,5  | 205   |
| 4    | 210   | 10,5 | 165   |

| var. | L (m) | K    | D (m) |
|------|-------|------|-------|
| 1    | 245   | 3,5  | 582   |
| 2    | 245   | 5,2  | 381   |
| 3    | 210   | 9,8  | 199   |
| 4    | 210   | 11,5 | 151   |

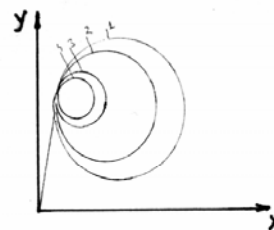


Fig. 2. Razele de girație ale convoiului pentru sistemele 1,2,3 și 4 utilizate

Cuplarea barjă-împingător se face prin sistemul șină-zăvor, șina fiind reprezentată de capătul sferic al

pistonului montat în estacadă iar zăvorul este montat pe barjă. Prin ridicarea zăvorului conic, prevăzut cu

arc, fâlcile se pot desface și atunci barja este eliberată.

Acest sistem permite înclinări longitudinale de (+5 grade, -5 grade) și transversale de 10 grade.

Prin acțiunea cilindrilor hidraulici împingătorul se poziționează pe post de cârmă.

Dublarea legăturilor este asigurată de vinciurile de legare-fixare, pentru evitarea depășirii limitei maxime de înclinare a sistemului șină-zăvor.

În cazul în care convoiul trebuie să treacă prin coturi înguste (exemplu vira babord) atunci cilindrul hidraulic din tribord va intra în funcțiune. Concomitent legăturile asigurate de vinciurile din tribord vor modifica lungimea parâmelor de legare proporțional cu lungimea pistonului. Acțiunea sistemului va determina poziționarea împingătorului în babordul convoiului. Schema funcțională este prezentată în fig. 1.

Pentru mărirea eficacității la schimbarea direcției de marș în prova barjei de capăt este montată instalația bow-thruster. La varianta 1, thrusterul (EPR, cu ax orizontal) este asamblat într-un tunel transversal-orizontal pe barjă. La varianta 2, thrusterul (EPF, cu ax vertical) lucrează într-un tunel vertical, ce corespunde cu tunelul orizontal comandat de două valvule fluture acționate de la distanță pentru direcționarea jetului.

### 3. Model de calcul numeric

Nava este un solid rigid care se deplasează pe suprafața liberă a apei și are șase grade de libertate : trei translații și trei rotații în jurul celor trei axe de coordonate care definesc poziția ei în spațiu ; este supusă atât acțiunii forțelor și momentelor hidrostatice și hidrodinamice, acțiunii sistemului de propulsie și comandă cât și acțiunii perturbatoare a mediului extern (valuri, vânt, curenți, adâncime limitată, etc.). sub acțiunea acestor forțe nava se deplasează pe o traiectorie determinată. Mișcarea navei este definită de parametrii cinematici : viteze liniare, viteze unghiulare și accelerațiile corespunzătoare. Conexiunea dintre acțiunea forțelor externe, parametrii cinematici ai mișcării, geometria navei, poziția ei în spațiu și parametrii de comandă este exprimată analitic de ecuațiile mișcării. Ecuațiile mișcării se pot stabili în mod convenabil utilizând un

sistem de coordonate  $Oxyz$ , legat de navă. În acest mod forțele hidrodinamice și forțele externe de perturbație sunt descrise mai ușor, datorită simetriei navei.

Modelul matematic elaborat de Nomoto (1966) este cel mai cunoscut model de tip răspuns al manevrabilității navelor de suprafață. Nava care guvernează este considerată un sistem fizic care este forțat de acțiunea cârmei să genereze un răspuns. Există o relație definită între perturbație și răspuns, dar în același timp sunt neglijate detalii privind forțele implicate în declanșarea evenimentelor. Abordarea problemei elaborării unui model matematic de tip răspuns presupune parcurgerea etapelor următoare :

- analiza structurii cinematice a manevrelor navei ;
- corelarea studiului analitic al manevrabilității cu experimente efectuate cu modele de nave sau cu nave reale și descoperirea de procedee pentru prelucrarea rezultatelor experimentale în scopul obținerii de date necesare rezolvării problemelor teoretice ;
- utilizarea rezultatelor probelor de manevrabilitate pentru elaborarea unor proceduri practice pentru proiectare ;
- tratarea manevrabilității navei ca o “bucă închisă” care să includă timonierul sau pilotul automat.

De menționat că aceste tehnici de analiză a răspunsului se aplică numai unor modele matematice care utilizează ecuații liniarizate. Liniarizarea presupune următoarele :

- decuplarea ecuațiilor de avans longitudinal, de derivă și de girație, bazate pe ipoteza că efectele de ordinul doi sunt ignorate în aceste mișcări ;
- forțele hidrodinamice care acționează asupra navei sunt exprimate prin funcții liniare dependente de unghiul de derivă ( sau de viteza de derivă ), curbura traiectoriei ( sau de viteza unghiulară de girație ) și de unghiul de cârmă ;
- forțele hidrodinamice de natură inerțială sunt funcții liniare de accelerațiile liniare sau unghiulare ale navei .Utilizând ecuațiile de mișcare ale navei după direcția axei  $Oy$  (deriva) și de rotație în jurul axei  $Oz$  se poate scrie:

$$\begin{aligned} -(L/V) (m' + m'_y) \beta + Y_\beta \dot{\beta} - (L/V) (m' + m'_x - Y'_r) r &= Y_\delta \dot{\delta}; \\ -(L/V)^2 (I'_z + J'_z) r + (L/V) N'_r r - N'_\beta \dot{\beta} &= N'_\delta \dot{\delta}. \end{aligned} \quad (1)$$

În ecuațiile de mai sus s-au luat în considerare numai forța și momentul exterior produse de bandarea cârmei. Introducem

transformarea Laplace în ambii termeni ai ecuațiilor de mai sus :

$$\begin{aligned} -L/V (m' + m'_y) \beta(o) + [L/V (m' + m'_y) p + Y_\beta \dot{\beta}] \beta(p) - L/V (m' + m'_x - Y'_r) r(p) &= Y_\delta \dot{\delta}(p); \\ -(L/V)^2 (I'_z + J'_z) r(o) + [L/V (I'_z + J'_z) p + L/V N'_r r(p) - N'_\beta \dot{\beta}(p)] &= N'_\delta \dot{\delta}(p). \end{aligned}$$

unde  $\beta(0)$  și  $r(0)$  simbolizează unghiul de derivă  $\beta$ , respectiv viteza unghiulară de rotație  $r$ , la începutul bandării cârmei (la  $t=0$ ) iar  $\beta(p)$  și  $\delta(p)$  sunt transformatele Laplace ale funcției unghiului de derivă  $\beta(t)$ , respectiv ale funcției vitezei unghiulare  $r(t)$  și ale funcției unghiului de bandare al cârmei:

$$\beta(p) = \int_0^\infty \beta(t) e^{-pt} dt;$$

$$r(p) = \int_0^\infty r(t) e^{-pt} dt; \quad \delta(p) = \int_0^\infty \delta(t) e^{-pt} dt;$$

$p$  este parametrul transformatei Laplace ;  $m'$ ,  $m'_x$ ,  $m'_y$  sunt masa navei și masele adiționale de apă după direcțiile  $Ox$  și  $Oy$  (adimensionalizate) ;  $I'_z$  și  $J'_z$  sunt momentele de inerție ale navei, respectiv moment de inerție adițional. Ținând cont că la  $t=0$  există relația :

$$-(L/V)^2 (I'_z + J'_z) r(o) + (L/V) N'_r r(o) - N'_\beta \dot{\beta}(o) = 0$$

și eliminând  $\beta(p)$  și  $\beta(0)$  din ecuațiile transformate, obținem o singură ecuație :

$$r(p) = [K(1 + T_3 p) / (1 + T_1 p)(1 + T_2 p)] \delta(p) + \{[T_1 + T_2 p + (T_1 + T_2)] r(o) + T_1 T_2 r(o)\} / (1 + T_1 p)(1 + T_2 p) \quad (2)$$

unde:

$$K = (V/L) \{ (N'_\beta Y'_\delta + Y'_\beta N'_\delta) / [Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta];$$

$$T_1 + T_2 = (L/V) [(m' + m'_y) N'_r + (I'_z + J'_z) Y'_\beta] / [Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta];$$

$$T_1 T_2 = (L/V)^2 [(m' + m'_y) (I'_z + J'_z)] / [Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta];$$

$$T_3 = (L/V) [(m' + m'_y) N'_\delta] / [N'_\beta Y'_\delta + Y'_\beta N'_\delta]. \quad (3)$$

Primul termen al ecuației (2) corespunde mișcării provocate de bandarea cârmei iar al doilea termen corespunde mișcării inițiale la  $t=0$  ;acest termen dispare dacă inițial nava se deplasează pe drum drept fără derivă și rotație. De aceea funcția :

$$[K(1 + T_3 p)] / [(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)] = Y \delta(p) \quad (4)$$

descrie “răspunsul navei” la acțiunea cârmei și constituie funcția de transfer a navei în manevra de rotație. Aplicând transformata Laplace inversa ecuației (2) și neglijând termenul al doilea al membrului drept, obținem:

$$\begin{aligned} T_1 T_2 d^2 r / dt^2 + (T_1 + T_2) dr / dt + r \\ = K \delta + K T_3 d \delta / dt \end{aligned} \quad (5)$$

Indicele  $K$  cuantifică performanța de rotație a navei. Cu cât  $K$  este mai mare cu atât viteza de rotație stabilizată este mai mare și diametrul cercului de rotație este mai mic. Din relația (5) se observă că la stabilizarea mișcării ( viteza unghiulară de rotație  $r$  devine constantă), diametrul cercului de rotație  $D$  este dat de relația :

$$D/L = 2V/LK\delta o \quad (6)$$

ceea ce confirmă relația de mai sus.

#### 4. Concluzii

Utilizarea ecuației (6) care este o funcție de constanta de amplificare  $K$  și unghiul de bandare permite analiza calitativă și cantitativă a comportării convoiului în girație.

Există patru situații în care se calculează diametrul de girație :

- 1) folosirea doar a cârmelor ;
- 2) folosirea cârmelor și a bow-thruster-ului ;
- 3) folosirea cârmelor și a cilindrilor împingători ;
- 4) folosirea tuturor sistemelor de guvernare (cârme, cilindri împingători și bow-thruster).

Valorile se vor trece în tabel. Pe grafic (fig.2) se observă că în situația 1 în care se folosesc numai cârmele, diametrul de girație este foarte mare,

convoiul având o comportare greoaie. Diametrul de girație scade odată cu intrarea în folosință a celorlalte sisteme speciale (situațiile 2 și 3), iar în cazul 4 în care se folosesc simultan toate sistemele de guvernare, diametrul de girație devine foarte mic, convoiul executând cu ușurință orice manevră necesară.

#### 5. Bibliografie

- [1]. Voinescu Radu Titu, *Contribuții teoretice și experimentale privind studiul manevrabilității navelor*, 1997, Teză de doctorat, Galați.
- [2]. \*\*\*-*Documentația firmei KAMEWA*, 1996, Japonia.
- [3]. \*\*\* – *Registrul Naval Român Fluvial*, 1992.
- [4]. Novac Iordan, *Instalații mecanice de bord* 1999.

## Testarea unor modele de simulare a eroziunii solului

Nelu POPA

Eugen FILICHE

*Stațiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni – Bârlad, cod 6400, România*

**Abstract** Testing and adapting of informational models to simulate erozional processes, in comparison with new models releasing, represent an advantageous option for Romania. For this reason, at the Perieni Station, we have tried to implement in natural Romanian conditions two of the most complex models released in USA: Water Erosion Prediction Project (WEPP) and Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC). In the paper we present the comparative analyze between simulated and measured data.

**Keywords:** Soil, erosion, informational model, comparative analyze

### 1. Introducere

Racordarea la preocupările științifice mondiale, prin testarea și adaptarea unor modele performante de simulare a proceselor erozionale, comparativ cu crearea de modele noi, constituie una din opțiunile cele mai convenabile pentru România. Elaborare unor asemenea modele necesită eforturi materiale și umane foarte mari ceea ce economia noastră cu mare greutate ar putea suporta în momentul de față. Din acest motiv s-au luat în studiu două modele americane de mare complexitate în vederea adaptării lor la condițiile naturale din România și anume Water Erosion Prediction Project (WEPP) și Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC).

### 2. Metoda de cercetare.

Analiza modelelor WEPP și EPIC sub aspectul testării lor s-a făcut în mod diferit. Astfel, pentru modelul WEPP, rezultatele simulării au fost comparate cu datele obținute prin măsurători directe efectuate pe parcelele de controlul scurgerilor de la Stațiunea Perieni – Bârlad și s-au urmărit în principal scurgerile lichide și solide.

Modelul EPIC, care simulează în plus dinamica însușirilor solului precum și producțiile vegetale, a fost testat în poligonul experimental Pogana situat în

bazinul mijlociu al Tutovei. Alegerea acestui perimetru a avut la bază următoarele considerente :

- Poligonul este rezultatul comasării unor parcele de teren arabil, aflate în proprietate individuală, dispuse inițial pe direcția deal-vale. După luarea în arendă de către Stațiunea Perieni, terenul s-a constituit într-un model zonal de amenajare și exploatare antierozională ce poate fi comparat ușor cu parcelele învecinate, atât în privința protecției solului cât și a producțiilor agricole obținute.
- Terenul a fost amenajat în toamna anului 1993 prin executarea unor terase banchetă. Acest sistem a fost combinat cu cel de cultură în fâșii, dispuse într-o rotație trienală (porumb, mazăre și grâu). Există, prin urmare, un moment de referință privind monitorizarea evoluției însușirilor solului sub efectul unor măsuri antierozionale.

Sistemul adoptat, de prelevare a probelor de sol după o rețea de puncte uniform distribuită pe suprafața poligonului, a adus informații suplimentare privind variabilitatea spațială a proprietăților solului. Terassele banchetă, dispuse paralel cu direcția curbelor de nivel, au divizat poligonul în șapte fâșii dintre care cinci cu forme și suprafețe aproximativ egale. Cele 84 de puncte de recoltare a probelor de sol au fost amplasate la intervale egale, pe 14 aliniamente paralele cu terasele. Dispunerea nodurilor rețelei a permis obținerea unor informații din zona mediană a fiecărei fâșii precum și din platforma agroteraselor. Măsurătorile și analizele s-

au efectuat de fiecare dată în aceeași perioadă a anului, de regulă, înainte de arătura de toamnă. S-a urmărit cu precădere evoluția conținutului principalelor elemente fertilizante din sol (humusul, azotul și fosforul) însă nu s-au omis măsurătorile referitoare la conținutul de potasiu, pH-ul, compoziția granulometrică, etc.

Pentru testarea modelului WEPP s-au utilizat datele obținute de pe un dispozitiv experimental situat pe versantul stâng al Văii Țarinei, constituit dintr-un set de opt parcele cu dimensiunile de 4x25m ( $S=100\text{ m}^2$ ). Versantul are expoziție vestică, panta medie de 12% și este acoperit de soluri molice (cernoziom cambic, lutos, slab erodat). Apa scursă s-a măsurat prin metoda volumetrică utilizându-se bazine decantoare cu partitoare de debit de tipul divizoarelor simple, fără contracție laterală. Cantitatea de sol erodat s-a estimat prin măsurarea turbidității medii a apei din bazinele de colectare. Parcelele au fost cultivate cu grâu, porumb, fasole și bromus iar varianta martor a fost considerată fâșia întreținută ca ogor negru permanent.

### 3. Metoda de cercetare.

Analiza modelelor WEPP și EPIC sub aspectul testării lor s-a făcut în mod diferit. Astfel, pentru modelul WEPP, rezultatele simulării au fost comparate cu datele obținute prin măsurători directe efectuate pe parcelele de controlul scurgerilor de la Stațiunea Perieni – Bârlad și s-au urmărit în principal scurgerile lichide și solide.

Modelul EPIC, care simulează în plus dinamica însușirilor solului precum și producțiile vegetale, a fost testat în poligonul experimental Pogana situat în bazinul mijlociu al Tutovei. Alegerea acestui perimetru a avut la bază următoarele considerente :

- Poligonul este rezultatul comasării unor parcele de teren arabil, aflate în proprietate individuală, dispuse inițial pe direcția deal-vale. După luarea în arendă de către Stațiunea Perieni, terenul s-a constituit într-un model zonal de amenajare și exploatare antierozională ce poate fi comparat ușor cu parcelele învecinate, atât în privința protecției solului cât și a producțiilor agricole obținute.
- Terenul a fost amenajat în toamna anului 1993 prin executarea unor terase banchetă. Acest sistem a fost combinat cu cel de cultură în fâșii, dispuse într-o rotație trienală (porumb, mazăre și grâu). Există, prin urmare, un moment de referință privind

monitorizarea evoluției însușirilor solului sub efectul unor măsuri antierozionale.

Sistemul adoptat, de prelevare a probelor de sol după o rețea de puncte uniform distribuită pe suprafața poligonului, a adus informații suplimentare privind variabilitatea spațială a proprietăților solului. Terassele banchetă, dispuse paralel cu direcția curbelor de nivel, au divizat poligonul în șapte fâșii dintre care cinci cu forme și suprafețe aproximativ egale. Cele 84 de puncte de recoltare a probelor de sol au fost amplasate la intervale egale, pe 14 aliniamente paralele cu terasele. Dispunerea nodurilor rețelei a permis obținerea unor informații din zona mediană a fiecărei fâșii precum și din platforma agroteraselor. Măsurătorile și analizele s-au efectuat de fiecare dată în aceeași perioadă a anului, de regulă, înainte de arătura de toamnă. S-a urmărit cu precădere evoluția conținutului principalelor elemente fertilizante din sol (humusul, azotul și fosforul) însă nu s-au omis măsurătorile referitoare la conținutul de potasiu, pH-ul, compoziția granulometrică, etc.

Pentru testarea modelului WEPP s-au utilizat datele obținute de pe un dispozitiv experimental situat pe versantul stâng al Văii Țarinei, constituit dintr-un set de opt parcele cu dimensiunile de 4x25m ( $S=100\text{ m}^2$ ). Versantul are expoziție vestică, panta medie de 12% și este acoperit de soluri molice (cernoziom cambic, lutos, slab erodat). Apa scursă s-a măsurat prin metoda volumetrică utilizându-se bazine decantoare cu partitoare de debit de tipul divizoarelor simple, fără contracție laterală. Cantitatea de sol erodat s-a estimat prin măsurarea turbidității medii a apei din bazinele de colectare. Parcelele au fost cultivate cu grâu, porumb, fasole și bromus iar varianta martor a fost considerată fâșia întreținută ca ogor negru permanent.

### 4. Rezultate obținute.

Referitor la modelul EPIC, datele culese din rețeaua de măsurare evidențiază o variabilitate extrem de ridicată a valorilor analizate. Aceasta se datorează mai ales aspectului de mozaic al solului, căpătat după executarea unor lucrări de nivelare-modelare mai vechi.

Conținutul de elemente chimice analizate se încadrează în categoria cea mai defavorabilă de aprovizionare a solului cu substanțe nutritive. Din acest motiv, valorificarea agricolă a acestor terenuri

reclamă în mod obligatoriu aplicarea combinată de îngrășăminte naturale (gunoi de grajd) cu îngrășăminte chimice, în doze medii de azot și fosfor.

Analiza individuală, efectuată în fiecare din cele 84 de noduri ale rețelei, nu a oferit o imagine coerentă asupra tendinței de evoluție a însușirilor solului. În schimb, analiza statistică a relevat câteva aspecte interesante. La humus, s-a observat că diferențele dintre valorile din 1993 și 1996 sunt negative pe majoritatea aliniamentelor situate pe linia mediană a fâșiilor. O posibilă explicație ar consta în faptul că o parte din humus se deplasează odată cu sedimentele și se acumulează în zonele cu pantă redusă din platforma agroteraselor și de la baza versantului.

Cu unele mici excepții, modificările privind conținutul de azot și fosfor din sol sunt asemănătoare cu cele privitoare la humus.

Analiza pH-ului din sol nu a indicat o tendință clară de modificare a valorilor medii pe aliniamentele studiate. Este posibil ca această tendință să se contureze după trecerea unui număr mai mare de ani de activitate experimentală.

În tabelul 1 și figura 1 sunt prezentate comparativ rezultatele măsurate în 1993 și 1996 precum și cele simulate cu EPIC în 14 puncte din fâșia a patra a poligonului Pogana.

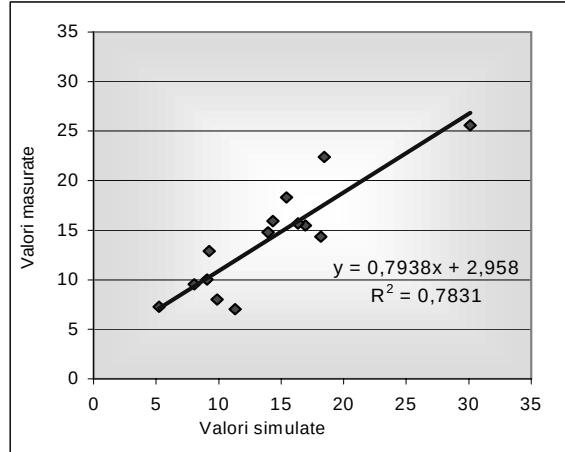
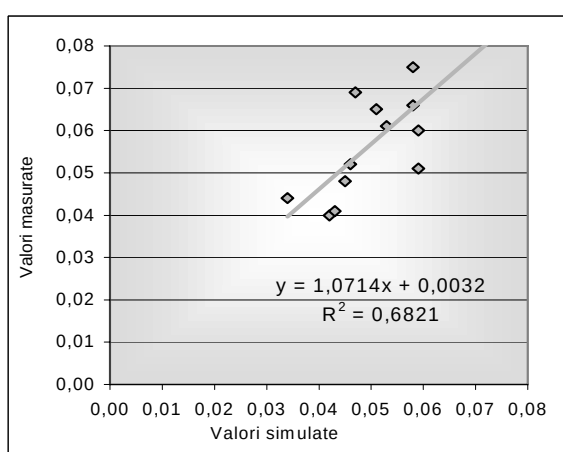
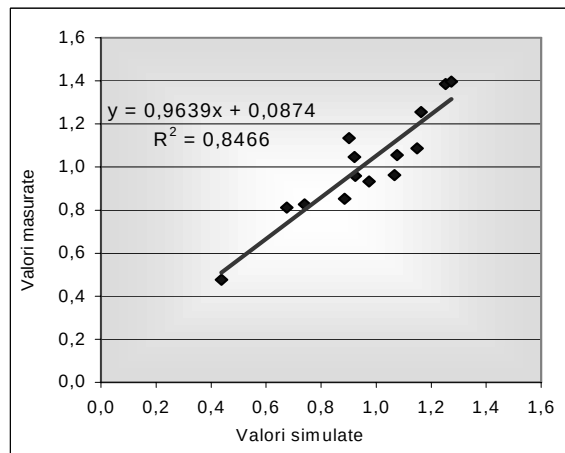
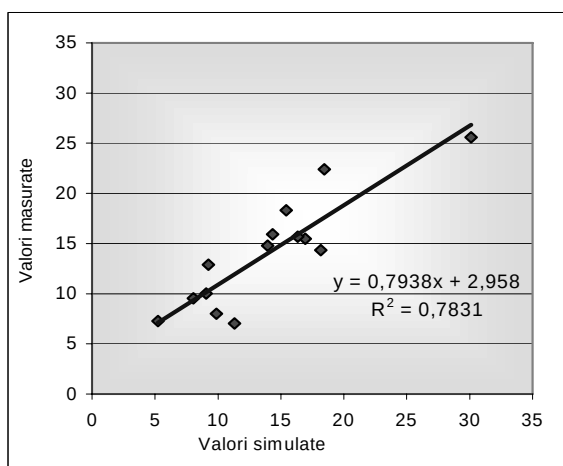
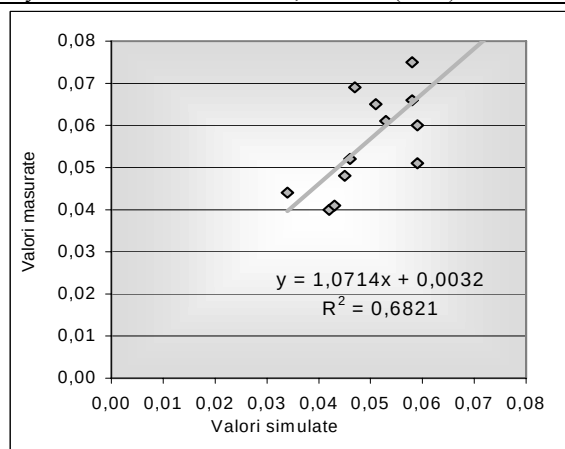
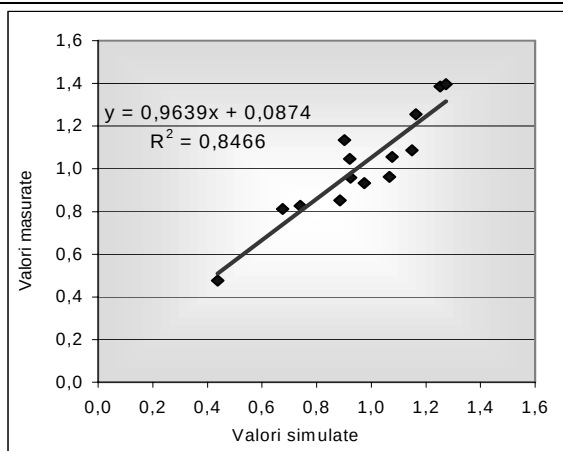
Tabelul 1 Conținutul de humus, azot și fosfor din sol măsurat și simulat cu EPIC în fâșia IV-poligon Pogana (1993-1996)

| Puncte de recoltat probe de sol | Humus            |                  |                  | Azot             |                  |                  | Fosfor             |                    |                    |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                 | Masurat 1993 (%) | Masurat 1996 (%) | Simulat 1996 (%) | Masurat 1993 (%) | Masurat 1996 (%) | Simulat 1996 (%) | Masurat 1993 (ppm) | Masurat 1996 (ppm) | Simulat 1996 (ppm) |
| F1                              | 1,033            | 0,924            | 0,959            | 0,052            | 0,047            | 0,069            | 28,10              | 30,10              | 25,60              |
| F2                              | 0,795            | 0,975            | 0,933            | 0,040            | 0,058            | 0,075            | 13,79              | 18,44              | 22,40              |
| F3                              | 0,980            | 1,076            | 1,055            | 0,049            | 0,069            | 0,082            | 8,10               | 14,35              | 15,94              |
| F4                              | 1,022            | 1,164            | 1,255            | 0,052            | 0,059            | 0,051            | 11,01              | 16,94              | 15,47              |
| F5                              | 1,237            | 1,252            | 1,385            | 0,063            | 0,051            | 0,065            | 17,78              | 16,33              | 15,69              |
| F6                              | 1,296            | 1,274            | 1,397            | 0,065            | 0,059            | 0,060            | 17,40              | 15,42              | 18,32              |
| F7                              | 0,824            | 0,921            | 1,046            | 0,037            | 0,046            | 0,052            | 17,46              | 13,95              | 14,81              |
| G1                              | 0,792            | 0,741            | 0,826            | 0,069            | 0,053            | 0,061            | 12,31              | 11,33              | 7,03               |
| G2                              | 0,733            | 0,902            | 1,135            | 0,038            | 0,045            | 0,048            | 10,87              | 9,87               | 8,02               |
| G3                              | 0,782            | 0,675            | 0,812            | 0,039            | 0,034            | 0,044            | 7,04               | 8,05               | 9,53               |
| G4                              | 0,748            | 0,438            | 0,477            | 0,038            | 0,042            | 0,040            | 10,46              | 9,23               | 12,90              |
| G5                              | 1,196            | 1,067            | 0,963            | 0,050            | 0,043            | 0,041            | 4,63               | 5,22               | 7,29               |
| G6                              | 1,329            | 1,149            | 1,087            | 0,062            | 0,058            | 0,066            | 20,04              | 18,18              | 14,33              |
| G7                              | 0,725            | 0,885            | 0,852            | 0,047            | 0,075            | 0,083            | 10,66              | 9,05               | 10,03              |

Se apreciază că, în cazul humusului, valoarea coeficientului de corelație ( $R^2=0,846$ ) exprimă o legătură relativ strânsă între valorile măsurate și cele simulate în timp ce la azot și fosfor acesta are valori ceva mai mici ( $R^2=0,6821$  respectiv  $R^2=0,7831$ ). O explicație a acestei legături mai slabe ar putea fi aceea că azotul și fosforul, ce provin din fertilizări aplicate anual, variază în cursul perioadei de vegetație cu o amplitudine mai mare față de cea a humusului.

Analiza comparativă între datele simulate și cele măsurate s-a efectuat pe un interval reprezentativ

de patru ani cuprins între 1989 și 1993. Alegerea unei perioade mai îndelungate ar fi impus prelucrarea unui volum foarte mare de date fără a obține o creștere semnificativă a preciziei simulării. În perioada amintită, conform studiilor efectuate de I. Ioniță, s-au evidențiat 44 de ploii care au produs scurgeri lichide și solide. Ele au variat între 3,4 mm (ploaia din 28.05.1991 ce a produs o scurgere lichidă de 3,05 l/m<sup>2</sup> și o scurgere solidă de 0,008 kg/m<sup>2</sup>, la parcela cu ogor) și 59,7 mm (ploaia din 12.09.1993 ce a produs scurgeri la toate parcele).



Tabelul 2. Ecuatiile de regresie liniară pentru scurgerile lichide și solide măsurate la parcele standard și cele simulate cu programul WEPP, în perioada 1989 - 1993.

| Cultura             | Scurgerea | Nr. elem. | Coeficientul de corelație R | Ecuatia de regresie liniară |
|---------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ogor                | Lichidă   | 49        | 0,796                       | $Y = -0,125 + 0,744 X$      |
|                     | Solidă    | 49        | 0,741                       | $Y = 0,213 + 0,881 X$       |
| Porumb              | Lichidă   | 23        | 0,899                       | $Y = 0,636 + 0,825 X$       |
|                     | Solidă    | 23        | 0,857                       | $Y = -0,074 + 0,763 X$      |
| Porumb Nefertilizat | Lichidă   | 18        | 0,864                       | $Y = 0,494 + 0,868 X$       |
|                     | Solidă    | 18        | 0,865                       | $Y = -0,069 + 0,496 X$      |
| Grâu                | Lichidă   | 19        | 0,347                       | $Y = -0,232 + 0,079 X$      |
|                     | Solidă    | 19        | 0,712                       | $Y = 0,003 + 0,192 X$       |
| Fasole              | Lichidă   | 19        | 0,993                       | $Y = 0,042 + 0,995 X$       |
|                     | Solidă    | 19        | 0,842                       | $Y = 0,244 + 0,711 X$       |
| Bromus an I         | Lichidă   | 15        | 0,730                       | $Y = 0,072 + 0,600 X$       |
|                     | Solidă    | 15        | 0,943                       | $Y = -0,031 + 0,613 X$      |
| Bromus an II        | Lichidă   | 7         | 0,494                       | $Y = 0,490 + 0,219 X$       |
|                     | Solidă    | 7         | 0,546                       | $Y = -0,0003 + 0,379 X$     |
| TOTAL               | Lichidă   | 177       | 0,604                       | $Y = 0,258 + 0,479 X$       |
|                     | Solidă    | 177       | 0,808                       | $Y = 0,08 + 0,957 X$        |

În tabelul 2 sunt redate rezultatele prelucrării statistico - matematice privitoare la valorile măsurate și simulate. Analiza datelor s-a efectuat atât global cât și pentru fiecare cultură în parte.

Analiza datelor de mai sus prin relevă o comportare bună și foarte bună a modelului WEPP. Semnificativ este faptul că s-au obținut valori ridicate ale coeficientului de corelație dintre valorile măsurate și cele simulate

## 5. Bibliografie

- [1] Ioniță I., Ouatu O *Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei*, 1985, Cerc. Agr. în Moldova, vol. 3, Iași
- [2] Popa N., Ioniță I., *Metode moderne de estimare a eroziunii solului pe terenurile agricole în pantă*, 1995, Comunicările Conferinței Internaționale "Eroziunea solului și metodele de combatere" Institutul "N. Dîmo", Chișinău.
- [3] Popa N., *Analiza sensibilității unui model de prognoză a eroziunii solului pentru condițiile naturale din Podișul Bârladului*, 1997, "Lucrări Științifice" Univ. Agron. și de Med. Vet. "Ion Ionescu de la Brad", Iași

## Rezumat

Racordarea la preocupările științifice mondiale, prin testarea și adaptarea unor modele performante de simulare a proceselor erozionale, comparativ cu crearea de modele noi, constituie una din opțiunile cele mai convenabile pentru România. Elaborarea unor asemenea modele necesită eforturi materiale și umane foarte mari ceea ce economia noastră cu mare greutate ar putea suporta în momentul de față. Din acest motiv s-au luat în studiu două modele americane de mare complexitate în vederea adaptării lor la condițiile naturale din România și anume Water Erosion Prediction Project (WEPP) și Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC).

Analiza modelelor WEPP și EPIC sub aspectul testării lor s-a făcut în mod diferit. Astfel, pentru modelul WEPP, rezultatele simulării au fost comparate cu datele obținute prin măsurători directe efectuate pe parcelele de controlul scurgerilor de la Stațiunea Perieni – Bârlad și s-au urmărit în principal scurgerile lichide și solide. Modelul EPIC, care simulează în plus dinamica însușirilor solului precum și producțiile vegetale, a fost testat în poligonul experimental Pogana situat în bazinul mijlociu al Tutovei.

În lucrarea de față se prezintă rezultatele analizei comparative dintre datele simulate cu ajutorul celor două modele și cele obținute prin măsurători directe.

## Evoluția pe termen lung a indicelui eroziune/productivitate a solului în Valea Țarinei – Colinele Tutovei

Nelu POPA

*Stațiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni-Bârlad, Bârlad, 6400, România*

**Abstract** In the last time, in the developed countries, assessing of the soil erosion risk was realized by mathematical models based on analysis of processes.

One of the most used model for simulation of soil erosion by water is Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) released in USA. Testing of this model for natural conditions of Barlad Tableland was performed by utilizing experimental data from Perinea Station. Also, the model was used to estimate the long-term relationship between erosion and productivity of the soil. Seven scenarios of most relevant agricultural practices in the area were taking into account.

**Keywords:** soil erosion risk, mathematical model, simulation of EPIC, productivity of the soil

### 1. Introducere

Studiile privind eroziunea prezintă interes din cel puțin două puncte de vedere: scăderea productivității solurilor situate pe terenurile în pantă și degradarea mediului înconjurător, prin poluarea solului și apei, datorită practicilor agricole.

În ultima vreme, în țările dezvoltate economic, estimarea riscului privind eroziunea solului se realizează tot mai des cu ajutorul unor modele de prognoză care au la bază o analiza de proces.

Unul dintre cele mai performante modele de simulare este **Erosion - Productivity Impact Calculator** - EPIC (Model de calcul al impactului eroziune -productivitate). Acesta a fost realizat în SUA în scopul evaluării pagubelor produse de eroziunea solului precum și a beneficiilor realizate prin aplicarea măsurilor antierozionale (Williams J.R - 1985).

Testarea modelului pentru condițiile naturale din Podișul Bârladului s-a realizat în baza rezultatelor experimentale obținute la Stațiunea Perieni - Bârlad pe parcursul mai multor ani. De asemenea, cu ajutorul modelului s-au efectuat mai multe prognoze pe termen lung asupra evoluției productivității solului din unele bazine hidrografice mici. În cele ce

urmează se prezintă rezultatele obținute în bazinul superior și mijlociu al văii Țarinei - Colinele Tutovei, pe un teren arabil cu suprafața de 538 ha.

### 2. Metoda de cercetare.

Simulările cu modelul EPIC s-au efectuat conform unor scenarii prestabilite. Pentru a optimiza volumul de muncă M. Moșoc și N. Popescu (1998), sugerează ca acestea să cuprindă doar trei categorii de parametri: structura de culturi, tipul lucrării antierozionale și tipul fertilizării. Codificarea scenariilor s-a făcut după cum urmează:

**Codul structurilor de culturi:** 1. 75% porumb+25% grâu; 2. 50% pb.+50% gr.; 3. 40% pb.+40% gr.+20% lucernă; 4. 33% pb. +33% gr.+33% mazăre; 5. 30% porumbb.+20% mazăre+20% grâu+30% lucernă.

**Codul lucrărilor de combatere a eroziunii solului:** 1. Lucrări orientate pe direcția deal - vale; 2. Lucrări orientate pe contur; 3. Terase banchetă.

**Codul fertilizării:** 1. Nefertilizat; 2. Fertilizat.

În tabelul 1. sunt redate numai acele scenarii care prezintă o relevanță mai mare pentru practica agricolă.

Tab. 1 Scenariile pentru prognozarea pierderilor de sol la Stațiunea Perieni

| Cod    | Structura culturilor                          | Lucrări CES      | Fertilizare  |
|--------|-----------------------------------------------|------------------|--------------|
| 1.1.1. | Porumb 75%, grâu 25%                          | deal-vale        | nefertilizat |
| 2.1.1. | Porumb 50%, grâu 50%                          | deal-vale        | nefertilizat |
| 2.2.1. | Porumb 50%, grâu 50%                          | Culturi în fâșii | nefertilizat |
| 2.2.2. | Porumb 50%, grâu 50%                          | Culturi în fâșii | fertilizat   |
| 2.3.2. | Porumb 50%, grâu 50%                          | Agroterase       | fertilizat   |
| 3.3.2. | Porumb 33%, grâu 33%, mazăre, 33%             | Agroterase       | fertilizat   |
| 4.3.2. | Porumb 30%, fasole 20%, grâu 20%, lucernă 30% | Agroterase       | fertilizat   |

EPIC estimează impactul eroziunii asupra productivității solurilor prin intermediul indicelui eroziune/productivitate (Erosion/Productivity Index - EPI). Acesta este definit ca raportul dintre valoarea producției anuale obținute de pe un teren erodat și cea obținută de pe un teren neerodat.

Simularea s-a realizat în două etape: una corespunzătoare ipotezei că profilul de sol nu se modifică sub influența eroziunii (simulare statică) și cealaltă în ipoteza că profilul de sol se erodează

progresiv (simulare dinamică). Raportul dintre mediile ponderate ale producțiilor vegetale obținute în cele două situații este chiar indicele eroziune / productivitate.

Programul EPIC dispune de un generator de date climatice care, în baza unor informații cu caracter statistic ce caracterizează zona studiată, este capabil să pună la dispoziția utilizatorului seturi de date climatice simulate, pentru perioade de până la 100 de ani.

Calibrarea modelului EPIC s-a realizat cu ajutorul rezultatelor obținute de I. Ioniță (1985) prin măsurători directe, de lungă durată, la parcelele pentru controlul scurgerilor de la Stațiunea Perieni - Bârlad. De asemenea, s-au utilizat valorile medii pe intervale lungi de timp, ale producțiilor obținute la principalele culturi agricole la Stațiunea Perieni.

Referitor la analiza statistico-matematică a datelor obținute prin simulare se impun următoarele precizări:

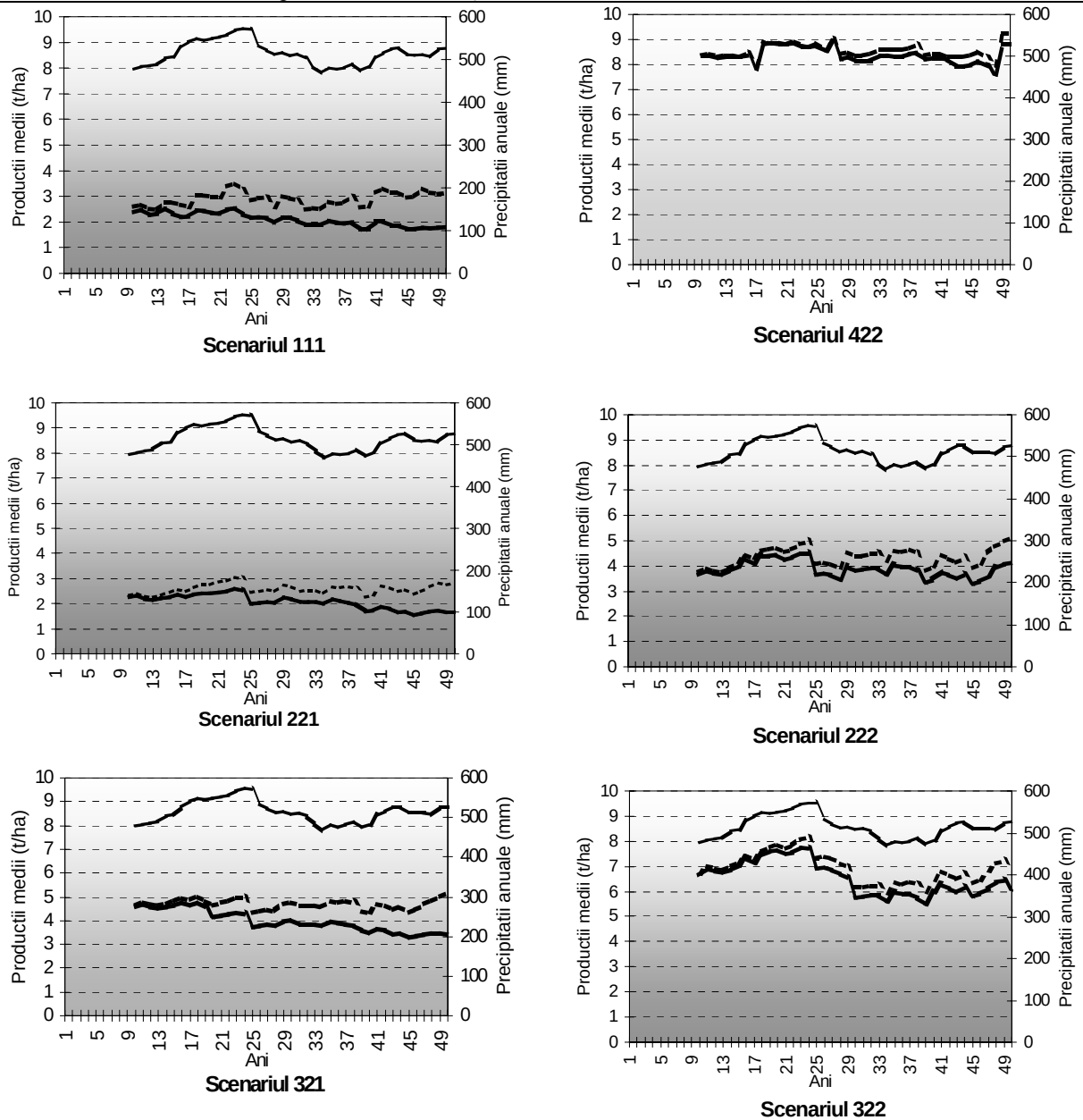
- La toate scenariile s-a utilizat același set de date climatice, generate pentru o perioadă de 50 de ani.
- S-au calculat mediile mobile pe 10 ani precum și mediile pe decade ale intervalului de 50 de ani, pentru precipitațiile anuale și producțiile agricole.

- S-a ales intervalul de 10 ani la calculul mediei mobile întrucât acesta este acoperitor pentru toate rotațiile de culturi analizate.

- Pierderile de producție datorate procesului de eroziune au fost calculate pentru fiecare cultură în parte (în t/ha și în procente din producțiile obținute pe teren cu solul neerodat).

### 3. Rezultate obținute.

Figura 1 sintetizează rezultatele simulării cu EPIC în câteva situații distincte. Astfel, *scenariul 111* (porumb 75%, grâu 25%, lucrări agricole pe direcția deal-vale, nefertilizat) este în mod vizibil cel mai dezavantajos dintre toate. Protecția solului împotriva eroziunii este extrem de redusă, așa încât eroziunea medie multianuală ajunge la valoarea de 14,22 t/ha/an. Faptul că în trei ani din patru se cultivă numai porumb, fără nici un fel de fertilizare, conduce la obținerea unor producții vegetale scăzute (3,24 t/ha la porumb și 1,70 t/ha la grâu pentru simularea statică). Simularea dinamică arată că, după 50 de ani, pe solurile cultivate conform scenariului 111, eroziunea va diminua producțiile vegetale medii până la valoarea de 2,37 t/ha la porumb și 1,31 t/ha la grâu. Se poate ușor sesiza că acest scenariu prezintă cel mai mare decalaj între producția medie totală, obținută pe solul neerodat comparativ cu cea de pe solul erodat. Curbele trasate cu linie întreruptă reprezintă valorile medii mobile pe zece ani ale producțiilor **totale**. Insistăm asupra acestei precizări pentru a lămurii de ce, în scenariul 111, unde



#### LEGENDA

- Precipitații (mm), medii mobile pe 10 ani
- ..... Producții totale (t/ha) pe sol neerodat, medii mobile pe 10 ani
- Producții totale (t/ha) pe sol erodat, medii mobile pe 10 ani

Figura 1. Variația producțiilor agricole totale, simulate cu EPIC pe un interval de 50 de ani, din bazinul superior și mijlociu al văii Țarinei

porumbul are ponderea de 75% și grâul 25%, producția totală este mai mare decât cea corespunzătoare scenariului 221 (porumb 50% și grâu 50%, culturi în fâșii, nefertilizat) deși atât porumbul cât și grâul au producții mai mici în primul caz.

Scenariului 221 nu îmbunătățește semnificativ nivelul producțiilor de porumb și grâu dar are avantajul că reduce pierderile de sol până la 1,47 t/ha/an prin efectul antierozional al sistemului de culturi în fâșii.

Scenariul 222, comparativ cu scenariul 221, arată o creștere aproape dublă a producțiilor vegetale atunci când se aplică o fertilizare medie. După 50 de ani, eroziunea solului (de 1,15 t/ha/an) va reduce producția vegetală cu 25%.

Scenariile 321 și 322 prezintă creșteri relativ mici (cca. 4%) ale producțiilor de porumb și grâu, față de scenariile 221 și 222 însă, pe termen lung, pierderile medii de producție sunt cu aproximativ 11% mai mici la rotațiile triennale de culturi.

Scenariul 432 este cel mai performant dintre toate scenariile studiate în sensul că asigură producții medii ridicate la aproape toate culturile (6,08 t/ha la porumb; 0,99 t/ha la fasole; 4,27 t/ha la grâu și 19,94 t/ha la lucernă) într-o zonă relativ secetoasă, fără aplicarea de irigații. De asemenea, eroziunea medie multianuală se reduce la 1,03 t/ha iar pierderile de producție vegetale la sfârșitul intervalului de 50 de ani sunt de numai 3,34%. Acest scenariu asigură deci, producții agricole ridicate, concomitent cu o protecție bună împotriva eroziunii solului.

#### 4. Concluzii

Modelul EPIC poate fi utilizat cu succes pentru simularea unor procese fizico-chimice care au loc în sol și la suprafața solului, sub influența eroziunii. Modelul simulează efectele eroziunii solului în scopul evaluării pagubelor produse de aceasta precum și a beneficiilor realizate prin aplicarea măsurilor antierozionale.

În bazinul văii Țarinei - Colinele Tutovei, pentru un interval de simulare de 50 de ani, scenariul 111 s-a dovedit a fi cel mai defavorabil din punctul de vedere al evoluției productivității solului sub influența eroziunii iar la polul opus s-a situat scenariul 432

#### 5. Bibliografie

- [1] Ioniță I., Ouatu O., *Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei*, 1985, Cerc. Agr. în Moldova, vol. 3, Iași.
- [2] 2. Moțoc M. și colab., *Eroziunea solului și metode de combatere* 1975, Editura Ceres, București.
3. Popa N., *Analiza sensibilității unui model de prognoză a eroziunii solului pentru condițiile naturale din Podișul Bârladului*, 1997, "Lucrări Științifice" Univ. Agron. și de Med. Vet. "Ion Ionescu de la Brad", Iași.
4. Popescu N., *Riscul hidrologic și erozional în b.h.Valea Seacă, Jud. Vaslui*, 1998, Lucrările INMH București.
5. Williams J.R., Renard K.J., *Assessment of Soil Erosion and Crop Productivity with Process Models (EPIC)*, 1985, ASA, CSSA, SSSA.

#### Rezumat

În ultima vreme, în țările dezvoltate economic, estimarea riscului privind eroziunea solului se realizează tot mai des cu ajutorul unor modele performante de prognoză care au la bază o analiză de proces.

Unul dintre cele mai utilizate modele de simulare este **Erosion - Productivity Impact Calculator** - EPIC (Model de calcul al impactului eroziune - productivitate), elaborat în SUA.

Testarea modelului pentru condițiile naturale din Podișul Bârladului s-a realizat în baza rezultatelor experimentale obținute la Stațiunea Perieni - Bârlad pe parcursul mai multor ani. De asemenea, cu ajutorul modelului s-au efectuat mai multe prognoze pe termen lung asupra evoluției productivității solului din unele bazine hidrografice mici. În lucrarea de față se prezintă rezultatele simulării cu EPIC obținute în bazinul superior și mijlociu al văii Țarinei - Colinele Tutovei, pe un teren arabil cu suprafața de 538 ha.

Analiza s-a efectuat pe șapte scenarii de simulare ce prezintă relevanța cea mai mare pentru practica agricolă. Se remarcă o diferențiere clară privind efectul pe termen lung al eroziunii asupra producțiilor agricole în funcție de structura culturilor, fertilizare și tipul lucrărilor antierozionale.

## Soluții pentru controlul integrat al apelor de suprafață și subterane în vederea stabilizării unui versant alunecător. Studiu de caz

C. PRIOTEASA

*S.C. Institutul de Studii și Proiectări pentru Îmbunătățiri Funciare S.A., Filiala Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** Alternate solutions are presented and analyzed from a technical and economical point of view for regularization of surface and underground waters in the frame of a complex hydrotechnical scheme, in order to stabilize the left slope of Siret river valley, in the area of the storage for water supply of Pașcani city, Iași county.

**Keywords:** surface waters, underground waters, stabilize, slope stabilization, water supply

### 1. Cauzele declanșării alunecării

În raport cu lungimea versantului și cu situația lui fizico – dinamică, alunecarea de teren Blăgești - Pașcani, județul Iași, ocupă o suprafață relativ restrânsă (circa 13 ha). Din observațiile directe s-a constatat că alunecarea actuală s-a declanșat pe fondul unor alunecări mai vechi, în principal ca urmare a ploilor abundente din luna iunie 1998 (88,5 mm).

Alunecarea este de tip deplasiv, desprinderea realizându-se în trepte ce au avansat gradual dinspre baza versantului spre partea lui superioară. Procesul de alunecare era evolutiv, însă cu viteză redusă de deplasare.

Cauzele declanșării alunecării de teren au fost preponderent naturale, și anume:

- energia mare de relief a versantului (circa 100 m) și panta pronunțată (87% din suprafață are pantă de peste 10%);
- prezența unor deluvii cu grosimi considerabile;
- existența în cuprinsul straterelor argiloase, a unor orizonturi nisipoase purtătoare de apă (puse în evidență de izvoarele ce apar la baza acestora);
- extinderea mare în plan a zonei de platou ce mărginește versantul, ceea ce face posibilă alimentarea cu apă, prin infiltrare, a straterelor nisipoase.

Cauzelor naturale li se adaugă și unele de natură antropică (excavații la baza versantului, ISSN-12223-7221

absența vegetației de fixare și a lucrărilor de dirijare a apelor meteorice în zona alunecărilor vechi, etc.).

### 2. Soluții analizate

Pentru stabilizarea versantului și redarea în circuitul economic a terenului, în funcție de condițiile naturale, de intensitatea proceselor de degradare a solului și de cerințele de protecție a malului stâng al râului Siret în zona frontului de alunecare, s-au analizat mai multe variante de scheme de amenajare și soluții constructive pe genuri de lucrări, aceasta deoarece specificul lucrărilor, scopul acestora și suprafața relativ mică de amenajat nu a permis analiza tehnico – economică a două sau mai multe variante globale de echipare cu lucrări.

Schema generală de amenajare propusă a rezultat din compunerea variantelor și soluțiilor constructive optime tehnico – economic.

Pentru interceptația, colectarea și evacuarea apelor de suprafață în vederea evitării infiltrării lor spre patul de alunecare și a înmuierii versantului în zona de ruptură, au fost analizate două soluții:

- **Soluția 1** prevede preluarea apelor de suprafață din partea superioară a versantului (amonte de desprinderile și alunecările de teren produse) și conducerea direct în emisar (râul Siret), traversând suprafața alunecată, prin intermediul unei rețele de canale deschise cu lungime totală de 1,95 km.

© 2000 Ovidius University Press

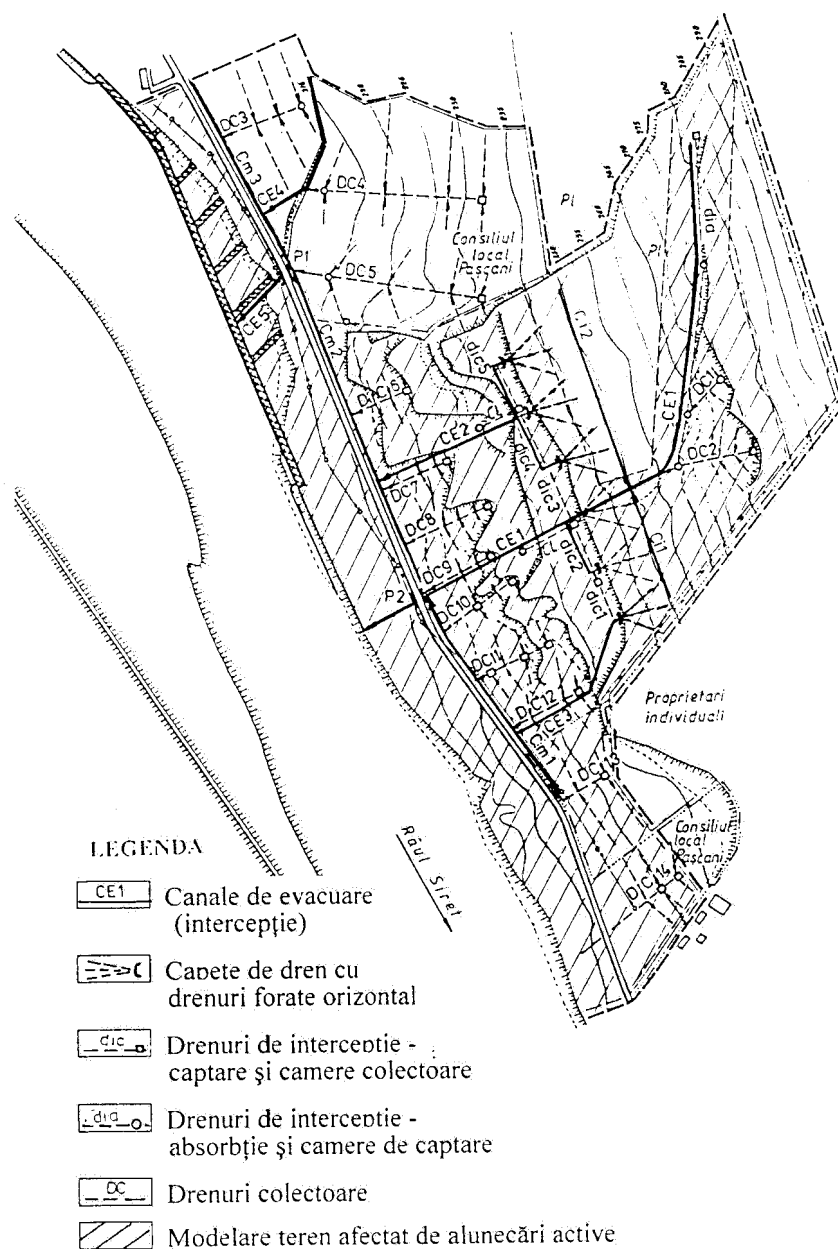


Fig.1 - Lucrări de intercepție, colectare și evacuare a apelor de suprafață și subterane – Soluția 1

- **Soluția 2** prevede preluarea apelor de suprafață din partea superioară a versantului (cu alunecări de mai mică amploare) și dirijarea lor în afara suprafeței alunecate, printr-o rețea de canale deschise cu lungime totală de 1,8 km;

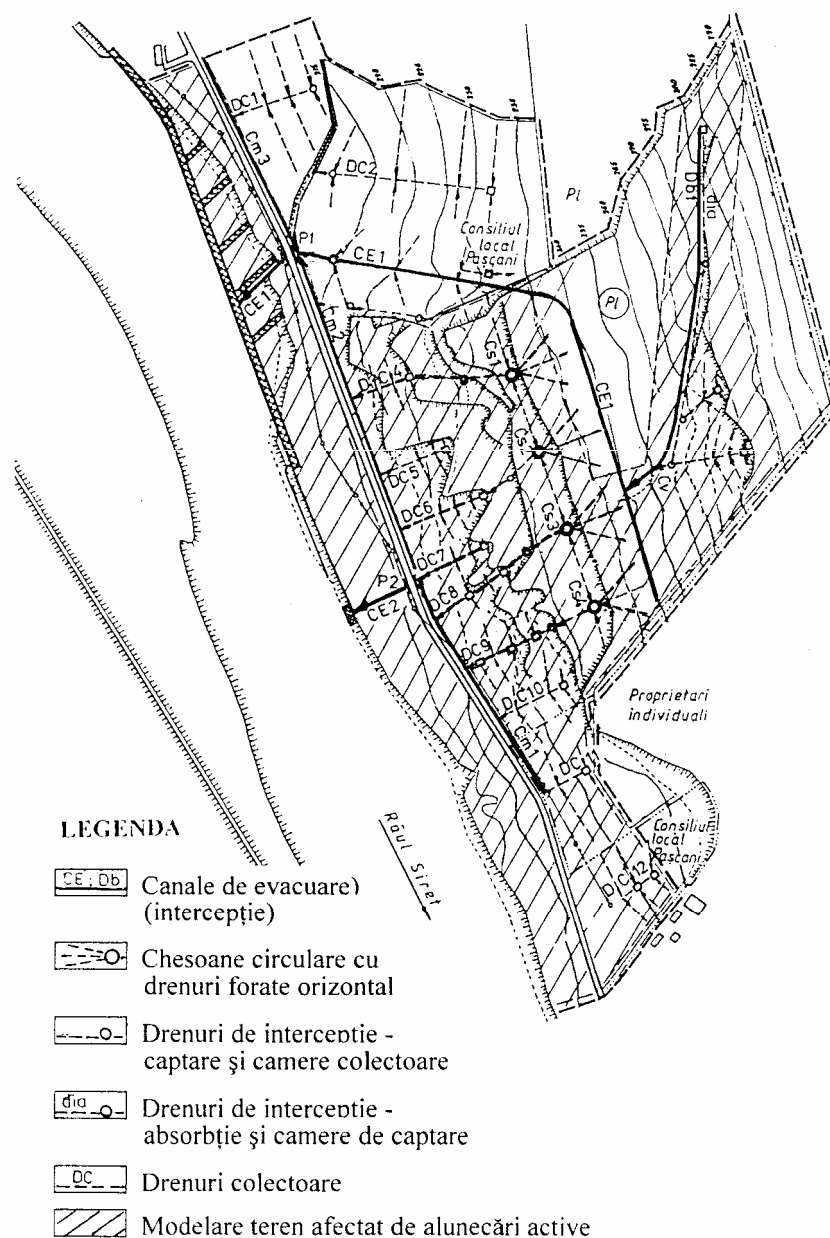


Fig. 2 – Lucrări de interceptie, colectare și evacuare a apelor de suprafață și subterane – Soluția 2

În ambele soluții lucrările au fost completate cu modelarea terenului.

Pentru interceptia, colectarea și evacuarea apelor subterane provenite din fronturile freatice care alimentează alunecarea și care reprezintă principala cauză de declanșare a acesteia, în vederea reducerii greutateii masivului alunecător, a reducerii sau scoaterii de sub presiune a lentilelor permeabile din zona depozitelor de pantă, a reducerii sau dispariției procesului de descreștere a coeziunii și a unghiului de frecare interioară a pământului și pentru evitarea infiltrării apei la nivelul suprafeței de alunecare au fost analizate două soluții constructive:

- Soluția 1 prevede realizarea a șase capete de dren din care se forează radial, cu lungimi de 25 – 30 m, pe două nivele;

- Soluția 2 prevede realizarea a patru chesoane circulare cu  $D_n = 3,0$  m și  $H = 6,0$  m din care se realizează forajele radiale cu lungimi de 25–30 m, pe două nivele.

În ambele soluții, au fost prevăzute lucrări de drenaj și captări de izvoare.

Analizând comparativ, pe genuri de lucrări, soluțiile prezentate, s-a adoptat următoarea schemă generală de amenajare:

- lucrările de interceptie, colectare și evacuare a apelor de suprafață propuse în soluția 2, care permit colectarea apelor și conducerea ei spre emisar, evitând alunecarea propriu zisă, completate cu modelarea terenului;

- lucrările de interceptie, colectare și evacuare a apelor subterane propuse în soluția 2, formate din drenuri forate radial din patru chesoane circulare,

care joacă și rol de camere colectoare pentru drenurile de interceptie – captare amplasate la baza rupturii principale, completate cu drenarea suprafețelor cu exces de umiditate și captarea izvoarelor de la baza versantului prin camere de captare și drenuri de interceptie – absorbție.

### 3. Concluzii

În urma analizei comparative a soluțiilor prezentate se poate concluziona:

1. Interceptia scurgerilor de suprafața amonte de zona de desprindere și evitarea conducerii către emisar prin zona alunecată, deși implică costuri mai mari, se justifică tehnic în primul rând datorită riscului ravenării canalului de evacuare executat pe linia de cea mai mare pantă (Soluția 1) cu efecte asupra colmatării lacului de priză.

2. Chesoanele circulare se justifică atât tehnic cât și economic, comparativ cu capetele de dren prin:

- înlocuirea atât a capetelor de dren (costisitoare din cauza condițiilor locale de realizare) cât și a căminelor colectoare de pe drenurile de interceptie – captare;

- îndeplinirea rolului de sprijin pentru versant prin încastrarea în stratul de argilă, sub patul de alunecare;

- ușurința în execuție (datorită condițiilor orografice) și în exploatare.

## Gradul, ritmul mediu anual și modul de colmatare al acumulării "Cuibul Vulturilor" din b.h. Tutova

Gheorghe PURNAVEL,

Gabriel PETROVICI

*Stațiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni-Bârlad, 6400, România*

**Abstract** This paper deals with sedimentation process of Cuibul Vulturilor reservoir located in Eastern Romania regarding:

- level and ratio of sedimentation, on normal level of retention;
- depth of sedimentation along the longitudinal section of lake, and the differences of the sedimentation depth on some cross sections who was located in characteristic zone to describe sedimentation process.

**Keywords:** Hydrology, colmation, sedimentation ratio.

### 1. Introducere

Acumularea *Cuibul Vulturilor* se înscrie în cadrul acumulărilor din zonele colinare, care constituie genul de lucrări hidrotehnice cu un rol complex (regularizarea scurgerilor și atenuarea viiturilor, alimentare cu apă, irigații, piscicultură, agrement) în activitatea economică și socială a lor.

Colmatarea acumulărilor din aceste zone, ca fenomen ce nu poate fi stopat ci doar diminuat, are consecințe negative care perturbă exploatarea normală a acestora prin: reducerea volumului util; blocarea intrărilor prizelor și golirilor de către sedimentele depuse în apropierea barajului; deformări ale albiei în aval de acumulare.; alterarea calității apei din acumulare.

Acumularea *Cuibul Vulturilor*, amplasată în bazinul inferior al râului Tutova la 34,5 km de la izvor, asigură o parte din necesarul de apă pentru populația municipiului Bârlad. Este realizată de un baraj de pământ (17 m. înălțime și 843 m. lungime la coronament) cu călugăr deversor situat în zona centrală și descărcător lateral de ape mari spre malul drept, și a intrat în exploatare în anul 1978, având următoarele caracteristici (la N.N.R) prevăzute prin proiectare: volumul de apă util - 9.500.000 m<sup>3</sup>; volumul mort-300.000 m<sup>3</sup>; rata anuală de colmatare – 10.000 m<sup>3</sup>.

La data acceptării investiției pentru acumulare, cu ajutorul datelor hidrologice de sinteză oferite de Institutul de Meteorologie și Hidrologie, Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Gospodărirea Apelor – București a întocmit un studiu privind colmatarea acestei acumulări care relevă următoarele (în secțiunea de intrare pe râul Tutova): debitul lichid mediu multianual de 0,86 mc./s; debitul solid mediu multianual de 0,6 kg/s; aportul mediu multianual de material solid de 19.000 to/an corespunzător unei norme specifice de 0,28 t/ha. și an; două zone de depuneri la cca. 3–5 km respectiv 7–9 km de baraj care după 50 de ani pot atinge grosimea medie de până la 1,0-1,5 m și un volum de cca. 1.000.000 m<sup>3</sup>., din care circa 50 % în zona de lac sub NNR (a volumului util). Cota de 300.000 m<sup>3</sup>. rezervată ca volum de colmatare rezultă a fi colmatată în 30 de ani de exploatare.

### 2. Metoda de cercetare

Gradul și ritmul mediu anual de colmatare al acestei acumulări, la NNR (nivelul normal de

retenție - nivelul mediu de exploatare cvasipermanent) a fost determinat prin măsurători batimetrice și nivelitice pe un număr de 11 profile transversale în anul 1992, refăcute după 4 și respectiv 3 (7) ani (doar câteva profile transversale în zone considerate caracteristice pentru descrierea fenomenului de colmatare). Pentru efectuarea măsurătorilor și refacerea acestora la diferite intervale de timp (3 - 4 ani) s-au materializat profile transversale, care acoperă întreaga suprafață a luciului de apă cvasipermanent, amplasate la distanțe de 300-500 m între ele (fig. nr.1) bornând acumularea pe ambele maluri. În lungul acestora s-au efectuat măsurători batimetrice din 30 în 30 metri (materializați cu ajutorul unui cablu cu flotori fixați la aceste distanțe) de pe o platformă plutitoare acționată mecanic, continuate cu măsurători nivelitice pe ambele maluri până la nivelul asigurării de calcul de 1‰. Primele măsurători au fost efectuate în anul 1992, și reluate în anii 1996 și 1999.

### 3. Rezultate obținute

Utilizând datele obținute în urma măsurătorilor executate s-au calculat volumele actuale de apă și refăcut curbele caracteristice ale acumulării, determinând grosimea și modul de distribuție al aluviunilor în acumulare.

Prelucrarea datelor culese în anul 1992 au permis refacerea curbei capacității acumulării (fig. nr.2.), stabilind gradul de colmatare a acumulării și s-a estimat ritmul mediu anual de colmatare; volumul de apă la N.N.R a fost de 6.400.000 m<sup>3</sup> iar volumul colmatat de 3.100.000 m<sup>3</sup>. Situație în care gradul de colmatare după 14 ani de exploatare este de 32,6 % iar rata anuală de colmatare care revine acumulării este de 0,29 mil. m<sup>3</sup>. practic 1,8 % din volumul de apă util inițial la NNR. Profilul longitudinal prin acumulare evidențiază modul de colmatare în lungul acesteia (fig. nr.3.), observând faptul că grosimea aluviunilor este mai mare în zona lucrării de barare 1,9 - 2,1 m și scade progresiv spre coada acumulării ajungând la valori de 0,2 - 0,4 m.

Refacerea profilelor batimetrice și nivelitice din anul 1992, pe aceleași aliniamente, în anii 1996 și 1999 a permis, prin compararea lor, să se diferențieze grosimea aluviunilor depuse în diferite zone ale

acumulării. Profilele inițiale (pentru anul 1978) au fost realizate cu ajutorul planurilor topografice 1:5000. S-au analizat comparativ două profile (fig. nr.4.) considerate caracteristice în descrierea fenomenului de colmatare, analiză care evidențiază grosimea și modul de distribuție al aluviunilor depuse:

**Profilul P<sub>1</sub>** situat în zona de influență laterală directă a microbazinului Cârjăoani (o ravenă de fir de vale ca formă predominantă de eroziune);

- în 14 ani de la intrarea în funcțiune, în anul 1992, depunerile au o distribuție neuniformă în lungul profilului cu grosimi de 2,5 m spre malul stâng, de 1,8 m în zona centrală și de 3,5 m spre malul drept. cu o rată medie anuală de depunere de 0,16 – 0,13 – 0,25m.; în patru ani, perioada 1992 - 1996, acestea au o distribuție relativ uniformă în lungul profilului cu grosimi de 0,4 m spre malul stâng, de 0,3 m în zona centrală și de 0,6 m spre malul drept. Pe malul stâng se întâlnesc valori tot relativ mari datorită apariției unei ravene de versant la topirea bruscă a zăpezii din primăvara anului 1996. Rata medie anuală de depunere a fost de 0,10 – 0,08 - 0,15 m.;

- în trei ani, perioada 1996 - 1999, depunerile au o neuniformitate accentuată întâlnind grosimi de 0,1 m spre malul stâng, de 0,2 m în zona centrală și de 0,7 m în zona malului drept, revenind o rată medie anuală de 0,03 - 0,06 – 0,23 m.

**Profilul P<sub>4</sub>** situat într-o zonă fără influență laterală directă a microbazinelor ci doar a versanților adiacenți.

- în 14 ani de la intrarea în funcțiune, în anul 1992,

- depunerile au o distribuție relativ uniformă în lungul profilului cu grosimi de 1,2 m spre malul stâng, de 1,4 m în zona centrală și de 1,5 m spre malul drept. cu o rată medie anuală de depunere de 0,09 – 0,10 – 0,11m.

- în patru ani, perioada 1992 - 1996, aluviunile depuse au o distribuție uniformă, crescătoare spre centrul profilului și cu efecte de afuiere a aluviunilor dinspre maluri (efect al încărcării mai puțin puternice a scurgerilor provenite de pe versanții direct adiacenți), grosimea lor este de 0,13 m spre malul stâng, de 0,16 m în zona centrală și de 0,12 m spre malul drept, rata medie anuală de depunere realizată fiind de 0,03 – 0,04 – 0,03 m.

- în trei ani, perioada 1996 - 1999, depunerile păstrează distribuția uniformă crescătoare spre centrul profilului și cu efecte de afuiere a aluviunilor dinspre maluri, întâlnind grosimi de 0,1 m spre malul stâng, de 0,2 m în zona centrală și de 0,1 m în zona

malului drept, revenind o rată medie anuală de 0,03 - 0,06 - 0,03 m.

