

MINISTERUL EDUCATIEI și INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

Ing. MAN TEODOR EUGEN

STUDIUL REZISTENȚELOR HIDRAULICE LA DRENURILE AGRICOLE

- Teză de doctorat -
pentru obținerea titlului științific de
doctor inginer

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Conducător științific:
Prof.emerit ing.Victor Gheorghiu.

INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA	
BIBLIOTECA CENTRALĂ	
Volumul Nr.	446 406
Dulap	132 Lt. D

CAP. I. INTRODUCERE

1.1. Generalități și considerațiuni generale

În epoca actuală de dezvoltare a societății omenești, caracterizată printr-o impetuoasă revoluție tehnico-științifică mondială, există preocupări deosebite pentru creșterea producției agricole în vederea satisfacerii necesităților de viață ale tuturor oamenilor, prin folosirea unor mijloace ca: mecanizarea, chimizarea, irigațiile, drenajul, introducerea soiurilor productive, măsuri de prevenirea și combaterea eroziunii solului etc.

Este imperios necesar să acordăm o importanță deosebită agriculturii și în consecință drenării apelor în exces din zonele umede și subumede pe terenurile cu pante mici și cu microdenivelări locale, cu soluri grele, avînd permeabilitate mică, care pe plan mondial însumează 230 - 380 mil. ha din care cel puțin 80 %, respectiv 180 - 300 mil. ha, ridică probleme de drenaj [5] .

Deasemenea se impune multă atenție la aplicarea irigațiilor și prevederea drenajului pentru preluarea și evacuarea apelor în surplus de la irigații, împiedicînd astfel înmlăștinirea și salinizarea secundară a solului, cu consecințele lor negative asupra producțiilor agricole.

Drenajul, ca etapă a doua a desecării, este o măsură hidroameliorativă care rezolvă următoarele probleme de îmbunătățiri funciare:

- reglarea regimului apei freatică pe terenurile agricole cu exces de apă temporar sau permanent;
- spălarea și evacuarea sărurilor din solurile saline sau alcaline odată cu evacuarea apei în exces;
- reglarea regimului sărurilor solubile din terenurile irigate situate în zone naturale predispuse la salinizare secundară;
- stabilizarea pămînturilor alunecătoare.

Drenajul agricol prezintă următoarele avantaje:

- controlul riguros al nivelului freatic;
- permite ca primăvara terenul să fie lucrat mai devreme cu cîteva săptămîni (în medie 1-3);
- posibilitatea de realizare a sistemelor reversibile;
- asigură un regim optim aer-apă în sol pe toată durata perioadei de vegetație;
- fiind practicate subteran nu ocupă teren agricol care să fie scos din circuitul agricol;
- se asigură randament de lucru ridicat mașinilor agricole.

Amenajarea solurilor cu exces de umiditate din țara noastră, însumând o suprafață [215] de circa 8.620 mii ha, din care circa 2.000 mii ha reclamând măsuri de drenaj [2], se impune deoarece:

- ocupă suprafețe mari-peste 36 % din suprafața țării, respectiv 60 % din suprafața zonei de vest această suprafață cuprinzând și terenurile astăzi scoase de sub influența excesului de umiditate care păstrează caracteristici negative ale acestor soluri;

- se obțin producții agricole cu cel puțin 30 % mai mici decât cele de pe cernoziomuri.

- producțiile agricole pe aceste terenuri sînt nesigure și se realizează cu cheltuieli sporite.

- avînd o mare rezervă potențială de producție prin aplicarea unor măsuri tehnico-științifice se poate ajunge ca aceste soluri slab productive să producă la fel cu cele mai productive soluri după înlăturarea excesului umidității și aplicarea unor tratamente agrochimice adecvate, cu aplicarea corectă și la timp a lucrărilor agricole.

La nivelul țării se poate afirma că economia națională înregistrează anual pierderi mari de valori, de aceea obiectivele incluse în Directivele Congresului al XI-lea și al XII-lea al Partidului Comunist Român detaliate prin planurile de stat privind lucrările de îmbunătățiri funciare [1,2,3,etc.], ca și prin "Programul Național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din Republica Socialistă România" impune concepții, soluții și tehnologii noi, avansate pentru redarea cât mai rapidă și integrală a acestor terenuri cu exces de umiditate agriculturii. În acest sens se arată [1] că: "În domeniul agriculturii, investițiile vor fi îndreptate spre realizarea vastului program de irigații, deseacări, îndiguiri, regularizare a cursurilor de apă, a Programului Național de îmbunătățiri funciare, asigurîndu-se astfel cele mai bune condiții pentru folosirea rațională a fondului funciar și creșterea continuă a producției".

Ameliorarea terenurilor ce suferă de exces de umiditate se realizează printr-un complex de măsuri agroameliorative cum sînt: nivelarea, modelarea, afinarea adîncă, aplicarea de amendamente și îngrășăminte, ele trebuind să însoțească sau chiar să precedă măsurile hidroameliorative: canale de evacuare, canale de desecare și drenajul subteran.

La ora actuală tehnica realizării sistemelor de drenaj folosind tuburile de drenaj din ceramică, beton și plastic este din ce în ce mai des întilnită, datorită avantajelor pe care le prezintă, drenajul subteran aplicîndu-se ulterior măsurilor agropedoameliorative și lucrărilor de desecare cu canale deschise acolo unde condițiile naturale o cer, iar pentru stabilirea soluției tehnice este necesară amenajarea unor cîmpuri experimentale pe suprafețe mici pentru stabilirea soluției optime

de drenaj.

Drenajul, ca măsură de combatere a excesului de umiditate, funcție de originea apelor ce produc excesul poate fi clasificat astfel:

- drenajul de suprafață, care cuprinde: canalele deschise, afânarea, nivelarea și modelarea terenurilor agricole pentru eliminarea excesului de origine pluvială.
- drenajul de sub-suprafață, care cuprinde: drenajul cîrțiță și complexul drenaj cîrțiță plus afânare adîncă pentru evacuarea apelor de origine pluvială și freatică.
- drenajul de adîncime, care cuprinde: drenajul orizontal închis și drenajul vertical, pentru eliminarea apelor de origine freatică.

În prezenta lucrare sînt luate în studiu pentru stabilirea pierderilor de sarcină, rezistențele hidraulice ce apar la drenajul orizontal închis realizat cu tuburi de dren din ceramică și plastic netede și riflante funcționînd cu sau fără acoperire cu materiale filtrante. Această categorie de drenuri vor fi denumite în continuare drenuri agricole.

După primul capitol introductiv, în care este prezentată evoluția istorică și perspectiva drenajului, în capitolele următoare (2 și 3) este prezentat modelul fizic al rezistențelor hidraulice și modelul matematic al pierderilor de sarcină hidraulică la drenurile agricole, cu rezolvarea completă detaliată a rezistenței (respectiv a pierderii de sarcină) hidraulice la intrarea apei în drenurile agricole funcționînd cu sau fără materiale filtrante cu sol protector sau filtrant.

Prin programul experimental efectuat s-a căutat rezolvarea reducerii rezistenței la intrarea apei în dren prin folosirea materialelor filtrante, stabilirea sistemului de perforare corespunzător al tuburilor de dren produse în țara noastră corelate cu alegerea elementelor geometrice ale tubului și indicii fizico-chimici și hidrogeologici ai solului.

Este oportun a se defini noțiunea de material filtrant, respectiv filtru, care în acest context au fost studiate în prezenta lucrare.

Webster (1959) definește "filtrul" ca o masă poroasă prin care trece apa separîndu-se de părțile în suspensie existente în ea.

Materialul filtrant pentru drenaj este un material mai permeabil decît solul din șanțul de drenaj așezat în jurul sau deasupra tubului de dren prin care pot fi antrenate unele particole fine de sol care se pot depune în acest material mai permeabil sau va trece în dren odată cu apa.

Noțiunea potrivită pentru materialele filtrante, după fenomenul fizic ar fi aceea de materiale de înfășurare sau acoperire a drenului.

Fiind folosită de mulți autori, denumirea de filtru pentru material

filtrant, poate fi adoptată și aceasta fără însă ca sensul fizic să fie perfect valabil.

In concluzie, materialele filtrante pentru drenaj pot fi definite ca materiale cu permeabilitatea mult mai mare decât a solului din jurul drenului cu rol protector, de filtrare și stabilitate care rețin particolele de sol mai mari de 0,05 mm și care în timp se stabilizează permițând un aflux mărit al apei în tubul de dren.

Pentru a cunoaște evoluția drenajului (materiale, tehnologii, dinamică) în paragrafele următoare ale cap.1 se va prezenta istoricul, stadiul actual și perspectiva drenajului, putând trage unele concluzii asupra necesității și oportunității prezentului studiu.

1.2. Scurt istoric al drenajului

Măsurile hidroameliorative de combatere a inundațiilor și a excesului de umiditate de pe terenurile afectate se aplică încă din antichitate [195,92] acum 9.000 de ani în Mesopotania, ele evoluind în decursul timpului (Peterson 1966) de la metodele cele mai simple la metode moderne odată cu dezvoltarea științei și tehnicii, ajungându-se astăzi ca mare majoritate a operațiilor de execuție să fie mecanizate, introducându-se și automatizarea multor sisteme și lucrări realizate.

Primele însemnări despre aceste lucrări au fost făcute de către Herodot, care a scris despre civilizațiile greacă și egipteană. Mai târziu romanii în sec.III execută lucrări hidrotehnice pe Tibru și Pad, iar în sec.X în Anglia primele lucrări hidroameliorative sînt făcute în provincia Feus.

În Olanda a început în 1550 vastul program de amenajare a unor poldere la Marea Nordului.

În ceea ce privește drenajul apelor subterane, aceasta are o istorie mult mai recentă. Eliminarea apelor în exces de pe terenurile agricole prin drenaj sistematic agricol se aplică doar de la începutul secolului al XIX-lea, cînd de altfel este inventată în Anglia (1843) [195] prima presă pentru producerea în serie a tuburilor din ceramică pentru drenaj.

În Anglia, Joseph Elkugton încă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea făcea primele încercări de a soluționa problema excesului de apă de pe terenurile agricole aplicînd drenajul închis.

În Statele Unite se presupune că primele drenuri de ceramică datează din jurul anului 1835 cînd John Johnston le introduce în practică în regiunea Fingerlake, New York [4].

La mijlocul secolului al XIX-lea dezvoltarea tehnicii a dus la schimbări importante în concepția de drenaj. Astfel, materialele folosite pentru drenaj cuprindeau [4,5,6,47,⁴⁸92,85,125,191,195,196,212,215,236,] piatra spartă așezată sub diferite forme și grosimi, tuburile de ceramică sub formă de potcoavă și tuburile circulare, tuburile filtre,

nisipul, pietrișul, lemnul rotund subțire (prăjini), crăci în vrac sau sub formă de fascine, lemnul scobit, scîndura, cărămida arsă simplă sau cu profil special.

În America, prima fabrică de producere a drenurilor ceramice sub formă de potcoavă a intrat în funcțiune în 1938, cu numele de Wartenby din Waterloo, New York [4].

Concomitent s-au cunoscut preocupări pentru punerea la punct a unor mașini pentru săparea șanțurilor în care să se așeze tuburile sau materialele de drenaj folosite. Au fost realizate chiar unele mașini care la o singură trecere execută operația de săpare a șanțului și așezare a tuburilor, reducîndu-se astfel mult activitatea manuală a omului.

Numeroasele fabrici înființate ulterior pentru producerea tuburilor de ceramică au făcut ca prețul lor de cost să scadă fiind mai accesibile, devenind astfel multă vreme materialul de bază pentru drenaj atât în America cît și în țările din Europa.

Prin apariția unor pluguri speciale cărora li s-a atașat un drenor, numite "pluguri cîrțiță", începe execuția drenurilor cîrțiță a căror viață este însă relativ scurtă 3-5 ani în solurile ușoare și pînă la 10 ani în solurile grele [195,196].

Încă înaintea celui de-al doilea război mondial Janert (1934) în Germania, realizează un plug cîrțiță care, ca și cercetările ulterioare ale lui Ede (1957), rămîne fără aplicație largă în practică. Au existat multe preocupări în prelungirea vieții drenurilor cîrțiță prin cimentarea pereților galeriei subterane sau prin introducerea în galerie a unor materiale ca: nisip, pietriș, diferite deșeuri de la industrii. Informațiile sistematice despre drenajul cîrțiță sînt limitate, deoarece practica lor se bazează în general pe experiența locală, el fiind practicat mai mult în Marea Britanie (Teobald, 1963), Noua Zelandă (Hudson ș.a. 1962), Austria (Feichtinger, 1965) etc.

În 1925 au fost confecționate în S.U.A. și apoi în Anglia "tuburile filtre". Acum se fabrică și în: URSS, Austria, Belgia, Ungaria, Danemarca, India, Italia, Franța, RFG, Cehoslovacia, Elveția, Iugoslavia etc. În URSS tubul filtru folosit este un tub de beton cu cheramzit.

Introducerea polietilenei la producerea maselor plastice în 1940, a avut ca rezultat schimbări fundamentale în tehnica drenajului din anii următori. Munca de pionierat în folosirea tuburilor din plastic semirigid la drenurile agricole a fost dusă de către G.O. Schwab (1951), tuburile fiind pozate la început manual, apoi prin săparea cu diferite pluguri a șanțului de drenaj, ulterior realizîndu-se unele mașini care au reușit săparea și pozarea lor la o singură trecere a plugului. Aceste tehnici au fost dezvoltate în Germania (Sack 1933, Janert 1952, 1955) [134,135], și în Statele Unite (Bush [66] și Edminster 1958, Fouss [97] și

Donnan 1962, [114]), etc.

Apariția tuburilor din plastic riflante a dus la înlocuirea celor netede și utilizarea pe scară largă a drenurilor din plastic riflante cu diametrii variind în general între 4-30 cm, diferind de la țară la țară.

Încă de la început drenurile din plastic au fost prevăzute cu filtre în jurul lor pentru a se îmbunătăți condițiile de intrare a apei și pentru a împiedica pătrunderea particulelor fine de sol în dren.

În Olanda reușita tubului special de drenaj din plastic se datorește [69,210,212,252] activității laboratorului Koninklijke Nederlandsche, Heidematschappij și a firmei de mase plastice Wavin. Începând din anul 1959 când primele experiențe reușesc, acesta se aplică și în câteva ferme particulare. Firmele olandeze: WAVIN, ACOMFA, POLVA, KUMY și DE HAAN produc drenurile din plastic din policlorură de vinil atât pentru nevoile interne cât și pentru export.

Ca dată simbolică de introducere în drenaj a tuburilor din plastic se poate considera pentru multe țări ale lumii anul 1960.

După datele "FAO Production Yearbook for 1974" * [93] și Nosenko-Zoon(1976)** [175] se dau în tabelul 1 suprafețele drenate în diferite continente ale globului pământesc.

Tab.1. Estimarea drenajului în lume (1.000 ha), [93*, 175**] .

Țări și Continente	Suprafața total *	Suprafață agricolă*		Suprafață drenată**
		Suprafață cultivată	Pășuni și fânețe	
Africa	3.031.181	211.287	792.203	2.398
America Centrală și de Nord	2.246.980	272.979	352.739	67.633
America de sud	1.782.930	89.380	385.087	7.801
Asia	2.754.339	476.738	532.585	31.872
Europa	493.133	143.257	87.839	35.550
Oceania	850.935	47.187	466.055	904
Rusia	2.240.220	227.200	375.800	9.039
Total	-	1.468.028	2.992.309	155.197

Se observă că doar ceva mai mult de 10 % din suprafața cultivată în lume a fost drenată, iar suprafețele ocupate cu pășuni și fânețe sînt drenate în special atunci cînd sînt transformate ca folosință în terenuri cultivabile. Rezultă sugestiv, de aici efortul ce trebuie făcut în continuare de către hidroamelioratori pentru drenarea tuturor suprafețelor ce reclamă asemenea măsuri.

În Statele Unite, Canada și Mexic dezvoltarea tehnicii drenajului a făcut ca peste 30 % din suprafața cultivată să fie amenajată [92] .

1.2.1. Suprafețe amenajate în țara noastră materiale de drenaj folosite.

La noi în țară primele lucrări de drenaj de suprafață au început în sec.al XIII-lea cu asanarea terenurilor mlăștinoase din depresiunea Bîrsei, continuînd în sec.al XVIII-lea cu primele lucrări sistematice de desecare în Banat și în sec.al XIX-lea cu lucrările mari de îndiguire și desecare în Cîmpia Tisei.

Perioada, sfîrșitul sec.al XIX-lea începutul sec.al XX-lea este caracterizată prin lucrări de îndiguire și desecare în Lunca și Delta Dunării.

Odată cu eliberarea țării și preluarea puterii de către Partidul Comunist Român, hidroameliorațiile au devenit o problemă de stat, odată cu trecerea la realizarea unei agriculturi intensive. Astfel după ce în prima perioadă au fost reparate și completate vechile lucrări s-a trecut în cadrul Departamentului de îmbunătățiri funciare prin unitățile sale de studii, cercetare, proiectare, execuție și exploatare, la construcția unor noi lucrări de desecare - drenaj, alături de cele pentru irigații sau concomitent cu ele.

În 1980 s-a ajuns ca suprafața totală desecată să fie de 2.695 mii ha (cu 41 % mai mult ca în 1970), datorită ritmului de cca. 1 milion ha amenajate pe cincinal.

Pînă la ora actuală se poate aprecia că drenajul închis cu tuburi s-a executat, în țara noastră în ultimii ani atît în cîmpuri experimentale pentru stabilirea elementelor optime de proiectare a drenajului, precum și a criteriilor de drenaj pe diferite tipuri de soluri din țara noastră în diferite zone ale țării, cît și în cadrul unor amenajări mari.

Au fost executate astfel următoarele cîmpuri experimentale: Smeeni și Batogu (Lunca Călmățuiului), Socodor (Cîmpia de vest), Lacu Sărat și Tudor Vladimirescu (Terasa Brăilei), Saliny (Lunca Văii Carasu), Băncasa-Giurgiu, Hălciu-Brașov (Depresiunea Bârsei), Rădăuți (Depresiunea Rădăuți), Căuaș (Jud. Satu Mare), Tormac, Borini și Găvojdia, Lovrin, Institutul Agronomic Timișoara, Moșnița veche, Peciu Nou, etc. (Jud. Timiș).

Ca amenajări de drenaj mai importante executate în ultima perioadă (1976-1980) se pot menționa următoarele: Gostinu-Greaca-Argeș (3.510 ha), Moștiștea (2.061 ha), Județul Suceava: Rotopănești (1.806 ha), Dolhasca (1.239 ha), Suceava (971 ha), Sag-Topolovăț (Moșnița, Bazoș) și altele pe suprafețe mai mici.

Suprafața totală amenajată cu drenaj în țara noastră (perioada 1976-1980) la nivelul anului 1980 este egală cu 16.459 ha.

Ca materiale de construcție s-au folosit tuburile de ceramică cu diametrul interior de 50, 70 și 100 mm, produse la fabricile de cera-

mică de la: Dorohoi, Zimnicea, Urziceni, Sibiu, Feldioara, Brăila și Jimbolia. Caracteristicile acestor tuburi de ceramică sînt date în tabelul 2, [191, 10].

Tab.2. Caracteristicile geometrice ale tuburilor de ceramică în țara noastră.

Diametrul (mm)	Tipul drenului	Grosimea peretelui (mm)	Greutatea (kg/m)	Lungimea tubului (m)
50	circular	12	5,0	0,33
70	circular	12	7,0	0,33
100	circular	13	11,0	0,33
90	hexagonal	10,0	5,0	0,39
125	hexagonal	12,5	11,0	0,39 0,30

Încă înainte ca industria românească să producă tuburi din mase plastice speciale pentru drenaj, s-a folosit în tehnica drenajului pe suprafețe mici (cîmpuri experimentale) tuburi din mase plastice (netede și riflante) cu diametrul de 50, 60, 63, 75, 90 și 110 mm produse de fabricile: I.M.P. Iași și București, pentru alte destinații.

Sistemul de perforare a fost însă local, adoptat și realizat manual de către beneficiar.

Tuburile netede aveau grosimea peretelui prea mare 1,8-2,3 mm, față de 0,8-1,5 mm cît ar fi necesar la drenaj, reducerea grosimii impunîndu-se și pentru reducerea prețului de cost.

Tuburile riflante astfel produse verificate în teren în condiții de pozare, s-au dovedit a fi necorespunzătoare, fiind prea casante.

Prin colaborarea fabricilor de mase plastice cu Institutul de studii și cercetări pentru îmbunătățiri funciare București s-au realizat tuburi speciale pentru drenaj, avînd caracteristicile din tabelul 3, [191].

Tab.3. Caracteristicile tuburilor speciale pentru drenaj produse la I.M.P. Iași și București (1973).

Diametrul (mm)	Grosimea peretelui (mm)	Greutatea (kg/m)	Lungimea (m)
1. Tuburi netede din PVC			
75	1,2	0,412	4-6
2. Tuburi riflante din polietilenă de joasă presiune			
50	0,4-0,5	0,121	20-30
60	0,4-0,5	0,185	20-30

Greutatea mai redusă a acestor tuburi a dus în toate cele trei cazuri (tab.3) la o economie de materiale de cca. 30 % față de cele vechi. Folosirea polietilenei la producerea tuburilor riflante le conferă acestora o mare elasticitate. Pozarea lor atît manuală cît și cu

mașina de drenaj(Hollandrain), a demonstrat o comportare corespunzătoare, însă a rezultat ca o cerință protejarea tubului riflat după pozare cu un strat filtrant(pietriș, zgură, turbă etc.), pentru că introducerea directă a pământului peste tub produce ușoare deformații tubului și astuparea unor perforații.

Sistemul de perforare a acestor tuburi rămâne însă nerezolvat de fabrică, perforarea trebuind făcută ulterior.

Acest inconvenient este alăturat definitiv în 1975 când la întreprinderea de tâmplărie metalică și mase plastice Buzău(I.T.M.M.P) este produs primul tub special de drenaj din plastic(tabelul 4), [158].

Tab.4. Caracteristicile geometrice ale tubului riflat de drenaj produs la Buzău(1975).

Øext (mm)	Øint (mm)	Grosimea peretelui	Greutate g/ml	Nr.rînd degăuri	Dist.găuri pe rînd (cm)	Nr. de găuri pe rînd pe m.l.	
1	2	3	4	5	6	7	
110	96	0,6+0,7	440	16	2,5	40	
Nr.găuri pe m.l.de tub.		Dimens.găuri (mm)		Supraf.găuri (mm ²)	Sect.găuri (cm ² /m ²)	Inăl.riflului (mm)	Dist între rifluri (cm)
640		1/5		5	32	70	2,5
8		9		10	11	12	13

La ora actuală pe lângă tubul de dren riflat din plastic Ø 110 mm (tab.4) sînt produse la ITMMP Buzău și tuburile de drenaj Ø 50,65 și 80 mm tabelul 5.

Tab.5. Caracteristicile geometrice ale tuburilor riflate pentru drenaj Ø 50 și 80 mm produse la ITMMP Buzău (conform N.T.I.nr.8500/1980).

Caracteristici	U/M	Diametrul 50 mm	Diametrul 80 mm
Diametrul exterior	mm	50,5 ⁺⁰ -11,5	80,5 ⁺⁰ -1,5
Grosimea peretelui	mm	0,5 [±] 0,2	0,7 [±] 0,2
Inălțimea spirei	mm	3	4
Pasul spirei	mm	5,5- 6	7,5- 9
Numărul de orificii	buc/m	> 500	> 500
Lățimea orificiilor	mm	0,7-1,2	0,7-1,2
Lungimea fantelor	mm	4-5	4-5
Suprafața medie a orificiilor	cm ² /m	> 8	> 10
Greutatea medie	kg/m	0,170	0,325
Lungimea unei role de tub riflat	m	100	100
Preț de vînzare	lei/m	2,75	4,80

Pînă la data începerii cercetărilor sistematice asupra materialelor filtrante pentru drenajul orizontal închis, ca material filtrant s-a folosit: balastul și turba, iar în unele cîmpuri experimentale s-a folosit și nisipul cu pietriș și stuful.