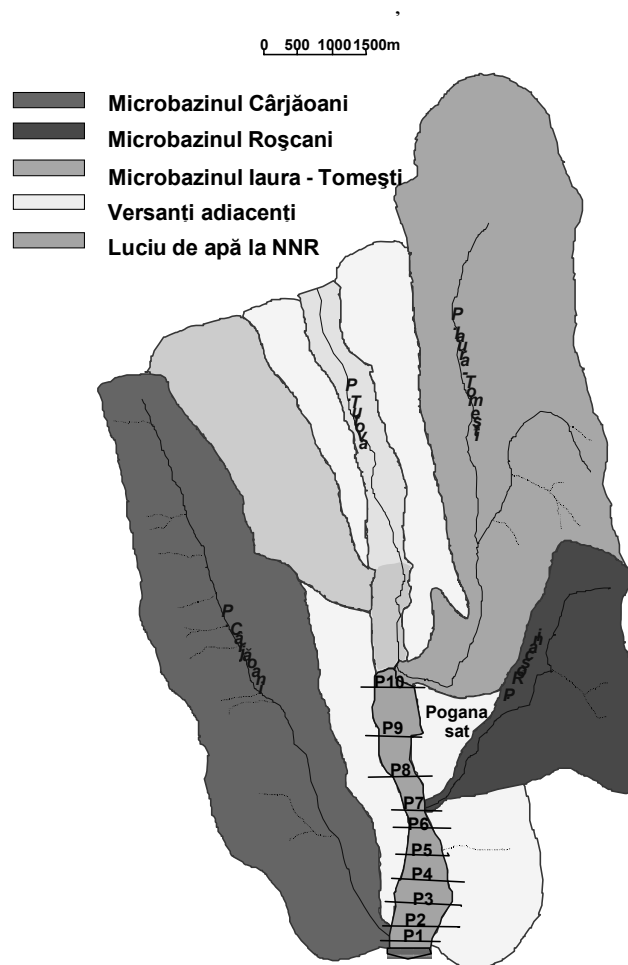


Fig. 1. Acumularea Cuibul Vulturilor, zona de influență excesivă

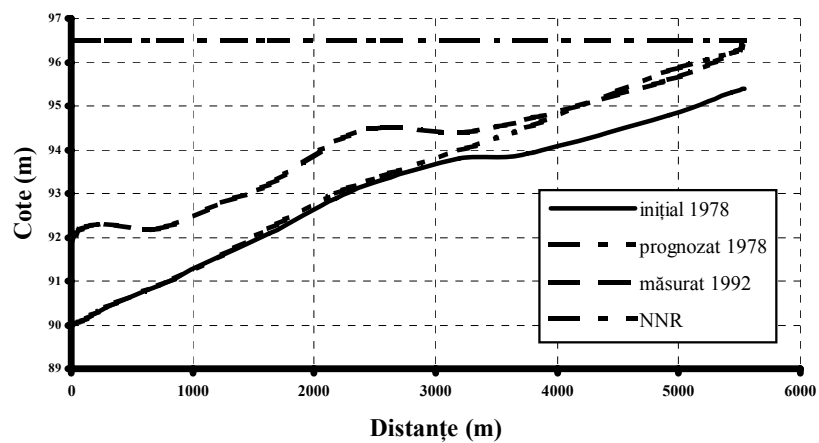


Fig. 2. Profil longitudinal Acumularea "Cuibul Vulturilor"

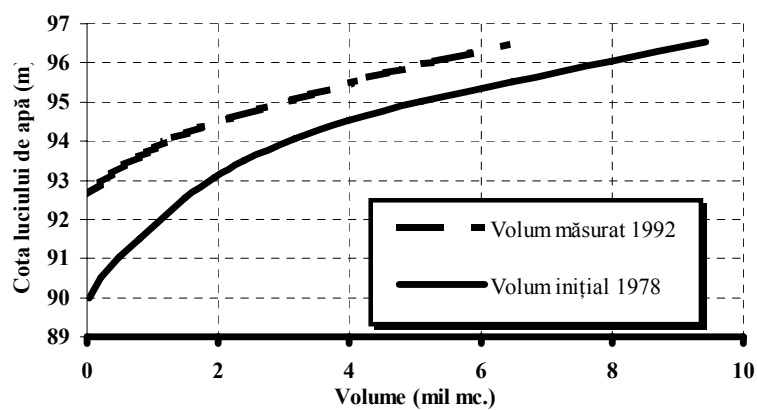


Fig. 3. Curbele capacității acumulării "Cuibul Vulturilor" (la nivelul normal de retenție)

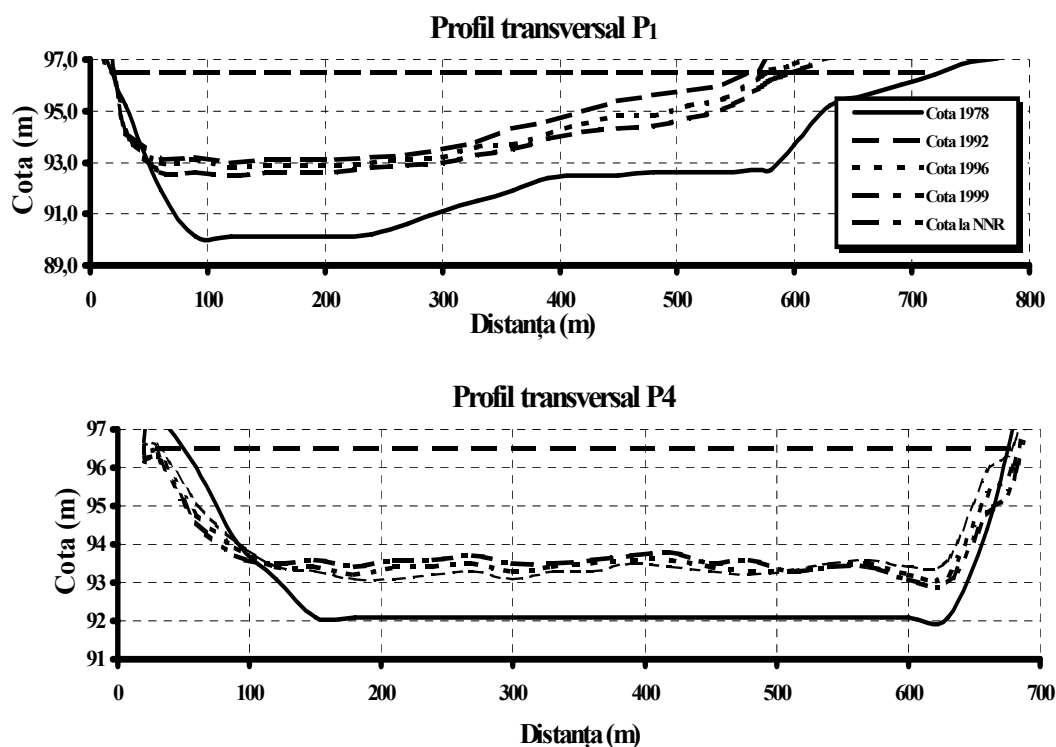


Fig. 4 Profile transversale caracteristice, acumularea "Cuibul Vulturilor"

#### 4. Concluzii

- În 1992, volumul util al acumulării Cuibul Vulturilor era de 6.400.000 m<sup>3</sup> față de 9.500.000 m<sup>3</sup> volum util inițial prognozat în anul 1978;
- Volumul colmatat la nivelul aceluiași an era de 3.100.000 m<sup>3</sup> față de 140.000 m<sup>3</sup> cât prevedea studiul efectuat de I. C. P. G. A. – în anul 1978;
- Acumularea "**Cuibul Vulturilor**" este colmatată în 14 ani, în procent de 32,63 % realizând un ritm mediu anual de colmatare de 2,33 %;
- Rata anuală de colmatare este de 221.430 m<sup>3</sup> față de 10.000 m<sup>3</sup> prognozată prin studiul efectuat de ICPGA în anul 1997;
- Grosimea aluviunilor depuse în lungul acumulării este mai mare în zona lucrării de barare (1,9 - 2,1 m), scăzând spre coada acumulării (0,9 – 1,2 m în zona de mijloc și 0,20 – 0,40 m în coadă).

• Se observă o diferențiere a ritmului de depunere a aluviunilor; în zona de intrare directă în acumulare a microbazinelor acesta este de 4 - 5 ori mai mare față de zona de influență a versanților direct adiacenți luciului de apă.

#### 5. Bibliografie

- [1]. \*\*\*, *Studiul colmatării lacului de acumulare Cuibul Vulturilor pe râul Tutova*, 1978, ICPGA Contract nr.2107/2.
- [2]. Giurma Ion, *Colmatarea lacurilor de acumulare*, 1997, Edit. HGA, Buc.
- [3]. Purnavel Gh., Hurjui C., Ioniță I., Filiche E. și Petrovici G., *Impactul scurgerilor lichide și solide asupra sedimentării și calității apei acumulării Cuibul Vulturilor din b.h. Tutova ( Colinele Tutovei)*

1997, Sesiunea de Comunicări Științifice, Universitatea Agronomică, Iași.

[4]. Purnavel Gh., *"Cercetări privind efectul lucrărilor de amenajare a formațiunilor torențiale, aflate în zona de influență excesivă a lacurilor de*

*acumulare, asupra procesului de colmatare a acestora; cu referire la Podișul Central Moldovenesc"*, 1999, teza de doct., Univ. Th. "Gh. Asachi", Iași

## Poluarea solurilor în serele din Arad

Gheorghe ROGOBETE, Laura CONSTANTINESCU, Iacob NEMEŞ

*Universitatea "Politehnica" Timişoara, Timişoara, 1900, România*

**Résumé** L'ouvrage est fondé sur l'étude pédologique concernant l'évolution des sols des serres, étude réalisée à cause de la stagnation ou même de la diminution de la production agricole dans quelques fermes.

L'ouvrage présente les observations concernant le cadre naturel, l'enveloppe du sol de la date de fondation des serres et les modifications survenues dans l'enveloppe du sol des serres cultivées en régime surintensif comme une conséquence de la modification des propriétés physiques, hydrophysiques et chimiques des sols.

*Mots clé:* Pedologie, propriétés des sols, serres.

### 1. Condiții naturale

Serele din Arad sunt amplasate în partea nordică a oraşului, la est de drumul național Arad-Oradea și au o suprafață de 76,0 ha. Arealul studiat se găsește într-un sistem de desecare-drenaj, canalul colector găsiindu-se în extremitatea estică a perimetrului sereilor. Spre aceasta este organizată o rețea de drenaj construită în două etape: în prima etapă în fermele 1,2,3,4,5,6 (parțial) au fost executate drenuri de ceramică pozate la 50-70 cm adâncime, iar în etapa a doua s-au executat drenuri cârtita cu pietriș rulat în interior, la celelalte ferme.

Apele freatice sunt cantonate în stratul de pietriș-bolovăniș în bază și în stratul de nisip feruginos având o circulație corespunzătoare și fiind bune pentru irigații.

În condițiile naturale din această zonă și sub o vegetație naturală de silvostepă s-au format cernoziomuri cambice freatic umede gleizate slab.

### 2. Modificările învelișului de sol

În prezent, la peste 35 de ani de la înființarea sereilor și exploatării superintensive a lor, învelișul de sol a suferit modificări esențiale.

Pentru comparație, s-a folosit cartarea pedologică executată în 1960 când s-au înființat serele.

Pentru caracterizarea învelișului de sol s-au executat 12 profile de sol, 4 profile principale și 8 profile secundare. Probele de sol, în structură naturală și modificată, pentru caracterizarea fizică, hidrofizică și chimică a solurilor au fost recoltate din 9 profile (4 principale și 5 de control) (fig. 1).

Datorită cantităților mari de apă aplicate prin irigații, a avut loc o levigare a sărurilor solubile și a argilei spre baza profilelor de sol formându-se orizonturi îmbogățite în argilă. Din datele analitice (tabel 1) se observă creșterea cantității de argilă de la 45 %, în stratul arat la 55,9% în zona de pozare a drenurilor. De asemenea, sărurile solubile ajung la adâncimea de 155 cm la 141,8 %.

Ca urmare a lucrărilor de pozare a drenurilor, de nivelare și exploatare a avut loc o modificare a orizonturilor superioare.

În urma aplicării repetate a turbei + gunoi de grajd, s-a mărit rezerva de humus până la 7-10 %. Pentru neutralizarea reacției acide date de turbă au fost aplicate amendamente calcaroase.

Lucrările repetate ale solului au dus la distrugerea structurii solului. Sub stratul arat, până la adâncimea de pozare a drenurilor, solurile sunt tasate. Astfel, densitatea aparentă crește de la 1,10 g/cm<sup>3</sup> în primul orizont până la 1,34 g/cm<sup>3</sup> deasupra drenurilor și până la 1,51 g/cm<sup>3</sup> la adâncimea de aproximativ 100 cm (tabel 1).

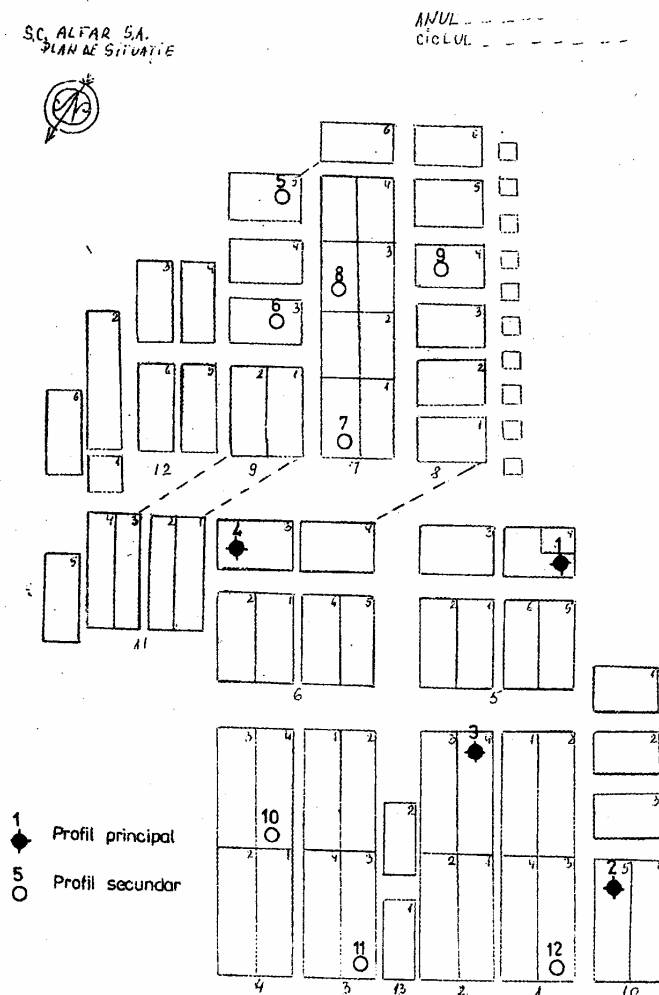


Fig. 1

Orizonturile superioare prezintă doar fragmente de orizonturi molice și argiloiluviale ceea ce a determinat încadrarea lor la protosoluri antropice molice-argiloiluviale.

La înființare, fenomene de salinizare sub 100 cm erau prezente pe areale reduse, iar acum s-au produs salinizări slabe secundare de tip cloruric.

În profilele de sol analizate se observă acumulări de metale grele (Cu, Zn, Co, Cd, Ni)

provenite atât din lucrările fitosanitare efectuate în sere cât și din turbe (tabel 1).

Cantitățile cele mai mari de Cu, Zn, Cd, Ni, se întâlnesc în stratul arat, ele scăzând treptat și ajungând la normal în orizonturile de sub drenuri.

Cadmiul prezintă valori peste normal în primii 60 cm, doar la ferma 10, în stare de alertă găsindu-se la adâncimi mai mari de 100 cm.

Tabelul 1

|                         |       |       |       |        |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Adâncimi                | 0-24  | -48   | -60   | -79    | -103  | -122  | -137  | -155  | -180  | -200  |
| Nisip grosier %         | 6.8   | 4,6   | 1,8   | 1,2    | 0,9   | 0,6   | 0,8   | 0,5   | 0,8   | 1,0   |
| Nisip fin %             | 37.8  | 34.8  | 33.5  | 31.3   | 31.6  | 33.1  | 35.0  | 37.0  | 37.1  | 34.6  |
| Praf %                  | 22.2  | 23.9  | 25.3  | 24.7   | 26.3  | 27.5  | 28.3  | 29.3  | 31.8  | 31.0  |
| Argilă 2 %              | 33.2  | 36.7  | 39.4  | 42.8   | 41.2  | 38.8  | 35.9  | 33.2  | 30.3  | 33.4  |
| Argilă fizică %         | 45.0  | 49.0  | 54.4  | 55.9   | 54.5  | 53.7  | 50.5  | 48.5  | 47.3  | 48.4  |
| D g/cm <sup>3</sup>     | 2.65  | 2.66  | 2.63  | 2.70   | 2.70  | 2.70  |       |       |       |       |
| DA g/cm <sup>3</sup>    | 1.1   | 1.27  | 1.34  | 1.31   | 1.51  | 1.3   |       |       |       |       |
| PT %                    | 58.4  | 32.2  | 50.0  | 51.4   |       |       |       |       |       |       |
| PA %                    | 26.6  | 14.4  | 8.87  | 10.1   |       |       |       |       |       |       |
| GT %                    | -16   | -2.5  | 2.76  | 0.95   |       |       |       |       |       |       |
| CH %                    | 7.4   | 8.04  | 8.74  | 9.41   | 9.18  | 8.25  |       |       |       |       |
| CO %                    | 11.1  | 12.0  | 13.1  | 14.1   |       |       |       |       |       |       |
| CC %                    | 29    | 29.8  | 30.7  | 31.5   |       |       |       |       |       |       |
| CT %                    | 53.2  | 42.1  | 37.3  | 39.3   |       |       |       |       |       |       |
| CU %                    | 17.9  | 17.7  | 17.6  | 17.4   |       |       |       |       |       |       |
| CCD max                 | 24.2  | 6.6   | 6.6   | 7.7    |       |       |       |       |       |       |
| K mm/oră                | 10.2  | 11.4  | 1.7   | 2.0    |       |       |       |       |       |       |
| PH(în H <sub>2</sub> O) | 7.33  | 7.34  | 7.08  | 6.67   | 6.78  | 7.88  | 8.07  | 8.11  | 8.15  | 8.17  |
| CaCO <sub>3</sub> %     | 1.08  | 1.16  |       |        |       | 5.13  | 15.1  | 20.5  | 16.8  | 12.5  |
| Humus %                 | 9.7   | 4.8   | 2.98  |        |       |       |       |       |       |       |
| P total %               | 318   | 313   | 305   | 200    | 212   | -35   | 212   | 38    | 31.4  | 76.4  |
| P mobil %               | 252   | 245   | 109   | 23     | 9.5   | -15.  | 9.6   | 3.2   | 4.9   | 27    |
| Fe ppm                  | 26500 | 39000 | 17800 | 20000  | 16250 | 25000 | 34000 | 27500 | 26250 | 30000 |
| Cu ppm                  | 125   | 87    | 40    | 47.5   | 43.5  | 40    | 35    | 34    | 32.5  | 35    |
| Zn ppm                  | 200   | 175   | 125   | 50     | 97.5  | 82.5  | 80    | 45    | 50    | 50    |
| Co ppm                  | 40    | 45    | 40    | 15     | 15    | 25    | 20    | 15    | 15    | 12.5  |
| Ni ppm                  | 2.5   | 1     | 1.5   | 2.5    | 5     | 6.5   | 5     | 6.5   | 6.5   | 6.5   |
| Pb ppm                  | 65    | 65    | 80    | 20     | 50    | 40    | 50    | 20    | 20    | 10    |
| Cd ppm                  | 10    | 15    | 10    | 25     | 10    | 20    | 10    | 10    | 10    | 25    |
| Cr ppm                  | 675   | 625   | 500   | 550    | 550   | 275   | 550   | 485   | 625   | 700   |
| Mg ppm                  | 50    | 25    | 150   | 50     | 75    | 50    | 35    | 35    | 50    | 35    |
| Săruri solubile %       | 139.2 | 126.6 | 111.4 | 10 1.2 | 103.8 | 108.8 | 106.3 | 141.8 | 106.3 | 103.8 |

#### 4. Concluzii

Ca urmare a exploatării serelor în regim superintensiv, în evoluția solurilor au apărut două tendințe:

a) una benefică, care se manifestă prin creșterea de materie organică, uniformizarea reacției solurilor,

ameliorarea conținutului de  $\text{CaCO}_3$  și uniformizarea reliefului.

b) una malefică, care se manifestă prin înrăutățirea regimului aerohidric în soluri ca urmare a tasărilor, a scăderii porozității totale, a permeabilității, a porozității drenabile, a salinizării slabe și a acumulării în partea superioară a unor metale grele: Cu, Ni, Co, Cd, Zn, Cr.

Pentru combaterea salinizării se recomandă spălări cu doze diferite în funcție de permeabilitatea solurilor, după ce s-au efectuat lucrări de afânare profundă care duc la ameliorarea regimului aerohidric.

Se vor aplica amendamente calcaroase care neutralizează reacția acidă și au rolul de a fixa microelemente în soluri.

Conținutul ridicat de materie organică trebuie menținut.

## 5. Bibliografie

- [1]. Bogdanovici D., Ubavici M., Hadzic V., *Heavy metals in the environment*, 1997, pag 97-150, Novi Sad.
- [2]. Răuță C. și colab., *Starea de calitate a solurilor din S-V României*, 1997, Simpozion Internațional de Cercetări Interdisciplinare, Timișoara.
- [3]. Răuță C., Cârstea S., *Soil pollution preventing and control*, 1983, Ed. Ceres, București.
- [4]. Imreh I., *Geochimie*, 1987, Ed. Dacia, Cluj.
- [5]. Rogobete Gh., Țărău D., *Solurile și ameliorarea lor. Solurile Banatului*, 1997, Ed. Marineasa, Timișoara.

## Studiu de prognoză a evoluției nivelului pânzei freatice în amenajări de irigații

Lucica ROȘU    Iuliana MOISUC    Dumitru Ion ARSENIE    Dan PASCALE

*Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România*

**Abstract** This paper presents one of the analytical models which simulation of the water lost in the prognosis for the evolution of the groundwater level over a ten year period, as a case study. The result of the calculations, obtained by means of an original automated calculus program, PIF, reveal significant values of the rise of the groundwater level as compared to the initial state. The fact is quite important for the operation of irrigation systems, generally, and especially of those where irrigation and drainage coexist, and where it is the role of the drainage to keep the variations of the groundwater level under strict control.

**Keywords:** irrigation, losses, due to infiltration, evolution prognosis.

### 1. Introducere

Pierderile de apă prin infiltrații, provenite din amenajările de irigații, au două consecințe defavorabile: reducerea randamentului sistemului de irigații și ridicarea nivelului apelor subterane sau apariția de noi pânze freatice subterane. Ca efect al ridicării, peste anumite limite, a nivelului pânzei freatice subterane pot apărea fenomene secundare de inundare a subsolurilor și de sărăturare secundară a solurilor.

Din cantitatea de apă pierdută într-o amenajare de irigații, numai o parte se infiltrează în adâncime și ajunge la straturile de bază, o altă parte se pierde prin evaporație și scurgeri la suprafața solului.

Debitul unitar de infiltrație are o distribuție neuniformă atât în spațiu cât și în timpul anului.

Realizarea unui calcul de prognoză asupra evoluției nivelului apei subterane presupune cunoașterea regimului inițial al apei subterane, a factorilor perturbatori ai acestui regim și a proporțiilor pe care le atinge fenomenul de ridicare a nivelului pânzei subterane, în desfășurarea sa în timp.

Distribuția neuniformă a debitului unitar de infiltrație induce un regim nepermanent de curgere în stratul acvifer.

### 2. Calculul infiltrației nepermanente cu debit distribuit

În multe aplicații practice ale teoriei infiltrației nepermanente cu nivel liber, în acvifere de mică adâncime (Fig.1.), pentru care este valabilă ipoteza Dupuit, se pleacă de la ecuația care descrie mișcarea apei în mediu permeabil, ecuația Boussinesq liniarizată. Pentru problema unidimensională plan verticală ecuația, stabilită în ipoteza unui masiv permeabil, semiinfiniț, omogen și izotrop, cu pat impermeabil orizontal are forma:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon}{n_e} \quad (2.1)$$

În ecuația (2.1), semnificația termenilor este următoarea:

$-H$  (m) - sarcina hidrostatică - în acvifere de mică adâncime, unde se pot neglija componentele verticale ale vitezei de infiltrație, deci unde se presupune că liniile echipotențiale sunt linii aproximativ verticale, sarcina hidrostatică este constantă pe verticală și se poate scrie :

$$H(x,t) \cong h(x,t) \quad (2.2)$$

-  $\varepsilon$  (m/zi) - debitul unitar de alimentare a stratului permeabil;

-  $a^2$  (m<sup>2</sup>/s) - difuzivitatea stratului permeabil, care se poate determina cu relația  $a^2 = (K \cdot \tilde{H}) / n_e$  unde:  $K$  (m/zi) - conductivitatea hidraulică a stratului permeabil;  $\tilde{H}$  (m) - media adâncimilor  $h$  în timp și spațiu ( $\tilde{H} \cong h$ );  $n_e$  - porozitatea efectivă - la acviferele cu nivel liber, la care  $K < 10$  m/zi, porozitatea efectivă se poate determina indirect prin relații de tipul Van Beers:  $n_e$  (%) =  $10 \cdot \sqrt{K}$

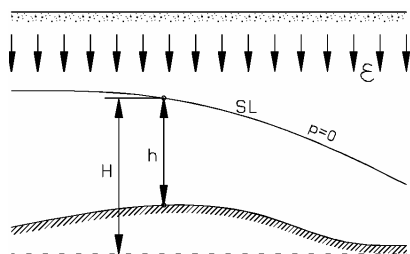


Fig. 1. Schematizarea infiltrației nepermanente în acvifere de mică adâncime

Fiind în prezența unei ecuații liniare, sub beneficiul proprietății acesteia că suma a două sau mai multe soluții este tot o soluție, în rezolvarea analitică a ecuației (2.1) drept condiție de margine se admite o variație a nivelului sub forma unei succesiuni de schimbări. În general, relațiile de calcul nu dau valoarea absolută a nivelului suprafeței libere a apei ci doar valoarea variației nivelului,  $\Delta H(x,t)$ , în raport cu nivelul inițial,  $H_i$ , al suprafeței libere a apei față de stratul impermeabil. Pe baza acestui considerent se admite drept condiție inițială o relație de forma:

$$\text{la momentul } t=0 : H = H_i \text{ și } \Delta H(x,0) = 0 \quad (2.3)$$

Pentru problema infiltrației în regim nepermanent cu debit distribuit (Fig.2.), soluția ecuației Boussinesq (2.1), a fost dată de Polubarinova - Kocina [1] în cazul masivului permeabil semiinfințit (a) și a celui infinit (b), prin aproximarea variației în timp a debitelor distribuite  $\varepsilon(t)$  astfel:

$$\varepsilon = \sum_0^p \varepsilon_p \sigma_0(t - t_p) \quad (2.4)$$

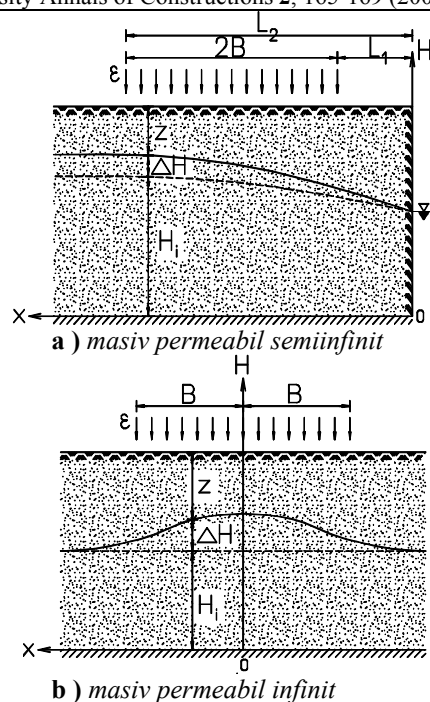


Fig.2. Schema de calcul pentru infiltrații distribuite în regim nepermanent

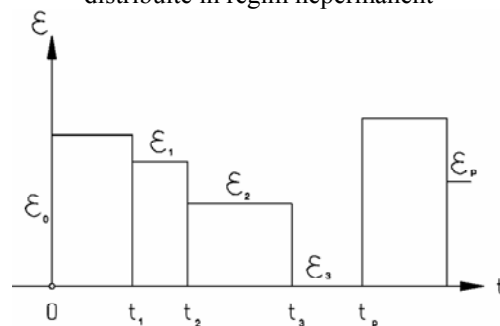


Fig.3. Schema variației în timp a debitelor distribuite ca infiltrație liberă

În relația (2.4),  $\sigma_0$  este funcția treaptă unitară Heaviside;  $t$  este momentul de calcul;  $t_p$  este un moment diferit de  $t$ , când debitul de alimentare are valoarea  $\varepsilon_p$  (Fig.3). Funcția Heaviside implică existența următoarelor relații:

- pentru  $t_p < t$ :  $\sigma_0(t - t_p) = 1$
- pentru  $t_p > t$ :  $\sigma_0(t - t_p) = 0$  (2.5)

Soluțiile analitice pentru calculul variației trepte de variație a debitelor distribuite,  $\varepsilon_p$ , au nivelului suprafeței libere a apei,  $\Delta H(x,t)$ , în cazul următoarea formă:  
unei singure fâșii cu debit distribuit și al unei singure

- pentru masiv infinit (Fig.2.a):

$$\Delta H(x,t) = 2 \frac{\varepsilon_p(t-t_p)}{n_e} \left[ i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x-B}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) - i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x+B}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) \right] \quad (2.6)$$

- pentru masiv semiinfinit (Fig.2.b):

$$\Delta H(x,t) = 2 \frac{\varepsilon_p(t-t_p)}{n_e} \left[ i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x-L_2}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) - i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x+L_2}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) - i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x-L_1}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) + i^2 \operatorname{erfc} \left( \frac{x+L_1}{2a\sqrt{t-t_p}} \right) \right] \quad (2.7)$$

În relațiile de mai sus intervin funcțiile,  $i \operatorname{erfc}$  și  $i^2 \operatorname{erfc}$  (reprezentate în diagrama din Fig.4.):

$$i \operatorname{erfc}(-z) = i \operatorname{erfc}(z) \text{ și}$$

$$i \operatorname{erfc}(z) = \frac{2}{\pi} \int_z^\infty \int_z^\infty e^{-z^2} dz, \text{ cu proprietățile:}$$

$$i^2 \operatorname{erfc}(-z) = 0,5 - i^2 \operatorname{erfc}(z) \quad (2.8)$$

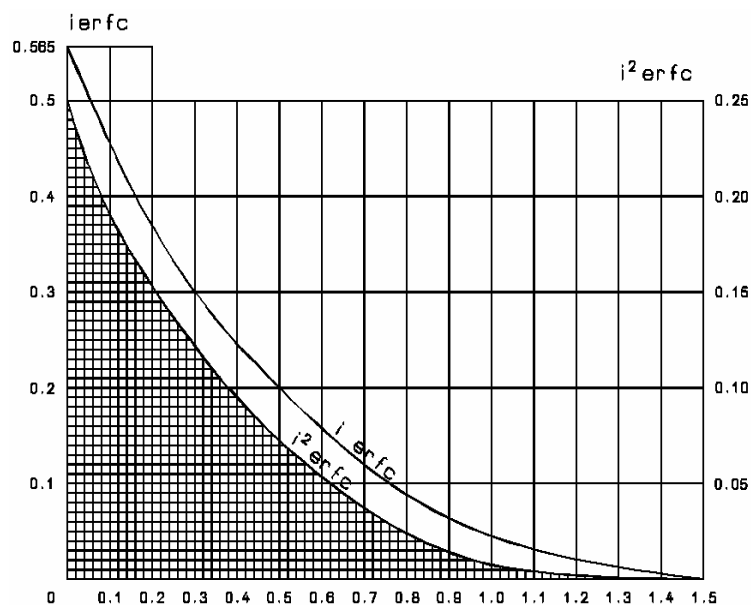


Fig.4. Diagrama de calcul a funcțiilor  $i \operatorname{erfc}$  și  $i^2 \operatorname{erfc}$

Semnificația termenilor din relațiile (2.6) și (2.7) este următoarea:  $2B$  - lățimea fâșiei irigate;  $L_1$  și  $L_2$  - distanțele de la originea sistemului de axe la limitele fâșiei irigate.

Relațiile (2.6) și (2.7) permit calcul unei prognoze a evoluției nivelului pânzei freatice datorită infiltrației apei care se pierde, în procesul tehnologic de irigație.

#### 4 Aplicație numerică

În studiul de caz s-a considerat o suprafață irigată prin scurgere la suprafață pe brazde din Sistemul de irigații Cobadin. Situația analizată poate fi modelată de cazul masivului permeabil semiinfinite (Fig.2a ).

Debitul unitar de alimentare,  $\varepsilon$ , uniform distribuit în lungul fâșiei irigate dar variabil în cursul sezonului de irigații (Fig. Nr. 3), a fost considerat procentual din valoarea hidromodulului de udare,  $q$ , admitând un randament al sistemului de irigație de 80% (Tabel nr.1)

Cu notațiile din relația (2.7), în amplasamentul fâșiei irigate, datele de calcul au fost următoarele:  $L_1=26\text{m}$ ;  $L_2=620\text{m}$ ;  $H_i=0,20\text{m}$ ;  $K=2\text{m/zi}$ ;  $n_e=0,14$ ;  $a^2=86\text{m}^2/\text{s}$  (pentru praf argilos loessoid, de 6m grosime pe profil și cu argilă prăfoasă în bază). Calculele privind evoluția nivelului pânzei freatice, ca urmare a infiltrației apei provenite din pierderi la udarea în câmp, pe o perioadă de zece ani consecutivi, s-au realizat pe baza unui program de calcul automat, "PIF".

Tabel nr. 1. Distribuția hidromodulului de udare,  $q$  și a debitului unitar de infiltrație,  $\varepsilon$ :

| Nr. crt | Specificație                           | Luna din sezonul de irigație |       |       |       |       |       |
|---------|----------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |                                        | IV                           | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    |
| 1       | $q$ (l/s ha)                           | 0,093                        | 0,43  | 0,29  | 0,587 | 0,491 | 0,071 |
| 2       | $\varepsilon$ ( $10^{-2}\text{m/zi}$ ) | 0,019                        | 0,086 | 0,058 | 0,011 | 0,098 | 0,014 |

Spre exemplificare, în tabelul de mai jos, se prezintă rezultatele obținute cu privire la creșterile de nivel ale pânzei freatice,  $\Delta H(\text{m})$ , în secțiunile de

calcul care limitează fâșia irigată,  $x=26\text{m}$  și  $x=620\text{m}$ , după o perioadă de unul, cinci și respectiv zece ani.

Tabel nr. 2. Creșteri ale nivelului pânzei freatice, în timp, în secțiunile de calcul de la limitele fâșiei irigate.

| Anul de calcul | x (m) | Luna din sezonul de irigații: |      |      |      |      |      |
|----------------|-------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
|                |       | IV                            | V    | VI   | VII  | VIII | IX   |
| 1              | 26    | 0,03                          | 0,17 | 0,29 | 0,47 | 0,63 | 0,67 |
| 5              | 26    | 0,12                          | 0,62 | 1,00 | 1,63 | 2,13 | 2,21 |
| 10             | 26    | 0,29                          | 0,97 | 1,56 | 2,54 | 3,33 | 3,43 |
| 1              | 620   | 0,02                          | 0,11 | 0,17 | 0,28 | 0,36 | 0,38 |
| 5              | 620   | 0,09                          | 0,46 | 0,73 | 1,19 | 1,56 | 1,61 |
| 10             | 620   | 0,16                          | 0,78 | 1,25 | 2,03 | 2,66 | 2,74 |

#### 4. Concluzii

Realizarea unui calcul de prognoză asupra evoluției nivelului apei subterane, ca urmare a pierderilor de apă din amenajările de irigații, este importantă prin faptul că face posibilă cunoașterea proporțiilor pe care le poate atinge fenomenul de ridicare a nivelului pânzei subterane, în desfășurarea sa în timp.

Modelul matematic utilizat (Polubarinova-Kocina) face parte din seria modelelor analitice discrete de simulare a unui sistem linear, ceea ce permite calculul automat. Cu limitele cunoscute ale modelelor analitice, datorate în principal aproximărilor pe care le introduc prin liniarizare, metoda utilizată este expeditivă și oferă o rezolvare practică problemei analizate.

Programul original de calcul, PIF, asociat modelului analitic adoptat, permite un calcul de prognoză pe o perioadă de timp suficient de mare (de ordinul anilor), folosind pași mari de timp în discretizare (de ordinul a mai multor zile).

Rezultatele calculelor oferă posibilitatea unei analize globale asupra regimului apelor subterane sub acțiunea pierderilor de apă prin infiltrații, provenite din amenajările de irigații, ca factori perturbatori ai acestui regim.

În cadrul aplicației practice s-a considerat că debitul unitar de alimentare,  $\varepsilon$ , provine doar din pierderi de la udarea în câmp pe brazde și este uniform distribuit în lungul fâșiei irigate. Valorile din tabel pun în evidență creșteri semnificative ale nivelului pânzei freatice, în raport cu situația inițială.

Faptul este confirmat de realitate, fenomenul excesului de umiditate și a celor asociate acestuia fiind prezente în unele zone din sistemele de irigații puse în funcțiune în urmă cu zece, douăzeci de ani.

## 5. Bibliografie

- [1] Pietraru Vitalie, 1977, *Calculul infiltrațiilor*, Editura CERES, București
- [2] Arsenie Dumitru Ion, 1981, *Hidraulică, Hidrologie, Hidrogeologie*, IIS Constanța
- [3] Blidaru Valeriu, 1976, *Sisteme de irigații și drenaje*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

## Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG) în ceea ce privește indicatorii biologici și bacteriologici

Marius CHERVASE

*Universitatea Tehnică de Construcții din București, București, 7000, România*

**Abstract** In this article the author describes the behavior of some ranges of GAC and the relation with the biological and bacteriological indicators

**Keywords:** coal, activated carbon / charcoal, biological and bacteriological indicators

### 1. Descriere generală a ciclului experimental

S-au utilizat două sorturi de cărbune activ granular, după cum urmează:

NORIT ROW 0.8 SUPRA – filtrul FCAG 1;

CHEMVIRON CARBON Filtrasorb 300 – filtrul FCAG 2.

Punctele principale de recoltare a probelor au fost următoarele: apa brută, apa decantată, apa filtrată (filtru rapid nisip), apa filtrată - FCAG1, apa filtrată - FCAG2, apa dezinfectată.

În cadrul ciclului experimental, debitul de apă tratată pentru treptele de decantare și filtrare a fost  $Q=0.8 \text{ dm}^3/\text{s}$  iar pentru fiecare unitate de filtrare pe CAG a fost  $Q=0.4 \text{ dm}^3/\text{s}$  (viteza de filtrare aparentă  $v_F=20.38 \text{ m/h}$ , timp de contact  $T_c=4.5 \text{ min.}$ , pentru

înălțimea stratului de cărbune  $H_{CAG}=1.50 \text{ m}$ ). Ambele sorturi de cărbune activ utilizate pentru determinările experimentale a fost proaspăt la începutul ciclurilor experimentale.

### 2. Filiera de tratare, reactivii utilizați și rezultate obținute

Pe parcursul ciclului experimental s-a urmărit efectul coagulării avansate asupra reținerii MON. În acest sens s-a adăugat acid sulfuric în amonte de treapta de decantare. Dozele de acid sulfuric au fost stabilite astfel încât pH-ul apei brute să coboare la valori  $\text{pH}_{AB} = 6.5 - 6.7$ .

Tabelul 1. Tipuri și doze de reactivi

| Doza          | Reactiv                 |                              |        |                          |                |      |
|---------------|-------------------------|------------------------------|--------|--------------------------|----------------|------|
|               | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ | AN 945 | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | $\text{NaOCl}$ | KF   |
| minimă (mg/l) | 17.00                   | 25.00                        | 0.10   | 25.00                    | 0.43           | 0.54 |
| medie (mg/l)  | 21.36                   | 70.14                        | 0.16   | 46.03                    | 1.40           | 1.18 |
| maximă (mg/l) | 34.00                   | 180.00                       | 0.20   | 100.00                   | 2.50           | 2.20 |

Deoarece în perioada de desfășurare a testului turbiditatea apei brute a înregistrat valori foarte ridicate, dozele de sulfat de aluminiu și polimer au

fost relativ ridicate (valoare medie doză sulfat  $70 \text{ mg/l}$ , valoare medie doză polimer  $0.16 \text{ mg/l}$ ).

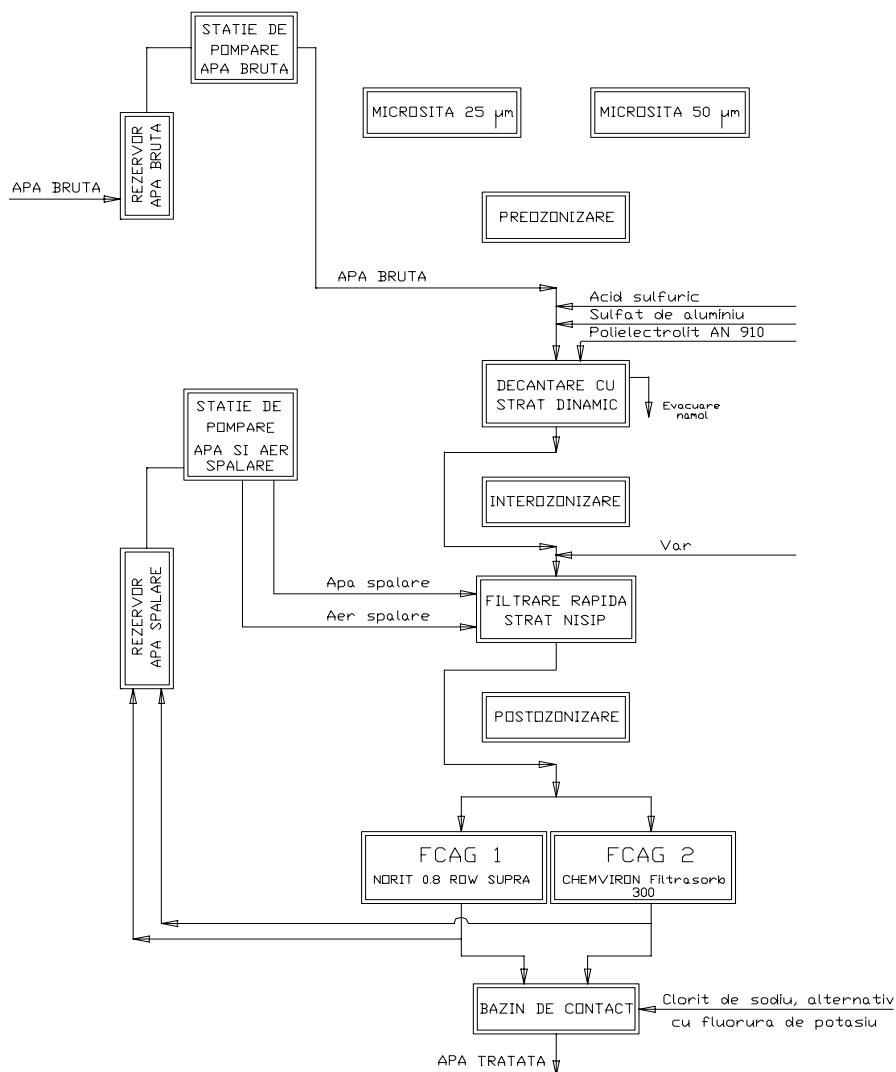


Figura 1. Procesele de tratare și reactivii utilizați

Pentru restabilirea echilibrului calciu-carbonic s-a efectuat o injecție de var (doza medie 46.03 mg/l) în apa decantată.

Dezinfectarea finală s-a efectuat prin utilizarea cloritului de sodiu (doza medie 1.40 mg/l), alternativ cu fluorura de potasiu (doza medie 1.18 mg/l).

Rezultatele obținute pentru parametrii biologici sunt prezentate în tabelul 2 și figura 2, iar pentru

parametrii bacteriologici în tabelul 3 și figurile 3 și 4. Valorile medii înregistrate pentru indicatorii biologici în urma filtrării pe cărbune activ sunt în gama 29.000 – 43.000 unit./dm<sup>3</sup> (reducere ~99% în raport cu apa brută). Se remarcă valorile mai ridicate în cazul utilizării sortului Filtrasorb 300

Tabelul 2. Variația indicatorilor biologici pe trepte de tratare

|               | Indicatori biologici (nr.org. /dm <sup>3</sup> ) |         |                    |                    |
|---------------|--------------------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|
|               | AB                                               | AF      | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> |
| Valori minime | 1 198 000                                        | 132 000 | 18 000             | 26 000             |
| Valori medii  | 2 619 000                                        | 325 000 | 29 000             | 43 000             |
| Valori maxime | 4 343 000                                        | 825 000 | 40 000             | 62 000             |

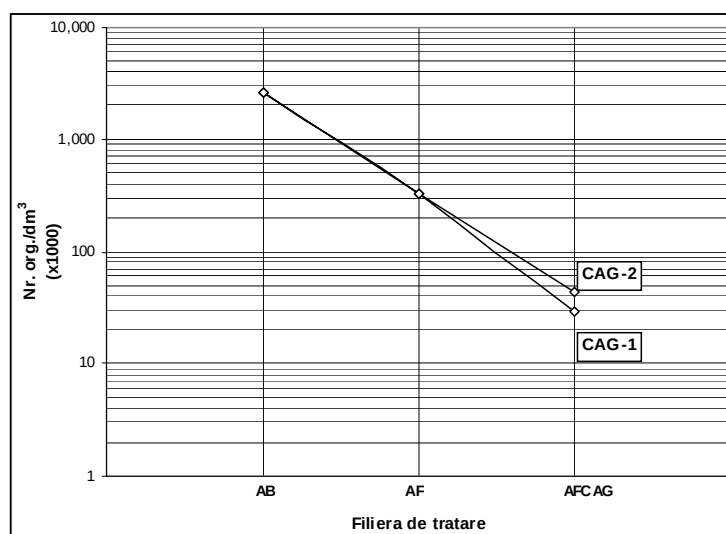


Figura 2. Variația indicatorilor biologici pe trepte de tratare  
 AB—apă brută; AF—apă filtrată (nisip); AFCAG - apă filtrată pe cărbune activ granular

Tabelul 3. Variația indicatorilor bacteriologici pe trepte de tratare

|        | Indicatori bacteriologici                       |       |                    |                    |
|--------|-------------------------------------------------|-------|--------------------|--------------------|
|        | Coliformi totali (unit./100 cm <sup>3</sup> )   |       |                    |                    |
| Valori | AB                                              | AF    | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> |
| minime | 34 500                                          | 130   | 630                | 542                |
| medii  | 90 080                                          | 663   | 1 420              | 624                |
| maxime | 160 900                                         | 1 609 | 2 210              | 700                |
|        | Coliformi fecali (unit./100 cm <sup>3</sup> )   |       |                    |                    |
|        | AB                                              | AF    | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> |
| minime | 10 900                                          | 23    | 130                | 130                |
| medii  | 19 240                                          | 103   | 185                | 137                |
| maxime | 34 800                                          | 175   | 240                | 141                |
|        | Streptococi fecali (unit./100 cm <sup>3</sup> ) |       |                    |                    |
|        | AB                                              | AF    | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> |
| minime | 10 900                                          | 23    | 130                | 130                |
| medii  | 21 647                                          | 100   | 185                | 136                |
| maxime | 34 800                                          | 175   | 240                | 141                |

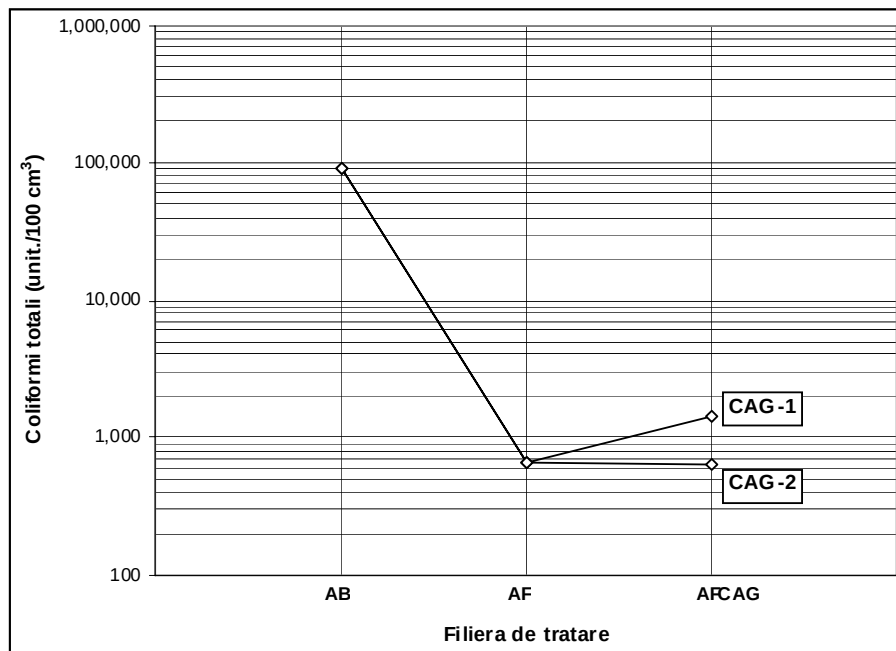
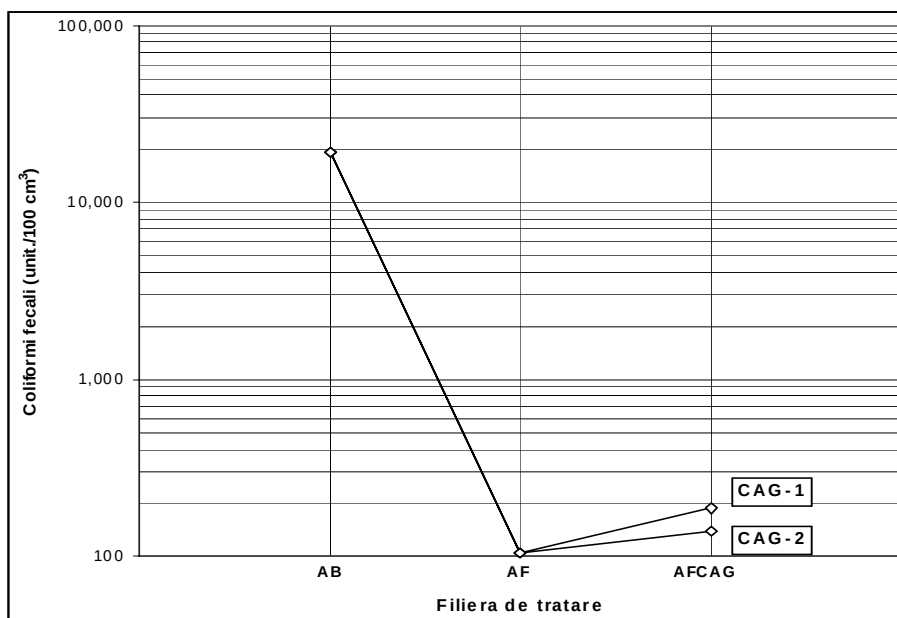
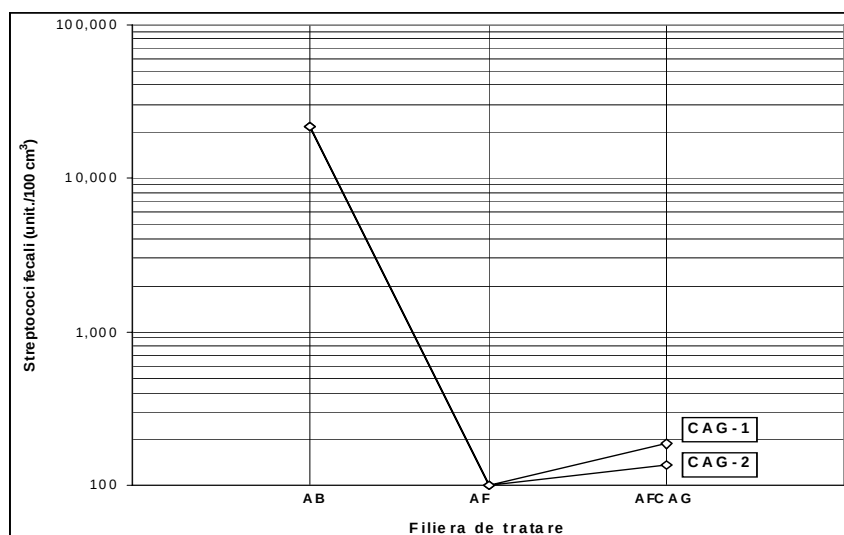


Figura 3. Variația coliformilor totali pe trepte de tratare  
AB—apă brută; AF—apă filtrată (nisip); AFCAG - apă filtrată pe cărbune activ granular



a. coliformi fecali



b. streptococi fecali

Figura 4. Variația indicatorilor bacteriologici pe trepte de tratare

Se constată o creștere a activității bacteriologice prin filtrarea pe cărbune activ granular. Astfel, atât numărul coliformi fecali cât și numărul de streptococi fecali a înregistrat o creștere în efluentul filtrelor CAG în raport cu efluentul filtrului rapid de nisip. Sortul NORIT ROW 0.8 SUPRA a condus la valori de 185 unit./100 cm<sup>3</sup> – coliformi fecali și streptococi fecali în timp ce pentru sortul CHEMVIRON – Filtrasorb 300 s-au înregistrat valori de 136 - 137 unit./100 cm<sup>3</sup>, față de 100 – 103 unit./100 cm<sup>3</sup> înregistrate în efluentul filtrului rapid de nisip.

### 3. Concluzii

- Sortul de cărbune activ NORIT s-a comportat mai bine în ceea ce privește indicatorii biologici în raport cu sortul de cărbune activ CHEMVIRON;

- Din punct de vedere bacteriologic, ambele sorturi au înregistrat valori mai ridicate în efluentul filtrelor CAG în raport cu efluentul filtrului de nisip, accentuând lipsa treptei de oxidare intermediară.

### 4. Bibliografie

- [1] AWWA–*Water Treatment Plant Design*, 1997, Third Edition, McGraw Hill.
- [2] Chervase, M.– *Contribuții la folosirea cărbunelui activ în procesele de tratare a apei*–Teză de doctorat 1999U,TCB.
- [3] *Caiet de sarcini filtre cărbune activ granular*–Contract nr. 33 / 1996-97, UTCB.

## Date experimentale privind modul de funcționare a filtrelor cu cărbune activ granular (CAG)

Marius CHERVASE

Universitatea Tehnică de Construcții din București, București, 7000, România

**Abstract** The author tried to obtain some parameters for designing following a series of tests.

**Keywords:** coal, activated carbon / charcoal, parameters for designing

### 1. Descriere generală a filtrelor cu CAG

În linia de tratare a stației pilot au fost prevăzute două unități de filtrare pe cărbune activ granular. Filtrele CAG sunt alcătuite din 4 tronsoane de conductă de plexiglas Dn 300 mm, îmbinate cu flanșe. Înălțimea totală a filtrelor CAG este variabilă, între  $H_{\min} = 3.40$  m și  $H_{\max} = 4.90$  m, ceea ce corespunde unei variații a înălțimii stratului filtrant  $H_{\text{strat}} = 1.50 - 2.00$  m. Se pot studia astfel comportarea diferitelor tipuri de cărbune activ granular, pentru diferite înălțimi de strat și diferite viteze de filtrare. Variația înălțimii filtrelor CAG se poate obține prin scoaterea sau adăugarea tronsonului intermediar (tronson nr. 3,  $H = 1.50$  m).

### 2. Modul de funcționare al filtrelor CAG

Filtrele CAG au funcționat atât în serie cât și în paralel. În ambele cazuri, acestea au primit gravitațional apa postozonizată iar apa filtrată a fost evacuată către rezervorul de apă filtrată, respectiv către bazinul de contact clor. Repartiția debitelor s-a realizat prin manevrarea manuală a robinetelor de apă postozonizată, respectiv apă filtrată.

#### 2.1. Funcționare în paralel

Debitul de apă postozonizată s-a distribuit la cele două filtre CAG prin reglajul robinetelor de admisie, respectiv apă filtrată. S-a urmărit păstrarea unei coloane de apă de înălțime minimă  $H_{\text{apa}} = 1.20$  m peste stratul filtrant, prin deschiderea progresivă a

robinetelor de apă filtrată pe parcursul ciclului de filtrare. Funcționarea filtrelor CAG, ca filtre cu nivel constant și debit variabil s-a asigurat prin utilizarea buzunarului de evacuare apă de la spălare ca preaplin. Astfel, la începutul ciclului de filtrare s-a reglat robinetul de apă filtrată astfel încât nivelul apei în filtru să coincidă cu nivelul deversorului buzunarului. Pe măsură ce pierderea de sarcină în filtru crește, surplusul de apă postozonizată s-a evacuat la canalizare prin preaplin.

Tabelul 1. Parametrii de funcționare  
a filtrelor cu CAG – paralel

| Nr. crt. | Debit de exploatare<br>( $\text{dm}^3/\text{s}$ ) | Viteza aparentă de filtrare |       | Timp de contact (min.)        |                               |
|----------|---------------------------------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|
|          |                                                   | (mm/s)                      | (m/h) | $H_{\text{CAG}} 1.50\text{m}$ | $H_{\text{CAG}} 2.00\text{m}$ |
| 1        | 0.10                                              | 1.42                        | 5.10  | 17.67                         | 23.56                         |
| 2        | 0.20                                              | 2.83                        | 10.19 | 8.83                          | 11.78                         |
| 3        | 0.30                                              | 4.25                        | 15.29 | 5.89                          | 7.85                          |
| 4        | 0.40                                              | 5.66                        | 20.38 | 4.42                          | 5.89                          |
| 5        | 0.50                                              | 7.08                        | 25.48 | 3.53                          | 4.71                          |
| 6        | 0.60                                              | 8.49                        | 30.57 | 2.94                          | 3.93                          |
| 7        | 0.70                                              | 9.91                        | 35.67 | 2.52                          | 3.37                          |
| 8        | 0.80                                              | 11.32                       | 40.76 | 2.21                          | 2.94                          |
| 9        | 0.90                                              | 12.74                       | 45.86 | 1.96                          | 2.62                          |
| 10       | 1.00                                              | 14.15                       | 50.96 | 1.77                          | 2.36                          |

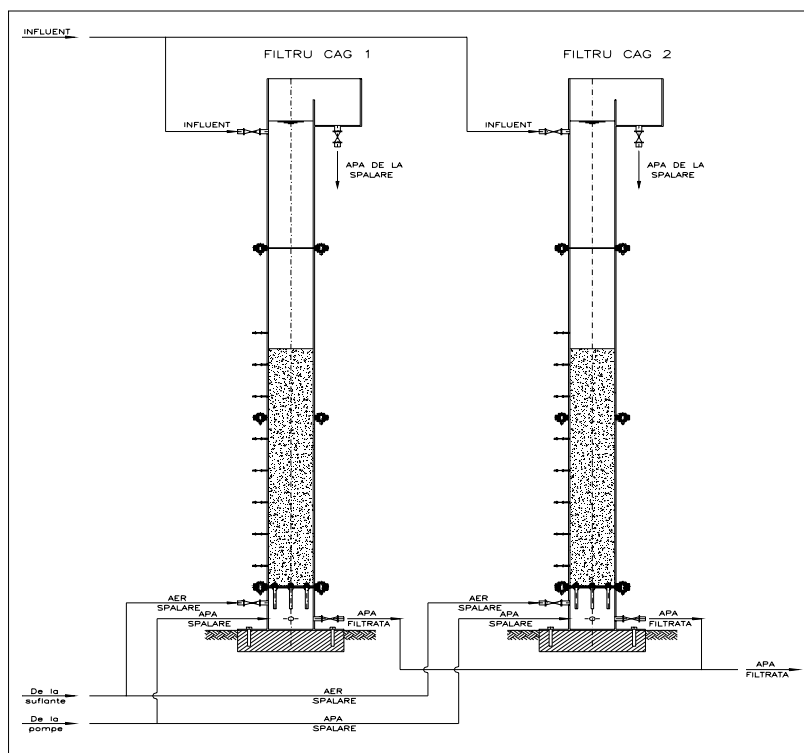


Figura 1. Schema de funcționare în paralel a filtrelor CAG

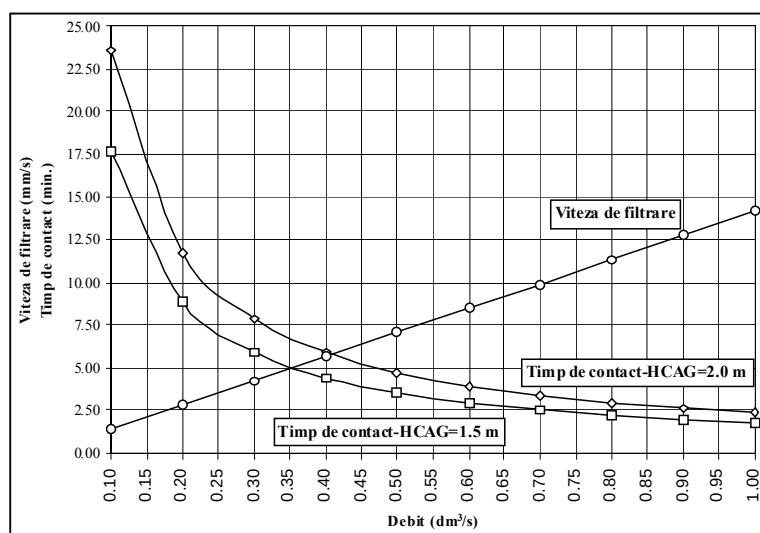


Figura 2. Variația vitezei de filtrare și a timpului de contact în funcție de debit – funcționare în paralel

Parametrii tehnologici principali de funcționare ai filtrelor cu cărbune activ granular sunt indicați în Tabelul 1 și Figura 1.

Viteza de filtrare este indicată în (mm/s) și (m/h) iar timpul de contact este indicat în minute pentru înălțimea stratului filtrant (CAG) de 1.50 m, respectiv 2.00 m.

## 2.2. Funcționare în serie

Debitul total de apă postozonizată este distribuit la cele două filtre CAG de la unul la celălalt. A fost necesară în acest caz intercalarea unei pompe flux între cele două coloane filtrante.

Stratul de cărbune activ granular în filtrul primar a avut pe parcursul experimentărilor înălțimea maximă  $H_{CAG} = 2.00$  m în timp ce în al doilea filtru înălțimea stratului filtrant a fost  $H_{CAG} = 1.50$  m. S-a obținut astfel o înălțime totală a stratului filtrant  $H_{CAG} = 3.50$  m.

S-a urmărit păstrarea unei coloane de apă de înălțime minimă  $H_{apa} = 1.20$  m peste stratul filtrant în ambele filtre, prin deschiderea progresivă a robinetelor de apă filtrată pe parcursul ciclului de filtrare. În figura 3 se prezintă schema de funcționare în serie a filtrelor CAG. Funcționarea filtrelor CAG, ca filtre cu nivel constant și debit variabil s-a asigurat după cum s-a descris anterior la funcționarea acestora în paralel.

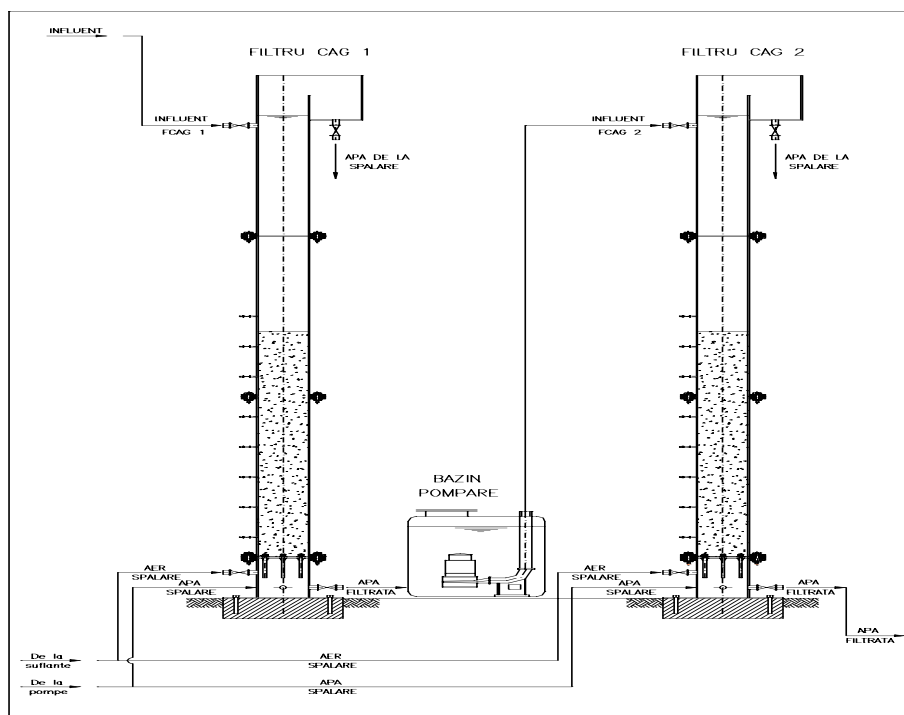


Figura 3. Schema de funcționare în serie a filtrelor CAG.

Tabelul 2. Parametrii de funcționare  
filtre CAG – legare în serie.

| Nr. crt. | Debit de exploatare<br>(dm <sup>3</sup> /s) | Viteza aparentă de filtrare |       | Timp de contact (min.) |                        |
|----------|---------------------------------------------|-----------------------------|-------|------------------------|------------------------|
|          |                                             | (mm/s)                      | (m/h) | H <sub>CAG</sub> 3.00m | H <sub>CAG</sub> 3.50m |
| 1        | 0.50                                        | 7.08                        | 25.48 | 7.07                   | 8.24                   |
| 2        | 0.60                                        | 8.49                        | 30.57 | 5.89                   | 6.87                   |
| 3        | 0.70                                        | 9.91                        | 35.67 | 5.05                   | 5.89                   |
| 4        | 0.80                                        | 11.32                       | 40.76 | 4.42                   | 5.15                   |
| 5        | 0.90                                        | 12.74                       | 45.86 | 3.93                   | 4.58                   |
| 6        | 1.00                                        | 14.15                       | 50.96 | 3.53                   | 4.12                   |
| 7        | 1.10                                        | 15.57                       | 56.05 | 3.21                   | 3.75                   |
| 8        | 1.20                                        | 16.99                       | 61.15 | 2.94                   | 3.44                   |
| 9        | 1.30                                        | 18.40                       | 66.24 | 2.72                   | 3.17                   |
| 10       | 1.40                                        | 19.82                       | 71.34 | 2.52                   | 2.94                   |
| 11       | 1.50                                        | 21.23                       | 76.43 | 2.36                   | 2.75                   |
| 12       | 1.60                                        | 22.65                       | 81.53 | 2.21                   | 2.58                   |
| 13       | 1.70                                        | 24.06                       | 86.62 | 2.08                   | 2.42                   |
| 14       | 1.80                                        | 25.48                       | 91.72 | 1.96                   | 2.29                   |
| 15       | 1.90                                        | 26.89                       | 96.82 | 1.86                   | 2.17                   |
| 16       | 2.00                                        | 28.31                       | 101.9 | 1.77                   | 2.06                   |

Parametrii tehnologici principali de funcționare ai filtrelor cu cărbune activ granular în serie sunt indicați în tabelul 2 și figura 4.

Prelevarea probelor din filtrele de cărbune activ granular s-a realizat la robinetii de prelevare amplasați pe înălțimea coloanelor filtrante.

S-a urmărit astfel variația principalilor parametri de calitate ai apei tratate și deplasarea frontului de epuizare a cărbunelui activ.

Pierderea de sarcină în stratul filtrant s-a urmărit în tuburile piezometrice montate pe robinetii de prelevare probe. S-au efectuat citiri orare a pierderii de sarcină în stratul filtrant. Măsurarea debitului fiecărei unități filtrante (în cazul funcționării în paralel) s-a realizat prin determinări volumetrice.

NOTA: Timpul de contact este calculat pentru înălțimea totală de CAG.

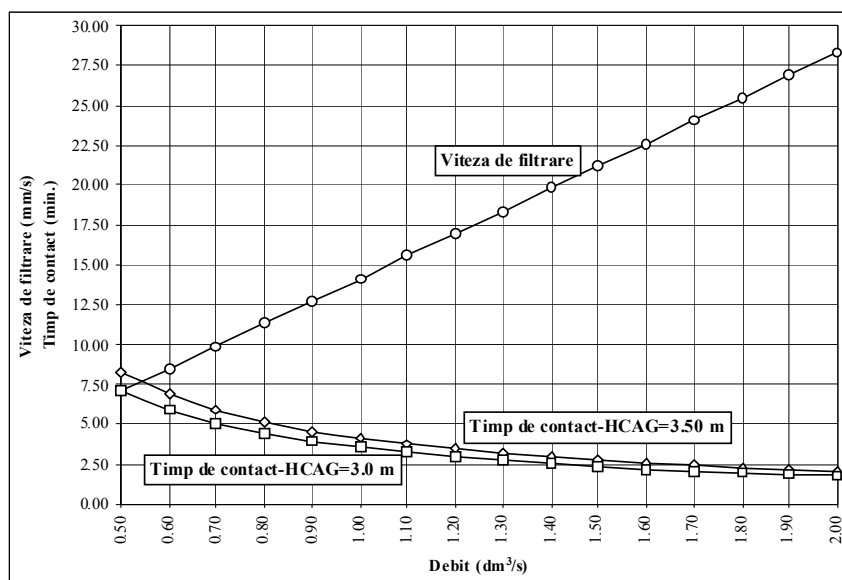


Figura 4. Variația vitezei de filtrare și a timpului de contact în funcție de debit – funcționare în serie

### 3. Concluzii

Urmare acestor măsurători s-au stabilit parametrii tehnologici de dimensionare a instalației de filtrare pe CAG. În Figura 2 se observă că viteza aparentă de filtrare variază de la 5 la 35 m/h, timpul de contact pentru doua înălțimi ale stratului variază de la 2.5 la 23.5 min., în condiția în care s-a urmărit asigurarea unei coloane de apă deasupra stratului de minim 1.20m. Aceste măsurători duc la stabilirea unor parametri pentru anteproiectarea filtrelor cu CAG după cum urmează:  $v_F=10\text{m/h}$ ,  $t_c=10\text{min.}$ ,  $h_{\text{strat}}=2.0\text{-}4.0\text{m}$

### 4. Bibliografie

- [1] AWWA—*Water Treatment Plant Design*, 1997, Third Edition, McGraw Hill.
- [2] Chervase, M.— *Contribuții la folosirea cărbunelui activ în procesele de tratare a apei—Teză de doctorat* 1999U,TCB.
- [3] *Caiet de sarcini filtre cărbune activ granular—Contract nr. 33 / 1996-97*, UTCB.

## Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG) în ceea ce privește reducerea oxidabilității

Marius CHERVASE

Gabriel RACOVÎȚEANU

Universitatea Tehnică de Construcții din București București, 7000, România

**Abstract** In this article the author describes the behaviour of some ranges of GAC and the relation with the oxidability indicators.

**Keywords:** coal, activated carbon / charcoal, oxidability indicators.

### 1. Descriere generală a ciclului experimental

S-au utilizat două sorturi de cărbune activ granular, după cum urmează:

- NORIT ROW 0.8 SUPRA – filtrul FCAG 1;
- CHEMVIRON CARBON Filtrasorb 300 – filtrul FCAG 2.

Punctele principale de recoltare a probelor au fost următoarele: apă brută, apă decantată, apă filtrată (filtru rapid nisip), apă filtrată - FCAG1, apă filtrată - FCAG2, apă dezinfectată.

În cadrul ciclului experimental, debitul de apă tratată pentru treptele de decantare și filtrare a fost  $Q=0.8 \text{ dm}^3/\text{s}$ , iar pentru fiecare unitate de filtrare pe CAG a fost  $Q=0.4 \text{ dm}^3/\text{s}$  (viteza de filtrare aparentă  $v_F=20.38 \text{ m/h}$ , timp de contact  $T_c=4.5 \text{ min.}$ , pentru înălțimea stratului de cărbune  $H_{CAG}=1.50 \text{ m}$ ).

Ambele sorturi de cărbune activ utilizate pentru determinările experimentale au fost proaspete la începutul ciclurilor experimentale

### 2. Filiera de tratare, reactivii utilizați și rezultate obținute

Pe parcursul ciclului experimental urmărit efectul coagulării avansate asupra reținerii MON. În acest sens s-a adăugat acid sulfuric în amonte de treapta de decantare. Dozele de acid sulfuric au fost stabilite astfel încât pH-ul apei brute s-a coborât la valori  $\text{pH}_{AB} = 6.5 - 6.7$ .

Tabelul 1. Tipuri și doze de reactivi

| Doza          | Reactiv                 |                              |        |                          |                |      |
|---------------|-------------------------|------------------------------|--------|--------------------------|----------------|------|
|               | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ | AN 945 | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | $\text{NaOCl}$ | KF   |
| minimă (mg/l) | 17.00                   | 25.00                        | 0.10   | 25.00                    | 0.43           | 0.54 |
| medie (mg/l)  | 21.36                   | 70.14                        | 0.16   | 46.03                    | 1.40           | 1.18 |
| maximă (mg/l) | 34.00                   | 180.00                       | 0.20   | 100.00                   | 2.50           | 2.20 |

Deoarece în perioada de desfășurare a testului turbiditatea apei brute a înregistrat valori foarte ridicate, dozele de sulfat de aluminiu și polimer au fost relativ ridicate (valoare medie doză sulfat  $70 \text{ mg/l}$ , valoare medie doză polimer  $0.16 \text{ mg/l}$ ).

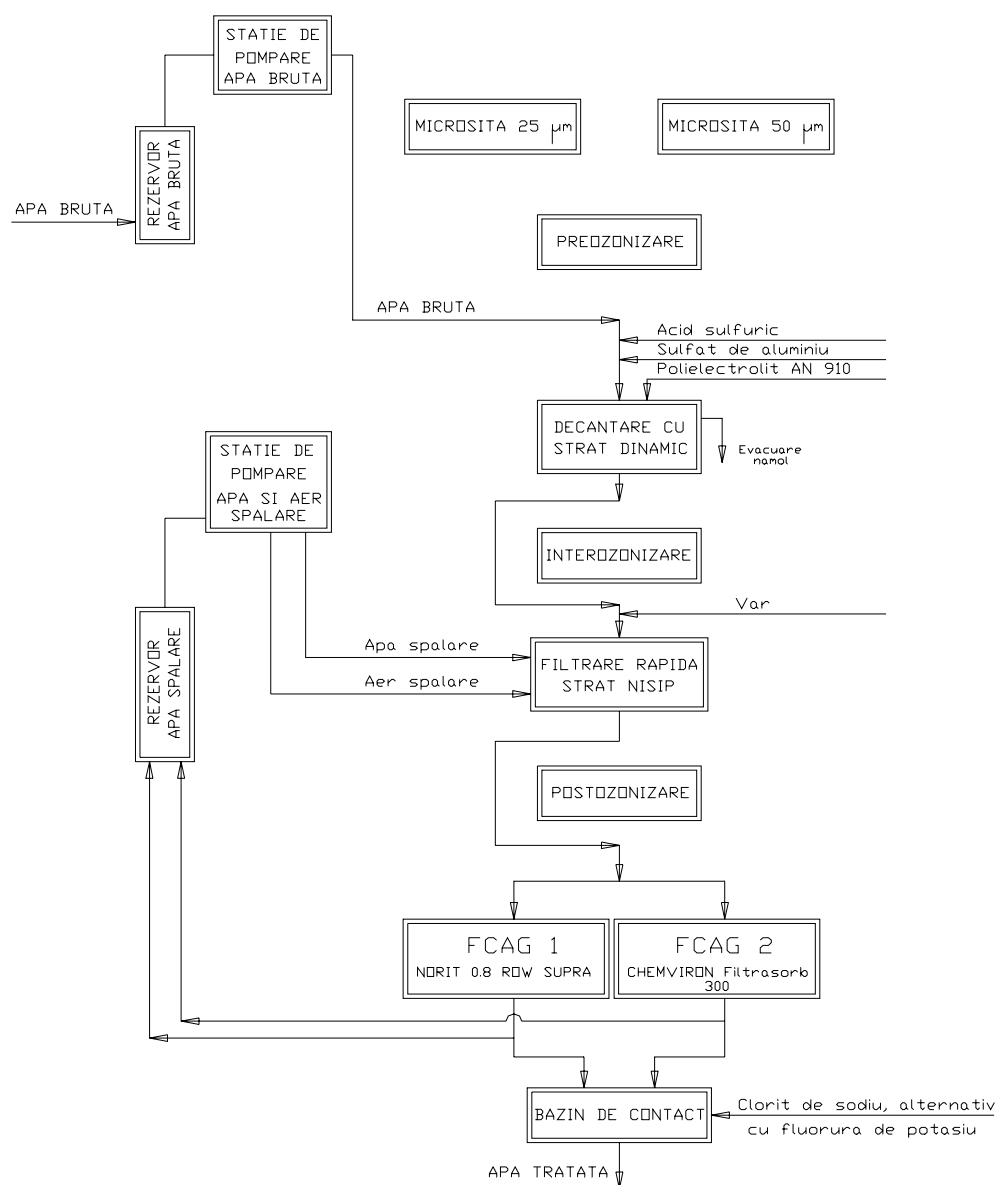


Figura 1. Procesele de tratare si reactivii utilizați

Pentru restabilirea echilibrului calciu-carbonic s-a efectuat o injecție de var (doza medie 46.03 mg/l) în apa decantată.

Dezinfectarea finală s-a efectuat prin utilizarea

cloritului de sodiu (doza medie 1.40 mg/l), alternativ cu fluorura de potasiu (doza medie 1.18 mg/l).

În tabelul 2 si figura 2 se prezintă variația conținutului în substanțe organice (valori minime, medii si maxime) pe trepte de tratare.

Tabelul 2. Variația oxidabilității (CCO-Mn) pe trepte de tratare

| Valoare | Oxidabilitate (mg KMnO <sub>4</sub> /l) |                      |       |       |                    |                    |                  |                   |
|---------|-----------------------------------------|----------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
|         | AB                                      | AB <sub>pH.red</sub> | AD    | AF    | AF <sub>cag1</sub> | AF <sub>cag2</sub> | AF <sub>F-</sub> | AF <sub>Cl-</sub> |
| minimă  | 12.30                                   | 10.11                | 7.80  | 7.11  | 4.07               | 3.75               | 3.44             | 3.60              |
| medie   | 28.49                                   | 26.99                | 10.48 | 8.95  | 6.34               | 6.14               | 5.92             | 5.69              |
| maximă  | 50.05                                   | 49.43                | 18.60 | 13.20 | 14.27              | 13.90              | 14.27            | 15.30             |

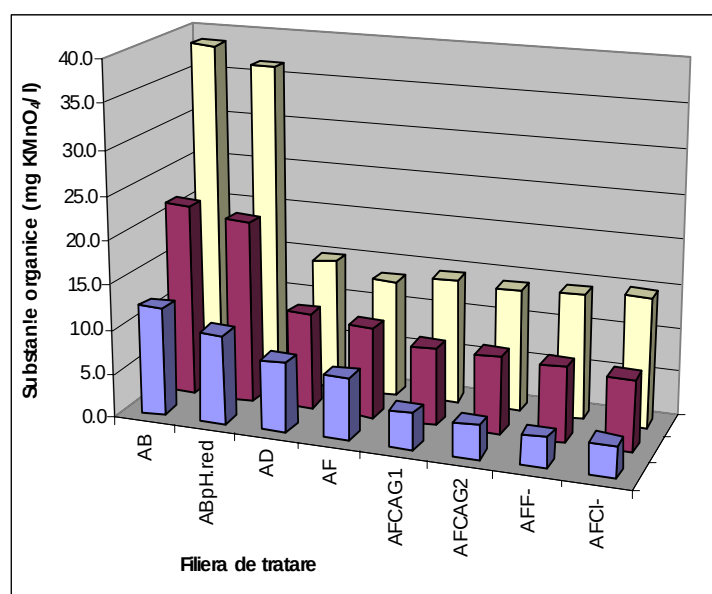


Figura 2. Variația oxidabilității pe trepte de tratare

Legenda: AB—apă brută; AB<sub>pH.red</sub>—apă brută cu adaos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; AD—apă decantată; AF—apă filtrată (nisip); AFCAG 1—apă filtrată pe cărbune activ granular (NORIT ROW 0.8 SUPRA); AFCAG 2—apă filtrată pe cărbune activ granular (CHEMVIRON Filtrasorb 300); AFF—apa dezinfectată cu fluorura de potasiu; AFCl—apa dezinfectată cu clorit de sodiu

Se remarcă o reducere semnificativă a concentrației de substanțe organice în apa decantată (~63%), datorată procesului de coagulare avansată (S.O.<sub>AD.mediu</sub>=10.48 mg KMnO<sub>4</sub>/l), în raport cu apa brută (S.O.<sub>AB-mediu</sub>=28.49 mg KMnO<sub>4</sub>/l).

Reducerea substanței organice continuă pe filiera de tratare, obținându-se valori medii în gama 6.14 – 6.34 mg KMnO<sub>4</sub>/l pentru treptele de tratare pe cărbune activ granular, respectiv 5.69 – 5.92 mg KMnO<sub>4</sub>/l pentru apa dezinfectată.

În figurile 3 și 4 se prezintă curbele de durată

ale conținutului în substanțe organice pe trepte de pompare. Diferențele între concentrațiile de substanțe organice în apa decantată, respectiv filtrată sunt relativ mici (valori medii S.O.=10.48 mg KMnO<sub>4</sub>/l – apa decantată, respectiv valori medii S.O. = 8.95 mg KMnO<sub>4</sub>/l – apa filtrată).

Reducerea medie a concentrației de substanțe organice a fost de 2.6 mg KMnO<sub>4</sub>/l prin filtrarea pe cărbune activ granular.

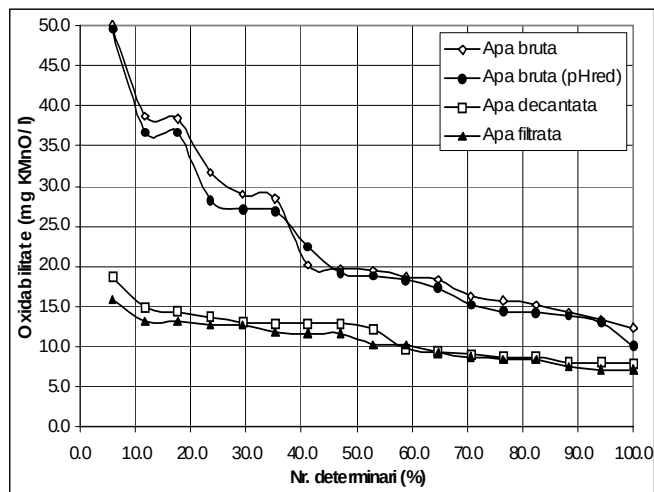


Fig. 3. Variația oxidabilității apă brută, apă brută cu pH redus, decantată și filtrată  
 Legenda: AFCAG 1–apa filtrată pe cărbune activ granular (NORIT ROW 0.8 SUPRA);  
 AFCAG 2–apa filtrată pe cărbune activ granular (CHEMVIRON Filtrasorb 300)

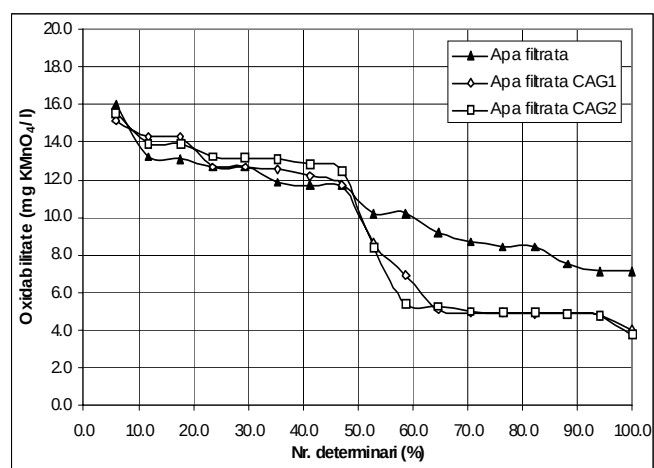


Figura 4. Variația oxidabilității apă filtrată pe nisip,  
 respectiv cărbune activ granular

### 3. Concluzii

- Se remarcă efectul adaosului de acid sulfuric asupra îndepărtării substanțelor organice în procesele de decantare și filtrare rapidă a apei.

- Se observă că în ~50% din cazuri, valorile oxidabilității apei filtrate pe cărbune activ au înregistrat concentrații similare cu concentrațiile înregistrate în apa filtrată pe strat de nisip.

- Nu s-au înregistrat diferențe notabile pe sorturile de CAG.

### 4. Bibliografie

- [1] AWWA–*Water Treatment Plant Design*, 1997, Third Edition, McGraw Hill;
- [2] *Caiet de sarcini filtre cărbune activ granular* – Contract nr. 33 / 1996-97 UTCB, București

## Comportarea unor sorturi de cărbune activ granular (CAG) în ceea ce privește turbiditatea și PH-ul

Marius CHERVASE

Gabriel RACOVÎTEANU

*Universitatea Tehnică de Construcții din București, București, 7000, România*

**Abstract** In this article the author describes the behaviour of some ranges of GAC and the relation with the turbidity and PH indicators.

**Keywords:** coal, activated carbon / charcoal, the turbidity and PH indicators.

### 1. Descriere generală a ciclului experimental

S-au utilizat două sorturi de cărbune activ granular, după cum urmează:

- NORIT ROW 0.8 SUPRA – filtrul FCAG 1;
- CHEMVIRON CARBON Filtrasorb 300 – filtrul FCAG 2.

Punctele principale de recoltare a probelor au fost următoarele: apă brută, apă decantată, apa filtrată (filtru rapid nisip), apa filtrată - FCAG1, apa filtrată - FCAG2, apa dezinfectată.

În cadrul ciclului experimental, debitul de apă tratată pentru treptele de decantare și filtrare a fost  $Q=0.8 \text{ dm}^3/\text{s}$ , iar pentru fiecare unitate de filtrare pe CAG a fost  $Q=0.4 \text{ dm}^3/\text{s}$  (viteza de filtrare aparentă  $v_f=20.38 \text{ m/h}$ , timp de contact  $T_c=4.5 \text{ min.}$ , pentru înălțimea straturii de cărbune  $H_{CAG}=1.50 \text{ m}$ ). Ambele sorturi de cărbune activ utilizate pentru determinările experimentale a fost proaspăt la începutul ciclurilor experimentale.

### 2. Filiera de tratare, reactivii utilizați și rezultate obținute

Pe parcursul ciclului experimental s-a urmărit efectul coagulării avansate asupra reținerii MON. În acest sens s-a adăugat acid sulfuric în amonte de treapta de decantare. Dozele de acid sulfuric au fost stabilite astfel încât pH-ul apei brute să coboare la valori  $\text{pH}_{AB} = 6.5 - 6.7$ .

Deoarece în perioada de desfășurare a testului turbiditatea apei brute a înregistrat valori foarte

ridicate, dozele de sulfat de aluminiu și polimer au fost relativ ridicate (valoare medie doză sulfat  $70 \text{ mg/l}$ , valoare medie doză polimer  $0.16 \text{ mg/l}$ ).

Pentru restabilirea echilibrului calciu-carbonic s-a efectuat o injecție de var (doză medie  $46.03 \text{ mg/l}$ ) în apa decantată.

Dezinfectarea finală s-a efectuat prin utilizarea clorului de sodiu (doză medie  $1.40 \text{ mg/l}$ ), alternativ cu fluorura de potasiu (doză medie  $1.18 \text{ mg/l}$ ). În tabelul 2 se prezintă valorile turbidității pe principalele trepte de tratare.

În figura 2 se prezintă variația turbidității pentru apa brută și pe treptele de decantare și filtrare rapidă pe nisip.

Tabelul 1. Tipuri și doze de reactivi

| Doza          | Reactiv                 |                              |       |                          |       |      |
|---------------|-------------------------|------------------------------|-------|--------------------------|-------|------|
|               | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ | AN945 | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | NaOCl | KF   |
| minima (mg/l) | 17.00                   | 25.00                        | 0.10  | 25.00                    | 0.43  | 0.54 |
| medie (mg/l)  | 21.36                   | 70.14                        | 0.16  | 46.03                    | 1.40  | 1.18 |
| maxima (mg/l) | 34.00                   | 180.00                       | 0.20  | 100.00                   | 2.50  | 2.20 |

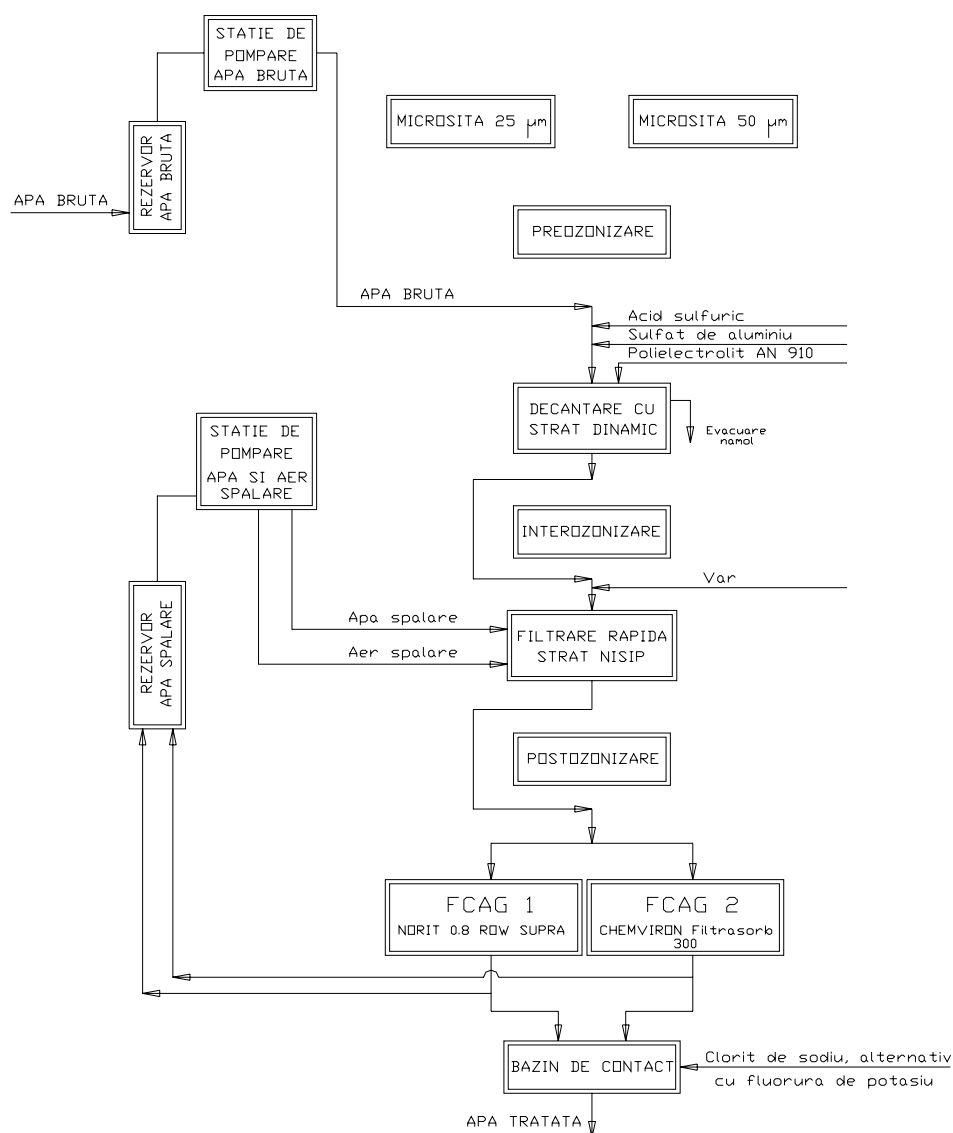


Figura 1. Procesele de tratare si reactivii utilizați

Tabelul 2. Variația turbidității pe principalele trepte de tratare

| Valoare | Turbiditatea (NTU) |       |      |                    |                    |
|---------|--------------------|-------|------|--------------------|--------------------|
|         | AB                 | AD    | AF   | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> |
| minima  | 27.70              | 0.68  | 0.11 | 0.11               | 0.11               |
| medie   | 204.31             | 3.80  | 0.44 | 0.34               | 0.36               |
| maxima  | 1105.00            | 16.80 | 3.40 | 2.76               | 2.82               |

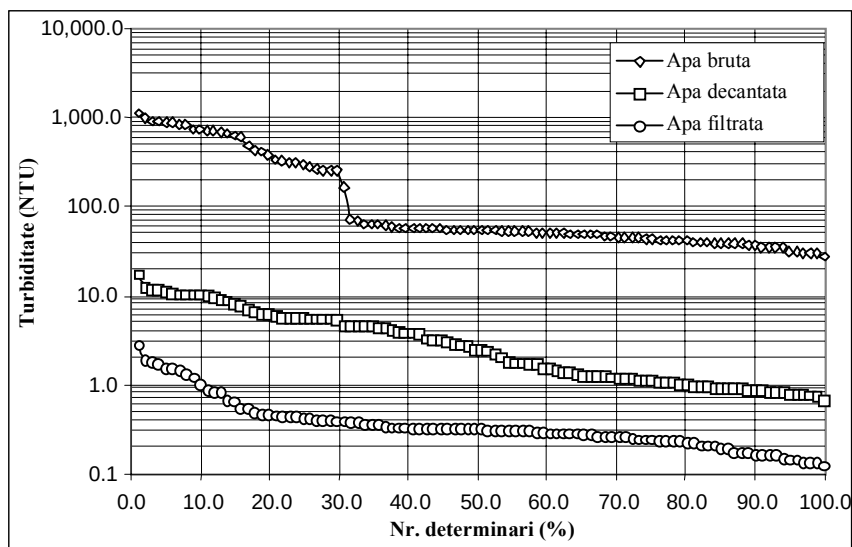


Figura 2. Variația turbidității apa brută, decantată și filtrată

În figura 3 se prezintă curbele de durată ale turbidității pentru apa filtrată rapid pe strat de nisip, respectiv pentru apa filtrată pe cărbune activ.

Valorile medii înregistrate pe filiera de tratare indică reducerea turbidității de la 204 NTU pentru apa brută la 3.8 NTU pentru apa decantată, respectiv la 0.44 NTU pentru apa filtrată.

Reducerea turbidității apei filtrate pe cărbune activ (valori medii) în raport cu turbiditatea apei filtrate pe strat de nisip a înregistrat următoarele valori: 22.7% pentru cărbunele tip Norit ( $\tau_{\text{mediu}}=0.34$  NTU), respectiv 18.1% pentru cărbunele tip Chemviron ( $\tau_{\text{mediu}}=0.36$  NTU)

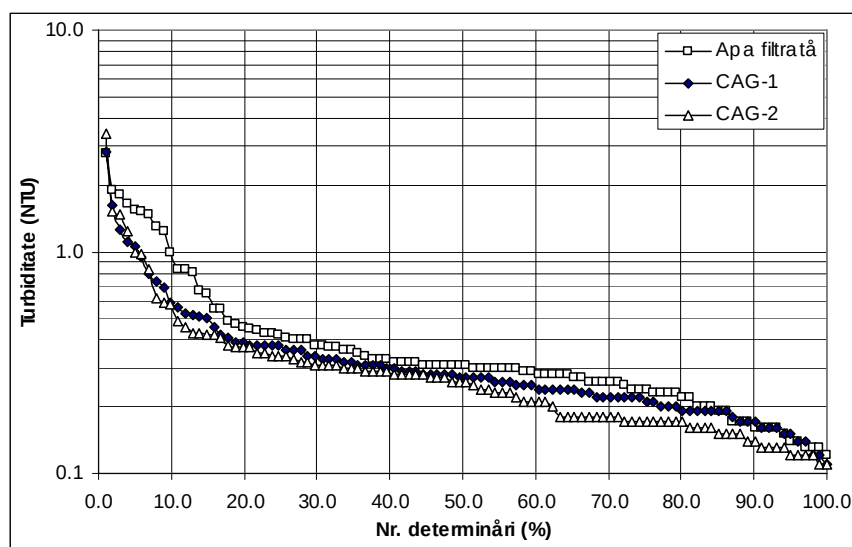


Figura 3. Variația turbidității apă filtrată nisip și cărbune activ

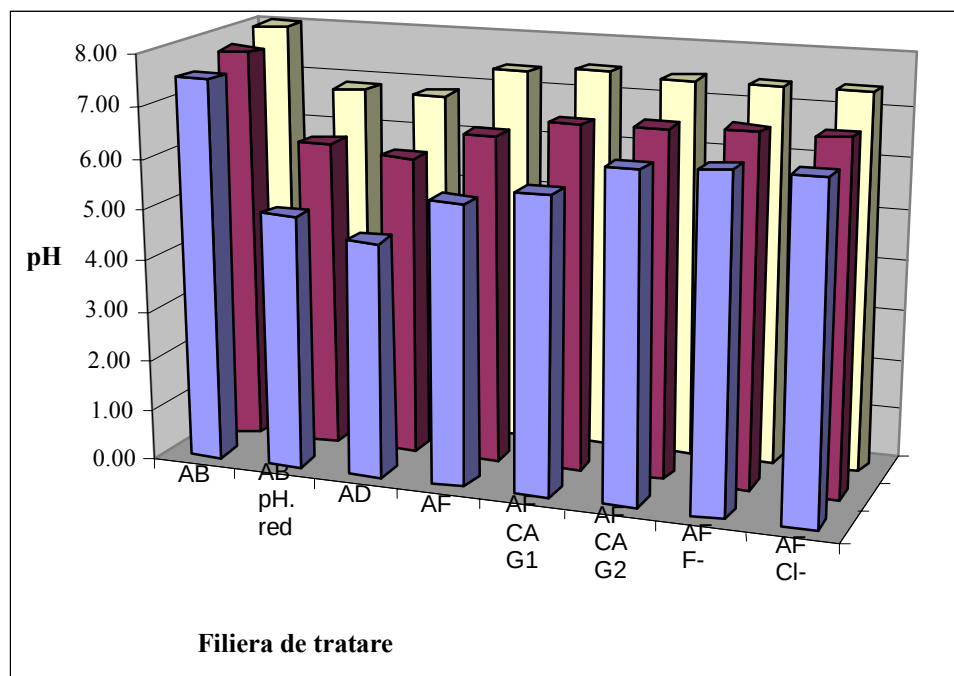


Figura 4. Variația pH-ului pe trepte de tratare

Legenda:

AB—apă brută; AB<sub>pH.red</sub>—apă brută cu adaos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; AD—apa decantata;  
 AF—apa filtrata (nisip); AFCAG 1—apa filtrata pe cărbune activ granular  
 (NORIT ROW 0.8 SUPRA); AFCAG 2—apa filtrata pe cărbune activ granular  
 (CHEMVIRON Filtrasorb 300); AFF<sup>-</sup>—apa dezinfectata cu fluorura de potasiu;  
 AFCl<sup>-</sup>—apa dezinfectata cu clorit de sodiu.

În tabelul 3 și figura 4 se prezintă variația pH-ului pe trepte de tratare (valori minime, maxime și medii).

După treapta de decantare, prin adaos de var, pH-ul apei tratate s-a ridicat la valori în gama

pH=5.50 – 7.40 (pH<sub>mediu</sub>=6.45). Pentru apa filtrată pe cărbune activ se constată o ușoară creștere a pH-ului (de la 6.45 în efluentul filtrelor rapide de nisip la 6.76, respectiv 6.82 pentru apa filtrată pe CAG1, respectiv CAG2).

Tabelul 3. Variația pH-ului pe trepte de tratare

| Val. | pH   |                      |      |      |                    |                    |                  |                   |
|------|------|----------------------|------|------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
|      | AB   | AB <sub>pH.red</sub> | AD   | AF   | AF <sub>CAG1</sub> | AF <sub>CAG2</sub> | AF <sub>F-</sub> | AF <sub>Cl-</sub> |
| min. | 7.50 | 5.00                 | 4.60 | 5.50 | 5.80               | 6.40               | 6.50             | 6.50              |
| med. | 7.74 | 6.05                 | 5.89 | 6.45 | 6.76               | 6.82               | 6.86             | 6.87              |
| max. | 8.00 | 6.80                 | 6.80 | 7.40 | 7.50               | 7.40               | 7.40             | 7.40              |

### 3. Concluzii

Se observă că cele două tipuri de cărbune activ utilizate au înregistrat rezultate similare pentru ~ 50% din determinările efectuate (gama turbidităților apei filtrate rapid pe strat de nisip  $\tau > 0.2$  NTU); Pentru gama de turbidități apa filtrată pe strat de nisip  $\tau < 0.2$  NTU, sortul NORIT 0.8 ROW SUPRA a înregistrat rezultate mai favorabile în raport cu sortul Filtrasorb 300;

Scăderea pH-ului apei brute se datorează injectiei de acid sulfuric înainte de decantării.

### 4. Bibliografie

- [1]. AWWA—*Water Treatment Plant Design*, 1997, Third Edition, McGraw Hill
- [2]. Chervase Marius, 1999, *Contribuții la folosirea cărbunelui activ în procesele de tratare a apei, Teza de doctorat UTCB*, București
- [3]. \*\*\*Contract nr. 33 / 1996-97, *Caiet de sarcini filtre cărbune activ granular*, UTCB, București

## Pământuri macrostructurate din România. De la practică la modelare numerică

Anton CHIRICĂ

Ion STĂNCULESCU

*Facultatea de Căi Ferate Drumuri și Poduri, Universitatea Tehnică de Construcții București, București, România*

**Abstract:** In this article are presented the mechanical properties of macrostructured soils, specially loess and red clay in Romania. We presented the influence of these mechanical properties about the construction with remarkable examples including two case studies: the consolidation of the Cathedral in Galati and a building with ten floors in Iasi

**Keywords:** Macrostructured soils, mechanical properties, numerical modelation

### 1. Introducere

În țara noastră studiul pământurilor cu macrostructură specifică a constituit obiectul unor preocupări strâns legate de practica lucrărilor ingineresti. Se disting două tipuri caracteristice de pământuri cu macrostructuri specifice cu o largă răspândire, și anume:

1. pământuri cu macrostructură glomerulară și porozitate relativ uniformă (fig. 1a)
2. pământuri macroporice cu porozitate marcat neuniformă (fig. 1b)

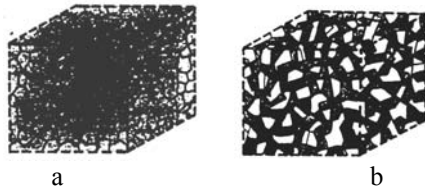


Figura 1

Problema cunoașterii proprietăților pământurilor argiloase cu macrostructură glomerulară, din categoria cărora fac parte și argilele roșii dobrogene, a format încă dinaintea primului război mondial obiectul preocupărilor unor cadre tehnice, care au realizat lucrări de consolidare a falezii în zona Portului Constanța și în dreptul plajei, sau au avut de urmărit executarea unor tranșee adânci pentru calea ferată de acces la port.

O cantitate de argilă roșie macrostructurată a fost supusă alternativ unor operații de uscare în

etuvă, urmate de umezirea materialului prin aspersiune. Materialul desfăcut în macroagregate de dimensiuni variabile a fost supus unei analize granulometrice prin cernere. Pe diagrama din figura 2 se prezintă domeniul granulometric clasic obținut folosind metoda curentă a sedimentării, cu agent dispersant și distribuția macroagregatelor pe dimensiuni pentru patru cicluri de umezire uscare. Pe imaginile fotografice din figurile 3 și 4 se prezintă macroagregatele specifice argilelor roșii dobrogene grupate pe dimensiuni.

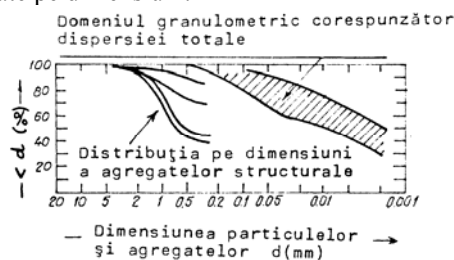


Figura 2

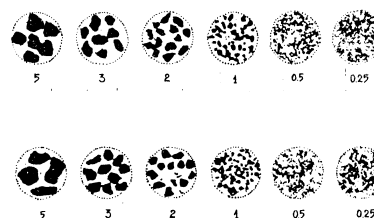


Figura 3

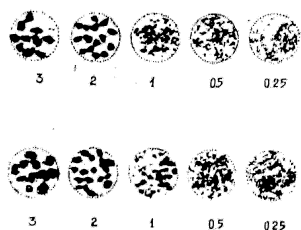


Figura 4

Loessurile datorită modului lor specific de formare prezintă o macrostructură caracterizată de existența unor macropori cimentăți pe contur cu lianți argiloși și săruri solubile vizibili cu ochiul liber. În figura 5 se prezintă fotografia unui eșantion din loessurile de Galați. În figura 6 se prezintă o secțiune microscopică verticală printr-o probă de loess de Galați cu porozitatea de 50% și un detaliu al unui macropor, care scoate în evidență cimentarea de pe conturul acestuia. Ca și în cazul argilei roșii stabilirea elementelor definitorii ale macrostructurii loessului de Galați s-a făcut pe baza distribuției pe dimensiuni a macroagregatelor. În figura 7 sunt redată curbele granulometrice obținute prin cernerea fragmentelor solide de loess complet uscate sau având diferite umidități, comparativ cu domeniul granulometric "clasic" obținut prin dispersie totală.

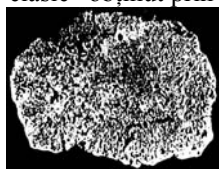


Figura 5

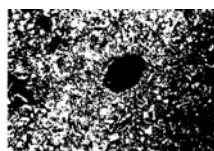


Figura 6

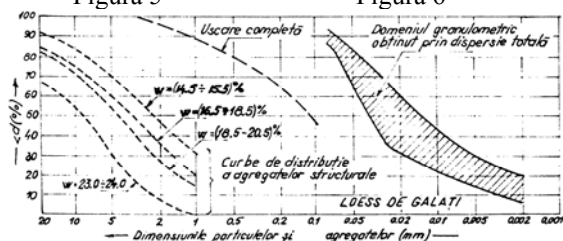


Figura 7

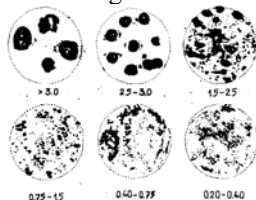


Figura 8

Se observă că pentru umidități reduse corespunzătoare formării sedimentului loessoid cca 50% din cantitatea de material folosită este alcătuită din macroagregate cu dimensiunea caracteristică 100μ. În imaginea din figura 8 se prezintă exemple de macroagregate structurale corespunzătoare loessului analizat grupate pe dimensiuni. Se observă că pentru aproape toate agregatele structurale de dimensiuni mari din loessul uscat apar macropori transversali, cimentăți pe contur, care se constituie în principalele elemente de rezistență la solicitări mecanice. Ca urmare microagregatele aparținând domeniilor ce constituie punți de legătură între agregate sunt dispersate la dimensiuni reduse din cauza rezistenței mai slabe a cimentării dintre particulele minerale.

Din cele prezentate mai sus rezultă dependența directă dintre macrostructura specifică unor pământuri și istoria lor de formare ca materiale supra, normal sau subconsolidate cum este cazul argilelor cu macrostructură glomerulară sau ca materiale subconsolidate cum este cazul pământurilor cu macrostructură macroporică loessoide. În continuare sunt prezentate două studii de caz legate de cele două categorii de pământuri cu macrostructură specifică.

## 2. Consolidarea Catedralei din Galați

Construcția, cu o vechime de cca 75 de ani, este în prezent dezafectată ca urmare a degradărilor apărute în timp în suprastructură și infrastructură, datorită ridicării nivelului apelor subterane.

Lucrarea de consolidare a Catedralei, deja finalizată, a fost concepută de domnul inginer Emilian Tițaru și de domnul profesor inginer Ion Stanculescu și constă dintr-un radier general casetat din beton armat, constituit dintr-o rețea de grinzi longitudinale și transversale, cu placă rezemată pe loess, la nivelul tălpilor fundațiilor existente, și planșeu situat sub pardoseală.

Datele generale globale privind Catedrala înainte și după consolidare sunt prezentate în tabelul următor:

| Fundația                                                       | Inițială | Finală |
|----------------------------------------------------------------|----------|--------|
| Mărimea                                                        |          |        |
| Greutatea suprastructurii $G_s$ (kN)                           | 69500    | 69500  |
| Greutatea infrastructurii $G_i$ (kN)                           | 49440    | 79180  |
| Greutatea totală $G_T$ (kN)                                    | 118940   | 148680 |
| Abscisa punctului de aplicație $x$ (m)                         | 20,13    | 20,17  |
| Aria suprafeței de fundare $A$ (m <sup>2</sup> )               | 459      | 690    |
| Abscisa centrului de greutate al suprafeței de fundare $x$ (m) | 21,45    | 20,92  |
| Presiune medie $p$ (kN/m <sup>2</sup> )                        | 260      | 215    |

Se menționează că la măsurarea absciselor punctelor de aplicație ale forțelor sau ale centrelor de greutate ale suprafețelor de fundare s-a ales ca origine punctul O, care se găsește la limita exterioară a fundației inițiale în zona altarului, pe axa de simetrie a Catedralei (fig. 9).

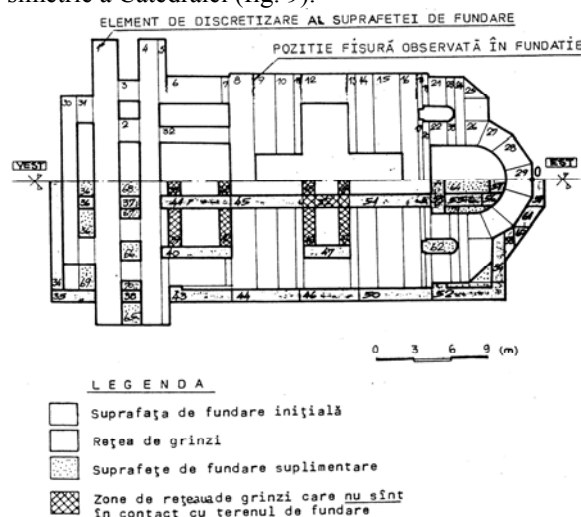


Figura 9

Studiul distribuției optime a suprafețelor suplimentare de contact s-a făcut prin prisma teoriei poansonării, care a avut în vedere următoarele aspecte:

- reducerea valorilor presiunilor de contact și implicit stoparea procesului de tasare prin poansonare
- asigurarea preluării eforturilor secționale de încovoiere rezultate din poansonarea terenului de fundare, alcătuit din pământuri macroporice de către fundație prin redistribuirea eforturilor unitare de întindere numai la fibra extremă inferioară; în această zonă prin armarea rețelei de grinzi și a plăcilor aferente, pot fi preluate aceste eforturi de întindere

Pentru evaluarea tasărilor construcției în diferitele perioade în care acestea s-au manifestat, a

fost necesară cunoașterea valorilor unor caracteristici care condiționează procesul de poansonare. Din acest motiv s-au valorificat rezultatele unor încercări efectuate în laborator sau pe teren pe loessul din zona orașului Galați.

Astfel pentru porozitățile medii, inițiale și finale în loessul cu structură naturală și în cel din dopul de material îndesat, format după tasarea prin poansonare, s-au adoptat valorile  $n=50\%$  respectiv  $n_1=48,5\%$ . Pentru calculul forțelor de frecare și a celor de coeziune, mobilizate pe conturul vertical al dopului de material îndesat, și pentru parametrii rezistenței la forfecare ai loessului s-au considerat valorile determinate experimental  $\phi=23^\circ$  adică  $\mu=\tan\phi=0,424$  și  $c=0,4$  daN/cm<sup>2</sup>. Pentru coeficientul împingerii laterale în stare de repaos pentru loessul îndesat s-a adoptat valoarea  $k_0=0,6$ .

Datorită faptului că rezistența  $R$ , corespunzătoare zdrobirii macrostructurii, depinde de umiditate, stabilirea valorilor ei de calcul s-a făcut având în vedere rezultatele unor încercări de teren, precum și pe baza confruntării dintre rezultatele calculului tasării de poansonare și rezultatele măsurătorilor efectuate pentru a stabili tasările reale ale construcției pe parcurs.

Pentru loessul cu umiditate naturală s-au utilizat datele rezultate în urma încercării pe teren a unei fundații experimentale, executate și încercate pe amplasamentul Combinatului Siderurgic Galați. Din graficul încercării rezultă că pentru o presiune,  $p$ , de 3 daN/cm<sup>2</sup> tasarea stabilizată pentru loessul cu umiditatea de 10÷12% a fost de 3 cm iar pentru o presiune de 4 daN/cm<sup>2</sup>, tasarea a fost de 5 cm.

Cunoscând faptul că suprafața de contact cu terenul a fost de formă pătrată cu latura de 3 m și utilizând pentru loess caracteristicile de mai sus, prin calcul invers utilizând relațiile aferente teoriei poansonării s-au determinat valorile rezistenței la zdrobire  $R$ . Astfel pentru  $s=3$  cm, din condiția de echilibru a forțelor pe verticală, s-a obținut:

$$h = \frac{1-0,5}{1-0,485} \cdot s_0 = 0,917 \cdot s_0$$

Cum  $s = s_0 - h$  rezultă:

$$s = (1-0,917) \cdot s_0 = 0,029 \cdot s_0$$

$$s_0 = \frac{s}{0,029} = \frac{0,030}{0,029} = 1,034 \cdot m$$

$$h = 0,917 \cdot 1,034 = 1,004 \cdot m$$

Din ecuațiile de echilibru ale momentelor în

raport cu axele de coordonate rezultă:

$$T_{\mu} = \frac{0,6 \cdot (30 + R)}{2} \cdot 0,424 \cdot 1,004 \cdot 12 = 459,75 + 15,33 \cdot R$$

$$T_c = 12 \cdot 1,004 \cdot 4 = 481,92$$

Unde  $T_{\mu}$  și  $T_c$  reprezintă forțele de pe conturul dopului de loess îndesat, în kN.

$$A = R \cdot A + T_{\mu} + T_c$$

$$30 \cdot 9 = R \cdot 9 + 459,75 + 15,33 \cdot R + 481,92$$

și deci

$$R = \frac{1758,33}{105,33} = 166,9 \cdot \text{kN/m}^2$$

Procedând la fel pentru  $s=5$  cm și  $\sigma=400$  kN/m<sup>2</sup> s-a obținut  $R=160$  kN/m<sup>2</sup>.

În scopul determinării valorii rezistenței structurale,  $R$ , în situația de umezire existentă sub construcție, respectiv în situația umezirii probabile în viitor, s-au confruntat mărimile tasărilor măsurate cu valorile calculate ale acestora.

Calculul s-a efectuat, pentru fundația inițială a Catedralei, utilizând programul Galați 04. Din această calibrare s-a obținut pentru rezistența structurală,  $R$ , în cazul loessului umezit valoarea de 24 kN/m<sup>2</sup>.

Având complet rezolvată problema parametrilor aferenți terenului, pentru fundația inițială, după discretizarea în 33 elemente a suprafeței acesteia, determinarea forțelor de contact și a deformațiilor prin poansonare s-a făcut pentru cazurile:

- teren de fundare alcătuit din loess cu umiditate naturală și  $R=160$  kN/m<sup>2</sup>, caz corespunzător imediat după terminarea construcției,
- teren de fundare alcătuit din loess cu rezistența structurală variabilă liniar de la valoarea  $R=24$  kN/m<sup>2</sup> din zona pridvorului până la valoarea  $R=160$  kN/m<sup>2</sup> în zona altarului corespunzător situației actuale.

În tabelul de mai jos se prezintă, pentru cele două cazuri, valorile tasării la altar,  $s_s$ , tasării la pridvor  $s_p$  respectiv rotirii  $\alpha$  în lungul Catedralei.

| Mărimă         | Fundație inițială            |                                        | Fundație consolidată                   |
|----------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                | caz a                        | caz b                                  |                                        |
|                | $R=160$<br>kN/m <sup>2</sup> | $R=(24 \div 160)$<br>kN/m <sup>2</sup> | $R=(24 \div 160)$<br>kN/m <sup>2</sup> |
| $s_p$ (cm)     | 5,30                         | 35,75                                  | 22,47                                  |
| $s_a$ (cm)     | 23,10                        | 20,60                                  | 12,70                                  |
| $\alpha$ (rad) | -0,0046                      | 0,0034                                 | 0,0043                                 |

Se observă urmărind aceste valori de deplasări că în situația înregistrată imediat după terminarea construcției (caz a) există tendința de rotire către altar ca urmare a poziției centrului de greutate al suprafeței de fundare față de punctul de aplicație al greutății totale în condițiile unui teren de fundare omogen din punct de vedere al rezistenței la zdrobire a macrostructurii. Umezirea terenului de fundare în zona pridvorului și implicit micșorarea rezistenței la zdrobire a macrostructurii loessului, au condus apoi treptat, la creșterea tasării prin poansonare în această zonă și ca urmare la schimbarea sensului rotirii.

Utilizând valorile încărcărilor transmise terenului și a forțelor reactive dezvoltate la contactul fundație-teren, s-au calculat momentele încovoietoare în diferite secțiuni verticale, normale pe planul median al Catedralei. Acest lucru a fost realizat cu ajutorul programului de calcul "DIA 01". În figura 10 se prezintă distribuția de momente încovoietoare în lungul axului longitudinal.

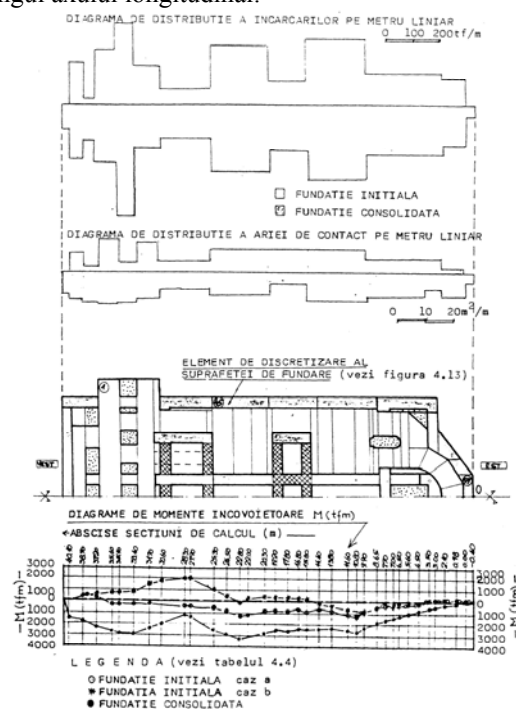


Figura 10

Se observă cum încă din situația de după terminarea construcției a existat tendința apariției unor eforturi de întindere în suprastructură. Această tendință s-a accentuat foarte mult mai ales în zona pronaosului prin umezirea loessului la pridvor ca

urmare a ridicării nivelului apelor subterane mai intens în această zonă și a avut ca rezultat fragmentarea zidurilor portante și a corpului fundației. Procesul de fragmentare al Catedralei s-a amplificat și prin acțiunea seismelor intervenite în perioada de cca 75 ani de la construcție.

Pentru situația în care va fi terminată consolidarea vechilor fundații prin construirea radierului casetat, utilizând aceeași teorie de calcul s-a urmărit influența suprafețelor de fundare suplimentare asupra tasărilor de poansonare respectiv asupra valorilor momentelor încovoietoare.

Se observă că prin creșterea suprafeței de fundare de la  $459 \text{ m}^2$  la  $690 \text{ m}^2$  s-a obținut o scădere a presiunii medii pe teren de la  $260 \text{ kN/m}^2$  la  $215 \text{ kN/m}^2$ . Suprafețele suplimentare de fundare pentru construcția încărcată cu radierul casetat, au fost distribuite în zona pridvorului și altarului, rețeaua de grinzi nefiind în contact cu terenul în zona centrală a pronaosului și naosului (figura 9).

În diagramele din figura 10 se observă cum păstrând alura diagramei de distribuție a încărcărilor pe metru liniar în lungul axului longitudinal al edificiului a fost suplimentată aria de contact cu terenul la extremitățile construcției.

Ca urmare calculul de poansonare în această situație indică faptul că după realizarea consolidării se va înregistra o blocare a procesului de tasare prin poansonare. Acest lucru este pus în evidență în figura 11 unde se prezintă rezultatele tasărilor măsurate la reperii montați pe latura nordică și sudică a Catedralei comparativ cu tasările rezultate prin calcul pentru situația finală a construcției consolidate.

Se menționează că evaluarea prin calcul a tasărilor de poansonare a Catedralei s-a făcut în ipoteza unei variații liniare a rezistenței structurale a loessului, R.

### 3. Elemente privind teoria poansonării

În literatura de specialitate, poansonarea terenului este studiată, în exclusivitate, din punctul de vedere al condițiilor de solicitare, care conduc la deformări plastice în teren și provoacă refularea lui laterală. Nu se analizează implicațiile procesului de poansonare ca relație încărcare-tasare. În cazul loessului această relație este mai utilă pentru necesitățile practice de proiectare, decât valoarea unei presiuni critice de refulare laterală, fenomen care nu se manifestă conform ipotezelor teoretice

uzuale, în cazul acestui tip de pământ.

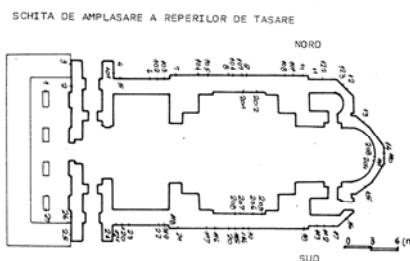
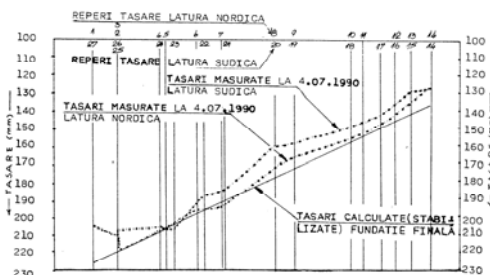
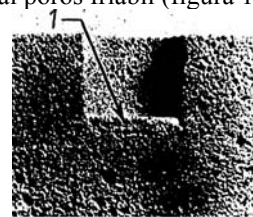


Figura 11

În anul 1967 I.I. Chercasov a determinat un mod de evaluare a deformațiilor rezultate prin pătrunderea unei plăci rigide cu suprafața circulară, într-un material poros friabil (figura 12).



1-Dop de material îndesat

Figura 12

Această relație se deduce admitând că placa rigidă care pătrunde în mediul poros friabil, îndeasă, prin sfărâmarea structurii și reducerea porozității naturale a mediului solicitat, un volum, care este impus ca un dop în direcția de înaintare a poansonului (figura 13).

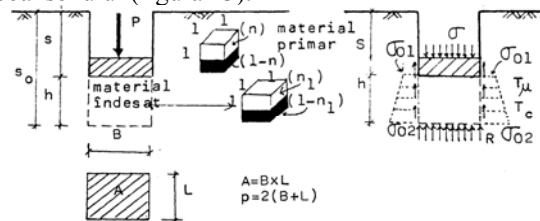


Figura 13

Dacă,

$n$  – este porozitatea inițială a mediului friabil solicitat  
 $n_1$  – este porozitatea medie a dopului de material îndesat sub placa rigidă

$s_0$  – este adâncimea de la suprafața la care se limitează procesul de sfărâmare a structurii mediului poros friabil

$h$  – este grosimea dopului de material îndesat între mărimile astfel definite subzistă relația:

$$h = s_0 \cdot \frac{1-n}{1-n_1} \quad (1)$$

Pentru o solicitare dată, de compresiune  $P$ , procesul de deformare prin poansonare se încheie atunci când forța aplicată de placa rigidă este în echilibru cu ansamblul forțelor care acționează pe conturul dopului de material îndesat. figura 13.

Dacă,

$R$  – este rezistența la compresiune a macrostructurii materialului cu porozitate inițială

$\sigma = \frac{P}{A}$  - este presiunea aplicată terenului prin placa

rigidă încărcată cu o forță verticală  $P$

$A$  – este aria suprafeței de contact placă rigidă-material poros friabil

$k_0$  – este coeficientul împingerii laterale în stare de repaus pentru materialul poros friabil

$\mu$  - este coeficientul de frecare dintre dopul de material îndesat de grosime ( $h$ ) și materialul poros friabil

$c$  – este coeziunea materialului poros friabil

din condiția de echilibru a sistemului de forțe, pe verticală, rezultă:

$$P - (T_\mu + T_c) = A \cdot R \quad (2)$$

în care  $T_\mu = \frac{\sigma_{01} + \sigma_{02}}{2} \cdot \mu \cdot p \cdot h$  și  $T_c = p \cdot h \cdot c$  cu

$$\sigma_{01} = k_0 \cdot \sigma \quad \text{și} \quad \sigma_{02} = k_0 \cdot R \quad (3)$$

și  $p_p$  – perimetrul de poansonare al suprafeței de contact dintre placa rigidă și materialul poros friabil egal cu perimetrul dopului de material îndesat.

Înlocuind în relația (2), se obține:

$$\sigma = \frac{R + s_0 \cdot N_D \cdot N_\mu \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot R + c_m \right)}{1 + \frac{1}{2} \cdot s_0 \cdot N_D \cdot N_\mu} \quad (4)$$

$$\text{în care: } N_D = \frac{p_p}{A} \quad N_\mu = \frac{1-n}{1-n_1} \cdot k_0$$

$$c_m = \frac{c}{k_0 \cdot \mu} \quad (5)$$

Din relația (4) rezultă:

$$s_0 = \frac{2 \cdot (\sigma - R)}{N_D \cdot N_\mu \cdot (\sigma + R + 2 \cdot c_m)} \quad (6)$$

Deoarece  $s = s_0 - h$ , înlocuind pe  $h$  din (1), se

$$\text{obține: } s = s_0 \cdot \frac{n - n_1}{1 - n_1} = \frac{2 \cdot (\sigma - R) \cdot N_g}{N_D \cdot N_\mu \cdot (\sigma + R + 2 \cdot c_m)} \quad (7)$$

$$\text{cu } N_g = \frac{n - n_1}{1 - n_1}$$

Înlocuind  $\sigma = \frac{P}{A}$ , în relația (7) rezultă relația

neliniară încărcare-tasare,

$$s = \frac{2 \cdot (\sigma - R) \cdot N_g}{N_D \cdot N_\mu \cdot (\sigma + R + 2 \cdot c_m)} \quad (8)$$

reprezentată grafic în figura 14.

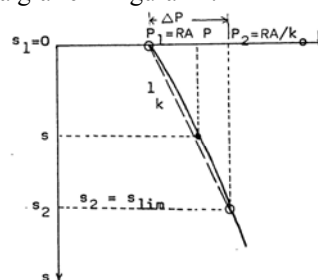


Figura 14

Tasarea prin poansonare începe pentru presiunea  $\sigma = \sigma_1 = R$  la care se produce sfărâmarea structurii imediat sub placa rigidă de încărcare. Această tasare încetează de a se mai desfășura după schemele din figura 13 la presiunea  $\sigma = \sigma_2 = R/k_0$ , deoarece, pentru valori mai mari ale presiunii, transmisă de placa rigidă, dopul îndesat se deformează și lateral zdrobind structura mediului poros friabil, prin împingere laterală, începând cu partea lui superioară. Procesul de tasare prin poansonare, după schema propusă de Chercasov, analizat mai sus, are loc deci pentru valori ale încărcării  $P$ , în domeniul

$$P_1 = A \cdot R \leq P < A \cdot (R/k_0) = P_2$$

și pentru valorile corespunzătoare ale tasării prin poansonare  $s_1 = 0 \leq s < s_{lim} = s$  (9) cu

$$s_{lim} = \frac{2 \cdot R \cdot (1 - k_0) \cdot N_g}{N_D \cdot N_\mu \cdot R \cdot (1 + k_0) + 2 \cdot k_0 \cdot c_m} \quad (10)$$

obținut prin înlocuirea  $\sigma = R/k_0$ , în relația (7).

Panta medie a relației  $P$ - $s$  care corespunde

aproximării curbei respective cu o dreaptă ca în figura 14, pe domeniul de valori ale încărcării  $P$ , definit anterior este

$$k = \frac{A \cdot R \cdot (1 - k_0)}{k_0 \cdot s_{\text{lim}}} \quad (11)$$

Rezultă că panta relațiilor forță-tasare de poansonare depinde de caracteristicile mecanice ale materialului macroporic contractant dar și de un parametru geometric și anume de raportul dintre perimetrul activ  $P_p$  al dopului de pământ îndesat și aria secțiunii transversale a fundațiilor directe așezate pe asemenea pământuri.

#### 4. Consolidarea unui bloc din Cartierul Zugravi, Iași

În anul 1986 la un bloc P+10 din orașul Iași terenul de fundare, constituit din argile structurate de Bahlui normal consolidate, a cedat și a refulat în exteriorul fundației. Ruperea prin reful plastic s-a produs la scurt timp după inundarea accidentală a subsolului. Înainte de manifestarea fenomenului, construcția nu prezenta tasări progresive neamortizate și nici nu apăreau semnele unui proces evolutiv de refulare a terenului de sub fundație.

Argilele de Bahlui sunt, așa cum au arătat cele constatate în zonele de reful de la blocul menționat, argile fisurate cu o macrostructură glomerulară specifică, ce se pune în evidență atât la ciclurile de umezire-uscare cât și prin răspunsul materialului la solicitări mecanice.

Sau efectuat încercări pentru a determina influența macrostructurii argilei de Bahlui asupra comportării ei în terenul de fundare al construcției.

La dispersarea completă, cu tehnica obișnuită de lucru prin metoda sedimentării, fracțiunea argilă se prezintă sub formă de particule individualizate, de dimensiuni micronice și submicronice (figura 15).

Trebuie subliniat că, nici un fel de solicitare climatică sau mecanică nu aduce materialul la starea de dispersiune realizată în laborator prin sedimentare.

În scopul determinării elementelor definitorii ale macrostructurii argilei de Bahlui, s-a efectuat analiza distribuției pe dimensiuni a agregatelor structurale, individualizate pe cicluri consecutive de umezire-uscare. O cantitate de argilă a fost supusă, alternativ, unor operații de uscare în etuvă la 60°C, urmate de umezirea materialului prin aspersiune. Materialul, desfăcut în agregate structurale de

dimensiuni variabile, a fost supus unei analize granulometrice prin cernere.

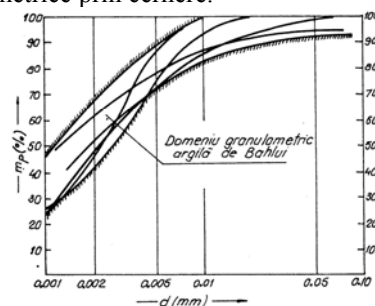


Figura 15

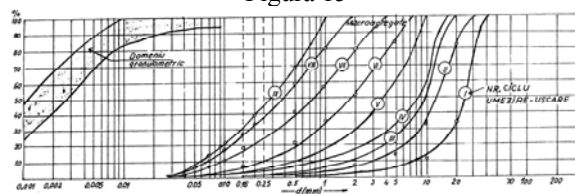


Figura 16

În figura 16 sunt redată curbele distribuției pe dimensiuni pentru agregatele structurale rezultate, la un număr de 9 cicluri de uscare-umezire. Se poate constata efectul de dispersare al acestei acțiuni, care seamănă cu efectul acțiunilor naturale de variație sezonieră a umidității pământului. Ținând seama de faptul că argila refulată din peretele unui sondaj deschis, realizat la colțul cu cele mai mici tasări al blocului CL.17, era fragmentată în agregate structurale de formă poliedrică, cu dimensiuni caracteristice de ordinul a 15 mm, rezultă că existența agregatelor structurale, în cazul argilelor de Bahlui condiționează comportarea acestora.

Pentru studiul modului de mobilizare a rezistenței la forfecare a argilei de Bahlui, cercetarea experimentală a fost efectuată în exclusivitate, cu aparatul triaxial, prin încercări cu efort impus și deformare măsurată, care au permis modelarea evoluției solicitării în condiții analoge cu evoluția încărcărilor transmise de construcție în zona activă a fundațiilor. Deoarece solicitarea pământului sub talpa fundațiilor blocului a crescut ca intensitate suficient de lent, pentru ca regimul de deformare din terenul de fundare să poată fi considerat drenat, încercările făcute pe probele de argilă de Bahlui au fost de tipul consolidat-drenat (C.D.). Reproducerea pe probele de laborator a procesului de deformare și cedare la creșterea presiunii pe suprafața de fundare a construcției s-a făcut prin drumuri de efort de încărcare, cu creșteri egale ale eforturilor unitare

sferice și deviatorice.

Programul experimental a fost întocmit în așa fel încât să se reproducă, prin încercări, atât procesele de deformare parcurse de pământul solicitat prin presiunea repartizată terenului de fundațiile blocului în faza de construcție, până la situația existentă, înainte de inundarea subsolului, cât și procesele de cedare, sub încărcare constantă, manifestate după aceea ca urmare a umezirii intense a terenului.

Pentru atingerea obiectivului precizat mai sus, încercările au fost efectuate în regim drenat în alternativele:

- încercări în sistem C.D. deschis, pentru care probele, în timpul forfecării până la rupere, au fost ținute în contact cu apa de la începutul încercării, pământul fiind liber să-și schimbe umiditatea pe parcursul creșterii intensității solicitării de forfecare
- încercări în sistem C.D. închis, pentru care probele în timpul forfecării până la rupere, au fost ținute la umiditatea naturală fără acces la o sursă de apă liberă.

Pentru seria de încercări în sistem C.D. închis s-a probat și efectul punerii în contact cu apa, a probelor de pământ situat pe drumul de efort în apropierea punctului de rupere, pentru a se verifica modul de comportare al argilei, în situația similară aceleia produsă la inundarea accidentală a terenului de fundare al blocului CL.17.

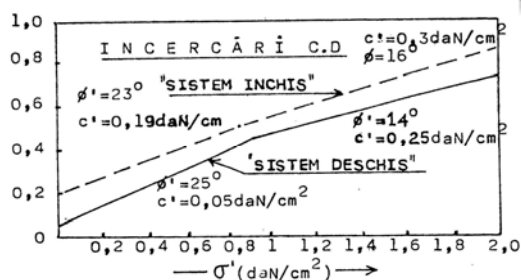


Figura 17

În figura 17 se prezintă drumurile de efort pentru toate probele, iar rezultatele obținute pentru parametrii rezistenței la forfecare în figura 18, în cele două sisteme de încercare.

Se observă că în ambele sisteme de încercare în zona de eforturi unitare normale  $\sigma' < 0,8$  daN/cm<sup>2</sup>, curbele intrinseci prezintă valori mari pentru unghiurile de frecare internă și valori mici pentru coeziune iar în zona de eforturi unitare normale  $\sigma' > 0,8$  daN/cm<sup>2</sup> situația se inversează.

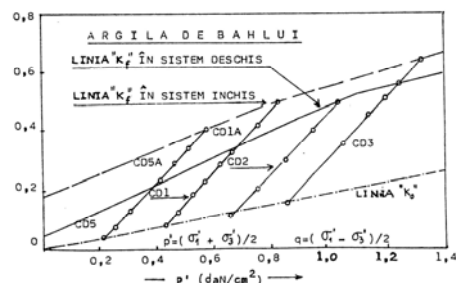


Figura 18

Se constată, de asemenea, că în sistem C.D. închis, curba intrinsecă a argilei de Bahlui, în zona apropiată originii axelor  $0\sigma' - 0\tau$ , prezintă valori mai mari de cca 4 ori pentru coeziunea aparentă,  $c'$ , iar în zona eforturilor  $\sigma' > 0,8$  daN/cm<sup>2</sup>, prezintă valori mai mari ale unghiului de frecare aparentă  $\phi'$ .

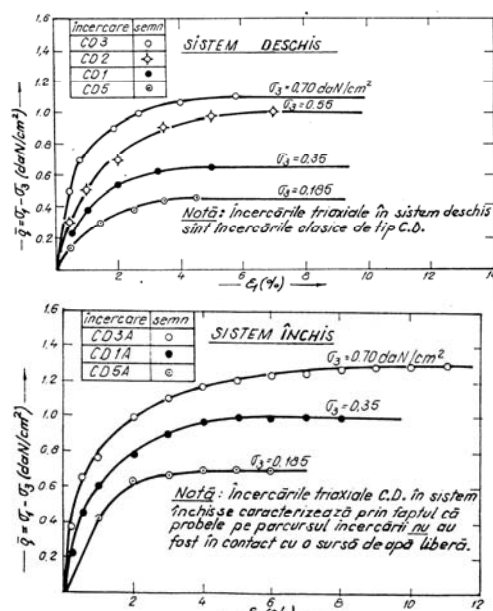


Figura 19

În figura 19 se prezintă relațiile efort-deformație pentru cele două seturi de probe de argilă de Bahlui încercate în sistemele deschis și închis. Se observă în primul rând că rezistența la forfecare a argilei încercate fără a fi în contact cu o sursă de apă este mai mare decât în cazul argilei forfecate în contact cu sursa de apă liberă, și în al doilea rând, inexistența unei rezistențe la forfecare "de vârf", datorită faptului că încercările triaxiale au fost cu efort impus și

deformație controlată.

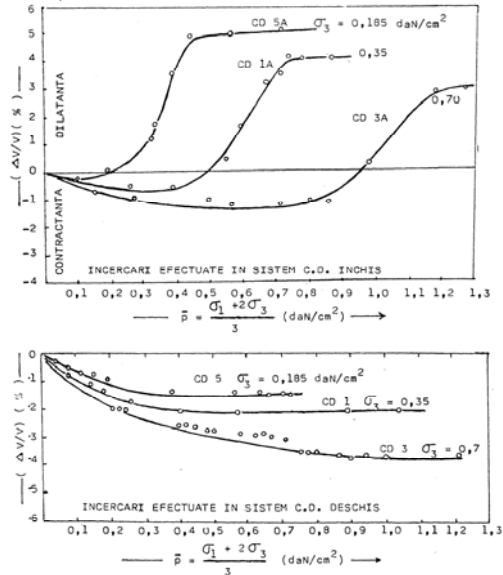


Figura 20

În figura 20 se prezintă comparativ modul de variație al volumului probelor de argilă glomerulară supuse forfecării pe drumuri de efort de încărcare în cele două sisteme de încercare, C.D. închis respectiv C.D. deschis.

Se observă cum probele care nu s-au aflat în contact cu sursa de apă liberă, în funcție de valoarea efortului unitar lateral  $\sigma_3$ , au manifesta dilatanță la forfecare odată cu creșterea efortului unitar sferic, în timp ce probele care au avut posibilitatea de contact cu sursa de apă liberă au manifestat contractanță (reducere a volumului) pe aceleași drumuri de efort. Variația intensității de manifestare a dilatanței cu domeniul de eforturi sferice în care probele au fost conduse către cedare, este redată și în figura 21. Se observă cum la eforturi sferice mici, probele de argilă de Bahlui se umflă mecanic începând încă din vecinătatea liniei  $k_0$  (corespunzătoare stării litostatice de eforturi înainte de apariția construcției) în timp ce pentru eforturi sferice mai mari procesul de deformare al probelor începe printr-o reducere a volumului (contractanță) după care, pentru un anumit raport al eforturilor unitare deviatorice și sferice se manifestă dilatanță.

Rezultă deci că partea datorată dilatanței din rezistența la forfecare mobilizată, este mai redusă dacă cedarea prin forfecare se manifestă în zona cu eforturi unitare sferice mari ce duc la zdrobirea discontinuităților structurale din suprafața generală

de forfecare.

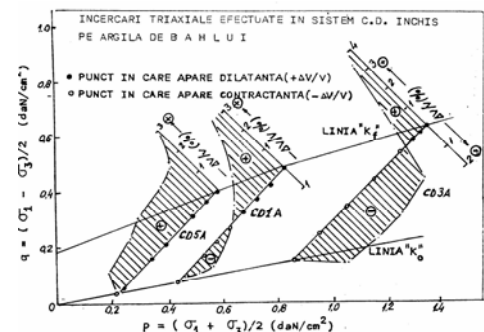


Figura 21

Cum rezistența la zdrobire este dependentă de umiditatea pământului rezultă că în zonele în care datorită umflării mecanice prin dilatanță și atragerii apei, ca urmare a suucțiunii create, componenta datorată dilatanței din rezistența la forfecare este redusă substanțial.

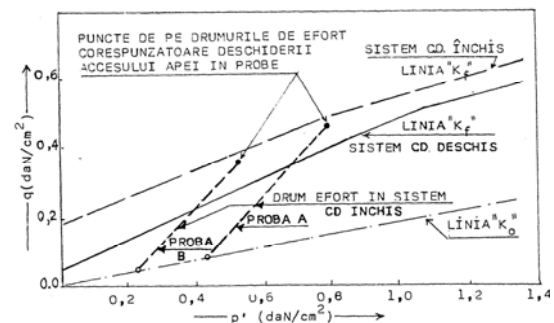


Figura 22

Urmărind cele prezentate anterior și reproducând în laborator condițiile intervenite prin umezirea accidentală a terenului de fundare de la blocul menționat, două probe de argilă de Bahlui A și B (figura 22) au fost supuse unor încercări speciale de compresiune triaxială cu efort impus și deformare măsurată caracterizate prin următoarele faze:

- stadiul de consolidare sub eforturi unitare corespunzătoare adâncimii de la care au fost recoltați monoliții

- stadiul de forfecare în sistem C.D. închis, cu menținerea efortului unitar  $\sigma_3$  constant și creșterea efortului unitar  $\sigma_1$  până la manifestarea dilatanței, urmărindu-se ca drumurile de efort să depășească înfășurătoarea Mohr-Coulomb corespunzătoare cedării probelor supuse forfecării în contact permanent cu o sursă de apă liberă (sistem C.D. deschis, deci după stabilizarea deformațiilor aferente ultimului pas pe drumul de efort), probele de argilă

structurală de Bahlui încercate nu erau cedate, în schimb aveau sistemul fisural deschis în anumite zone, ca urmare a manifestării dilatanței

- punerea în contact a probelor având deformația axială stabilizată cu o sursă de apă liberă prin umezirea pietrei poroase de la bază și a fâșiilor de hârtie de filtru de pe suprafața ei laterală

În figura 23 și 24 se constată cum sub eforturi unitare deviatorice și sferice constante, cu deformație specifică axială stabilizată, prin umezirea probelor, reîncepe procesul de cedare, însoțit de creșterea deformațiilor care continuă întâi lent apoi accelerat până la rupere.

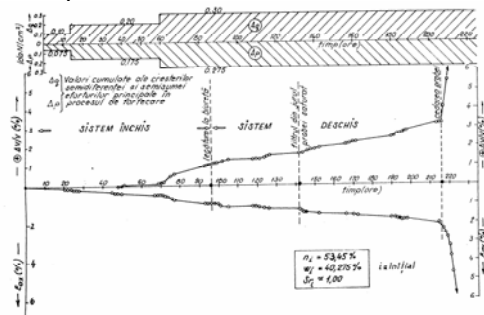


Figura 23

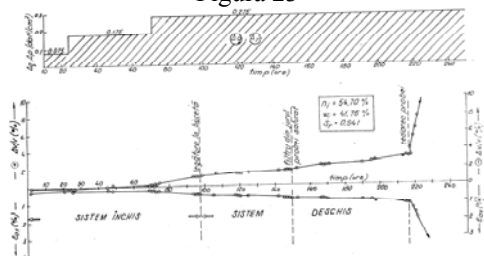


Figura 24

Rezultatul acestei încercări speciale demonstrează că pentru zona aflată la un anumit stadiu de deformare a pământului, cu manifestarea dilatanței, aportul apei este semnificativ la declanșarea unui proces de deformare neamortizată până la ruperea prin forfecare a pământului.

Rezultă că în cazul argilelor cu macrostructură glomerulară, datorită prezenței agregatelor, în contact strâns pe fețele lustruite ale microfisurilor, se manifestă dilatanța la deformarea prin forfecare, dependentă ca intensitate de mărimea efortului sferic.

Dacă în faza în care se manifestă dilatanța, zona în cauză unde s-au dezvoltat eforturi tangențiale, este inundată, apa pătrunde datorită sucțiunii create și este reținută pe fețele destinate ale

discontinuităților structurale. Acestea își schimbă locul, consistența și pământul cedează prin forfecare, datorită reducerii rapide și drastice a coeziunii și frecării aparente. Acest mod de rupere prin forfecare, sub solicitare constantă, numai ca urmare a umezirii, pune în evidență o sensibilitate la umezire a argilelor cu macrostructură glomerulară în timpul procesului de forfecare, sub eforturi unitare tangențiale constante.

### 5. Modelul hiperbolic utilizat în cazul pământurilor dilatante

Modelul hiperbolic face parte din categoria modelelor elastic-nelineare și a fost dezvoltat pentru a fi utilizat în analiza incrementală a stării de eforturi și deformații din pământuri. La fiecare treaptă incrementală a unei astfel de analize, comportarea pământului este tratată ca fiind liniară, relațiile dintre eforturi și deformații fiind guvernate de legea lui Hooke generalizată, care în cazul stării plane de deformații capătă forma:

$$\begin{Bmatrix} \Delta\sigma_x \\ \Delta\sigma_y \\ \Delta\tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{3 \cdot B}{9 \cdot B - E} \cdot \begin{bmatrix} (3 \cdot B + E) & (3 \cdot B - E) & 0 \\ (3 \cdot B - E) & (3 \cdot B + E) & 0 \\ 0 & 0 & E \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \Delta\epsilon_x \\ \Delta\epsilon_y \\ \Delta\gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (12)$$

în care:

$\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_z$  sunt incrementele eforturilor unitare normale

$\Delta\tau_{xz}$  este incrementul efortului unitar tangențial

$\Delta\epsilon_x$ ,  $\Delta\epsilon_z$ ,  $\Delta\gamma_{xz}$  au semnificații similare cu cele de sus însă pentru cazul deformațiilor specifice

$E$  și  $B$  sunt modulul lui Young respectiv modulul deformației volumice.

Modelul pleacă de la observația că relația efort-deformație într-o încercare triaxială cu  $\sigma_3$  constant (figura 25) poate fi pus sub forma unei hiperbole având ecuația:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\epsilon_{ax}}{\frac{1}{E_1} + \frac{\epsilon_{ax}}{(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}}} \quad (13)$$

unde,  $E_1$  este modulul tangent inițial în originea sistemului de axe, al curbei efort-deformație iar  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$  este asimptota orizontală a hiperbolei. Valorile parametrilor  $E_1$  și  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$  pentru o curbă efort-deformație dată pot fi obținute, dacă expresia (13) se rescrie sub forma (14) și se reprezintă grafic în sistemul de axe din figura 25b unde sunt redată și semnificațiile parametrilor  $a$  și  $b$  care reprezintă

tăietura în origine, respectiv panta dreptei.

$$\frac{\varepsilon_{ax}}{\sigma_1 - \sigma_3} = \frac{1}{\varepsilon_i} - \frac{\varepsilon_{ax}}{(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}} \quad (14)$$

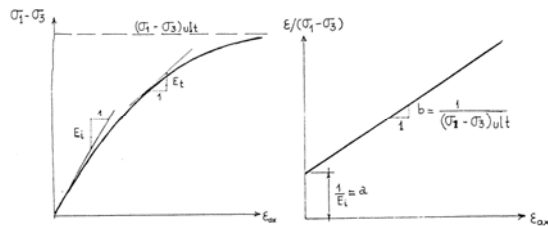


Figura 25

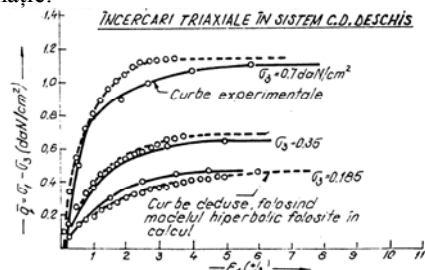
Evaluarea coeficienților  $k_E$  și  $n_E$  care definesc variația modulului tangent inițial  $E_i$  cu presiunea  $\sigma_3$  cu relația lui Janbu

$$E_i = k_E \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n_E} \quad (15)$$

se face determinând  $E_i$  din fiecare încercare și reprezentându-le într-o diagramă dublu logaritmică. În relația de mai sus  $p_a$ , presiunea atmosferică este introdusă pentru a face conversia unităților de măsură utilizate dintr-un sistem de unități în altul mai convenabil. Cu parametrii determinați până în această fază, curbele experimentale sunt approximate prin relații analitice cu alte curbe pe care în orice punct se poate defini modulul de elasticitate, definit ca tangenta curbei  $(\sigma_1 - \sigma_3)$  cu  $\varepsilon_i$  (figura 25a) conform relației:

$$\varepsilon_i = \left[ 1 - \frac{R_f \cdot (1 - \sin \phi) \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)}{2 \cdot c \cdot \cos \phi + 2 \cdot \sigma_3 \cdot \sin \phi} \right]^2 \cdot k_E \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n_E} \quad (16)$$

Ca exemplu în figura 26 se prezintă curbele obținute pentru încercările de tip C.D. efectuate în sistem deschis pe argila de Bahlui. Se observă diferența mică dintre curbele experimentale și cele teoretice deduse admitând legea hiperbolică de efort-deformație.



Pentru a utiliza însă relația (12) se observă însă

că mai este nevoie de determinarea modulului de deformație volumică,  $B$ .

Ținând seama de semnificația fizică a acestui modul și de faptul că în Teoria Elasticității reducerea volumului este datorată numai efortului mediu sferic, care în cazul încercării triaxiale are expresia  $\bar{p} = (\sigma_1 + 2 \cdot \sigma_3) / 3$ , determinarea concretă a modulului de deformație volumică  $B$ , în cazul pământurilor macrostructurate dilatante are în vedere relația:

$$\frac{\Delta V}{V} = \left( \frac{\Delta V}{V} \right)_s + \left( \frac{\Delta V}{V} \right)_D \quad (17)$$

în care:  $\left( \frac{\Delta V}{V} \right)_s$  este componenta variației totale

volumice,  $\frac{\Delta V}{V}$ , datorată efortului mediu,

înregistrată ca urmare a deformării prin compresiune a structurii pământului, dependentă categoric de umiditate și de nivelul de efort sferic

$\left( \frac{\Delta V}{V} \right)_D$  este umflarea mecanică datorată

zdrobirii care este dependentă de efortul sferic și în special de efortul deviator  $\bar{q} = \sigma_1 - \sigma_3$

În acord cu Teoria Elasticității valoarea modulului de deformație volumică în cazul micilor deformații este definită de relația:

$$B = \frac{\Delta \sigma_1 + \Delta \sigma_2 + \Delta \sigma_3}{3 \cdot \Delta \varepsilon_v} \quad (18)$$

în care:  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  sunt incrementele valorilor eforturilor unitare principale, iar  $\varepsilon_v$  este variația deformației specifice volumice.