Tehnica mondială ilustrată în literatura de specialitate (bibliografia), demonstrează necesitatea folosirii unui material filtrant în jurul tubului de dren din plastic sau ceramică, metodologiile de testare a lor, precum și preocupările pentru perfecționarea continuă a materialelor de drenaj folosite pînă în prezent în tehnica drenajului.

1.3. Prespectiva drenajului în țara noastră.

Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintarea României spre comunism a stabilit liniile directoare pentru realizarea unui vast program de irigații, desecare-drenaj, combaterea eroziunii solului și alte lucrări de îmbunătățiri funciare care să asigure conservarea și ameliorarea continuă a fondului nostru funciar, creindu-se astfel condiții optime pentru creșterea rapidă și continuă a producțiilor agricole.

Lucrările de îmbunătățiri funciare, deci implicit și cele de drenaj, se execută în cadrul unui "Program Național" [2] care a fost stabilit avîndu-se în vedere indicațiile de partid și de stat în această direcție, deasemenea s-a ținut seama de stadiul realizărilor la sfîrșitul cincinalului trecut, de propunerile comisiilor județene de specialiști, de necesitățile stringente pentru agricultură și de posibilitățile actuale de realizare.

Astfel pe perioada 1976-2000 sînt prevăzute [2] lucrări de îmbunătățiri funciare pe suprafețele prezentate în tabelul 6.

Tab.6. Programul lucrărilor de îmbunătățiri funciare pe perioada 1976-2000, [2], (mii ha).

Perioada	Irigații	Combaterea eroz. solului	Desecări	Drenaj subteran	Nivelări modelări
1976-1980	1000	1000	1313	60	700
1981-1985	1000	1050	1100	100	700
1986-1990	1000	1050	1100	150	700
1991-1995	300	1050	1000	300	50
1996-2000	-	-	-	500	-
după 2000	-	-	-	900	-

Rezultă din tabelul 6 că alături de irigații, combaterea eroziunii solului, desecare, nivelare și modelare ce se vor executa pe suprafețe întinse în etapa actuală și imediat următoare, drenajul subteran la început se va aplica pe suprafețe mai restrînse, în conexiune cu desecarea și irigațiile urmînd ca încă după anul 2000 să mai fie necesare amenajarea pentru drenaj a unor suprafețe care însumează

aproape 1 milion ha.

Se desprinde de aici concluzia necesității perfecționării tehnicii drenajului, a descoperirii și producerii pe scară largă a materialelor de drenaj: tuburi și materiale filtrante cu calități corespunzătoare de protecție a tubului de dren pentru aplicarea drenajului în condiții bune, de folosire a mașinilor de pozat drenuri și filtre, diversificarea diametrelor tuburilor de drenaj având o perforație corespunzătoare, de producere și folosire a fittingurilor (ramificații, coturi, dopuri, piese de îmbinare (mufe "filtru") pentru îmbinarea tuburilor ceramice etc) necesare pentru a dispune de materiale și o tehnică avansată reușind scăderea valorii investițiilor pe hectarul de teren amenajat.

Fiind la început în ceea ce privește drenajul, cunoscând suprafața totală de circa 2.000 mii ha ce urmează a fi amenajată, din care au fost realizate doar 16.459 ha pînă în anul 1980, se poate afirma că avem în față un vast program care necesită eforturi în ceea ce privește cercetarea, proiectarea, execuția și întreținerea acestor lucrări de drenaj pe terenurile afectate de exces de umiditate.

Prezenta lucrare de doctorat încearcă rezolvarea unor probleme în sensul celor menționate mai sus, detalierea lor fiind prezentată în paragraful următor:

1.4. Necesitatea și oportunitatea studiului.

Necesitatea și oportunitatea cercetărilor efectuate poate fi motivată în cadrul tezei de doctorat, în principal, prin următoarele:

- necesitatea amenajării prin lucrări de drenaj subteran a unei suprafețe mari, care suferă de exces temporar sau permanent de umiditate;
- pînă în prezent nu s-au efectuat în țara studii sistematice în această direcție, tehnica drenajului în țara noastră fiind la început;
- necesitatea cunoașterii înaintea folosirii în câmp, a caracteristicilor hidraulice ale tuburilor de drenaj și ale materialelor filtrante;
- necesitatea cunoașterii pentru proiectare a adîncimii de pozare reale a drenului, alături de celelalte elemente ale criteriilor de drenaj;
- necesitatea găsirii combinației optime din punct de vedere tehnic și economic între diametrul drenului, suprafața perforațiilor și materialul filtrant care să soluționeze corespunzător problema colectării și evacuării apei, respectiv menținerea nivelului apei subteran la norma de drenaj cerută;
- necesitatea stabilirii corecte a gradului de perforare a tuburilor de drenaj fabricate în țara noastră;

- necesitatea stabilirii rezistenței la intrarea apei în tuburile de dren folosite în țara noastră sau în complexul dren plus diferite materiale filtrante, cu evidențierea influenței suprafeței perforațiilor, a diametrului și a materialelor filtrante asupra valorii sale;

- cunoștințele legate de colmatarea materialelor filtrante folosite la drenaj sînt reduse, trebuind cunoscute permeabilitatea inițială necolmatată și permeabilitatea după colmatare în diferite tipuri de soluri.

Problema majoră a lucrării o constituie studiul rezistenței la intrarea apei în drenurile agricole folosite în țara noastră funcționînd cu sau fără materiale filtrante și testarea materialelor filtrante pentru drenaj.

La cererea DGIFCA București, Catedra de Construcții hidrotehnice și îmbunătățiri funciare Timișoara a întocmit contracte de cercetare științifică cu ICITID Băneasa-Giurgiu [8,9,10,11,7] pentru stabilirea și testarea unor noi materiale filtrante pentru drenajul orizontal închis din țara noastră, care să rezolve corespunzător intrarea apei în dren și protecția drenului împotriva blocării perforațiilor sale cu particole de sol și a înămolirii lor. Astfel în baza metodologiei de testare rezolvată în cadrul tezei de doctorat a fost organizat programul experimental contractual, avînd în vedere metodologia existentă pe plan mondial în acest domeniu.

Cercetările prezentei lucrări izvorăsc după cum rezultă de mai sus, din necesitatea rezolvării unor probleme practice importante ale economiei noastre naționale.

1.5. Probleme rezolvate în teză.

Calculul de dimensionare a rețelelor de drenaj cunoaște multe metode, unele aproximînd mai bine, altele mai puțin bine fenomenul fizic al mișcării apei către tubul de dren. În capitolele 2 și 3 ale lucrării sînt prezentate metodele de calcul hidraulic a drenajelor stabilite de către diverși cercetători, fiind sistematizate după rezistențele hidraulice luate în considerare la calculul drenajelor, aducîndu-se contribuții la elucidarea rezistenței la intrarea apei în dren.

Plecînd de la faptul că reducerea rezistenței la intrarea apei în dren se realizează prin folosirea materialelor filtrante, mărirea suprafeței perforațiilor sau a diametrului drenurilor, cercetările efectuate au fost orientate spre rezolvarea acestor obiective, cuprinzînd următoarele probleme:

- stabilirea metodologiei de calcul și determinare experimentală a rezistenței la intrarea apei în tuburile de dren fără filtru produse în țara noastră sau în complex cu diferite materiale filtrante pentru evidențierea influenței acestora asupra funcționării drenurilor, clasificarea lor hidraulică în funcție de valoarea coeficientului de intrare;

- modelul fizic și matematic al rezistențelor hidraulice respectiv al pierderilor de sarcină la drenurile agricole;

- analiza problemei efectelor condițiilor reale de intrare a apei în tubul de dren prezentându-se modul corect de calcul analitic pentru evaluarea pierderilor de sarcină hidraulică la intrarea apei în dren inclusiv pentru situația folosirii materialelor filtrante la drenaj;

- stabilirea proprietăților fizico-chimice și mecanice ale materialelor filtrante pentru drenaj, precum și parametrii lor hidraulici (rezistența la intrare, respectiv coeficientul de intrare, permeabilitatea inițială și după colmatare în diverse soluri);

- colmatarea în timp a complexului dren plus material filtrant în diverse soluri reprezentative din țara noastră ce urmează a fi amenajate cu lucrări de drenaj;

- modul de perforare al tuburilor din plastic rifluate produse în țara noastră pentru execuția drenajului agricol, studiat pe model electric;

- analiza măsurilor de reducerea rezistenței la intrarea apei în dren prin folosirea materialelor filtrante, mărirea suprafeței perforațiilor și a diametrului tubului de dren;

- stabilirea unor criterii de alegere și folosire a materialelor filtrante, precum și a unei noi metodologii de proiectare tehnico-economică eficientă a rețelelor de drenaj;

- probleme tehnologice de execuție a rețelelor de drenaj în condițiile folosirii materialelor filtrante la drenaj, tehnologii de așezare a materialelor filtrante.

Cap. II. MODELUL FIZIC AL REZISTENȚELOR (PIERDERILE DE SARCINĂ) HIDRAULICE LA DRENURILE AGRICOLE

2.1. Schema vizualizării mișcării apei între două drenuri absorbante paralele în regim permanent.

Pentru a reliefa mecanismul fizic al rezistențelor hidraulice ce apar la drenurile agricole dînd naștere la pierderi de sarcină importante, vom considera că mișcarea apei subterane la un moment dat între două drenuri paralele absorbante este în regim permanent, debitul din precipitații sau irigații este egal cu debitul drenului. Aceasta este o poziție de echilibru (fig.1) determinată de debitul de drenaj, forțele gravitaționale, caracteristicile solului și elementele rețelei de drenaj.

Plecînd de la considerentul că fiecare dren în parte are rolul de a prelua apa freatică liberă din sol se poate arăta că mărimea afluxului de apă la dren este provocată de forța de gravitație. Afluxul de apă la dren este determinat cu parametrii: viteză, direcție, debit, rezistență hidraulică.

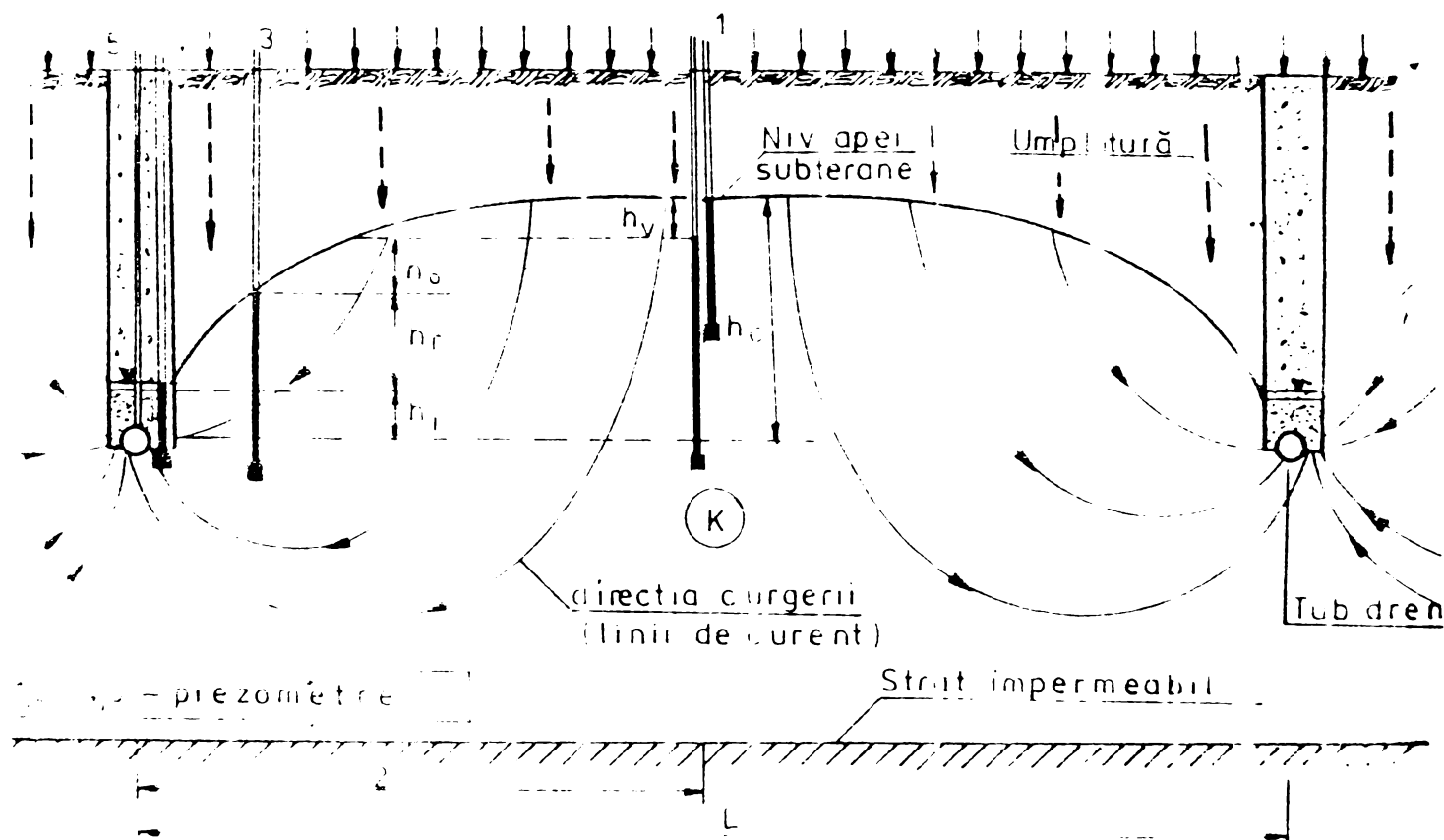


Fig.1. Schema curgerii apei între două drenuri absorbante paralele în regim permanent.

Particulele de apă căzute la suprafața solului ca să ^{ajungă} în dren trebuie să străbată un drum destul de lung prin sol. Solul fiind un mediu poros, vom avea de-a face cu o curgere a apei prin mediu poros, apărînd forțe de frecare care se opun forțelor gravitaționale micșorînd curgerea apei în dren.

Forțele de frecare depind de porozitatea solului, forma particulelor, stratificația solului, vîscozitatea lichidului etc, avînd o mare influență asupra parametrilor: viteză, direcție, debit și rezistență hidraulică. În fizica solului acești factori de influență se totalizează în valoarea coeficientului de filtrație (k).

Curgerea apei de la suprafața terenului pînă la intrarea în dren poate fi împărțită (fig.1) astfel:

- curgerea pe verticală sau curentul vertical
- curgerea pe orizontală sau curentul orizontal
- curgerea radială sau curentul radial
- intrarea apei în dren.

2.1.1. Schema vizualizării curentului vertical, orizontal și radial de mișcare a apei către dren.

Schema curentilor de curgere a apei către dren, în secțiune transversală poate fi adoptată ca în figura 2.

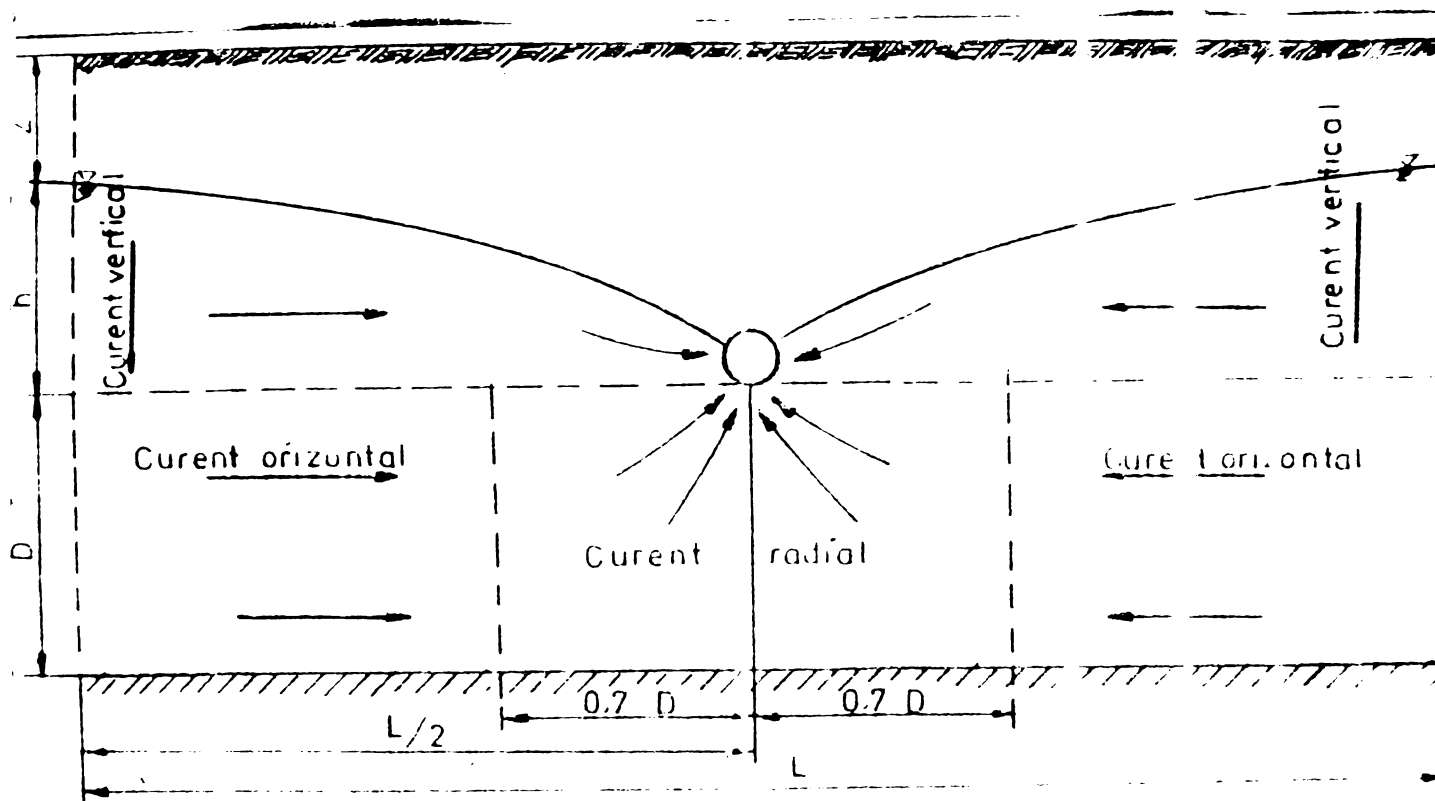


Fig.2. Schema vizualizării curentului vertical, orizontal și radial de mișcare a apei către dren.

Rezistența pe care o întâmpină apa în curgerea sa pe verticală produce pierderea de sarcină verticală (h_v). Curentul orizontal și curbarea firelor de curent în vecinătatea drenului (curentul radial) dă naștere la pierderea de sarcină orizontală (h_o) și respectiv pierderea de sarcină radială (h_r). Ele diferă ca mărime astfel pierderea de sarcină verticală este mai mică decât cea orizontală, drumul apei pe orizontală fiind cu mult mai lung decât pe verticală, rezistența orizontală fiind mult mai mare.

Evidențierea practică a pierderilor de sarcină verticală, orizontală și radială se face prin montarea în câmpul de drenaj a unor piezometre (fig.1): Primul piezometru la mijlocul distanței între drenuri, al doilea lângă primul însă la o adâncime mică (imediat sub nivelul apei freatice), al treilea la $0,7 D = (0,5 - 1 \text{ m})$ de șanțul de drenaj în care este pozat drenul, piezometrul al patrulea în șanțul de drenaj la cca. 10 cm de axul drenului, iar ultimul piezometru se introduce în tubul de drenaj pentru a putea măsura nivelul apei în interiorul tubului.

Diferența de nivel de la piezometrele 1 și 2 dă valoarea lui h_v , de la piezometru 2 și 3 dă valoarea lui h_o , de la piezometrele 3 și 4 dă valoarea lui h_r , iar de la piezometrul 4 și 5 valoarea lui h_1 (pierderea de sarcină la intrare).

2.2.2. Schema evidențierii pierderii de sarcină la intrare.

Problema intrării apei în dren este mult mai complexă decât celelalte cazuri. Pentru evidențierea mai clară a acestei pierderi de sarcină la intrarea apei în dren datorată rezistenței ce apare împotriva intrării apei se va presupune un tub de dren cu peretele perfect

permeabil(sită) așezat în câmp și simetric de el, în aceleași condiții de sol și adâncime un tub de drenaj convențional (real) de dimensiuni egale fig.3, ar apărea că la debite egale la ambele tuburi curbură între drenuri este la tubul perfect permeabil mai mică decât la tubul de drenaj convențional normal(sau dren real).

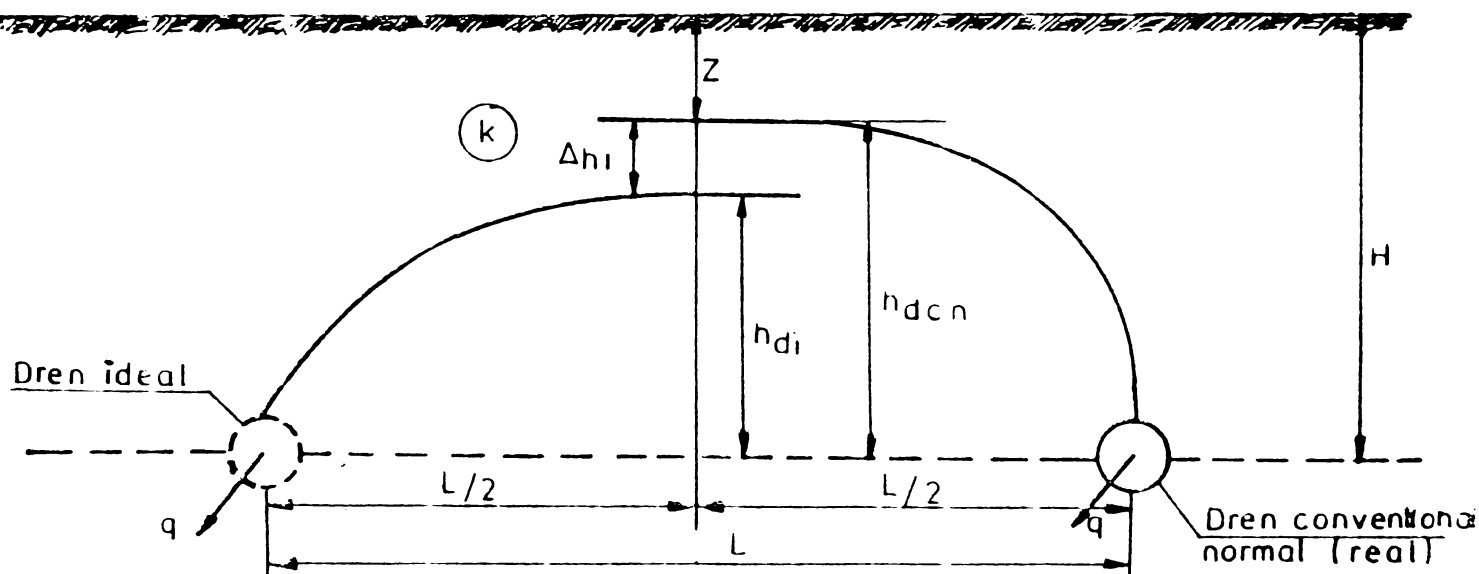


Fig.3. Schema pierderii de sarcină la intrare la un dren real față de drenul ideal având același diametru:

h_{di} - pierderea de sarcină la drenul ideal

$h_{dcn} = h_{dr}$ - idem pentru un dren convențional normal(real).

Diferența de sarcină(Δh_i) între cele două curbe de depresiune este cauzată de faptul că în tubul perfect perforat denumit în continuare "dren ideal", apa pătrunde fără nici o rezistență din partea tubului prin toată suprafața sa.