Pentru cazul încercărilor triaxiale uzuale, pe drumuri de efort cu presiunea  $\sigma_3$ , relația de mai sus devine:

$$B = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{3 \cdot \Delta \varepsilon_v} \quad (19)$$

Pentru că fizic dilatanța se manifestă ca o consecință a macrostructurii particulare apământului dar direct legată de intensitatea stării de eforturi s-a plecat de la ideea descompunerii tensorului real,  $T_{\varepsilon}$ , al deformațiilor specifice în trei componente, conform relației:

$$T_{\varepsilon}^* = \frac{1}{2 \cdot G} \cdot D_{\sigma} + \frac{1}{3 \cdot B} \cdot T_{\bar{p}} + \frac{1}{3 \cdot H} \cdot T_{\tau_{oct}} \quad (20)$$

unde:

$G$  este modulul de forfecare

$D_\sigma$  este deviatorul eforturilor unitare dintr-un punct al corpului elastic

$H$  este modulul de dilatanță

$T_p$  este tensorul sferic al eforturilor unitare

$$T_{oct} = \begin{pmatrix} \tau_{oct} & 0 & 0 \\ 0 & \tau_{oct} & 0 \\ 0 & 0 & \tau_{oct} \end{pmatrix} \quad (21)$$

Suma primilor doi termeni ai relației (20) reprezintă, conform Teoriei Elasticității, tensorul deformațiilor specifice  $T_\sigma$ , iar cel de-al treilea termen, se referă tocmai la tensorul deformațiilor specifice de dilatanță, datorate efortului unitar tangențial octaedric dat de relația:

$$\tau_{oct} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (22)$$

în cazul încercărilor de compresiune triaxială.

Expresia de calcul corespunzătoare modulului de dilatanță  $H$  utilizând modelul hiperbolic este:

$$H = \left[ 1 - \frac{3 \cdot \tau_{oct} \cdot R_{f2} \cdot (1 - \sin \phi)}{\sqrt{2} \cdot (2 \cdot c \cdot \cos \phi + 2 \cdot \sigma_3 \cdot \sin \phi)} \right]^2 \cdot k_H \cdot \left( \frac{\Delta \bar{p}}{p_a} \right)^{n_H} \quad (23)$$

În felul acesta cunoscând și modulul de dilatanță  $H$ , corecția de dilatanță,  $D_c$ , este complet determinată urmând a fi aplicată izotrop eforturilor unitare.

Corecția de dilatanță,  $D_c$ , are semnul minus deoarece creșterea mecanică a volumului reprezintă echivalentul unei reduceri a eforturilor unitare de compresiune.

În figura 27 se prezintă modul de determinare al corecției de dilatanță asupra eforturilor unitare normale.

Concret pentru aplicarea acestei corecții și în contextul utilizării modelului hiperbolic, s-a plecat de la curbele  $\bar{p} \div (\Delta V/V)$  pentru încercările triaxiale de tip C.D. efectuate în sistem închis (când s-a manifestat dilatanța) și prelucrându-se numai zona corespunzătoare umflării mecanice, în sistemul de axe  $\tau_{oct} \div (\varepsilon_V)_D$  pentru diverse creșteri  $\Delta \bar{p}$ , ale efortului unitar mediu, pe parcursul drumurilor de efort, s-au obținut curbele din figura 28. Plecând de la aceste curbe și folosind tehnica de lucru descrisă anterior pentru prelucrarea rezultatelor încercărilor triaxiale în vederea utilizării modelului hiperbolic, s-au obținut parametrii  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $k_H$ ,  $n_H$  și  $R_{f2}$  (figura 29).

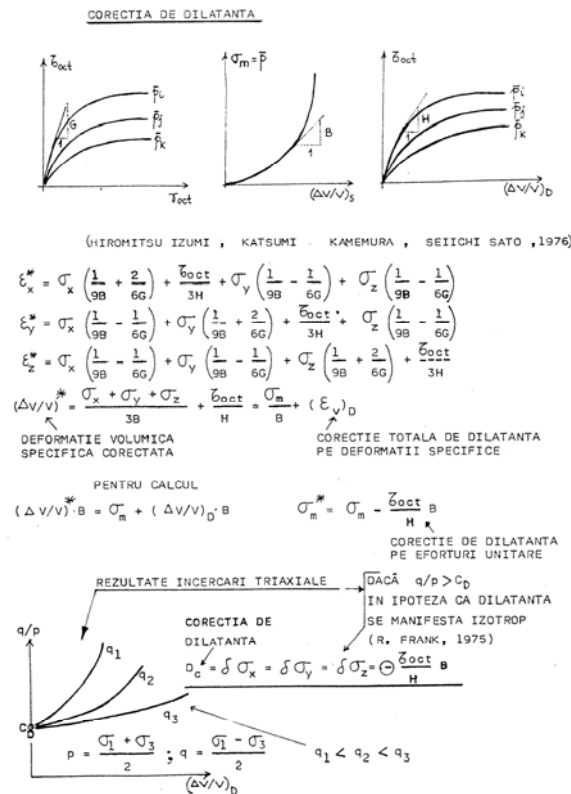


Figura 27

De regulă, la pământuri, din încercări triaxiale uzuale rezultă o dependență exponențială a valorii modulului  $B$  cu valoarea presiunii laterale  $\sigma_3$  exprimate analitic prin relația:

$$B = k_B \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n_B} \quad (24)$$

unde:  $k_B$  și  $n_B$  sunt coeficienții modulului volumic  $p_a$  este presiunea atmosferică exprimată în aceleași unități ca  $\sigma_3$  și  $B$ .

Pentru calculul practic forma relației de mai sus a permis determinarea constantelor  $k_B$  și  $n_B$  prin reprezentările redată în figura 30.

În figura menționată, în cazul probelor încercate în sistemul C.D. închis care au manifestat umflări mecanice, constantele sunt notate cu  $k_{Bs}$  și  $n_{Bs}$  tocmai pentru a sublinia că modelul hiperbolic, ca model elastic neliniar, nu ține seama de dilatanță.

1.a) În cazul pământurilor contractante chiar pentru umidități apropiate de saturație fundațiile directe prezintă tasări de poansonare.

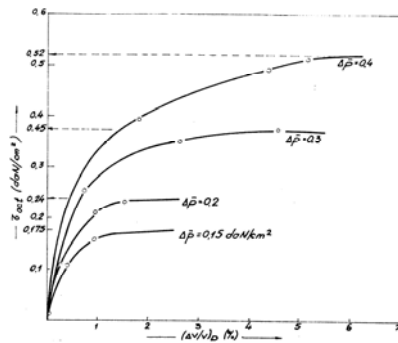


Figura 28

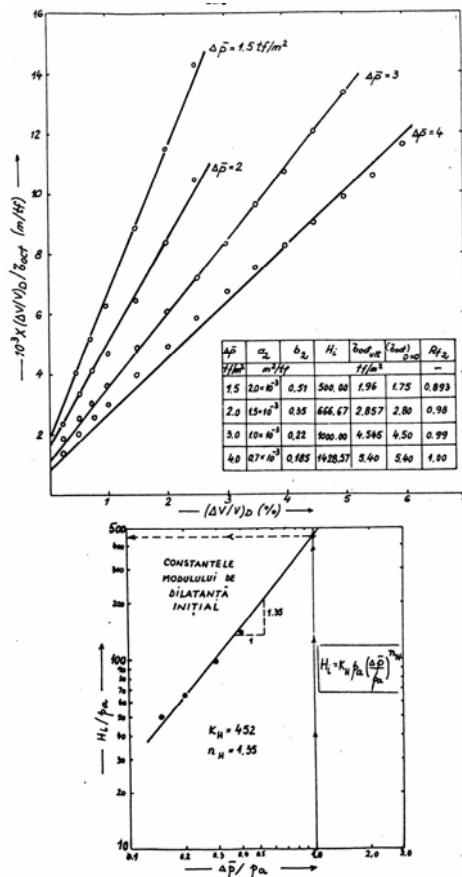


Figura 29

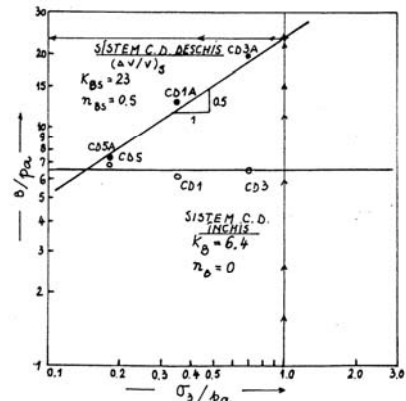


Figura 30

## 6. Introducerea comportării dilatante în cadrul algoritmului MEF și rezultate

Practica lucrărilor de fundații a pus în evidență existența a două tipuri caracteristice de pământuri cu macrostructuri specifice, cu o largă răspândire, și anume:

1. pământuri macroporice afânate care prezintă reduceri importante de volum la forfecare sau contractanță
2. pământuri glomerulare, îndesate, care manifestă umflări mecanice la forfecare, adică dilatanță

Pământurile macroporice sunt pământuri cu o macrostructură contractantă, categorie din care fac parte loessurile și umpluturile constituite din pământuri argiloase plastice slab compactate. Argilele glomerulare sunt pământuri cu o macrostructură specifică, care conferă acestora, ca urmare a manifestării dilatanței, o sensibilitate la umezire sub solicitări de compresiune și forfecare.

Studiul întreprins furnizează, pentru cele două categorii de pământuri cu macrostructuri specifice, elementele de bază și metodologia de stabilire prin proiectare a unor măsuri care să anuleze efectele variației de volum la forfecare și prin aceasta, să elimine efectele unor tasări mari, în cazul pământurilor contractante, sau a unor fenomene de cedare provocate prin depășirea rezistenței la forfecare în cazul pământurilor dilatante. Astfel:

1.b) studiul zonei active de poansonare folosind rezultatele unor încercări pe fundații rigide directe la scară redusă și la scară naturală a pus în evidență modul specific de distribuție al deformațiilor volumice diferit de cel presupus în schemele uzuale de calcul al tasărilor

1.c) pentru calculul presiunilor de contact între teren și fundație și a tasărilor pentru pământurile macrostructurate se recomandă folosirea modelului Winkler neliniar cu înglobarea teoriei generale a poansonării

1.d) parametrii utilizați în teoria generală a poansonării, se determină prin prelucrarea rezultatelor unor încercări cu placa pe amplasament, respectiv prin încercări triaxiale cu efort impus și deformație măsurată de tip consolidat drenat, utilizând drumuri de solicitare de încărcare și determinând variația deformației volumice specifice cu intensitatea eforturilor unitare sferice și deviatorice

1.e) metoda de calcul propusă, verificată pe blocuri experimentale, este un instrument de evaluare a efectului poansonării și de estimare a reducerii valorilor tasărilor prin mărirea adecvată a suprafeței de fundare; suprafețele suplimentare de fundare, adăugate în vederea reducerii tasării de poansonare, pot fi repartizate astfel încât să se introducă în structură eforturi secționale globale de încovoiere, cu întindere la partea inferioară, parte la care construcția poate dispune de armătura introdusă în elementele de consolidare.

2.a) determinarea parametrilor mecanici ai acestei categorii de pământuri, trebuie să se facă prin încercări triaxiale cu efort impus și deformație măsurată pe drumuri de solicitare compatibile cu acelea ce intervin în realitate; se va utiliza metodologia descrisă în lucrarea de față pentru a determina parametrii de calcul ai dilatanței precum și valorile parametrilor rezistenței la forfecare corespunzător acțiunii unei surse de apă liberă în condițiile manifestării sujeciunii prin dilatanță.

2.b) în vederea simulării prin calcul a comportării acestor argile sub solicitări mecanice, prelucrarea rezultatelor se face în concordanță cu modelul de calcul ales; studiul prezentat susține folosirea modelului hiperbolic care are un număr redus de constante cu o semnificație fizică clară, ale căror

valori pot fi determinate prin trei încercări triaxiale; pentru argilele glomerulare este indicat acest model și pentru că permite introducerea corecției de dilatanță.

2.c) în lucrare se arată că studiul stării de eforturi și deformații produse în argilele glomerulare de lucrările ingineresti, poate fi făcut cu metoda elementului finit utilizând modelul hiperbolic cu introducerea dilatanței printr-o subrutină specializată; în acest fel se obține conturul zonei în care se manifestă dilatanța care constituie o zonă critică în situația în care este posibil accesul apei prin efectul sujeciunii.

2.d) prelucrarea și interpretarea rezultatelor calculului pentru determinarea conturului zonei de manifestare a dilatanței, dă elementele necesare pentru stabilirea și dimensionarea următoarelor lucrări, în vederea îmbunătățirii capacității portante a terenului de fundare:

- executarea unor piloți din materiale absorbante cum ar fi varul nestins eventual în amestec cu ciment, în zona de manifestare intensă a dilatanței; scopul lor este de a anula umflarea mecanică și a crea zone cu material consolidat cu rezistență mare la forfecare, neinfluențată de acțiunea apei

- schimbarea stării de tensiuni în zona dilatanță pentru reducerea eforturilor de forfecare și implicit în mod corespunzător anularea umflării mecanice prin execuția unei suprafețe de fundare suplimentare care să transmită o suprasarcină locală terenului solicitat.

## 7. Bibliografie

- [1] Atkinson J. – An introduction to the mechanics of soils and foundation through critical state soil mechanics, McGraw-Hill Book Company, 1993
- [2] Bjerrum L. – Progressive failure in slope of overconsolidated plastic clay and clay shales, N.G.I. publ., no. 77, 1968
- [3] Botea E., Stănculescu I., Bally R.J., Antonescu I. – Loessoidal collapsible soils as foundation ground in Romania. The Commission of Soil Mechanics and Foundation Engineering of the National Council of Engineers and Technicians, 1968

[4] Chirică A. – Punching settlement of shallow foundations on loessial soils, Proceeding of the Second International Seminar on S.M.F.E. of Iran, 1993

[5] Chercasov I.I – The rezidual deformations caused by the deep penetration of a rigid plate into a brittle porous material, Proc. Of the international conference on soil mechanics, 1967

[6] Cosovliu O. – Probleme de geotehnică și fundații specifice construcțiilor de locuințe și social culturale din zona Galați, A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987

[7] Clough W.R. – The finite element method in plane strain stress analysis, Proceeding 2<sup>nd</sup> ASCE Conference on Electronic Computation, Pittsburg, pp 345-377

## Particularități ale silozurilor dunărene

Ana Maria GRAMESCU

*Universitatea "Ovidius", Constanța, Constanța, 8700, România*

**Abstract** The paper shows the design development concerning the execution of the grain silos, for infrastructure and superstructure from both constructive point of view as well as the process unit point of view.

The paper presents details about silos built in the Danubian harbours and specialty constructions required in assuring transportation from the river to the silo.

**Keywords:** Silo, specialty constructions, agriculture.

Din cele mai vechi timpuri, pentru conservarea cerealelor se foloseau vase din piatră sau "chiupuri" din lut de o formă conică pe care le îngropau în pământ.

Primele silozuri sunt cunoscute sub denumirea de "teou-rile chinezești" care ar data din 2000 a.Cr.

Pe timpul civilizației chaldene egiptene, elene și romane conservarea cerealelor se făcea în cisterne zidite (legenda lui Iosif în Egipt), cisternele din Foggia (Italia) sau chiupuri de lut (găsite la palatul regelui Minos din Creta 1500 a.Ch. – fig. 1).



**Fig. 1 Chiupuri din lut**

Mai târziu în Europa, se utilizau gropi săpate în piatră (Spania – astfel de gropi cu o capacitate de 250 to) sau magazii zidite servind drept antrepozite pentru comercianții greci, fenicieni, venețieni și genovezi.

Abia în sec. XV s-au făcut primele silozuri sistematice din lemn și apoi din zidărie (magazii cu

etaje), întrebuițându-se instalații mecanice, elevatoare cu cupe pentru manipularea cerealelor.

Silozuri celulare s-au construit în Canada și America în 1883 din beton armat (silozuri colectoare) care aveau funcțiunea de a primi cerealele din silozurile locale construite din lemn (fig. 2,3,4)

În aceeași perioadă s-au construit și în Europa – Rusia, Anglia și Germania (fig. 5,6).

În România în urma unui raport întocmit de Inspector general Duca în 1884 se hotărăște amplasarea unor silozuri în Brăila-Galați, zonă reprezentativă pentru grâнарul țării. Astfel, s-a vizat în cadrul acestui raport și capacitatea unui bloc de silozuri la 25.000 to. Tot prin acest raport se menționa necesitatea extinderii blocurilor ca număr în special pentru Brăila. Silozul constă dintr-un singur corp de clădire de 120 m lungime și 30 m lățime (fig 11), înălțimea deasupra terenului fiind de 18,14 m, iar fundația se coboară la – 9,50 m sub nivelul cheului (fig 12). Privit din exterior distingem trei părți: o parte centrală și două anexe laterale (fig 11). La interior se pot deosebi patru tronsoane: tronsonul central este ocupat de 336 celule hexagonale din care 185 au o capacitate de aprox. 100 to iar restul câte 50 to; părțile extreme conțin instalații pentru transportul pe verticală al cerealelor și al patrulea tronson este destinat instalației de curățire.

Fundația este realizată pe piloți. Încărcarea deosebit de mare pe care o dau aceste construcții terenului, combinată cu regimul diferențiat de încărcare al celulelor în plan au condus la concluzia

necesității amplasării silozului pe un radier de 1,5 m grosime. Acest radier se descarcă pe o rețea de piloți de 12 m lungime amplasați la o distanță medie de 80 cm. Radierul se compune din două straturi: un strat de 1,2 m grosime, realizat din beton cu ciment slab și un strat de 30 cm grosime realizat din beton de calitate superioară, cu grad ridicat de impermeabilitate pentru a împiedica pătrunderea apelor freatice. Având în vedere greutatea excesivă a celulelor pe radier s-a prevăzut ridicarea unor picioare din beton armat pentru tunele și deasupra s-au montat grinzi metalice, astfel ca eforturile să nu

depășească 1 N/mm<sup>2</sup>. Pentru obținerea unei rigidități mai bune s-au înglobat acestea într-o placă din beton armat de 25 cm grosime. În anul 1887 a început să se răspândească un sistem care utiliza rezistența la compresiunea a betonului și rezistența la tracțiune a armăturii. Sistemul s-a numit Monier, cunoscut mai târziu ca beton precomprimat (fig. 10). Pentru pereții despărțitori ai silozului, soluția era deosebită dând o suplețe mai mare elementelor de construcție și o rezistență mai mare la acțiunea de împingere a grânelor. Totodată, pereții deveneau mai rezistenți la efectele de tasare care apăreau.

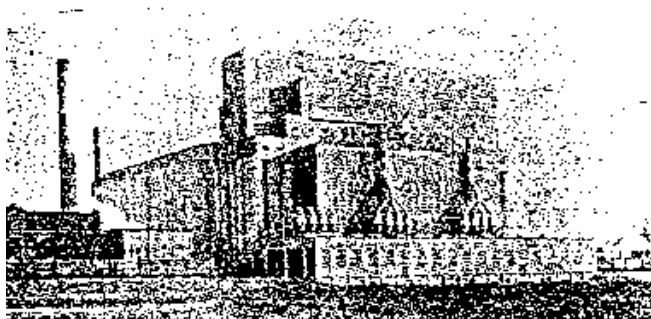


Fig. 2 Silozul North Western – Chicago construit în 1917 cu o capacitate de 270.000 to

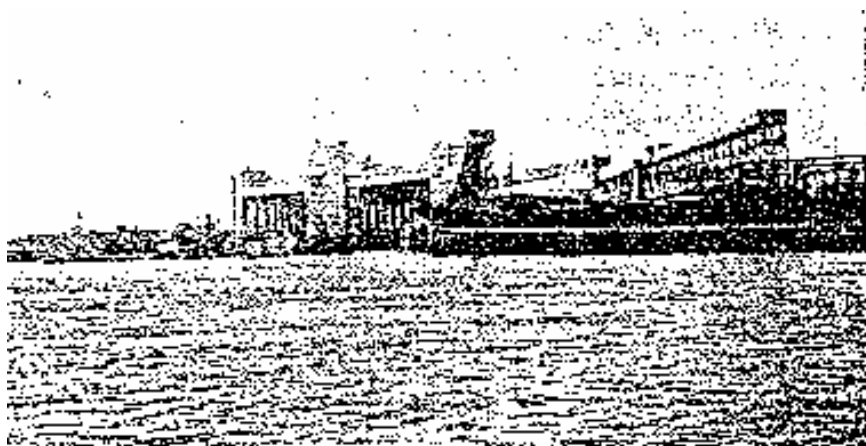


Fig. 3 Siloz din Montreal construit în 1927 cu o capacitate de 140.000 to

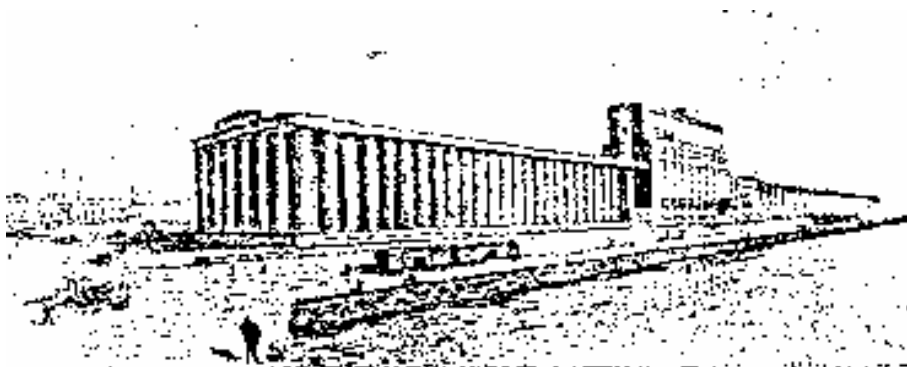


Fig. 4 Silozul terminal din Buenos Aires (Argentina)

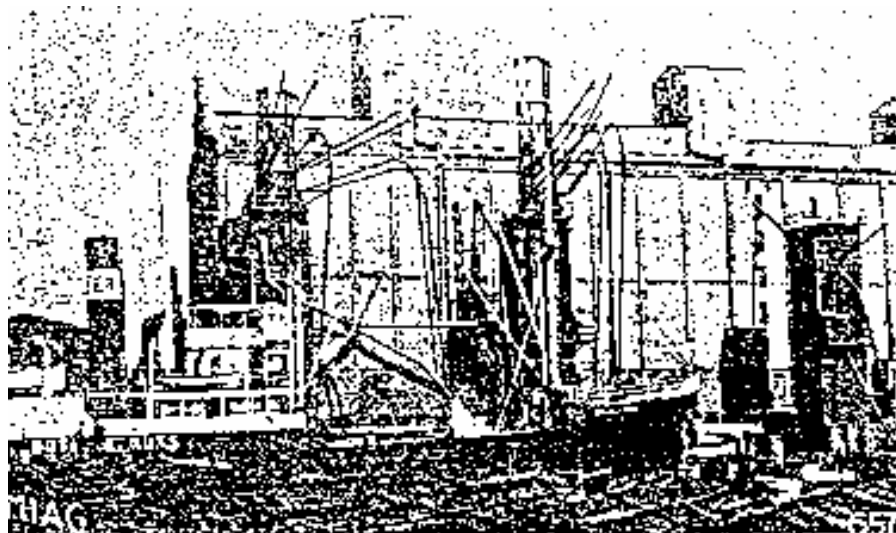


Fig. 5 Silozul de primire din portul Hamburg capacitate 200.000 to



Fig. 6 Silozul de primire din portul Napoli – Capacitate 80.000 to

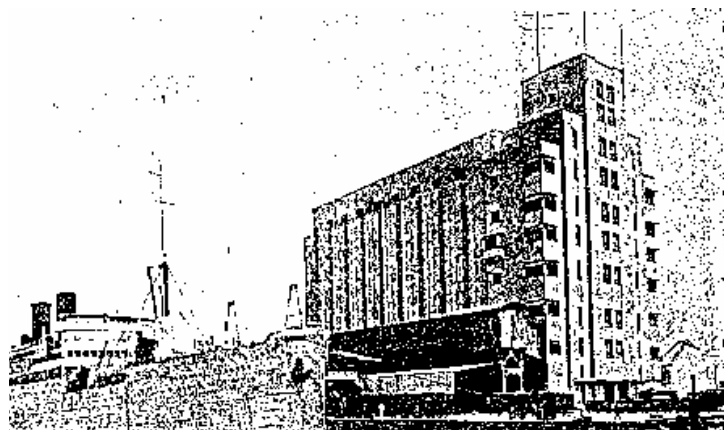


**Fig. 7 Silozul din Casablanca**

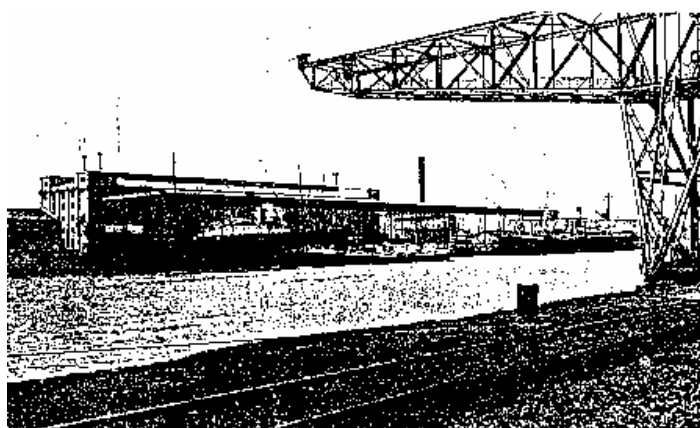


**Fig. 8 Docul și silozul din portul Brăila**

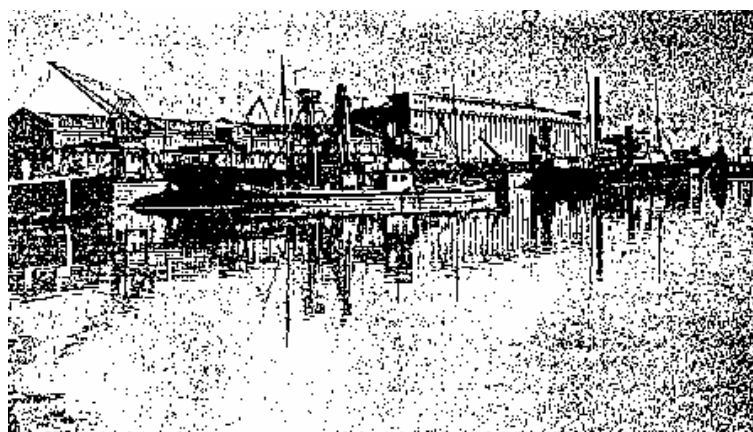


**Fig. 9 Docul și silozul din portul Galați**

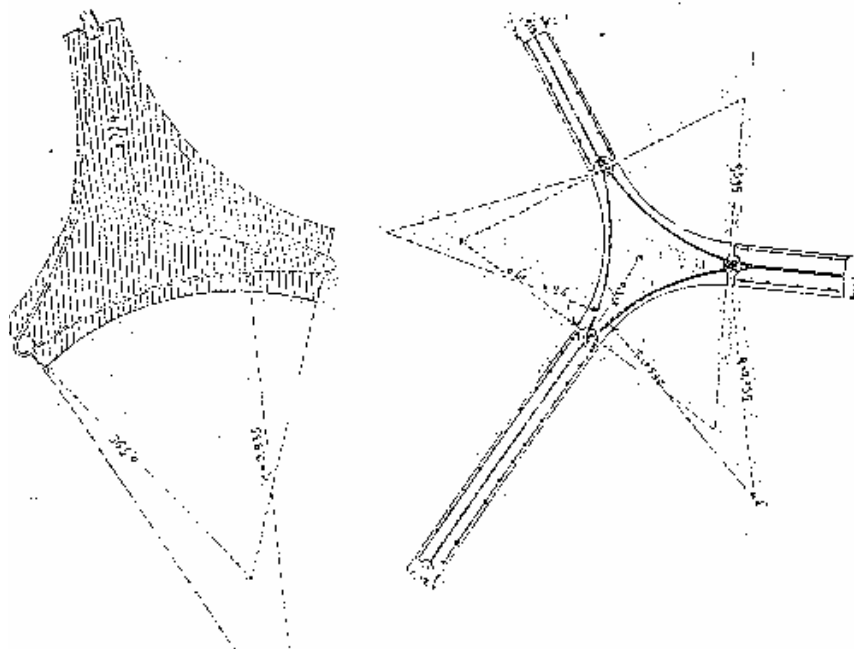


Fig. 10 Sistemul Monier – secțiune orizontală

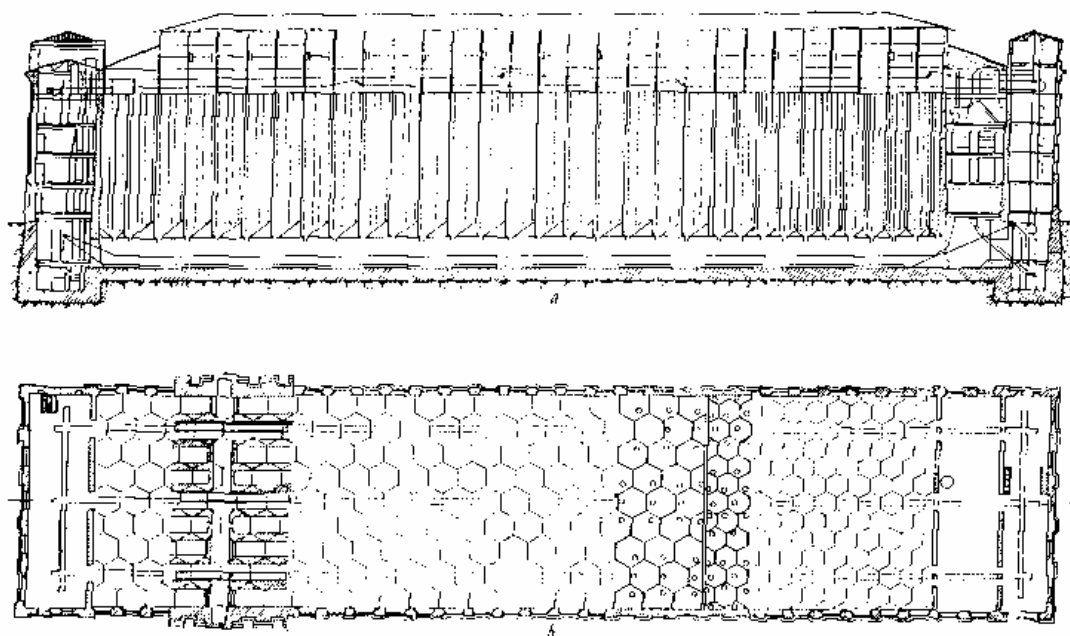


Fig. 11 Silozuri construite in Brăila, Galați; a) secțiune longitudinală; b) transversală

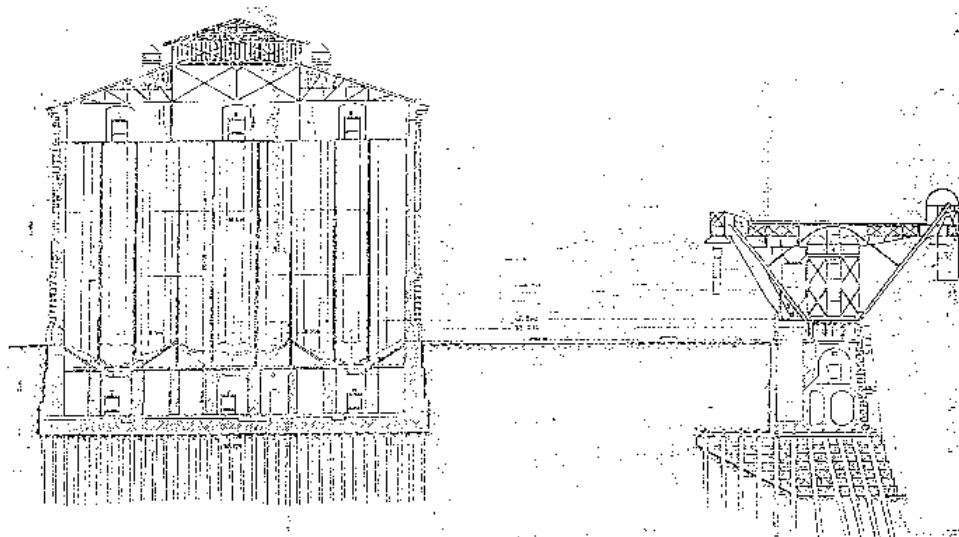


Fig. 12

Importanța tehnologiei de realizare a fost deosebită dat fiind faptul că se utilizează inele prefabricate turnate la sol și cu un scripete cu rapor. Fundul silozurilor s-a executat din beton armat întins

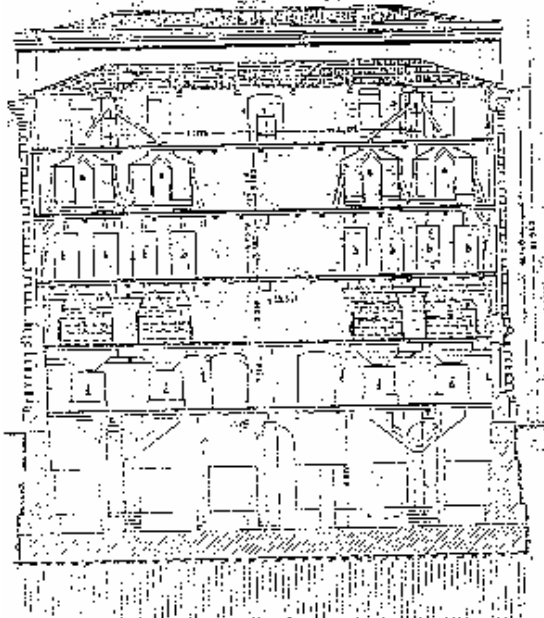


Fig. 13 Secțiune transversală

deasupra unei umpluturi din nisip și mortar slab, prin care trec tuburile din fontă pentru evacuarea grânelor (fig. 13).

La zidăria exterioară s-a utilizat un mortar de var gras. Construcția cornișei mari este realizată din ipsos saturat cu sulfat de fier.

Acoperișul cu structură metalică are îmbinări prin nituri și cu învelitoare din tablă ondulată galvanizată.

Construcția silozului este prevăzută un tunel situat sub cota terenului natural, tunel care leagă subsolul silozului de tunelul care se află sub cheu (fig 12). Tunelul are o structură din beton ce descarcă pe bolți la fundații izolate. Fundațiile izolate sunt realizate pe piloți (fig 12).

Instalația mecanică a silozului are ca scop manipularea materialului în silozat și constă din următoarele operații:

- linie CF prin care ajung vagoanele în dreptul silozului, se cântăresc și se descarcă;
- sistem de descărcare al grânelor aduse pe șlepuri, cântărire și preluarea acestora prin tunelul cheiului;
- încărcarea grânelor, cântărirea și încărcarea în vagoane, șlepuri, mijloace auto;
- curățirea și ventilarea produselor stocate.

Pentru realizarea acestor instalații la timpul respectiv s-au supus analizei două oferte de proiecte și anume:

- firma Armstrong din New Castle ;
- firma G. Luther din Brunswick

Proiectul primei firme utiliza ca forță motrice apa sub presiune pe când proiectul celei de-a doua firme utiliza transmisia prin cabluri. Din analizele efectuate, s-a constatat că varianta propusă de firma G. Luther era mai sigură și mai economică fapt pentru care s-a aplicat.

Instalația mecanică era prevăzută cu următoarele componente:

1. *Instalația pentru transportul orizontal* al grânelor compusă din benzi transportoare. În proiectul lui G. Luther în care s-a aplicat banda transportoare avea două ramuri : una superioară și alta inferioară utilizate concomitent. Banda transportoare avea o lățime de 0,6 m era realizată din cauciuc, mișcarea efectuându-se pe role metalice amplasate la distanțe de 2 m.

2. *Instalația pentru transportul vertical* al materialelor stocate – elevatoare. Elevatorul utilizat era cu godeuri realizate din oțel și protejate de o cămașă din tablă. Materialul ajuns la partea superioară a turnului se depunea pe benzile transportoare ce alimentau celulele.

3. *Aparate ce servesc pentru cântăritul cerealelor*. Acestea erau construite pe principiul balanței automate de Reuther și Reisent, operațiunea de cântărire fiind continuă și automată.

4. *Aparate pentru curățirea grânelor*. Aceste aparate constau din: sită orizontală cu tarar pentru separarea grânelor de impurități și sită cilindrică în vederea separării grânelor de neghină.

5. *Instalație de uscare a grânelor*.

6. *Instalație de transport orizontal al grânelor de la siloz la che*, care era constituită din 13 benzi transportoare, dispuse fie pe celule, fie în tunelul transportor ce conduc la cheu, distribuția acestora fiind:

- 3 benzi transportoare amplasate deasupra planșoului de peste celulele silozului,
- 3 benzi transportoare amplasate în subsolul clădirii,
- 2 benzi transportoare amplasate transversal pe clădire,

- 4 benzi transportoare amplasate transversal în subsolul clădirii care subtraversau până la tunelul de sub cheu,
- 1 bandă longitudinală amplasată în tunelul cheului.

Încărcarea benzilor transportoare amplasate în subsolul construcției se face astfel: prin tuburile din fontă existente în partea inferioară a celulelor se face descărcarea în 3 cărucioare metalice de forma unor rezervoare cu roți ce circulă pe longrinele suportului benzii transportoare.

Elevatoarele au următoarea distribuție:

- câte un elevator la colțurile clădirii cu destinație specifică înmagazinării indiferent dacă până la ele ajungeau cu trenul, mașina sau alt mijloc,
- 2 elevatoare pentru instalația de curățire.

O atenție sporită s-a acordat eliminării situației probabile de a ajunge apa din infiltrații la elevatoare. În acest sens, s-a adoptat ca soluție realizarea unei cutii din tablă etanșă cu înălțimea de 0,75 m în care să fie amplasate picioarele elevatoarelor.

Elevatoarele montate în exterior constituie aparate auxiliare silozului, cu ajutorul cărora se încarcă sau se descarcă grânele în nave și le trimit în siloz.

Fiecare port dunărean era prevăzut cu 2 elevatoare exterioare din care unul este telescopic.

La fiecare colț al construcției s-a prevăzut câte un cântar amplasat pe linia CF ce mărginește de o parte și de alta clădirea siloz.

O atenție deosebită se acordă colectării prafului din grâne. Praful care provine din tarare este de natură vegetală și constituie un element deosebit de periculos deoarece poate da naștere la explozii. Silozul este dotat cu instalații de colectare a prafului în camere amplasate sub acoperiș, pe pereții transversali. Camerele de praf sunt golite manual.

Se precizează că conductele de praf sunt deservite de ventilatoare.

Silozul prezintă și o instalație de ventilare a grânelor constând din "pălării" din fontă prin care pătrunde aerul sub presiune. Plăcile ce acoperă silozurile prezintă găuri pentru a permite evacuarea aerului.

Procesul tehnologic era următorul:

Un tren încărcat cu grâne în dreptul bifurcării (ac) se separa în două: 1/ 2 din garnitură pentru linia din fața silozului special construită și 1/ 2 din

garnitură pe cea din spatele construcției. Aici urma din nou separarea în jumătate astfel ca să revină fiecărui colț al clădirii silozului câte un sfert din garnitura pentru a se descărca mai ușor și cu întreaga capacitate a silozului. Acesta a fost și scopul realizării liniei CF de o parte și de alta pe lungimea clădirii silozului. Vagoanele sunt conduse pe rând la cele 4 balanțe amplasate pe colțul clădirii în dreptul liniei CF și descărcate în ele. Grânele descărcate ajung la picioarele elevatorilor situate la colțurile clădirii și sunt dirijate pe benzile transportoare. Capacitatea celor 4 elevatori era de 600 to/oră, astfel că într-o oră se puteau descărca 60 de vagoane, dar în realitate procesul de descărcare cerea un timp suplimentar. Ca o măsură pentru creșterea productivității la timpul respectiv s-au realizat vagoane noi cu descărcare laterală.

Când grânele soseau cu șlepurile pe Dunăre, erau descărcate din acestea cu ajutorul elevatorilor exteriori, telescopice, treceau prin balanțe și apoi ajungeau pe banda transportoare din tunelul cheului, din rezervorul ce se afla sub balanțe. Această bandă transporta grânele și le descărca la piciorul unuia din cele 4 elevatori dispuse la colțurile construcției la partea interioară.

Scoaterea grânelor din siloz se făcea astfel: prin deschiderea clapetei celulelor silozului, grânele curg pe una din benzile longitudinale inferioare și sunt transportate până la anexe (turnurile elevatorilor) unde sunt descărcate pe benzile transportoare care merg până la cheu și care sunt primite de banda care le descarcă în unul din rezervoarele ce se află în spatele cheului. Din aceste rezervoare, cu ajutorul unor elevatori mobile sunt preluate și depuse prin tubul mobil, în interiorul navei după ce, în prealabil, au fost cântărite. Cantitatea ce se putea încărca într-o oră era de 300 to; deoarece în această operație fluxul grânelor era continuu, se putea profita de întregul debit al elevatorului. Uneori aceste elevatori mobile erau utilizate pentru a descărca și în vagoane.

În cazul când nu se utiliza silozul, descărcarea grânelor din vagoane în nave se făcea astfel: vagoanele erau tractate pe linia CF situată între linia CF a silozului și cheu, deasupra benzilor transportoare. Aici erau dispuse deschideri prin care

grânele se descărcau pe banda transportoare, apoi se descărcau în rezervoarele cheului, de unde erau preluate de elevatorii mobile.

Astfel, pentru perioada respectivă aceste construcții au reprezentat o realizare remarcabilă. Însă taxele mari plătite de navele care circulau pe canalul navigabil Brăila-Sulina scumpeau cerealele românești pe piețele de import (Liverpool, Marsilia, Rotterdam, în plus înghețul Dunării iarna), a determinat ca odată cu dezvoltarea portului Constanța să se construiască după 18 ani un siloz de cereale, după care au urmat încă 4 silozuri cu o capacitate de 35.000 to (fig 14)

La acea perioadă silozurile din Brăila-Galați-Constanța nu satisfăceau cerințele exportului. Uneori, rulau de 8 ori capacitatea lor totală de 140.000 to ajungând la 1.120.000 to iar în 1913 cantitatea solicitată era de 2.000.000 to.

După primul război mondial când s-au reluat acțiunile de export cereale, s-a pus problema înființării silozurilor interioare, silozuri ce urmau a prelua cantitățile de cereale din diferite zone agricole. Astfel, în anul 1928, Ministerul Agriculturii elaborează o lege pentru clasarea cerealelor și înființarea silozurilor interioare, lege care însă nu s-a aplicat. Până în 1930 s-a pus în funcțiune al 3-lea siloz din Constanța de 30.000 to, s-au făcut îmbunătățiri la silozurile din Brăila și Galați.

În 1931 Ministerul de Comunicații și cel de Finanțe hotărăsc să înceapă construcția unor silozuri locale în zonele de amplasament ale căilor ferate precum și în porturile dunărene, astfel ca mărimea investiției să nu fie așa de mare cum fusese la silozurile vechi construite de Saligny cărora le prevăzuse cale ferată proprie pentru deservire. În acest scop, Ministerul de Comunicație și cel de Finanțe trebuiau să dea un credit și să studieze posibilitatea realizării acestora. Abia în 1933 prin schimbarea guvernului noua conducere a aprobat un credit pentru începerea a 42 de silozuri interioare din cele 160 câte erau propuse. Schimbările ulterioare care au intervenit la conducerea țării au defavorizat această inițiativă fapt pentru care în 1937 problema devine acută și se elaborează o lege pentru crearea unor silozuri cu fondurile statului.

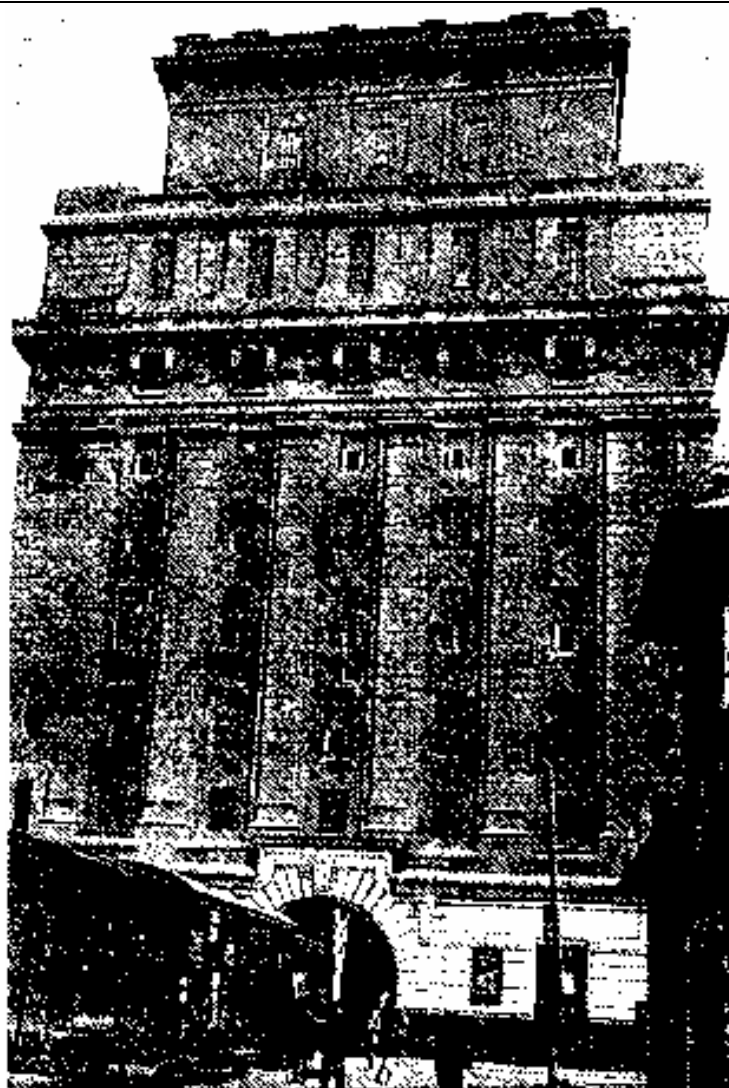


**Fig. 14 Silozurile din Constanța – vedere frontală**

La acea dată România cultiva cereale pe o suprafață de 11,5 mil. ha din total suprafață agricolă de 13,5 mil. ha. Producția de cereale în 1937 a fost de 9,7 mil. to adică 0,26% din producția mondială, iar grâul 3,7 mil. to adică 3,1% din producția mondială.

În aceeași perioadă România lua parte activă la comerțul cu cereale. Exportul se făcea prin porturile Dunărene Brăila, Galați și portul maritim Constanța,

însă nu erau asigurate spații de depozitare, nici pentru 10%.

Situația critică în care se ajunsese în acea perioadă, reclama grabnic realizarea silozurilor interioare în zonele preponderent agricole, silozuri ce se doreau a fi dotate cu instalație de manipulare, de curățire și de selecționare a produselor, precum și instalații de uscare.

Prin această măsură se dorea:

- Valorificarea cerealelor pentru consumul intern și mai ales pentru export,

- Posibilitatea obținerii unui preț mai mare pe bază de grad și warant

Silozul de la Brăila era solicitat în mod deosebit în această zonă pentru faptul că negustorii obțineau imediat un warant negociabil.

Toate afacerile erau făcute pe baza gradului de calitate. La export României i se solicita produsele pe categorii de calitate fapt pentru care crearea rețelei de silozuri interioare cu instalațiile enumerate, devenea impetuoasă. Silozurile interioare aveau să primească direct de la producători existenți pe un hinterland mic de max. 10-15 ha, urmând ca transportul de la un siloz la altul să se facă în vrac.

Astfel, se întocmesc proiectele tehnice pentru cele 60 de silozuri, cu o capacitate totală de 36.000 vag. și a căror preț era de 1500 milioane lei.

Silozurile regionale s-au realizat pe baza unor proiecte străine cât și a proiectelor întocmite de inginerii Administrației Porturilor și Comunicațiilor pe Apă (PCA).

Acestea au fost amplasate în Moldova, Dobrogea și în sudul țării, cu precădere în zonele preponderent agricole având în vedere posibilitatea racordării liniilor C.F. proprii la liniile CF existente în zonă sau pe lângă porturile dunărene.

În perioada 1939-1941 s-au realizat silozuri cu capacitatea de 4000, 5000, 6000, 8000 și 10.000 tone.

În general, aceste silozuri aveau turnul utilajelor și casa mașinilor la un capăt al bateriilor de celule. La început s-au realizat cu capacități de 4000-6000, ulterior, extinzându-se.

În principal, silozurile realizate în această perioadă au fost de tip : Suka Silo-Bau, Froment Clavier și PCA.

În porturile dunărene s-au realizat silozuri cu capacități de 8.000 – 10.000 to, în general după model Froment Clavier.

Aceste silozuri au fost realizate cu turnul mașinilor amplasat simetric față de bateriile de celule.

Acest tip de siloz are pereții celulelor realizați din beton armat (monolit sau prefabricat) .

Subsolul este cuprins între cotele – 1,90 și + 4,90 iar celulele sunt susținute de stâlpi și pereți de beton armat care îl închid. Stâlpii au secțiunea de 56 x 56 cm iar la bază au vute de 60 cm înălțime,

evazate pe radier de 65 cm grosime, pentru repartizarea eforturilor.

Pereții subsolului sunt diafragme din beton armat.

Celulele din beton armat au prevăzut un gol pentru aer (fig. 15), în vederea creșterii gradului de izolare termică.

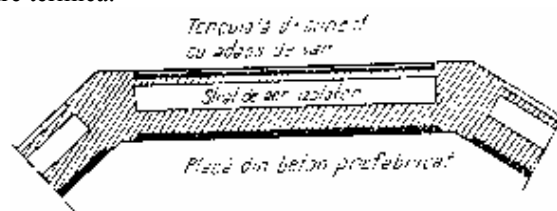


Fig. 15 Detaliu perete celulă

Cota de fundare a turnului este de –7,45 m (necesară montării elevatorilor) iar cota superioară este de 36,15 m înălțimea fiind compartimentată pe verticală de 11 planșee din beton armat necesare montării utilajelor tehnologice. Golurile astfel realizate rămân deschise la partea de jos.

Restul celulelor (amplasate central) nu sunt prevăzute cu sistem de izolare termică, și au pereții realizați cu o grosime de 11-12 cm.

Golurile triunghiurilor dintre celule sunt și ele folosite pentru depozitarea cerealelor.

Încărcările verticale sunt transmise de pereți unui planșeu puternic armat cu grinzi încrucișate pe care reazemă celulele.

Execuția pereților s-a făcut pe tronsoane de 2 m înălțime.

Pâlniile s-au realizat din beton simplu.

La cota + 22,60 m celulele se închid cu un planșeu din beton armat în care sunt lăsate goluri pentru racordarea tubulaturii, necesare umplerii celulelor. Galeria este realizată din cadre din beton armat cu trei deschideri. În partea centrală se execută lanternoul a cărui structură (cadre) se încastrează în structura galeriei. Închiderile perimetrice ale acestor suprastructuri sunt din zidărie de cărămidă.

Turnul mașinilor este amplasat central silozului și are o structură din cadre de beton armat.(fig. 16, 17).

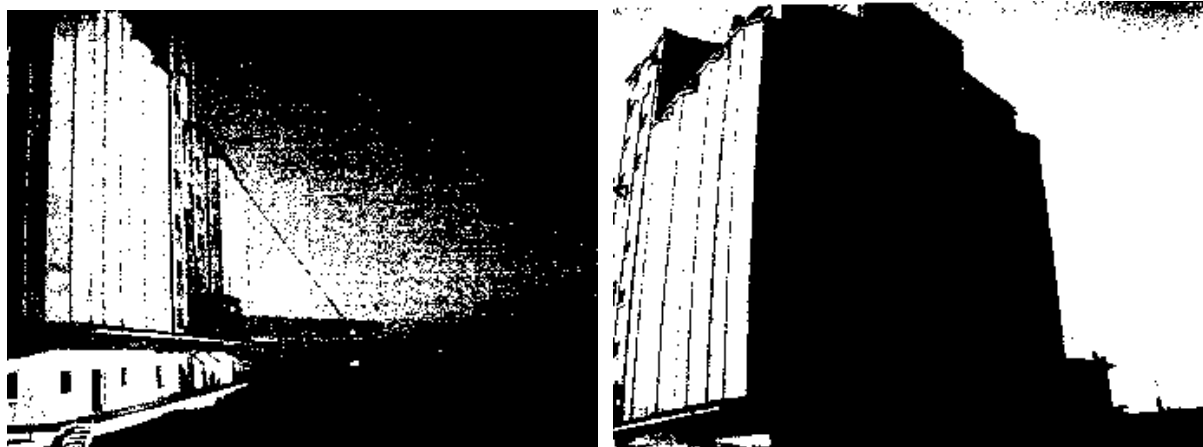


**Fig. 16, 17 Silozuri amplasate în porturi Dunărene**

Silozul este prevăzut cu o copertină, cu rampă pentru încărcare–descărcare cu linie CF, proprie, racordată la stația CF din zonă, precum și cu instalație special amenajată pentru descărcarea în nave. Atât silozul tip Suka Silo Bau cât și silozul

Froment Clavier au fost realizate în concepție și după prescripțiile germane.

Silozul Froment Clavier a fost utilizat pe scară largă în Franța și în colonii, iar în țara noastră utilizat cu precădere la silozurile dunărene și la cele realizate în Dobrogea.

## Aplicații la “solicitări compuse $\sigma$ - $\tau$ ” pentru studenții facultății de construcții

Garabet KÜMBETLIAN

*Universitatea de Marină Civilă, Constanța  
Profesor asociat Universitatea “Ovidius”, Constanța, Constanța, 8700, România*

**Abstract** The usual set of problems do not contain specific problems for the students of the section Hydrotehnic Constructions referring to the chapter “Composed loading which generate in section both normal and shear stresses.” For this reason, the author propose a type of problem which can be diversified in a great variety of particular cases, related to the shape of the dam (in section) and the particularities of the material.

**Keywords:** Composed loading; stresses  $\sigma$  and  $\tau$ ; echivalente stresses; dam.

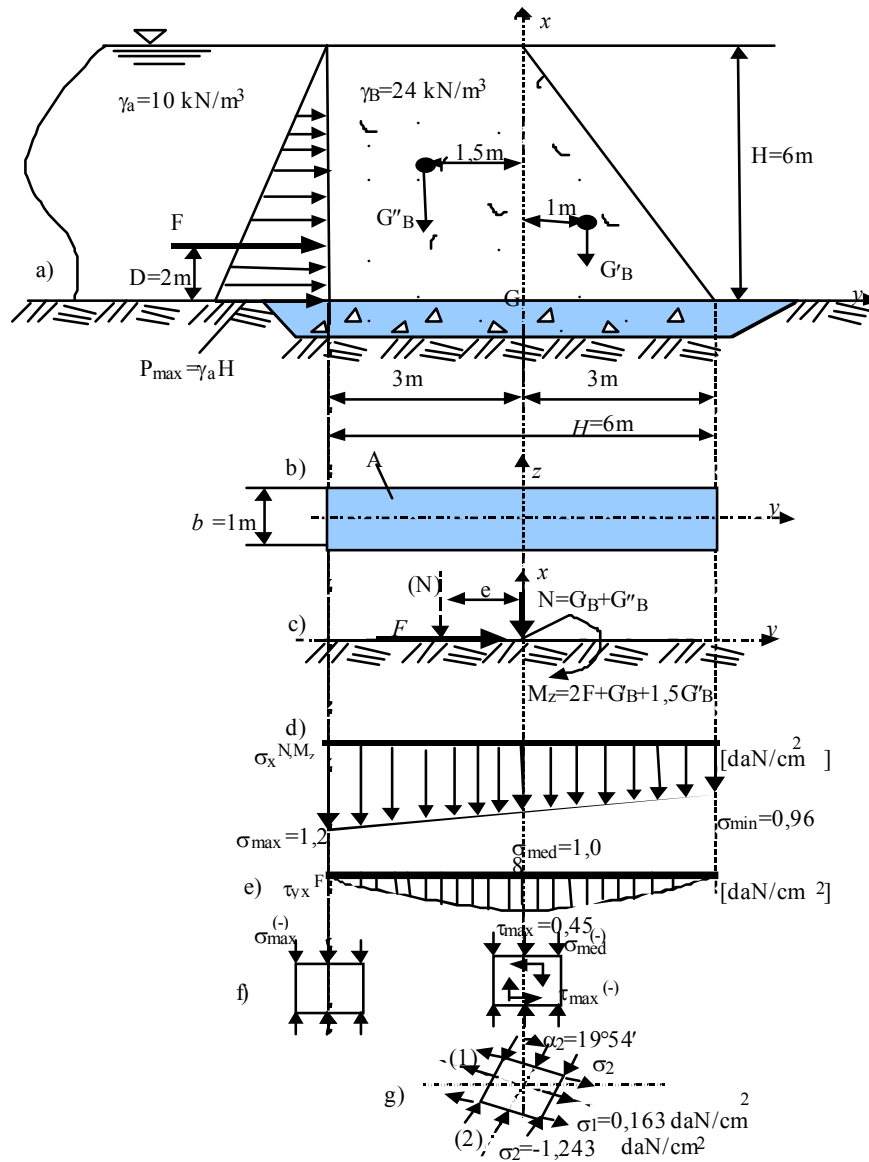
### 1. Considerații de natură didactică

Este îndeobște acceptat că aplicațiile la cursul de Rezistența materialelor (și în general la orice curs) urmăresc aprofundarea cunoștințelor teoretice și legarea acestora de specificul viitoarei meserii a studenților, pentru a mări motivația învățării și a-i face mai receptivi la curs, seminar și lucrări. Din acest motiv, în ciuda faptului că aparent, conținutul teoretic al disciplinei “Rezistența materialelor” ar fi același, aplicațiile cursului sunt și trebuie să fie ancorate strict în realitatea specializării pentru care se pregătește studentul. Acest crez trebuie respectat cu rigurozitate. Materialul bibliografic ajutător pentru partea de aplicații ar fi “Culegerile de probleme” existente. Din păcate însă, culegerile de probleme pentru “Rezistența materialelor” apărute la noi în țară, în domeniul construcțiilor sunt, relativ puține. Acestea, câte sunt, se adresează studentului care se pregătește pentru cursul de rezistența materialelor în general, fără a urmări un anumit specific. Din acest motiv, conținutul culegerilor se adresează totalității studenților, indiferent de specializare. În aceste condiții este de datoria profesorului să selecteze din mulțimea problemelor propuse, pe cele cu adresă directă la specializarea studentului. Din păcate însă, sunt unele capitole care nu conțin deloc probleme “cu specific”. În această situație, singura sursă de probleme rămâne realitatea însăși și respectiv părțile din disciplinele de specialitate care pot furniza idei în acest sens. O

astfel de situație se întâlnește în ceea ce privește inventarul de probleme cu referire la solicitările compuse care produc tensiuni de natură diferită (normale și tangențiale). Culegerile de probleme uzuale, mai vechi [1] sau mai noi [2] nu conțin probleme specifice acestui capitol, pentru specializarea construcții hidrotehnice. În ceea ce privește culegerile [1] și [2] exemplele se limitează exclusiv la cazul solicitărilor compuse de “încovoiere cu torsiune” aplicațiile fiind din domeniul construcțiilor metalice. În lipsa unor probleme specifice generale, ca aplicație la solicitarea compusă de compresiune centrică, încovoiere și lunecare sau de compresiune excentrică și lunecare, ne-am gândit să promovăm exemple din practica comportării în exploatare a barajelor și zidurilor de sprijin. Iată, ca urmare, un tip de problemă care poate fi diversificată în o mulțime de variante, în funcție de forma secțiunii barajului (sau zidului) și de nivelul oglinzii apei (respectiv a pământului, în cazul zidurilor de sprijin). În toate cazurile se cer diagramele de variație (cu valori) ale tensiunilor normale, și tangențiale pe talpa barajului (zidului de sprijin) și valoarea tensiunilor extreme (normale sau/și echivalente) cu alegerea și aplicarea corectă a teoriei de rezistență.

### 2. Exemplu de problemă tipică

Pentru barajul din figura 1, se cer tensiunile extreme pe talpă, atunci când lacul de acumulare este plin.



Pentru o lățime de baraj de 1m, rezultă:  
 -aria secțiunii  $A=6\text{ m}^2$ ; -momentul de inerție axial  $I_z=18\text{ m}^4$ ; -forța echivalentă de presiune a apei  $F=\frac{1}{2}p_{\max}H=180\text{ kN}$ ; -greutățile componente ale barajului:  $G'_B=216\text{ kN}$ ;  $G''_B=432\text{ kN}$ ; -efortul axial

$N=648\text{ kN}$ ; -momentul încovoiitor  $M_z=-72\text{ kNm}$ ;

-excentricitatea  $e=\frac{M_z}{N}=-\frac{1}{9}\text{ m}$ ;

-tensiunea (presiunea) maximă, pe talpa barajului

$$\sigma_{\max} = N \left( \frac{1}{A} + \frac{e \cdot y_{\max}}{I_z} \right) = 1,2 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2};$$

-tensiunea (presiunea) medie, în punctele axei z a tălpii  $\sigma = \frac{N}{A} = 1,08 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$ ;

-tensiunea tangențială maximă, din reducerea forței F, de presiune a apei, în talpa barajului:

$$\tau = 1,5 \frac{F}{A} = 0,45 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

Această tensiune nu poate fi neglijată pur și simplu. Această situație pune studentul în fața unor probleme extrem de interesante. Iată câteva dintre ele. Trebuie știut că, în conformitate cu experiențele lui Föppl, există posibilitatea ca în punctele considerate periculoase ale tălpii barajului să se dezvolte fisuri. Acolo unde există numai tensiuni normale, din compresiune uniaxială, acestea s-ar putea dezvolta pe direcția solicitării, datorită deformațiilor maxime  $\epsilon_{\max}$  perpendiculare pe direcția de propagare a fisurii. În punctele axei z direcția de propagare a fisurii va fi direcția principală (2), întrucât pe lângă tensiuni normale din compresiune excentrică și încovoiere există și tensiuni tangențiale (din reducerea forței F de presiune a apei, pe talpa barajului).

Această direcție este dată, cu convențiile cunoscute, de unghiul

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \arctan \frac{2\tau}{\sigma} = \frac{1}{2} \arctan \frac{2(-0,45)}{(-1,08)} \cong 20^\circ$$

față de direcția axei x, în sens orar. În aceste puncte, tensiunile principale au valorile ce rezultă din relația

$$\sigma_{1,2} = \frac{-1,08}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(-1,08)^2 + 4(-0,45)^2} \quad \text{și anume}$$

$$\sigma_1 = 0,162 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad \text{și} \quad \sigma_2 = -1,243 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

Singura teorie de rezistență aplicabilă în acest caz este teoria a II a, a deformației liniare maxime (a lui Saint-Venant) din motive pe care studentul trebuie să le știe. O altă chestiune care trebuie cunoscută este că teoria a II-a de rezistență poate fi aplicată (și în acest caz) numai dacă conduce la o tensiune echivalentă strict pozitivă, fapt ce rezultă din considerarea atingerii stării limită prin deformația liniară de alungire (și nu de scurtare), pentru corpurile fragile (casante) ruperea producându-se prin desprinderea particulelor materiale [3].

Ca urmare tensiunea echivalentă trebuie calculată algebric (ținând cont de semne), cu relația:

$$\sigma_{echT2} = \sigma_1 - \nu \sigma_2 = 0,162 - 0,2(-1,243) = 0,41 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

și nu altfel, chiar dacă în modul, tensiunea echivalentă  $\sigma_{ech} = \sigma_2 - \nu \sigma_1$  este mai mare.

### 3. Concluzii

Din exemplul de mai sus, studentului i se sugerează că:

3.1 Reducerea forțelor care acționează asupra unui baraj (forțele de masă și forța de presiune a apei), în talpa barajului, trebuie făcută corect, inclusiv pentru forța F de presiune a apei, al cărei efect de lunecare în talpa barajului nu poate fi neglijat.

3.2 Efectul combinat al tensiunilor normale (din efort axial și moment încovoiator) și tangențiale (din forța de presiune a apei) conduce în talpa barajului la o solicitare compusă de compresiune centrică, încovoiere și lunecare.

3.3 În anumite puncte ale tălpii corespunzătoare laturilor din amonte și aval ale barajului apar numai tensiuni normale. În alte puncte ale tălpii, ca cele aparținând axei z, apar atât tensiuni normale cât și tangențiale, de al căror efect trebuie să se țină cont neapărat, printr-una din teoriile de rezistență studiate.

3.4 Cea mai indicată teorie de rezistență aplicabilă acestor situații, în conformitate cu rezultatele experimentale cunoscute (în urma experimentelor lui Föppl) este teoria a 2-a de rezistență (a lui Saint-Venant).

3.5 În urma aplicării teoriei potrivite și calculului tensiunii echivalente corespunzătoare, este posibil ca tensiunile normale maxime (în punctele cu tensiuni normale și tangențiale) să fie de același ordin de mărime. În acest caz, efectul lunecării în talpa barajului nu mai poate (și nu trebuie) să fie neglijat.

3.6 Asemenea exemple, constituie exerciții extrem de complete și utile pentru studentul care a făcut un studiu al solicitărilor compuse în general și al celor care produc tensiuni de natură diferită în special.

3.7 Astfel de aplicații nu se găsesc – din păcate – în literatura de specialitate la nivelul disciplinei “Rezistența materialelor” și ele trebuie prezentate ca “situații posibile” la curs și seminar.

#### 4. Bibliografie

- [1] Mazilu, P.; Posea, N.; Iordănescu, E. , *Probleme de Rezistența materialelor*, volumul II, Editura Tehnică, București.
- [2] Soare, M.V.; Ille, V.; Bia, C., *Rezistența materialelor în aplicații*, 1996, Editura Tehnică, București,
- [3] Bia, C.; Ille, V.; Soare, M.V. – *Rezistența materialelor și teoria elasticității*, 1983, Editura Didactică și Pedagogică, București,
- [4] Avram, C. ș.a.- *Rezistențele și deformațiile betonului*, 1971, Ed. Tehnică, București.

## Modelarea matematică a unui concasor cu fălci

C. LAMATIC

*Universitatea tehnică "Gh. Asachi" din Iași, Iași, România*

**Abstract** The paper presents the mathematical modelling of a sistem composed of a jaw crusher type C-12090 and a d.c. motor. The illustrative experimental results obtained by numerical simulation are presented in the last section of this paper.

**Keywords:** Jaw crusher, numerical simulation.

### 1. Introducere

Procedeele moderne de fabricare a betoanelor și mortarelor pentru construcții reclamă folosirea de agregate minerale de dimensiuni și rezistențe specifice bine stabilite, obținute în stații speciale de producere a lor. Pentru prelucrarea materialelor solide extrase din cariere, în marea majoritate a cazurilor, acestea trebuie în prealabil mărunțite.

Concasoarele cu fălci sunt utilajele cel mai des utilizate pentru sfărâmarea primară și secundară a diferitelor roci și materiale foarte dure și dure, iar uneori și a celor cu duritate medie, însă nu argiloase ori plastice.

C-12090 este un concasor cu fălci, cu bielă cu dublă articulație, cu mișcare simplă a fălcii mobile, fabricat de S.C. "PROMEX" S.A. Brăila [1].

Specific pentru calculul forțelor la acest tip de utilaj este ponderea însemnată a mărimilor fizice ce se determină în urma încercărilor pe machete și epruvete sau pe baza datelor statistice obținute prin încercări directe pe utilaj. În lipsa unei teorii de mărunțire a agregatelor minerale, general acceptată, analiza funcționării unui astfel de utilaj s-a făcut până acum pe bază de modele fizice. De aceea, studierea comportării unui concasor cu fălci folosind modele matematice, constituie un mijloc modern și eficient de lucru.

### 2. Modelarea matematică concasorului cu fălci

Pentru corecta reprezentare a fenomenelor ce au loc în procesul de mărunțire al concasorului cu fălci, este necesar să se stabilească:

ISSN-12223-7221

a- forța de sfărâmare a materialului în spațiul de lucru al C.F.

b- turația optimă a arborelui cu excentric al concasorului.

c- regimul de lucru concasorului cu fălci.

a- Rezultatele experimentale obținute în urma încercărilor pe epruvete de granit și marmoră, arată că tensiunile normale se pot considera egale cu [1]:

$$\sigma \approx 1,2 \sigma_{\pi} \quad (1)$$

unde  $\sigma_{\pi}$  este rezistența la întindere a epruvetei.

Forța de sfărâmare totală poate fi scrisă sub forma:

$$F = \sigma \cdot B \cdot \sum_{i=1}^n D_i$$

(2)

$$\text{dar } \sum_{i=1}^n D_i = H \quad (3)$$

$$\text{deci } F \approx \sigma \cdot B \cdot H \quad (4)$$

Ținând seama de coeficientul de umplere  $\Phi$  din spațiul de lucru, se obține:

$$F = \Phi \cdot \sigma \cdot B \cdot H \quad (5)$$

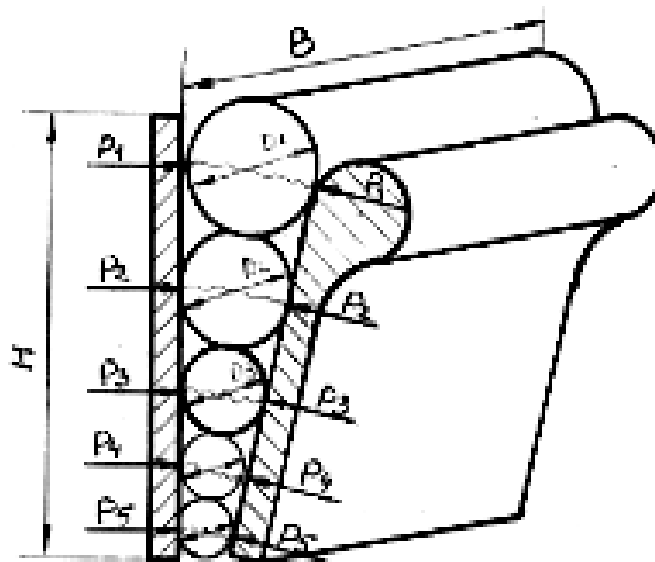


Fig.1 Schemă de calcul

- b-** Stabilirea turației optime este necesară pentru asigurarea unui debit maxim de material [1]. Calcule simple conduc la următoarea relație:

$$n = 66.5 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{s}} \quad (6)$$

unde:  $\beta$ - unghiul dintre falca fixă și cea mobilă a concasorului

s- cursa fălcii mobile (în "m").

Dacă se ține seama și de întârzierea la descărcarea materialului din cauza frecării sale de pereții camerei de lucru, expresia (6) capătă forma:

$$n_{opt} = (60...63) \cdot \sqrt{\frac{\beta}{s}} \text{ [rot/min]} \quad (7)$$

- c-** Având în componența sa, ca organ principal, un mecanism bielă-manivelă, regimul de lucru al concasorului cu fălci poate fi considerat pulsatoriu. Așa cum se știe [2], cuplul rezistent static la aceste mașini de lucru este dat de relația:

$$M_r = M_u \cdot \left( \sin \alpha + \frac{r}{2b} \cdot \sin 2\alpha \right) \quad (8)$$

sau ținând seama că  $\alpha = \Omega t$ , rezultă:

$$M_{rt} = M_u \cdot \left( \sin \Omega t + \frac{r}{2b} \cdot \sin 2\Omega t \right) \quad (9)$$

În ipoteza că  $r \ll b$ :

$$M_r = M_u \cdot \sin \Omega t \quad (10)$$

Considerând momentul de inerție total constant, ecuația de mișcare a sistemului este:

$$M = M_f + M_r + J \cdot \frac{d\Omega}{dt} \quad (11)$$

Dacă se consideră momentul de inerție variabil în timp, prin intermediul unghiului  $\alpha$ , ecuația mișcării devine [2]:

$$M = M_f + M_r + J \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \frac{\Omega^2}{2} \cdot \frac{dJ}{d\alpha} \quad (12)$$

Momentul de inerție  $J$  variază cu unghiul  $\alpha$  [2]:

$$J = J_1 - J_2 \cdot \cos 2\alpha \quad (13)$$

$$J_1 = J_{or} + J_2$$

$$J_2 = \frac{r^2 \cdot m_c}{2} \quad (14)$$

În relațiile (12)...(14):

$M_u$  - cuplul util al concasorului,

$M_f$  - cuplul de frecări din spațiul de lucru,

$J_{or}$  - momentul de inerție axial al organelor în mișcare de rotație,

$r$  - lungimea manivelei,

$m_c$  - masa glisierii și a bielei,

$\Omega$  - viteza unghiulară a axului principal cu excentric al concasorului.

$\alpha$  - unghiul manivelei  $r$  cu o anumită direcție de referință.

Din (12) și (13) rezultă relația pentru ecuația de mișcare:

$$M = M_f + \frac{M_u}{i\eta_t} \cdot \sin \alpha + (J_1 - J_2 \cos 2\alpha) \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \Omega^2 \cdot J_2 \cdot \sin 2\alpha \quad (15)$$

În Figura 2 este prezentată schema-bloc (modelul matematic) a concasorului cu fălci folosind facilitățile programului MATLAB 4.2 [3], [4].

Utilajul este pornit în gol, iar la momentul  $t \approx 7$  s este încărcat cu  $M_r$ .

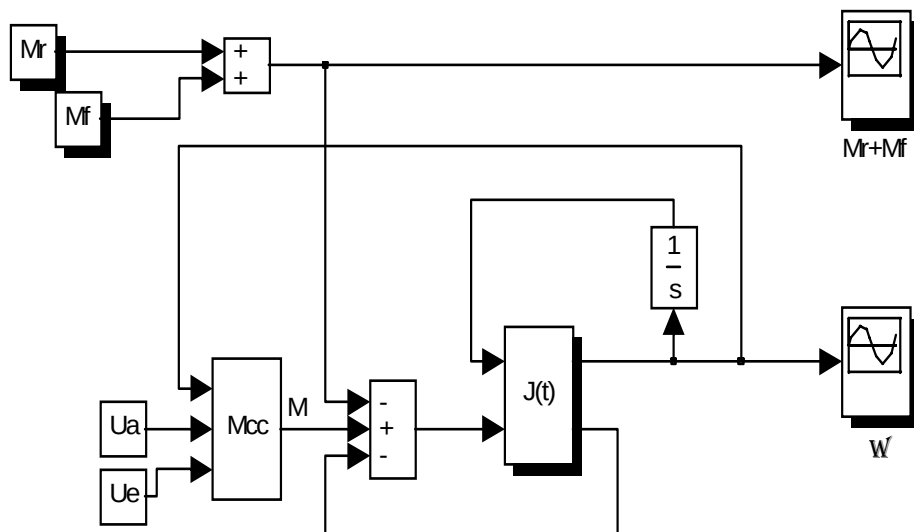


Fig. 2. Schema bloc a concasorului cu fălci

### 3 Rezultate experimentale

Prin simulare numerică s-au obținut caracteristicile variației cuplului rezistent  $M_r$  și ale turației arborelui cu excentric al CF,  $\Omega$ , în trei situații:

- a - considerând  $J = \text{const.}$  - Figura 3a, b.
- b - considerând  $J = J(\alpha)$  - Figura 3c, d.
- c - considerând și variația aleatoare a forțelor rezistente din spațiul de lucru al concasorului - Figura 3e, f.

### 4. Concluzii

Simularea numerică a pornirii și funcționării concasorului cu fălci permite înțelegerea mai ușoară a modului în care variația momentului de inerție influențează mărimile mecanice ale utilajului. Modelul poate da informații utile asupra  $M_r$  maxim

din spațiul de lucru, încărcarea optimă a utilajului, productivitate, natura, calitatea și granulometria materialului sfărâmat.

Rezultatele obținute demonstrează funcționarea corectă a modelului matematic propus și îl recomandă celor ce proiectează și exploatează utilaje de producere a agregatelor minerale cu regim de lucru pulsatoriu.

În cadrul aplicației practice s-a considerat că debitul unitar de alimentare,  $\varepsilon$ , provine doar din pierderi de la udarea în câmp pe brazde și este uniform distribuit în lungul fâșiei irigate. Valorile din tabel pun în evidență creșteri semnificative ale nivelului pânzei freatice, în raport cu situația inițială.

Faptul este confirmat de realitate, fenomenul excesului de umiditate și a celor asociate acestuia fiind prezente în unele zone din sistemele de irigații puse în funcțiune în urmă cu zece, douăzeci de ani.

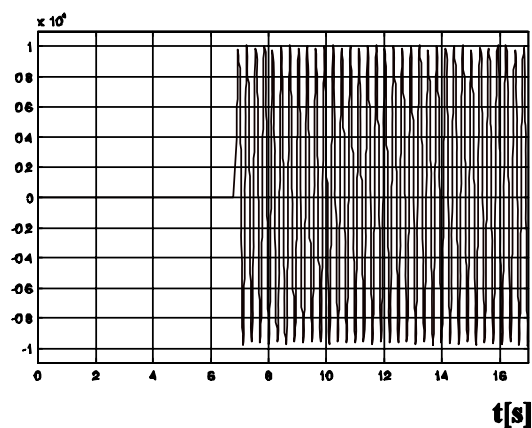
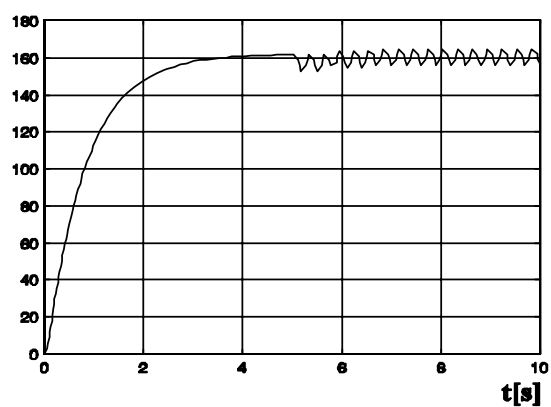
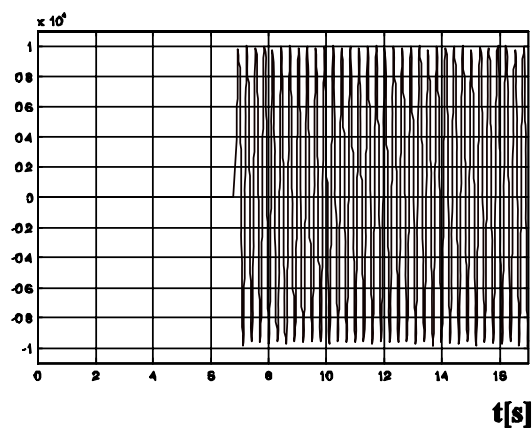
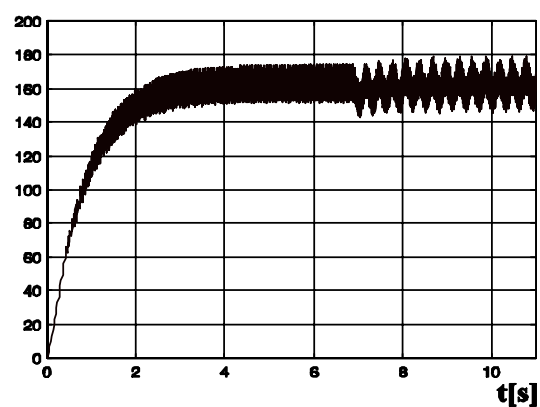
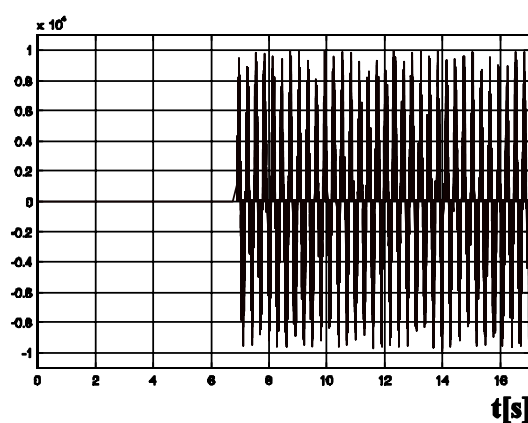
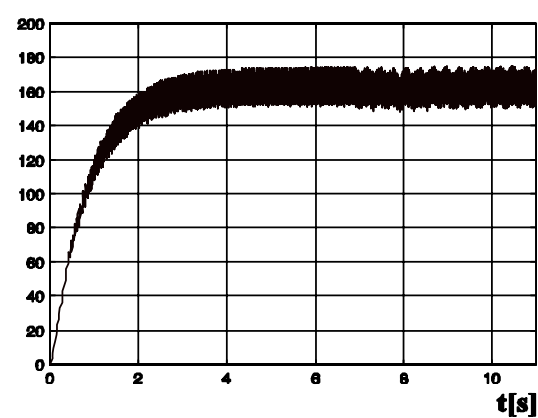
**Mr[Nm]** **$\Omega$ [rad/s]****Mr[Nm]** **$\Omega$ [rad/s]****Mr[Nm]** **$\Omega$ [rad/s]**

Fig.3 Rezultate numerice

## 5. Anexă

Parametrii concasorului cu fălci C-12090:

$$M_u=700 \text{ Nm} ; \quad J_I=85,5 \text{ kg m}^2 ;$$

$$M_f=100 \text{ Nm} ; \quad J_2=12 \text{ kg m}^2 ;$$

$$\Omega=21 \text{ rad/s} .$$

Parametrii motorului electric Ce 355 S:

$$P_n=110 \text{ kw} ; \quad n_n=1500 \text{ rot/min} ;$$

$$J_m=6,6 \text{ kg m}^2$$

Parametrii transmisiei cu curele trapezoidale:

$$i=7,5 ; \quad \eta_t=0,9 .$$

## 6. Bibliografie

- [1] Iordache, Gh.; Ene, Gh., 1987, *Utilaje pentru industria materialelor de construcții*; E.T. București.
- [2] Boțan, N.V.; 1970, *Bazele calculului acționărilor electrice*; E.T. București.
- [3] Saal, C.; Szabo, W.; 1981, *Sisteme de acționare electrică. Determinarea parametrilor de funcționare*; E.T. București.
- [4] \*\*\*\* , 1992, *SIMULINK; User's guide*. The Math. Works inc., Prentice Hale, Englewood Chiffs.

## Modelarea matematică a ruperii digului de la iazul de decantare Valea Șesii

Mihaela LĂZĂRESCU,

Theodor GHINDĂ

*I.C.I.M. București, , București, 7000, România*

**Abstract** The importance of mining industry regarding the environment, especially, concerns the researcher to find better ways to avoid accident who can have place to the failure of surrounding dikes of decantation ponds. In this idea, the mathematical model of failure of a dike and the propagation of wave solid material and water downstream the valley, can be used for any dike of the decantation pond to made a prognoses of downstream effects of such a kind of accident. The paper presents the mathematical model and its application in the case of a decantation pond from mining industry.

*Keywords: Mining industry, dike, mathematical model of a dike failure.*

### 1. Introducere

Secolul nostru, secolul dezvoltării explozive a activităților industriale a condus la intervenția umană asupra mediului care a depășit limitele de regenerare a naturii.

Și la noi în țară, începând cu anul 1990 s-a pus în mod deosebit, problema protecției mediului degradat ca urmare a activităților economice dezvoltate fără instalații sau alte măsuri pentru protecția mediului.

Industria minereurilor neferoase afectează factorii de mediu nu numai prin suprafețele ocupate de cariere sau instalații tehnologice, dar și prin existența iazurilor de decantare al materialului rezultat de la uzina de preparare. Acestea ocupă mari suprafețe de teren care după abandonare nu mai pot fi redat imediat activităților inițiale, deoarece terenul este afectat de materialul depus și care conține substanțe poluante. În plus, prin evacuarea apei decantate în emisar există posibilitatea poluării apelor de suprafață, fiindcă prin decantare nu toate substanțele poluante sunt reținute în iazul de decantare. Poate fi de asemenea afectată pânza de apă subterană prin infiltrațiile care se produc din iaz.

În acest an au avut loc două accidente majore, bine cunoscute din mass media, ceea ce demonstrează o dată în plus importanța prognozei efectelor în aval

asupra factorilor de mediu în cazul unor astfel de accidente.

### 2. Metodologia de calcul a mișcării spre aval a materialului din iazul de decantare ca urmare a ruperii digului de contur

Caracteristicile iazurilor de decantare (metoda de construcție, natura materialului depus, profilul văii pe care este amplasat iazul) diferă foarte mult de la o lucrare la alta.

În cazul ruperii digului de contur se pune problema determinării modului de propagare a unei material solid și apă și de depunere a materialului solid pe vale, în aval. Acest material conține de obicei și substanțe poluante, ca în cazul Exploatării Miniere “Aurul” de la Baia Mare (cianuri în acest caz).

Modelul matematic propus a fost aplicat la cazul iazului de decantare Valea Șesii de la Expoatarea Minieră Roșia Poieni, din munții Apuseni. Pârâul Șesii este afluent al râului Arieș, de la digul de contur al iazului fiind o distanță de 5,5 km până la confluența cu Arieșul. Valea a fost reprezentată prin 45 de profile, cu distanța de 125 m între ele. Materialul depus în iaz are în componență mult nisip, fiind predominantă particula cu diametrul de 0,2 mm.

Factorul cel mai important pentru durata de propagare și pentru desfășurarea mișcării este reprezentat de pierderile de sarcină de pe traseu. Acestea depind de încărcarea cu material solid a apei și de natura fizico-chimică a amestecului material solid cu apă. Parametrul important pentru determinarea pierderilor de sarcină este concentrația de material solid în apă.

Au fost utilizate pentru început modele matematice utilizând formule cunoscute ca Durand și Condolios, Engelund și cel al modelului reologic Bingham.

În final s-a obținut un model matematic nou care corespunde condițiilor din natură și se obțin rezultate în concordanță cu datele obținute ca urmare a unor accidente mai vechi ale căror efecte în aval sunt cunoscute.

### 3. Modelul matematic propus pentru calculul propagării undei de apă cu material solid evacuate din iaz

Dacă se rupe digul de contur al iazului de decantare, materialul solid cu apa se deplasează în aval pe vale și apar fenomene de depunere și antrenare.

Cel puțin în primele momente după rupere, debitul de material este foarte mare, chiar mai mare ca debitul de apă, iar depunerile modifică foarte mult debitul total și nivelul de curgere, ceea ce nu se întâlnește în cazul râurilor. Ulterior materialul solid depus este antrenat treptat, atât timp cât se va menține un debit de apă suficient și este, eventual, depus în secțiuni situate mai în aval.

Capacitatea curentului de a transporta materialul solid în aval este dificil de apreciat, dar se pot folosi unele elemente ale calculului debitului solid pentru râuri. În plus, față de acestea, trebuie să se țină seamă de modificarea încărcării cu material solid din cauza depunerii și antrenării. Totodată modelul matematic nu se poate baza numai pe capacitatea de transport a curentului, deoarece nu se ajunge la mișcare permanentă.

### 4. Aplicație a modelului matematic la iazul de decantare Valea Șesii de la Exploatarea Minieră Roșia Poieni

Pentru estimare corectă a comportării materialului în cazul ruperii a fost realizat și un model fizic la

Caracterul nepermanent și durata limitată a mișcării, impune deplasări treptate a materialului solid prin intermediul calculului concentrațiilor.

Modelul matematic considerat adecvat pentru calculul propagării undei de material solid împreună cu apă în aval de iazul de decantare este constituit din următoarele relații și ecuații:

$$Q = Q_a + Q_m \quad (1)$$

$$Z = Z(S, A_d, A) \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{gP}{A^2 C^2} Q^2 + gA \Delta I_r + gA \frac{\partial Z}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_m \quad (4)$$

$$\rho_d \frac{\partial A_d}{\partial t} + \rho_s \frac{\partial Q_m}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial A C_v}{\partial t} + \frac{\partial Q_m}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( A K \cdot \frac{\partial C_v}{\partial x} \right) + q_m c_m \quad (6)$$

$$\Phi = 10,39 \Psi^{-2,52} \quad (7)$$

$$Q_m = Q_m(C, Q, Q_c) \quad (8)$$

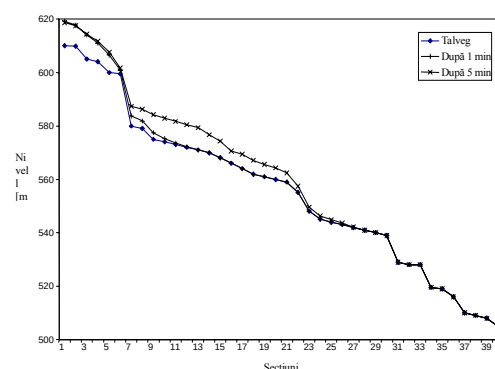
în care

$Q_a$  -debitul de apă,  $Q_m$  -debitul de material solid,  $Q$  -debitul total,  $S$  - forma secțiunii,  $A_d$  - aria secțiunii depunerilor,  $A$  - aria secțiunii curentului,  $R$  - raza hidraulică,  $C$  - coeficientul lui Chezy,  $\Delta I_r$  - diferența suplimentară a pierderilor de sarcină din cauza prezenței materialului solid în apă,  $q_m$  - aportul sau pierderea de debit pe unitatea de lungime,  $c_m$  - modificarea de concentrație,  $\rho_d$  - densitatea depunerilor,  $C_v$  - concentrația volumică,  $\Phi$  și  $\Psi$  - funcții adimensionale utilizate în formulele de tip Einstein,  $Q_c$  - capacitatea curentului de a transporta materialul solid care rezultă din relația Graf-Acaroglu dintre funcțiile  $\Phi$  și  $\Psi$

Din cauza grosimii mari a depunerilor, ecuațiile pentru transportul solid nu pot fi rezolvate separat față de ecuațiile mișcării, ci trebuie rezolvate toate simultan.

scară redusă utilizat pentru modelarea ruperii unui dig construit din acest material.

Datele utilizate pentru calculul transportului



materialului solid depus în iazul de decantare în cazul ruperii al digului de contur al iazului de decantare au fost următoarele: cota coronamentului 670m, talvegul albiei în aval de dig la cota 610 m, cota materialului depus în iaz la 6 m mai jos de coronamentul digului , 664 m, nivelul apei la 1 m peste cota depunerilor , 665 m, rugozitatea albiei aval 0,06 , viteza medie a apei 1 m/s, înălțimea apei peste materialul depus 1m.

S-a considerat că mișcarea peste digul de contur rupt este asemănătoare cu cea peste un deversor, iar scurgerea din iaz se produce aproximativ ca în cazul unui lac de acumulare. Debitele de material au fost estimate în funcție de debitul de apă. Aceste seturi de valori reprezintă bine din punct de vedere calitativ o situație datorată ruperii unui dig și sunt adecvate pentru evaluarea posibilităților modelului matematic.

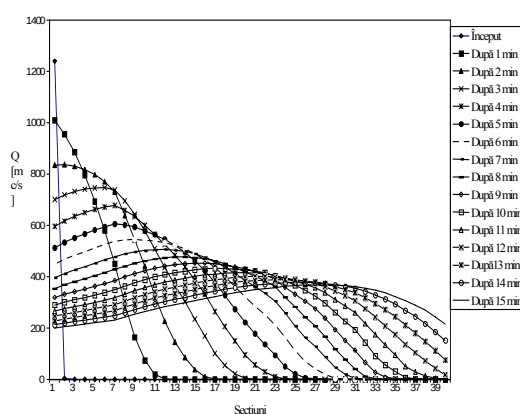


Fig.1 Forma calculată a suprafeței libere a apei

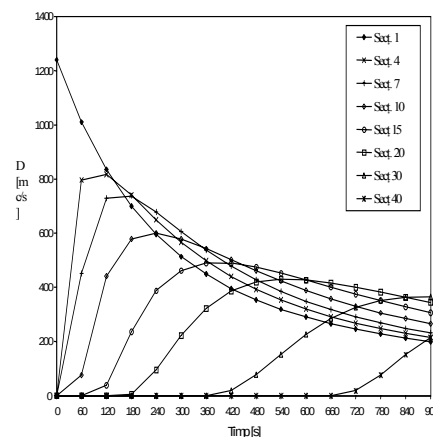
În figura 3 este reprezentată variația debitelor în secțiuni ,la diferite momente după rupere. Se constată că variația debitelor în secțiune este asemănătoare dar nivelurile diferă foarte mult din cauza depunerilor care nu apar în cazul apei.

## 5.Concluzii

S-au încercat mai multe modele matematice de calcul cunoscute din literatura de specialitate, rezultând că la viteze critice și aplicând variația energiei minime a curentului, există un domeniu în

Rezultatele calculelor au fost reprezentate grafic în așa fel încât să poată fi analizate sub mai multe aspecte.

În figura 1 se arată forma calculată a suprafeței libere a apei cu material solid la diferite momente. Se



observă propagarea undeii..

Debitele maxime de apă și material solid sunt de 1200 m³/s în secțiunea de rupere și hidrograful se aplatizează ca cel obținut în cazul ruperii barajului unei acumulări S-a determinat profilul longitudinal al depunerilor, în care se evidențiază depunerile și antrenările în secțiuni ( figura 2).

Fig.2 Profilul longitudinal al depunerilor

Fig.3 Variația debitelor în secțiuni

care curgerea în albie cu nivel liber și concentrații foarte mari de aluviuni se apropie de cazul hidrotransportului în conducte sub presiune

Modelul matematic propus constituie o metodologie nouă de abordare a problemelor și care poate fi aplicată la orice iaz de decantare , odată ce se cunosc detele de bază.

## 6.Bibliografie

[1] Piaskowski, A.,Kovalewski, Z., *Thixotropic Properties of Suspension of Soils with Different Grain Size and the Variation of Mineralogical Types*, 1961,

Proceedings of 5-th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris.

- [2] Komatinova, D., Jovanovic, A. , *Experimental Studies of Steady and Unsteady Free Surface Flow with Water-Clay Mixtures*, 1997, Journal of Hydraulics Research ,AIRH, Vol.35, pp 579-590

[3] Cioc, D., *Hidraulică*, 1978 Editura Tehnică, București.

[4] Hancu, S., *Hidraulică aplicată. Simularea matematică a curgerii nepermanente a fluidelor*, 1985, Editura Tehnică, București

## ARCVIEW 3.0 pentru campusul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară, București

Ion Nelu LEU, Ion NEGOCESCU, Liviu Constantin ILINCA, Cornel Dumitru ILINCA

*Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului  
Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară București, București, 7000, România*

### Abstract

During 1997 Department of Topography, Photogrammetry and Remote Sensing in Faculty of Land Reclamation and Environmental Engineering had using ArcView 3.0 for the Campus of Agricultural University.

*Keywords:* ArcView, Topography, Environmental Engineering.

### 1. Introducere

Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București (U.S.A.M.V.) este cea mai veche și mai mare unitate de învățământ agricol superior din România.

În momentul de față în cadrul Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară funcționează :

Facultatea de Agronomie  
Facultatea de Horticultură  
Facultatea de Biotehnologie  
Facultatea de îmbunătățiri funciare și Ingineria Mediului  
Facultatea de Zootehnie  
Facultatea de Medicină Veterinară  
Colegiul Agricol cu 6 specializări:  
Protecția Plantelor  
Legumicultură-Floricultură  
Creșterea animalelor mici  
Igiena și laborator veterinar  
Cadastru agricol  
Școala de studii Postuniversitare de Medicină Veterinară cu 3 specializări:  
Clinică și farmacie veterinară  
Diagnostic de laborator  
Igiena alimentelor și sănătate publică.

Campusul universitar este amplasat într-un parc cu o suprafață de 46.2 ha. În cadrul campusului sunt amplasate:

clădiri cu destinație învățământ  
clădiri cu destinație administrativ  
clădiri cu destinație social  
suprafețe cultivate experimentale  
sere și solarii  
spații de recreere.

Toate acestea relevă complexitatea campusului Universității de Științe Agronomice și Medicină Veterinară.

### 2. Sistemul Informațional Geografic al campusului

Disciplina de Topografie, Fotogrammetrie și Teledetecție și-a propus realizarea unui Sistem Informațional Geografic al acestui campus utilizând ArcView 3.0 .

Disciplina a dispus de următoarele date :

Date grafice :

plan de situație scara 1:2000 din anul 1975 întocmit prin ridicări planimetrice cu aparatură clasică;  
fotograme asupra universității;  
măsurători topografice cu stațiile totale efectuate în vara anului 1997.  
date alfanumerice privind activitatea desfășurată în acest campus.

Pentru realizarea acestui sistem informațional geografic au fost parcurse următoarele etape:  
Digitizarea planului de situație;

Reambularea planului de situație realizat în 1975 folosind măsurătorile topografice efectuate în vara anului 1997;

Scanarea fotogramelor și calibrarea imaginilor pentru aducerea în scară.

Realizarea bazei de date alfanumerice cu informații despre campusul universitar.

Măsurătorile topografice și planul de situație efectuate sunt realizate în sistem local de coordonate. Pentru a putea integra Sistemul Informațional Geografic al Universității în sistemul de proiecție al orașului București, s-a efectuat un transcalcul al punctelor de coordonate cunoscute, folosind un număr de 10 puncte uniform distribuite cu coordonate în ambele sisteme.

După introducerea datelor grafice și a celor alfanumerice în calculator s-a realizat efectiv sistemul informațional geografic.

În urma analizării datelor avute la dispoziție și a obiectivelor propuse, s-au creat mai multe straturi tematice cu diferite conținuturi:

un strat tematic conținând desfășurarea arealelor și punctele de control;

un strat tematic conținând poziția clădirilor utilizate în procesul de învățământ

un strat tematic conținând poziția clădirilor cu scop administrativ

un strat tematic conținând poziția clădirilor cu scop social

un strat tematic conținând desfășurarea serelor și solariilor

un strat tematic conținând suprafețele cultivate cu diverse folosințe

un strat tematic conținând spațiile de recreere

un strat tematic conținând rețeaua de circulație (drumuri - trotuare)

un strat tematic conținând rețeaua de iluminat

un strat tematic conținând rețeaua de alimentare cu gaze naturale

un strat tematic conținând rețeaua de alimentare cu apă și canalizare

un strat tematic conținând numerotarea cadastrală a campusului universitar, etc.

un strat tematic conținând fotogramele scanate și calibrate

în baza de date alfanumerice, în funcție de specificul fiecărui strat, au fost introduse diverse informații:

denumirea, destinația și funcționalitatea fiecărei parcele;

suprafața corespunzătoare fiecărei parcele;

numărul de săli de curs și laboratoare

dotarea laboratoarelor

personal didactic: pe universitate, facultăți și categorii;

personal administrativ pe servicii;

personal tehnic-ajutător;

numărul de camere și capacitatea de cazare a căminelor studențești;

număr de studenți cazați într-o cameră a unui cămin studențesc

capacitatea cantinei

folosința unei parcele

Întrucât este o aplicație în premieră pentru Campusul USAMV București, așteptăm sugestii pentru completarea Sistemului Informațional Geografic.

### 3. Rezultate

După introducerea tuturor datelor și crearea topologiei corespunzătoare s-a trecut la analiza sistemului. S-au obținut rapoarte conținând diferite informații și straturi tematice folosind interogări asupra sistemului. Utilizând datele prezentate s-a construit, pe Internet un sistem informațional asupra campusului universitar USAMV București, ce poate fi exploatat de orice consumator de informații internet. Sistemul Informațional Geografic al Campusului USAMV București va fi completat, tot în cadrul Catedrei de Topografie, Fotogrammetrie și Teledetecție, cu diverse module care să servească la obținerea de informații privind admiterea la facultățile din USAMV; informații privind starea spațiilor cu diverse folosințe; efectuarea mai rapidă a cazării studenților și alte necesități care se vor ivi în timp.

Menționăm că în fiecare an, planul de situație al campusului va fi reactualizat pe baza măsurătorilor efectuate de studenții Facultății de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului.

### 5. Bibliografie

[1] Using ArcView GIS - ESRI

[2] ArcNews, Vol.16 No. 1, Vol. 18 - ESRI

## Particularități privind dimensionarea barajelor utilizate în lucrările de îmbunătățiri funciare

Georgeta MÂNDRESCU, Carmen MAFTEI, Diana ȚENEĂ, Frâncu TEODOR

Facultatea de Construcții, Universitatea "Ovidius" Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract** În lucrare sunt făcute comentarii legate de metoda rațională de dimensionare a barajelor realizate în amenajările rețelilor de scurgere torențiale.

**Keywords:** Dam, rational method

### 1. Introducere

Modelele de calcul din ingineria construcțiilor devin tot mai complexe, necesitând o dezvoltare a metodelor de modelare, simulare, calcul numeric, dimensionare. De o deosebită importanță este și corelarea interdisciplinară a manierei de abordare a metodelor cunoscute, a convențiilor de semne și a notațiilor utilizate. Dimensionarea barajelor se realizează ținând cont de:

- tipul barajului {
  - de greutate
  - arcuite
  - cu contraforți
- tipul de material utilizat {
  - piatră
  - pământ
  - beton
- profilul barajului {
  - profil triunghiular
  - profil cu parament amonte vertical
  - profil cu parament amonte frânt
  - profil cu parament amonte negativ
  - profil trapezoidal
  - profil cu paramente curbe
- destinație {
  - lucrări hidrotehnice de mare anvergură
  - lucrări de îmbunătățiri funciare

Literatura românească de specialitate evidențiază criteriile clasice care stau la baza dimensionării unui baraj[1]:

- 1) tensiunile normale verticale de la piciorul amonte al barajului să fie mai mare, sau la limită egal cu zero:

$$\sigma = \frac{\sum V}{A} + \frac{\sum M}{W} \geq 0 \quad (1)$$

- 2) condiția de stabilitate la alunecare a barajului în secțiunea de fundație:

$$\frac{\sum H}{\sum V} \leq f \quad (2)$$

Condițiile precizate în relațiile (1) și (2) exprimă fenomenul complex al stabilității unui baraj cu anumite aproximații cunoscute și în general, admise în domeniu. Rezultă o dimensionare prin încercări, destul de laborioasă. Cerința unei dimensionări adecvate este realizarea unui profil de secțiune minimă, deci la volumul de beton cel mai redus.

### 2. Dimensionarea corpului barajelor cu fundație evazată prin metoda rațională

Dimensionarea barajelor prin metoda rațională\* se bazează pe relațiile de calcul deduse din condițiile de rezistență și de stabilitate impuse lucrării. Se precizează parametrii inițiali de calcul:

- parametrii care precizează geometria barajului
  - $H_u$  – înălțimea utilă a lucrării (m);
  - $h_f$  – adâncimea de fundare (m);
  - $Y = H_u + h_f$  (m) înălțimea totală a lucrării, în zona deversată;

\* Pricop, A., 1984

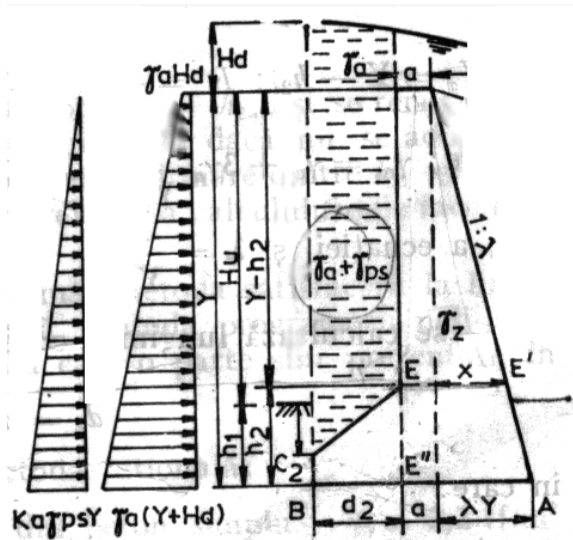


Fig.1

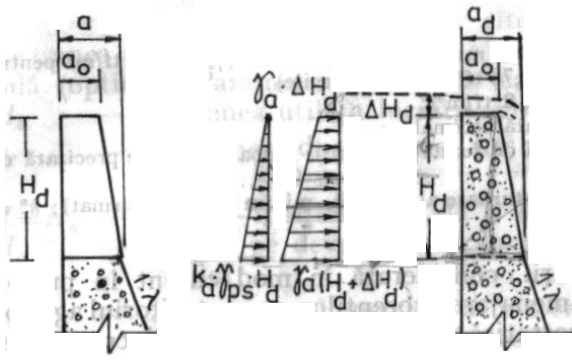


Fig.2

• parametrii care precizează caracteristici fizice și mecanice ale materialelor

$k_a$  – coeficientul împingerii active a aluviunilor submersate;

$\gamma_z$  – greutatea volumetrică a materialului din care este construit barajul ( $\text{kN/m}^3$ );

$\gamma_{ps}$  – greutatea volumetrică a aluviunilor submersate ( $\text{kN/m}^3$ );

$\gamma_{ps} = (\gamma_s - \gamma_a)(1-n)$

OBS.  $n$  – porozitatea aluviunilor, exprimată zecimal

$R_t$  – tensiunea de întindere maxim admisă ( $\text{daN/cm}^2$ ) OBS. se consideră cu semnul minus

$\sigma_{ac}$  – capacitatea portantă a terenului de fundație ( $\text{daN/cm}^2$ )

Ipoteza de încărcare considerată cuprinde:

- presiunea hidrostatică pe înălțimea  $Y$  a lucrării;
- împingerea activă a aluviunilor submersate pe aceeași înălțime  $Y$ ;
- greutatea prismului de deasupra consolei amonte;
- greutatea propie.

Condițiile de rezistență și de stabilitate care se au în vedere (calculul pe un metru linear de baraj):

$$\text{-verificarea la răsturnare } k_r = \frac{\sum M_s}{\sum M_r} \geq k_r^n;$$

$$\text{-verificarea la lunecare pe talpă } \frac{\sum H}{\sum V} \leq f;$$

-verificarea capacității portante a terenului

$$\sigma_A \leq \sigma_{ac}$$

Dimensionarea corpului barajului prin metoda rațională cuprinde:

- 1) stabilirea lățimii la coronament, în zona deversată:

$$a = \max\{a_{\min}; a_d\}; \quad a_d = \frac{H_d}{\sqrt{\frac{\gamma_z}{\gamma_{ed}} - \frac{R_t}{\gamma_{ed} H_d}}}$$

$$\gamma_{ed} = \gamma_a + 3\gamma_a \frac{\Delta H_d}{H_d} + k_a \gamma_{ps} \quad (\cdot 10) \text{ kN/m}^3$$

OBS.  $\Delta H_d$  se neglijează în mod curent.

- 2) În metoda rațională, se cunoaște  $h_2$  (deci pH); practic se impune o valoare inițială pentru înălțimea consolei amonte,  $h_2$ , cât mai aproape de cea necesară, folosind în acest scop, prin interpolare, valorile din tabelul de mai jos:

Tabelul 1

**Dimensiunile optime ale barajelor cu fundație evazată, cu consolă amonte din beton simplu;**
 $R_t = -4,0 \text{ kgf/cm}^2; \gamma_z = 2,2 \text{ tf/m}^3; k_a \gamma_{ps} = 0,45; \gamma_{ps} = 1,155 \text{ tf/m}^3; \sigma_{ac} = 3,0 \text{ kgf/cm}^2$ 

| $H_u$<br>(m) | $h_f$<br>(m) | $Y$<br>(m) | $H_d$<br>(m) | $a$<br>(m) | $\lambda$ | $d_2$<br>(m) | $h_2$<br>(m) | $K_r$ | $\sigma_A$<br>(Kgf/cm <sup>2</sup> ) | $S_t$<br>(m <sup>2</sup> ) |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|-----------|--------------|--------------|-------|--------------------------------------|----------------------------|
| 2,50         | 1,05         | 3,55       | 0,50         | 0,40       | 0,1898    | 1,128        | 0,85         | 1,362 | 2,95                                 | 3,321                      |
|              |              |            | 1,00         | 0,40       | 0,2288    | 1,178        | 0,91         | 1,362 | 2,94                                 | 3,633                      |
|              |              |            | 1,50         | 0,40       | 0,2646    | 1,215        | 0,96         | 1,360 | 2,94                                 | 3,913                      |
|              |              |            | 2,00         | 0,51       | 0,2512    | 1,300        | 1,05         | 1,381 | 2,99                                 | 4,318                      |
| 3,50         | 1,15         | 4,65       | 0,50         | 0,40       | 0,2481    | 1,402        | 1,19         | 1,463 | 2,98                                 | 5,657                      |
|              |              |            | 1,00         | 0,40       | 0,3851    | 1,435        | 1,24         | 1,453 | 2,99                                 | 6,119                      |
|              |              |            | 1,50         | 0,40       | 0,3189    | 1,468        | 1,29         | 1,451 | 2,99                                 | 6,548                      |
|              |              |            | 2,00         | 0,51       | 0,3127    | 1,577        | 1,41         | 1,487 | 2,98                                 | 7,157                      |
| 4,50         | 1,25         | 5,75       | 0,50         | 0,40       | 0,2876    | 1,727        | 1,61         | 1,588 | 2,99                                 | 8,790                      |
|              |              |            | 1,00         | 0,40       | 0,3223    | 1,756        | 1,66         | 1,581 | 2,99                                 | 9,436                      |
|              |              |            | 1,50         | 0,40       | 0,3543    | 1,785        | 1,71         | 1,578 | 2,98                                 | 10,040                     |
|              |              |            | 2,00         | 0,51       | 0,3520    | 1,905        | 1,85         | 1,615 | 2,99                                 | 10,866                     |
| 6,00         | 1,40         | 7,40       | 0,50         | 0,40       | 0,3197    | 2,469        | 2,58         | 1,883 | 2,99                                 | 15,393                     |
|              |              |            | 1,00         | 0,40       | 0,3535    | 2,464        | 2,60         | 1,864 | 2,99                                 | 16,335                     |
|              |              |            | 1,50         | 0,40       | 0,3849    | 2,460        | 2,62         | 1,847 | 2,99                                 | 17,213                     |
|              |              |            | 2,00         | 0,51       | 0,3815    | 2,664        | 2,87         | 1,914 | 2,99                                 | 18,539                     |

- 3) se calculează fructul paramentului aval,  $\lambda$ , din condiția  $\sigma_{EE'} = R_t$ , care este echivalentă cu ecuația în  $x$ :

$$(R'-1)x^2 + a(2R'-3)x + a^2(R'-1) + \frac{\gamma_{ex}Y_x^2}{\gamma_z} = 0$$

$$Y_x = Y - h_{2i}; R' = \frac{R_t}{\gamma_z Y_x}; \lambda = \frac{x}{Y_x};$$

$$\gamma_{ex} = \gamma_a + 3\gamma_a \frac{H_d}{Y_x} + k_a \gamma_{ps}$$

OBS. În literatura de specialitate [1], pentru dimensionarea profilelor cu paramentul amonte frânt se determină:  $\lambda$ ,  $\lambda_0$ ,  $\rho$ .

Condițiile impuse pentru determinarea necunoscutelor  $\lambda$ ,  $\lambda_0$  sunt:

- condiția de efort amonte nul;
- condiția de stabilitate la alunecare.

### 3. Exemplu de calcul

Se consideră următoarele date inițiale (sunt valabile notațiile anterioare):

$H_u=1,0\text{m}$ ; baraj din beton simplu  $\gamma_z=22 \text{ kN/m}^3$ ,  $R_t=0,35 \text{ MPa}$ ;  $k_a \gamma_{ps}=0,45$ ;  $\gamma_{ps}=11,55 \text{ kN/m}^3$ ;  $\sigma_{ac}=3 \text{ daN/cm}^2$ ;  $h_f=1,15\text{m}$ ;  $c_2=0,4\text{m}$  (constructiv)

Lățimea la coronament a barajului, în zona deversată se consideră constructiv  $a_{\min}=0,4 \text{ m}$ .

Se calculează  $a_d$  cu relația prezentată anterior și se obține  $a_d=0,19\text{m}$ . În final se alege  $a=\max\{0,40; 0,19\}=0,4 \text{ m}$ . Înălțimea inițială a consolei amonte se stabilește cu ajutorul tabelului, prin interpolare, obținându-se în final  $h_2=1,22 \text{ m}$ . Se calculează fructul paramentului aval  $\lambda$ , lungimea consolei amonte  $d_2$ . Se obțin, în final dimensiunile barajului în zona deversată:  $a=0,40 \text{ m}$ ;  $\lambda=0,292$ ;  $d_2=1,30\text{m}$ ;  $h_2=1,22\text{m}$  cu secțiunea transversală  $S_t=5,639 \text{ m}^2$ . Verificarea condițiilor impuse s-a realizat cu ajutorul unui program de calcul automat FEAT'98. Schema de calcul este conform figurii 3.

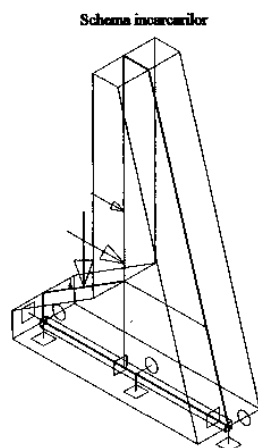


Fig.3

Rezultatele finale, deformata totală în suprafața mediană precum și isoliniile tensiunilor principale tot în suprafața mediană, sunt prezentate în figurile 4 și 5.

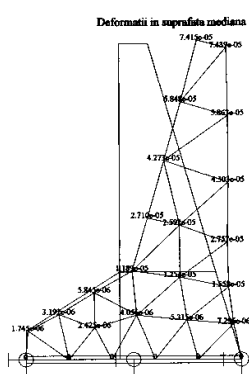


Fig.4

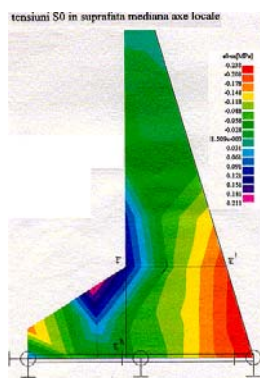


Fig.5

#### 4. Concluzii

Metoda prezentată oferă o dimensionare optimă și rapidă a acestor construcții folosite în amenajarea torenților, respectând ipotezele de încărcare și condițiile de rezistență și de stabilitate impuse în mod curent în proiectare. Diagramele rezultatelor calculului automat efectuat, evidențiază existența tensiunilor de întindere în secțiunile EE' și EE'', dar cu valori mai mici decât limita admisă prin condițiile impuse.

#### 5. Bibliografie

- [1] Prișcu, R., Construcții hidrotehnice, 1982, Ed.Didactică și Pedagogică
- [2] Băloi, V., Ionescu, V., Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor, 1986, Ed.Ceres, Iași
- [3] Bia, C., Ille, V., Soare, M.V., Rezistența materialelor și teoria elasticității, 1983, Ed.Didactică și Pedagogică, București
- [4] Pricop, A., Popovici, N., Dimensionarea optimă a barajelor cu fundație evazată folosite în amenajarea torenților, 1985, Rev.Hidrotehnica, vol.30, pg.241
- [5] Manual de utilizare program de calcul automat FEAT'98

## Determinarea răspunsului seismic utilizând reazeme de cauciuc cu comportare neliniară

Daniela MANEA,

Ioan POP

*Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 3400, România*

**Abstract** The present paper suggests to determine the seismic response by using DRAIN-2D program for a plane frame in two situations: the classical situation without isolation and the one having a seismic protection applied to the base of the building. For the second case there have been used rubber bearings with metallic rings having a non-linear behavior. The stress-strain diagrams that resulted after subjecting the bearing to compression and shearing was used in our program.

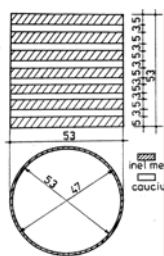
**Keywords:** Constructions, seismic response, rubber bearings.

### 1. Introducere

#### Reazemul de cauciuc fretat cu inele metalice

Pe plan mondial a existat și există o preocupare intensă în vederea realizării și adaptării unor sisteme de izolare seismică care să poată fi utilizate în scopul diminuării răspunsului seismic.

În acest context se încadrează și studiul propus în această lucrare, materializat prin promovarea unui sistem de izolare de tip pasiv, aplicat în baza structurii, realizat din cauciuc fretat cu inele



metalice.

Fig.1

A fost realizat un model pentru reazemul propus, model având un diametru de 5,3 cm, o înălțime de 5,3 cm alcătuit dintr-o succesiune de 7 inele de 0,5 cm grosime și 6 straturi de cauciuc de 0,3 cm (fig.1). Caracteristicile geometrice ale reazemului sunt alese astfel încât să fie respectate

normativele naționale și internaționale în vigoare dar și astfel încât rigiditatea orizontală să fie mult mai mică față de rigiditatea verticală pentru a asigura mobilitatea structurii, adică pentru a obține deplasări satisfăcătoare, dar să nu apară fenomenul de balansare.

Reazemul este confecționat din cauciuc natural 1909, rezistent la ulei, produs la Prodcomplex S. A. Târgu-Mureș având următoarele caracteristici: duritate 67 ; alungire la rupere 392 ; rezistență la rupere 151 daN/cm<sup>2</sup> și un modul de elasticitate longitudinal (la o deformare de 300%) de 117 daN/cm<sup>2</sup>. Piese de cauciuc au fost realizate la S.A. Autopies Cluj – Napoca, fiind turnate într-o matriță confecționată astfel încât inelele să fie fixate în prealabil pe interior.

### 2. Rezultate experimentale

Modelul aparatului de reazem realizat din cauciuc fretat cu inele metalice a fost supus mai multor tipuri de programe experimentale. Dintre acestea se amintesc:

- compresiunea centrică la cicluri de încărcare – descărcare;
- compresiunea centrică simultan cu forfecarea.

Compresiunea centrică a pus în evidență fenomenul de producere a flambajului reazemului la

o anumită valoare a încărcării, deci urmarea a fost stabilirea unui domeniu optim de lucru al reazemului pentru a împiedica acest fenomen:

$$20 \leq \sigma \leq 80 \text{ daN/cm}^2$$

Valorile numerice obținute în urma programului experimental au fost utilizate pentru trasarea curbelor caracteristice efort – deformație, scoțând în evidență comportarea neliniară a reazemului. S-a determinat o rigiditate de 2500 daN/cm<sup>2</sup> căreia îi corespunde un modul de compresibilitate de 600 daN/cm<sup>2</sup> (pe zona în care curba are o variație aproape liniară).

Un alt program experimental presupune încercarea reazemului la compresiune cu forfecare, după următorul plan:

un ciclu până la o forță orizontală max. de 20 daN și o forță verticală de 400 daN ;  
trei cicluri până la o forță orizontală de 32 daN și o forță verticală de 400 daN ;  
trei cicluri până la o forță orizontală de 36 daN și o forță verticală de 200 daN ;



Fig.2. Aspecte din timpul încercărilor

Pentru fiecare din cicluri s-au trasat curbele caracteristice efort – deformație. Deși pe ansamblu comportarea reazemului este tot neliniară, există intervale, zone, în care variația este aproape liniară. Pentru acest domeniu valoarea modului de elasticitate transversal este de 5 daN/cm<sup>2</sup>.

Aspecte din timpul încercărilor sunt prezentate în fig.2.

### 3.Determinarea răspunsului seismic pentru un cadru plan

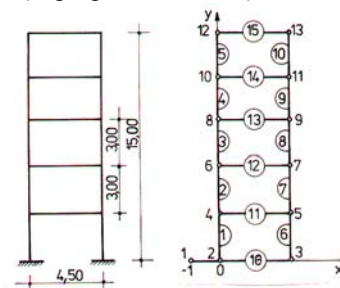
Preocuparea principală în izolarea antiseismică este reducerea substanțială a transmiterii forțelor și energiei spre structură, scop atins prin dispunerea structurii pe un sistem izolator cu deformabilitate

orizontală considerabilă, astfel încât în timpul cutremurului să se transmită structurii doar mișcări moderate.

Utilizând programul DRAIN – 2D s-a determinat răspunsul seismic pentru o structură rigidă (cadru plan cu o deschidere de 4,50m și 5 niveluri a 3,00 m – fig.3) cu și fără sistem de izolare aplicat în bază, făcându-se studii comparative și trasându-se diagramele de deplasări relative.

Fig.3

Frecvența proprie de oscilație a cadrului plan



este de 4,0 Hz, adică o perioadă de 0,25 secunde.

Structura a fost calculată considerând numărul de noduri egal cu 13, iar numărul barelor de 16 (elementele structurii sunt modelate cu elemente de tip « beam » care au rigiditate axială și la încovoiere). Mai este definită o bară de legătură între nodul 1 și 2 (element de tip « truss ») care în cazul structurii neizolate are rigiditatea și aria infinită (structura fiind practic fixă), iar pentru structura izolată are rolul de a simula comportamentul neliniar al reazemului (fig.3).

Din curbele caracteristice trasate în urma programelor experimentale realizate pe reazemele de cauciuc fretat cu inele metalice se alege una obținută în urma solicitării de compresiune cu forfecare

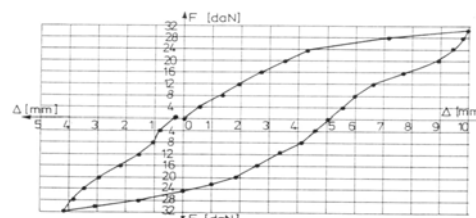


Fig.4

Necunoscutele au fost deplasările relative după direcția x, y (translații) și rotațiile. Deplasările nodurilor de la același nivel au fost considerate egale, iar nodurilor de la bază le-a fost blocată deplasarea după direcția y.

Structura fără izolare și cu izolare a fost supusă excitației seismice reprezentată prin accelerograma din fig.5, conform Eurocodului EC8, pentru un teren tare, având PGA (peak ground acceleration) de 0,3 g.

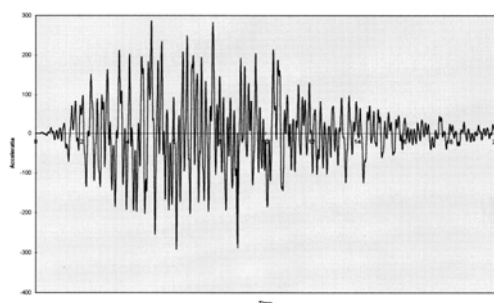


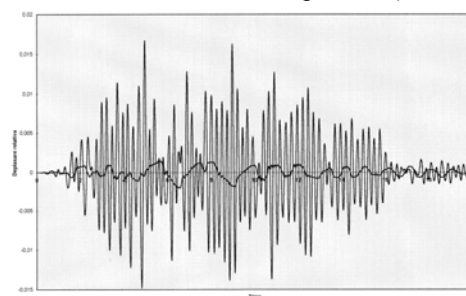
Fig.5 Accelerograma (conform EC8)

Analizând fișierele de rezultate conținând valorile maxime pozitive și negative ale accelerațiilor nodurilor cadrului și timpul corespunzător, se poate constata că valoarea maximă a accelerației se produce la ultimul nivel, fiind egală cu  $10,7478 \text{ m/s}^2$ , iar la primul nivel o valoare minimă de  $2,8671 \text{ m/s}^2$ .

Structura cu izolare are o accelerație aproape constantă la toate nivelurile. La ultimul nivel aceasta are valoarea de  $0,73903 \text{ m/s}^2$ . Deci, prin aplicarea

sistemului de izolare la bază are loc o reducere a accelerației de 3,88 ori la primul nivel și de 13,96 la ultimul nivel.

Fișierul de date mai conține istoria în timp a deplasărilor nodurilor după direcția x, pe intervalul (0-20) sec, cu un pas de timp de 0,01 sec. Importând valorile în EXCEL s-au obținut graficele de variație a deplasărilor relative de nivel după direcția x. Sunt



suprapuse valorile obținute la structura fără izolare cu cele de la structura cu izolare în bază.

În fig.6 sunt prezentate deplasările relative în timp ale nivelului V față de bază

Fig.6 Deplasarea relativă a nivelului V față de bază (structura I)

### Concluzii

Rezultatele experimentale sunt foarte concludente, dovedind eficiența cu care izolatorul realizat din cauciuc fretat cu inele metalice, acționează asupra structurii.

## Materiale din polimeri utilizate la izolarea termică

Daniela MANEA

*Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 3400, România*

**Abstract** The paper presents a synthesis of the principal synthetic polymer materials which are most frequently used. The paper mainly deals with the cellular, expand and extrude polystyrene and polyurethane foam.

**Keywords:** Thermal insulation, polystyrene, polyurethane foam.

### 1. Plăcile din polistiren expandat

Polistirenul expandat a apărut pentru prima oară în Germania și Franța în anul 1954. Este un material obținut în urma procesului de prelucrare a materialelor din polimeri și anume a expandării, care presupune că în amestecul brut de polimeri să se introducă o cantitate mică de carbonat de amoniu  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  sau alte săruri care la încălzire să se descompună și să rezulte substanțe gazoase care rămân prinse sub forma de bule în masa materialului imprimându-i structura poroasă. Concret, expandarea se execută în două faze: prima într-o atmosferă caldă, se introduc noile granule în tipare, se introduc vapori și apoi se produce a doua expandare care produce umplerea formelor.

Polistirenul expandat rezistă la apă, săruri, calcar, gips, bitum, soluții alcaline, săpunuri, acid clorhidric 35%, acid azotic 50%, acid sulfuric 95%, acizi diluați și slabi (acizi lactici, acid carbonic sau acizi organici). Nu rezistă însă la solvenți organici, vapori, dizolvanți, benzina, gudroane și uleiuri.

Temperatura limită de utilizare a polistirenului expandat este de 80°C permanent și de 100°C pe termen scurt, este greu inflamabil, încadrându-se în clasa C2 de combustibilitate.

Dimensiunea plăcilor este de 1000x500 mm în grosime de 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 500 mm. Acestea sunt utilizate la construcții noi și la renovarea celor vechi, ca termoizolații la acoperișuri, pereți interiori și exteriori, pardoseli, planșee. Sistemul de îmbinare al

plăcilor poate fi cu muchii drepte, cu falțuri în trepte sau în lamba și uluc. Polistirenul este un material foarte bine suportat de piele. El conține 98% aer.

Un alt tip de polistiren expandat este cel de tipul EPS, realizat de Austrotherm, care în cazul pereților exteriori se fixează cu un adeziv special iar pe placă se pune o plasa din fibră de sticlă și un strat de tencuială (fig.1).

Polistirenul expandat este livrat sub forma de plăci de 1000x500 mm cu grosimi de 10-300 mm, dar există și plăci speciale pentru colț, placă radială pentru structurile rotunjite cu orice rază de cerc, plăci de unghi pentru pereți exteriori, placă în unghi drept.

Domeniile de utilizare sunt: la acoperișurile terasă, la acoperișurile cu șarpanta (între căpriori), la izolarea termică și fonică a planșeelor, la pereții exteriori ai subsolului, cofraje de izolare a căldurii transmise de țevi. Caracteristicile tehnice cele mai importante sunt :

- densitatea (variază în funcție de tipul plăcii): 10 kg/m<sup>3</sup> - 35 kg/m<sup>3</sup>;
- coeficientul de conductivitate termică  $\lambda = 0,029 - 0,037$  W/mk;
- rezistența la compresiune (la o tasare de 10%): 5 - 26 t/m<sup>2</sup>;
- rezistența la compresiune de durată (tasare 2%): 0,5 - 6,2 t/m<sup>2</sup>;
- absorbția de apă: după 7 zile: 0,5 - 3%;  
după 1 an: 1,5 - 5 %; greu combustibil.

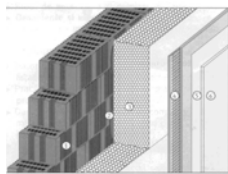


Fig.1

1 Zidărie, 2. Adeziv; 3. Placi de polistiren expandat; 4. Adeziv cu plasa de sticlă; 5,6 tencuiala

## 2. Polistirenul extrudat

Polistirenul expandat a fost introdus pe piață sub denumirea de STYROFOAM, AUSTROTHERM și POLIFOAM, este un produs identic din punct de vedere chimic cu polistirenul expandat, singura diferență fiind prelucrarea. Se face o extrudare, adică o prelucrarea a maselor prin deformare plastică constând în trecerea forțată a materialului supus unei forțe de compresiune printr-o matriță de formă adecvată.

Se obțin rezistențe mecanice superioare, o omogenitate sporită a materialului, fiind impregnat cu o substanță colorată bleu sau roz cu rol de ignifugare și de diferențiere de polistirenul expandat.

STYROFOAM – spumă rigidă de polistiren

extrudat (XPS), spumă albastră de polistiren extrudat este un material obținut în urma procesului tehnologic bazat pe extrudare obținând: o conductibilitate termică redusă, înlăturarea capilarității, rezistență ridicată la umezeală, rezistență la ciclurile de îngheț-dezgheț, rezistențe mecanice, durabilitate, rezistență la difuziunea vaporilor, greutate specifică mică.

Este un produs ușor de tăiat, imputrescibil, curat, fără miros. Aceste calități justifică utilizarea produselor din spuma rigidă de polistiren extrudat la izolarea pereților exteriori, ai pereților subsolului, la izolarea pardoselilor (la acoperișuri plate inversate), la terase, la izolarea pereților interiori, pentru înlăturarea, corectarea punților termice. Pentru fiecare din acest domeniu este utilizat un produs cu caracteristici specifice, realizând izolarea termică de la subsol până la acoperiș (fig.2).

În cazul acoperișurilor plate «inversate» - necirculabile – peste termoizolația acoperișului se aplică un strat de min 5 cm grosime de pietriș spălat, acesta având rolul de balast și de protecție împotriva razelor ultraviolete pentru panourile izolatoare din polistiren extrudat (tip Roofmate), dispuse peste membrana hidroizolantă..

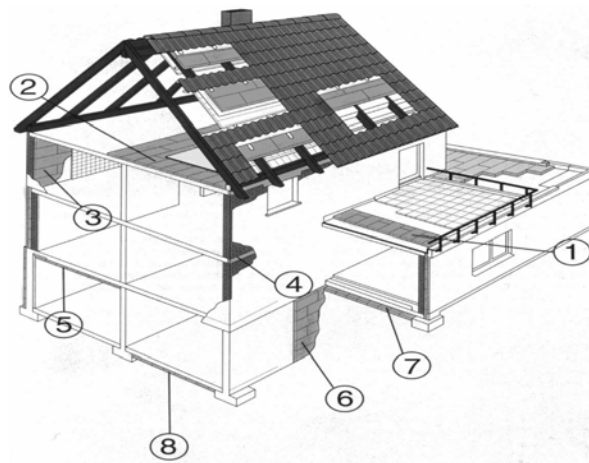


Fig.2

1.Roofmate SL pentru terase; 2. Floomate200 la pardoseala podului;3.Styrofoam IB la izolarea pereților interiori; 4.Styrofoam IB pentru punți termice; 5.StyrofoamIB pentru plafoanele subsolurilor; 6.Perimate INS pentru pereții subsolului; 7. Floomate 500 pentru pardoselile garajelor; 8.Floomate 200/Perimate INS sub dalele de pardoseala

Între straturile de pietriș și termoizolație se dispune o membrană de separație pentru a permite difuzia fără a reține apa, realizând coeziunea între panourile izolante. Pe marginea terasei se aplica o cantitate mai mare de balast pentru a preveni acțiunea de exfoliere a vântului

În cazul acoperișului gradină deasupra izolației se află stratul de separație, stratul de drenaj, stratul de filtrare și substratul de sol. Dacă acoperișul terasă este circulabil, dalele de pavaj din beton cu rosturi libere se pot așeza pe un strat de pietriș fărâmițat cu grosimea de 3 cm.

Pereții subsolului pot fi izolați aplicând panourile din spumă de polistiren extrudat prin lipire pe fetele exterioare a membranei hidroizolante cu adezivi ce nu conțin solvenți. Aceasta soluție asigură și protecția membranei hidroizolante împotriva deteriorărilor mecanice din timpul și după lucrările de construcție, reduce pierderile de căldură și implicit costurile de încălzire, menține subsolul uscat, împiedicând producerea condensului și mărește durata de viață a elementelor de construcție subterane. Asamblarea cap la cap a panourilor previne formarea punților termice la îmbinări. Datorită rezistenței mari la compresiune pe termen lung ( $110 \text{ kN/m}^2$ ), panourile de polistiren extrudat (Perimate INS) se pot utiliza până la adâncimi mari chiar și în cazul în care sunt supuse în permanență apei freatice.

În cazul izolării termice a pardoselilor sunt utilizate plăci de polistiren extrudat de tip Floomate, cu rezistența la compresiune cuprinsă între 200 și 500 kPa, fiind capabile a răspunde exigentelor impuse la solicitările variabile la care sunt supuse pardoselile (sarcini statice și dinamice, rezistență mare la compresiune, deformare minimă sub sarcină, izolare chiar și în condiții de umiditate și impact mecanic). Aceste plăci se pot utiliza și la izolarea termică a clădirilor cu pardoseli în contact direct cu solul, fiind așezate direct peste umplutura nivelată și compactată sub stratul de hidroizolație. În acest caz, lipsa plăcilor de beton ce constituie stratul de bază conduce la o reducere a costurilor, peste izolația termică și membrana hidroizolatoare urmând a se turna o placă de beton armat ce constituie și stratul suport pentru finisajele pardoselii.

Din punct de vedere al fizicii construcțiilor, soluția optimă este izolarea pe suprafața exterioară a clădirii (micșorându-se riscul apariției condensului). În cazul unor clădiri a căror fațade nu pot fi modificate datorită valorii arhitecturale, singura condiție este de a monta izolația termică spre interior. Plăcile sunt lipite cu mortar pe bază de ciment pe perete și/sau fixate mecanic, suprafața fiind acoperită cu tencuială obișnuită. Grosimea termoizolației trebuie calculată cu mare grijă, de aceasta depinzând temperatura straturilor componente ale pereților exteriori, riscul apariției condensului.

Panourile Styrofoam conțin un adeziv ce întârzie aprinderea în cazul unei incendieri accidentale. Panourile sunt totuși combustibile, iar dacă sunt expuse direct la flacără intensă pot arde rapid. Expuse la temperatura mai mare de  $75^\circ\text{C}$  panourile se pot deforma sau pot deveni fragile (sfărâmicioase, casante) pierzându-si proprietățile mecanice.

Sunt rezistente la contactul cu majoritatea materialelor de construcții: ciment, ipsos, pulberi bituminoase, gips, alcooli, acizi și baze. Anumite materiale organice: solvenți, diluații de vopsea, acetona, pot deteriora panourile, având ca rezultat înmuierea, îngustarea (contractarea) și chiar dizolvarea, scăzând performanțele materialului. Pentru fixare se utilizează adezivi fără solvenți.

Un alt material de termoizolație din polistiren extrudat sub formă de plăci, de culoare roz este spuma rigidă de polistiren (XPS) Austrotherm. A fost creată în 1940 pentru plutele de salvare ale marinei americane în timpul războiului din Pacific. Datorită celulelor sale închise, XPS nu absoarbe apa prin capilaritate, fiind insensibil la apa.

Plăcile sunt rezistente la compresiune și au stabilitate dimensională, au o bună rezistență la îngheț-dezghet. Îmbinarea este prin muchii drepte, falț în trepte sau lamba și uluc.

Este recomandat la amenajarea acoperișului terasă întors, la acoperișuri circulabile, la acoperișurile gradină la pereții exteriori care intră în contact cu pământul. Poate fi utilizat și la adâncimi de peste 3 metri. Plăcile se lipesc direct cu bitum sau cu adezivi fără solvenți peste hidroizolație

Este recomandat la hale de depozitare, săli de sport având o întreținere ușoară a suprafeței. Poate fi utilizat și la acoperișuri tip șarpanta aplicat pe căpriori.

Temperatura limită de exploatare este de 75°C, clasa de combustibilitate B1.

Tabelul 1.

| Material                                             | Densitate<br>ρ<br>[kg/m³] | Coef.cond<br>Termica<br>λ<br>[W/mK] | Abs. de apa      vol% |         | Temp limita<br>T<br>°C | Rez.la compres<br>(def 10%)<br>[N/mm²] |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------|------------------------|----------------------------------------|
|                                                      |                           |                                     | 7 zile                | 1 an    |                        |                                        |
| Polistiren<br>Expandat<br>Swisspor                   | 11                        | 0,045                               | 4-6                   | 6-8     | 80°C                   | 0,04                                   |
|                                                      | 15                        | 0,040                               | 2-3                   | 4-6     |                        | 0,07                                   |
|                                                      | 20                        | 0,038                               | 2-3                   | 3-5     |                        | 0,11                                   |
|                                                      | 30                        | 0,036                               | 2-3                   | 3-5     |                        | 0,18                                   |
| Polistiren<br>Expandat<br>Austro-<br>therm           | 10                        | 0,045                               | 3                     | -       | 80°C                   | 0,05                                   |
|                                                      | 15                        | 0,041                               | 1-3                   | 3-5     |                        | 0,07-0,012                             |
|                                                      | 20                        | 0,038                               | 1-2,3                 | 3-5     |                        | 0,10-0,16                              |
|                                                      | 25                        | 0,036                               | 0,8-2                 | 1,8-3,8 |                        | 0,15-0,18                              |
|                                                      | 30                        | 0,035                               | 0,5-2                 | 1,5-3,5 |                        | 0,18-0,26                              |
| Polistiren<br>Extrudat<br>Albastru<br>Styro-<br>Foam | 30                        | 0,030                               | 0,2                   |         | 75°C                   | 0,11                                   |
|                                                      | 28                        | 0,033                               | 1,5                   |         |                        | 0,08                                   |
|                                                      | 30                        | 0,030                               | 0,2                   |         |                        | 0,11                                   |
|                                                      | 25                        | 0,030                               | 0,2                   |         |                        | 0,07                                   |
|                                                      | 38                        | 0,030                               | 0,2                   |         |                        | 0,18                                   |
|                                                      | 45                        | 0,030                               | 0,2                   |         |                        | 0,25                                   |
|                                                      | 30                        | 0,030                               | 0,2                   |         |                        | 0,09                                   |
| Polistiren<br>Extrudat<br>Roz<br>Austro-<br>therm    | 28                        | 0,029                               | 3                     |         | 75°C                   | 0,02                                   |
|                                                      | 30                        | 0,030                               | 3                     |         |                        | 0,03                                   |
|                                                      | 30                        | 0,028                               | 3                     |         |                        | 0,03                                   |
|                                                      | 35                        | 0,027                               | 3                     |         |                        | 0,05                                   |
|                                                      | 45                        | 0,030                               | 3                     |         |                        | 0,07                                   |
|                                                      | 28                        | 0,032                               | 3                     |         |                        | 0,015                                  |
| Poliuretan                                           | 30                        | 0,025                               | 3                     |         | 120°C                  | 0,10                                   |

### 3.Spuma de poliuretan

Se obține prin acțiunea unui poliizocinat asupra unui polistiren saturat iar expandarea se realizează prin degajarea unui gaz și anume a freonului, sub acțiunea căldurii de reacție sau a bioxidului de Ca la descompunerea izocinatului cu apa. Densitatea aparentă a spumei variază între (30-50) kg/m<sup>3</sup> în funcție de proporția de componenți, temperatura de reacție.

Spuma rigidă din poliuretan rămâne neschimbata în timp, este neutră din punct de vedere chimic (trebuie protejată de expunerea permanentă la radiațiile ultraviolete).

Rezistă la calcar, ciment, gips, bitum, solvenții alcalini și la majoritatea acizilor diluați.

Clasa de combustibilitate este C3 – inflamabile în anumite condiții, rezistente pentru puțin timp la temperaturi de până la + 200°C.

Din spuma de poliuretan se confecționează plăci care se caserează pe ambele fețe cu hârtie Kraft sau pânza din fibră de sticlă sau cu folie din aluminiu (50μm).

Plăcile din poliuretan se utilizează la izolarea termică a acoperișurilor terasă și șarpanta, la confecții metalice, la izolarea camerelor frigorifice.

### 4.Concluzii

Din paragrafele precedente se poate constata domeniul larg de aplicabilitate al materialelor din polimeri utilizate în izolarea termică. Începând cu polistirenul expandat care are deja o vechime de 40 de ani de experiență și completând cu polistirenul extrudat, materialele din polimeri rezolvă problema izolării la acoperișuri, pereți, planșee, a punților termice, a conductelor și altele. Soluțiile adoptate utilizând materiale din polimeri duc la reduceri substanțiale a greutateii construcțiilor; nu mai mult

decât în cazul unui strat de drenaj realizat din pietriș la care am avea o încărcare de  $180\text{kg/m}^2$ , iar cu polistiren expandat  $1,5\text{kg/m}^2$  pentru o grosime de 10 cm.

În urma prezentării materialelor de izolare termică din polimeri se pot sintetiza datele caracteristice în tabelul 1.

În urma unui calcul efectuat în vederea determinării grosimii termoizolației unui perete exterior, s-a ajuns la următorul rezultat:

- 1,0 cm – Polistiren extrudat roz, Austrotherm XPS cu  $\lambda = 0,030\text{W/mK}$ ;
- 1,4 cm - Polistiren expndat, Austrotherm EPS cu  $\lambda = 0,041\text{W/mK}$ ;
- 5,0 cm – lemn cu  $\lambda = 0,140\text{ W/mK}$ ;
- 5,0 cm – Blocuri din b.c.a Ytong (G25) cu  $\lambda = 0,140\text{ W/mK}$ ;
- 6,0 cm – Zidărie din blocuri Porothersm 38 cu  $\lambda = 0,177\text{ W/mK}$ ;
- 13,0 cm - Zidărie din blocuri Porothersm 25 cu  $\lambda = 0,391\text{ W/mK}$ ;
- 25,0 cm - Zidărie din cărămida plină cu  $\lambda = 0,760\text{ W/mK}$ ;

Față de criteriile de mai sus, nu trebuie uitat și criteriul economic, studiind prețurile acestor produse

din polimeri, utilizați în izolarea termică a construcțiilor.

## Canalizarea zonei limitrofe complexului de lacuri Ciric I și II, din jud. Iași, în scopul redresării ecologice a acesteia

Alina NISTOR,

Marius AGAFIȚEI,

Nicolae MARCOIE

Universitatea Tehnică "GH. ASACHI" Iași, Iași, 6600, România

**Abstract** Preserving and protection of the environment get more and more impose, constituting a major problem of contemporary mankind. Anthropic activities affect more powerfully the evolution of environment factors. The present paper lays stress on the ecological restoration, from piscicultural and pleasure point of view, of the lacks Ciric I and II, one of the nearest relaxing county area with such demographic situation. The paper presents one restoration way, being analyzed the problem of sewerage net of limitrophe lacks area, in separate system, for waste water.

In the matter of the pollution impact towards Ciric lakes, in the paper are presented social-human activities in the area and concrete mode through the lakes are affected because of these activities, the final result being the impossibility of using them for swimming and fishing. Qualitative situation of these lakes was analyzed under sanitary-epidemiological, eutrophication and sedimentary aspect, for establishing their water quality from chemical, biological and bacteriological point of view.

*Keywords:* Protection of the environment, ecological restoration, lake pollution.

### 1. Introducere

În ultimii ani, s-a acordat o atenție sporită executării unor lucrări în bazinul hidrografic Bahlui, care să conducă la reducerea revărsărilor apelor din râuri pe șesuri. Caracterul local și dimensionarea întâmplătoare au făcut ca aceste construcții să rezolve parțial problema. Au fost executate lucrări de corectare a cursurilor râurilor pe distanțe mici, sub 10 km, dar care, nefiind întreținute în bune condiții, și-au pierdut din efect în unele locuri.

S-a corectat albia râului Bahlui de la Lețcani până în aval de orașul Iași pe cca 10 km și s-a efectuat o canalizare a Bahluiului în sectorul Podu Iloaiei.

Lucrările de adâncire a cursurilor de apă au avut ca scop atât redimensionarea albiilor minore, în vederea transportului, fără revărsări, al unui volum cât mai mare de apă, cât și uscarea șesurilor prin drenarea apelor subterane.

### 2. Situația calitativă a lacurilor Ciric I și II. Măsurile de redresare impuse

Valorile indicatorilor de calitate a apei, determinate de către R.A. "Apele Române" Iași, pentru bazinul hidrografic Bahlui, lacurile Ciric I și II, se prezintă în tabelul 1. Datorită distrugerii colectorului de canalizare prin alunecări de teren în zona insulei-lac Ciric (cca 50 m) și infiltrației apelor uzate în pânza freatică, respectiv în lacul Ciric, de la canalizările locale amenajate racordate la fose septice și ca urmare a nefuncționării normale a colectorului și a rețelei de canalizare, în urma analizei calității apei din lacurile Ciric I și II, de către I.P.S.M.P. Iași, a rezultat că aceasta este **total necorespunzătoare** atât din punct de vedere bacteriologic, cât și din punct de vedere chimic, recomandându-se interzicerea cu desăvârșire a îmbăierii în apa din lacul Ciric. Din buletinul de analiză rezultă că numărul de germeni se cifrează între 400 și 800, bacili coliformi sunt în total peste 1600, iar cei fecali peste 230, amoniacul depășește 0,22 mg/l, substanțele organice sunt de peste 190, iar pH-ul de 9,5, fiind, deci, o **apă bazică**, fapt pentru care aceste lacuri reprezintă un real pericol pentru viața și

sănătatea oamenilor, devenind improprie practicărilor sporturilor, îmbăierii și înotului.

Tabel nr. 1  
Indicatori de calitate a apei

| LACUL                                |                                 | CIRIC I  | CIRIC II   | CIRIC II   | CIRIC II   |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------|------------|------------|------------|
| Punct de recoltare                   |                                 | intrare  | intrare    | mijloc     | ieșire     |
| pH                                   |                                 | 8,96     | 8,82       | 8,85       | 8,78       |
| Oxigen dizolvat, mg/l                |                                 | 5,4      | 5,0        | 5,1        | 3,0        |
| Saturație oxigen, %                  |                                 | 65,7     | 58,6       | 57,7       | 35,2       |
| CBO <sub>5</sub> , mg/l              |                                 | 26,5     | 32,0       | 29,5       | 30,5       |
| CCO-Mn, mg/l                         |                                 | 42,7     | 52,8       | 44,8       | 44,0       |
| Azot mineral total, mg/l             |                                 | 1,93     | 2,03       | 1,67       | 2,67       |
| NO <sub>2</sub> , mg/l               |                                 | 0,00     | 0,00       | 0,00       | 0,00       |
| NO <sub>3</sub> , mg/l               |                                 | 2,4      | 2,6        | 1,8        | 2,6        |
| NH <sub>4</sub> , mg/l               |                                 | 1,82     | 1,90       | 1,67       | 2,70       |
| Fosfor total, mg/l                   |                                 | 0,18     | 0,15       | 0,14       | 0,16       |
| PO <sub>4</sub> , mg/l               |                                 | 0,56     | 0,47       | 0,43       | 0,50       |
| Reziduu fix, mg/l                    |                                 | 1040     | 1020       | 987        | 980        |
| Calciu, mg/l                         |                                 | 48       | 52         | 44         | 48         |
| Magneziu, mg/l                       |                                 | 72       | 79         | 62         | 58         |
| Cloruri, mg/l                        |                                 | 80       | 96         | 96         | 84         |
| HCO <sub>3</sub> , mg/l              |                                 | 622      | 756        | 671        | 708        |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , mg/l |                                 | 114      | 102        | 102        | 90         |
| S <sup>2-</sup> , mg/l               |                                 | 0,34     | 0,52       | 0,44       | 0,50       |
| Alcalinitate m., mg/l                |                                 | 14,0     | 15,8       | 14,4       | 14,6       |
| Alclinitate p., mg/l                 |                                 | 1,9      | 1,7        | 1,7        | 1,5        |
| Duritate totală (grad germ.)         |                                 | 24,1     | 25,8       | 20,7       | 20,2       |
|                                      | Densitate, 10 <sup>3</sup> ex/l | 5030000  | 6480000    | 16520000   | 11475000   |
| Fitoplancton                         | Biomasă, mg/l                   | 3,02     | 2,2        | 9,0        | 7,1        |
|                                      | Grupe dominante                 | Diatomee | Cianoficee | Cloroficee | Cloroficee |
| Zooplancton                          | Densitate, 10 <sup>3</sup> ex/l | 48       | 2720       | 2080       | 11880      |
|                                      | Grupe dominante                 | Ciliate  | Rotifere   | Rotifere   | Ciliate    |
| Germenii totali la 37°C/l            |                                 | 42000    | 2000       | 5000       | 9000       |
| Coliformi totali, nr/l               |                                 | 240000   | 13000      | 22000      | 8000       |
| Coliformi fecali, nr/l               |                                 | 23000    | 0          | 5000       | 0          |

Pentru ameliorarea situației și reechilibrarea mediului, în vederea protecției vieții, sănătății și securității consumatorilor, se impune realizarea urgentă a următoarelor măsuri:

-Proiectarea unei rețele de canalizare care să poată prelua apele uzate de la toți agenții economici cu clădiri amplasate sau în curs de amplasare în zona turistică și de agrement Ciric I și II;

-Revizuirea, repararea și punerea în funcțiune normală a colectorului de canalizare existent, inclusiv refacerea celor 50 m de canalizare distrusă în urma alunecărilor de teren;

-Studierea soluțiilor privind amplasarea unei stații de pompe și pomparea apelor uzate din zona Ciric spre canalizarea orașului (în colectorul oraș), în aval de lacul Veneția (Ciric III) cu cca 3 km;

-Oprirea funcționării apei potabile la agenții economici, cu excepția fântânilor arteziene pentru

turiști, până la realizarea și punerea în funcțiune a rețelei de canalizare;

combaterea pe cale chimică a vegetației acvatice de pe canalele de desecare; aplicarea unor măsuri de combatere a eutrofizării și de aerare a lacurilor, utilizând diverse tipuri de aeratoare;

-Tratarea igienico-sanitară a celor două lacuri, prin operații de golire, excavare a mărului, transport și reutilizare a acestuia și apoi de umplere.