Pentru situația din fig.3 avem:

$$H = z + h_{dr} = z + h_{di} + \Delta h_i \quad (1)$$

unde: H - adâncimea de pozare a drenului (m)

h_{dr} - pierderea de sarcină totală la drenul convențional normal(real) (m)

z - norma de drenaj (m)

Δh_i - pierderea de sarcină suplimentară la intrare la drenul real față de drenul ideal (m)

h_{di} - pierderea de sarcină totală la drenul ideal (m).

Explicitând din (1) pe Δh_i se obține:

$$\Delta h_i = h_{dr} - h_{di} \quad (2)$$

Valoarea rezistenței la intrare și deci implicit a pierderii de sarcină la intrare creată este determinată de mărimea, numărul și modul de dispunere al perforațiilor, de caracteristicile geometrice ale tubului de dren, natura materialului din care este confecționat drenul, coeficientul de filtrare al solului sau materialului din jurul tubului de dren etc.

2.2.2.1. Spectrul liniilor de curent și al liniilor echipotențiale ale mișcării apei către un dren ideal și un dren real.

La drenul convențional normal în apropierea peretelui său liniile de curent diverg de la direcția originală radială, concentrându-se spre deschizăturile locale ale tubului (fante-tuburi ceramică, șlițuri sau găuri-tuburile mase plastică netede sau riflante) implicând o extrarezistență mișcării apei și în consecință va produce o pierdere de sarcină în plus în comparație cu mișcarea spre tubul de drenaj perfect, formula (2).

Această extra rezistență apărută va fi numită în continuare rezistența la intrarea apei în dren.

Circumferința drenului ideal este o linie echipotențială [69,71], fig.4.

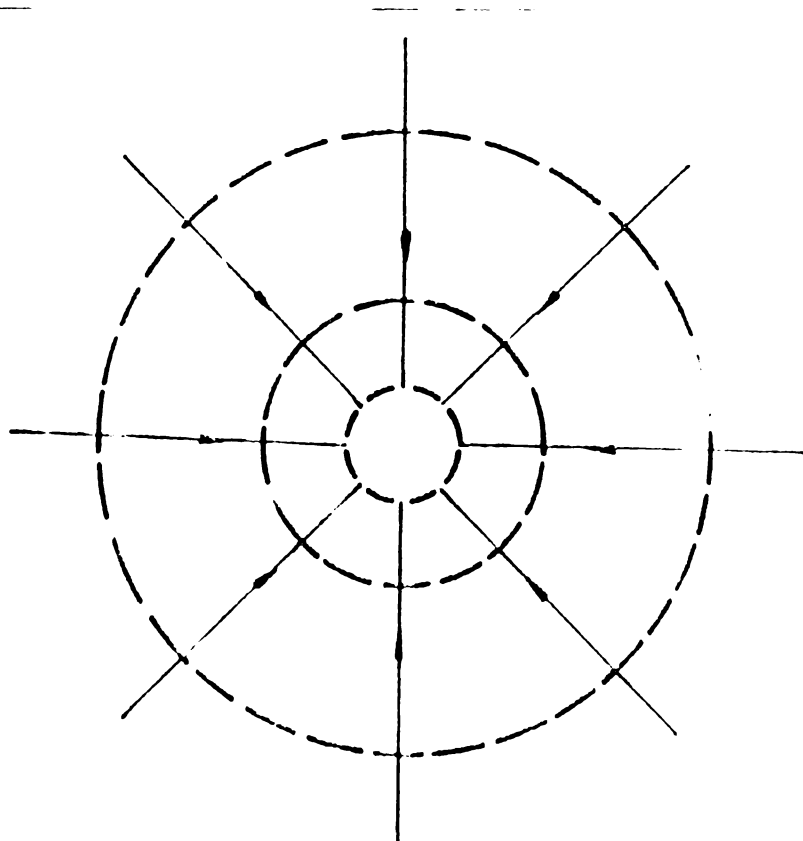


Fig.4. Spectrul mișcării apei către un dren ideal.

Celelalte linii echipotențiale sînt cercuri concentrice cu circumferința drenului ideal. Liniile de curent în acest caz sînt perpendiculare pe liniile echipotențiale și circumferința drenului.

La drenul real liniile echipotențiale nu mai sînt cercuri concentrice în vecinătatea circumferinței sale. Pentru drenul real cu două șlițuri opuse unul altuia se dă în fig.5, alura liniilor echipotențiale și a liniilor de curent.

La o anumită distanță de peretele tubului de dren liniile echipotențiale devin cercuri concentrice cu circumferința drenului mișcarea apei nefiind aici influențată de suprafața, numărul și dispoziția perforațiilor.

Fenomenul intrării apei în dren fiind un fenomen local.

44 0 40 +
12 11

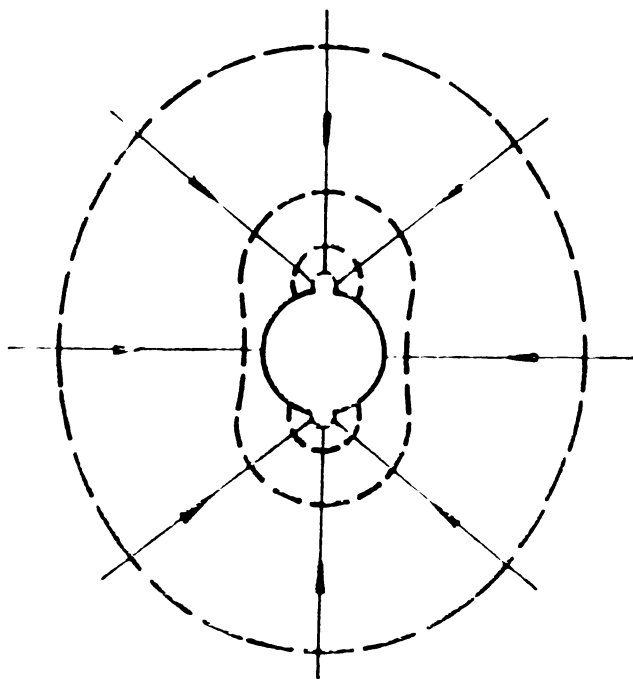


Fig.5. Spectrul mișcării apei către un dren real avînd două
șlițuri opuse unul altuia.

2.2.2.2. Spectrul liniilor de curent și al liniilor echipotențiale ale mișcării apei către un dren real înfășurat cu filtru.

În cazul cînd drenul este înconjurat de un strat de sol sau material filtrant cu permeabilitate mare în comparație cu permeabilitatea solului din jur, modelul mișcării fig.6, se apropie foarte mult în jurul drenului de cel al drenului ideal.

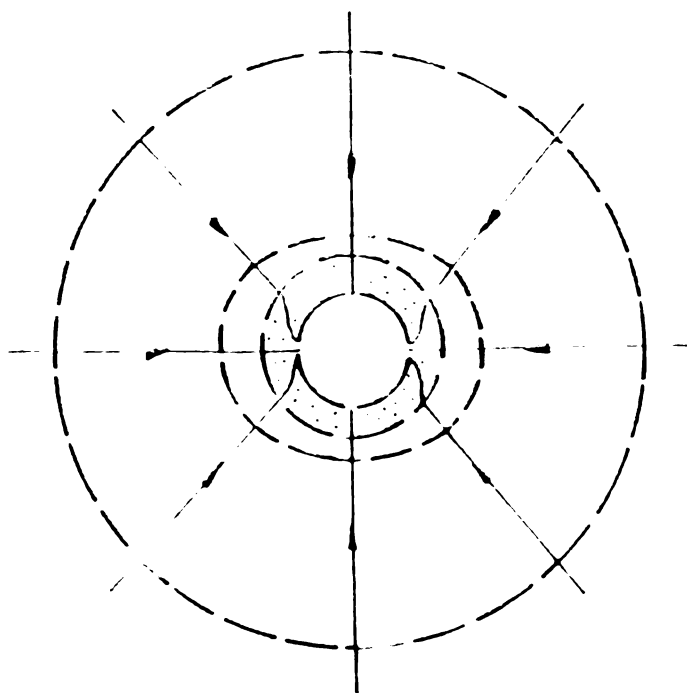


Fig.6. Spectrul mișcării apei către un dren real înfășurat cu
sol cu permeabilitate foarte mare sau material filtrant.

Folosirea materialului filtrant sau a umpluturii din șanțul de drenaj cu o mare permeabilitate față de permeabilitatea stratului de sol din jur netulburat micșorează rezistența la intrare, avînd o acțiune favorabilă asupra intrării apei în dren, reducînd mult curbura liniilor de curent.

2.2.2.3. Schema scurgerii apei în vecinătatea drenului ideal (fără pierdere de sarcină la intrare), real și real avînd un material filtrant înfășurător.

Spectrul liniilor de curent pentru cazul scurgerii apei în vecinătatea unui dren ideal cînd pierderea de sarcină la intrare este zero a unui dren real (cu un număr oarecare de orificii de intrare) și a unui dren real înfășurat cu material filtrant este prezentat în fig.7.

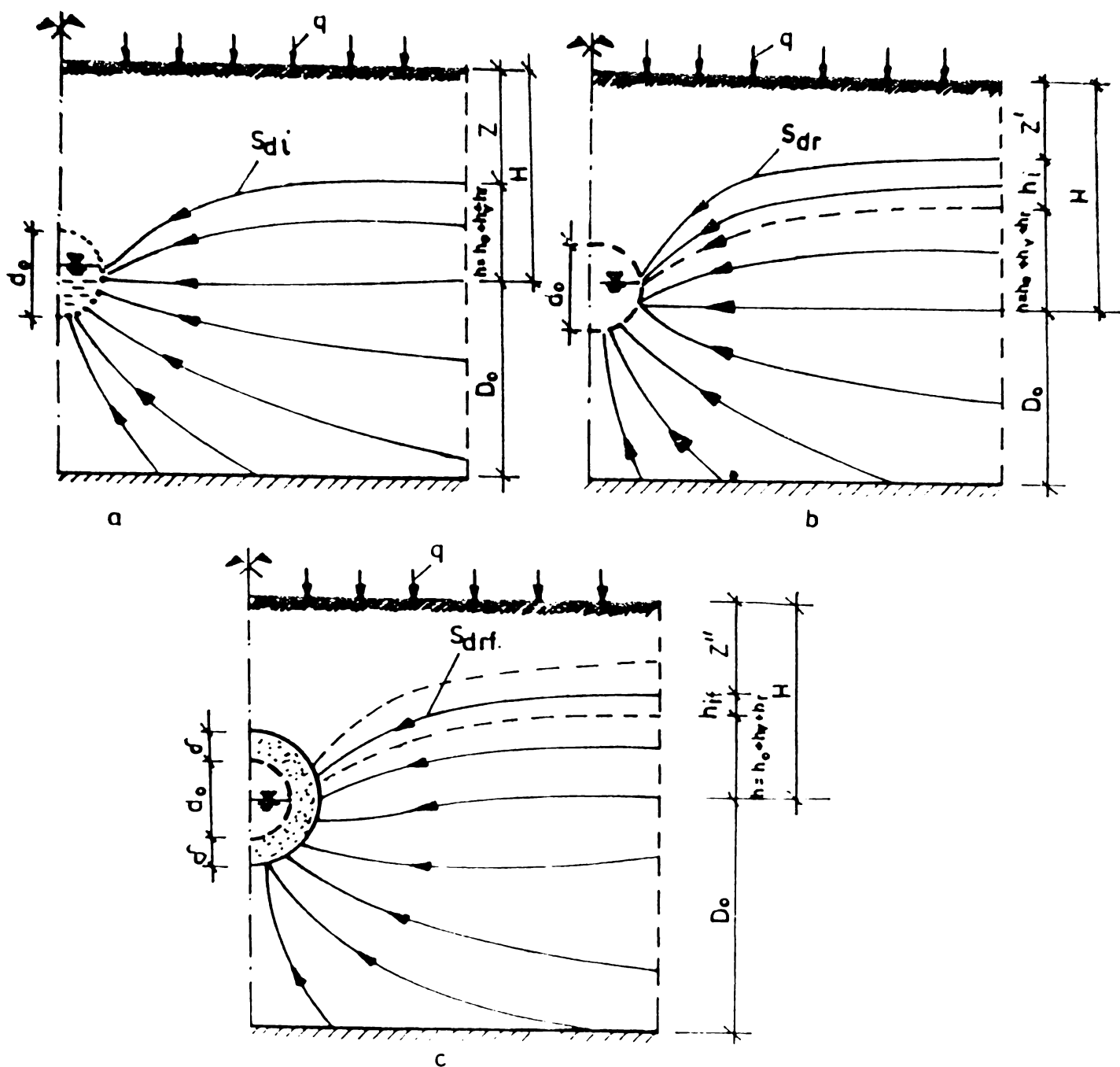


Fig.7. Schema curgerii apei în vecinătatea unui dren ideal (a) a unui dren real (b) și a unui dren real înfășurat cu material filtrant (c):
 Sdi - suprafața liberă a apei la drenul ideal
 Sdr - idem, dren real cu un număr oarecare de orificii de intrare a apei.
 Sdrf - idem, dren real înfășurat cu un material filtrant.

Analiza schemelor prezentate în fig.7 evidențiază faptul că suprafața liberă a apei pentru drenul ideal(S_{di}) este mai mică decât în cazul drenului real(S_{dr}), iar (S_{drf}) pentru drenul real cu material filtrant este cuprinsă între primele două valori.

În cazul drenului ideal(fig.7.a) pierderea de sarcină la intrare este zero(tubul este perfect perforat), iar în cazul drenului real(fig. 7.b) cu un anumit grad de perforare apare, ca urmare a rezistenței la intrare o pierdere de sarcină la intrarea apei în tub notată cu " h_i ".

Prevăzînd un material filtrant în jurul tubului de dren(fig.7.c) prin care sînt îmbunătățite condițiile de intrare, reducînd rezistența la intrare, apare o pierdere de sarcină " h_{if} " care este mai mică decât h_i , unde:

h_{if} - pierderea de sarcină la intrare în tubul de dren și materialul filtrant.

Cap. III. MODELUL MATEMATIC AL PIERDERILOR DE SARCINĂ HIDRAULICĂ LA DRENURILE AGRICOLE.

3.1. Generalități.

Mișcarea apei către tubul de dren prin mediul poros, descrisă în paragraful precedent, a fost luată în studiu de mai mulți cercetători [42, 46, 56, 57, 59, 74, 76, 78, 79, 91, 100, 101, 102-107, 128, 129, 141-145, 156, 157, 184, 186, 194, 196, 198, 222-248, 250, 255-258, 263], pentru stabilirea ecuațiilor diferențiale ale curbei de depresiune realizată de drenuri și respectiv pentru stabilirea parametrilor care caracterizează această mișcare: direcție, viteză, debit, rezistență hidraulică etc. Toate aceste cercetări au avut ca scop final proiectarea distanței între drenuri, stabilirea adîncimii de pozare și a dimensiunilor secțiunii transversale a tuburilor de drenaj pentru diferite cazuri întîlnite în practica drenajului cînd drenurile sînt izolate sau sub formă de șiruri de drenuri echidistante avînd adîncimile de pozare egale sau diferite amplasate în soluri omogene sau stratificate. În cazul solurilor stratificate poziția drenurilor putînd fi la limita de separație a straturilor, deasupra sau dedesubtul ei.

Indiferent de cazul care a fost studiat, metodele de studiu folosite de cercetători sînt:

- reprezentarea mișcării cu variabile complexe (teoria potențialului);
- metoda hodografului;
- metoda imaginilor sau "superposition method".

În natură mișcarea apei către dren este cel mai des în regim nepermanent, în special zonele semiaride și semiumedă unde ploile sînt la cel puțin 4-5 zile realizîndu-se o coborîre a nivelului freatic datorită nealimentării stratului freatic. Ecuațiile curbei de depresiune și respectiv a debitului drenului în acest caz au fost stabilite de Glover-Dumm

și Kraijenhoff van der Leur - Maasland.

Marea majoritate a relațiilor de calcul ale drenajului au fost efectuate pentru cazul regimului permanent de funcționare al drenurilor, regim corespunzător zonelor umede cu ploi frecvente pe perioade lungi de timp, în intervalele dintre două ploi neproducându-se zvîntarea stratului de sol activ.

Cazul regimului permanent presupune un echilibru între alimentare și evacuare, acest lucru întîlnindu-se însă în practică foarte rar. Aproape în fiecare caz vom avea condiții de scurgere variabile, un nivel al apei subterane care se ridică și coboară mereu. Cu toate acestea folosirea formulelor pentru scurgerea în regim permanent este justificată în cele mai multe cazuri, dînd valori corespunzătoare pentru proiectare, efectuîndu-se și o verificare în regim nepermanent.

Soluții matematice pentru diferitele cazuri prezentate anterior au dat: Vedernikov (1939), Hooghoudt (1940), Donnan (1946), Hommad (1954), Ernst (1954), Kirkham (1958), De Jager (1960), G. Dagan (1964), List (1964), J.C. Cavelaars (1965, 1967), B. Scherer (1973) care au luat în considerare diverse scheme de scurgere a apei către dren, cu luarea în calcul numai a unora din rezistențele hidraulice ce apar la scurgerea apei către tubul de dren.

Pînă la Ernst la calculul distanței între drenuri s-a considerat numai suprapunerea curentului orizontal cu cel radial neglijîndu-se aportul de apă de deasupra drenului prin curentul vertical, fiind astfel soluționate numai pierderile de sarcină orizontale și radiale (Hooghoudt-1940, Kirkham-1948).

Ernst consideră în plus și pierderea de sarcină verticală, neglijînd însă rezistența la intrare pe care o consideră mică în comparație cu cea radială.

Neglijarea pierderii de sarcină la intrarea impune însă următoarele: o perforare corespunzătoare a tubului de dren, execuție corespunzătoare pe timp favorabil care să nu producă blocarea perforațiilor cu particole de sol, folosirea materialelor filtrante pentru protejarea tuburilor de dren și îmbunătățirea condițiilor de intrare a apei în dren.

David [79] ajunge la o relație generală de calcul a coeficientului de intrare care permite calculul [81, 245] pierderii de sarcină la intrare pentru orice complex de dren plus material filtrant care ține seama de caracteristicile geometrice ale tubului și materialului filtrant, de colmatarea materialului filtrant în solul în care urmează a se executa drenajul și de caracteristicile solului respectiv.

3.2. Pierderile de sarcină hidraulice ale drenurilor agricole.

În ordine cronologică, evaluarea pierderilor de sarcină hidraulice ale drenurilor agricole făcute de către diferiți cercetători este următoarea:

3.2.1. după S.B.Hooghoudt(1940)- neglijând pierderea de sarcină în zona de deasupra drenului, pentru cazul unui sistem de drenaj cu drenuri paralele funcționând umplute pe jumătate [128,129] admitând o zonă de curgere a apei către dren orizontală și una radială(fig.8) a găsit următoare relație:

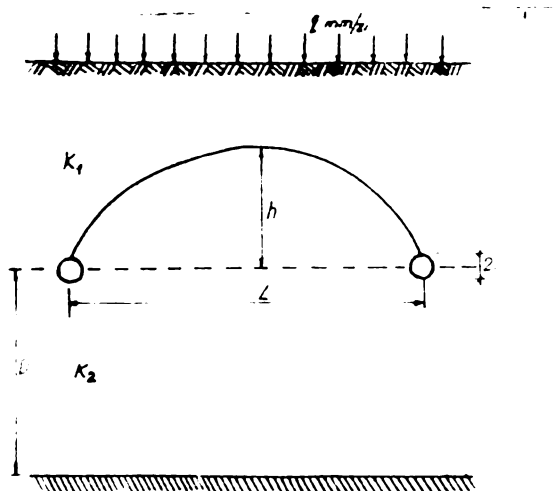


Fig.8. Schema drenajului cu drenuri paralele.

1) când stratul impermeabil se găsește la adâncime infinită:

$$h = \frac{qL}{\pi k} \left\{ \ln \frac{L}{2r} + \ln \frac{1}{2} + \ln \frac{3}{2} + \ln \frac{3}{4} + \ln \frac{5}{4} + \dots \right\} \quad (3)$$

2) când stratul impermeabil este la adâncime finită:

$$h = \frac{q \cdot L}{K} \left[\frac{1}{\pi} \ln \frac{D}{r\sqrt{2}} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{(n \cdot L)^2 - \left(\frac{1}{2} D \sqrt{2}\right)^2}{(n \cdot L)^2} + \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{(n \cdot L + \frac{1}{2} h \sqrt{2})^2 + 4 h^2}{(n L)^2 + 4 h^2} + \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{(nL - \frac{1}{2} h \sqrt{2})^2 + 4 h^2}{(nL)^2 + 4 h^2} + \frac{(L - h \sqrt{2})^2}{8 h L} \right] \quad (4)$$

Ecuția (3) poate fi scrisă și astfel:

$$h = \frac{qL}{\pi k} \left\{ \ln \frac{L}{2r} \cdot \frac{2}{\pi} \right\} = \frac{qL}{\pi k} \ln \frac{L}{\pi r}, \quad (5) \text{ care est}$$

identică cu relația stabilită de Töksöz și Kirkham.

Relațiile stabilite de Hooghoudt sînt deduse în ipoteza curgerii radiale, zona curgerii cuprinzînd: o porțiune a curgerii orizontale și alta a curgerii radiale, fig.9.

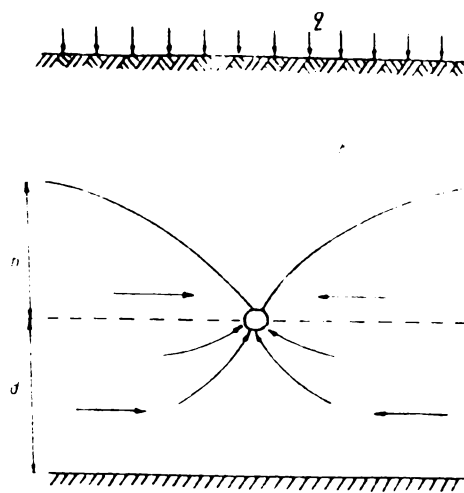


Fig.9. Schema curgerii radiale spre dren a lui Hooghoudt.

În cazul cînd nivelul apei sub dren se păstrează mult timp aproape de suprafață sau dacă stratul impermeabil nu este prea adînc se va lua în calcul și mișcarea din stratul superior.

Hooghoudt(și apoi Donnan) a găsit soluția acestei probleme pe baza ipotezei lui Dupuit-Forscheimer fiind dată sub forma:

$$q = \frac{4k [(D + h) - D^2]}{L^2} \quad (6)$$

unde neglijînd valoarea lui h^2 , acesta fiind foarte mic în comparație cu D se obține relația pierderii de sarcină sub forma:

$$h = \frac{q L^2}{8 k D} \quad (7)$$

Pentru soluri cu profil stratificat se consideră că nu toată apa din stratul de sub dren va fi preluată de dren ci numai pe o anumită grosime a stratului denumită "grosimea stratului echivalent"(Hooghoudt) notată

$$d = \frac{L}{8(R_o + R_r)} \quad (8)$$

unde:

R_o și R_r - rezistența orizontală și respectiv radială calculate cu relațiile:

$$R_o = \frac{(L - 1,4D)^2}{8 \cdot D \cdot L} \quad (9)$$

$$R_r = \frac{1}{\pi} \ln \frac{0,7 \cdot D}{r} \quad (10)$$

3.2.2. Relația lui W.W.Donnan(1946)[91].

Pentru cazul unui profil de sol stratificat relația lui Donnan

este o particularizare a relației lui Hooghoudt și are forma următoare:

$$L^2 = \frac{4k [(D+h)^2 - D^2]}{q} \quad (11)$$

sau altfel scrisă:

$$L^2 = \frac{8k_2 \cdot h \cdot d}{q} + \frac{4k_1 \cdot h^2}{q} \quad (12)$$

3.2.3. după H.Y.Hammed(1954,1962), [124] - a dat o soluție simplă care respectă mai puțin riguros condițiile la limită reale ale drenajului, astfel: condițiile la limită specifice suprafeței libere sînt respectate numai în trei puncte. Soluția lui Hammed prezintă avantaje în special pentru calculul în regim nepermanent al drenajului.

El consideră modelul scurgerii apei către tuburile de dren paralele și echidistante avînd liniile de curent, conform celor prezentate în fig.10.

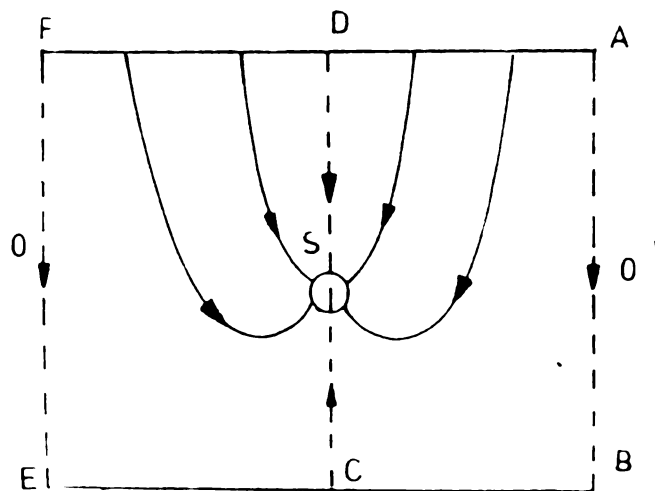


Fig.10. Schema de calcul a drenajului considerată de Hammed.

Plecînd de la ecuația potențialului:

$$\varphi = \frac{Q}{2\pi} \ln a \left[\left\{ \sin \frac{\pi \cdot x}{S} \cosh \frac{y\pi}{S} + \cosh \frac{\pi h}{S} \right\}^2 + \frac{2\pi x}{S} \sinh^2 \frac{\pi y}{S} \right]^{1/2} + C_1 \quad (13)$$

care a fost folosită pentru a găsi soluții practice, Hammed ajunge la următoarea soluție:

a) pentru valori mari ale lui D_0

$$Q = \frac{2\pi K(m-n)}{\ln \frac{m-n}{r_0} + \frac{L}{2\pi D r_0}} \quad (14)$$

$$m - n = n \frac{\ln \left(\frac{m-n}{r_0} + \frac{L^2}{2\pi^2 D r_0} \right)}{\ln \frac{n}{r_0}} \quad (15)$$

b) pentru valori mici ale lui D_0

$$Q = \frac{2\pi K (m-n)}{\ln \left(\frac{m-n}{r_0} + \frac{L}{\pi r_0} \right)} \quad (16)$$

$$m - n = n \cdot \frac{\ln \left(\frac{m-n}{r_0} + \frac{L}{\pi r_0} \right)}{\ln \frac{n}{r_0}} \quad (17)$$

Semnificația notațiilor este prezentată în fig.11.

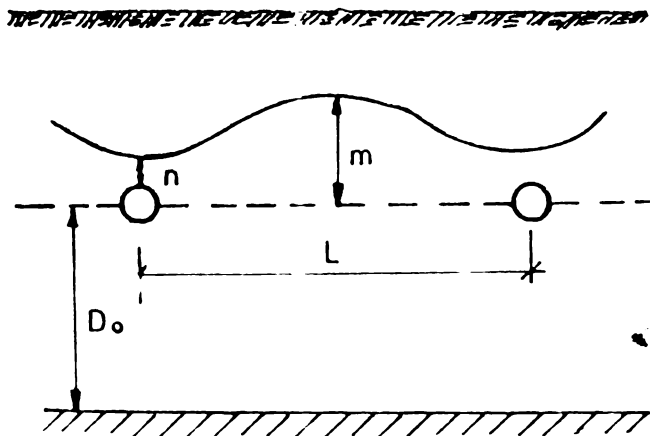


Fig.11. Elementele geometrice ale profilului de sol(Hammed).

Pentru $n = 0$, $m = 0$, ambele relații dau: $Q = 0$.

3.2.4. după L.F.Ernst (1954)

Pierderea de sarcină totală în lungul firelor de curent spre dren se compune din(fig.12)

- pierderea de sarcină verticală(h_v)
- pierderea de sarcină orizontală(h_o)
- pierderea de sarcină radială(h_r)

Aceasta se poate scrie astfel:

$$h = h_v + h_o + h_r \quad (18)$$

Ernst a separat cele trei curgeri și a determinat [102] pierderile de sarcină, separat, astfel:

a) curentul vertical- scriind expresia debitului prin secțiunea de adâncime D_v , pe care are loc mișcarea apei pe verticală(conform legii Darcy):

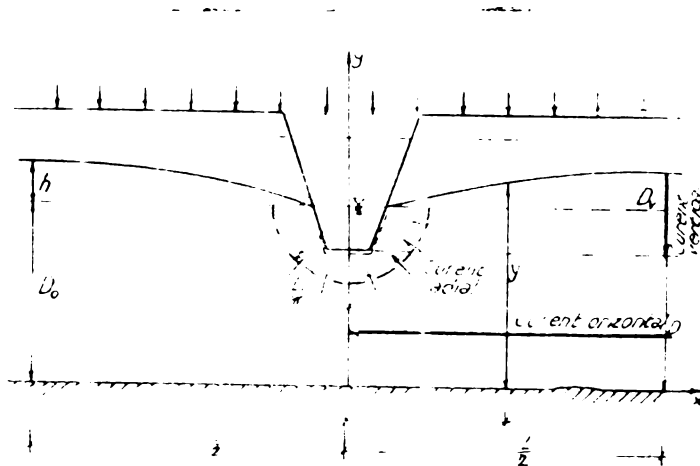


Fig.12. Principiul general al formulei lui Ernst.

$$q = k \cdot \frac{h_V}{D_V} \quad (19)$$

se obține substituind pe h_V expresia pierderii de sarcină verticală sub forma:

$$h_V = q \cdot \frac{D_V}{k} \quad (20)$$

Rezistența verticală are expresia:

$$R_V = \frac{1}{k} \quad (21)$$

b) curentul orizontal - scriind în secțiunea x, fig.12, ecuația:

$$q \cdot \left(\frac{L}{2} - x \right) = k \cdot D \frac{dy}{dx} \quad (22)$$

care integrată între limitele

$$x \rightarrow 0, \frac{L}{2}, \quad y \rightarrow 0, h_0 \quad \text{se obține:}$$

$$q \left(\frac{L^2}{4} - \frac{L^2}{8} \right) = K D \cdot h_0 \quad (23)$$

Efectuând calculele și explicitând pe h_0 se obține pentru pierderea de sarcină orizontală expresia:

$$h_0 = \frac{q \cdot L^2}{8 k D} \quad (24)$$

Rezistența orizontală a curentului de apă către dren este:

$$R_0 = \frac{L}{8 k D} \quad (25)$$

c) curentul radial - Ernst a considerat o jumătate de absorbție pe perimetrul canalului $U = \pi \cdot r$ (fig.13):

Funcția potențială care dă liniile echipotențiale la absorbție are forma:

$$\varphi = \frac{Qa}{2\pi} \ln r, \quad (26)$$

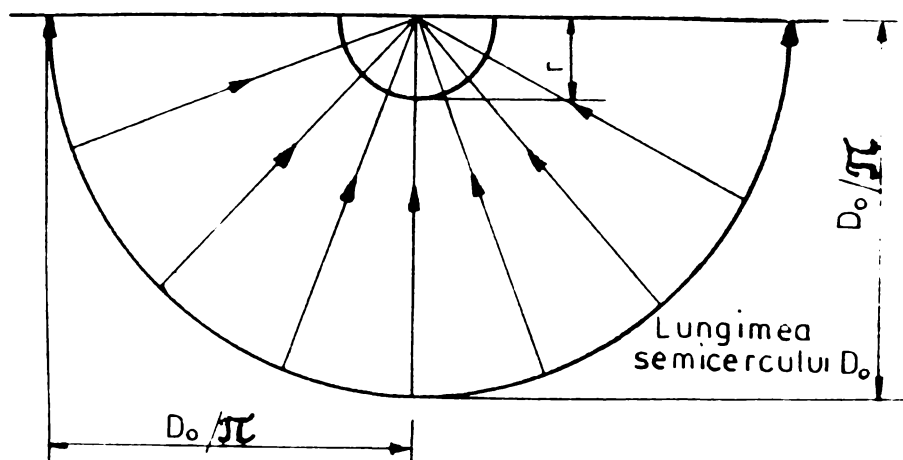


Fig.13 Elementele de calcul ale curentului radial (jumătate absorbție).

Familia liniilor echipotențiale se obține în general într-un curent subteran din expresia:

$$\varphi = k H + c, \quad (27)$$

unde

$H = h_r$ - pierderea de sarcină radială.

Debitul absorbției este:

$$Qa = 2Q = 2q L, \quad (28)$$

unde: q - debitul specific de drenaj (m/zi)

L - distanța între drenuri(m)

Egalînd expresiile lui φ (25) și (26) și efectuînd calculele se obține formula de calcul a pierderii de sarcină radiale:

$$h_r = \frac{qL}{\pi k} \ln \frac{D_0}{U} \quad (29)$$

Rezistența radială a curentului de apă către dren este:

$$R_r = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D_0}{U} \quad (30)$$

Pentru cazul profilului de sol cu două straturi, cînd planul de separație este sub dren avem:

$$h_r = \frac{qL}{\pi k} \ln \frac{a D_0}{U} \quad (31)$$

unde: a - coeficientul de corecție a rezistenței radiale.

3.2.5. după D.Kirkham(1958) - folosind aceleași ipoteze a găsit următoarea soluție analitică pentru pierderea de sarcină totală [143]:

$$h = \frac{q \cdot L}{\pi k} \left[\ln \frac{L}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\cos D \frac{2n\pi r}{L} - \cos \pi n \right) \cdot \left(\coth \frac{2n\pi h}{L} - 1 \right) \right], \quad (32)$$

Dacă $D/L \rightarrow \infty$, atunci stratul impermeabil este la mare adâncime: $\coth \frac{2n\pi D}{L}$ tinde către 1 și ecuația(32) se reduce la forma:

$$h = \frac{q \cdot L}{\pi k} \ln \frac{L}{\pi r} \quad (33)$$

identică cu cea tip Hooghoudt;

unde: semnificația elementelor q, L, k, r, D este cea din fig.8.

3.2.6. după De Jager (1960) - consideră, la fel ca și Cavelaars pierderea de sarcină totală (h_t), fig.14. ca suma pierderilor de sarcină radială și la intrare [42,136].

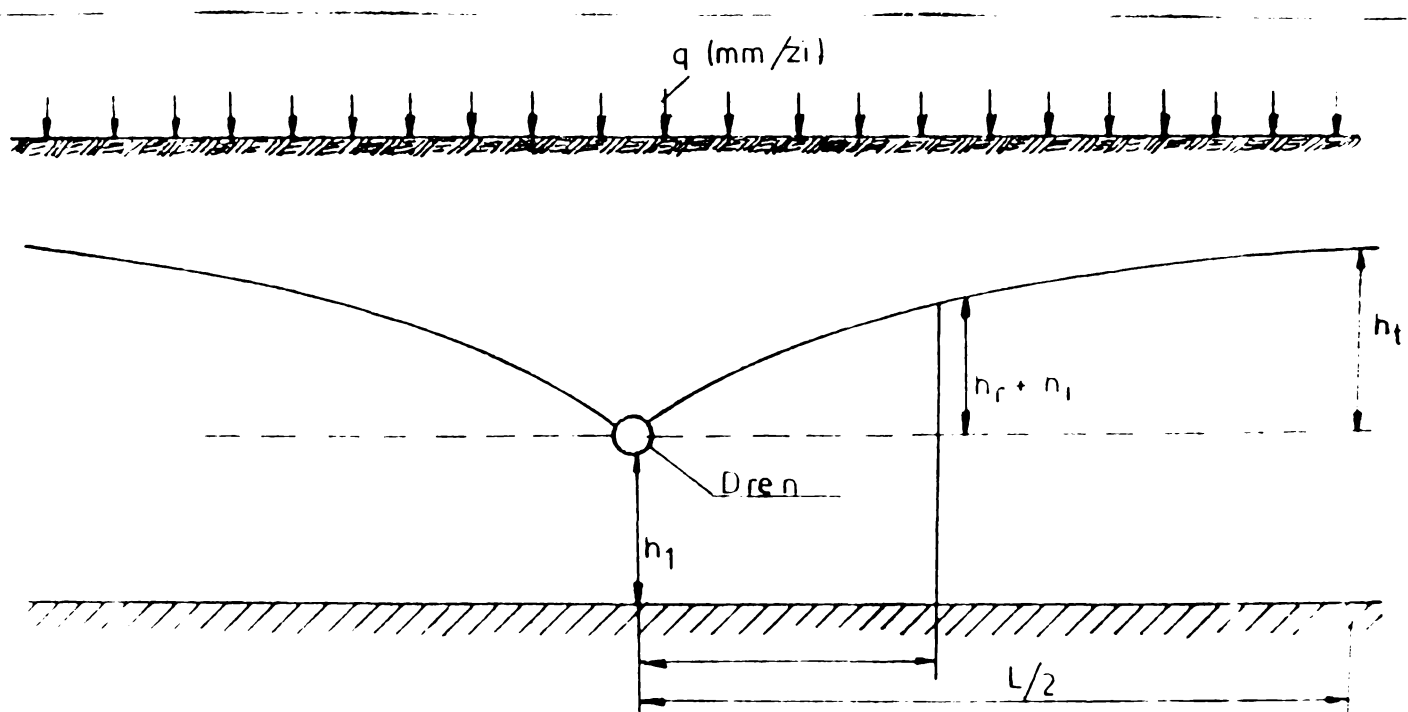


Fig.14. Schema pierderii de sarcină radiale și la intrare în dren după De Jager(1960).

$$h_t = h_r + h_i = \frac{q \cdot L}{\pi k} \ln \frac{D}{U} + q \cdot L \cdot \frac{a}{k} \quad (34)$$

unde:

$$h_i = a \cdot \frac{qL}{k} \quad (35)$$

stabilită în concordanță cu formulele lui Kozeny, Kirkham și Englund.

a - coeficient de intrare.

Prima parte a ecuației (34) din partea dreaptă a egalității a fost calculată din ecuația lui Ernst:

$$W_r = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D}{\pi r} \quad (36)$$

unde: D - adâncimea de la suprafața liberă a apei pînă la stratul impermeabil (m)

r - raza hidraulică a tubului (m).

3.2.7. după G.Dagan(1964) [76] - ca și Hooghoudt și Donnan a luat în considerare următoarele pierderi de sarcină: orizontală și radială. Relația lui Dagan este valabilă cu condiția respectării condiției ca:

$$L \geq 4 D_o \text{ și } d_o/D_o < 0,2.$$

Semnificația notațiilor este prezentată în fig.15.

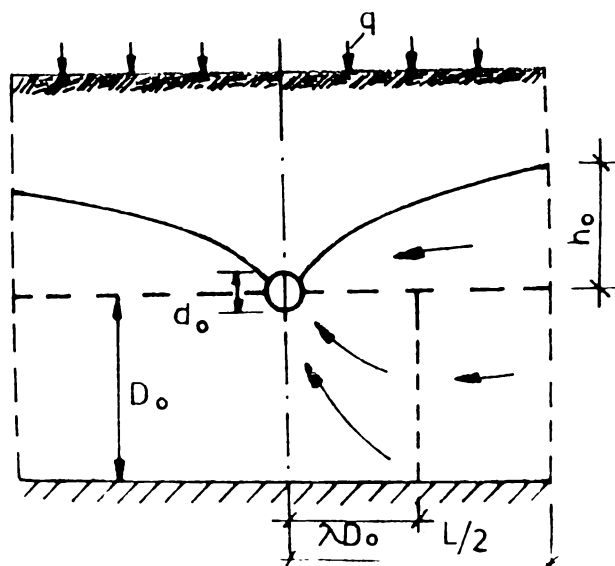


Fig.15.Schema de calcul a drenajului considerată de G.Dagan [76].

Relația stabilită de Dagan are următoare formă:

$$h_o = \frac{q \cdot L^2}{4kDe} \left\{ 1 + \frac{4 D_o}{\pi} \ln \frac{2D_o}{\pi d_o} + \frac{q}{k} \left[2\left(1 - \frac{D_o}{L}\right) + \frac{1}{\pi} \ln \frac{D_o}{\pi r_o} \right]^2 \right\} \quad (37)$$

unde:

$$De = D_o + \frac{1}{2} h_o, \text{ celelalte notații avînd aceeași semnificație ca în formula lui Hooghoudt.}$$

Neglijînd ultimul termen din relația (37) se obține:

$$h_o = \frac{q}{k} \left[\frac{L^2}{8De} + \frac{D_o L}{De \cdot \pi} \ln \frac{2 D_o}{\pi d_o} \right] \quad (38)$$

a cărei structură are o interpretare fizică similară cu cea a lui Hooghoudt și anume:

- primul termen reprezintă pierderea de sarcină orizontală (mișcare de tip Dupuit);

- termenul al doilea reprezintă pierderea de sarcină radială din vecinătatea drenului (teoria potențialului).

3.2.8. după E.J.List(1964), [156] - pentru cazul drenului funcționând plin ușor sub presiune (fig.16) pe baza teoriei potențialului, a obținut o soluție care respectă condițiile la limită reale ale drenului, exceptând soluția corespunzătoare stratului impermeabil de bază care apare ușor deformat.

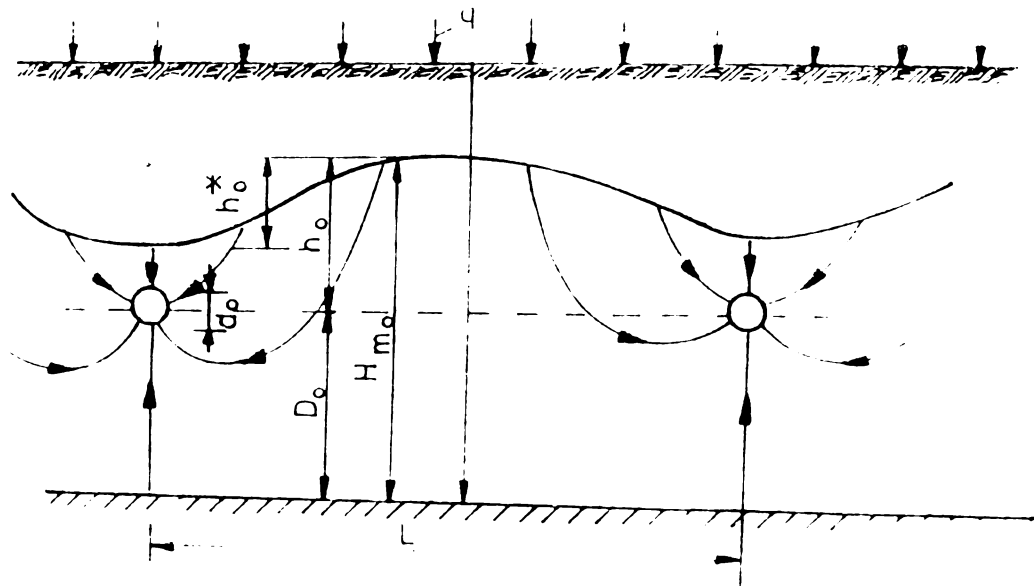


Fig.16. Schema de calcul a drenajului după List(1964), [156].

Pentru cazul cînd $h_o^* = h_o$ la limită, funcționarea este liberă (însă tot la plin) și List o numește funcționare în condiții optime. Pentru acest caz a construit grafice pentru calculul pierderilor de sarcină totală pentru drenul ideal și al diametrului drenului funcționînd la plin și cu umplere parțială.

3.2.9. după J.C.Cavelaars(1965,1967)

Definind rezistența la intrare ca suma dintre rezistența radială și rezistența la intrarea propriuzisă, a stabilit expresii teoretice de calcul [69,70,71] efectuînd determinări de laborator și măsurători în câmp asupra pierderii de sarcină radială și la intrarea apei în dren.

Pentru drenul ideal fig.4, mișcarea radială spre dren este descrisă de ecuația:

$$h_r = \frac{Q}{L \cdot k} \cdot \frac{1}{2 \pi} \ln \frac{r}{r_o} \quad (39)$$

- unde:
- Q - debitul drenului (m^3/zi)
 - L - distanța între drenuri (m)
 - r_o - raza drenului (m)
 - r - raza unei linii echipotențiale ($r > r_o$), (m)

k - coeficientul de filtrație(m/zi)

h_r - pierderea de sarcină între razele r și r_0 , (m).

Prin analogie cu legea lui Ohm pentru mișcarea apei subterane se poate scrie:

$$h = Q.W. \quad (40)$$

unde: W - rezistența mișcării, (zile/m) între două linii echipotențiale cu diferența de sarcină Δh .

Pentru drenul ideal ecuația (40) se poate scrie:

$$h_r = Q \cdot w_r \quad (40')$$

Din ecuația(40) și (40') rezultă:

$$w_r = \frac{1}{L.k} \cdot \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0} \quad (41)$$

Considerînd mișcarea pe o unitate de lungime de dren avem:

$$q = \frac{Q}{L}, \text{ debitul} \quad (42)$$

$$w_r^* = L.w, \text{ rezistența mișcării} \quad (43)$$

Definind:

$$\alpha_r = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0} \quad (44)$$

unde: α_r - fiind factorul adimensional care exprimă influența caracteristicilor geometrice ale mișcării în zona unde are loc mișcarea;

- pentru drenul ideal pe baza relației(44) avem:

$$h_r = \frac{q}{k} \cdot \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0} \quad (45)$$

$$h_r = \frac{q}{k} \cdot \alpha_r, \quad (45')$$

$$h_r = q \cdot w_r^* \quad (46)$$

$$w_r^* = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0}, \quad (47)$$

$$w_r^* = \frac{1}{k} \cdot \alpha_r, \quad (47')$$

Mișcarea către un dren real introduce o pierdere de sarcină extra (h_1), care poate fi considerată ca avînd două componente:

- mișcarea radială și
- mișcarea la intrare, ele nefiind însă separate geometric.

Pierdere totală de sarcină în acest caz este:

$$h_t = h_r + h_1 \quad (48)$$

unde: h_t - direct proporțional cu q/k , depinde de caracteristicile geometrice ale suprafeței de intrare și de distribuția perforațiilor.

Prin analogie cu relațiile(45),(45'),(46),(47) și (47') se poate scrie:

$$h_i = \frac{q}{k} \cdot \alpha_i \quad (49)$$

$$h_i = q \cdot w_i^* \quad (50)$$

$$w_i^* = \frac{1}{k} \cdot \alpha_i, \quad (51)$$

unde: w_i^* - rezistența la intrare pe unitatea de lungime de dren,
 α_i - constanta de intrare.

Mișcarea totală la drenul real este descrisă de următoarele ecuații:

$$h_t = \frac{q}{k} \cdot \alpha_t, \quad (52)$$

$$h_t = \frac{q}{k} \cdot (\alpha_r + \alpha_i), \quad (53)$$

$$\text{unde: } \alpha_t = \alpha_r + \alpha_i \quad (54)$$

α_t - constanta totală de intrare(constanta radială plus constanta la intrare).

$$h_t = q \cdot w_t^*, \quad (55)$$

$$h_t = q \cdot (w_r^* + w_i^*) \quad (56)$$

$$\text{unde: } w_t^* = w_r^* + w_i^* \quad (57)$$

w_t^* - rezistența totală a mișcării pe unitatea de lungime de dren(zile/m).

Rezultă deci:

$$w_t^* = \frac{1}{k} \cdot \alpha_t, \quad (58)$$

3.2.10. B. Scherer(1973) [192]. - folosind metoda transformărilor conforme, a propus două metode de calcul a drenajelor. A adoptat scheme de calcul echivalente cu situația reală, admitând însă dezvoltarea metodelor sale în ipoteza Dupuit.

Scherer introduce o mișcare echivalentă spre un dren perfect echivalent, efectul curburii liniilor de curent din sistemul inițial fiind echivalent printr-o rezistență suplimentară care determină o creștere a nivelului apei în drenul perfect(fig.17) de la D_0 la D .