### 3 Amplasarea obiectivelor în zonă

Zona de recreere și de agrement Ciric s-a realizat etapizat, din 1978 și are rolul de a asigura odihna și agrementul locuitorilor municipiului Iași, dar, în același timp, constituie un important punct turistic al județului. Prin baraje și îndiguiri, s-a realizat salba de lacuri Dorobanț, baza nautică Aroneanu, Ciric I, II și Veneția, dar și regularizarea unui pârâu care, în perioadele cu exces de precipitații, produce inundații și, implicit, mari pagube materiale. S-au amplasat și realizat obiective de construcții, tabăra pentru copii și școlari, vile, cabane, căsuțe, spații pentru petreceri și alimentație publică, terenuri de joc, dar și lucrări de alimentare cu apă potabilă și instalații de canalizare. Amplasamentele obiectivelor turistice, de agrement și recreere s-au realizat pe ambele maluri ale lacului Ciric. În mare parte, aceste construcții sunt în administrarea unor agenți economici sau instituții (fig. 1).

### 4. Alegerea sistemului de canalizare

Colectarea și evacuarea apelor uzate se va face, pentru complexul de lacuri Ciric I și II, în **sistem separativ**, prevăzut cu rețele distincte pentru scurgere:

- apele uzate menajere se colectează întotdeauna printr-o rețea de canale subterane;
- apele meteorice se pot scurge la suprafața solului, prin canale (șanțuri) deschise.

În sistem separativ, costul lucrărilor este mai ridicat, acest tip de canalizare fiind recomandat în localitățile mici, unde o mare parte din apele meteorice pot fi evacuate pe cale superficială.

-Curățarea lacurilor de stuf, alge, obiecte și impurități și aducerea acestora la nivelul normal de igienizare și salubritate;

-Executarea și întreținerea lucrărilor de desecare,

### 5. Proiectarea rețelei de canalizare, în sistem separativ, pentru ape uzate

Succesiunea operațiilor de dimensionare a rețelei de canalizare pentru apele uzate este următoarea:

1. Se trasează pe planul de situație axele canalelor. Toate canalele se vor așeza în linie dreaptă, pentru a se putea curăți. Acolo unde se impune schimbarea direcției, se va executa un cămin devizitare. De asemenea, se vor prevedea cămine de vizitare pe porțiunile drepte, la intervale de 50 m pentru canalele cu diametrul de 150-600 mm și de 75 m pentru canalele cu diametrul de 600-1400 mm;
2. Se măsoară lungimile tronsoanelor de canalizare (fig. 2):  $l_{1-2}=200\text{m}$ ,  $l_{2-3}=135\text{m}$ ,  $l_{3-4}=135\text{m}$ ,  $l_{4-5}=160\text{m}$ ,  $l_{5-5'}=550\text{m}$ ,  $l_{5'-5''}=1030\text{m}$ ,  $l_{5''-6}=240\text{m}$ ,  $l_{6-7}=40\text{m}$ ,  $l_{7-8}=475\text{m}$ ,  $l_{8-9}=250\text{m}$ ,  $l_{9-10}=175\text{m}$ ,  $l_{10-11}=415\text{m}$ ,  $l_{11-12}=270\text{m}$ ,  $l_{12-13}=270\text{m}$ ,  $l_{13-14}=150\text{m}$ ,  $l_{14-15}=205\text{m}$ ,  $l_{15-16}=125\text{m}$ ,  $l_{16-17}=115\text{m}$ ,  $l_{17-18}=120\text{m}$  și  $l_{18-19}=1400\text{m}$ ; există și posibilitatea de extindere a rețelei de canalizare;
3. Se stabilește profilul în lung și se determină pantele după relieful terenului;
4. Se determină debitul de calcul al tronsoanelor:  

$$Q=Q_{tr} + Q_l + Q_p \text{ (l/s) (tabelul nr. 2);}$$
5. Panta hidraulică se adoptă egală cu panta terenului sau cât mai apropiată de aceasta, încât scurgerea apelor uzate să se producă în mod normal;
6. Se efectuează calculul hidraulic, se determină diametrul canalului, se prevăd canale circulare cu diametrul minim de 300 mm, se respectă condiția "diametrelor minime", impuse de considerente legate de exploatare. Vitezele de calcul din canale laterale nu vor fi mai mari decât vitezele de calcul din colectorul în care se varsă. Umplerea canalelor laterale trebuie să corespundă nivelului de calcul (oglindea) al apei din canalul care primește aceste ape;
7. Se efectuează calculul cotelor radierului;
8. Se calculează acoperirea, dată de diferența între cota terenului și cota radierului.

Tabelul nr. 2

| TRONSONUL | DEBITE, (l/s)     |                |                |            |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|------------|
|           | TRANZIT, $Q_{tr}$ | LATERAL, $Q_l$ | AFERENT, $Q_p$ | TOTAL, $Q$ |
| 1-2       | -                 | -              | 0,9            | 0,9        |
| 2-3       | 0,9               | -              | -              | 0,9        |
| 3-4       | 0,9               | -              | -              | 0,9        |
| 4-5       | 0,9               | -              | 3,7            | 4,6        |
| 5-5'      | 4,6               | -              | 3,7            | 8,3        |
| 5'-5''    | 8,3               | -              | 5,7            | 14,0       |
| 5''-6     | 14,0              | -              | -              | 14,0       |
| 19-18     | -                 | -              | 17,0           | 17,0       |
| 18-17     | 17,0              | -              | -              | 17,0       |
| 17-16     | 17,0              | -              | -              | 17,0       |
| 16-15     | 17,0              | -              | -              | 17,0       |
| 15-14     | 17,0              | -              | 2,2            | 19,2       |
| 14-13     | 19,2              | -              | -              | 19,2       |
| 13-12     | 19,2              | -              | 1,8            | 21,0       |
| 12-11     | 21,4              | -              | 0,4            | 21,4       |
| 11-10     | 21,4              | -              | -              | 21,4       |
| 10-9      | 21,4              | -              | -              | 21,4       |
| 9-8       | 21,4              | -              | -              | 21,4       |
| 8-7       | 21,4              | -              | -              | 21,4       |
| 7-6       | 21,4              | -              | -              | 21,4       |

Pentru  $h$  în cm,  $v_{max} = 3,5$  m/s. În punctele 1 și 19, acoperirea are valoarea de 1,20 m.

## 5. Bibliografie

- [1] Cojocaru, I., *Surse, procese și produse de poluare*, 1995, Ed. Junimea, Iași;
- [2] Giurma, I., *Cadrul natural și social-economic în care s-au realizat acumulările din bazinul hidrografic Bahlui*, 1979, Referat, Iași;
- [3] Mănescu, S. și colab., *Chimia sanitară a mediului*, 1978, Ed. Medicală, București;
- [4] \*\*\* , *Premise ale elaborării strategiei de protecție a mediului în județul Iași*, 1995 – 1999, Agenția de Protecție a Mediului, Iași.

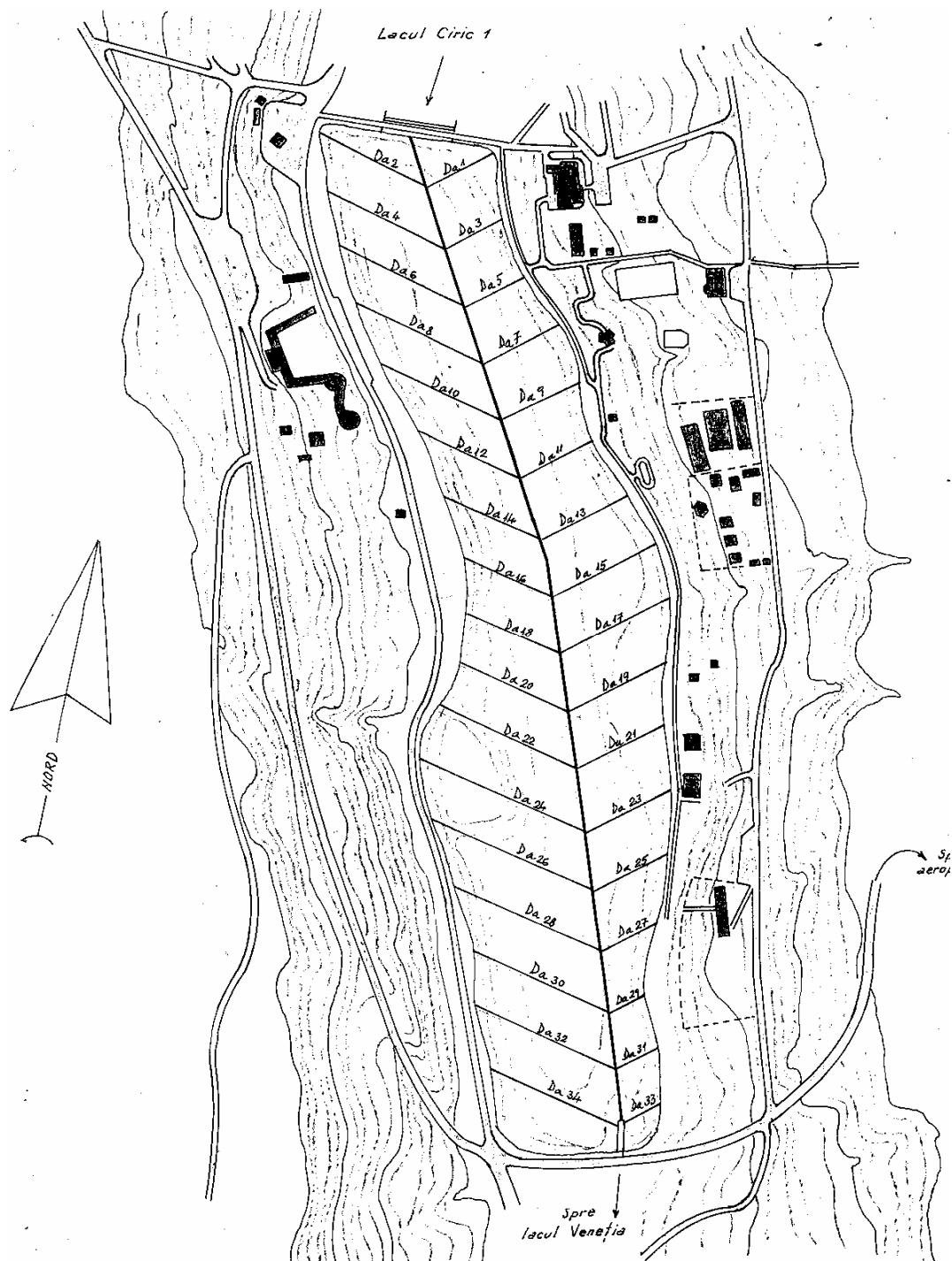
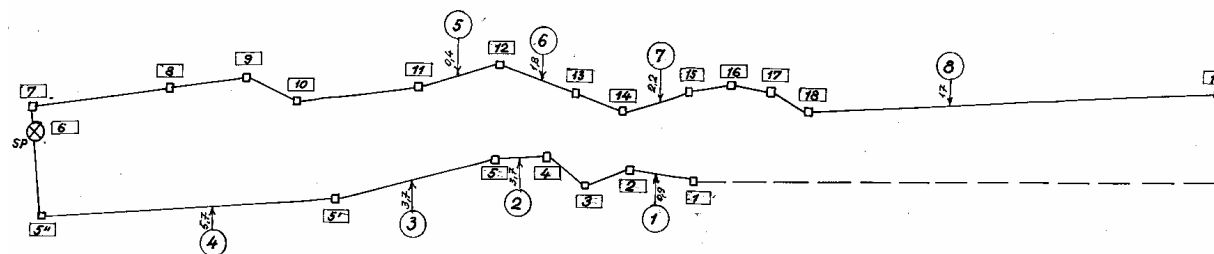


Figura 1 Zona Ciric



### LEGENDA

- ① Tabără Inspectorat Școlar.
- ② Vile S.C. „Nicolina”, Restaurant și terasă.
- ③ S.C. „Nicolina” S.A., Dușuri, Chioșc „Delfinul”.
- ④ Clubul Sportiv „Dinamo”, R.A.T.C., R.A. Romtelecom, S.C. „Suprem” S.A.
- ⑤ Grădină și restaurant.
- ⑥ Bufet cu terasă.
- ⑦ S.C. „Unirea” S.A.
- ⑧ Restaurant „Circ”, R.E.N.E.L., S.C. „Moldomobila” S.A., S.C. „Terom” S.A., S.C. „Consart” S.A., S.C. „Moldova”, Electromontaj, C.E.T. II Holboca.
- Unități poluante.

Figura 2 Schița rețelei de canalizare  
Scara 1:10 000

## Artificial Intelligence System for Decision -Making Process

Cornelia NOVAC

University "Dunarea de Jos" of Galati , 6200 Galati, Roumania

---

**Abstract** The present paper deals with the main problem that occurs when a navigation decision support intelligent system assists the ship-commander in difficult weather conditions. The main requirements for the system have as consequences specific characteristics of the SIA system. As the system memorizes the data relating to the history of the ship, reliability studies may be consequently performed with a view to obtain the necessary navigation passes for the ship. Equally important, the paper presents briefly a development of the concepts "critical state" and "system risk". It concludes with an analysis of the knowledge organization at the decision-making level of the system.

**Keywords:** Intelligent system, decision, risk, reliability, ship

---

### 1. Introduction

The surviving capacity of a ship sailing in difficult weather conditions imposes *critical limits* used as modeling criteria, more specifically -as far as the ship is concerned- as *absolute values of control parameters* not to be overlooked under any circumstances. These values could either be the bending angle that causes the ship to sink, or the maximum effort which the ship's resistance structure can hold on to.

Field literature sustained for a long time the idea which considers the ship's surviving capacity as ensured by rigorously following the norms of the insurance companies, the loading line and the stability rules. Consequently, the surviving capacity was treated exclusively as a modeling problem. Unfortunately, the major ship losses combined with the considerable damage brought upon the environment has shown that the perspective described above was a faulty one; thus, the surviving capacity, especially in extremely critical sailing conditions, must be regarded as a dynamic reliability variable, which has to be permanently monitored, analysed and even controlled from the exploitation level.

Habitability, defined as the ship's ability to accomplish specific tasks with minimum discomfort,

as well as operability, regarded as the ship's ability to accomplish a specific task in any weather conditions, are concepts mainly relating to the ship exploitation.

As for the ship's reliability and even for practical reasons, the distinction between the two concepts is hard to define, since they are both aspects of the same problem imposing *operational limits*, meaning the values of certain control parameters; overlooking them may lead to a decrease in the comfort and performances of the ship, to a higher level of risk for the ship and its goods, and -most importantly- to a significant decrease in the reliability of the human factor involved in running and operating the ship.

Furthermore, considering operational limits as an exclusive problem of ship exploitation has been proved wrong, leading to what is called the "bad ship" concept, with low economicity and improper behaviour in rough sea (so avoided by ship owners and crews), with a shorter exploitation period than the one prescribed by critical limits, and a poor operational coefficient that definitely affects the investment.[1]

Under difficult circumstances, a ship captain has to make quick decisions according to the standards of the ship, and at the same time choose the best route

in order to avoid any danger that might affect the vessel and its crew.

In order to automatically select the best route (in a larger meaning), the intelligent system proceeds to an evaluation of the information package regarding:

- the steering characteristics needed for sailing on the selected route;
- aspects dealing with the safety, efficiency and duration of the cruise;
- weather conditions and the state of the shipment;
- the anti-collision system;
- the anti-wreck system;
- the shipment's safety.

Weather and sea conditions in the sailing area are estimated by the system on grounds of the prognosis sent from the mainland, and of direct observation performed aboard the ship by means of specific high precision sensors.

The main function of the "SIA-SYSTEM" is to elicit and to organize the pieces of information, to display the results of its estimation and to explain policy navigation alternatives.

## 2. System Definition

The main elements of the system that contrails the structural damage risk by maintaining it within reasonable limits are:

- setting up an analytical base;
- implementing a structure-based inspection program;
- implementing a structural supervision system for the use of the ship managing staff.

The structure implies the existence of powerful theoretical models, which can allow the a priori analytic appraisal of the ship expectations; these "pre-existing behaviour patterns" enable the comparison between the real exploitation situations and analytically- acquired predictions.

Physically speaking, the system includes the main-deck computer and a measuring complex used to scale physical process and to transform analogical signals into digital form.

## 3. The Structure of the Decision Support Intelligent System "SIA-system"

The SIA-system is a complex system consisting of a number of individual subsystems. The framework of KD-SIA can be represented as :

$$S_{KB-SIA} = (I_{KB-SIA}, D, D^*, M, M^*, A, A^*, R, G),$$

$$I_{KB-SIA} = (I, KB) \quad (1)$$

$$KB = (OBJECT-KB, ANALYSIS-KB, TOOLS-KB) \quad (2)$$

$$D = (DBO, DBI) \quad (3)$$

where:

$I_{KB-SIA}$  represents the dialogue management subsystem of KB-SIA and includes two components: the interface (I) and the knowledge base (KB).

KB is subdivided in three components:

OBJECT-KB provides knowledge on "WHAT" kind of evaluation variable system should be used when different objects are evaluated;

ANALYSIS-KB provides knowledge on "HOW" to make evaluation on the given objects and TOOLS-KB provides on "HOW" to use the system's tools .

D: represents the database and includes two subsystems: the Database of Objects (DBO) stores the attributes of the original variables of the objects to be evaluated, and the Database for Indexes (DBI) stores the structure's index attributes according to the relevant membership functions.

$D^*$  represents the database's management system,

M represents the set of mathematical models than can be used to evaluate the ship's knowledge structure;

$M^*$  represents the management system;

A represents the set of procedures programmes;

$A^*$  represents the set of programmes involved in the management system; R represents the "black box" of the ship (for the post-factum reliability studies performed on the ship after a storm);

G represents visual display capabilities [2].

The manner in which the system offers the information and reveals it to the captain on demand, and the manner in which it throws light on the background reasoning that led to specific conclusions constitute special points which are specific to the explanatory subsystem, and will be deepened later.

Subduing to objective reality, the vessel has to face violent storms characterized by 9° B - 12°B (hurricane) during the exploitation process.

Despite improving the entire flow of design-execution-exploitation-maintenance, one still has to solve the problem of the ship survival. Under such

circumstances, the right choice of the sailing parameters is extremely important (implying tremendous responsibility), as an error may lead to ship and shipment damage, human casualties and occasionally severe environmental pollution.

#### 4. Risk Definition

The functioning of the control system in this extreme situation is based on the mathematical model describing the ship's behaviour in time-variable exterior action. For this reason, in order to connect the real-life ship behaviour to the mathematical model, we developed the concepts: "dangerous state" and "risk".

"Dangerous state" defines the situation in which the exterior action (in a broader meaning) surpasses the ability of the ship (as a whole or only as sub-assemblies) to oppose this action.

"Risk" means the probability for the "dangerous state" to occur. In order to identify the occurrence of the "dangerous state", a function " $q(X)$ " is introduced, characterizing the relation between the exterior action and the vessel's ability to oppose this action; in " $q(X)$ " the  $X = X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  stands for the random parameters' vector, which describes the "dangerous state" of the ship (in particular cases, within accepted hypotheses, there may exist determinative parameters as specific components of the  $X$  vector, [1]).

The size and sign of  $q(X)$  determines the ship state, given a certain exterior action:

$q(X) > 0$  – ship clear;

$q(X) = 0$  – initiation of dangerous state;

$q(X) < 0$  – ship in dangerous state.

It is obvious that the value of the  $X$ -included parameters can be selected by the navigator (or by the control system at his initiative) changing the size and sign of  $q(X)$ ; such parameters are called "command parameters" i.e. the ship's velocity, the bending angle, the structural strain, etc.

Ensuring the ship safety (preserving the ship's survivability) means keeping the positive value of  $q(X)$  in all extreme situations possible; keeping in mind that, generally speaking, this function is random, the  $q(X) > 0$  condition should also be regarded from a probabilistic point of view.

As the absolute safety of the ship is a theoretical notion, characterizing ship safety from a practical point of view may be achieved by means of admitted risk degree; so the ship safety is preserved if the following occurs:

$$R \leq R_A \quad (4)$$

where:

$R$  – the real risk seen as the probability of the event  $q(X) < 0$  in the given loading and sailing conditions;

$R_A$  – the normative value characterizing the admitted risk degree.

The real risk value is determined by the relation:

$$R = \int_{q(x) < 0} \dots \int f_x(x) dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (5)$$

where:

$f_x(x)$  is the function of the crossed probability density of the random values  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ;

$q(x) < 0$  – the integration domain.

The normative value of the risk  $R_A$  can be acquired based on the calculus of the economic efficiency of ship exploitation, considering the cost of the vessel and shipment, the freightage taxes, the expenses for possible damage repair, environment protection, etc.

The complexity of the ship as a controlled object does not allow the direct use of the (1) condition in the control system, as the functions  $q(x)$  and  $f_x(x)$ , part of the relation (2), are not known.

For this reason, the control model for the ship safety should be decomposed into a sequence of simple models, each performing limited functions and corresponding to a certain dangerous state.

The number and concrete manifestations of dangerous states to be taken into account in the control system structure is determined by the ship type. In order to put actual practice into this decomposition,  $q(x)$  is presented as a multitude of statistically independent functions  $q_i(D_i, C_i)$ , where  $q_i$  is the function characterizing the relation between the exterior action and the ship's capacity to oppose this action in case of the "i" form of the dangerous state ( $i=1, 2, \dots, n$ ).

$D_i$  is the random value characterizing the exterior value (e.g. the real bending angles, the real strains in the ship structure, the real accelerations affecting the shipment, etc.)

$C_i$  is the random value describing the ship's capacity to oppose exterior action (accordingly, the maximum

values of the bending angle, the maximum strains in the structure, the maximum acceleration taken by the shipment, etc.)

One should remark that each  $D_i$  value strictly corresponds to its pair  $C_i$  (both having the same values), so that the “i” dangerous state is defined by the random pair  $D_i, C_i$ .

The risk or the occurrence probability of the “i” form of the dangerous state has been determined within the framework of a mathematical model [3].

The  $R_i \leq R_{Ai}$  condition (for all “i” dangerous states) has to be absolutely fulfilled only for those dangerous situations whose occurrence may have very serious consequences (i.e. loss of human life, shipwreck, environment pollution, loss of shipment stored on deck, etc.), while for all other dangerous situations the consequences of their occurrence has to be estimated, technically as well as economically, by means of the penalty function “ $S = S(S_i, S_T, S_o)$ ”, where :

$S_i$  – expenses linked to the occurrence of the “i” form of the dangerous state (for damage repair);

$S_T$  – expenses due to disfunctionalities in the cruise schedule;

$S_o$  – expenses due to excess of fuel consumption caused by prolonged duration.

The  $S = S_{min}$  condition defines the optimum risk degree  $R_{opt}$  (obviously, besides the dangerous situations which are to be avoided at all costs). In the case of  $R > R_{opt}$ , economical efficiency decreases because of the expenses due to shipment damage or damage repair. In the case of  $R < R_{opt}$ , economical efficiency decreases due to expenses caused by fuel excess and schedule disfunctionalities.

Evidently, the correlative analysis of all these aspects leads to the optimum inspection plan and to strategic decision-making process supposed to compensate the stubborn opposition to exterior action that the structure reinforcement does show every now and then.

To sum up, the commanding process of the ship in case of variable exterior action may be represented as

a sequence of stages; within each, a decision is made-whether or not to alter the navigation parameters like sailing speed, bending angle or loading condition.

## 5. Decision –Making Process

The main goal of the system is to provide the navigator with a volume of information that would enable him to judge the pro-s and con-s and make the most solid and most appropriate decision. “Shallow” or “deep” knowledge that is to be found in the database must allow a qualitative-quantitative reasoning to be applied in order to determine the state and reliability of the ship facing peculiar environmental circumstances. All elements of the SIA are subsystems that can be dealt with *separately*, but are also supposed to *work together*.

The SIA-system is a multilevel system. The stratified approach of systems implies the use of three levels (three computational models):

-cognitive level

-problem awareness level

symbolic level (coding – representation).

At the cognitive level the system is specified in terms of the demands addressed to it, of the actions it can perform; so its “knowledge” is manifested by action selection

Describing the cognitive level is independently implemented and specific to only what the system is supposed to do. How the system accomplishes its task is achieved at the second level and is described as a hierarchy of demands and methods, in which each method consists in a problem having an initial state, a desirable final state and an operation set for state manipulation. States are described in terms of the knowledge they contain, and operators are described in terms of the changes taking place

Table 1.

Three computational levels in the navigation decision-making system

|   |                 |                                                                                              |
|---|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Cognitive Level | Requirement: What is the ship RS after a storm?<br>Action: Activating R –postfactum analysis |
|---|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                          | Data: Ship structure characteristics, storm ch.<br>Tools: Pre-compiled algorithms for structural<br>Resistance analysis                                                                                                                                                                                                             |
| 2 | Problem-Solving<br>Level | Problem: RS evaluation<br>Initial state: Data on acceleration, speed,<br>tension in measured structures;<br>Final state: RS value, tendencies,<br>Recommendations, or ALERT !<br>Operators: Computer programs<br>Control: If <NO prior survival warnings> AND<br><Complete and accurate data> THEN<br><RS> AND/OR <Recommendations> |
| 3 | Symbolic<br>Level        | The RS classes described in a programming language which<br>implements this requirement.                                                                                                                                                                                                                                            |

RS: Structure Resistance of the ship;

R: Reliability analysis subsystem

between states. Finally, the system is implemented at the symbolic level, i.e. coded into program language. Each description level is a computational model of the system allowing a sequence of behaviour properties of the cognitive level. Thus, model descriptions are chained so that the (N-1) level is implemented at the N level. This is a typical relation that can be found retrieved in the computational models used to generally describe artificial intelligence systems at different levels.

For the system under discussion (navigation decision system), all the basic elements are organized on the three forementioned levels, following a strategy similar to the one presented in table 1.

## 6. Conclusion

This system has been developed and put into practice in order to help the ship commander make the best navigation decision, by considering all the critical problems caused by the trio "ship-crew-shipment" in extremely difficult sailing conditions, like a heavy storm.

One cannot exclude the possibility that the decision made by the system could be different from what the commander had in mind. In this case the system will offer a valid explanation, and so the final solution can either be the commander's, the system's or a combination of the two. What is certain however is

that the responsibility of the final decision falls upon the commander, but under these circumstances he would be much more informed and protected from error.

The more improved the interface between the intelligence system and the ship gets to be (so that the state of the ship and the sea is permanently acknowledged), the more the system will become a sort of "partner in the shadow" for the commander.

## 7. Bibliografie

- [1] S. Feng,, Li D Xu,, A *Hybrid Intelligence System for Urban Planning Decision Support*, 1997, Vol. EUFIT'97 Aachen, Germany, pp. 1550-1554
- [2] C. Novac , S. Bumbaru, I. Novac, *Expert System Achievement for an Evaluation of Risk Situations During the Navigation in Real Sea*, 1993, Vol. SACCS'93, Iasi, Romania, pp.526-531.
- [3] I. Novac, *Research on the Ship General Oscillations*, 1991, Doctoral Dissertation, Galati, Romania, pp.7-10.
- [4] J. Warfield, *A Science of Generic Design : Managing Complexity through Systems Design*, Iowa State University Press (1994).
- [5] L. Xu, *Case-based reasoning for AIDS initial assessment*, 1995, "Knowledge-Based Systems", Vol.8 pp.32-38.

- [6] S. Feng, *Modeling topics in intelligent decision support systems*, 1993 Information and Control, Vol.22, pp. 364-370.

## Analiza comportării falezei în zona Cazinoului Constanța, supus acțiunii dinamice a valurilor

Iordan NOVAC<sup>a</sup>, Dan PASCALE<sup>b</sup>, Radu JOAVINĂ<sup>b</sup>, Mirela POPA<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universitatea Maritimă Constanța, Constanța, 8700, Romania

<sup>b</sup>Universitatea "Ovidius" Constanța, Constanța, 8700, Romania

**Abstract** The porpoise of the present work is to study the real waves problem who create severe damages on the Constantza Casino sea-wall in 1997 th winter. It was studied the waves energetic and spatial distribution and the propagation way in the Tomis tourist port and Casino zone. In the same time are made some hypothesis regarded the waves vertical dynamic pressure and it was remarked a good agreement between numerical definite pressure maximum and the real positions where the sea-wall was damage.

**Keywords:** real waves, waves propagation, dynamic pressure

### 1. Introducere

Furtunile violente din iarna anului 1997 (în jur de 7-8 grd B și frecvența de 5-6 pe sezon) au generat valuri puternice care, în zona Cazinoului Constanța au avariat grav faleza producând ruperi ale zidăriei de protecție și străpungeri ale carosabilului pietonal suficient de mari pentru a se prăbuși prin acestea chiar o mașină de teren. Întrucât fenomenul s-a repetat înspre primăvară, în principal din cauza unor reparații superficiale, problema s-a dovedit suficient de gravă pentru a fi luată serios în atenție.

Lucrarea de față, în această lumină, are 2 obiective:

- determinarea caracteristicilor și direcției valurilor reale care s-au dezvoltat în timpul furtunilor din iarna – primăvara lui 1997-1998
- determinarea măcar în primă aproximație a presiunilor dinamice care au rupt efectiv paramentul falezei.

### 2. Determinarea caracteristicilor valurilor reale de calcul

Disponând la ora actuală de datele reale privind valurile din perioada precizată, înregistrate la punctul hidrometeorologic de pe platforma Gloria și de

procedura de prelucrare a datelor, asistată de calculator, prezentată în detaliu în [3], suntem în măsură să realizăm o prelucrare statistică a corelațiilor viteză vânt – înălțime maximă de val, respectiv viteză vânt – perioadă val și, în egală măsură să determinăm frecvența de apariție a perioadelor și înălțimilor de val pe direcții (inter) cardinale. Schema bloc a programelor de prelucrare este prezentată în figura 1 prelucrarea înregistrărilor pentru anul 1997 este prezentată în figura 2.

Analizând cele două diagrame polare obținute se constată o concentrare a valorilor maxime în direcțiile N-NE-E-SE, care în proximitatea țarmului se reduc la dominantă NE-E-SE deci cu centrare categorică E. Înălțimile maxime de val ating 7,8m iar perioadele circa 8,5s.

Această stare de lucruri explică bine de ce paramentul falezei (care nu are decât 5,20m) a fost depășit net, valurile ajungând până la baza Comandamentului Marinei Militare. Și se mai confirmă un lucru: spectrele de val cu care s-a lucrat până acum în Marea Neagră sunt supradimensionate la stări ale mării joase, dar categoric subdimensionate la stări ale mării înalte. În concluzie, pentru a crea un model numeric de simulare a comportării falezei s-a adoptat un val de calcul cu parametrii de mai sus iar pentru realizarea modelării s-a recurs la diagrama de

distribuție a vitezelor în momentul spargerii valurilor propusă de Svendsen, care admite că particulele

lamei continue de fluid au viteze de ordinul a 20 m/s iar cele dinspre talpă de 5 m/s.

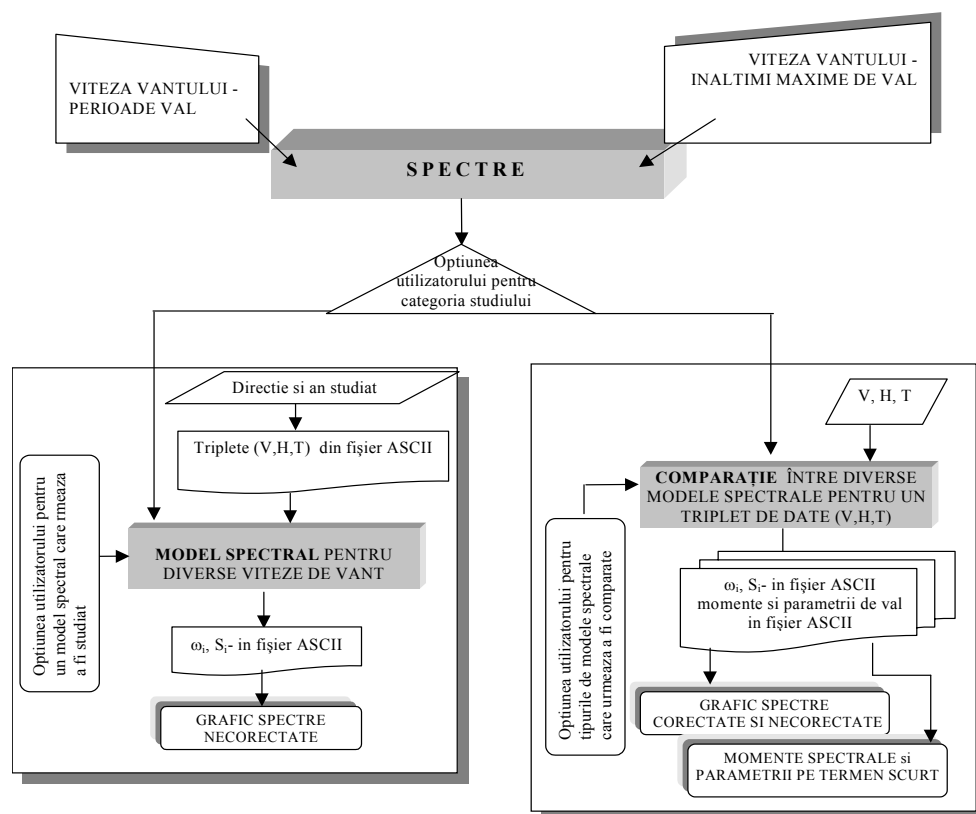


Fig.1 Schema bloc

### 3 Studiul propagării valurilor asupra falezei din zona peninsulei Constanța

O primă problemă a fost aceea de a determina distribuția de viteze și presiuni la propagarea în plan orizontal. În acest scop s-a realizat un model de bază (M.E.F.) al întregii peninsule inclusiv portul turistic Tomis (figura 3), iar simularea numerică a plecat de la ipoteza că valul incident vine din direcți E, cu 10 m/s. În figura 4 este prezentată repartiția vitezelor rezultante în curgerea tranzitorie din E la momentul de timp 5s, iar în figura 5 aceeași repartiție la momentul de timp 10s.

Ambele simulări arată cu claritate trei fenomene:

- vârtejul care se dezvoltă în portul Tomis prin fenomenul de difracție generat de digurile de la intrarea în port,
- alte două zone de viteză extremă, bine dezvoltate (vizibile mai ales în figura 5) **de o parte și de alta a Cazinoului propriuzis, adică exact acolo unde s-au produs distrugerile cele mai mari ale paramentului falezei.**

Această concluzie este evidentă și se datorează, în opinia autorilor, fenomenului de difracție pe sparge valul din fața Cazinoului, care a concentrat energia valurilor exact în zonele cele mai grav afectate.

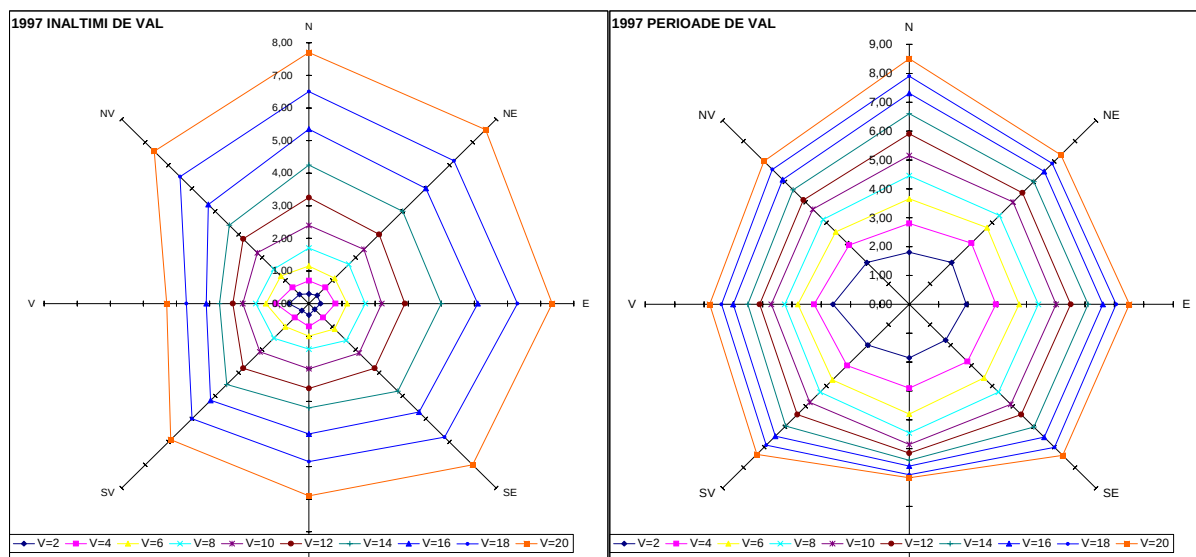


Fig. 2 Prelucrarea înregistrărilor pentru anul 1997

#### 4. Studiul distribuției de presiuni dinamice pe paramentul falezei

O altă problemă interesantă a fost aceea că spargerile propriu-zise nu au fost la coronament ci, undeva la circa 1,5m sub acesta. Din acest motiv s-a procedat, de asemenea, la o discretizare prin M.E.F. în plan vertical a structurii falezei și apoi s-a aplicat asupra ei, prin fenomene de șoc (impact – slamming) valul modelat anterior în ipoteza Svensen, în interval e 1s, cu 98 de pași de timp.

În figura 6 sunt prezentate presiunile dinamice pe structură între momentul  $t=0,1s$  și  $t=0,98s$ . Concluziile se impun de la sine: se poate observa cum la coronament se dezvoltă până la  $t=0,5s$  o presiune maximă din “impact slamming” dar, în același moment, de la baza structurii se dezvoltă o presiune dinamică din “momentum slamming” care își atinge maximul la momentul de timp 0,8-0,9s, exact în poziția în care structura a fost perforată (290kPa).

#### 5. Concluzii

Deși oarecum simplistă, abordarea de față permite formularea următoarelor concluzii:

- Deși modelul de propagare în plan nu a permis simularea efectelor turbulente din mișcarea particulelor, distribuția de viteze rezultată permite depistarea zonelor critice cel puțin sub aspect calitativ.
- Utilizarea modelului Svensen furnizează rezultate utile, cu aspect preliminar și în formă cantitativă, întrucât presiunea maximă de șoc a fost determinată bine atât ca poziție cât și ca valoare (290 kPa față de 300 kPa găsiți în documentația de referință).
- În realitate este posibil ca valorile presiunii să fie sensibil mai mari dacă apare un fenomen de slamming cu pungă de aer (foarte probabil), întrucât procesul izotrop care se dezvoltă pe structură devine un fenomen polifazic care nu mai este corect simulat de modelul numeric prezentat în lucrare.

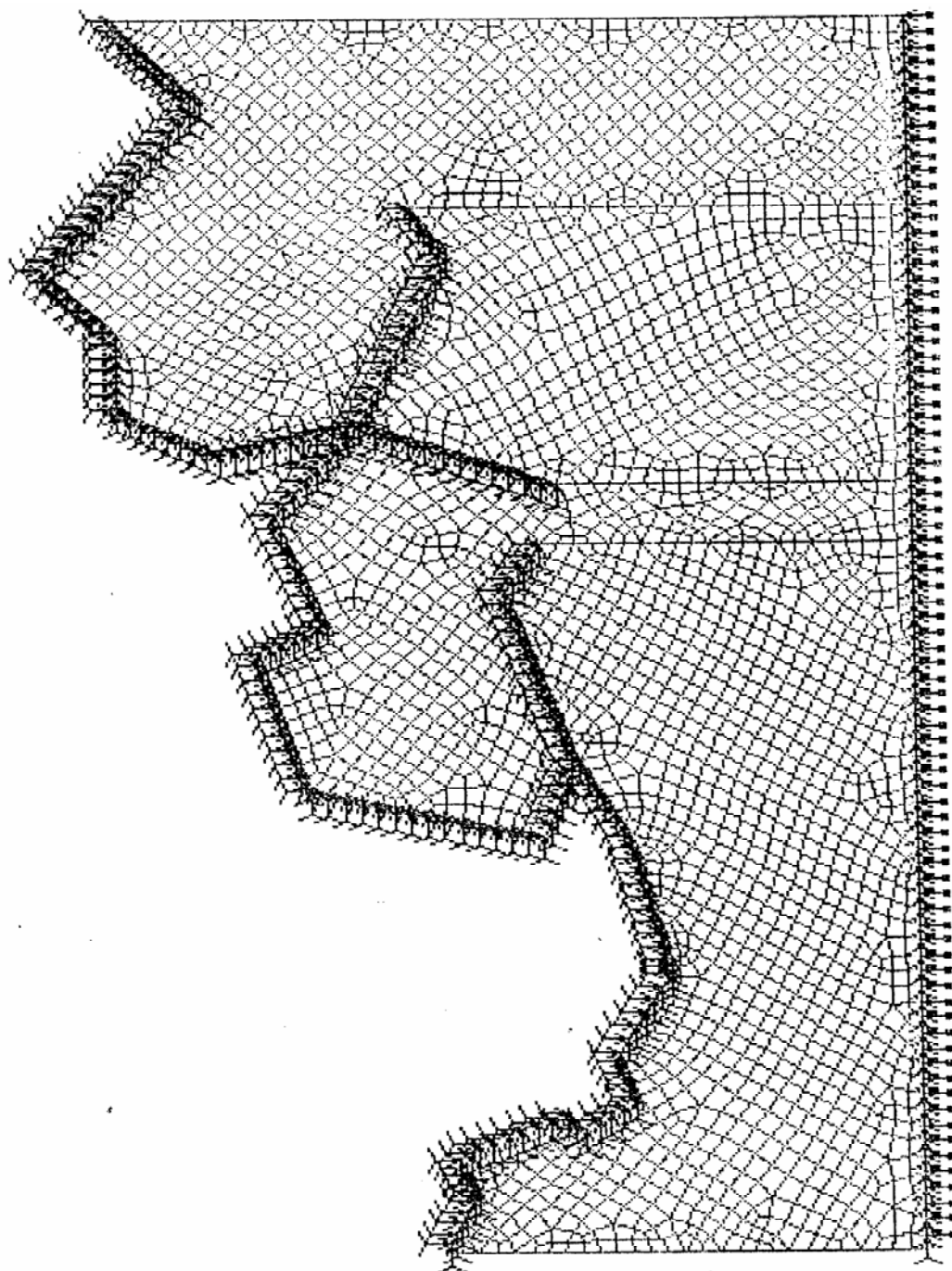


Fig.3 Modelul de baza pentru simularea numerică a propagării valurilor asupra falezei din zona peninsulei Constanța

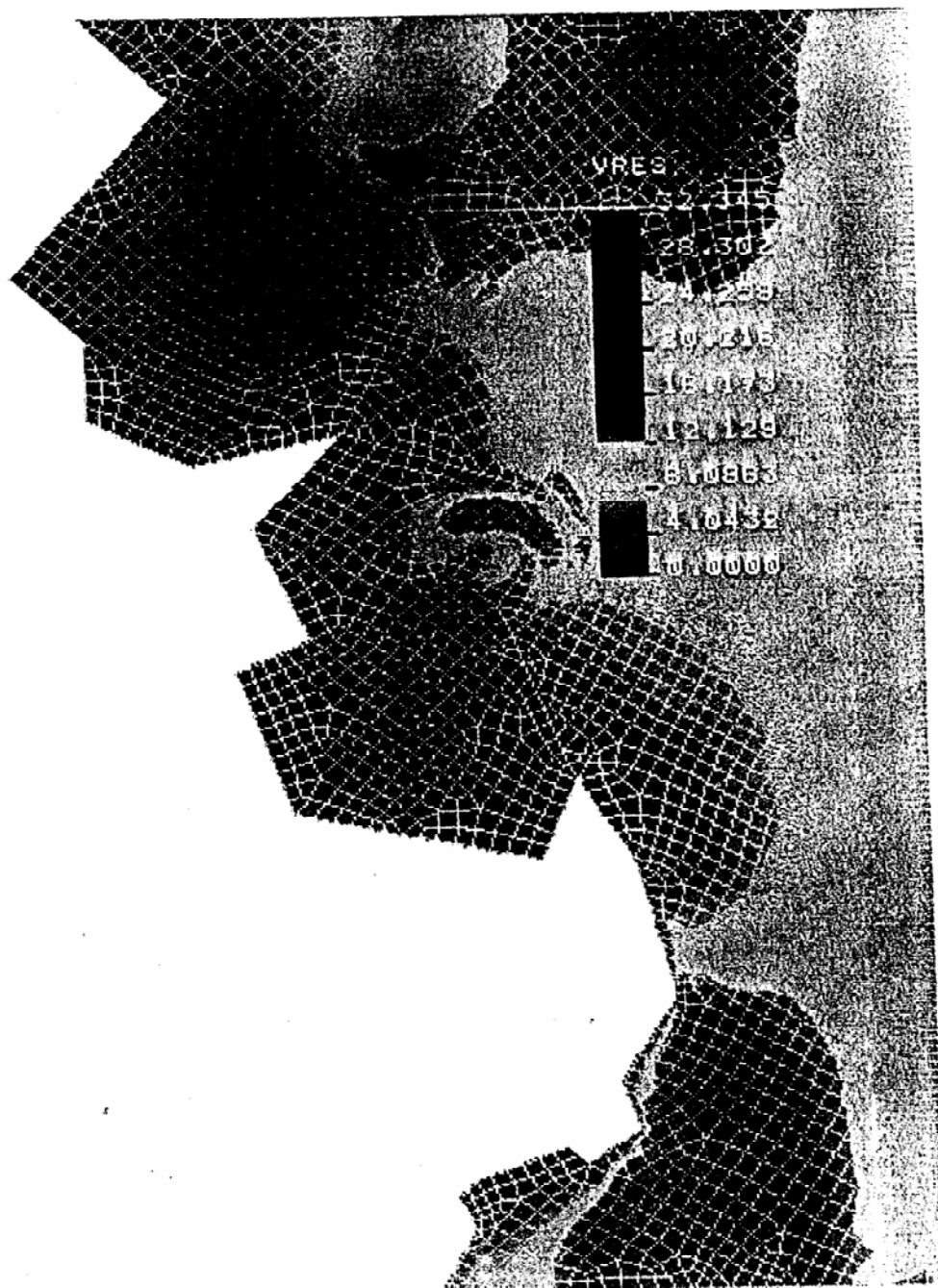


Fig.4 Repartiția vitezelor rezultante în curgere tranzitorie din direcția Est cu viteza inițială de 10 m/s asupra  
falezei din zona peninsula Constanța  
Momentul de timp=5s

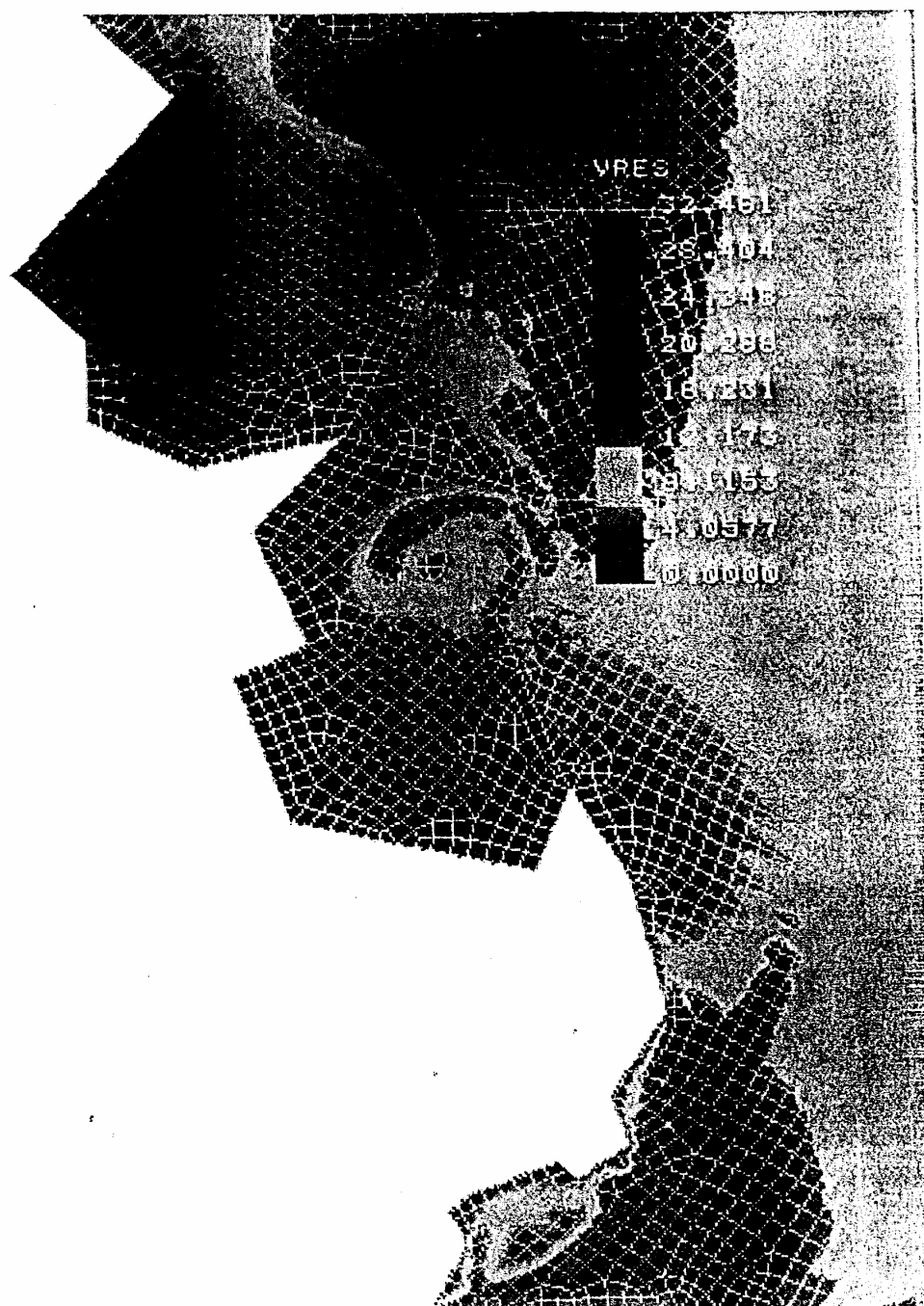


Fig.5 Repartiția vitezelor rezultante în curgere tranzitorie din direcția Est cu viteza inițială de 10 m/s asupra falezei din zona peninsula Constanța  
Momentul de timp=10s

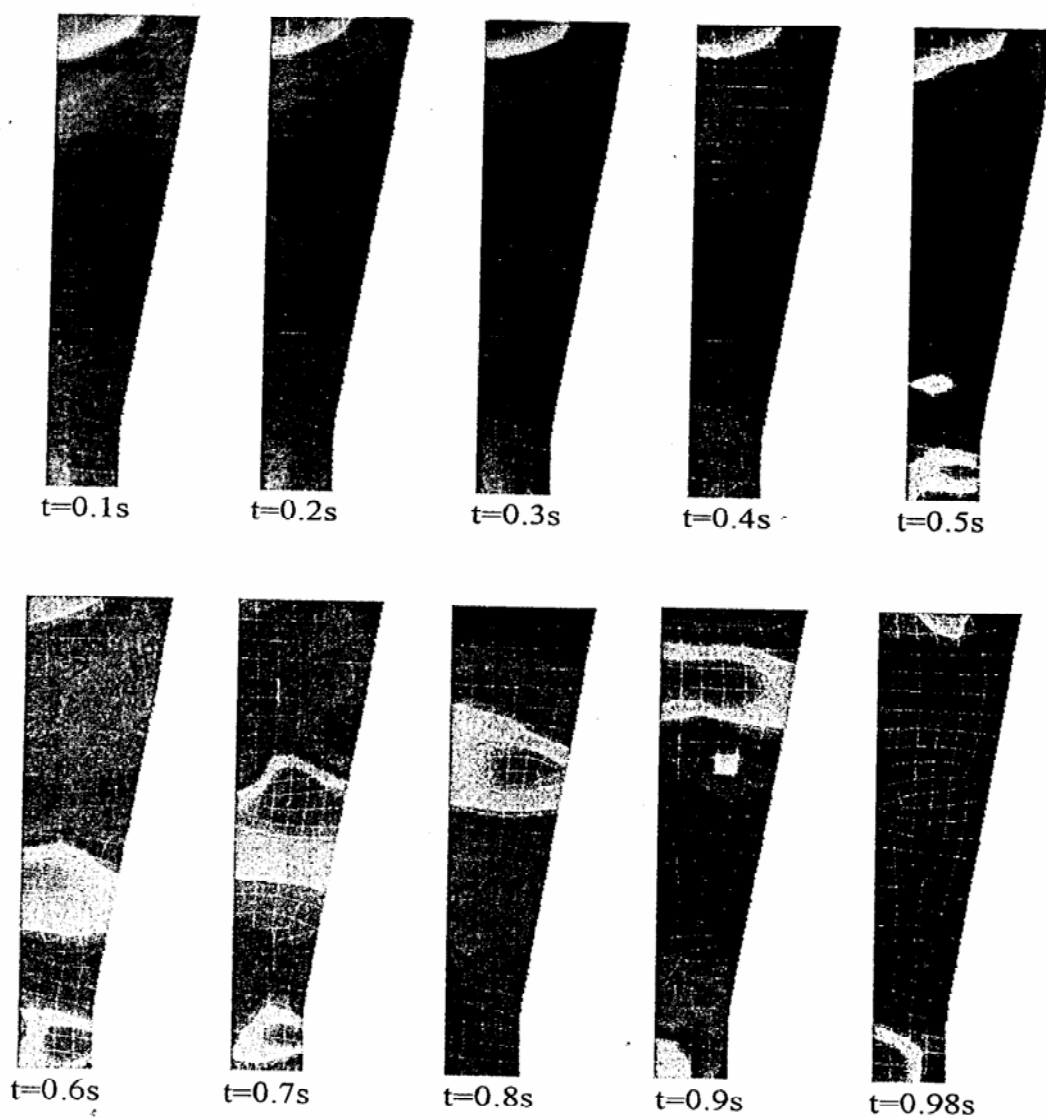


Fig.6 Evoluția câmpului de presiuni în momentul impactului cu durată de 1 s, asupra falezii din zona Cazinoului din Constanța

## 6. Bibliografie

[1] S.K. Chakrabarti, 1994, *Hydrodynamics of offshore structures*, Comp. Mech. Publications, Southampton, Boston.

[2] O.T.Gudmestad, 1993, *New Concept, Environment and Model Testing*, Offshore Mech and Arctic Eng.

[3] I.Novac, R.Joavină, M.Popa, 2000 *Probleme de calcul privind parametrii statistici pe termen scurt a valurilor aleatoare pentru Marea Neagră*, Anale IMC, AI, vol.I, pp37+46 Constanța, ISSN 1454-8887

- [4] D.Pascale, 1994, *Lucrare de disertație*, Univ. “Ovidius”, Constanța.

## Experimentări privind fisurarea elementelor din beton parțial precomprimat

Carmen NUȚIU,

Traian ONET

*Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 3400, România*

**Abstract** The paper represents the results obtained in experimental test on partially prestressed concrete beams subjected to bending. The statistical processing of experimental data led to establish the adequate relationship for designing of partially prestressed concrete members in Serviceability Limit State.

**Keywords:** Construction, prestressed concrete, cracking

### 1. Introducere

Cauzele care produc deteriorarea construcțiilor de beton sunt următoarele: exploatarea necorespunzătoare a structurii, procesele fizice care se produc în exploatare datorită unor cauze interne sau externe, procesele chimice, procesele biologice, coroziunea armăturii, ș.a. Între procesele de deteriorare a construcțiilor un rol important îl are fisurarea excesivă a acestora, datorită capacității de alungire deficitară a betonului. Lucrarea de față prezintă rezultatele unui program experimental cu privire la fisurarea elementelor din beton parțial precomprimat. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor obținute la încercarea unor grinzi din beton cu diferite grade de precomprimare, având secțiunea dreptunghiulară și în T, aduce informații suplimentare cu privire la starea limită de fisurare, permițând formularea unor concluzii cu implicații directe în activitatea de proiectare și de perfecționare a normelor de calcul.

### 2. Programul experimental

Experimentările s-au efectuat pe bază de contract cu I.C.C.P.D.C. București și sunt grupate în trei serii: Seria I, Seria II și Seria III.

**SERIA I** : Experimentările din această serie au avut ca obiect evoluția stării de fisurare sub încărcări de exploatare pe elemente experimentale cu diferite rapoarte între armăturile active pretensionate și

armăturile nepretensionate complementare precum și influența încărcărilor repetate.

Programul experimental a constat în încercarea unor grinzi secundare precomprimate de 6 m deschidere pentru acoperișuri cu învelitoare din asbociment ondulat (conform proiect MEFMC - ICPMC - nr.732/1977).

La elaborarea programului experimental au fost luați în considerare următorii parametri variabili:

gradul de precomprimare și armarea grinzilor  
GSP -12 K = 1,320 ; 1 TBP 12 + 2 SBPA  $\phi$  5  
GSPP -9 K = 0,685; 1 TBP 9 + 1  $\phi$  10 PC 52  
GSPP -7,5 K = 0,485; 1 TBP 7,5 + 1  $\phi$  12 PC 52

solicitarea:- în regim static (I) și în regim repetat (II)

Pentru fiecare grad de precomprimare s-au executat (la Întreprinderea de Materiale de Construcții din Turda) câte 2 grinzi gemene din care una pentru încărcarea în regim static iar cealaltă pentru încărcarea în regim repetat. S-au încercat în total șase grinzi. Regimul de încercare repetat a constat în efectuarea a 20 de cicluri de încărcare - descărcare (cu un număr de 5 oscilații pe minut).

**SERIA II** : Obiectul cercetărilor îl constituie cunoașterea comportării la solicitări monotone și repetate a elementelor parțial precomprimate de tipul grinzilor cu dimensiuni de 12 x 25 x 320 cm (6 elemente). Programul experimental a constat în încercarea elementelor parțial precomprimate la vârsta de 30 zile, în regim static monoton și repetat. Parametrii analizați au fost:  
gradul de precomprimare și armarea grinzilor:

$K = 0,523$  : 1 TBP 9 + 2  $\phi 12$  PC 52

$K = 0,613$  : 1 TBP 9 + 2  $\phi 10$  PC 52

$K = 0,726$  : 1 TBP12 + 2  $\phi 10$  PC 52

modul de încercare: monoton și repetat.

**SERIA III** : Obiectul cercetărilor este similar cu seriile precedente. Elementele experimentale de tipul grinzilor au avut caracteristici asemănătoare cu cele din Seria II și au făcut parte dintr-un program mai amplu de cercetare vizând comportarea elementelor din beton precomprimat parțial la diferite moduri de încărcare. Programul experimental a constatat în încercarea unor grinzi cu diferite grade de precomprimare, în regim static și repetat, având dimensiunile de 12 x 25 x 320 cm (6 elemente).

Parametrii analizați au fost:

gradul de precomprimare și armarea grinzilor

$K = 0,480$  ; 1 TBP 9 + (3  $\phi 14$  + 1  $\phi 10$ ) - PC 60

$K = 0,587$  ; 2 TBP 9 + 2  $\phi 14$  - PC 60

$K = 0,668$  ; 3 TBP 9 + 2  $\phi 10$  - PC 60

modul de încercare: în regim static și în regim repetat.

### 3 Rezultate experimentale

Valorile experimentale ale deschiderii fisurilor sunt comparate cu valorile calculate după cele trei prevederi de calcul și anume normele de proiectare românești - STAS 10107/0-90, după CODUL MODEL CEB/FIP 1990 și după EUROCODE 2 1989.

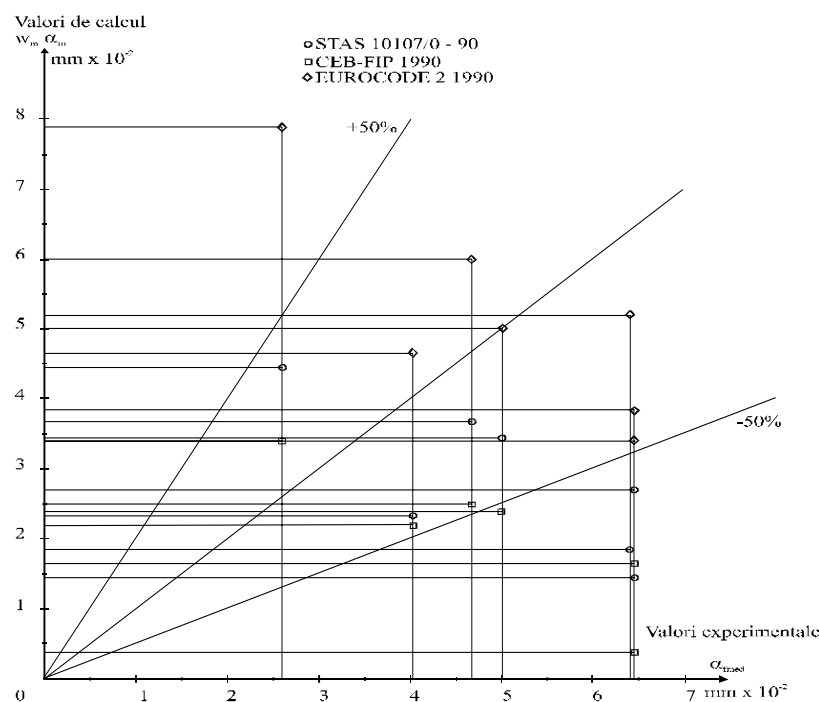


Fig. 3.1. Valorile de calcul și experimentale ale deschiderii fisurilor în regim static de solicitare

#### 3.1.Încărcări statice

Valorile deschiderii fisurilor calculate pentru cele trei serii de grinzi, solicitate în regim static sunt comparate cu cele experimentale în figura 3.1.

Din analiza acestora rezultă: - variabilitatea rapoartelor dintre valorile experimentale și cele de calcul ale deschiderii fisurilor în intervalul  $\pm 50\%$  se poate considera rezonabilă dacă se are în vedere

variabilitatea inerentă a fenomenului de fisurare și multitudinea parametrilor care o condiționează ; cele mai apropiate valori ale deschiderii fisurilor în raport cu valorile experimentale sunt cele calculate după EUROCODE 2 ;

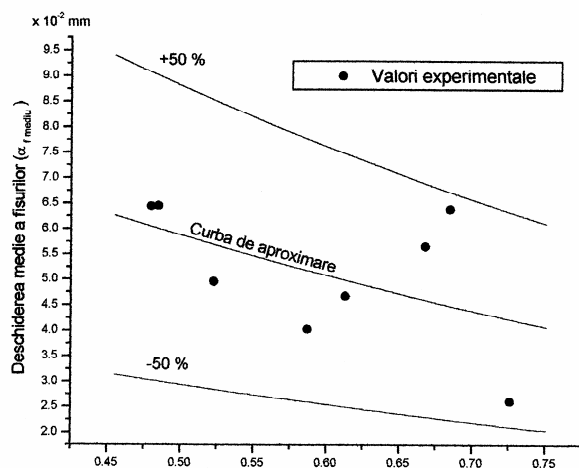


Fig. 3.2. Valorile experimentale ale deschiderii fisurilor în funcție de gradul de precomprimare, la solicitări statice.

În figura 3.2. sunt reprezentate valorile deschiderii fisurilor măsurate experimental, în funcție de valoarea gradului de precomprimare ( K ) ale grinzilor încercate. Aceste valori se aliniază după o curbă de aproximare a cărei expresie, stabilită cu ajutorul unui program specializat de calcul automat, este următoarea:

$$\alpha_{f\text{mediu}} = 0,113 - 0,133K + 0,049K^2 \quad (3.1)$$

### 3.2. Încărcări repetate

În urma comparării valorilor de calcul și a celor experimentale ale deschiderii fisurilor pentru elementele solicitate în regim repetat se desprind

calitativ aceleași constatări cu cele de la solicitarea în regim static a elementelor. Repetarea încărcărilor până la 1500 de cicluri nu influențează semnificativ valorile deschiderii fisurilor. Aceste valori se aliniază după curba de aproximare:

$$\alpha_{f\text{mediu}} = 0,032 + 0,157K - 0,181K^2 \quad (3.2)$$

## 4. Concluzii. Propuneri de calcul.

Deschiderea fisurilor în elementele din beton parțial precomprimat poate fi calculată cu relația (3.1) respectiv (3.2). În vederea obținerii gradului necesar de asigurare în proiectare, se propune utilizarea relației de calcul a deschiderii fisurilor corespunzătoare limitei superioare a intervalului de variație de  $\pm 50\%$ :

$\alpha_{f\text{mediu}} = 0,17 - 0,2K + 0,074K^2$  pentru încărcări statice și  $\alpha_{f\text{mediu}} = 0,048 + 0,235K - 0,271K^2$  pentru încărcări repetate. Normele românești de proiectare în curs de revizuire (CR 2000) ar fi potrivit să conțină și prevederi pentru controlul fisurării fără efectuarea unui calcul direct; în primul rând cu privire la diametrul și distanța dintre armături.

## 5. Bibliografie

- [1]. Nuțiu C. , *Fisurabilitatea elementelor din beton parțial precomprimat*, 1998, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca.
- [2]. X X X STAS 10107/0-90 , *Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor din beton, beton armat și beton precomprimat*.
- [3]. CEB/FIP Model Code 1990. Final Draft, 1991.
- [4]. EUROCODE 2 , *Design of Concrete Structures*, 1989, Part 1. General Rules and Rules for Buildings. Revise Final Draft. Dec..
- [5]. Oneț, T. , *Betonul parțial precomprimat*, 1993, Editura Cărții de Știință, Cluj-Napoca.

## Efectul fisurării asupra durabilității betonului

Traian ONET,

Zoltan KISS,

Almos BECSKI

*Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 3400, România*

**Abstract** Cracks may influence the type and rate of transport of substance into concrete. Cracks are inevitable in concrete structures. However, the cracks width, orientation, extent and type can be controlled through the design, execution and curing phases.

**Keywords:** Concrete, crack type, concrete structure design.

### 1. Introducere

Fisurile din beton, reprezentând căile disponibile pentru mecanismele de transport respectiv punctele de inițiere a deteriorării progresive, influențează considerabil durabilitatea betonului.

Nu se pot realiza elemente de beton fără fisuri. Se poate însă micșora numărul și deschiderea acestora, prin proiectare corectă și prin adoptarea unei tehnologii adecvate de execuție. Este cunoscut faptul că elementele din beton armat supuse solicitărilor exterioare (încovoiere, forfecare, întindere, compresiune, torsiune etc.) lucrează cu fisuri (stadiul II de lucru), drept consecință a rezistenței la întindere și a alungirii limită reduse a betonului.

Fisurile în elementele de beton armat pot apărea și din alte cauze (nefiind obligatorie existența acțiunilor) cum ar fi contracția sau tasarea plastică a betonului proaspăt, reacțiile chimice dintre alcalii și agregate, efectul ciclurilor de îngheț-dezghet, expansiunea armăturii corodate etc.

Fisurile din elementele de beton armat, luând în considerare factorii care le produc, pot fi clasificate în două mari categorii:

- fisuri datorate încărcărilor exterioare (fig.1);
- fisuri datorate tensiunilor interioare (fig.2).

### 2. Fisuri datorate încărcărilor exterioare

În exploatare, sub acțiunea încărcărilor exterioare, elementele din beton armat prezintă o serie de fisuri în zonele întinse unde alungirea limită a betonului este depășită. Existența fisurilor contribuie la ușurarea pătrunderii substanțelor agresive în masa betonului, ceea ce conduce la coroziunea armăturii.

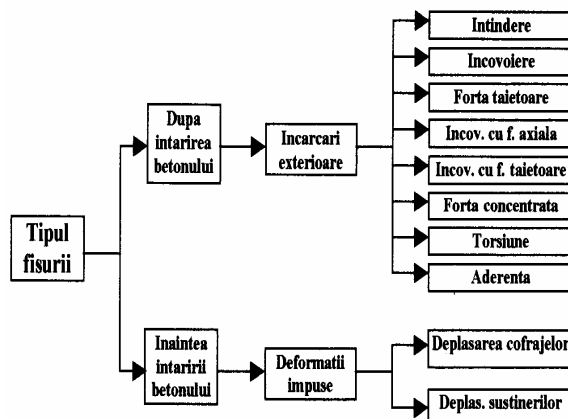
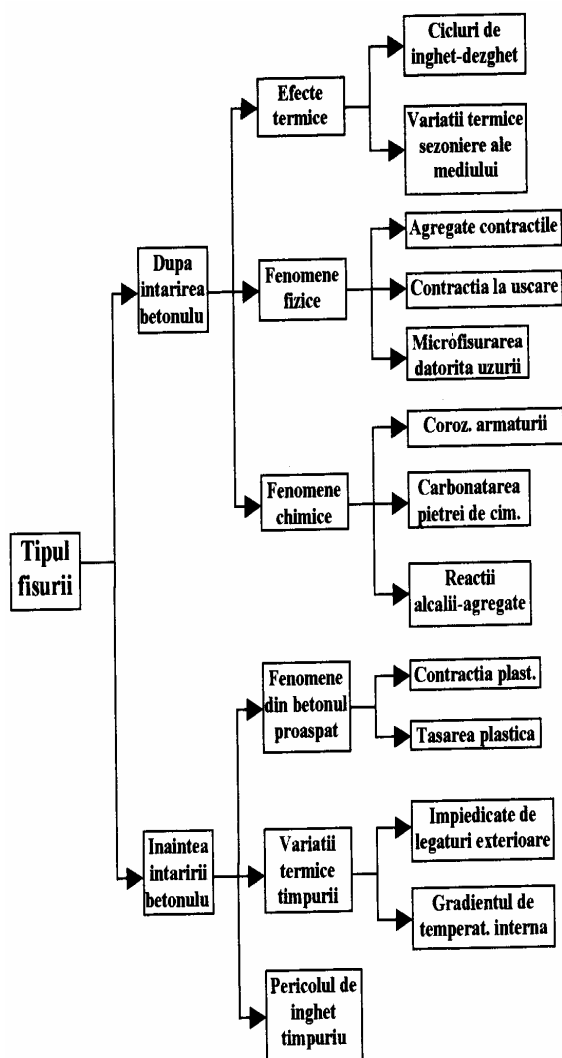


Fig. 1 Fisuri datorate încărcărilor exterioare

Deschiderea, forma și orientarea fisurilor influențează considerabil durabilitatea elementelor din beton armat. Cercetările au arătat că influența deschiderii fisurilor asupra ratei de coroziune a armăturii este relativ redusă atunci când deschiderea fisurilor nu depășește 0,4 mm. O importanță majoră



are însă grosimea și compactitatea stratului de acoperire cu beton a armăturii.

Fig.2 Fisuri datorate tensiunilor interioare

Fisurile orientate în lungul armăturii (fisuri de aderență) sau fisuri din cauza coroziunii armăturii) sunt mult mai periculoase decât fisurile transversale, deoarece în cazul fisurilor transversale coroziunea este limitată la o suprafață redusă și pericolul de decojire a stratului de acoperire cu beton practic nu există.

### 3. Fisuri datorate contracției plastice a betonului proaspăt

Aceste tipuri de fisuri nu influențează capacitatea portantă a betonului și nu se modifică în timp, totuși slăbesc construcția prin faptul că permit pătrunderea apei în masa betonului, apărând astfel pericolul de îngheț. Ele se formează la câteva ore după turnare, când betonul se găsește încă în stare plastică.

Fisurile datorate contracției plastice a betonului înaintea prizei apar cel mai des la plăci și pot fi asociate cu umezirea (transpirația) suprafeței (particule solide au tendința să coboare în amestecul de beton, în timp ce apa migrează la suprafață). Totodată, datorită grosimii reduse, uscarea betonului din plăci (evaporarea apei) se produce foarte rapid contribuind la formarea fisurilor.

Fisurile care apar în plăci sunt paralele și orientate aproximativ la  $45^\circ$  în colțurile elementului, iar distanța dintre ele este de aproximativ un metru. Deschiderea lor este de 2-3 mm și ele pot traversa plăcile pe toată grosimea, desigur deschiderea lor scăzând foarte rapid în raport cu adâncimea. În câmpul plăcilor se poate forma o rețea de fisuri orientate oricum, cu aspect de mozaic.

### 4. Fisuri datorate tasării plastice a betonului proaspăt

Aceste fisuri se produc, de regulă, în elementele cu înălțime mai mare (de exemplu la turnarea unor grinzi sau stâlpi prefabricați). Migrarea apei spre suprafața betonului proaspăt provoacă, sub acțiunea forțelor de gravitație, o reducere a volumului betonului (tasare). De multe ori această reducere de volum este împiedicată de existența unor armături sau de către cofraj. Astfel pot apărea fisuri în dreptul armăturilor așezate la partea superioară a elementului, sau în dreptul etrierilor la turnarea grinzilor sau a stâlpilor în poziție orizontală. Dacă armăturile sunt apropiate, datorită tasării betonului, pot apărea fisuri orizontale care produc separarea stratului de acoperire cu beton a rândului superior de armături.