În cazul schemei echivalente Scherer a aplicat relația Dupuit, care permite calculul pierderilor de sarcină astfel:

$$\frac{h_0}{D_0} = \sqrt{\left(\frac{D_x}{D_0}\right)^2 + \frac{q}{k} \cdot \left(\frac{L}{2D_0}\right)^2} - 1 \quad (59)$$

în care: D_x se calculează în baza unei succesiuni de transformări conforme cu relația:

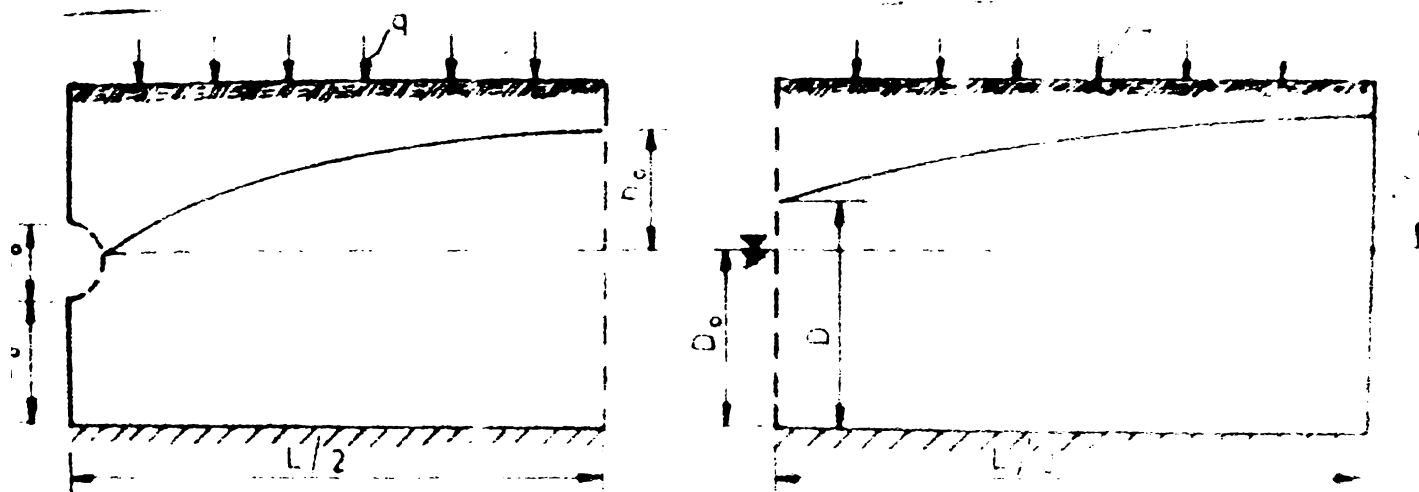


Fig.17. Schema de calcul a drenajului după Scherer [192]:

- a) schema mișcării reale către dren
- b) schema de calcul cu rezistență echivalentă.

$$\frac{D_x}{D_o} = 1 + f_c \cdot \frac{q}{k} \cdot \frac{L}{D_o} \cdot \frac{1}{\pi} \ln \frac{2 D_o}{\pi d_o} \quad (60)$$

unde: f_c - factor de corecție avînd valorile în funcție de expresia:

$$E = \frac{q}{k} \cdot \frac{L}{D_o} \cdot \frac{1}{\pi} \ln \frac{2 D_o}{\pi r_o} \quad (61)$$

Valorile factorului f_c pentru diferite valori ale expresiei E sînt date în tab.7.

Tab.7. Valorile factorului f_c după Scherer [192].

E	-0,25	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
f_c	1,16	1,00	0,90	0,82	0,78	0,74	0,70	0,67

Ambele metode conduc la același rezultat.

Cea de-a doua metodă denumită metoda rezistențelor hidraulice echivalente permite calculul pierderii de sarcină (h_o) cu o relație care în urma unor transformări simple [245] poate fi scrisă sub o formă similară cu relațiile stabilite de Hooghoudt (forma simplificată), Dagan și Ernst:

$$h_o = \frac{qL^2}{k D_o} + \lambda \cdot \frac{q}{k} \cdot \frac{L}{\pi} \ln \frac{2 D_o}{\pi d_o} \quad (62)$$

unde: $\lambda = f_c \cdot \frac{2 D_o + E f_c}{2 D_o + h_o} \quad (63)$

3.2.11. după I.David (1973,1981) [77,245] - a făcut unele precizări asupra evaluării pierderilor de sarcină radiale, folosind o altă metodă de exprimare a coeficientului de rezistență (α).

Mișcarea apei către dren, considerînd că toată mișcarea este echipotentială, a fost considerată avînd trei componente (fig.18):

- mișcarea verticală: în zona I

- mișcarea orizontală: în zona II
- mișcarea radială: în zona III.

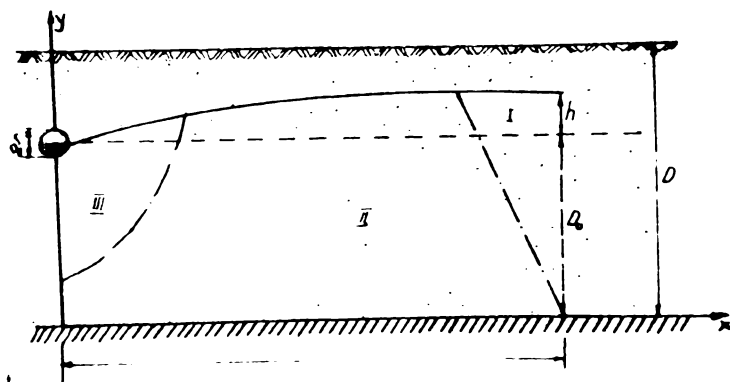


Fig.18. Elementele de calcul ale pierderilor de sarcină radiale(I.David), [77].

Pentru stabilirea soluției analitice de calcul s-a considerat potențialul de viteză al liniilor echipotențiale după Schneebeli:

$$\varphi = - \frac{Qc}{4\pi} \ln \left[\frac{\operatorname{ch} \frac{\pi x}{D} - \cos \frac{(y + D_0)\pi}{D}}{2} \cdot \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi x}{D} - \cos \frac{(y - D_0)\pi}{D}}{2} \right] \quad (64)$$

unde Qc - debitul de calcul

Prelucrând această relație pentru cazul drenajului s-a ajuns la următoarea relație pentru pierderea de sarcină radială:

$$h_r = \frac{q L}{\pi k} \cdot \ln \alpha \frac{D_0}{U} \quad (65)$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,5 \frac{h}{D_0}}{2 \sin \frac{\pi}{1 + 0,5 \frac{h}{D_0}}} \quad (66)$$

α - coeficient de corecție al rezistenței radiale.

$U = \pi r$ - perimetrul udat al drenului

Rezistența radială avînd următoarea expresie:

$$R_r = \frac{1}{\pi k} \ln \alpha \frac{D_0}{U} \quad (67)$$

Deci: $\alpha = f(h, D_0)$, iar valorile lui " α " pentru diferite valori uzuale ale lui h, D_0 sînt date în tabelul 8.

Tab.8. Valorile coeficientului de corecție α (David, 1973).

h/D_0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	2	4
α	2,76	1,95	1,45	1,20	1,07	0,98	0,93	0,90	0,87	1,0	1,74

Coeficientul de corecție al rezistenței radiale(α) ține seama de curba reală a liniilor de curent.

David(1981)[245] a propus două aproximări privind evaluarea gradului de abatere a diferitelor metode de calcul a drenajelor față de soluția exactă și sensul acestor abateri. Pentru drenajul deschis sînt cunoscute în acest sens inegalitățile Youngs (1965,1974).

Astfel, valorile limită (minimă și maximă) ale denivelării totale h_0 pot fi calculate cu relațiile [245] :

$$\underline{h_0} = D_0 \left[\sqrt{1 + \underline{\lambda} \frac{q}{k} \cdot \frac{L^2}{4D_0^2}} - 1 \right] \quad (68)$$

$$\overline{h_0} = D_0 \left[\sqrt{1 + \overline{\lambda} \frac{q}{k} \cdot \frac{L^2}{4D_0^2}} - 1 \right] \quad (69)$$

în baza teoriei potențialului.

Denivelarea reală stabilită prin medierea propusă de I. David se face în baza a două aproximări:

a) aprox. 1 (tip mediană)

$$h_0 = \frac{q L^2}{k \cdot 8D_0} \cdot \lambda_1 \quad (70)$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{1 - \frac{q}{k}} \left[1 + \frac{4 D_0^2}{L^2} + \frac{6 D_0}{\pi L} \ln \left(\sqrt[3]{2 \cdot \frac{2D_0}{\pi d_0}} \right) \right] \quad (71)$$

b) Aprox. 2 (simplificată)

$$h_0 = \frac{q L^2}{k \cdot 8} \lambda_2 \quad (72)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{1 - \frac{q}{k}} \left[1 + \frac{4D_0^2}{L^2} + \frac{8D_0}{\pi L} \ln \left(\frac{2D_0}{\pi d_0} \right) \right] \quad (73)$$

Aproximarea 1 oscilează în jurul valorii reale, iar aproximarea 2 conduce la o ușoară supraevaluare față de denivelarea reală.

În fig.19 și 20 sînt prezentate comparativ rezultatele analizei principalelor metode de calcul a drenajelor.

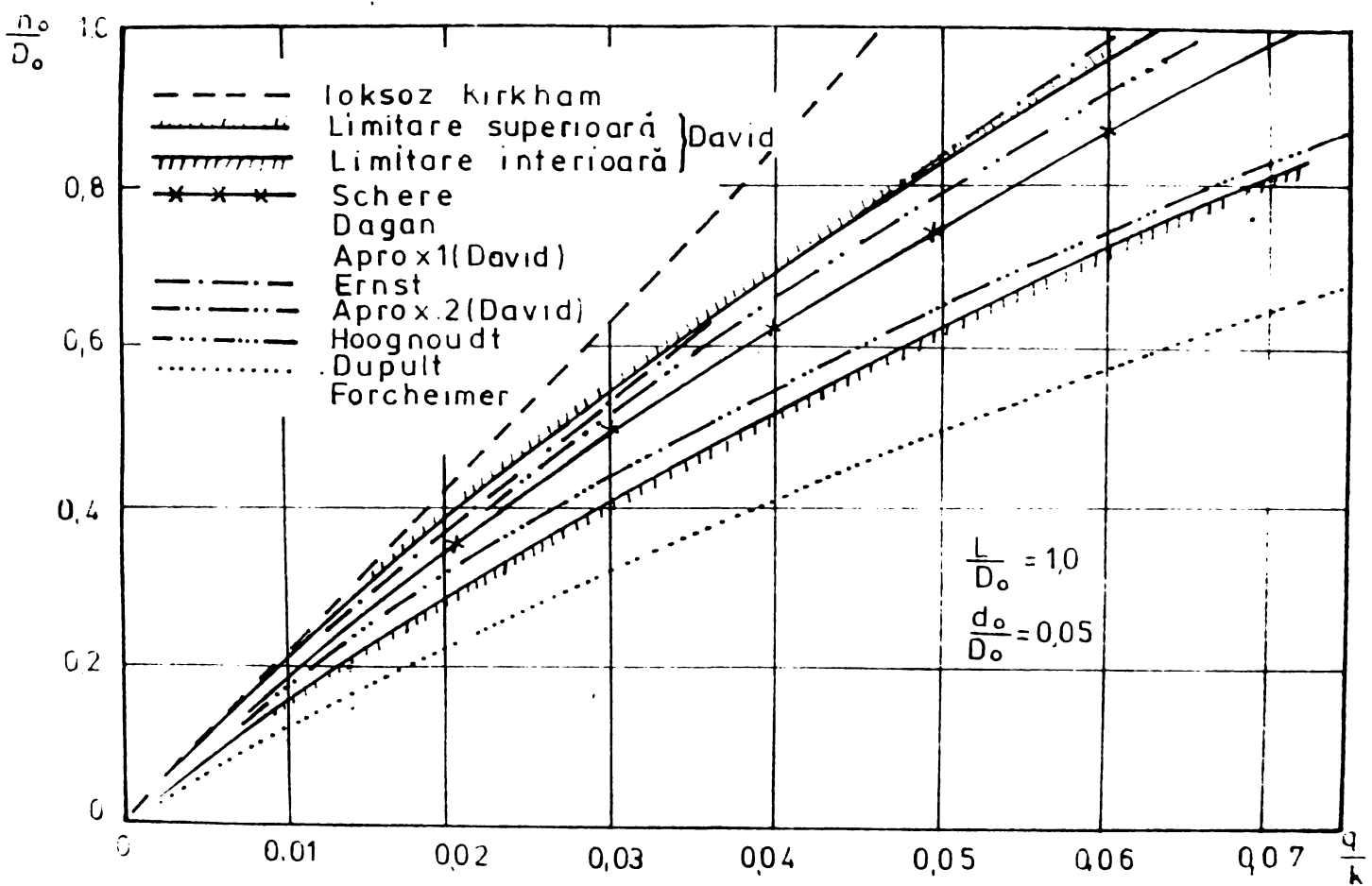


Fig.19.Reprezentarea comparativă a diferitelor metode de calcul ale drenajului orizontal tubular în funcție de parametrul q/k (I.David), [245].

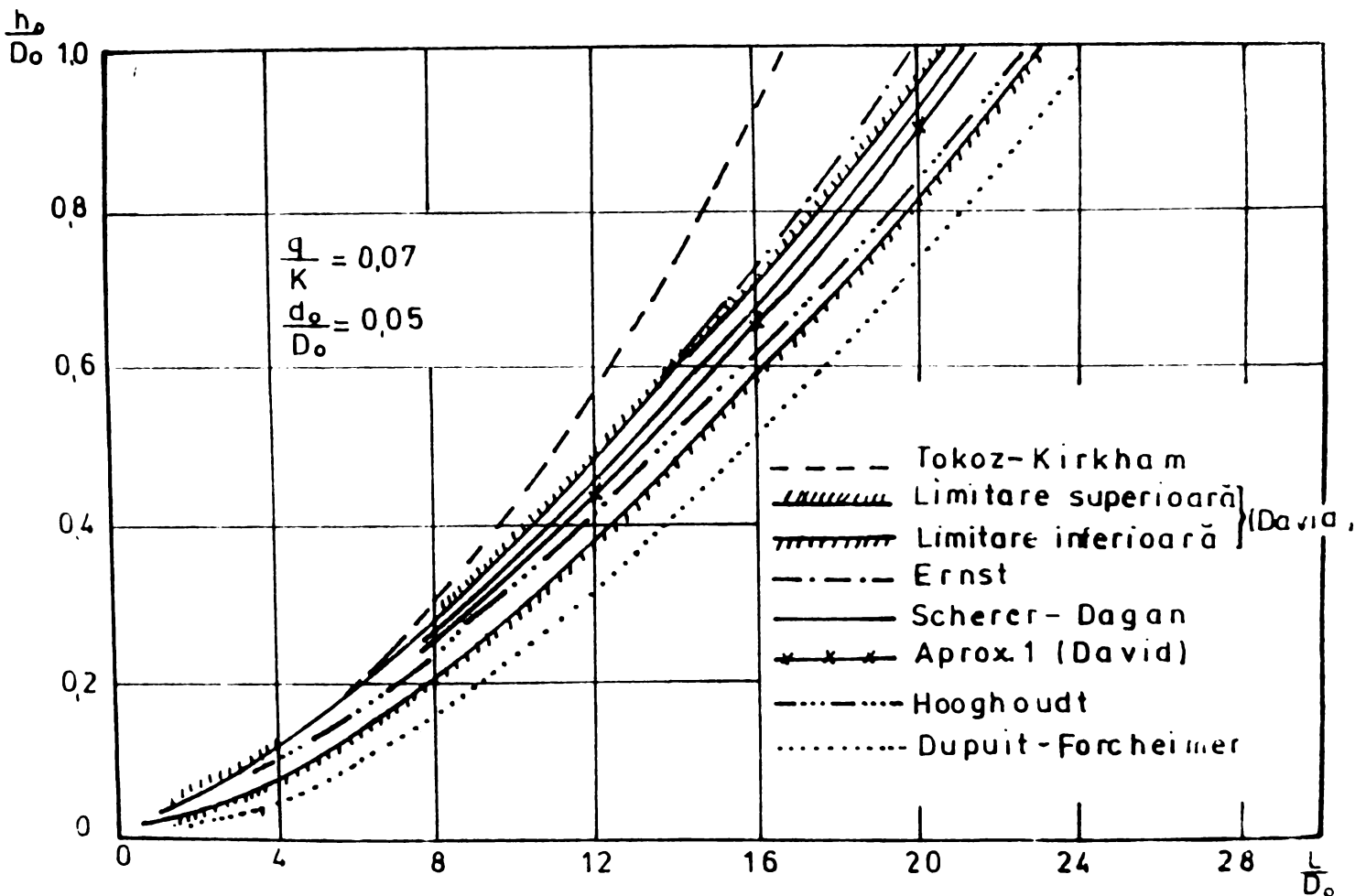


Fig.20.Reprezentarea comparativă a diferitelor metode de calcul ale drenajului orizontal tubular în funcție de parametrul L/D_0 (I.David) [245].

3.2.12. autorul tezei - pierderea de sarcină totală (h) care apare de-a lungul firelor de curent la un dren agricol este compusă fig. 21, din următoarele componente:

- h_v - pierderea de sarcină verticală;
- h_o - pierderea de sarcină orizontală;
- h_r - pierderea de sarcină radială;
- h_i - pierderea de sarcină la intrarea apei prin dren.

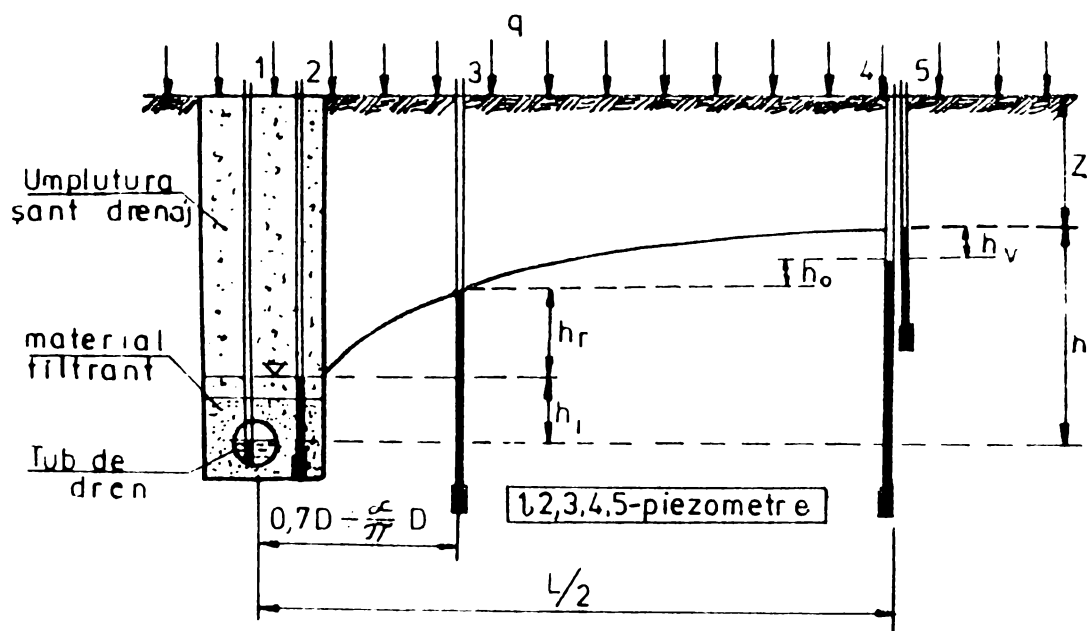


Fig.21. Schema generală a pierderilor de sarcină la drenurile agricole.

Se poate scrie astfel, că:

$$h = h_v + h_o + h_r + h_i \quad (74)$$

Relațiile de calcul pentru componentele pierderii de sarcină (h) totală sînt, după cum urmează:

$$h_v = q \cdot \frac{Dv}{k} \quad (20), \text{ datorită rezistenței verticale: } R_v = \frac{1}{k} \quad (21)$$

$$h_o = \frac{q L^2}{8kD} \quad (24), \text{ datorită rezistenței orizontale: } R_o = \frac{L}{8kD} \quad (25)$$

$$h_r = \frac{qL}{\pi k} \ln \alpha \frac{D_o}{U} \quad (65), \text{ datorită rezistenței radiale :}$$

$$R_r = \frac{1}{\pi k} \ln \alpha \frac{D_o}{U} \quad (67)$$

Relațiile prezentate pentru calculul lui h_v , h_o și h_r au fost stabilite de Ernst [102], cu precizarea făcută de David (1973) pentru pierderea de sarcină radială.

Relația de calcul a pierderii de sarcină la intrare recomandată are următoarea formă:

- dren fără filtru : $h_i = q \cdot L \cdot w_i = q \cdot L \cdot \frac{\xi_i}{k}$ (75)

- dren plus material filtrant: $h_{if} = q \cdot L \cdot w_{if} = q \cdot L \cdot \frac{\xi_{if}}{k}$ (75')

unde: q - debitul specific de drenaj (mm/zi)

L - distanța între drenuri (m)

w_i - rezistența la intrarea apei în drenul fără filtru (zile/m).

w_{if} - idem, pentru dren plus material filtrant.

ξ_i - coeficientul de rezistență la intrare (sau "coeficient de intrare") pentru drenul fără material filtrant.

ξ_{if} - idem, pentru drenul cu material filtrant.

Valoarea coeficientului de rezistență la intrare ξ_i (ξ_{if}) poate fi determinată astfel:

- analitic cu relația stabilită de David [79,245], prezentată la Cap. IV. paragraful 4.2.8 al tezei, pentru care datele privind colmatarea sînt determinate în laborator de autorul tezei;

- experimental, pe modele hidraulice sau pe modele electrice.

Pentru proiectare se recomandă calculul analitic [245] al coeficientului de rezistență la intrare.

Relația generală de calcul a pierderii de sarcină la intrare poate fi scrisă complet astfel:

- pentru drenul fără material filtrant:

$$h = q \frac{Dv}{k} + \frac{qL^2}{8kD} + \frac{qL}{\pi k} \ln \alpha \frac{D_0}{U} + q \cdot L \cdot \frac{\xi_i}{k} \quad (76)$$

- pentru drenul înfășurat cu material filtrant:

$$h = q \cdot \frac{Dv}{k} + \frac{qL^2}{8kD} + \frac{qL}{\pi k} \ln \alpha \frac{D_0}{U} + q \cdot L \cdot \frac{\xi_{if}}{k} \quad (76')$$

Cu ajutorul relațiilor (76,76') se poate calcula distanța între drenuri L , care să realizeze norma de drenaj cerută la o anumită valoare a pierderilor de sarcină.

Stabilirea corectă a adîncimii de pozare a drenului H (fig. 3, 6, 21), impune efectuarea corectă a calculului pierderilor de sarcină h_v, h_o, h_r și h_i , precum și stabilirea corectă a normei de drenaj " z ", relația sa de calcul fiind:

$$H = z + h_v + h_o + h_r + h_i \quad (77)$$

sau

Se impune următoarea precizare legată de pierderi de sarcină la intrare (fig. 7):

- cazul drenului ideal (teoretic): $h_i = 0$, rezultă:

$$H = z + h_v + h_o + h_r \quad (77')$$

- cazul drenului real, fără material filtrant: $h_i = h_i$

$$H = z + h_v + h_o + h_r + h_i \quad (77)$$

- cazul drenului real, cu material filtrant înfăşurat în jurul său: $h_i = h_{if}$.

$$H = z + h_v + h_o + h_r + h_{if} \quad (77')$$

Analiza relațiilor (77) împreună cu schema fizică a curgerii apei în vecinătatea drenului (fig.7) arată că:

- pierderea de sarcină la intrare este nulă în cazul drenului ideal.

- pierderea de sarcină: $h_i > h_{if}$

- dacă cele trei drenuri (fig.7.a.b.și c) sînt pozate la aceeași adîncime H rezultă că relația dintre normele de drenaj realizate este următoarea:

$$z > z'' > z'$$

unde: z - norma de drenaj pentru drenul ideal

z' - idem, dren real cu material filtrant

z'' - idem, dren real.

- realizarea aceleiași norme de drenaj " z " ($z=z'=z''$) în toate cele trei cazuri, poate fi soluționată în două moduri:

a). micșorarea distanței între drenuri proporțional cu mărimea normei de drenaj pentru cazul drenului real cu material filtrant și respectiv al drenului real. Aceasta duce la un preț de cost ridicat al drenajului, recomandîndu-se a doua modalitate;

b) pozarea tubului de dren mai adînc cu însăși valoarea h_i și h_{if} în cazul drenului real și respectiv al drenului real cu material filtrant.

În cap.VIII al tezei se va prezenta modalitatea de proiectare corectă și completă a rețelelor de drenaj conform cerințelor de aplicare a relației generale (76), (76').

Cap.IV. REZISTENȚA LA INTRAREA APEI ÎN DRENURILE AGRICOLE

4.1. Generalități.

Intrarea apei subterane în drenurile agricole se face prin fantele de îmbinare ale tuburilor de ceramică, prin intermediul șlițurilor la drenurile din plastic netede și prin intermediul găurilor de intrare la cele din plastic riflalte.

Tuburile perfect poroase ("drenurile ideale") ar lăsa apa să intre pe întreaga lor suprafață, în practică intrarea apei făcîndu-se la drenurile reale numai prin intermediul suprafeței de intrare (fante, șlițuri, găuri) care reprezintă un anumit procent din suprafața totală a drenurilor, mărimea acestei suprafețe de intrare trebuind bine determinată pentru a avea un aflax corespunzător al apei în dren. Aceasta face ca valoarea rezistenței la intrare să fie în funcție de mărimea suprafeței

de intrare, de permeabilitatea solului din vecinătatea drenului, de materialul filtrant folosit. Mărimea suprafeței de intrare fiind dictată de sistemul de perforare adoptat, de calitatea drenului livrat de fabrica producătoare și de condițiile de execuție ale drenajului.

Complexitatea fenomenului intrării apei în dren și multitudinea factorilor care influențează acest fenomen impune studiul diferențiat al rezistenței la intrare pentru fante (drenurile ceramice) și perforații (drenurile din plastic netede și riflante).

4.2. Rezistența la intrare la fante.

La drenurile ceramice intrarea apei are loc prin fantele înguste care rămân întotdeauna deschise oricât ar fi de netede, bine prelucrate sau oricât de apropiate ar fi pozate.

Cu toate că pereții tuburilor de ceramică sînt foarte higroscopici totuși nu se ține seama de intrarea apei de-a lungul peretelui tubului.

În practică lățimea fantelor nu poate fi măsurată fiind dependentă de modul de prelucrare și rugozitatea capetelor terminale ale tuburilor precum și de calitatea pozării. În urma pozării este posibil, chiar în condiții stabile, ca tuburile de ceramică să nu rămîină constante datorită dilatării lor ca urmare a preluării umidității.

Influența acestui fenomen nu poate avea un efect deosebit asupra intrării apei (Pillsbury s.a, 1967).

Lățimea fantelor poate fi însă măsurată înainte de pozare, găsindu-se astfel că lățimea fantelor variază între 0,8 - 3 mm.

Lungimea tuburilor ceramice fiind de 33 cm, înseamnă că pe o lungime de 1 m de dren vom avea trei fante de intrare a apei, liniile de curent fiind nevoite să se curbeze foarte mult, fig. 22, spre fante pentru a putea ajunge la dren.

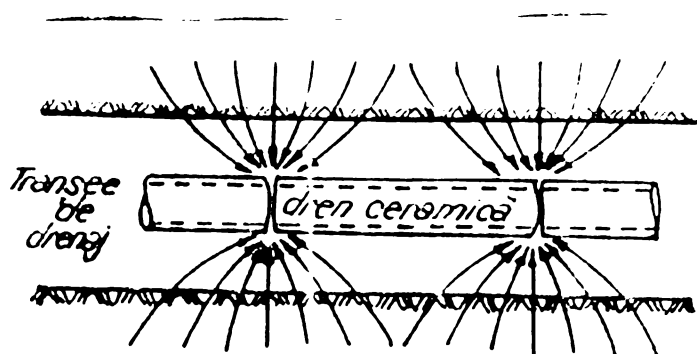


Fig. 22. Schema aflului de apă către drenul de ceramică (vedere în plan)

Preocupările diverșilor cercetători privitoare la soluționarea teoretică și pe cale experimentală a debitului și respectiv a rezistenței la intrare a acestor drenuri ceramice vor fi prezentate în continuare.

4.2.1. după Kozeny J.(1933)

Contactul dintre fante și sol se face prin limitarea fantelor tuburilor de către particole de pământ; această limitare putînd fi liniară (orizontală) sau sferică, fig.23, cel mai adesea fiind sferică [42,149].

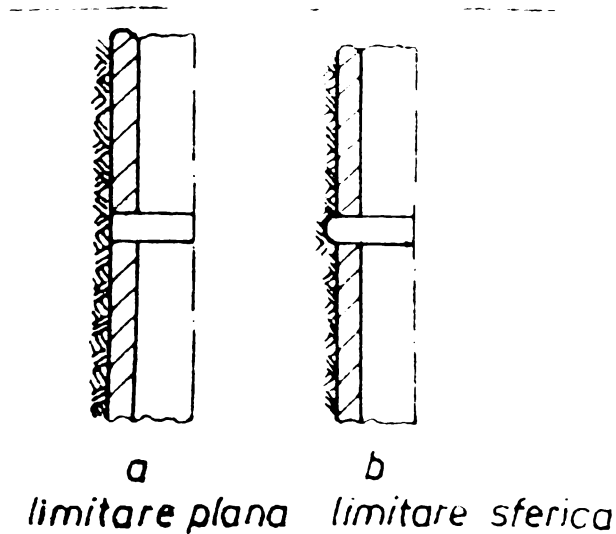


Fig.23. Scheme de limitare a fantei:
a - limitare liniară (orizontală)
b - limitare sferică.

Kozeny a stabilit legătura între lățimea fantei și debit, însă debitul crește într-o măsură mai mică decât mărimea lățimii fantei, astfel la o creștere a lățimii de la 0,2 la 2 cm debitul se dublează numai.

Pentru fantele cu limitare sferică a dat următoarea formulă:

$$h_{r+1} = h - h_0 = \frac{Q_1}{2\pi^2 \cdot k \cdot r} \ln \frac{2R(c + \pi r)}{c(2R + \pi r)} \frac{\ln \frac{\cosh^2 R/1\pi - 1}{\cosh^2 c/2\pi 1 - 1}}{2 \ln 2R/c} \quad (78)$$

În cazul cînd limitarea este orizontală trebuie să se înmulțească cu relația(79).

$$\frac{\ln 2R/c + (1 + 4R^2/c^2)^{1/2}}{\ln 2R/c} \quad (79)$$

Pentru un tub perfect poros la care h_i este nulă, este dată formula următoare:

$$h_r = h - h_0 = \frac{Q}{2\pi k} \ln \frac{R}{r} \quad (80)$$

unde: $h - h_0$ - diferența de sarcină între fantă și un punct la distanța R .

h_{r+1} - pierderea de sarcină radială și la intrare

h_1 - pierderea de sarcină la intrare

Q - debitul pe unitatea de lungime a tubului

k - coeficientul de filtrație al solului

U

- 2 r - diametrul tubului
- R - distanța deasupra fantei
- c - lățimea fantei
- l - distanța între două fante consecutive sau lungimea tubului.

Pierderea de sarcină h_{r+i} și respectiv h_r poate fi deci calculată cu formulele (78) și respectiv (80).

Pentru $c = 0,2$ cm, $r = 2 + 0,8 = 2,8$ cm, $l = 50$ cm și $R = 50$ cm. rezultă din:

- ecuația (78) $h_r = 2,6$ Q/k (limitare sferică) și ecuația (79)
 $h_{r+i} = 2,9 \cdot Q/k$ (limitare orizontală)
- ecuația (80) $h_r = 0,45$

Prin diferență pentru cele două cazuri rezultă: $h_i = 2,15$ Q/k, (81) și $h_i = 2,45$ Q/k, (82).

În realitate situația este mai nefavorabilă, intrarea apei producându-se cu intensități diferite dealungul lungimii fantei. Cea mai mare parte a apei intră prin partea inferioară. Pentru a îmbunătăți condițiile de intrare și a micșora rezistența la intrare este nevoie a se prevedea înfășurarea drenului cu material filtrant.

4.2.2. după Kirkham D. (1950)

Pentru tuburile poroase așezate în sol omogen da următoarea formulă:

(Luthin 1957) [157], [42,141]:

$$h_r = h - h_o = \frac{Q}{2\pi k} \ln \frac{2R}{r} \quad (83)$$

Kirkham și Dutz [157], au găsit pentru tuburile de drenaj cu fante de ceramică:

$$h_{r+i} = h - h_o = \frac{Q}{2\pi k} \left[\ln \frac{2R}{r} + \left(\frac{l^2}{2c\pi^2} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \right) \right] \quad (84)$$

unde: S_1, S_2 - termeni de însumare dependenți de c, l, r [141] calculați cu formulele:

$$S_1 = S(a, o) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \cdot \sin \frac{2n\pi c \cdot Ko(2n\pi r/l)}{1 \cdot K_1(2n\pi r/l)} \quad (85)$$

$$S_2 = S(a, c) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{4n c \cdot Ko(2n\pi r/l)}{1 \cdot K_1(2n\pi r/l)} \quad (86)$$

Valorile lui S_1 și S_2 calculate cu ajutorul relațiilor de mai sus sînt date în tabelul 9 funcție de valorile $2c/l$ și $2r/l$, semnificația elementelor se vede în figura 24.

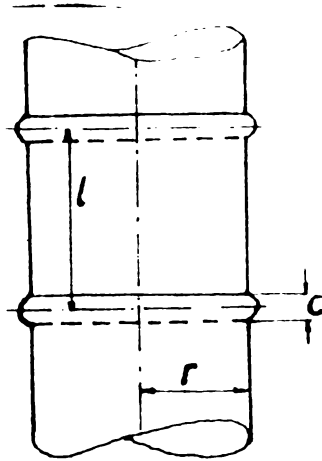


Fig.24. Elementele caracteristice ale unui tub de ceramică (Kirkham)

Tab.9. Valorile S_1 și S_2 calculate (Kirkham)

$2c/l$	$2r/l = 1,6/\pi$		$2r/l = 0,8/\pi$	
	S_1	S_2	S_1	S_2
0	1	2	3	4
32/1440	0,22912	0,18186	0,21141	0,16515
16/1440	0,13849	0,11455	0,12942	0,10572
8/1440	0,08128	0,06925	0,07668	0,06471
4/1440	0,04666	0,04066	0,04434	0,03834
2/1440	0,02634	0,02333	0,02517	0,02217
1/1440	0,01468	0,01317	0,01405	0,01259

- celelalte elemente, idem paragraful 4.2.1.

Pentru: $c = 0,2$ cm, $l = 30$ cm, $r = 2,8$, avem:

$$\frac{S_1 + S_2}{2} = 0,135 \text{ și } R = 50 \text{ cm și se obține:}$$

- din ecuația(83): $h_r = 0,6 Q/k$

- din ecuația(84): $h_{r+1} = 2,7 Q/k$.

Din relațiile (83) și (84) rezultă pierderea de sarcină la intrare:

$$h_1 = 2,1 \cdot Q/k. \tag{87}$$

Formula generală pentru h_1 are forma următoare:

$$h_1 = a \cdot Q/k \tag{88}$$

unde: a - constanta de intrare.

Valoarea obținută este apropiată de cea a lui Kozeny.

Dutz a găsit că pentru o fantă de 3 mm se pierde 50 % din sarcina totală pe o distanță de 2,5 cm de la fantă. Permeabilitatea și structura solului în imediata vecinătate a drenului avînd o mare influență asupra debitului, rezultă că tuburile de ceramică se comportă ca tuburi perfect poroase dacă sînt înfășurate de un filtru de pietriș.

Kirkham(1959) calculînd efectul curgerii spre fante la tuburile de ceramică a găsit pentru constanta de intrare (a) și diametrul echivalent(D_e) valorile din tabelul 10.

Tab.10. Constanta de intrare și diametrul echivalent după Kirkham.

Lățimea deschiderii fan-tei(mm)	0,2	0,4	0,8	1,6	3	6
a	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9
De(mm)	0,00025	0,0017	0,006	0,02	0,07	0,25

4.2.3. după Engelund F.(1953) [100] - definește pierderea de sarcină la intrare astfel:

$$h_1 = H_0 - H_1 = (\varphi_1 - \varphi_0) \cdot \frac{1}{k} \quad (89)$$

unde: H_0 - diferența de sarcină între suprafața reală a tubului și un punct mai îndepărtat;

H_1 - diferența de sarcină între tubul perfect perforat și același punct îndepărtat;

φ_1 - potențialul în punctul îndepărtat dacă tubul este perfect poros;

φ_0 - potențialul în același punct la tubul real;

k - coeficientul de filtrație al solului.

Pentru fante(fig.27) Engelund a găsit:

$$\varphi_0 = - \frac{Q_1}{2\pi^2 r} \ln \frac{1}{x \cdot c} \quad (90)$$

$$\varphi_1 = 0, \quad (91)$$

intr-un punct la distanța $c/2$ deasupra mijlocului fan-tei;

unde: Q_1 - debitul pe unitatea de lungime a tubului;

l - distanța între fante;

r - raza tubului;

c - lățimea fan-tei.

Pierderea de sarcină la intrare este:

- pentru limitare sferică

$$h_j = \frac{Q \cdot l}{2\pi^2 \cdot r \cdot k} \ln \frac{1}{\pi \cdot c} \quad (92)$$

- pentru limitare plană

$$h'_j = \frac{Q \cdot l}{2\pi^2 \cdot r \cdot k} \ln \frac{2l}{\pi \cdot c} \quad (93)$$

dacă: $c/l \ll 1$

$r/l > 1/2$

Ultima condiție nu corespunde cu valoarea reală la tuburile de ceramică.

Pentru $r = 2,8 \text{ cm}$, $l = 30 \text{ cm}$, rezultă $r/l = 0,093 < 1/2$.

Datele din tabelul 11 arată totuși că rezistența la intrare după Engelund este aproximativ aceeași cu cea după Kozeny.

Tab.11. Coeficientul de intrare "a" pentru fante la tuburile de ceramică cu raza exterioară de 2,8 cm.

Lățimea fantei	Kozeny		Kirkham Dutz	Engelund	
	fante sferice	fante orizontale		fante sferice	fante orizontale
0,2	2,15	2,45	2,1	2,1	2,48
1,0	0,90	1,11		1,23	1,60
2,0	0,87	1,05		0,85	1,22
	Ernst			De Jager	
	2 - 2,5			0,9	
	cu $\phi = 4 \text{ cm}$ și $0,05 \text{ cm}$ lățime			cu $\phi = 3,75 \text{ cm}$ și $0,1 \text{ cm}$ lățime	

4.2.4. Ernst (1954)

În cazul tuburilor de drenaj situate într-un sol omogen, Ernst a găsit [102], că trebuie să se țină cont de încă o rezistență hidraulică.

Explicarea acestei rezistențe fiind făcută prin aceea că perimetrul tubului poate fi considerat ca o linie echipotențială, acest lucru fiind adevărat în cazul tubului perfect poros.

În vecinătatea fantei tubului de ceramică curgerea apei este foarte complicată neputînd fi calculată cu exactitate. Este însă important a se cunoaște ordinul de mărime al rezistenței la intrare.

Pentru cazul cînd nu se ia în considerare și rezistența la intrare a fantei Ernst a găsit că:

$$h_i = a \cdot q/k \quad (94)$$

Ordinul de mărime al rezistenței la intrare este calculat de către Ernst prin interpolarea situației reale între două situații presupuse ce pot fi ușor determinate și a găsit că la un tub de dren cu diametrul $\phi 8 \text{ cm}$ și o fantă de $0,5 \text{ cm}$ coeficientul de intrare $a = 2 + 2,5$.

Scriind în continuare formula:

$$h = qL^2 \frac{1}{8 k D} = Q L \cdot \frac{1}{8 k D} \quad (95)$$

Pentru un sol omogen, rezultă că raportul rezistenței la intrare în imediata vecinătate a fantei față de rezistența pămîntului este:

$$\frac{h}{h_i} = \frac{L}{20 D} \quad (96)$$

unde: q - debitul specific

Q - debitul drenului

L - distanța între drenuri

D - adîncimea stratului impermeabil sub nivelul drenului.

Rezultă din relația (96) că h_i are același ordin de mărime ca și h , putînd fi de multe ori mai mare. Spre exemplu, în cazul scurgerii nestaționare nivelul freatic ar trebui să prezinte numai o mică curbare (denivelare) și de regulă deasupra tubului de dren de-a lungul unei perioade mai lungi ar trebui să fie apă subterană. Considerînd solul din șanțul de drenaj permeabil Ernst neglijează pierderea la intrare menționînd că în practică se întîlnește rar acest fenomen.

4.2.5. după De Jager (1960). Admite pentru rezistența radială formula tip Ernst:

$$R_r = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D_o}{U} \quad (97)$$

pe care o suplimentează cu rezistența la intrare:

$$W_1 = a/k \quad (98)$$

Astfel pe o distanță de $0,707 D$ față de dren (fig.25) consideră că se extind cele două rezistențe:

$$h_{r+i} = h_r + h_i = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{D_o}{U} + a \cdot \frac{Q}{k} \quad (99)$$

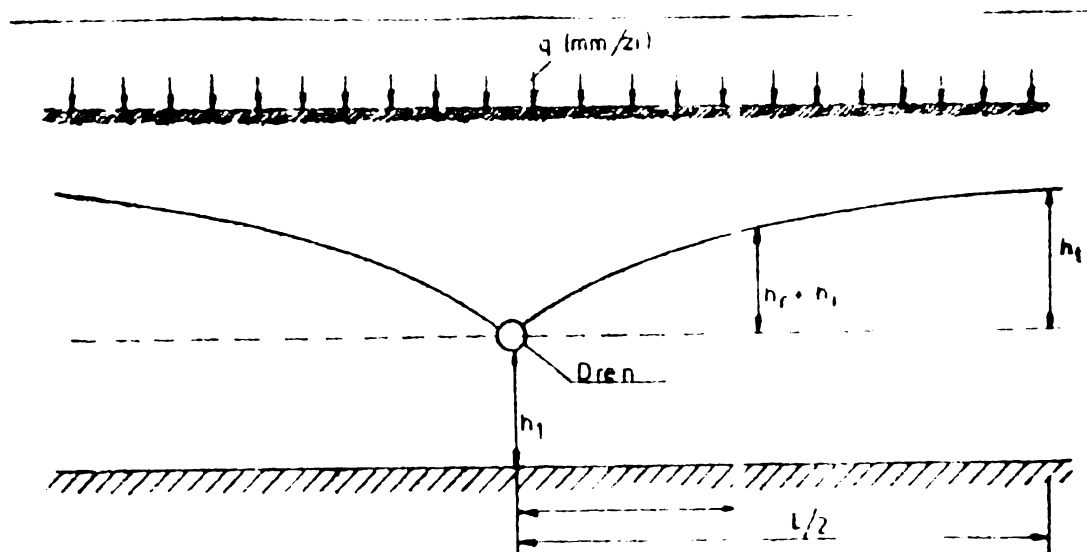


Fig.25. Schema considerată de De Jager (1960)

Efectuînd măsurători pe stand [100] pentru un tub de ceramică ϕ 5 cm interior și ϕ 7,5 cm exterior, avînd lățimea fantei estimată la 1 mm a găsit pentru coeficientul de intrare valoarea $a = 0,9$.

De Jager a considerat mai aproape de realitate calculul pe baza factorului minim de permeabilitate al șanțului de drenaj. Astfel, dacă diametrul exterior al tubului este $\phi_{ext} = 8$ cm, debitul specific de drenaj $q = 7$ mm/zi și distanța între drenuri $L = 12$ m rezultă:

- după Ernst cu $a = 2,5$.

$$0,08 = 2,5 \cdot \frac{0,007 \cdot 12}{k}, \text{ deci: } \underline{k = 2,6 \text{ m/zi}}$$

- după De Jager cu $a = 0,9$

$$0,08 = 0,9 \cdot \frac{0,007 \cdot 12}{k}, \text{ deci: } \underline{k = 1,0 \text{ m/zi}}$$

Valorile lui De Jager ($a = 1$) nu se apropie prea mult de cele ale lui Ernst ($a = 2 - 2,5$) așa cum o fac cele găsite de Engelund ($a = 1,86 - 2,15$) pentru dimensiunile mai sus amintite și calculate cu formulele (92) și (93).

Este posibil că metoda de măsurare a lui De Jager nu permite compararea directă cu valorile calculate.

4.2.6. după J.C.Cavelaars (1965, 1966, 1967), - formulele (89), (92), (93), (94) ale lui Kirkham (1950), Engelund (1953) și Ernst (1962) au toate structura formulei 94 și anume:

$$h_i = a \cdot \frac{q}{k} \quad (94)$$

admițând limitarea plană și semicirculară a suprafeței de intrare a găurii considerate de Engelund și Kirkham (fig.26).

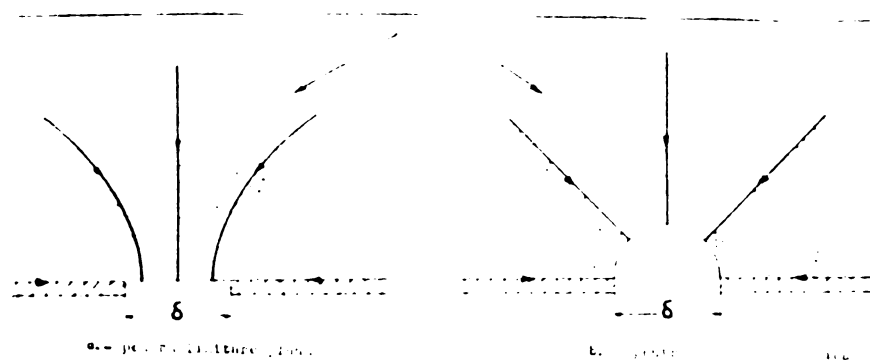


Fig.26. Condițiile de limită la deschizăturile din peretele tubului de dren.

Cavelaars calculează [69,71] valorile coeficientului de intrare "a" pentru drenul de ceramică (fig.27) cu formulele:

$$\underline{\text{Kirkham:}} \quad a = \frac{c^2}{2\pi^2 r_0 \cdot \delta} \cdot S \quad (100)$$

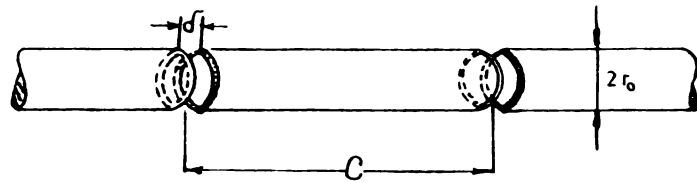
în care:

S - este totalizarea seriilor, depinzând de c, δ și r.

$$\underline{\text{Engelund:}} \quad a = \frac{c}{2\pi r_0} \ln \frac{2c}{\pi \cdot \delta} - \text{limitare plană} \quad (101)$$

$$a = \frac{c}{2\pi^2 \cdot r_0} \ln \frac{c}{\pi \cdot \delta} - \text{limitare semicirculară}, \quad (102)$$

$$\underline{\text{Ernst:}} \quad a = \frac{1}{90} \left(\frac{c}{r_0}\right)^2 + \frac{1}{3} \frac{c}{r_0} + \frac{1}{3 \cdot 3} \frac{c}{r_0} \ln \frac{r_0}{\delta} \quad (103)$$



Tub cu deschideri circumferențiale (tuburi ceramică)

Fig.27. Elementele geometrice ale tuburilor de ceramică.