Atât fisurile produse de contracția plastică cât și cele produse de tasarea plastică a betonului pot fi evitate prin alegerea corespunzătoare a compoziției betonului (raport a/c mic), prin evitarea uscării rapide a betonului (umezire ulterioară) în primele ore după punerea în operă, prin revibrarea betonului etc.

## 5. Fisuri rezultate din variații termice timpurii

La unele construcții din beton sau beton armat, cum ar fi anvelopa reactoarelor nucleare sau construcțiile ingineresti masive (baraje), este foarte importantă realizarea unor betoane compacte, lipsite de fisuri. Acest lucru, însă, este foarte greu de realizat.

Se cunoaște faptul că la betoanele masive, după turnare, există pericolul apariției fisurilor pe suprafața betonului. Aceste fisuri se datorează diferenței de temperatură dintre suprafața și miezul elementului sau contracției inegale la uscare după decofrare. Căldura degajată la hidratarea cimentului nu poate fi cedată cu ușurință mediului înconjurător. Gradientul de temperatură care se stabilește între suprafață și miezul betonului crește cu sporirea temperaturii betonului și cu scăderea temperaturii aerului exterior. Din această cauză, iau naștere eforturi de autoechilibrare, care sunt de compresiune în miezul elementului și de întindere în stratul exterior.

Eforturile de întindere, dacă depășesc rezistența la întindere a betonului proaspăt, dau naștere la fisuri, distribuite în mod neregulat pe suprafața elementului. Aceste fisuri au adâncime de ordinul a câtorva milimetri sau centimetri și în mod normal se închid atunci când diferența de temperatură dispare.

Factorii principali care influențează apariția fisurilor din cauza diferenței de temperatură sunt: factori de mediu, intensitatea vântului, temperatura și umiditatea aerului exterior, intensitatea radiației solare, posibilitatea de evaporare, factori tehnologici, calitatea cofrajelor, timpul decofrării, modul betonării (continuu sau în rate), dimensiunile elementului de beton sau beton armat, tratarea ulterioară a betonului, compoziția și caracteristicile betonului, temperatura betonului la turnare, coeficientul de convecție termică a suprafeței betonului, tipul cimentului (căldura de hidratare a cimentului) și cantitatea de ciment, raportul apă/ciment, cantitatea întârzierilor de priză, existența armării disperse a betonului.

## 6. Fisuri din coroziunea armăturii

În elementele de beton armat coroziunea armăturilor și formarea ruginii reprezintă un proces de expansiune (rugina are un volum de aproximativ 8 ori mai mare față de oțelul inițial), care dă naștere la eforturi de întindere în lungul armăturii.

Coroziunea se produce dacă betonul, prin scăderea valorii pH sub 9 în dreptul armăturii, își pierde capacitatea de a o proteja anticoroziv, dacă procesele electrolitice sunt favorizate de mediu (umiditate relativă 70-80 % sau prezența apei) și dacă oxigenul pătrunde până la armături.

Fisurile apar atunci când eforturile de întindere depășesc rezistența la întindere a betonului. Dacă coroziunea continuă, fisurile se dezvoltă progresiv până la dislocarea stratului de acoperire cu beton a barelor de oțel.

## 7. Concluzii

Faptul că eforturile de întindere calculate sau deschiderea fisurilor calculate nu ating valorile specificate, nu înseamnă că nu se vor produce fisuri sau cele produse nu vor avea deschidere mai mică decât cele specificate. Verificarea la starea limită de fisurare se va considera ca o metodă convențională de măsură și control al fisurării. Stratul de acoperire mărit, dintr-un beton de bună calitate, utilizând armături mai puține dar de diametru mai mare vor conduce la structuri mai robuste și mai rezistente împotriva deteriorărilor decât limitând deschiderea fisurilor prin măsurile tradiționale.

## 8. Bibliografie

- [1] \* \* \* *Structural Concrete*, 1990, Textbook on Behaviour, Design and Performance Updated Knowledge of the CEB/FIP Model Code.
- [2] Oneț T., *Durabilitatea betonului armat*, 1994, Editura tehnică, București.

## Comportarea grinzilor încovoiate cu secțiune I din ferociment, la solicitări statice, repetate și de lungă durată

Traian ONET<sup>\*</sup>,Cornelia MĂGUREANU<sup>\*</sup>,Felicia FLONTA<sup>\*\*</sup><sup>\*</sup>Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, , Cluj-Napoca, 3400, România<sup>\*\*</sup>ICLPUAT Cluj-Napoca, , Cluj-Napoca, 3400, România

**Abstract** Ferrocement represents an innovative and versatile construction material, its members having good structural performances in cracking, deformability and failure.

The paper presents the results of an experimental program on some precast I beams subjected to bending used for the floor and roofing systems.

The good behaviour under service and ultimate loading accompanied by the relatively low cost, the durability and versatility of ferrocement makes it an attractive building material.

**Keywords:** Construction material, ferrocement, precast I beams

### 1. Introducere

Cererea crescândă de materiale de construcții cu un raport corespunzător preț-calitate a condus la studierea și conceperea de noi astfel de materiale.

În aceste condiții ferocimentul este o soluție constructivă tentantă fiind un material de construcție ieftin, având o scară foarte largă de aplicații și permițând realizarea de elemente de construcție cu o geometrie practic nelimitată.

Ferocimentul este o formă particulară de beton armat, utilizată în elemente cu pereți subțiri (10÷40mm) realizate dintr-un microbeton armat cu rânduri continue de plase cu diametre mici ale sârmelor, dispuse la distanțe reduse între ele. Plasele utilizate în elementele de ferociment au de regulă diametrul sârmelor cuprins între 0,5÷1mm, iar ochiurile între 5 și 25mm. Plasa poate fi realizată din sârme de oțel, țesături din fibre de sticlă, țesături din polipropilenă sau țesături din materiale ca bambusul și iuta.

Ferocimentul este considerat a fi o extindere a utilizării betonului armat. Datorită distribuției uniforme a plaselor de armătură în materialul compozit și comportării diferite ferocimentul trebuie să fie considerat ca un material de construcție distinct

În contextul actual când ne dorim bunuri corespunzătoare sub aspectul performanțelor de utilizare la prețuri cât mai scăzute, s-au întreprins cercetări multiple pe plan mondial și asupra ferocimentului.

În România cercetări mai aprofundate asupra acestui material s-au realizat în cadrul Universității Tehnice Cluj-Napoca, ele concretizându-se în studii și articole prezentate la diverse manifestări științifice interne și internaționale.

Au fost analizate în acest sens comportarea ferocimentului la compresiune, întindere și încovoiere de scurtă durată precum și efectele duratei și a repetării încărcărilor în condițiile solicitării lui la încovoiere.

### 2. Programul experimental

Experimentările efectuate și-au propus să elucideze comportarea grinzilor de ferociment cu secțiune I la încovoiere în regim static, repetat și de lungă durată.

Evidențierea stării de fisurare și de deformare și a modului de rupere a elementelor a fost realizată pe două tipuri de grinzi I (fig.1) având deschiderea de 3m, realizate din microbeton clasa Bc 30, grinzile

diferind prin procentul volumetric de armare adoptat (1,77% pentru  $I_1$  respectiv 2,37% pentru  $I_2$ ).



Figura 1 Armarea grinzilor  $I_1$  și  $I_2$

Solicitarea statică a grinzilor de ferociment s-a făcut prin încărcarea lor până la rupere în trepte reprezentând 1/10 din încărcarea de rupere de calcul, utilizând o schemă de grindă simplu rezemată, încărcată cu două forțe concentrate ( $P$ ) aplicate la treimea deschiderii.

Pentru urmărirea stării de fisurare și deformație a grinzilor solicitate repetat, s-au aplicat două serii a 1000 de cicluri de încărcare-descărcare pentru fiecare tip de grindă.

S-a considerat coeficientul de asimetrie  $\rho = \frac{P_{min}}{P_{max}} = 0,25$ , utilizând pentru prima serie de cicluri de încărcare-descărcare ca sarcină maximă valoarea aferentă apariției fisurilor, respectiv treptei de încărcare de  $0,4 P_r$ , iar pentru cea de a doua serie de cicluri de încărcare-descărcare utilizând ca sarcină maximă valoarea  $0,75 P_r$ .

În cazul grinzilor solicitate la încărcări de lungă durată, momentul încovoiator corespunzător acestei încărcări s-a considerat egal cu 40% din

momentul încovoiator de rupere la sarcini de scurtă durată ( $M_{ld}/M_r=0,4$ ).

### 3. Rezultate experimentale

În urma solicitării grinzilor se pot evidenția următoarele concluzii:

Capacitatea portantă la încovoiere a elementelor din ferociment depinde de procentul volumetric de armare, suprafața specifică a armăturii, tipul și orientarea plaselor și distanța dintre ele.

Ruperea grinzilor a fost avertizată înregistrându-se la rupere creșteri accentuate ale săgeților atât în cazul solicitării statice cât și în cazul solicitării în regim repetat.

Grinzile cu procente volumetric de armare mai mari prezintă flexibilitate mai accentuată în cazul solicitărilor statice și repetate (fig. 2).

În cazul solicitării la încărcări de lungă durată, grinda având procent volumetric de armare mai mare a prezentat scăderi mai reduse de rigiditate.

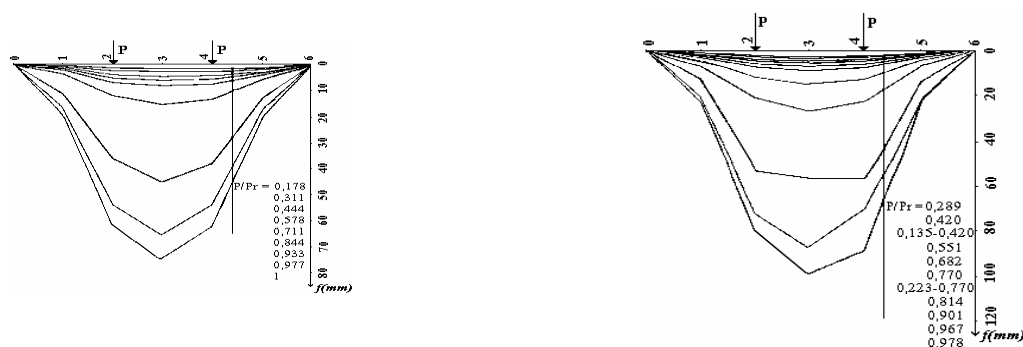


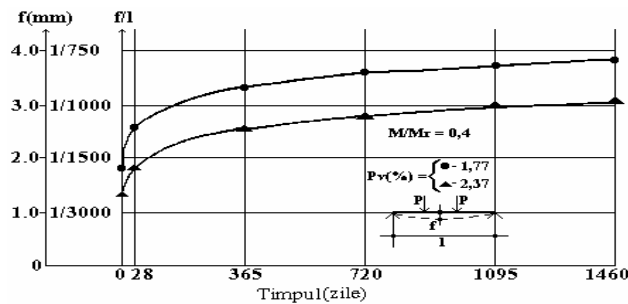
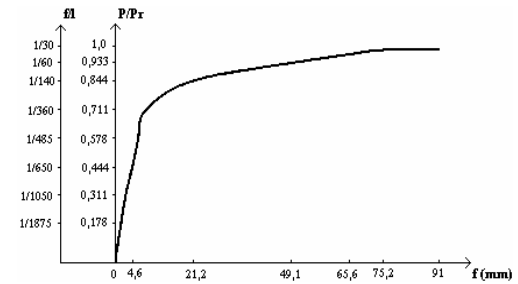
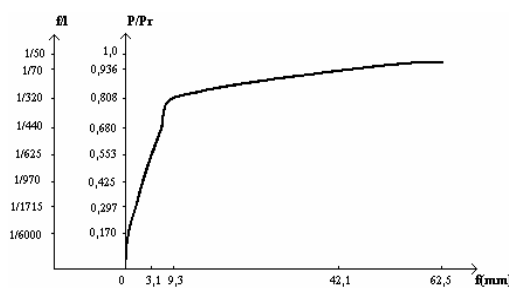
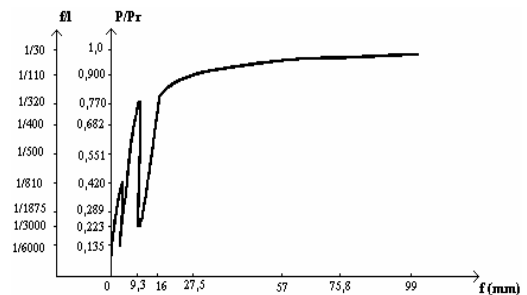
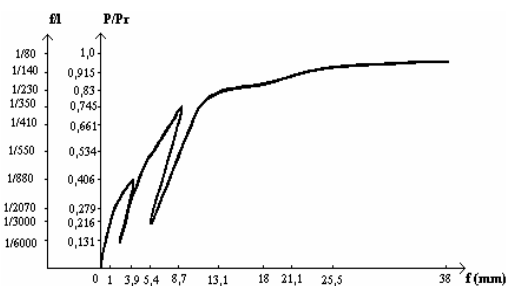
Fig. 2 Evoluția săgeții grinzii  $I_2$  solicitată static și repetat

Fig. 3 Săgețile instantanee și cele de lungă durată

Valorile săgeților înregistrate la trepte de încărcare apropiate sarcinilor de exploatare sunt cu mult inferioare celor admise, atât în cazul solicitărilor

statice cât și în cazul solicitărilor în regim repetat (fig.4 și 5).

Fig. 4. Variația săgeții și a raportului săgeată/deschidere în funcție de treapta de încărcare pentru grinda  $I_1$ (a) respectiv grinda  $I_2$ (b) solicitate staticFig. 5. Variația săgeții și a raportului săgeată / deschidere în funcție de treapta de încărcare pentru grinda  $I_1$ (a) respectiv grinda  $I_2$ (b) solicitate repetat

Grinzile de ferociment prezintă la solicitarea lor la trepte de încărcare superioare sarcinilor de exploatare o flexibilitate accentuată, respectiv valori foarte mari ale săgeților, ceea ce face ca scoaterea din funcțiune a elementelor să se producă prin deformații excesive și nu prin epuizarea capacității portante a lor.

Aplicarea celor două serii de cicluri de încărcare-descărcare nu conduce la sporiri semnificative ale săgeților grinzilor, ceea ce evidențiază comportarea mai bună a ferocimentului față de betonul armat în cazul solicitărilor repetate.

Referitor la fisurabilitatea grinzilor sub sarcini statice sau repetate se constată faptul că la solicitări de exploatare  $\left(\frac{M^{expl}}{M_r} = 0,75\right)$ , deschiderea medie a fisurilor nu depășește valoarea acceptată pentru elementele expuse mediilor necorozive ( $\cong 0,1\text{mm}$ ).

Grinzile de ferociment solicate la încărcări de lungă durată  $\left(\frac{M_{ld}}{M_r} = 0,4\right)$  prezintă după 1460 de zile deschideri medii ale fisurilor doar de 0,04mm,

valori mai mici decât cele acceptate în cazul elementelor expuse în medii corozive (0,05mm).

În consecință se apreciază ca elementele de ferociment încovoiate au o comportare bună la trepte de încărcare în jurul sarcinii de exploatare, atât în starea limită de rezistență cât și în stările limită ale exploatării normale.

## 5. Bibliografie

- [1] Paul B. K. and Pama R, *Ferrocement*, 1978, Bangkok. International Ferrocement, Informations Center, Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand.
- [2] Măgureanu Cornelia, Oneț T., Flonta Felicia, *Comportarea elementelor din ferociment în stările limită ale exploatării normale*, 1995 Zilele Academice Timișene, ediția a IV, 25-27 mai. Publicațiile Simpozionului Materiale și elemente compozite pentru construcții.
- [3] Oneț T., Măgureanu Cornelia, Flonta Felicia.: *Ferocimentul-material de construcție eficient al viitorului*, 1999, SELC ediția a XII-a, Piatra-Neamț,.

## Folosirea imperfecțiunilor în programele de calcul MEF pentru evaluarea flambajului prin calculul de ordinul II

Dan Aurelian PASCALE, Cornel CIUREA, Lucica ROȘU, Diana ȚENEA

Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România

**Abstract:** Imperfections are defined as 'displacement' of nodes with respect to their original position on a defined (imperfect) structure. In this paper we take a look about some theoretical and numerical aspects of buckling analysis with FEM and emphasise some techniques and tricks that can be used to make such analysis with FEM programs.

**Keywords:** Buckling, imperfections, finite elements

### 1. Introducere

Imperfecțiunile sunt definite ca "deplasări" ale nodurilor față de poziția lor originală.

Pornind de la ecuația de echilibru:

$$(K_E + K_G) u = R \quad (1)$$

se admite ipoteza că elementele matricei  $K$  sunt funcții liniare de forțele axiale din elementele liniare și plane, adică matricea  $K_G$  multiplicată cu factorul constant  $k$  (factorul critic) este identică cu matricea originală  $K_G$ . Scopul calculului fenomenului de pierdere a stabilității este de a găsi acel multiplu  $k$  pentru care structura își pierde stabilitatea. Aceasta se întâmplă atunci când ecuația următoare are o soluție diferită de zero.

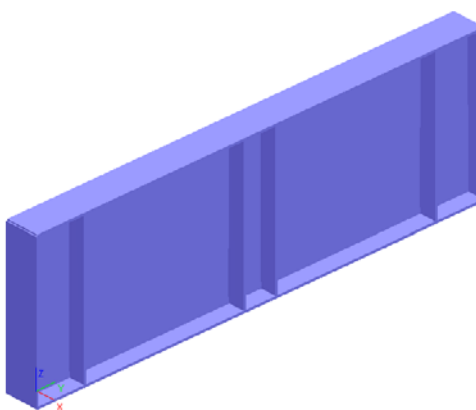
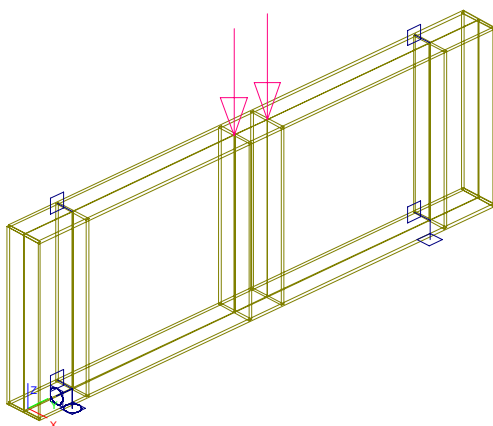
$$(K_E + k.K_G) u = 0 \quad (2)$$

Cu alte cuvinte trebuie căutată acea valoare  $k$  pentru care determinantul întregii matrice de rigiditate este egal cu zero.

Între elementele liniare și elementele plane există o diferență: pentru elementele plane forța axială nu se consideră că acționează numai pe o singură direcție. Elementele plane pot fi comprimate pe o direcție și simultan întinse pe direcția perpendiculară. În concluzie, elementul tinde să-și piardă stabilitatea (flambeze) după o direcție el fiind încă suficient de rigid pe cealaltă direcție. Acesta este motivul pentru care structurile reale au de regulă o capacitate portantă (numită postcritică) semnificativă.

### 2. Flambajul liniar

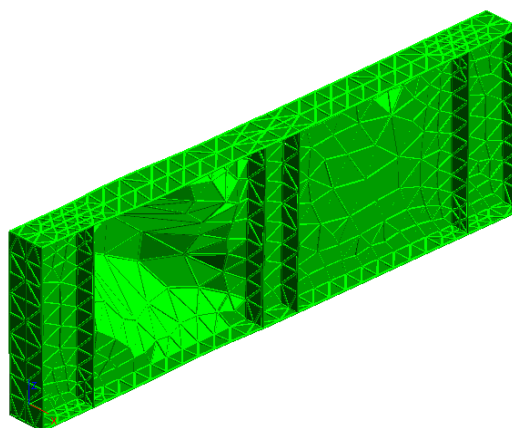
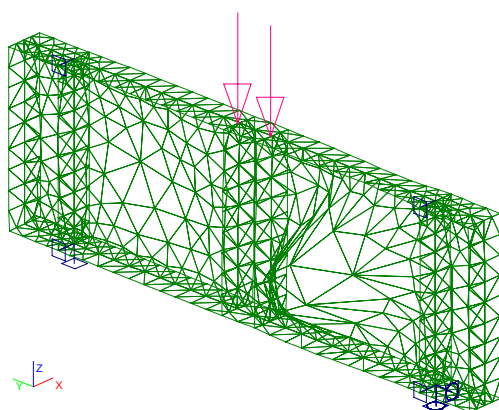
Să considerăm o grindă I cu inima zvoltă.



Stabilitatea va fi pierdută prin flambajul inimii datorită tensiunilor principale de compresiune inima fiind supusă forfecării adică tensiunile principale de

întindere și cele de compresiune sunt orientate la 45 de grade față de verticală.

Primul mod propriu de flambaj este prezentat în figura următoare:



Caracteristicile de flambaj ale plăcilor sunt calitativ diferite de caracteristicile barelor. Aceasta se observă și în exemplul anterior. Dacă flambajul este datorat de acțiunea eforturilor principale de compresiune și simultan există un alt efort principal de întindere, atunci eforturile de întindere tind să “aducă înapoi”, în poziția originală, porțiunea structurii care și-a pierdut stabilitatea. Așadar chiar dacă inima grinzii flambează datorită eforturilor principale de compresiune, acestea pot fi însă în realitate mult mai mici deoarece tensiunile principale de întindere împiedică cealaltă parte a grinzii să flambeze. Acest mecanism, numit *comportare postcritică*, pune în evidență o capacitate de rezistență substanțială a structurii ce este de regulă mai mare decât încărcarea corespunzătoare primului mod propriu de flambaj. Pentru a modela prin analiză numerică această comportare a structurilor trebuie efectuat un calcul neliniar ce permite analiza redistribuției stării de tensiuni la momente distincte din timpul flambajului față de starea de tensiuni existentă la un nivel anterior mai mic al încărcărilor.

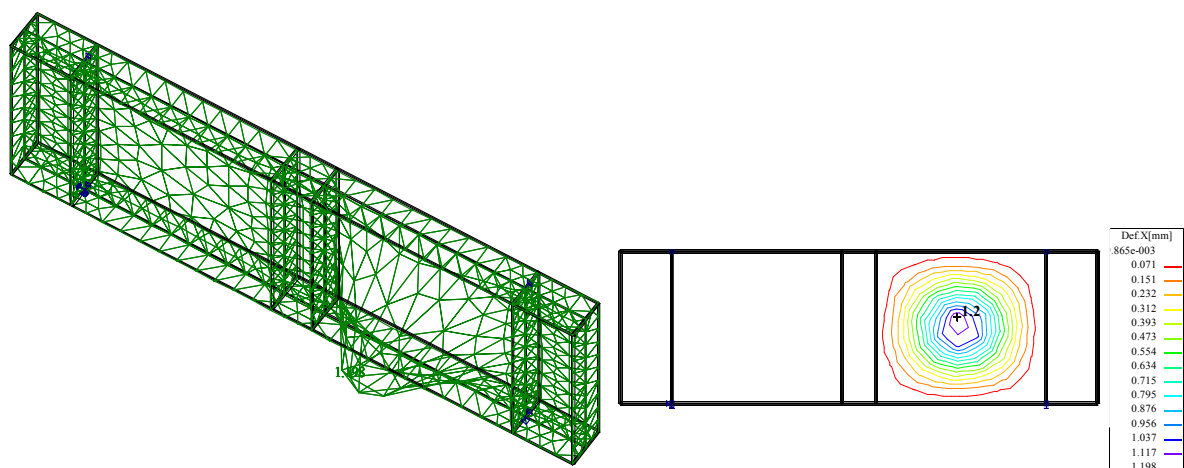
### 3. Calculul de ordinul II al flambajului

Diferența de bază între calculul liniar și cel neliniar constă în faptul că rezultatele obținute printr-un calcul neliniar oferă valorile deformațiilor și ale forțelor interne în condițiile în care ecuațiile de echilibru sunt satisfăcute pe structura deformată. De asemenea în cazul calculelor de flambaj neliniar trebuie luată în considerare și efectul forțelor axiale asupra rigidității flexurale cât și efectul tensiunilor de membrană asupra rigidității flexurale a plăcilor.

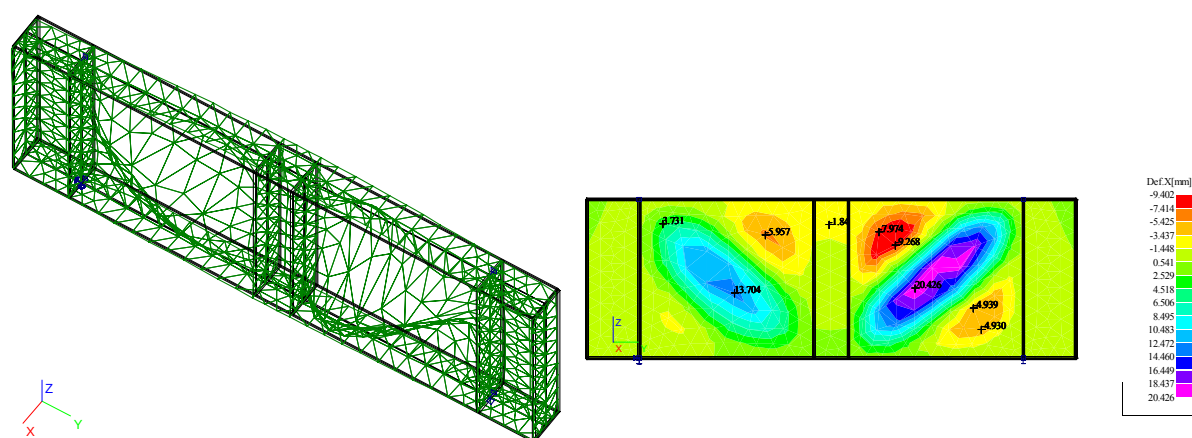
Metoda folosită pentru rezolvarea sistemului de ecuații este *metoda Lungimii Arcului*.

Dacă structura ar fi absolut perfectă și dacă încărcarea ar fi definită exact în planul inimii atunci nu ar fi posibilă producerea flambajului deoarece nu există nici o forță care să acționeze perpendicular pe planul inimii. Ceea ce cauzează flambajul structurilor reale sunt așa numitele *imperfecțiuni*. În acest exemplu a fost definită ca imperfecțiune inițială o excentricitate de 2mm introdusă în una din zonele inimii.

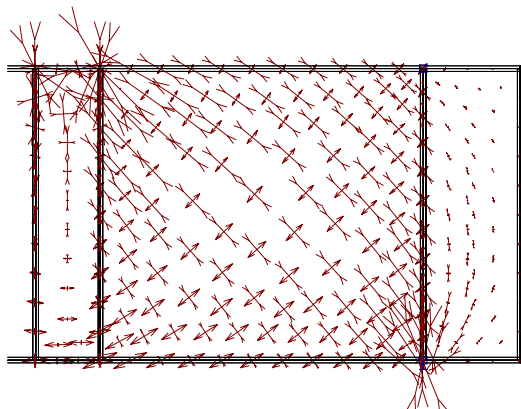
### 3.1. Imperfecțiunea inițială



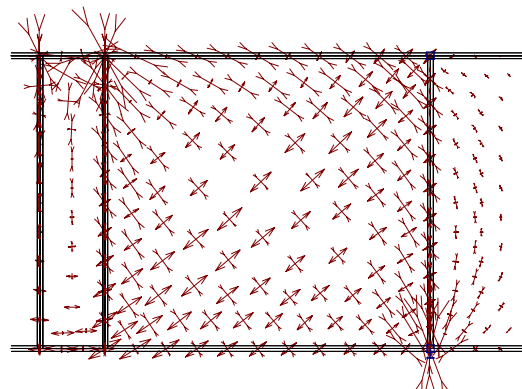
### 3.2. Primul mod propriu de flambaj



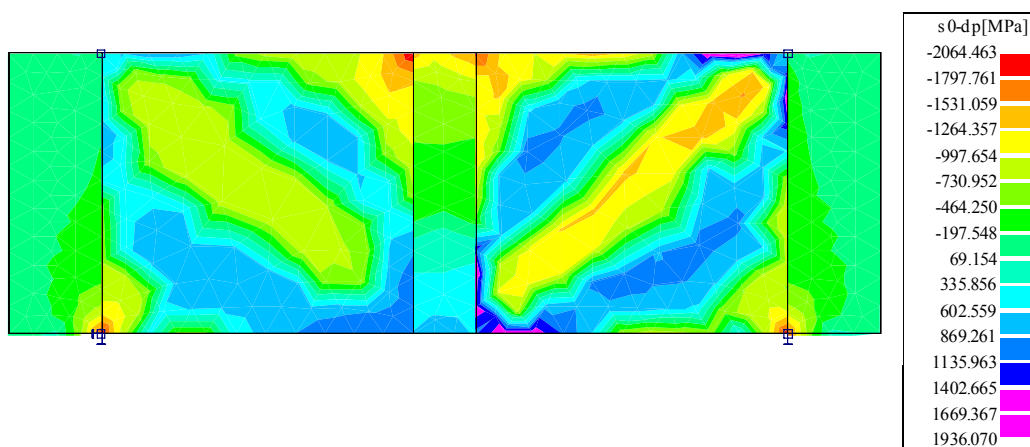
### 3.3. Calcul liniar



### 3.4. Calcul de ordinul II



### 3.5. Izolinii tensiuni principale postcritice



## 4. Concluzii

Calculul fenomenelor de pierdere a stabilității prin intermediul programelor de calcul ce folosesc MEF este uneori imposibil de efectuat pornind de la forma inițială, nedeformată și solicitată simetric a structurii. Prin procedeul descris este posibilă efectuarea acestui calcul presupunând o anumită stare inițială, imperfectă a structurii analizate.

## 5. Bibliografie

- [1] \*\*\* : FEAT98 - Reference Manual, 1988
- [2] Bathe, K.J.- Wilson, E.: Numerical methods in finite element analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1982

## Considerații privind dezvoltarea utilizării betonului cilindrât în construcția de baraje

Ervin PRELUSCHEK,

Albert Titus CONSTANTIN

*Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea "Politehnica" Timișoara, , Timișoara, 1900, România*

**Abstract** This paper should like to draw country expert's attention on a relatively new execution dams method: roller-compacted concrete technology. It shows a few advantages and drawbacks of the concrete dams, on one side, and of the zoned earth dams, on another side. From necessity to combine the safety that concrete dams provides with economical advantages of the zoned earth dams was born the roller-compacted concrete technology, used in our country at Vadeni Dam and Tg.Jiu Dam on the Jiu River. Advantages of this new technology are illustrated through high complexity works all over the world.

**Keywords:** Concrete, roller-compacted concrete technology, dam execution.

### 1. Generalități

Barajele din beton cilindrât (rolbeton, rollcrete) au apărut ca un nou tip în anii 1980 și au fost acceptate într-un timp relativ scurt datorită pe de o parte costului redus față de barajele clasice din beton, pe de altă parte siguranței mai mari față de barajele din materiale locale.

În literatura de specialitate se insistă asupra faptului ca "rolbetonul este mai mult decât un material de construcție, este o nouă metodă de construcție". Tehnologia s-a dezvoltat prin îmbinarea armonioasă a proceselor cele mai avantajoase utilizate la execuția barajelor clasice din beton cu cele aplicate la realizarea barajelor din materiale locale și reprezintă rezultatul unei cercetări multidisciplinare la care au participat atât specialiștii betoniști cât și inginerii geotehnicieni.

### 2. Dezvoltarea barajelor din rolbeton

Tipurile diferite de baraje își au avantajele și dezavantajele lor. Astfel, în ceea ce privește amplasamentul, în văile înguste cu versanți stâncoși, cele mai potrivite sunt barajele din beton arcuite, pe când în cazul văilor largi, barajele de greutate din beton. Acestea din urmă, însă, fiind scumpe, au fost treptat înlocuite cu baraje din materiale locale, mult mai economice.

Din punctul de vedere al terenului de fundare, barajele din materiale locale pot fi realizate pe orice teren, pe când barajele din beton pretind teren de fundare stâncos, iar în mod deosebit barajele arcuite un teren de fundare alcătuit din stanca sănătoasă, rezistentă și nefisurată. Tehnologia de execuție prezintă de asemenea particularități. Astfel, pentru a reduce efectul căldurii de hidratare a cimentului, barajele din beton se execută prin betonare pe ploturi, betonul fiind pus în operă pe lamele cu grosime limitată, cu pauze tehnologice de 3-7 zile între betonarea lamelor învecinate. Tehnologia prevede cofrarea fiecărei lamele, înglobarea tolelor (benzilor) de etanșare a rosturilor, pregătirea suprafețelor pentru betonare, fixarea elementelor de instalații și aparate ce urmează a fi înglobate în beton, turnarea betonului transportat la fața locului cu bene manevrate de macara, nivelarea betonului în straturi și compactarea acestuia prin vibrație. Complexitatea tehnologiei de execuție permite realizarea unor ritmuri de betonare limitate, cu un consum important de manoperă calificată, folosind utilaje specifice.

În cazul barajelor din materiale locale tehnologia de execuție este mult mai simplă, ea constă din exploatarea carierelor, încărcarea materialului în mijloace de transport, transportul, descărcarea, nivelarea și compactarea acestuia în

diferitele zone ale construcției. Ținând seama de capacitatea mijloacelor de transport folosite, ritmurile de execuție sunt mult mai ridicate, ceea ce compensează inclusiv faptul că, datorită înclinării taluzurilor, volumele de material depuse în corpul unui baraj din materiale locale este mult mai mare (de ordinul a milioane de m<sup>3</sup>) față de un baraj de beton de aceeași înălțime.

Din punct de vedere economic, barajele din materiale locale sunt mai ieftine decât cele din beton de aceeași înălțime. Acest lucru se datorează faptului că se utilizează material local ieftin, o tehnologie de execuție mai simplă, și marii eficiențe a metodelor și echipamentelor folosite.

În ceea ce privește însă siguranța în exploatare, barajele din materiale locale sunt mai dispuse la accidente decât cele din beton. Nici un baraj din beton cu înălțimea de peste 15 m nu a avut probleme grave în S.U.A. din 1928, când barajul St. Francis, un baraj curbat din beton de 62 m nu a rezistat din cauza unor probleme legate de materialul slab al fundației. În Europa s-au înregistrat puține accidente majore la barajele din beton: accidentul barajului Malpasset în 1959 prin expulzarea unui prism din roca de fundare, respectiv barajul Vajont în 1963 provocat de alunecarea versantului în lacul de acumulare.

Prin comparație, sute de baraje din materiale locale de toate dimensiunile au avut accidente grave în ultimii 70 de ani. Cauza principală o constituie deversarea peste coronament și eroziunea internă a materialului de umplură.

Ținând seama în primul rând de avantajele economice, tehnologice și de amplasament pe care le prezintă, ponderea barajelor din materiale locale a crescut mult în ultimii 50 de ani, rezultând în consecință o scădere a ponderii barajelor din beton. Astfel, din toate barajele construite din lume (cu excepția celor din China, asupra cărora se păstrează secretul), cu structurile mai înalte de 15 m, construite până în anul 1950 inclusiv, 38% au fost din beton. Din 1951 până în 1977 ponderea barajelor construite din beton a scăzut la 25% din total, și a continuat să descrească spre 16,5% în perioada 1978-1982.

Analizând cauzele care au condus la reducerea ponderii barajelor din beton, s-a ajuns la concluzia că tehnologia construcțiilor masive din beton nu a ținut pasul cu dezvoltarea tehnologiilor aplicate la realizarea construcțiilor din materiale locale.

Îngrijorarea provocată de declinul barajelor din beton a condus la organizarea a două întâlniri importante ale comunității constructorilor de baraje din S.U.A., la complexul de conferințe de la Asilomar, California. Prima, organizată în 1970 a fost intitulată "Construcția rapidă a barajelor din beton", cea de a doua, în 1972 s-a denumit "Construcția economică a barajelor din beton". Preocupări similare în Japonia au dus la înființarea Comitetului pentru Construcția Barajelor din Beton în cadrul Ministerului Construcțiilor în 1974.

Luând notă de vulnerabilitatea relativă a barajelor din materiale locale, experții de la Asilomar și din alte părți ale lumii (în special Marea Britanie și Japonia), au căutat un nou tip de baraj care să combine avantajele siguranței barajelor din beton cu eficiența economică a barajelor din materiale locale.

Preluând rezultatele câtorva lucrări executate în deceniul 1960-1970, cercetările efectuate, urmând mai multe căi diferite, s-a ajuns la dezvoltarea tehnologiei de execuție a barajelor din beton cilindrat (rolbeton, rollcrete).

### 3. Elaborarea tehnologiei rolbetonului

Câteva lucrări din deceniul 1960-70 au fost proiectate în ideea combinării avantajelor barajelor din beton cu cele ale barajelor din materiale locale. Aceste baraje hibride au fost opera comună a inginerilor de structuri și a inginerilor geotehnicieni. Din păcate, comunicarea între acești specialiști a fost limitată în perioada respectivă, datorită gradului mare de specializare, ceea ce a întârziat obținerea rezultatelor corespunzătoare. Totuși, a existat o anumită creștere a înțelegerii, câștigată în urma acestor eforturi. Cel mai notabil și mai vechi exemplu este barajul Alpe Gera din Italia, cu înălțimea de 172 m, proiectat de inginerul de structuri Giulio Gentile, și terminat în anul 1964. Barajul a fost conceput în ideea menținerii secțiunii transversale de greutate tradițional din beton, în condițiile reducerii costului punerii în operă a betonului. Pentru reducerea costurilor s-au luat mai multe măsuri, printre care și reducerea dozajului de ciment la prepararea betonului din interiorul barajului, unde cerințele de durabilitate, ca și solicitările, sunt minime.

Cele mai importante reduceri de costuri s-au obținut însă prin modificarea tehnologiei de betonare, folosind pentru punerea în operă a betonului metodele depunerii pământurilor în umplutură – această modificare a însemnat cel mai important pas înainte spre realizarea unei noi tehnologii. În loc ca barajul să fie construit pe verticală, pe ploturi, s-a trecut la betonarea în straturi orizontale pe întreaga secțiune. Betonul a fost transportat la locul de turnare cu autobasculante, nivelat și compactat. Prin această tehnologie s-au eliminat cofrajele laterale ale ploturilor în dreptul rosturilor, cofrându-se doar paramentele amonte și aval. S-a renunțat de asemenea la echipamentele de răcire ale betonului. Un singur element al tehnologiei aplicate la execuția barajului Alpe Gera a diferit față de tehnologia rolbetonului, și anume compactarea betonului realizată prin vibrație. O tehnologie asemănătoare s-a aplicat la betonarea zidurilor de închidere de tip baraj de greutate ale barajului Manicougan I din Quebec în anul 1965, estimându-se o reducere cu 20% a costurilor de execuție.

Prima lucrare de mare anvergură realizată din amestec de pământ-ciment, la care compactarea s-a realizat prin cilindrare cu cilindrii vibratorii, a fost digul perimetral al bazinului de apă de răcire a centralei termoelectrice Barney M. Davis din Corpus Christi, Texas. Digul are o lungime de 10 km., înălțimea de 6,7 m, realizând un bazin cu suprafața de 445 ha., compartimentat prin trei diguri transversale așezate în șicană. Digul trebuie să reziste la acțiunea valurilor din interior, și la eroziunea la ape mari și ploi la exterior. Digul are o secțiune transversală trapezoidală, cu lățimea coronamentului de 3,7 m., înclinările taluzurilor de 1,5:1 și un volum total al umpluturilor de 268000 m<sup>3</sup>. Comparativ cu un dig convențional din umplutură de nisip protejat de pereți din pământ-ciment, varianta adoptată s-a dovedit mai eficientă din punct de vedere economic.

Datorită tehnologiei de punere în operă utilizate, rosturi transversale nu s-au executat, în consecință, conform anticipărilor au apărut fisuri transversale în corpul digului, care însă nu au avut deschiderea suficientă pentru a permite infiltrarea apei. Proiectul a fost realizat în anul 1971. Folosind experiența lucrărilor premergătoare amintite, conferințele de la Asilomar și-au propus punerea la

punct a unei noi tehnologii de realizare a barajelor din beton.

Lucrarea inginerului Jerome Raphael de la Universitatea Berkeley din California, intitulată “Barajul de greutate optim”, prezentată la conferința din 1970 a fundamentat noua tehnologie, prezentând nu numai idei bazate pe teoria sol-ciment, ci și aplicații. El a propus turnarea și compactarea unui material granular nesortat, îmbogățit cu ciment, folosind echipament de compactare de mare capacitate și viteză.

Ideile lui Raphael au fost preluate și dezvoltate de către Robert W. Cannon de la Tennessee Valley Authority în lucrarea prezentată la conferința din anul 1972 sub titlul “Construcția barajelor din beton, folosind metodele de compactare ale pământurilor”. În această lucrare, Cannon a descris cum poate fi utilizată tehnologia de compactare a pământurilor pentru a construi un baraj având secțiunea unui baraj din beton convențional. Tot el a propus ca paramentele amonte și aval ale unui astfel de baraj să fie realizate prin turnarea unui amestec mai bogat în ciment, folosind cofraje glisante orizontale.

O influență majoră asupra dezvoltării barajelor din rolbeton l-a avut utilizarea noii tehnologii la lucrările de reparații efectuate la barajul Tarbela din Pakistan, în urma avariei suferite prin distrugerea parțială a uneia din cele 4 galerii de aducțiune în august 1974. S-a impus ca reparațiile să se execute în cel mai scurt timp, înainte ca topirea zăpezilor de primăvară să mărească debitul fluviului Indus.

Reparațiile s-au efectuat punând în operă în 42 de zile un volum de 350000 m<sup>3</sup> de rolbeton, la un ritm mediu de betonare de cca. 8400 m<sup>3</sup>/zi, ritmul maxim atins fiind de 18000 m<sup>3</sup>/zi. Aceasta valoare constituie și în prezent un record, ritmul maxim de betonare atins vreodată în toată lumea.

#### 4. Concluzii

Avantajele majore pe care le prezintă tehnologia betonului cilindrât (rolbeton, rollcrete) la realizarea barajelor din beton au condus la implementarea foarte rapidă a acesteia în practica hidrotehnica. Așa se explică faptul că în perioada 1985-1988 s-au realizat în lume 50 de asemenea baraje (unele în faza de proiectare, altele de execuție

la finele acestui interval). Tehnologia a fost adoptată rapid și de specialiștii din țară, ea fiind utilizată la realizarea barajelor Vadeni și Tg-Jiu, din cadrul amenajării complexe a râului Jiu. Acest progres rapid a fost posibil datorită unei cercetări interdisciplinare și internaționale intense.

## 5. Bibliografie

- [1] Hansen K.D, Reinhardt W.G : Roller-Compacted Concrete Dams – Mc Grow-Hill Inc.-1991
- [2] Popovici A, și colaboratorii: Studiu complex privind tehnologia rolbetonului – contract nr 6/05.06.1992, UTC București
- [3] Ratiu M., Constantinescu C: Comportarea construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice – Editura Tehnică București, 1989
- [4] Teodorescu C., Tatu D: Utilizarea betonului cilindrat la construcții hidrotehnice din țara noastră, Hidrotehnica, nr. 7/1996
- [5] Tatu D., Teodorescu C. : Particularități ale evoluției termice în construcțiile masive din beton cilindrat, Hidrotehnica, nr. 5/1997

## Comportarea cimenturilor cu adaos la agresivități chimice

Gabriela ROȘU

*Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului, U.S.A.M.V. București, București, 7000, România*

**Abstract** This paper present the investigations and the results obtained on the behavior of some cements with thermal station ash amounting  $50 \div 70\%$ , with and without blast furnace granulated slag under the action of some chemically aggressive media.

**Keywords:** cement, fly-ash, blast furnace, aggressivity, index of strength

### 1. Introducere

S-au utilizat în cercetare două cimenturi unitare și cinci cimenturi cu cenușă de termocentrală, din care trei și cu adaos de zgură granulată de furnal.

Toate cimenturile au fost obținute din același clincher portland, provenit de la fabrica de ciment din Câmpulung Muscel; clincherul utilizat este un clincher obișnuit, conținuturile procentuale de minerale silicaticice și de minerale aluminatice situându-se între limitele prevăzute în standarde.

### 2. Cimenturile cercetate și materiale componente.

Cimenturile unitare, notate 1.1 - 1.2 și cimenturile cu cenușă de termocentrală, notate 2.1, 2.2, respectiv, 3.1, 3.2, 3.3 cele cu adaos de zgură granulată de furnal sunt prezentate în tabelul nr. 1.

Tabelul nr. 1 Cimenturile cercetate – Componenți

| Simbol | Suprafața specifică $\text{cm}^2/\text{g}$ | Ciment portland % | Cenușă de termocentrală % | Zgură granulată % |
|--------|--------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| 1.1    | 2500                                       | 100               | -                         | -                 |
| 1.2    | 3000                                       | 100               | -                         | -                 |
| 2.1    | 3500                                       | 50                | 50                        | -                 |
| 2.2    | 3500                                       | 25                | 50                        | 25                |
| 3.1    | 4000                                       | 30                | 70                        | -                 |
| 3.2    | 4000                                       | 22,5              | 70                        | 7,5               |
| 3.3    | 4000                                       | 15                | 70                        | 15                |

Cimenturile cu adaosuri active cercetate au manifestat bună comportare atât la acțiunea apei de mare artificială cât la acțiunea soluției de  $\approx 2\% \text{Na}_2\text{SO}_4 + \approx 1\% \text{MgSO}_4$  acțiune corespunzătoare unei agresivități sulfatice foarte intense (cazul III de agresivitate).

Această comportare favorabilă se datorează reacției de tip puzzolanice în urma căreia compușii activi din cenușă de termocentrală (îndeosebi silicea și alumina reactive) fixează hidroxidul de calciu, rezultat la hidratarea-hidroliza mineralelor silicaticice ale clincherului de ciment portland. Printr-un alt mecanism și zgura granulată de furnal adăunează var, proces în urma căruia se formează hidrocompuși cu compoziție chimică diferită de cea a fazelor hidratate în sistemul zgură-apă, mai bogați în  $\text{CaO}$  și cu proprietăți liante superioare

### 3. Indicele de rezistență la agresivitate chimică

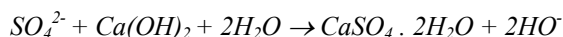
Diminuarea drastică a conținutului de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  din sistem determină, pe de o parte, limitarea notabilă a cantității de ghips iar pe de altă parte scăderea  $\text{pH}$ -ului sub 12,4 limită sub care este defavorizată formarea trisulfataluminatului de calciu hidratat. Pentru lotul de epruvete  $4 \times 4 \times 16$  cm. aprecierea comportării în medii corozive s-a făcut prin stabilirea indicelui de rezistență la agresivități chimice,  $I_{\text{RAC}}$ , indice definit în ca raport între rezistențele mecanice ale probelor din ciment cu adaosuri și rezistențele mecanice ale cimentului martor (unitar)

Între cele 5 cimenturi cu adaosuri cercetate nu apar deosebiri însemnate în ceea ce privește

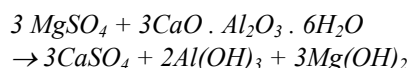
stabilitatea dimensională și starea aparentă; diferențele între rezistențele lor mecanice sunt mai importante după 3 luni, atenuându-se cu creșterea intervalului de conservare; se subliniază totodată, că cimentul 2.1 prezintă rezistențele mecanice cele mai mari, iar cimentul 3.3 - cele mai mici.

În mediul sulfatic magnezian ( $\approx 2\% Na_2SO_4$ ) și  $\approx 1\% MgSO_4$  cimenturile cu adaosuri active manifestă comportare mult mai bună decât cimenturile unitare, care s-au distrus, totuși prezintă deteriorări (fisuri, desprinderi de material), umflările cresc cu creșterea duratei de conservare (deși cresc lent și se mențin în limite acceptabile), rezistențele la întindere (cu excepția cimentului 3.3) sunt mai mici după 7 ani față de cele înregistrate la termenele de 3 și 6 luni.

Adaosurile active - cenușa de termocentrală și zgura granulată de furnal - acționează numai asupra hidroxidului de calciu, după mecanismele și cu efectele examinate. Ca urmare, în condițiile mediului agresiv folosit în cercetare, adaosurile active pot atenua sau chiar inhiba procesul de expansiune generat de formarea sulfataluminaților de calciu hidratați, care debutează prin reacția:



Sulfatul de magneziu reacționează însă nu numai cu hidroxidul de calciu, ci și cu hidrosilicații, hidroaluminații și hidroferiții de calciu; în urma acestor reacții rezultă sulfat de calciu și hidroxid de magneziu:



Formarea ghipsului este însoțită de un proces de expansiune, generator de fisuri și, posibil, de alte deteriorări, iar descompunerea hidrocompusilor de calciu și înlocuirea lor cu hidroxid de magneziu este asociată cu deteriorarea structurii pietrei de ciment.

Analiza variațiilor de comportament a cimenturilor examinate semnalează modificări structurale care sunt puse în evidență atât de variația rezistenței la întindere din încovoiere, respectiv a indicelui de rezistență  $I_{RAC}$ , cât și prin variația rezistenței la compresiune exprimată prin indicele de rezistență suplimentar  $I'_{RAC}$  (Tabelul nr.2).

Tabel 2 Indicele de rezistență la agresivități chimice

| Simbol | Ciment | Timp   | Indicele de rezistență la agresivități chimice, $I_{RAC}$ |                           | Indicele suplimentar de rezistență, $I'_{RAC}$ |                           |
|--------|--------|--------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|
|        |        |        | Apă de mare artificială                                   | Soluție sulfato-magnezică | Apă de mare artificială                        | Soluție sulfato-magnezică |
| 1.1    |        | 3 luni | 0,92                                                      | 0,88                      | 0,80                                           | 0,81                      |
|        |        | 6 luni | 0,86                                                      | 0,76                      | 0,75                                           | 0,75                      |
|        |        | 7 ani  | 0,78                                                      | 0                         | 0,77                                           | 0                         |
| 1.2    |        | 3 luni | 0,86                                                      | 0,89                      | 0,86                                           | 0,76                      |
|        |        | 6 luni | 0,87                                                      | 0,79                      | 0,81                                           | 0,81                      |
|        |        | 7 ani  | 0,75                                                      | 0                         | 0,63                                           | 0                         |
| 2.1    |        | 3 luni | 0,93                                                      | 0,89                      | 0,97                                           | 0,82                      |
|        |        | 6 luni | 0,94                                                      | 0,82                      | 0,95                                           | 0,83                      |
|        |        | 7 ani  | 0,88                                                      | 0,8                       | 0,89                                           | 0,71                      |
| 2.2    |        | 3 luni | 0,9                                                       | 0,94                      | 0,86                                           | 0,82                      |
|        |        | 6 luni | 0,94                                                      | 0,90                      | 0,87                                           | 0,80                      |
|        |        | 7 ani  | 0,89                                                      | 0,78                      | 0,70                                           | 0,85                      |
| 3.1    |        | 3 luni | 0,93                                                      | 0,90                      | 0,95                                           | 0,83                      |
|        |        | 6 luni | 0,88                                                      | 0,82                      | 0,91                                           | 0,73                      |
|        |        | 7 ani  | 0,80                                                      | 0,73                      | 0,90                                           | 0,70                      |

Din analiza rezultatelor la solicitări mecanice înscrise în Tabelul nr.2 se pot face următoarele constatări:

- indicele de rezistență la agresivități chimice variază în funcție de mediul de conservare a probelor, de tipul de ciment și de adaosul procentual de cenușă și zgură;
  - indicele de rezistență la agresivități chimice complexe cum este apa de mare artificială utilizată în cercetare – la termenul de 3 luni – este maxim pentru probele 3.2 cu 70% adaos de cenușă și 7,5% adaos de zgură granulată de furnal
- la conservarea pe termen lung – 6 luni – în același mediu cimenturile cu adaos de produse secundare au o comportare mai bună decât cimenturile martor datorită formării compusilor de hidratare ai cenușii și zgurii prin combinarea hidroxidului de calciu;
- comportarea pe termen foarte lung, respectiv pe durata celor 7 ani de încercare, este net superioară

pentru cimenturile cu cenușă și zgură în raport cu cimenturile unitare; aceste prezintă valori ale indicelui de rezistență la agresivități mai mare decât decât probele martor;

➤ cea mai bună comportare pe termen lung a probelor conservate în apă de mare artificială corespunde probelor 2.2 care conțin 50% cenușă de termocentrală și 25% zgură;

➤ se poate de asemenea constata că păstrarea epruvetelor din ciment unitar a produs scăderi ale indicelui de rezistență până la 0,73 și respectiv 0,75, deci o reducere a rezistenței la întindere din încovoiere cu 27% și respectiv 25%.

Păstrarea epruvetelor în mediu cu agresivitate chimică ridicată conduce la scăderea valorii indicelui de rezistență la agresivitate, în raport cu indicele prezentat de probele păstrate în apă de mare artificială, fenomen explicabil prin atacul deosebit de agresiv al ionilor sulfatic și magnezian.

#### 4. Concluzii

Analiza valorilor indicilor de rezistență conduce la următoarele aprecieri:

➤ în mediu cu dublă agresivitate cimenturile unitare au prezentat cele mai reduse valori ale indicelui de rezistență la agresivitate chimică pe termen lung indicele atingând valoarea zero;

➤ pe termen scurt (3 luni și 6 luni) valoarea cea mai ridicată a indicelui aparține cimenturilor din grupa 3 cu 70% adaos de cenușă și 7,5% zgură granulată;

➤ la vârsta de 7 ani comportarea cea mai bună este cea a cimenturilor cu 50% cenușă de termocentrală și 25% zgură granulată.

Din analiza indicelui de rezistență la agresivitate chimică se poate ușor constata efectul favorabil al adaosului de cenușă de termocentrală în betoanele supuse degradării prin coroziuni chimice complexe.

## Aspecte experimentale și de calcul privind ruperea prin presurizare hidrostatică a unor țevi din oțel

Ilie I. RUSU

Dănuț ZAHARIEA

Bogdan CIOBANU

*Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică "GH. ASACHI" Iași, Iași, 6600, România*

**Abstract** In this issue are presented the results of the hydrostatic breaking test for a pipe set composed from four longitudinally welded steel pipes with various diameter (83, 125, 150 and 220 mm) and thickness between 3.5 and 5 mm. The breaking pressures were between 221 and 518 bar. In the case of the welding that is correctly made, the break is on the generatrix, far away from the welding. An important plastic deformation of the pipe material and also an important raise of the pipe diameter are observed before failure. The time vs. pressure raising diagrams are presented. The value of the breaking pressure, for each pipe, is determined once from the theory and twice from the experiments that are made.

**Keywords:** Welded steel pipes, hydrostatic breaking, plastic deformation.

### 1. Introducere

Răspândirea largă a sistemelor presurizate, care interesează aproape toate domeniile tehnicii, în condiții de funcționare uneori extreme, a dus la perfecționarea metodelor de proiectare, la elaborarea de materiale adecvate, la execuție și exploatare controlate.

În toate fazele realizării produselor presurizate se efectuează încercări pentru ridicarea calității și respectarea normelor de piață. Necesitatea încercărilor este impusă de garantarea protecției personalului de deservire și a bunurilor, excluderea scăpărilor de fluid precum și de confirmarea faptului că rezerva de rezistență e mai mare decât cea necesară și că permite menținerea presiunii de lucru. În practică toate construcțiile mecanice sunt neomogene (microstructurile și conținutul de impurități pot diferi esențial chiar în cadrul aceleiași mărci de material), prezintă defecte de execuție, discontinuități și concentrări de eforturi unitare etc. De aceea sunt importante încercările pentru determinarea proprietăților mecanice și a structurii metalului, pentru determinarea calității materialelor și a sudurii.

Conform normelor internaționale, verificările și încercările la țevile din oțel sunt normalizate:

verificarea calității materialului; verificarea aspectului și dimensiunilor; încercarea la tracțiune longitudinală și transversală a materialului țevilor precum și la tracțiune transversală a sudurii; încercarea de îndoire și aplatizare; încercarea la presiune hidrostatică și, ca probă suplimentară, proba hidrostatică distructivă.

În probele de presiune hidrostatică, presiunea este crescută gradual până la presiunea de control sau până la cedarea sudurii sau ruperea materialului țevii. Încărcarea interioară prin presiune hidrostatică este uniformă și normală la peretele conductei. Metodele de încercare de rezistență și de etanșeitate (durata încercărilor, fluidul de încercare, presiunile de încercare și de etanșeitate etc.) se stabilesc prin standarde sau norme interne pentru produsele respective. Ca probe hidrostatice suplimentare sunt probele distructive pe eșantioane în care lungimea eșantionului depășește de 10 ori diametrul exterior al țevii sau pe întreaga lungime a țevii.

Încercarea la presiune hidrostatică poate evidenția defecte în materialul tubular sau în cordonul de sudură, iar probele hidrostatice distructive servesc și la optimizarea regimului de sudare.

Evidențierea procesului fracturării în structurile reale (conducte, recipiente, incinte presurizate) urmărește aspecte de calcul și confirmarea experimentală a metodelor de evaluare cantitativă a rezistenței mecanice disponibile luând în considerare defectele de material și de execuție, regimul de exploatare ș.a.

## 2. Instalația experimentală și efectuarea încercărilor

Eșantioanele încercate au avut lungimea de 2500 mm, lungime ce depășește de 10 ori diametrul țevilor, conform normelor, pentru reducerea influenței capetelor la care sunt sudate capace. Ca lichid de lucru se utilizează apa. Încercările hidraulice sunt de preferat celor pneumatice întrucât energia acumulată în sistem la încercările pneumatice este cu câteva ordine de mărime mai mare decât la cele hidraulice și deoarece la rupere apar efecte periculoase.

Țeava menținută vertical se umple cu apă prin racordul de la partea de jos, cu evacuarea completă a

aerului prin racordul superior. Presurizarea se face într-o incintă de protecție printr-o creștere lentă și continuă a presiunii prin intermediul unui agregat cu pompă de înaltă presiune. În unele încercări se pot aplica automat lovituri cu un ciocan cu masa impusă având în vedere că mici fisuri pot genera defectări serioase atunci când apar solicitări dinamice [9].

La toate probele s-a înregistrat presiunea din 10 în 10 secunde în primele minute și apoi din minut în minut până la cedarea materialului țevii sau a sudurii.

## 3. Rezultate experimentale

### 3.1. Considerații privind aspectul ruperii

În fig. 1.a. și 1.b. se prezintă o rupere tipică pe cordonul de sudură, pe generatoarea țevii. Vederea generală (fig.1.a) evidențiază faptul că în urma cedării violente partea cilindrică a plesnit și a fost puternic deformată. În detaliul din fig. 1.b. se observă fisura cu dislocări de material pe sudură.



Fig. 1 – Rupere tipică pe cordonul de sudură; a. – vedere generală; b. – detaliu în zona de capăt

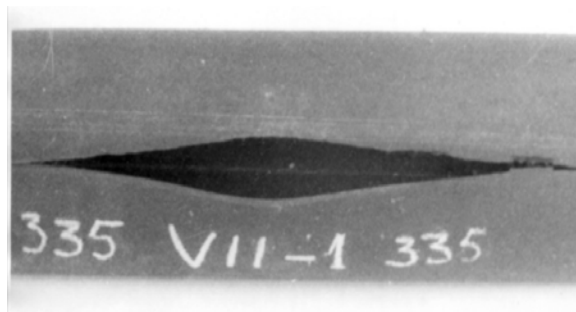


Fig. 2 – Rupere pe sudură la conducta de 125 mm

Țeava notată VII-1 este prezentată în două vederi (fig. 2.a. și 2.b.) cu aceeași puternică deformare a învelișului (în fig. 3 este prezentată și evoluția presiune-timp).

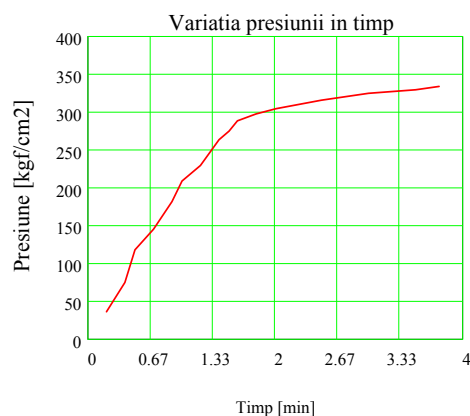
Plesnirea învelișului cilindric începe la fața exterioară, iar atingerea tensiunii maxime se produce la fața interioară; deformarea zonei interioare este limitată de zona exterioară. La creșterea în continuare a presiunii se obține o deformare plastică la interior, zonă care se extinde treptat spre exterior, până ce cuprinde întreaga secțiune.

Se constată scăderea grosimii peretelui pe circa o treime din lungimea fisurii finale. La capetele zonei de rupere se constată rupere prin

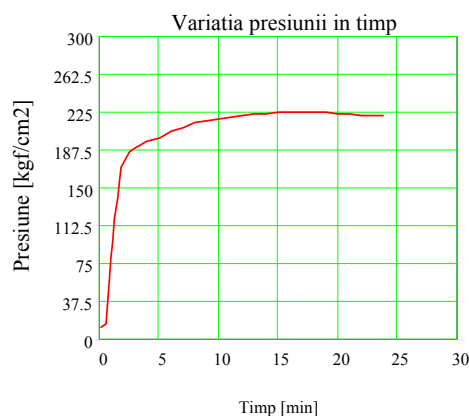
despicare după direcția efortului tangențial maxim ( $45^\circ$ ).

### 3.2. *Diagramele presiune-timp*

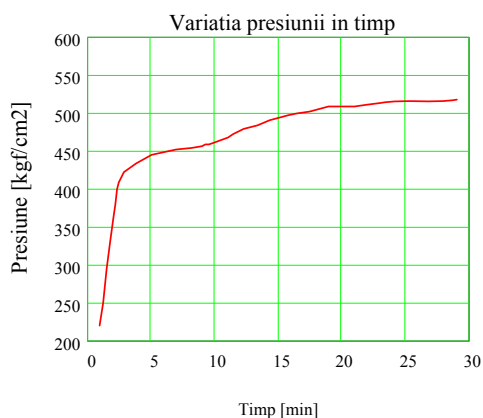
În fig. 3 sunt arătate curbele pentru probele prezentate în tab. 1, cu precizarea zonelor de rupere (fig. 4). Curbele sunt caracteristice deformării materialelor tenace. Deși este vorba de deformarea unui ansamblu, există asemănări cu diagrama Hooke. Se observă două porțiuni racordate între ele: domeniul presurizării elastice (prima porțiune) și domeniul presurizării plastice la care, înaintea ruperii, se constată o ușoară scădere a presiunii (2-4 bar).



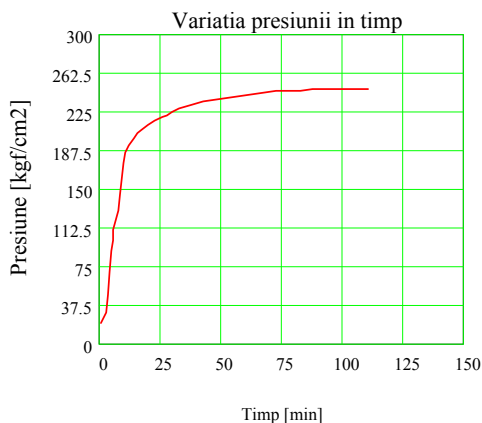
a.



b.



c.



d.

Fig. 3 – Variația în timp a presiunii de încercare

a. – conducta  $\phi$  125 mm; b. – conducta  $\phi$  150 mm; c. – conducta  $\phi$  83 mm; d. – conducta  $\phi$  220 mm;

Tabelul 1

| Diametrul<br>conduței<br>[mm] | Planul<br>de mă-<br>surare | Dimensiunile după<br>solicitare [mm] |        |       | Zona de<br>rupere |    |     |    | Lungimea<br>rupturii<br>[mm] | Distanța față de<br>sudură<br>[mm] | Presiunea<br>de rupere<br>[kgf/cm <sup>2</sup> ] | Durata<br>încercării<br>[min] |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------|-------|-------------------|----|-----|----|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
|                               |                            | 1                                    | 2      | 3     | I                 | II | III | IV |                              |                                    |                                                  |                               |
| 83                            | a                          | 89.3                                 | 89.5   | 89.7  | x                 |    |     |    | 245                          | Pe sudură                          | 518                                              | 29'00''                       |
|                               | b                          | 90.2                                 | 89.3   | 89.9  |                   |    |     |    |                              |                                    |                                                  |                               |
| 125                           | a                          | 132.8                                | 134.0  | 134.4 |                   | x  |     |    | 485                          | Pe sudură                          | 335                                              | 3'45''                        |
|                               | b                          | 136.2                                | 134.8  | 134.3 |                   |    |     |    |                              |                                    |                                                  |                               |
| 150                           | a                          | 166.8                                | rupere | 168.8 |                   | x  | x   |    | 275                          | 20                                 | 221                                              | 23'50''                       |
|                               | b                          | 165.6                                | 177.5  | 167.3 |                   |    |     |    |                              |                                    |                                                  |                               |
| 220                           | a                          | 231                                  | 230    | 230.7 |                   | x  |     |    | 415                          | 235                                | 248                                              | 111'00''                      |
|                               | b                          | 229                                  | 226    | 233.5 |                   |    |     |    |                              |                                    |                                                  |                               |

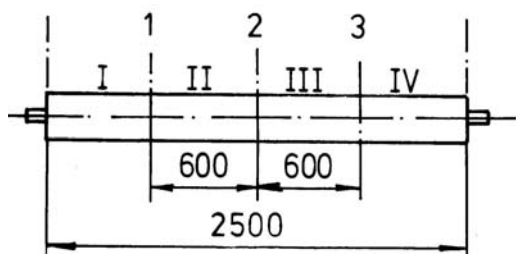


Fig.4 – Zonele de rupere

### 3.3. Calcul presiunii de rupere

Aplicarea relațiilor deduse din teoria elasticității la dimensionarea tuburilor confecționate din materiale tenace determină supradimensionarea acestora. În continuare se va verifica dacă utilizarea acestor relații poate fi extinsă și la determinarea presiunii de rupere a conductelor. În acest scop se înlocuiește presiunea interioară care determină apariția curgerii în materialul tubului cu presiunea de rupere (plesnire) a conduitei și limita de curgere a materialului cu rezistența la rupere a acestuia.

Această înlocuire ar putea fi interpretată ca o schematizare de tip Prandtl (cu modul de plasticitate nul) a diagramei caracteristice a materialului [5, 6], la care delimitarea domeniului perfect elastic de cel perfect plastic nu este făcută de către tensiunea de curgere ci de rezistența la rupere. Cu aceste înlocuiri, presiunea de plesnire în cazul tuburilor cu pereți groși solicitate în domeniul liniar-elastic, determinată în baza teoriilor Tresca și Von Mises, devine:

$$p_r = \frac{R_m}{2} \frac{k^2 - 1}{k^2} \quad (1)$$

$$p_r = \frac{R_m}{\sqrt{3}} \frac{k^2 - 1}{k^2} \quad (2)$$

unde:  $k = \frac{D_{ext}}{D_{int}}$  iar  $R_m$  reprezintă rezistența la rupere a materialului.

Relațiile de calcul pentru solicitarea tuburilor cu pereți groși în domeniul elasto-plastic se determină pornind de la următoarele ipoteze [5]: materialul tubului este incompresibil ( $\nu = 0.5$ ), ideal plastic (sau prezentând eventual, pentru încercarea la

tracțiune, o diagramă caracteristică cu consolidare, schematizată prin două drepte), curbele caracteristice pentru tracțiune și compresiune sunt identice (în absența autofretajului), alungirea specifică în lungul tubului este nulă. Se admite de asemenea una din teoriile de rezistență (Tresca sau Von Mises). În baza aceluiași considerații de mai sus, se va înlocui presiunea care aduce întregul tub în domeniul elasto-plastic cu presiunea de rupere, iar tensiunea de curgere cu rezistența la rupere. În aceste condiții [7,5] se obține:

$$p_r = R_m \ln k \quad (3)$$

$$p_r = \frac{2}{\sqrt{3}} R_m \ln k \quad (4)$$

unde:  $k = \frac{D_{ext}}{D_{int}}$  iar  $R_m$  reprezintă rezistența la rupere a materialului.

Deoarece multe dintre materialele metalice tenace prezintă curbă caracteristică cu zonă de consolidare (datorită ecruisării), Faupel consideră că, în relațiile de mai sus nu pot fi considerate nici Tabelul 2

tensiunea de curgere, nici cea de rupere, ci o valoare intermediară. Ținând cont și de teoriile Tresca și Von Mises, Faupel propune relațiile [1]:

$$p_r = \left( 2 - \frac{R_e}{R_m} \right) R_e \ln k \quad (5)$$

$$p_r = \left( 2 - \frac{R_e}{R_m} \right) \frac{2R_e}{\sqrt{3}} \ln k \quad (6)$$

unde  $R_e$  reprezintă limita de curgere a materialului Pavel A. [8] recomandă determinarea presiunii de rupere cu relația:

$$p_r = \frac{2R_m}{I + A_5} \cdot \frac{h}{D_m} \quad (7)$$

unde:  $D_m = \frac{D_{ext} + D_{int}}{2}$ ,  $h$  este grosimea peretelui conductei, iar  $A_5$  reprezintă lungirea la rupere determinată pe epruvete scurte.

| Nr. crt. | Dimetrul conductei $D_n$ | Presiunea de rupere $p_{r \text{ exp}}$ | Presiunea teoretică de rupere $p_{r \text{ teor}}$ calculată cu una din relațiile (1-7) și abaterea față de presiunea de rupere determinată experimental $p_{r \text{ exp}}$ |                  |                  |                  |                   |                  |                   |
|----------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|          |                          |                                         | Rel. (1)                                                                                                                                                                     | Rel. (2)         | Rel. (3)         | Rel. (4)         | Rel. (5)          | Rel. (6)         | Rel. (7)          |
|          | [mm]                     | [bar]                                   |                                                                                                                                                                              |                  |                  |                  |                   |                  |                   |
| 1.       | 83                       | 518                                     | 477.05<br>-8.58%                                                                                                                                                             | 550.85<br>5.96%  | 527.03<br>1.71%  | 608.56<br>14.88% | 503.45<br>-2.89%  | 581.33<br>10.89% | 450.07<br>-15.09% |
| 2.       | 125                      | 335                                     | 308.63<br>-8.54%                                                                                                                                                             | 356.37<br>5.99%  | 328.17<br>-2.08% | 378.94<br>11.59% | 323.66<br>-3.50%  | 373.73<br>10.36% | 280.39<br>-19.47% |
| 3.       | 150                      | 221                                     | 256.63<br>13.88%                                                                                                                                                             | 296.33<br>25.42% | 270.19<br>18.20% | 311.99<br>29.16% | 250.61<br>11.81%  | 289.37<br>23.62% | 219.62<br>-0.62%  |
| 4.       | 220                      | 248                                     | 221.17<br>-12.13%                                                                                                                                                            | 255.39<br>2.89%  | 231.15<br>-7.28% | 266.91<br>7.08%  | 220.81<br>-12.31% | 254.96<br>2.72%  | 197.53<br>-25.55% |

## 5. Concluzii

Încercarea la presiune hidrostatică a conductelor oferă informații suplimentare în ceea ce

privește tehnologia de fabricație deoarece întreg ansamblul este testat și astfel este eliminat riscul prelevării incorecte a epruvetelor. Datele experimentale obținute conduc la creșterea calității țevelor și recipientelor sub presiune precum și a siguranței în exploatare, iar analiza zonei de rupere poate oferi date importante privind îmbunătățirea regimului de sudură.

Valorile presiunii de rupere, calculate cu relații cunoscute din literatură, au prezentat abateri relative cuprinse între 0.62 și 29.16% față de valorile determinate experimental. Relațiile (1), (3) și (5) dau valori satisfăcătoare ceea ce arată o mai bună aplicabilitate a teoriei Tresca în comparație cu Von Mises în ce privește calculul presiunii de rupere a conductelor presurizate. Se remarcă de asemenea faptul că relația (7) conduce sistematic la subaprecierea presiunii de rupere. Deoarece supraestimarea acesteia este periculoasă, relația poate fi recomandată atunci când se dorește o siguranță ridicată, fapt ce influențează însă negativ consumul de material.

## 6. Bibliografie

- [1] Muscan A. I., *Importanța particularităților geometrice ale recipientelor cilindrice cu perete gros la adoptarea unor criterii de dimensionare mai economice*, Tehnologii, calitate, mașini, materiale, 3, 1988, Ed. Tehnică, pg. 123-130.
- [2] Nichols R. W., *Pressure Vessel Engineering Technology*, Elsevier Publishing Company Limited, Amsterdam-London-New York, 1971.
- [3] Cioclov D., *Mecanica ruperii materialelor*, Ed. Acad. RSR, București, 1977.
- [4] Radabaugh E. C., George H. H., *Design and Strength of Welded Pipe Line Branch Connections* Journal of the Pipeline Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, vol. 83, PL 1, March 1957, Paper 1193, pp. 1-34.
- [5] Ponomariov S. D., ș.a., *Calculul de rezistență în construcția de mașini*, vol 1-2, Ed. Tehnică, București, 1963.
- [6] Stronge W. J., Yu T. X., *Dynamic Models for Structural Plasticity*, Springer-Verlag, London, 1993.
- [7] Williams J. G., *Stress Analysis of Polymers*, Longman, London, 1973.
- [8] Pavel A., *Asupra unor indicatori de capacitate portantă ai recipientelor-butelii presurizate static, pneumatic sau hidraulic, la interior*, St. cerc. mec. apl., tom 49, nr. 2, Ed. Academiei, București, 1990, pg. 193-205.
- [9] Rusu I. I., Călărașu D., Zahariea D., *Asupra încercării hidrostatice la rupere a țevelor din oțel*, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, tom 44 (58), Mecanică, 1999.

## Utilizarea unor deșeuri din industria de aluminiu pentru realizarea de materiale ceramice pentru construcții

Liliana ȘERBAN

Dan Corneliu HÂNCU

*Facultatea de Construcții, Universitatea "OVIDIUS" din Constanța, Constanța, 8700, România*

**Résumé.** L'article présente les résultats expérimentaux sur la boue rouge, matériel qui est un résidu de l'industrie d'aluminium, provenant du teril I.A. Tulcea. Ce matériel qui est un polluant peut être utilisable en ajoutant d'argile pour produire des briques et des autres matériaux céramiques pour constructions.

**Mots clefs:** boue rouge, résidu de l'industrie, matériaux céramiques pour constructions

### 1. Introducere

Valorificarea deșeurilor industriale prezintă importanță tehnico-economică, ele putând contribui la lărgirea bazei de materii prime pentru diferite activități industriale, iar pe de altă parte permițând protecția mediului înconjurător.

Domeniul materialelor de construcții, ca mare consumator de materii prime, are ca sarcină permanentă introducerea în circuitul economic de noi tipuri de produse industriale, precum și valorificarea de cantități tot mai mari din cele deja acumulate.

Valorificarea deșeurilor industriale în domeniul materialelor de construcții a presupus și presupune în continuare cercetări fundamentale pentru cunoașterea compoziției, structurii și proprietăților acestora, în scopul determinării corecte a domeniilor de utilizare, precum și crearea de noi tehnologii sau modificarea celor existente astfel încât să se asigure o utilizare corectă și eficientă a lor.

Cercetările trebuie să precizeze corect avantajele tehnico-economice și sociale în utilizarea deșeurilor industriale, precum și în cazul utilizării lor ca adaosuri sau înlocuitori parțiali ai materialelor de

construcție consacrate, rolul lor în crearea proprietăților noilor produse, precum și influența asupra durabilității acestora.

Pornind de la cele de mai sus, atât pe plan mondial, cât și național, se impune aprofundarea cunoașterii deșeurilor industriale, precum și schimbarea opiniei despre acestea pe criterii economico-sociale, legate de extinderea surselor de materii prime, dar și necesitatea stringentă de

protecție a mediului înconjurător, aceste deșeuri industriale ocupând terenuri tot mai mari și fiind agenți poluanți ai atmosferei, solului și apelor. Factorul ecologic trebuie să modifice opinia privind valorificarea deșeurilor, a cheltuielilor materiale și energetice legate de cerința de valorificare a lor.

Pe această direcție se înscriu preocupările ce fac obiectul prezentului studiu privind posibilitățile de valorificare în domeniul materialelor de construcții a unor deșeuri industriale rezultate din industria de pe teritoriul Dobrogei, și anume a nămolului roșu rezultat din prelucrarea bauxitei la I. A. Tulcea.

### 2. Caracterizarea deșeurilor industriale utilizate

Nămolul roșu sau șlamul de bauxită rezultă din prelucrarea bauxitei în scopul obținerii aluminei, prin procedeul Bayer. Conform acestui procedeu, bauxita este tratată în autoclave cu hidroxidul de sodiu, obținându-se aluminat de sodiu în soluție și un reziduu insolubil, denumit șlam sau nămol roșu (NR). După spălare cu apă, în scopul recuperării hidroxidului de sodiu antrenat, NR este pompat, ca suspensie apoasă, în bazine de decantare. Sedimentul rezultat prin decantare poate atinge un conținut în fază solidă de 50-60%.

Datele din literatura de specialitate, prezentate în Tabelul nr. 1, arată că resursele de NR sunt suficient de mari pentru ca valorificarea lui să suscite interes pentru cercetări, inclusiv în domeniul materialelor de construcții

Tabelul nr. 1

| Țara           | Anul de referință | Prod.anuală (mil. t.) | Stocuri (mil. t.) | Metoda de depozitare         |
|----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|
| India          | -                 | 0,6                   | 2 – 2,5           | -                            |
| Australia      | 1975              | 9,36                  | 37                | Halde de șlam                |
| Japonia        | 1975              | 1,44                  | -                 | Recuperare terenuri din mare |
| S. U. A.       | -                 | 5                     | 90                | Halde de șlam                |
| Marea Britanie | -                 | 0,1                   | -                 | Halde de șlam                |

Compoziția oxidică a NR este determinată de tipul de bauxită din care provine, precum și din sursa de unde este aceasta extrasă (Tabelul nr. 2).

Tabelul nr. 2

| Oxidul                         | Tipul de bauxită |                |
|--------------------------------|------------------|----------------|
|                                | Diasporică       | Hidrargilitică |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12 – 15%         | 10 – 12%       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 45 – 50%         | 55 – 60%       |
| SiO <sub>2</sub>               | 8 – 10%          | 5 – 6%         |
| TiO <sub>2</sub>               | 7 – 8%           | 12 – 15%       |
| CaO                            | 10 – 12%         | 8 – 10%        |
| Na <sub>2</sub> O              | 1 – 2%           | 1 – 2%         |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01%            | 0,02 – 0,05%   |
| Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,01%            | 0,02 – 0,03%   |

Printre multe alte direcții de cercetare se înscrie și cea privind utilizarea NR pentru fabricarea de materiale ceramice :cărămizi (Germania, S. U. A., Japonia, Rusia, Belgia, Australia, România), fabricate din amestecul de NR cu argile, cenuși de electrofiltru ș.a., arse (1000-1200°C), autoclavizate sau neautoclavizate plăci ceramice pentru fațade și pardoseli.

Mase din NR realizate prin presare (la 150daN/cm<sup>2</sup>), s-au ars la 1100-1150°C, s-au glazurat și ars a doua oară la 980°C.

Tabelul nr. 3

| Oxidul                         | Minereuri din:  |                  |                |                         |
|--------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------|
|                                | S. U. A. (NR) % | Australia (NR) % | Japonia (NR) % | S. U. A. (Nămol brun) % |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 26,5            | 16 – 27          | 17 – 23        | 6,4                     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,7            | 24 – 50          | 30 – 40        | 6,1%                    |
| SiO <sub>2</sub>               | 22,9            | 9 – 34,5         | 13 – 17        | 23,3 %                  |
| CaO                            | 8,1             | 0 – 3            | 0 – 4          | 46,6 %                  |
| Na <sub>2</sub> O              | 11,8            | 0 – 8,5          | 0,2 0,6        | 4,1%                    |
| TiO <sub>2</sub>               | 3,3             | 3 – 9            | 5 – 7          | 3%                      |
| SO <sub>3</sub>                | 2,8             | -                | -              | 0,5%                    |
| P.C.                           | 12,9            | 10 – 15          | 9 – 13         | 7,3%                    |

### 3. Caracterizarea NR rezultat la I. A. Tulcea

Pentru caracterizarea NR utilizat s-au prelevat probe de la I. A. Tulcea, din care s-au alcătuit probe medii, pe care apoi s-au efectuat analize și determinări pentru stabilirea compoziției și structurii ca determinante ale proprietăților și pentru alegerea domeniilor posibile de utilizare.

Materialul a fost studiat în starea sa naturală cât și după uscarea prealabilă, pentru eliminarea apei libere și transformarea sa în pulbere.

În stare naturală, NR luat în studiu se prezenta ca o pastă, cu o densitate de 1690kg/m<sup>3</sup> și un conținut de 40% apă. Apa conținută se prezenta ca apă liberă sau legată sub diferite forme, starea ei fiind pusă în evidență prin analiza termică diferențială (ATD), ce s-a efectuat atât pe NR în stare naturală, cât și pe fracțiunea solidă, rezultată după uscarea sa în etuvă la 200°C.

Compoziția oxidică a NR luat în studiu s-a determinat conform prescripțiilor STAS 4813/73. Conținutul NR în diferiți oxizi este prezentat în tabelul nr. 4. Se constată că preponderenți cantitativ sunt Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tabelul nr. 4

| Oxidul | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO     | Na <sub>2</sub> O | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|---------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| %      | 45 - 50                        | 12 - 15                        | 8 - 10           | 7 - 8            | 10 - 12 | 1 - 2             | 0,01                          | 0,01                           |

#### 4. Compoziția masei de argilă și șlam

Pe baza unor încercări preliminare s-a stabilit raportul optim între șlamul de bauxită la umiditatea naturală și argila de Cobadin (încercările s-au făcut la fabrica de cărămidă din această localitate).

Pentru asigurarea consistenței necesare fasonării prin presare a cărămidilor și proprietăților produselor arse, masa supusă fasonării s-a alcătuit din 60% argilă și 40% șlam de bauxită (cu umiditatea naturală).

Pentru stabilirea condițiilor de ardere a amestecului de 60% argilă și 40% șlam, s-au efectuat analize termice după uscarea prealabilă a probelor în condiții naturale.

Din rezultatele analizelor a reieșit că materialul uscat a mai avut un conținut de apă de higroscopicitate de 1%. Principalele pierderi de masă în intervalele de temperatură 200-320°C și 400-720°C sunt datorate pierderii apei de constituție din componenții NR și din argilă. Pierderile totale de masă în intervalul 200-1000°C au fost de 11%.

Din punct de vedere compozițional, în masa încălzită la temperaturi de peste 750°C puteau să se semnaleze pe curbe ATD unele modificări specifice formării mulitului atât din SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> din argilă cât și din oxizii conținuți în NR, modificări fără efect de masă, deci insesizabile pe curbele DTG (derivata pierderii de masă, adică viteza proceselor de pierdere de masă) și TG (termodinamica gravitațională, adică pierderea de masă la încălzire). Există un slab efect exoterm la 730°C, urmând celui slab endoterm la 690°C. Că prin ardere au loc transformări compozițional-structurale rezultă din modificarea proprietăților prin care, produsele obținute se încadrează în materiale de tip ceramic.

Având în vedere că peste 730°C nu mai apar transformări (așa cum reiese din ATD) în masa supusă încălzirii, s-a considerat suficientă temperatura

de ardere de 1000°C cu o menținere izotermă de 12ore.

#### 5. Tehnologia de obținere a cărămidilor normale (240 x 115 x 63 mm) pline

Fluxul tehnologic este alcătuit din următoarele faze: dozarea gravimetrică, omogenizarea, fasonarea, uscarea, arderea, răcirea, depozitarea.

*Omogenizarea* s-a realizat într-un malaxor biax până la obținerea unei culori omogene a amestecului argilă - NR.

*Fasonarea* s-a realizat prin presare.

*Uscarea* s-a realizat în două faze, pentru reducerea posibilităților de fisurare, cu viteză mică de încălzire. Prima fază de uscare s-a realizat până la 600°C pentru eliminarea apei de constituție și arderea resturilor organice.

*Arderea propriu-zisă* a produselor uscate s-a desfășurat la 950-1000°C. Menținerea izotermă la temperatura de ardere a fost de 12 ore. Între 600 și 1000°C au loc descompunerea carbonaților și modificările compozițional-structurale. În formarea fazei vitroase, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> din NR îndeplinește rolul de liant. De asemenea, este posibilă formarea unor cantități de mulit 2SiO<sub>2</sub> și 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suplimentar prin reacții între Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și SiO<sub>2</sub> existente în NR sau SiO<sub>2</sub> pus în libertate prin multizare:



la temperaturi peste 750°C chiar dacă fenomenul nu a fost sesizat prin ATD.

*Răcirea* s-a efectuat lent, în cuptor.

#### 6. Proprietățile cărămidilor pline fabricate pe bază de șlam de bauxită

Pentru verificarea calității cărămidilor pline, de format normal, s-au efectuat determinări, conform STAS 457-86, încercări confirmate și de laboratorul Întreprinderii de Materiale de Construcții din Constanța, în care se specifică faptul că rezultatele obținute pe cărămidile realizate cu adaos de NR sunt comparabile cu cele obținute în producția curentă a secției Cobadin din cadrul I.M.C. Constanța.

Cărămidile cu NR se încadrează în *Clasa C<sub>3</sub>* și *marca 50*.

Rezultatele medii privind: absorbția de apă ( $A_m$ ), densitatea aparentă ( $\rho_a$ ) și rezistența la compresiune (medie și minimă) sunt prezentate în tabelul 5.

Tabelul nr. 5

| Dimensiuni<br>mm | $A_m$<br>% | $\rho_a$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $R_c$ (N/mm <sup>2</sup> )<br>medie/minimă |
|------------------|------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| 234 x 112 x 63   | 20,0       | 1680                             | 6,0 /5,2                                   |

## 7. Concluzii

Rezultă că NR poate fi utilizat în amestec cu argila la fabricarea de materiale ceramice pentru construcții. Aspectul cărămizilor astfel obținute permite utilizarea lor și drept cărămizi aparente. Colectivul de elaborare a lucrării consideră că se pot realiza cu aceeași compoziție și după o tehnologie identică și țigle, olane tuburi de drenaj, etc.

## 8. Bibliografie

- [1] R.Acki, *Brevet 85235686 și 60235686, Japonia*, 1985
- [2] N.Anghel ș.a., 1987, *Revista Materiale De Construcții nr. 4/1987*
- [3] G.B.Boiko, 1979, *Stroitelstvo mater. 4/1979*
- [4] L.Crăciunescu, E.Popa1995, *Materiale de construcție*, UTCB, București
- [5] N.I.Sianovskaia,1977, *Steklo i keram - 12/1977*
- [6] L.Șerban,1972, *Teză de doctorat – UTCB*, București

## Rezolvarea problemelor de stabilitate a recipientelor sub presiune

Tamara STANCIU

*Centrul de scafandri, Constanța, , Constanța, 8700, România*

**Abstract** The pressurized container designed for electric cables testing, has two ways of working:

- A. filled container
- B. empty container.

Both situations, the pressurized container must have stable balance, which can be carried out by the appropriate choosing of the balances and on the stay surface.

**Keywords:** Pressurized container, balance, stability.

### 1. Introducere

Recipientul pentru probe cabluri este un vas sub presiune, utilizat pentru efectuarea probelor de rezistență și de etanșeitate a cablurilor electrice speciale și a altor aparate cu dimensiuni compatibile, specifice activităților de scufundare.

Principalele caracteristici ale recipientului:

- presiunea de lucru: 38 bar;
- presiunea de probă hidraulică: 47 bar;
- medii vehiculate: apă.
- dimensiuni de gabarit:     - $\Phi$  312\*6mm;  
                                      -H 1660mm.

Părțile componente, conform figurii 1, sunt: 1 fund recipient; 2 virolă; 3 flanșă filetată; 4 braț A; 5 flanșă de cuplare (tip baionetă); 6 capac; 7 braț B; 8 contragreutate.

Capacul plan are 4 găuri cu presetupe prin care se trec cablurile care sunt supuse probelor de rezistență la presiune și de etanșeitate.

Deoarece prin construcția sa partea inferioară (virola și fundul) este mai ușoară decât partea superioară (flanșe și capac), suprafața de sprijin pe suporti a fost proiectată în partea de sus a virolei.

Pentru recipientul plin cu apă, în timpul lucrului sub presiune se calculează greutatea pentru partea superioară și pentru partea inferioară.

### 2. Elemente de calcul

#### A.Recipient umplut

##### 2.1 Calculul greutății bazei

- $g_k$  = greutatea specifică pentru tabla de oțel;
- $M_b$  = masa bazei recipientului;
- $M_a$  = masa coloanei de apă;
- $M_{ba}$  = masa bazei recipientului umplut cu apă;
- $M_r$  = masa de rotunjire (robineți, prezoane);
- $D_{iv}$  = diametrul interior virola;
- $D_m$  = diametrul mediu virola;
- $c$  = diametrul calotei sferice (fund recipient);
- $h_s$  = înălțimea calotei sferice (fund recipient);
- $A_v$  = aria virolei;
- $A_c$  = aria calotei sferice (fund recipient);
- $I$  = înălțimea coloanei de apă;
- $\rho$  = densitatea apei.

$$M_b = A_v \times g_6 + A_s \times g_7 = 0.8 \times 47.1 + 0.14 \times 54.95 = 46 \text{ kg}$$

$$M_a = \Pi \left[ D_{iv}^2 \frac{I}{4} + \frac{h_s}{2} \left( \frac{c^2}{4} + \frac{h_s^2}{3} \right) \right] \times \rho_a = 80 \text{ kg}$$

$$M_r = 4 \text{ kg}$$

$$M_{ba} = M_b + M_a + M_r = 130 \text{ kg}$$

## 2.2 Calculul părții superioare

$M_f$ =masa flanșei;  $M_{fc}$ =masa flanșei de cuplare;  $M_c$ =masa capacului plan;  $M_s$ =masa părții superioare;  $D_{ef}$ =diametru exterior flanșă;  $h_f$ =înălțime flanșă;  $\rho_f$ =densitatea oțelului;  $D_{ec}$ =diametru exterior flanșă cuplare;  $D_{ic}$ =diametru interior flanșă cuplare;  $h_c$ =înălțime flanșă cuplare;  $D$ =diametru capac;  $d$ =diametru gaură capac.

$$M_f = \frac{\Pi \times (D_{ef}^2 - D_{if}^2)}{4} \times h_f \times \rho_f = 37 \text{ kg}$$

$$M_{fc} = \frac{\Pi \times (D_{ec}^2 - D_{ic}^2)}{4} \times h_c \times \rho_f = 24 \text{ kg}$$

$$M_c = \frac{\Pi \times (D^2 - 4 \times d^2)}{4} \times g_{35} = 27 \text{ kg}$$

$$M_s = M_f + M_{fc} + M_c = 37 + 24 + 27 = 89 \text{ kg}$$

Capacul fiind foarte greu (27kg), pentru ridicarea lui cu ușurință s-a ales ca soluție

constructivă atașarea unor contragreutăți pe brațul B, braț articulat la rîndul lui pe brațul A (figura 1).

Prin adăugarea contragreutăților și brațelor, crește masa părții superioare a recipientului. Această creștere trebuie să se facă în limita păstrării echilibrului cu partea inferioară.

$$M_s + M_b + M_c = M_{ba}$$

$$M_b = M_{ba} - M_{bc} = 4 + 7 = 11 \text{ kg}$$

$$130 = 89 + 11 + M_g$$

$$M_g = 30 \text{ kg}$$

$$M_g > M_c \quad \text{Deci capacul va fi ridicat cu ușurință.}$$

## B.Recipient golit

### 2.4 Verificarea stabilității în cazul B

$G_i$  = centrul de greutate al elementului I;

$x_i$  = distanța de la  $G_i$  la axa de suprafețe de sprijin;

$G$  = centrul de greutate al ansamblului;

$x$  = distanța de la  $G$  la axa de suprafețe de sprijin;

$M_i$  = masele părților componente;

$M$  = masa ansamblului.

$$\sum_{i=1}^8 M_i \times x_i = M \times x \Rightarrow x = \frac{\sum_{i=1}^8 M_i \times x_i}{M} = \frac{37}{149} = 0.248 \text{ m}$$

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| $x_1=0.814\text{m}$ | $G_1=8\text{kg}$  |
| $x_2=0.370\text{m}$ | $G_2=38\text{kg}$ |
| $x_3=0.100\text{m}$ | $G_3=37\text{kg}$ |
| $x_4=0.128\text{m}$ | $G_4=4\text{kg}$  |
| $x_5=0.160\text{m}$ | $G_5=24\text{kg}$ |
| $x_6=0.178\text{m}$ | $G_6=27\text{kg}$ |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| $x_7=0.288\text{m}$ | $G_7=30\text{kg}$ |
| $x_8=0.413\text{m}$ | $G_8=7\text{kg}$  |

$x=248\text{mm}$  Centrul de greutate al ansamblului este amplasat sub axa suprafeței de sprijin.

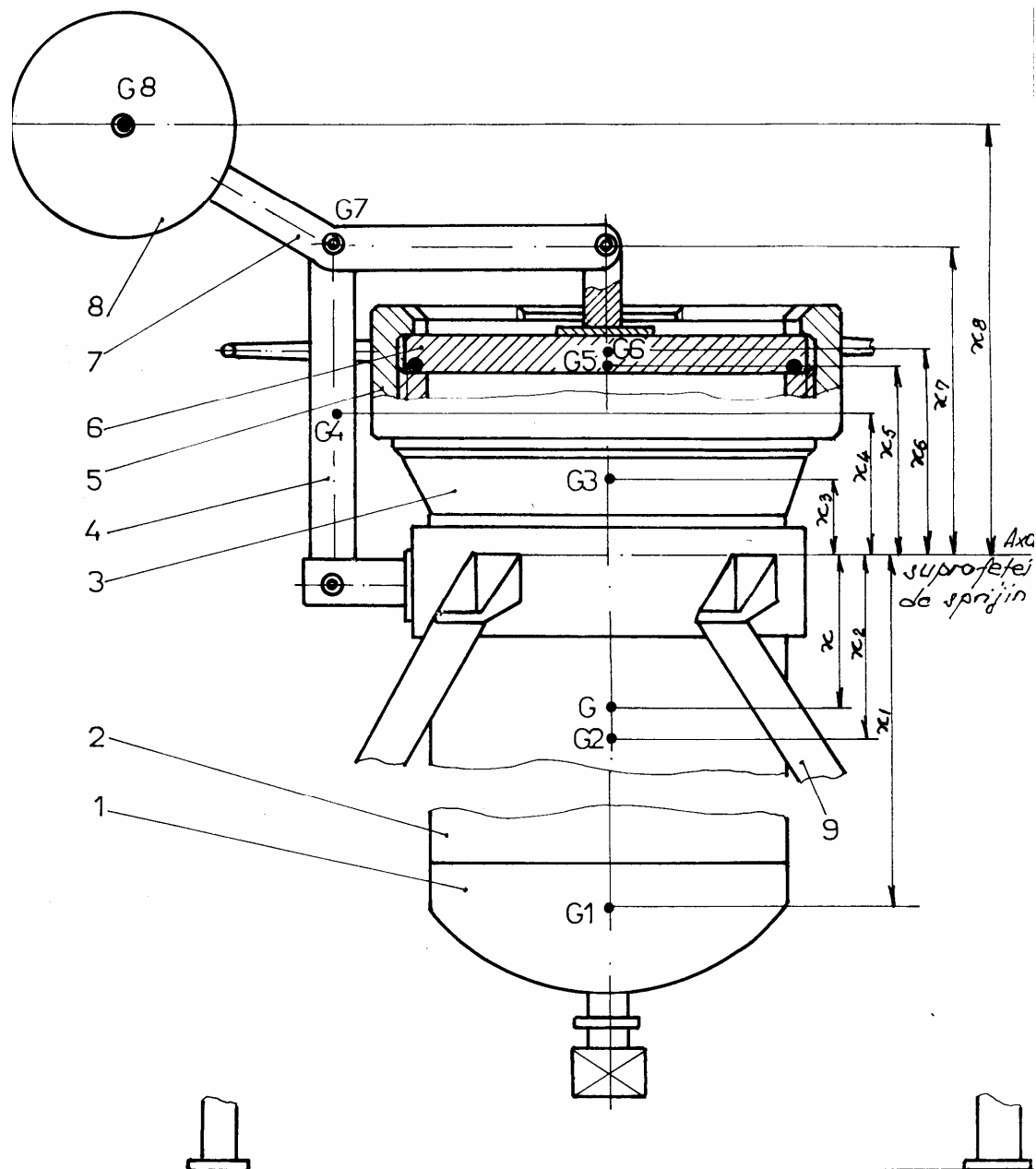


Fig.1 Recipient cu contragreutate pentru asigurarea stabilității

### 3. Concluzii

Stabilitatea recipientului este asigurată în ambele cazuri.

A Recipient umplut: partea superioară este în echilibru cu cea inferioară.

B Recipient golit: centrul de greutate  $G$  al ansamblului este situat sub axa suprafeței de sprijin proiectate.

[1] Buzdugan Gh., Rezistența materialelor, 1986, Editura Academiei Române.

[2] \* \* \* C 4-83 *Prescripții tehnice pentru proiectarea, execuția, instalarea, exploatarea, repararea și verificarea recipientelor metalice sub presiune stabile*, Editura Tehnică.

[3] Jinescu Valeriu, *Recipiente sub presiune*, Editura tehnică 1983

#### 4. Bibliografie

## Creșterea randamentului în activitatea de scufundare, prin recuperarea și purificarea heliului din amestecurile respiratorii

<sup>a</sup>Paul TABACU, <sup>a</sup>Steliana ASMARANDI, <sup>a</sup>Valerica BEJAN, <sup>a</sup>Cătălin CHIRU, <sup>b</sup>Ion AVRAM

<sup>a</sup>Centrul de scafandri, Constanța, , Constanța, 8700, România

<sup>b</sup>- I.C.S.I. – Rm. Vâlcea

**Abstract** This article consists in a short presentation of the most important recuperation procedures of gaseous helium that make possible the separation and the purification of this gas contained in the mixtures resulted from the diving activities in order to use it in the composition of the other gas mixtures for the following diving activities.

**Keywords:** Helium, recuperation, purification, diving

### 1. Introducere

Recuperarea heliului din instalațiile hiperbare este o problemă prioritară în activitățile de scufundare desfășurate în cadrul "Centrului de scafandri" – Constanța și această problemă face obiectul de cercetare al unui colectiv de cercetători ai "Laboratorului P.O.S.A.", încă din anul 1998.

Activitățile de scufundare desfășurate la adâncimi mai mari de 55m, reclamă utilizarea heliului ca gaz inert în amestecurile sintetice de gaze de scufundare în locul azotului, datorită efectelor nedorite provocate de azotul inspirat la presiuni mari, cunoscute sub denumirea de "narcoza azotului".

În acest scop s-au efectuat studii asupra metodelor de separare și analize comparative ale tipurilor de instalații existente, folosite în scopuri similare de diferiți utilizatori, optându-se pentru folosirea unei metode combinate care să permită obținerea unei purități ridicate a He, de min. 99%, diferența de 1% fiind oxigen.

Randamentul instalației va fi min. 85%.

Amestecurile de gaze pe bază de He, rezultate din activitățile de scufundare conțin în diverse concentrații, substanțe contaminante (CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, urme de substanțe organice mirositoare, praf, etc.) care trebuiesc eliminate pentru atingerea purității urmărite.

Pe plan mondial există în principal 4 metode de purificare a He:

1.)Procedeul criogenic - presupune captarea impurităților la temperaturi foarte scăzute (-170 °C) utilizând azot lichid, asigurând o înaltă puritate heliului recuperat; acest procedeu necesită aprovizionarea cu azot lichid a coloanei de separare ceea ce nu este practic și nici rentabil, mai ales când nava de intervenție cu scafandri se află în larg pentru lucrări sub apă.

2.)Procedeul cu site moleculare - presupune captarea impurităților în reactoare cu absorbanti microporoși la o temperatură cuprinsă între -20 °C și -30 °C fără azot lichid.

3.)Procedeul care utilizează metale rare - constă în punerea în contact a heliului impurificat cu oxizi de titan sau bariu la o temperatură înaltă, între 400 °C - 800 °C.

4.)Procedeul de purificare folosind adsorbția fizică și chimică cu site moleculare și metale calde.

Din analiza principalelor procedee de purificare a heliului, împreună cu un colectiv de cercetători din cadrul ICSI – Rm.Vâlcea am optat pentru un procedeu combinat care este prezentat în continuare.

### 2. Soluția aleasă pentru instalația de purificare a heliului

Instalația de purificare a He pentru care s-a optat, utilizează ca procedee de separare, adsorbția

amestecurilor gazoase pe adsorbanți selectivi, catalizat, în condiții bine precizate de temperatură și presiune.

Fiecare modul al instalației este destinat îndepărtării unei singure impurități, într-o succesiune bine definită. Procesul tehnologic constă din următoarele etape:

#### Eliminarea apei

Îndepărtarea apei conținute în amestecul de He ce urmează a fi procesat se face într-o baterie de 2 adsorbere cu sită moleculară tip 13X, asamblate într-un ciclu regenerativ: un adsorber funcționează în regim de adsorbție, iar celălalt în regim de regenerare. Amestecul de gaze bogat în He, numit "gaz brut", este răcit într-un sistem de 2 răcitoare, unul cu apă, iar celălalt cu freon.

Se asigură astfel o temperatură de intrare în adsorber cuprinsă între  $(0-5)^{\circ}\text{C}$  pentru obținerea eficienței maxime a adsorbției.

După atingerea timpului de funcționare prestabilit se face comutarea pe al doilea adsorber și se începe regenerarea primului cu azot gaz încălzit la  $300^{\circ}\text{C}$  într-un încălzitor electric.

#### Eliminarea bioxidului de carbon

Pentru eliminarea bioxidului de carbon se utilizează un proces de adsorbție pe cărbune tip sită moleculară.

În procesul de adsorbție se reține bioxidul de carbon care este eliminat în cadrul procesului de desorbție prin reducerea presiunii cu două ordine de mărime prin intermediul unei pompe de vid preliminar.

#### Eliminarea oxigenului

Având în vedere că domeniul de concentrație al oxigenului în

gazul brut este ridicat, pentru îndepărtarea acestei impurități se utilizează un proces catalitic.

Gazul brut, purificat de apă și bioxid de carbon parcurge un schimbător de căldură recuperator, se încălzește într-un cuptor electric și apoi intră într-un reactor catalitic, unde pe strat de catalizator pe bază de cupru are loc îndepărtarea oxigenului.

Gazul purificat cedează apoi căldura în recuperatorul de căldură, iar gazul rezidual este îndepărtat după răcirea lui într-un răcitor cu apă.

#### Eliminarea azotului

Îndepărtarea azotului se desfășoară într-un adsorber cu cărbune activ răcit la temperatura azotului lichid. Amestecul de heliu care mai conține ca impuritate azotul, parcurge un schimbător de căldură unde se răcește până la o temperatură apropiată de cea a azotului lichid după care are loc îndepărtarea propriu-zisă a azotului pe strat de cărbune activ menținut la  $80^{\circ}\text{K}$ . După adsorbție și recuperarea frigului, heliul reprezintă deja un produs cu înaltă puritate (min. 99%) și se poate îmbutelia.

Alegerea acestui tip de procedeu pentru eliminarea azotului s-a făcut și pentru a elimina urmele de monoxid de azot.

Gradul de recuperare al heliului este de min. 85%.

Schema instalației este prezentată în figura 1.

## 4. Concluzii

Randamentul instalației va fi de minim 85% iar gazul obținut va avea următoarea compoziție:

He – 99%;  $\text{O}_2$  – max. 0,5%;  $\text{N}_2$  – 0,45%;  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  – max. 0,05%.

În urma procesului de recuperare și purificare a heliului va rezulta o reducere a prețului de cost pe ora de scufundare cu peste 8%.

Din instalația de purificare a He nu rezultă produse secundare, deșeuri de fabricație sau alte emanații; din instalație se purjează periodic cantități mici de azot, gaz care nu prezintă nici un fel de pericol din punct de vedere al mediului; nu rezultă efluenți.

Apa recirculată în procesele de răcire nu este infestată chimic sau biologic.

Realizarea instalației urmează a fi finanțată în cadrul programului ORIZONT – 2000.

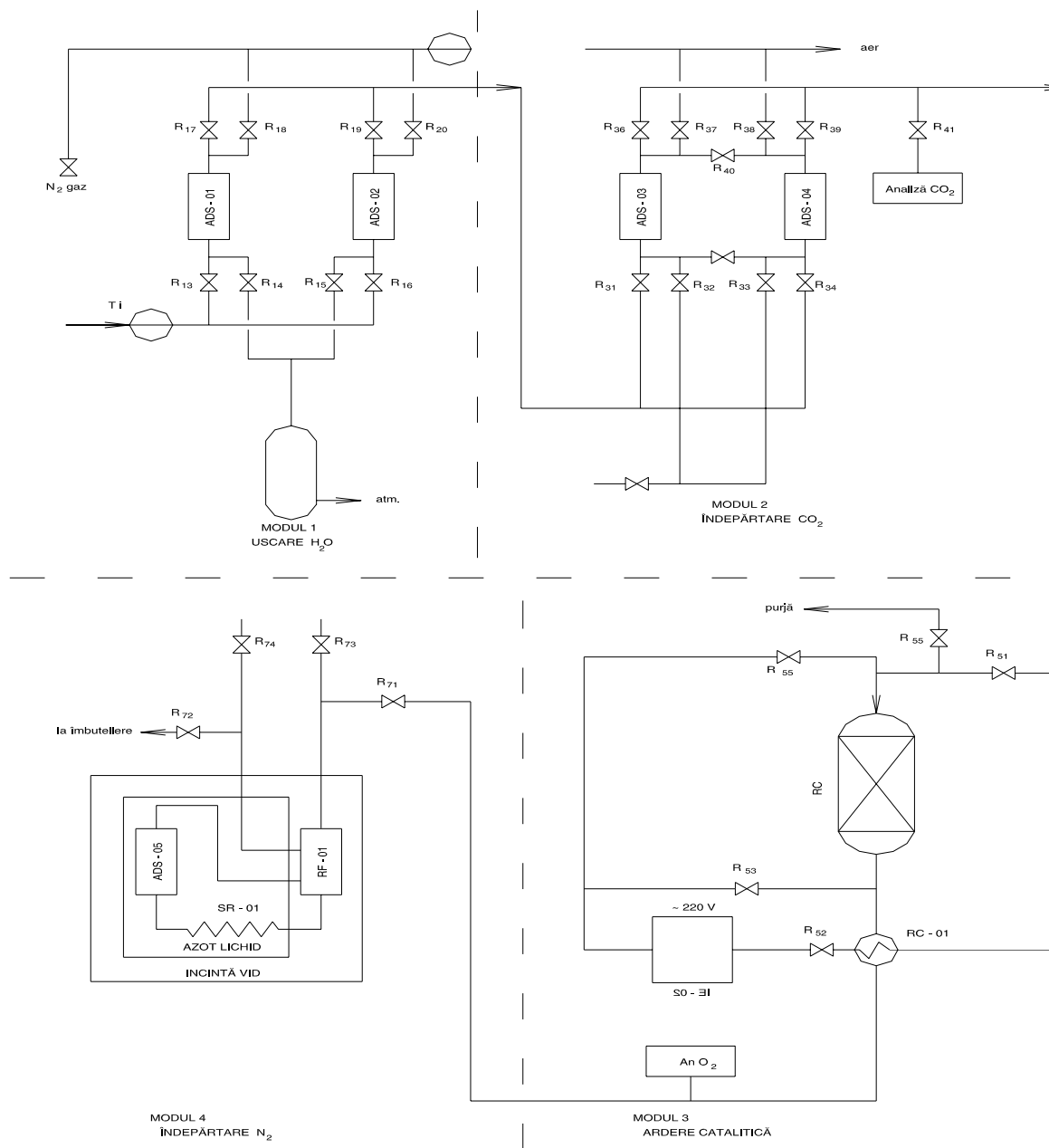


Fig. 1. Schema instalației de purificare a heliului

## 5. Bibliografie selectivă

- [1].\*\*\* *Ghidul aliat pentru operațiuni de scufundare* – NATO IMAS, ADivP-1 (Navy), Stanag – 1372(nesecret);
- [2].\*\*\* *Purificarea He criogena pe site moleculare*, 1975, Brevet nr. 3219414, SUA;
- [3].\*\*\* *Procedeu și instalație de epurare a He dintr-un amestec de gaze*, 1981, Brevet nr. 8114809, Franța;
- [4].\*\*\* *Procedeu pentru purificarea gazelor rare și eliminarea impurităților sub forma de urme*, 1976, Brevet nr. 2332954, Franța;
- [5].\*\*\* *Procedeu de obținere a gazelor nobile cu diametru de atom mic, în special He din amestecuri de gaze care conțin oxigen și/sau azot*, 1976, Brevet nr. 3214771, Germania;
- [6]. Beiu V, Petru A., *Posibilități de separare a He din amestecuri respiratorii recuperate*, 1984, UM02145;
- [7]. Tribunescu V, *Fenomene superficiale*, 1979, Editura tehnică, București.

## Folosirea geosinteticelor pentru drenarea terasamentelor la calea ferată

Diana ȚENEĂ, Dragoș VINTILĂ, Cornel CIUREA, Dan PASCALE, Carmen MAFTEI

*Facultatea de Construcții, Universitatea "Ovidius" din Constanța, 8700, România*

**Abstract** In this article we present the applications of geosynthetic materials used in drainage of the railway embankments. We also present a classification of geosynthetics by their functions. This article is based on the achieved experience from practical activity. In here we present one of our work designed for the railway administration.

**Keywords:** *geosynthetics, drainage, embankments.*

### 1. Introducere

Materialele geosintetice sunt materiale sintetice din clasa polimerilor care nu se degradează sub acțiunea agenților din pământ și au ca scop îmbunătățirea caracteristicilor pământurilor.

Materialele sintetice se prelucrează în anumite condiții de temperatură și presiune prin deformări plastice care dau diferite calități produselor rezultate.

Printre elementele constitutive ale geosinteticelor se numără:

compuși macromoleculari constând din unul sau mai mulți polimeri naturali, sintetici sau dintr-o rășină;

Compuși de umplutură minerali sau organici care asigură structura de rezistență a geosinteticului;

Materiale de armare adăugate cu scopul de a îmbunătăți proprietățile mecanice;

Plastifianți care asigură vâscozitatea și flexibilitatea produsului;

Dizolvanți care formează combinații lichide cu compuși macromoleculari și conferă mobilitatea temporară a acestora în vederea prelucrării;

Coloranți și pigmenți pentru protecția fizică a produsului;

Aditivi antistatici, fungistatici, bacteriostatici, ignifugi și antioxidanți.

Introducerea geosinteticelor a fost stimulată de necesitatea îmbunătățirii performanțelor construcțiilor și amenajărilor hidrotehnice, rutiere, feroviare și de altă natură.

Costul lucrărilor a putut fi redus prin folosirea de produse reciclate, combinarea cu fibre naturale și alte măsuri. S-a ajuns în prezent la prețuri competitive cu materialele clasice, asigurându-se avantaje tehnice în plus.

Primele aplicații cu caracter experimental în care au fost înglobate geosintetice s-au întreprins în SUA în anii '30; lucrări de mai mare amploare s-au efectuat însă începând cu anii '50 în SUA, Olanda, Germania și Japonia. Un deceniu mai târziu, aceste materiale, îndeosebi geotextilele, s-au extins în Franța mai ales la terasamente de drumuri și căi ferate, la diguri și baraje.

O imagine a dezvoltării progresive a utilizării acestor materiale pe plan mondial este oferită de datele de mai jos, reprezentând suprafețele de geotextil din lucrările executate în anii respectivi:

1977- peste 50.000.000 m<sup>2</sup> în 18 țări

1984- peste 300.000.000 m<sup>2</sup> anual

1988- peste 800.000.000 m<sup>2</sup> anual

Pentru anul 2000 se estimează folosirea lor pe o arie de peste 500.000.000 m<sup>2</sup>.

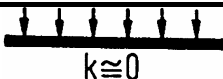
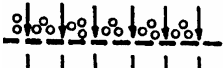
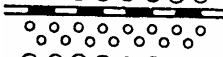
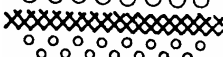
În România, geosinteticele, la început sub forma geotextilelor au fost utilizate încă din 1973 la lucrări de drumuri, lucrări hidrotehnice și de îmbunătățiri funciare. În ultimii ani aplicarea geosinteticelor în România s-a intensificat datorită dotării cu o nouă

linie de fabricație la întreprinderea MINET din Râmnicu Vâlcea, unde se produc curent geotextile de uz tehnic în cantități suficiente.

Cele mai răspândite sunt geotextilele nețesute, care pot îndeplini simultan, dacă este necesar, mai multe funcțiuni (filtrare, drenare și eventual ranforsare). Ca pondere, geosinteticele ocupă circa 50% din total în America de Nord, circa 40% în Europa, iar restul de 10% din celelalte țări în

principal în Japonia. Din materialul bibliografic disponibil la ora actuală reiese că din totalul geotextilelor utilizate în lume, cca. 80% sunt nețesute, de asemenea folosirea geogrilelor cunoaște actualmente o extindere considerabilă.

| Denumirea grupului și definirea produsului                                                                                                                                                                                                   | Principalele funcțiuni pe care le pot îndeplini            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Geotextile (GT)</b><br>Produse plane și permeabile din polimeri (sintetici și naturali) sub forma unor materiale textile care pot fi textile care pot fi țesute, nețesute, tricotat folosite la lucrări din pământ sau alte construcții   | filtrare<br>drenare<br>separare<br>protecție<br>ranforsare |
| <b>Geomembrane (GM)</b><br>Folii impermeabile din polimeri, folosite ca bariere pentru lichide sau vapori în lucrări din pământ sau alte construcții                                                                                         | barieră pentru lichide sau vapori                          |
| <b>Geogrilă și georețele (GG)</b><br>Produse plane din polimeri constând dintr-o rețea regulată deschisă ale cărei goluri sunt mai mari decât elementele de legătură, folosite pentru consolidare în lucrări din pământ sau alte construcții | ranforsare (consolidare, armare)                           |
| <b>Alte geosintetice</b><br>Geoplase, geosaltele, geocelule, geospațiale, geocompozite                                                                                                                                                       | diverse funcțiuni specifice produsului                     |

| Categoria funcțiilor     | Funcția                            | Geotextile tipice | Schema de lucru                                                                       |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Hidraulice               | Etanșare                           | GM                |  |
|                          | Filtrare                           | GT                |  |
|                          | Drenare                            | GT + GG           |  |
| Interfață                | Separare                           | GT                |  |
|                          | Protecție (transfer de solicitări) | GT + GG           |  |
|                          | Macroranforsare                    | GT + GG           |  |
| Ranforsare (consolidare) | Microranforsare                    | Fibre, fire       |  |
|                          | Ranforsare de suprafață            | GM + GT + GG      |  |

În reprezentarea de mai sus sunt sintetizate principalele categorii de funcțiuni ale geosinteticelelor și schema lor de lucru:

Materialele geosintetice au devenit competitive cu cele tradiționale în ceea ce privește costul, datorită faptului că se pun în operă cu procedee relativ simple, în orice condiții meteorologice, pe temperaturi mai mari de  $-5^{\circ}\text{C}$ , se taie și se înădălesc ușor pe șantier, se mulează bine pe suprafața terenului și datorită flexibilității lor se pot folosi cu ușurință la diverse lucrări cu finisaje de bună calitate cu aspect agreabil.

Există însă și unele dezavantaje, legate mai ales de gradul mai redus de cunoaștere a performanțelor (mai ales durabilitatea), ca urmare a timpului relativ scurt de când se folosesc; se știe că se degradează destul de repede sub acțiunea radiațiilor ultraviolete, de aceea trebuie protejate în consecință. În continuare prezentăm o clasificare a geosinteticelelor după funcțiile pe care le pot îndeplini:

## 2. Studiu de caz

În acest context prezentăm o utilizare recentă a geosinteticelelor la lucrările de refacție a liniei București –Constanța (fir I 800) cu consolidarea terasamentului căii în zona Mircea Vodă – Medgidia între km. 173+100 - 194+000.

Înainte de începerea lucrărilor, terasamentul, cel puțin la prima vedere, nu părea afectat, singurele probleme apărute provenind de la suprastructura căii ferate care prezenta următoarele deficiențe:

- traverse necorespunzătoare, elementele de prindere dintre șină și traverse necorespunzătoare,
- șine cu uzuri mari, mai ales cu uzuri laterale mari în curbe.

Deoarece îmbunătățirea stării căii nu se putea face prin lucrări de întreținere curentă, s-a impus reparația capitală a liniei - respectiv refacție cu șină tip 60 montată pe traverse tip T26 din beton precomprimat.

Ultimele lucrări de reparație capitală s-au executat pe acest tronson în anul 1976.

Lucrările de refacție au impus și realizarea unui studiu geotehnic în urma căruia au rezultat următoarele :

- prismul de piatră spartă de grosimi variabile, necorespunzător normelor tehnice în vigoare, este colmatat pe zone întinse;

- stratul de balast este neuniform, având în componență pietriș mare, mic și nisip de diferite granulozități ajungând până la nisip fin, neuniformitatea stratului de balast datorându-se și segregării materialului fin din masa prismului de piatră spartă.

- stratul de nisip este neuniform, inexistent chiar, în unele zone.

Lipsa stratului de nisip sau discontinuitatea acestuia a dus la acumularea apei meteorice și la deformarea platformei căii, fapt demonstrat și de gradul mare de umiditate al platformei căii.

Pentru îmbunătățirea stării căii și ridicarea vitezei de circulație și pe acest tronson la 140km/h, s-au impus următoarele lucrări:

- refacerea taluzului și consolidarea terasamentului,
- refacerea stratului filtrant,
- refacerea prismului de piatră spartă,
- decolmatarea șanțurilor de scurgere existente și realizarea celor proiectate.

În aceste condiții, pentru lucrările de refacere a terasamentelor și realizarea noului profil transversal precum și pentru îmbunătățirea capacității portante, s-au realizat următoarele lucrări:

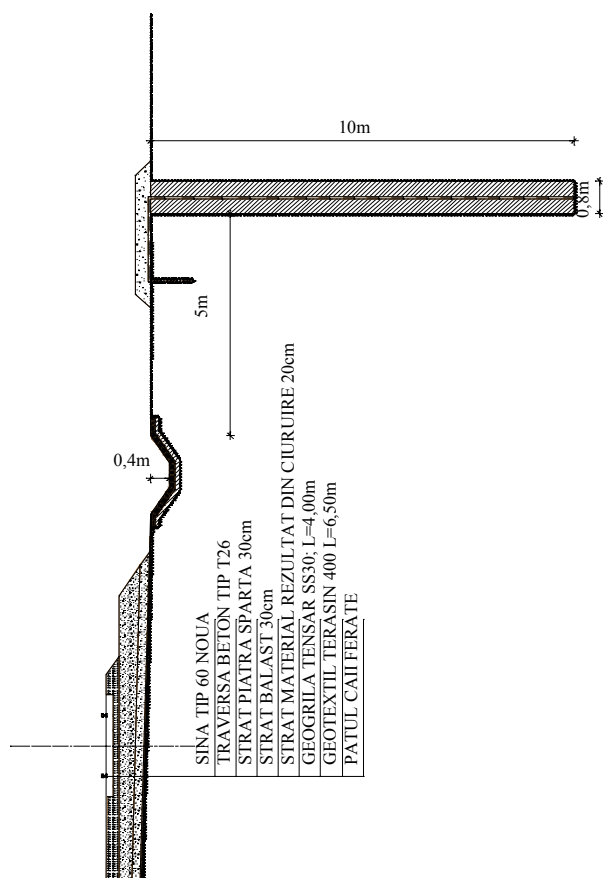
- după îndepărtarea materialelor granulare, s-a compactat prin cilindrare terasamentul actual
- straturile elementare (amestec de pământ argilos, fragmente de calcar degradat sau loess galben) s-au compactat static până s-a atins  $\gamma_{d \min} = 16,5 \text{ kN/m}^3$  și cota proiectată. Coronamentul terasamentului s-a amenajat cu pantă de 5%, iar acolo unde s-a impus completarea terasamentului s-au executat trepte de înfrățire. Hidroizolarea terasamentului s-a făcut prin așternerea unui strat de geocompozit și anume BENTOFIX tip B pe un strat suport de 10cm grosime.

Pentru îmbunătățirea capacității portante a pământului s-a procedat astfel:

- s-a decapat până la cota  $-1,20\text{m}$  față de NSS proiectat și s-a asigurat panta transversală de 5% spre șanțul de colectare a apei meteorice.
- s-a așternut un strat de geotextil TERASIN 400 pe o lățime de 6,5 m pe platforma căii ferate. Geotextilul TERASIN 400 este folosit în acest caz ca strat anticontaminant.

Geotextilul se va așterne prin derularea sulurilor în lungul căii, suprapunându-se pe o lățime de 20cm la margini. Peste stratul de TERASIN 400 s-a montat

un strat de geogrilă din polipropilenă cu noduri rigide tip TENSAR SS30 pe o lăţime de câte 2 m de o parte şi de alta a axului CF, pentru sporirea capacităţii portante a terasamentului CF şi pentru reducerea tasărilor diferenţiate, realizând astfel o armare a bazei platformei căii ferate. Ulterior se realizează toate straturile (nisip, pietriş, balast) cu gradul de compactare corespunzător determinate prin încercări Proctor.



### 3. Concluzii

În zona în care s-a efectuat lucrarea prezentată mai sus, calea ferată a fost construită pe o zonă iniţial mlăştinoasă, din imediata vecinătate a canalului Dunăre -Marea Neagră, desecată şi adusă la cota de realizare a platformei căii ferate cu pământ rezultat

din excavaţiile de la canal. Deficienţele găsite la calea ferată care au impus reparaţia capitală se datorează în mare parte deformaţiilor terenului de fundare.

Apariţia deformaţiilor terenului de fundare şi implicit a terasamentului căii ferate au fost puse pe seama prezenţei apei meteorice în terasament şi pe drenarea insuficientă a acestora, soluţia din proiect fiind numai de suprafaţă prin reproiectarea terasamentului şi a şanţurilor de colectare şi folosirea geosinteticelor.

Cu toate acestea, deformaţiile mari ale terenului de fundare şi ale terasamentului pot avea şi o altă cauză şi anume prezenţa apei în terenul de fundare datorită infiltraţiilor provenite din canalul Dunăre - Marea Neagră. Rezolvarea acestei probleme se poate face prin introducerea unei geomembrane între calea ferată şi canal. Rolul acestei membrane este de a opri infiltraţiile apei din canal şi de a o conduce către roca de bază. În felul acesta, terenul de fundare şi-ar micşora umiditatea şi şi-ar îmbunătăţi proprietăţile mecanice.

Acest ecran impermeabil se poate realiza dintr-un ciment bentonitic şi o geomembrană introduse într-un şanţ forat până la roca de bază. În continuare prezentăm un profil transversal caracteristic pentru linia I 800 Bucureşti-Constanţa, cu amenajările de protecţie împotriva infiltrării apelor din zona Canalului Dunăre-Marea Neagră.

### 4. Bibliografie

- [1] A. Găzdaru, S. Manea, V. Feodor, L. Batali *Geosinteticele în construcţii*, 1999 Editura Academiei Române
- [2] L. Kellner, A. Găzdaru, V. Feodor, *Geosinteticele în construcţii*, vol. 1, 1994 Editura Inedit Bucureşti
- [3] \*\*\*Proiect U31/1093-1997-Proiectant Regionala CF Constanţa, (Şef de proiect ing. M. Dragne)
- [4] I. Antonescu, S. Andrei, S. Manea *Studiu privind metodele de proiectare a lucrărilor ce înglobează materiale sintetice* 1993 Editura UTCB

## Panouri neportante – Risc și siguranță la acțiuni seismice

Doina VERDES

Ioan POP

*Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 3400, România*

**Abstract** The paper presents some aspects concerning the risks and safety of the precast panels in framed structures. The choice for panel's protection in the context of passive safety, is the separation of two parts. The connection's details and the joint's covering are shown in the paper.

**Keywords:** Constructions, precast panels, framed structures.

### 1. Introducere

Riscul avarierii panourilor neportante trebuie studiat printr-o abordare multidisciplinară a tuturor consecințelor care survin în urma producerii cutremurului. Daunele potențiale pot fi formulate în termeni calitativi și în termeni tehnici. Termenii calitativi vizează interesul proprietarilor clădirii, a locuitorilor ei, a agenților de asigurări etc. Termenii tehnici sunt cei folosiți la proiectarea tehnică e evaluare incluzând măsura deteriorării și degradării permise fiecărui element structural și nestructural în parte precum și comportamentul global general al sistemelor structurale.

Daunele potențiale pot fi de ordin social, economic cultural. Limitarea daunelor care se produc datorită avarierii panourilor neportante contribuie la diminuarea riscului atribuit acestui fenomen.

Nivelul de siguranță definit fie în termeni de risc admisibil fie în termeni de consecințe admisibile poate fi atins prin metodele siguranței pasive. Aceasta este conferită de ansamblul structură – panouri neportante care trebuie să răspundă conform nivelelor de performanță acceptate în codurile de proiectare.

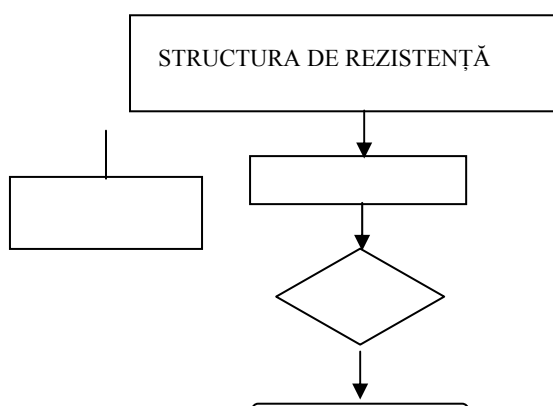
În clădiri cu funcțiuni cum sunt: spitale, cămine de copii sau vârstnici, panourilor neportante vor

trebui protejate împotriva avarierii sau distrugerii din considerente de protecție a siguranței vieții ocupanților.

### 2. Risc seismic – conceptul și elementele expuse

Zonele intens populate a marilor orașe reprezintă o mare concentrare de expunere umană și economică la un potențial risc seismic. Riscul poate fi definit de produsul dintre probabilitatea producerii cutremurului și consecințele acestuia (fig.1). El trebuie comparat cu un risc acceptat  $R_a$ , ca urmare a însușirii unor criterii definite de proprietari sau de autoritățile legislative. Minimizarea riscului se obține fie prin admiterea unei mai mici probabilități de producere a cutremurului fie prin măsuri de diminuare a urmărilor.

Calculul probabilităților de producere a cutremurului implica funcții de distribuție ale acțiunilor seismice precum și ale rezistențelor materialelor. CEB recomanda doua tipuri de cutremure în vederea calculului sistemelor de protecție seismică a structurilor de beton armat: cutremur operațional pentru care clădirea va rămâne operațională fără întreruperi – se admite probabilitatea de 10% de-a fi depășit pe durata de viață a clădirii și cutremur de încetare a



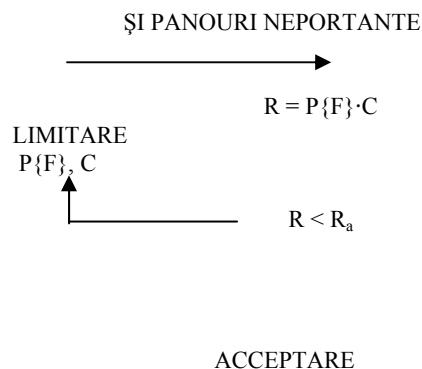


Fig. 1

activităților cu probabilitatea de 1% de-a fi depășit pe durata de viață a clădirii. Fată de acest concept unidimensional care permite respingerea unei activități pe baza unui singur criteriu de acceptare ar putea fi definit un concept care să ia în

considerare cat mai multe aspecte, criterii care pot fi implicate formând un potențial de fragmentare. Acesta ar implica aspectele sociale, politice, culturale, economice, etice-morale, de protecția mediului (fig 2)

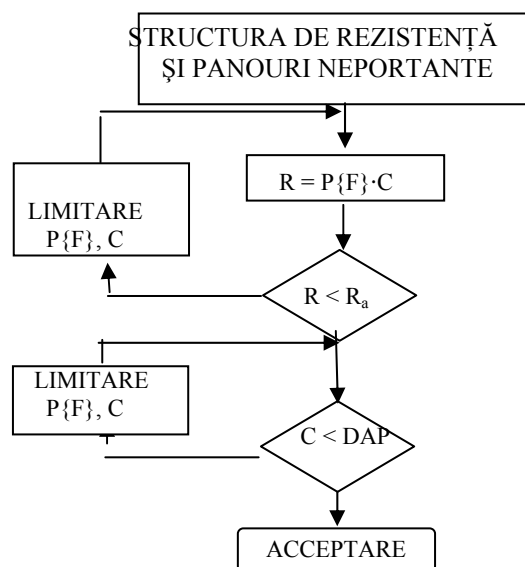


Fig. 2

### 3. Siguranța panourilor neportante la acțiuni seismice

Siguranța la acțiuni seismice abordată în cadrul metodelor tradiționale se referă la două categorii: siguranța activă și siguranța pasivă.

Siguranța activă se realizează cu echipamente mecanice, electrice, tehnologii de vârf, inclusiv

tehnică spațială cu scopul de-a preveni producerea de accidente serioase.

Siguranța pasivă se referă la sistemele structurale capabile de-a face față la efectele extraordinare, în speță acțiunile seismice, astfel încât consecințele să fie limitate.

Luând în studiu siguranța pasivă a panourilor neportante aceasta poate fi obținută prin conformarea sistemului structural astfel încât prin comportare elastică și postelastică să asigure o conlucrare panou – structură cu avarii minime ale celor două părți. Dacă consecințele interacțiunii nu pot fi acceptate siguranța pasivă a panourilor va trebui sporită prin măsuri tehnice, constructive. Avarierea panourilor nu poate fi admisă la clădiri cu funcțiuni cum sunt: spitale, cămine de copii, cămine de persoane în vârstă, școli etc. sau la clădiri în care întreruperea activităților sau distrugerea de utilaje ar cauza pierderi economice și materiale inacceptabile.

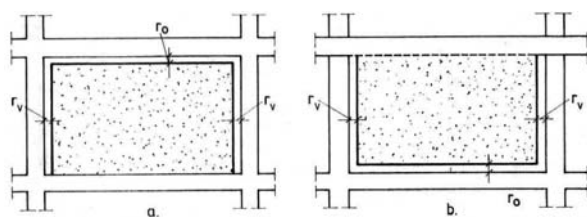


Fig. 3

În aceste cazuri panourile trebuie protejate. Normativele de proiectare antiseismică recomandă controlul deplasărilor relative de nivel care vor trebui menținute în limitele  $(0.0035 \dots 0.0070) H_e$  conform P100 – 92 sau chiar  $0.0020 H_e$  conform normelor din Noua Zeelandă. La structurile în cadre aceste valori sunt aproape imposibil de realizat astfel încât o separare a interacțiunii panou – structură este rezolvarea care se impune.

#### 4. Creșterea siguranței pasive a panourilor neportante

Creșterea siguranței pasive a panourilor neportante se poate obține prin protejarea acestora împotriva deteriorării sau distrugerii sub acțiuni seismice.

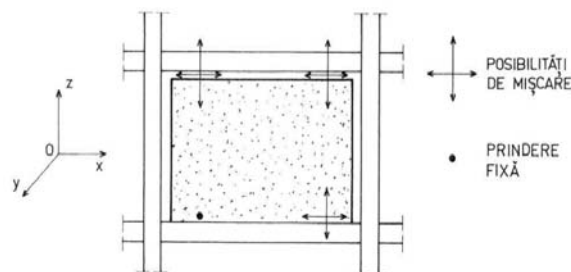


Fig. 4

Separarea panourilor de elementele structurale ridică probleme constructive de realizare a rosturilor și a prinderilor. Rosturile vor avea dimensiuni care să permită dezvoltarea liberă a deformațiilor celor două părți (fig 3). Panoul trebuie rezemat pe o latură la partea inferioară sau la partea superioară (fig.4) și trebuie prins de elementele structurale cu prinderi care să permită mișcarea relativă panou – structură. Totodată ele trebuie să prezinte o capacitate portantă adecvată, ductilitate și rezistență la factorii agresivi din mediul înconjurător. În figurile 5 și 6 sunt prezentate două tipuri de prinderi a panoului neportant de elemente structurale, respectiv de grindă.

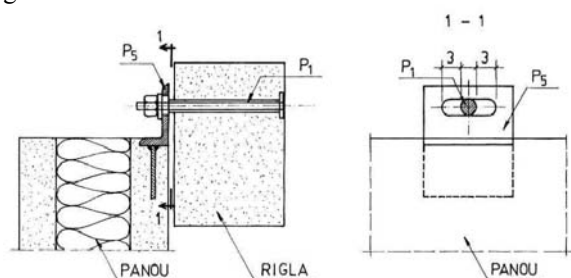


Fig. 5

Răspunsul seismic al panoului separat de structura de rezistență poate fi abordat, în contextul calculului întregii structuri, utilizând metodele de calcul: element finit, element discret sau metoda extinsă a modelului cu mase concentrate.

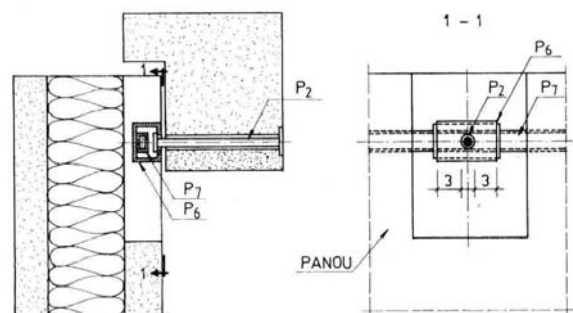


Fig. 6

Când gradul de cuplaj inerțial și de oscilație conferit de rapoartele maselor și respectiv a perioadelor de vibrație se înscrie în limitele  $m_p/m_s < 0.1$  respectiv  $T_p/T_s < 0.8s$  și  $T_p/T_s > 1.25s$  cele două părți se considera slab cuplate și se acceptă o abordare simplificată a calculului răspunsului seismic a panoului. Forța seismică acționează normal pe suprafața panoului și poate fi calculată ca produs dintre greutatea panoului și coeficienții care țin seama de fenomenele de amplificare datorită flexibilității prinderilor, gradului de importanță a elementului, amplificarea pe verticală.

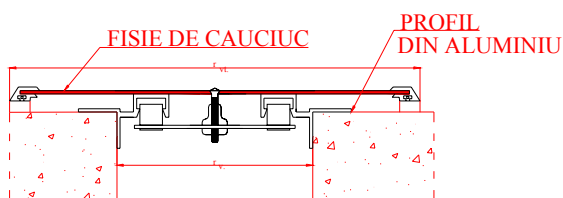


Fig. 7

Problema rosturilor dintre panou și elementele structurale trebuie tratată în mod foarte atent deoarece acestea trebuie să ofere izolare fonică, termică, hidrofuga, împotriva focului. În figurile 7 și 8 se prezintă rezolvări pentru elemente de acoperire a rosturilor prin utilizarea unui material din cauciuc

drept sau profilat fixat de structură prin profile metalice. Soluțiile conferă celor două părți posibilitatea mișcării relative datorită elasticității fâșiei sau profilului din cauciuc. În spatele acestui acoperitor de rost se poate așeza stratul cu proprietăți izolatoare termice sau fonice.

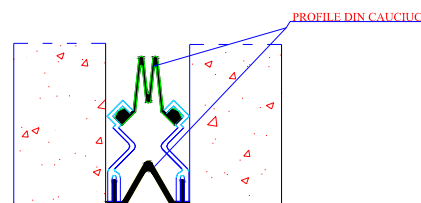


Fig. 8

## 5. Concluzii

Riscul prezentat de avariarea panourilor asupra siguranței vieții locuitorilor cât și daunele de natură tehnică - economică conduc la necesitatea protejării acestora. Creșterea siguranței pasive a panourilor presupune acceptarea separării interacțiunii acestora cu structura. În acest context vor trebui respectate detalii de întocmire a prinderilor cât și de acoperire a rosturilor dintre panou și elementele structurale. Trebuie subliniat de asemenea avantajele unui asemenea sistem de protecție pasivă care conferă posibilitatea de-a fi inspectat, controlat și reparat.

## 6. Bibliografie

- [1] Strumbull, E. Tinsley, V. Khalturin, B. Tucker - *An Urban Earthquake Disaster Risk Index: Conceptual Development And Practical Applications*, - 11<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Paris 1998
- [2] T. Paulay, H. Bachmann, K. Moser - *Proiectarea structurilor de beton armat la acțiuni seismice*, Ed Tehnica, 1997
- [3] *Buletin CEB - FIP* NR. 5/1999

## Tăierea structurilor terestre și subacvatice cu ajutorul încărcăturilor cumulative

Vasile VOICU<sup>a</sup>, Marius MOLDOVAN<sup>b</sup>, Simona RUS, Silvia CRISTEA, Ștefan GEORGESCU<sup>c</sup>

<sup>a</sup>UM 0764-Constanța, <sup>b</sup>UM 0156-București <sup>c</sup>UM 02145-Constanța, Constanța, 8700, România.

**Abstract** The work contents a brief presentation of the conventional and nonconventional cutting procedures used in terrestrial and underwater environment.

**Keywords:** Nonconventional cutting procedures, blade.

### 1. Introducere

În ultimii ani a devenit tot mai acută necesitatea de a tăia tancuri, nave sau utilaje de dimensiuni mari pentru a putea transporta și refolosi metalul din componența acestora sau pentru a efectua reparații. Trebuia găsită o metodă de tăiere care poate fi folosită în condiții cât mai variate, să permită tăierea pe grosimi mari și, nu în ultimul rând, să fie ieftină. Dintre toate metodele testate, cea mai indicată pentru astfel de scopuri s-a dovedit a fi tăierea cu ajutorul încărcăturilor explozive cumulative. Metoda este relativ ieftină și poate fi utilizată atât în domeniu militar cât și în economie.

### 2. Încărcături pentru tăiere

Așa cum indică și denumirea, aceste încărcături pentru tăiere se bazează pe efectul cumulativ. Acest efect constă în concentrarea și proiectarea gazelor rezultate în urma exploziei în lungul axei de simetrie a cavității cumulative.

Întrucât geometria cavității cumulative este astfel construită încât gazele rezultate să fie dirijate spre focarul virtual al cavității, acestea formează un jet cu grosimea de ordinul milimetrilor, a cărui viteză variază între 4000 și 10000 de m/s. Factorii care influențează viteza jetului cumulativ sunt geometria cavității și viteza de detonație a explozivului utilizat. Jetul cumulativ are o putere de penetrare foarte mare care depinde de poziția inițială a încărcăturii față de obiectivul vizat.

În cazul în care cavitatea cumulativă este căptușită cu o îmbrăcăminte metalică cu grosimea de 1-3 mm, această îmbrăcăminte este propulsată de

producții de explozie, jetul cumulativ fiind de această dată metalic. Jetul cumulativ format din producții de explozie acționează la distanțe relativ mici față de încărcătură ( $L < 10$  m), însă cel metalic, fiind mai stabil, acționează la distanțe sensibil mai mari ( $L > 60$  m). De asemenea, jetul metalic are grosimea mai mare, rezultând de aici că puterea de penetrare este mai mică.

Experimentele au arătat că metalul din care este confecționată cămașa cumulativă influențează în mod deosebit stabilitatea și puterea de penetrare a jetului. Astfel, cele mai bune rezultate au fost obținute în cazul utilizării cămășilor cumulative din metal moale, cum ar fi Cu sau Pb. Jetul cumulativ mai este influențat de modul de obținere a cămășii cumulative (să nu apară tensiuni în metal) și de puritatea metalului, rezultate optime fiind obținute cu cămășile din Cu sinterizat.

Substanța explozivă utilizată este, de obicei, un amestec pe bază de pentrită sau hexogen, deoarece acești explozivi au viteză de detonație ridicată și generează un volum mare de produși de explozie. Cantitatea de exploziv pe unitatea de lungime este în funcție de grosimea obiectivului de tăiat, influențând și distanța de amplasare a încărcăturii față de obiectiv. La încărcăturile existente, cantitatea de exploziv pe unitatea de lungime variază între 15 g/ml și 250 g/ml. Încărcăturile cumulative pentru tăiere pot fi rigide sau flexibile. Cele rigide sunt liniare, sub forma unor segmente sau arce de cerc, ceea ce permite configurarea din bucăți a unei forme ce urmează să fie decupată.

Fabricanții de încărcături cumulative pentru tăiere de la noi din țară sunt: U.M. Zărnești –

încărcături rigide, U.M. Plopeni împreună cu Centrul de cercetări în domeniul chimiei – încărcături flexibile. Încărcături flexibile foarte bine cotate pe plan mondial sunt produse în Anglia sub denumirea "BLADE".

### 3. Lama de tăiat tip "BLADE"

Procedul de tăiere prin explozie folosește o lamă de tăiere de tip "BLADE" care este robustă,

foarte flexibilă și face parte din familia explozivilor liniari cumulativi, destinați tăierilor pe un contur foarte precis, a diferitelor structuri terestre sau subacvatice. Principalele caracteristici ale acestor lame sunt date în tabelul 1.

După testele executate, lama produce în structuri tăieri adânci și precise funcție de natura lamei folosite:

Tabelul 1  
Principalele caracteristici ale lamelor de tăiat tip "BLADE"

| Natura lamei de tăiere | Explozibil cumulativ g/m | Grosimea oțelului mm | Raza de curbura minimă – în plan mm | Raza de curbura la țevi |
|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 100                    | 100                      | 6                    | 200                                 | 50                      |
| 240                    | 240                      | 10                   |                                     |                         |
| 450                    | 450                      | 15                   | 300                                 | 100                     |
| 1150                   | 1150                     | 25                   | 400                                 |                         |

Lama poate fi folosită pentru a tăia o gamă largă de materiale, cu viteză și precizie, ea este flexibilă și ușor de adaptat pentru a obține tăieturi de orice formă.

Lama este în special folosită unde cele mai multe tehnici sunt dificil de folosit.

Exemplu:

- tăiere la distanță;
- tăieri în mediu ostil;
- tăieri multiple;
- tăieri simultane sau convenționale;
- tăieri prin conducte sau corpuri pline.

#### 3.1. Aplicații speciale

1. Debitări în activități de demolare specializate;
2. Tăieri simultane în activități rapide de recuperare;
3. Tăieri pentru orice material;
4. Tăieri rapide în oțel și beton pentru accesul rapid în interior.

Acțiunea de tăiere cu "BLADE" este un proces ce implică energii mari, ce nu formează jeturi de plasmă sau topitură.

În timpul detonației "BLADE" formează și concentrează o lamă de cupru ce se deplasează cu câțiva Km/h.

Aceasta taie în interiorul țintei provocând o tăietură precisă și controlată.

Lama de tăiat tip "BLADE" realizează o tăiere precisă a materialelor metalice, nemetalice, multilaminare.

Raza minimă de curbura se definește ca raza internă minimă pentru care se păstrează în întregime caracteristicile și performanțele proiectului.

Lama de tăiat tip "BLADE" poate fi folosită și pe raze mai mici, dar cu performanțe reduse.

Geometria explozivă determină caracteristici ale jetului care au ca rezultat un raport foarte bun penetrație / tăiere în oțel.

#### 3.2 Caracteristici de utilizare

Lama de tăiat tip "BLADE" s-a dovedit a fi ușor de utilizat atât de către utilizatorii civili cât și de cei militari, în întreaga lume.

Avantajele folosirii sunt: flexibil putând lua forma dorită; rapid și ușor de utilizat; tăieri în lungime; prevăzut cu autoadeziv și folie de protecție a acestuia; prevăzut din fabricație cu un manșon flexibil de protecție din cauciuc sau neopren; ghidare liberă; în urma exploziei materialul metalic al lamei folosit pentru tăiere dispare complet.

Lama de tăiat tip "BLADE" este inițiată folosind un echipament standard pentru demolări și un detonator (cu punte electrică) sau inițiat de un tren pirotehnic. Detonatorii de putere pot fi plasați direct în contact cu explozibilul DEMEX 200.

Detonatorii de putere mai mică necesită un ajutor pentru a conferi siguranță inițierii lamei de tăiere flexibile tip "BLADE".

În timpul testărilor continue, lama de tăiat tip "BLADE" a demonstrat o siguranță funcțională de 99,66% pentru un minimum acceptat de 95%.

### 3.3. Caracteristici fizice

Lama de tăiat tip "BLADE" are încorporat un compozit flexibil din cupru, căptușit cu explozibil plastic (DEMEX 200).

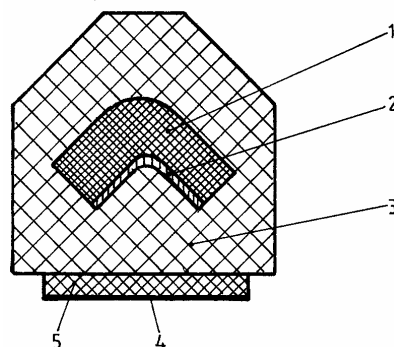


Fig. 1

1.lamela din cupru; 2.exploziv; 3.manșon de protecție din cauciuc; 4. adeziv; 5.folie de protecție a adezivului.

Această încărcătură este învelită de o manta de spumă de densitate mică, care reprezintă suport și protecție, care asigură distanța necesară dintre jetul tăietor de cupru și obiect.

Lama de tăiat tip "BLADE" este comercializată în role de 2 m lungime.

Teste complete au demonstrat că lama de tăiat tip "BLADE" este sigură și potrivită pentru depozitare, transport și folosire într-o gamă largă de condiții de mediu ambiant.

Pentru a reduce cantitatea de schije rezultate în urma exploziei, unele firme producătoare au reușit să elimine materialul metalic suplimentar, căptușind încărcăturile cu un burete special. Cei cu posibilități tehnologice reduse pot căptuși încărcăturile cu lemn, folosind metal numai la cămașa cumulativă.

În cazul utilizării încărcăturilor cumulative pentru tăiere sub apă, trebuie asigurată formarea jetului

cumulativ, deoarece existența apei în cavitatea cumulativă împiedică formarea acestuia. Acest lucru poate fi obținut prin introducerea încărcăturilor în tuburi cu diametru suficient de mare sau prin crearea unor încărcături cumulative speciale, care să aibă în cavitatea cumulativă un material inert și cu densitate mică, cum ar fi spuma poliuretanică.

### 4. Concluzii

Procedeele de tăiere cu ajutorul încărcăturilor cumulative sunt metode de tăiere ieftine ce pot fi folosite atât la suprafața solului cât și sub apă.

Ele se bazează pe concentrarea și proiectarea gazelor rezultate în urma exploziei în lungul axei de simetrie a cavității cumulative. Jetul cumulativ are o putere de penetrare foarte mare, putând să se facă tăieri pentru o gamă largă de materiale.

Lama de tăiere „Blade”, folosită în procedeul de tăiere prin explozie, este robustă și foarte flexibilă dând posibilitatea tăierii pe un contur foarte precis. Este foarte ușor de utilizat.

Ea poate realiza tăierea betoanelor, a materialelor metalice, a materialelor plastice, a lemnului etc.

## 5. Bibliografie

- [1] \*\*\* *Blade The Cutting Edge*, 1992, Royal Ordnance Industrial Energetics.