Valorile coeficientului de intrare α calculate și determinate de Cavelaars sînt prezentate în fig.28.

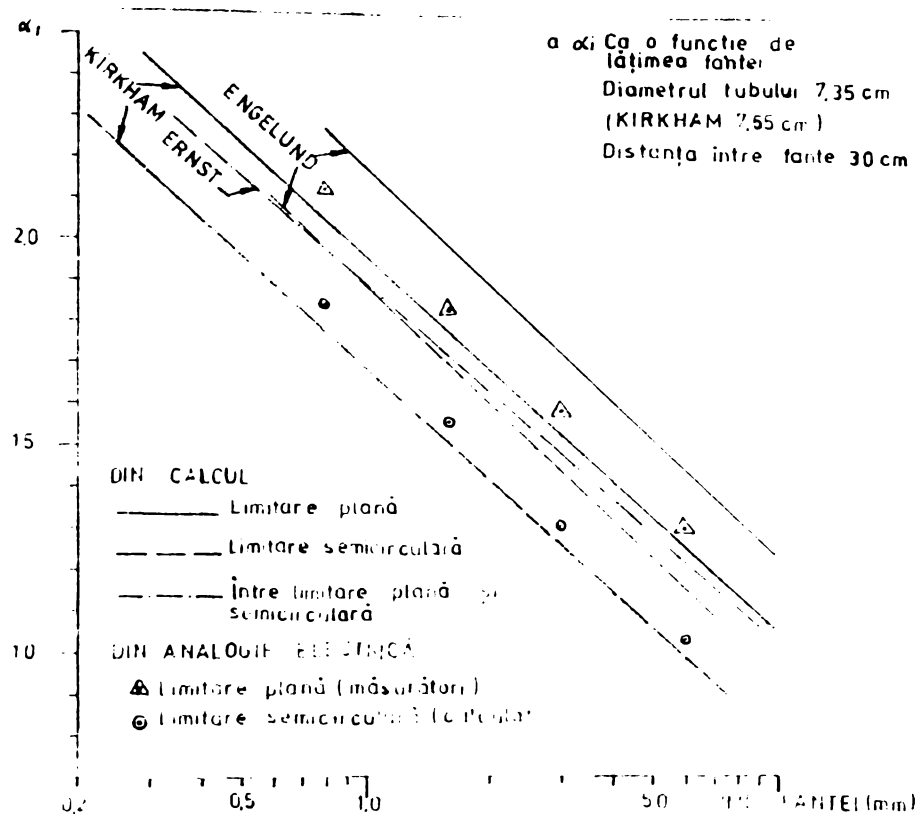


Fig.28. Valorile coeficientului de intrare pentru diferite lățimi ale fantei drenului de ceramică. [69].

4.2.7. I. David (1981), [79,245] - continuînd cercetările lui Widmoser a stabilit pe cale analitică (aproximativă) o formulă care permite evaluarea coeficientului de rezistență la intrare pentru drenurile de ceramică și plastic netede sau riflalte.

Pentru cazul real al fantelor (fig.4/4 d) la tuburile de

ceramică cînd există numai fante continue pe circumferința tubului de dren, relația de calcul este:

$$\xi_{if} = \frac{2 B}{\pi^2 \cdot d_o} \left[\ln \frac{1}{\sin \frac{\pi l}{2B}} + \frac{1-x}{2x} \ln(B_1 + \sqrt{B_1^2 + 1}) (B_2 + \sqrt{B_2^2 + 1}) \right] \quad (104)$$

Semnificația elementelor din formula (104) este dată la paragraful 4.3.9 și fig.44.d.

Față de celelalte formule prezentate, în aceasta se ține seama, pe lîngă elementele geometrice ale tubului de dren, de grosimea și permeabilitatea materialului filtrant (colmatat) și permeabilitatea solu-lui din jurul drenului.

Pentru cazul cînd materialul filtrant lipsește ($x = \frac{K_f}{K_o} = 1$), fantele transversale sînt continue relația (104) se reduce la forma următoare:

$$\xi_1 = \frac{2 B}{\pi^2 d_o} \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi l}{2B}} \simeq \frac{2 B}{\pi^2 d_o} \ln \frac{2 B}{\pi l} \quad (105)$$

regăsindu-se astfel formulele de calcul stabilite de Kirkham și Engelund.

4.2.8. autorul tezei - pentru drenurile de ceramică produse în țara noastră au fost efectuate determinări pe modele hidraulice pentru stabilirea coeficientului de intrare și comportarea lor la drenaj în complex cu diferite materiale filtrante sau fără, comparativ cu drenurile din plastic.

Rezultatele studiilor proprii, prezentate la paragraful 6.2 împreună cu cele ale lui Kozeny, Kirkham, Engelund, Ernst, Jager, Cavelaars și I. David, permit evidențierea următoarelor concluzii parțiale:

- rezistențele hidraulice la intrare calculate de Kozeny, Kirkham, Engelund și De Jager nu diferă prea mult unele de altele ca valoare (tab.11).

- din formule și rezultatele experimentale se observă că lățimea fantei exercită o mică influență, în timp ce diametrul este de o mai mare importanță.

- dacă nu se ține seama de acțiunea drenantă a șanțului de drenaj sau permeabilitatea pămîntului în imediata vecinătate a tubului care poate fi insuficientă, rezistența la intrare poate fi importantă ca mărime și efect.

- prin folosirea materialelor filtrante se îmbunătățesc condițiile de intrare rezultînd valori mai mici ale coeficientului de intrare.

4.3. Rezistența la intrare la perforații

Fiind perforate uniform pe toată suprafața și lungimea lor, tuburile din plastic (netede și riflante) permit calculul teoretic al rezistenței la intrare. La aceste tuburi, dacă materialul de umplură a șanțului de drenaj are o bună permeabilitate, circulația curentului subteran de apă are loc ca în fig. 29, firele de curent fiind perpendiculare pe tubul de dren paralele și echidistante.

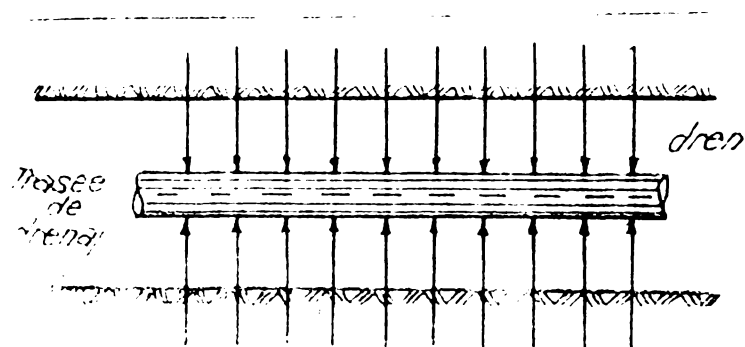


Fig. 29. Spectrul firelor de curent în cazul tuburilor din plastic perforate continuu, așezate într-un șanț cu material de umplură cu bună permeabilitate.

Perforațiile tuburilor din plastic pot fi circulare, ovale, pătrate sau dreptunghiulare fiind dezvoltate fie în lungul tubului fie în sens transversal pe tubul de dren.

Cercetări asupra tuburilor din plastic perforate au fost efectuate de către: Kirkham și Schwab, Englund, Wesselling, Jager, Beken, Boumans, Cavelaars, I. David și autorul tezei.

4.3.1. Kirkham și Schwab (1951) - au analizat [142] tuburile de polietilenă ce ar fi trebuit trase de un plug cîrțiță, sub aspectul influenței perforațiilor circulare asupra debitului. Pentru curgerea apei către aceste perforații au stabilit o relație matematică pe care au verificat-o cu ajutorul unui model electric.

Experimentul a demonstrat posibilitatea utilizării matematicii pentru calculul efectului diferitelor dimensiuni și răspîndiri a perforațiilor pe tubul de dren.

La o limitare sferică, formula de calcul a pierderilor de sarcină, respectiv a debitului este:

$$h_{r+i} = h - h_0 = \frac{Q}{2\pi k} \left(c + \ln \frac{2R}{r} \right) \quad (106)$$

și la o limitare dreaptă este:

$$h_{r+i} = h - h_0 = -\frac{Q}{4k} \left(c + \ln \frac{2k}{r} \right) \quad (107)$$

unde simbolurile sînt ca și la relațiile precedente, iar c este o constantă ce se poate determina analitic depinzînd de răspîndirea perforațiilor, raza și diametrul tubului de dren.

Ca și la fante, analog se poate calcula rezistența la intrare sau raportul între debite cu ajutorul formulelor (106) (107) și formula (83) pentru un tub perfect poros.

Kirkham a verificat aceste rezultate prin măsurători experimentale pe un model electric pentru tuburile de dren perforate cu găuri sferice, circulare (plane) și pentru un dren perfect poros ("perforat complet").

4.3.2. Engelund(1953) - soluționează [100] problema separat pentru perforațiile circulare și longitudinale.

a) perforații circulare - curba tubului de dren în acest caz are o mică influență, calculul rezistenței la intrare poate fi limitat la o problemă plană.

Engelund a determinat astfel o formulă simplă pentru pierderea de sarcină suplimentară pentru perforațiile circulare cu limitare sferică:

$$h_1 = \frac{Q}{2k c} \left[1 - \frac{1}{\pi} (3,91 - 21 \ln \frac{l_2}{l_1}) \cdot \frac{c}{l_1} \right] \quad (108)$$

unde: l_1, l_2 - distanțele între perforații în direcția y și x .
 c - diametrul perforației.

Valoarea rezistenței la intrare calculată cu această relație are același ordin din mărime cu valoarea calculată cu formulele lui Kirkham și Schwab.

b) perforații longitudinale - a calculat în mod similar rezistența la intrare pentru șlițurile paralele cu axa tubului (fig. 30)

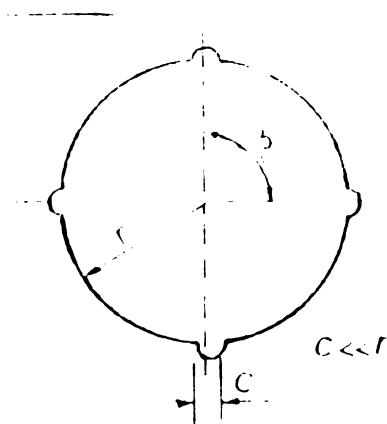


Fig. 30. Șlițuri longitudinale cu limitare sferică.

Pentru limitarea sferică a stabilit formula:

$$h_1 = \frac{\beta \cdot Q}{2\pi^2 \cdot k} \ln \frac{\beta r}{\pi c} \quad (109)$$

iar pentru limitarea dreaptă relația:

$$h_i = \frac{\beta \cdot Q}{2\pi^2 \cdot k} \ln \frac{2\beta \cdot r}{\pi \cdot c} \quad (110)$$

Aceste relații pentru șlițuri nu diferă prea mult de formula (92) pentru fante, se poate presupune că $l = \beta \cdot r$.

4.3.3. Wesselling (1957, 1959, 1967, 1980) - a efectuat determinări de laborator pe un stand cu nisip (260 x 150 x 40 cm) asupra tuburilor de polietilenă introduse în polderul Barth (1957-1959), studiind modul de comportare a unui tub de 4, 2 și 1 cm diametru cu tăieturi (șlițuri) transversale de 1 mm lățime și 1,25 lungime, rezultând o suprafață totală a perforațiilor de 3,2; 6,4 și 12,8 cm²/ml. Nisipul folosit în stand a avut $k = 48$ m/zi. A determinat valorile rezistenței la intrare măsurând rezistența totală în vecinătatea drenului și micșorând această valoare cu rezistența radială pentru drenul ideal. Valorile găsite pentru coeficientul de intrare pentru tuburile experimentale sînt cuprinse între 0,2-1,2, funcție de suprafața găurilor.

În 1967 Wesselling și Homma [249] în baza cercetărilor efectuate de Jager (1960), Beken (1962) și Boumans (1963) concepe un stand vertical cu nisip pentru măsurarea rezistenței la intrare, urmărind determinarea factorului care influențează rezistența la intrare precum și măsura în care o influențează.

Rezistența la intrarea apei în dren a fost calculată din nivelul apei în intervalul tubului (h_i), înălțimea piezometrică în afara tubului de dren (h_o) și debitul pe unitatea de lungime a tubului (q/h_i) astfel:

$$w_i = \frac{h_o - h_i}{q/k_i} \quad (111)$$

Piezometrele au fost amplasate în stand în scară logaritmică.

Pentru a putea compara valorile rezistenței la intrare pentru variația diametrului drenului, Wesselling a folosit următoarea formulă:

$$w_j = \frac{h_{3,5} - h_i}{q/h_i} = \frac{\Delta h_{3,5} \cdot h_i}{q} \quad (112)$$

unde: $h_{3,5}$ - înălțimea piezometrică la 3,5 cm de la centrul tubului de dren.

Cercetările lui Wesselling și Homma s-au efectuat asupra tuburilor de dren cu \emptyset 4,5 și 7 cm avînd 2,4 sau 8 rînduri de perforații cu sau fără materiale filtrante acoperitoare, evidențiindu-se influența timpului, a numărului perforațiilor, a diametrului drenului și a materialului filtrant folosit asupra rezistenței la intrarea apei în aceste tuburi produse în Olanda.

În fig.31 este prezentată influența numărului rîndurilor de găuri asupra coeficientului de intrare "a" pentru un tub de dren din plastic cu ϕ 4 cm înfășurat cu o foiță împîslitură din fibre de sticlă (IFS).

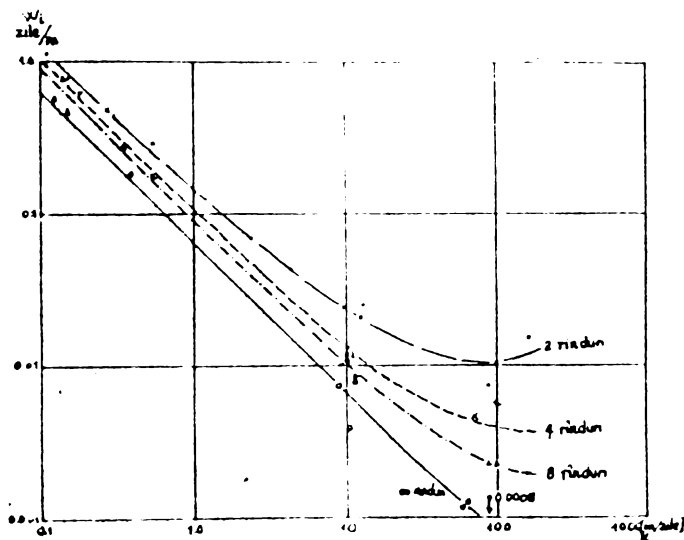


Fig.31. Influența numărului rîndurilor de găuri asupra lui "a" la un dren cu ϕ 4 cm înfășurat cu I.F.S (Wesselling și Homma,1967).

Pe standurile realizate de Wesselling și Homma existente în cadrul laboratorului de la Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, OLANDA a efectuat și autorul tezei măsurători, rezultatele fiind prezentate în cap.VI al tezei. O parte din ele au fost publicate de autorul tezei [159].

4.3.4. De Jager (1960) - a efectuat cercetări [136] pe un stand cu nisip de 200 x 120 x 100 cm presupunînd că pierderea de sarcină totală măsurată este dată de formula:

$$h_t = q \cdot L \cdot w/r + q \cdot L \cdot w_i \quad (113)$$

unde: h_t - pierderea de sarcină totală
 w_r - rezistența radială
 w_i - rezistența la intrare.

Rezistența radială a fost calculată din expresia stabilită de Ernst:

$$w_r = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D}{\pi \cdot r} \quad (114)$$

unde: D - adîncimea de la suprafața liberă a apei pînă la stratul impermeabil.

r - raza hidraulică a tubului de dren.

Pentru a compara diferitele tuburi privind acțiunea lor drenantă a aplicat același principiu cu cel al lui Wesselling, calculînd rezistența radială cu formula lui Ernst, iar coeficientul de intrare a fost calculat cu formula:

$$h_i = a \cdot q \cdot L/k \quad (115)$$

care a servit ca etalon pentru comportarea diferitelor tuburi încercate.

După De Jager, valorile coeficientului de intrare pentru tuburi de plastic (Wavin) cu diferiți diametri și perforații ferestruite nu sînt constante. După o primă serie de măsurători Jager a putut determina o relație liniară între coeficientul de intrare și suprafața perforației (fig.32).

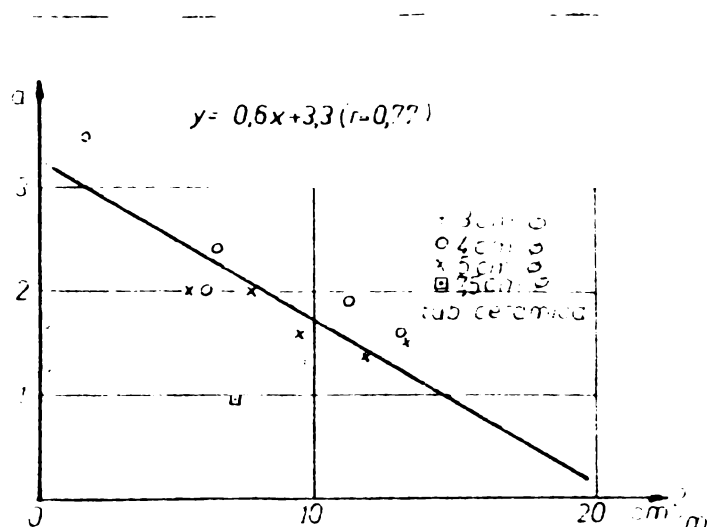


Fig.32. Relația între coeficientul de intrare și suprafața perforațiilor după De Jager (1960), (prima serie de măsurători).

După încă o serie de măsurători, cînd s-a studiat și drenurile cu filtru, găsindu-se că funcționarea necorespunzătoare a drenului este cauzată de înfundarea perforațiilor cu particole de sol dacă nu sînt acoperite cu material filtrant, a găsit între coeficientul de intrare și suprafața perforațiilor relația din fig.33.

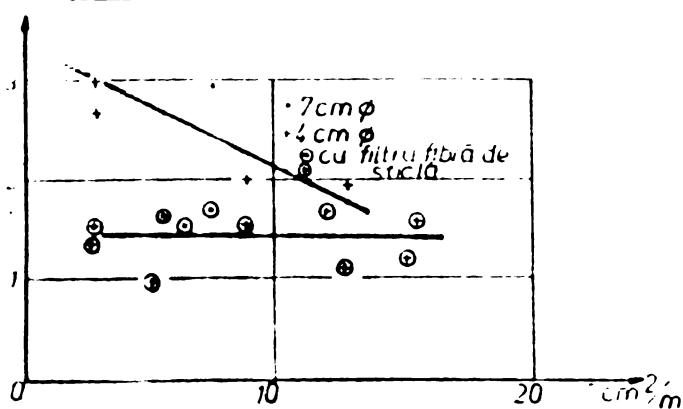


Fig.33. Relația între coeficientul de intrare și suprafața perforațiilor după De Jager (după a 2-a serie de măsurători).

Pentru valorile obținute la tubul fără împîslitură fibră sticlă s-a determinat (fig.30) o relație liniară, totuși la suprafața perforațiilor > 10 cm²/ml valoarea coeficientului de intrare devine constantă.

La tuburile acoperite cu împîslitură fibră de sticlă ca material filtrant De Jager arată că valorile lui "a" rămîn constante oricare ar fi diametrul, lățimea perforațiilor sau suprafața perforațiilor > 3 cm²/ml. Concluzia ce se desprinde este că suprafața efectivă de intrare se micșorează printr-o blocare parțială a perforațiilor cu particule de nisip, deși nu s-a constatat spălarea nisipului în tubul de dren. Foarte puține perforații ar rămîne intacte fără mărirea simțitoare a rezistenței la intrare dacă drenul nu se acoperă cu ceva împotriva înfundării.

4.3.5. A. van der Beken (1962) - ca și De Jager (1960) a efectuat [42] măsurători pe un stand (2,00 x 1,00) dreptunghiular hidraulic cu apă, considerînd curgerea radială către un dren așezat la mijlocul standului (centru de drenaj), într-un strat omogen. Piezometrele au fost așezate la distanța de 0,10, 0,20 și 0,30 m de la mijlocul tubului de dren.

Pierderea de sarcină radială o calculează cu relația:

$$h_r = wq \cdot L = \frac{q \cdot L}{k} \ln \frac{D}{\pi \cdot r} = q \frac{L}{k} \cdot \ln \frac{D}{u} \quad (116)$$

unde: w - rezistența radială

r - raza drenului ("centrului de drenaj")

u - perimetrul udat al drenului.

Adoptă relația lui Ernst pentru pierderea de sarcină la intrare:

$$h_i = a \cdot \frac{q \cdot L}{k} \quad (117)$$

Beken a studiat influența suprafeței perforațiilor asupra coeficientului de intrare "a" rezultatele fiind prezentate în fig.34.

Plecînd de la relațiile (109,110) ale lui Engelund pentru șlițurile longitudinale forma generală a expresiei lui "a" după Beken este:

$$a = \frac{100 \cdot l}{n \cdot l} \cdot \frac{\beta}{2\pi^2} \ln \frac{\beta \cdot r}{\pi \cdot c} \quad (118)$$

dar: $\beta = 2\pi/i$, astfel expresia lui "a" devine:

- pentru limitare sferică:

$$a = \frac{100}{\pi \cdot n \cdot l} \cdot \ln \frac{2r}{i \cdot c} \quad (119)$$

- pentru limitare plană:

$$a' = \frac{100}{\pi \cdot n \cdot l} \cdot \ln \frac{4r}{i \cdot c} \quad (120)$$

unde: n - numărul total de șlițuri pe metru liniar

l - lungimea unui șliț

2r - diametrul tubului

i - numărul longitudinal de șiruri de șlițuri

c - lățimea șlițului.

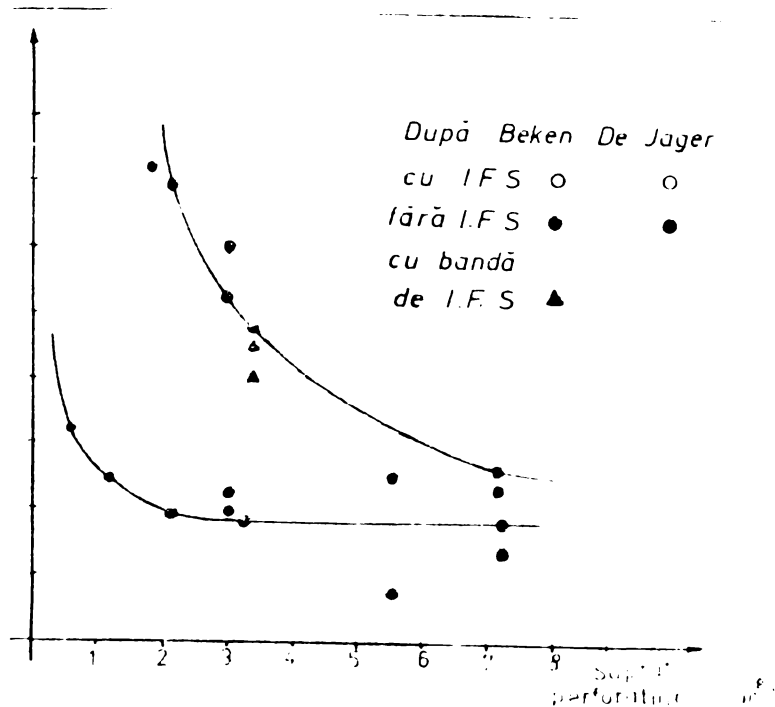


Fig.34. Relația între "a" și suprafața perforațiilor.

Pentru: $l = 2,6 \text{ cm}$, $2r = 4 \text{ cm}$, $i = 4$ și $c = 0,035 \text{ cm}$, Beken a găsit următoarele expresii pentru "a":

$$(119) \text{ devine: } a = 36/n, \quad (121)$$

$$(120) \text{ devine: } a = 44/n, \quad (122)$$

Aceste două ecuații (121,122) sînt de forma: $y = k \cdot x$, deci ecuațiile hiperbolelor a căror coordonate sînt asimtotice, k fiind puterea hiperbolei.

Cu ajutorul unei transformări $V = Au + B$ și a metodei celor mai mici pătrate, pe baza măsurătorilor efectuate, Beken, a găsit pentru "a" următoarele expresii:

- pentru cazul înfășurării drenului cu un strat de împîslitură fibră de sticlă (5 măsurători):

$$a = 1,8/n + 1,29; \quad (r = 0,56) \quad (123)$$

- fără împîslitură de sticlă (3 măsurători)

$$a = 37,5/n + 0,86; \quad (r = 0,94) \quad (124)$$

- doar cu benzi de împîslitură fibră sticlă (5 măsurători)

$$a = 44,6/n + 0,77; \quad (r = 0,95). \quad (125)$$

Efectuînd cercetări și asupra complexului dren plus filtru din împîslitură de fibră de sticlă ajunge la concluzia că împîslitura ar avea o influență favorabilă asupra curgerii apei probabil datorită faptului că înlătură caracterul hidrofob al plasticului.

Pentru a determina teoretic valoarea lui "a", Beken, consideră o jumătate de tub de plastic cu un șliț în secțiunea transversală, aceasta

ar putea fi considerat ca o aproximare a unei jumătăți de dren poros cu diametrul de 0,6 mm și care ar da față de un dren poros cu diametrul de 4 cm o pierdere de sarcină extra calculată cu formula:

$$h_i = \frac{Q}{k} \ln 67, \quad (126)$$

care exprimată cu ajutorul coeficientului de intrare "a" devine:

$$h_i = 1,32 \cdot Q/k \quad (127)$$

Pentru un dren cu 12 șlițuri/ml înfășurat cu împîslitură de fibră de sticlă și vată de sticlă, Beken, a obținut valori pentru "a" egale cu 1,5 respectiv 0,8.

4.3.6. J.H.Boumans(1963)

Admite că pierderea de sarcină la intrare este proporțională cu debitul de intrare și rezistența la intrare. Rezistența la intrare după Boumans [54] este invers proporțională cu coeficientul de permeabilitate și este mai departe determinat de un factor de proporționalitate a, care se compune dintr-un factor "a_r" ce dă indicații asupra proprietății tubului (forma și numărul perforațiilor) și un factor α care caracterizează scurgerea în vecinătatea tubului.

Astfel:

$$h_i = q \cdot L \cdot w_i = \frac{2L}{k} \cdot a = q \cdot \frac{L}{k} \cdot a_r \cdot \alpha \quad (128)$$

unde: a_r- constantă de intrare a tubului(este valoarea lui a la o scurgere radială de jur împrejurul drenului de la ∞, în care caz α = 1, fig.35.

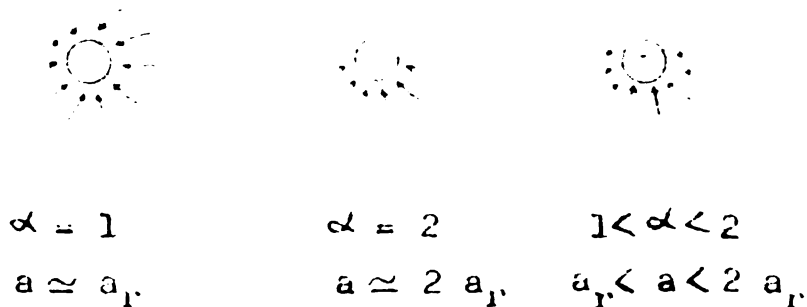


Fig.35. Valorile lui α și a_r pentru diferite situații de drenaj.

Introduce noțiunea de diametru echivalent al unui tub de dren definindu-l ca diametrul pe care un tub fictiv cu perete perfect permeabil ar trebui să-l aibă ca la o curgere radială de la infinit și o diferență de sarcină egală să dea același debit. Intre constanta de intrare "a", diametrul exterior al drenului "D" și diametrul echivalent "D_e" există următoarea relație:

$$a_r = 0,565^{10} \cdot \log \frac{D}{D_e} \quad (129)$$

Boumans a efectuat cercetări pe un stand hidraulic [54] asupra valorii lui a_p pentru un tub de plastic cu diferite perforații cu sau fără filtru folosind nisipuri cu $k = 6 - 9$ m/zi (nisip I) și $2 - 3$ m/zi (nisip II).

Rezultatele măsurătorilor sînt prezentate în fig.36.

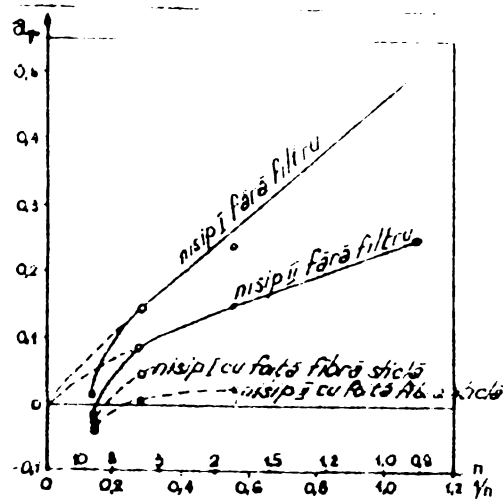


Fig.36. Valorile a_p funcție de lungimea relativă a perforației drenului pentru diferite nisipuri, cu și fără filtru.

4.3.7. J.C.Cavelaars (1965,1967) - a efectuat [69,71] cercetări asupra tuburilor cilindrice, cu șlițuri longitudinale paralele cu axul tubului (fig.37). A aplicat formulele de calcul ale lui Englund pentru calculul coeficientului de intrare ($a_i = a$):

- pentru limitarea plană:

$$a = \frac{1}{\pi \cdot n} \ln \frac{2 \cdot r_0}{\pi \cdot \delta} \tag{130}$$

- pentru limitare circulară:

$$a = \frac{1}{\pi \cdot n} \ln \frac{\beta \cdot r_0}{\pi \cdot \delta} \tag{131}$$

unde: n - numărul șlițurilor.

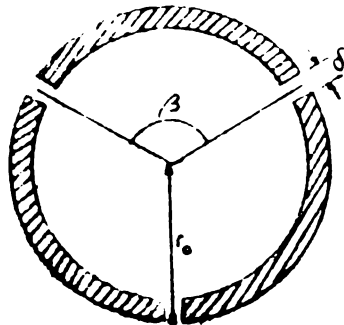


Fig.37. Tub de dren cu șlițuri longitudinale (Cavelaars).

Cavelaars a determinat constanta de intrare a și prin analogie electrică pe un model electric realizat de Van Ouwerkerk.

În figurile 38 și 39 sînt prezentate rezultatele obținute de Cavelaars [69] pentru valorile lui a funcție de lungimea și respectiv

lățimea șlițului.

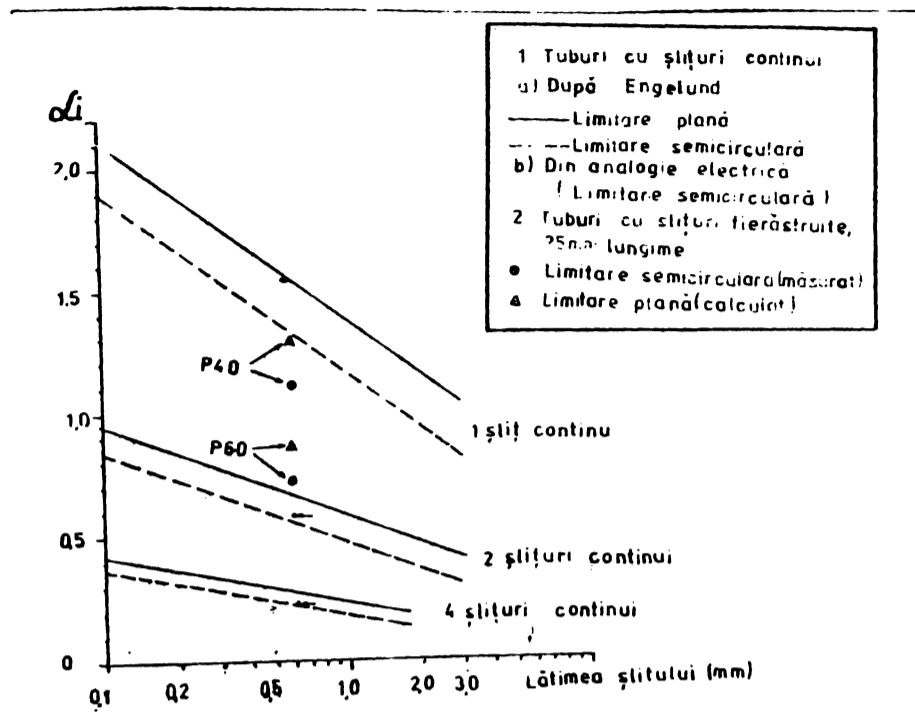


Fig.38.Valorile a în funcție de lățimea(mm) șlițului(Cavelaars,1965).

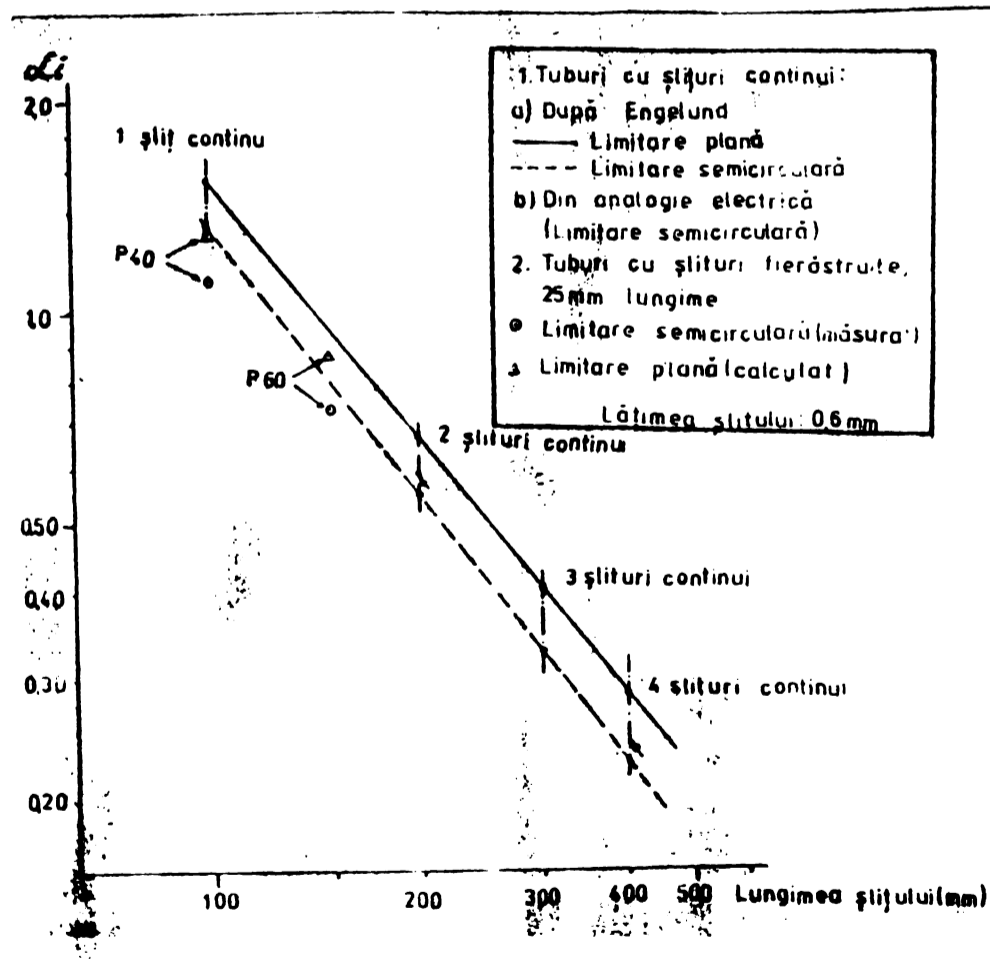


Fig.39.Valorile a în funcție de lungimea șlițului(Cavelaars,1965).

4.3.8. după P. Widmoser (1966, 1967, 1972) - a întreprins o serie de cercetări teoretice și experimentale analogice pentru cazul ideal al fantelor continue pe toată lungimea tubului de dren caz teoretic de perforarea drenului [255, 256, 257, 258].

În cazul când în jurul drenului nu există filtru Widmoser a stabilit următoarea formulă de calcul a rezistenței de intrare ($w_E \cong a$):

$$a = \frac{1}{n\pi} \ln \frac{1}{\sin \frac{n\alpha}{H}} \quad (132)$$

unde: - elementele au semnificația din fig. 40, iar n - numărul de fante.

Dacă notăm: $\alpha \cdot r = b$, rezultă $\alpha = \frac{b}{r} = \frac{2b}{D}$ și astfel formula (132) devine:

$$a = \frac{1}{n\pi} \ln \frac{1}{\sin \frac{nb}{D}} \quad (133)$$

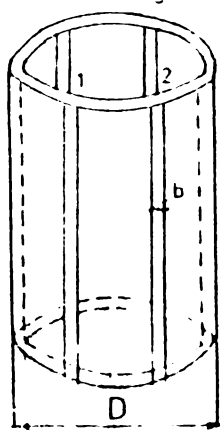


Fig. 40. Vedere fante continue executate pe tubul de dren.

Pentru stabilirea acestei formule Widmoser folosește teoria mișcării potențiale și transformări conforme.

Pentru cazul considerării efectului filtrului Widmoser întreprinde o serie de experimentări analogice [258] trasînd pentru unele cazuri și spectrul mișcării în vecinătatea filtrului, ca în fig. 41.

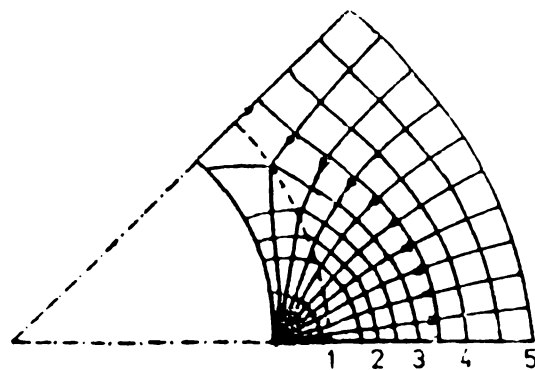


Fig. 41. Spectrul mișcării pentru drenul cu fante continue și filtru subțire ($n = 4$, $B = 0,032 R_0$, $x = 10$).

Widmoser prezintă rezultate și pentru o gamă de cazuri cu diferite grosimi ale filtrului și diferite rapoarte ale coeficientului de filtrație a filtrului și terenului ($\chi = \frac{k_{\text{filtru}}}{k_{\text{sol}}} = 0,1-10$) în fig.42 și 43.

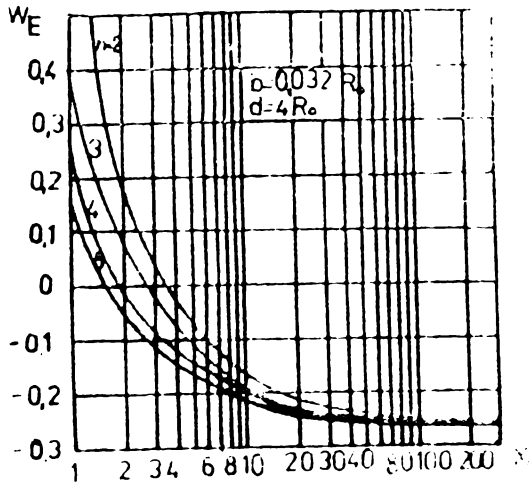


Fig.42. Valorile a pentru filtre groase ($d=4R_0$) în funcție de numărul și numărul de rânduri de fante n și a permeabilității filtrului.

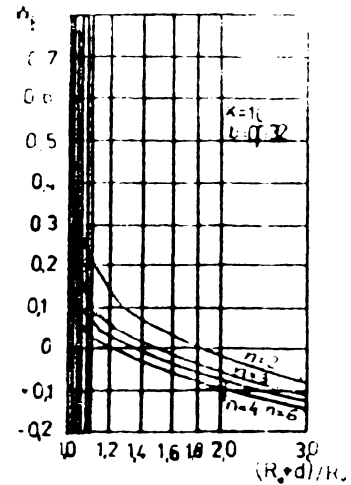


Fig.43. Valorile a la filtre subțiri în funcție de numărul de rânduri de fante și grosimea d , $b=0,032$, $\chi=10$.

4.3.9. după I.David(1979,1980), [79] - continuând cercetările lui Widmoser a stabilit o relație de calcul generală pentru coeficientul de rezistență la intrare valabilă pentru geometriile perforațiilor (șlițuri și fante) din fig.44 în condițiile prezentei sau absenței materialului filtrant în jurul tubului de dren (plastic sau ceramica).

Metoda utilizată pentru stabilirea formulei de calcul a coeficientului de intrare este cea a teoriei mișcării potențiale plane (transformări conforme) și evaluarea efectelor suplimentare ale curburii liniilor de curent în planul normal pe axa drenului.

Relația de calcul stabilită are următoarea formă ($a \equiv S_{if}$):

$$S_{if} = \alpha \left[\ln \frac{1}{\sin \frac{nb}{2d_0}} + \frac{1-\chi}{2\chi} \ln(A_1 + \sqrt{A_1^2 + 1})(A_2 + \sqrt{A_2^2 + 1}) \right] + \beta \left[\ln \frac{1}{\sin \frac{\pi l}{2B}} + \frac{1-\chi}{2\chi} \ln(B_1 + \sqrt{B_1^2 + 1})(B_2 + \sqrt{B_2^2 + 1}) \right] \quad (135)$$

unde:

- pentru orificii (șlițuri) practicate în lungul generatoarei fig. 44.a și fig.44.b ($l > b$), α și β au expresiile

$$\alpha = \frac{2B}{n\pi l} ; \quad \beta = \frac{2B}{\pi^2 \cdot d_0} \quad (136)$$

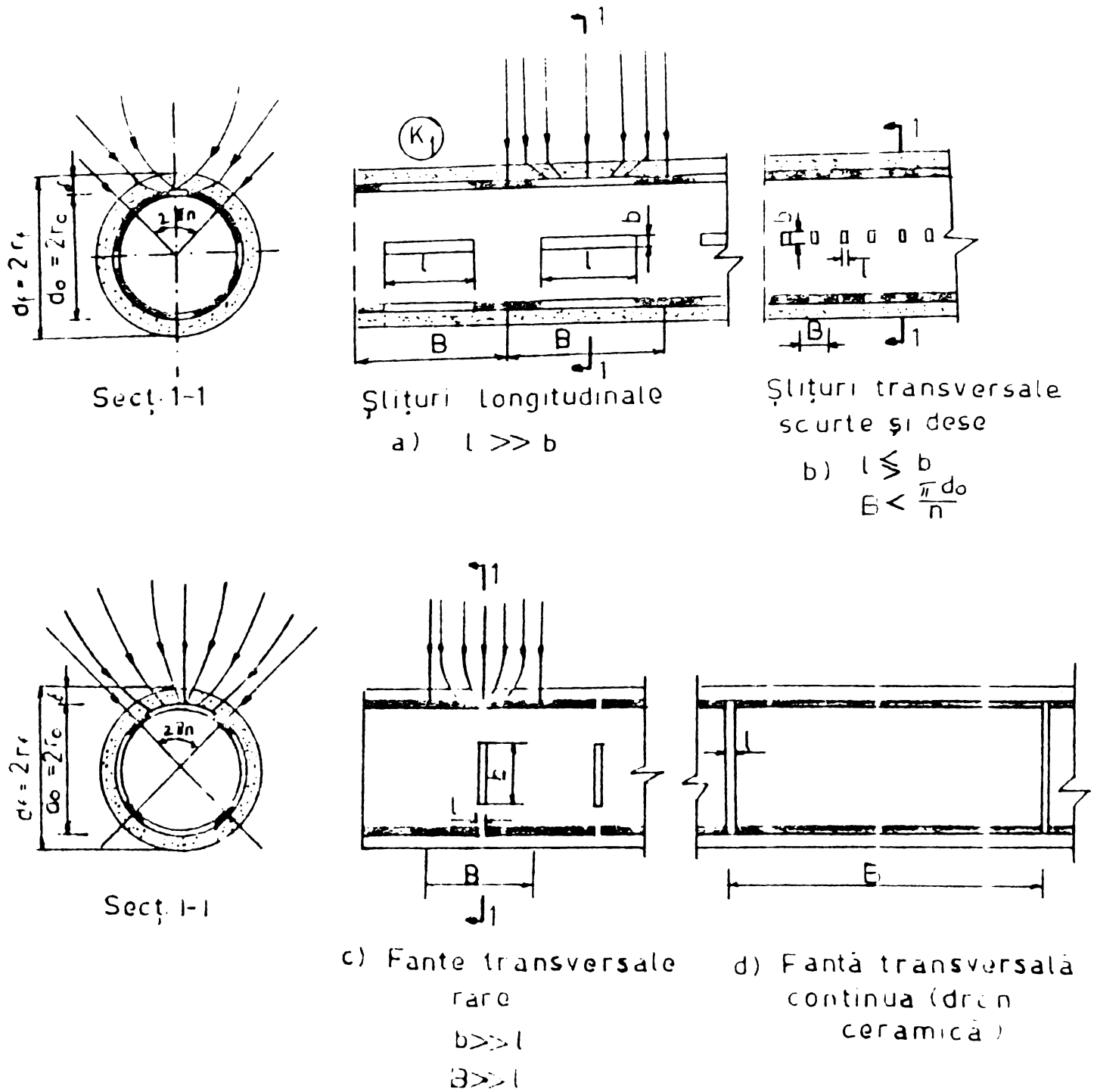


Fig.44. Scheme caracteristice ale dispunerii fantelor și șlițurilor pe tuburile de drenaj.

- pentru orificii (fante) practicate în lungul circumferinței fig. 44.b ($l < b$) și fig.44.c, α și β au expresiile:

$$\alpha = \frac{2}{n\pi} ; \quad \beta = \frac{2B}{\pi n b} \quad (137)$$

Aceste diferențieri provin din acceptarea unor concentrații de debit pe cele două direcții în funcție de dezvoltarea preponderentă a șlițurilor (fantelor) după generatoare, respectiv pe circumferință.

Celelalte notații sînt:

$$A_1 = \frac{\left(\frac{df}{do}\right)^n - 1}{2\left(\frac{df}{do}\right)^{n/2} \sin \frac{nb}{2do}} ; \quad A_2 = \frac{\sqrt{\left(\frac{df}{do}\right)^{2n} - 1}}{2\left(\frac{df}{do}\right)^{n/2} \sin \frac{nb}{2do}}$$

$$B_1 = \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi (df-do)}{2B}}{\sin \frac{\pi l}{2B}} ; \quad \chi = \frac{K_f}{K} \quad (138)$$

$$B_2 = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 4 \left(\frac{\operatorname{sh} \frac{\pi (df-do)}{2B}}{\sin \frac{\pi l}{2B}} \right)^2 \left(\frac{\operatorname{ch} \frac{\pi (df-do)}{2B}}{\sin \frac{\pi l}{2B}} \right)^2} - 1 \right]}$$

- l - lungimea șlițurilor în lungul generatoarei (respectiv lățimea fantelor pe circumferință);
- b - lățimea șlițurilor în lungul generatoarei (respectiv lungimea fantelor pe circumferință);
- B - distanța dintre șlițuri (fante) în lungul generatoarei;
- n - numărul șlițurilor (fantelor) pe circumferință;
- do - diametrul exterior al tubului de drenaj;
- df - diametrul exterior al filtrului;
- Kf - coeficientul de filtrație al materialului filtrant;
- K - coeficientul de filtrație al solului;

Cazuri particulare

- cînd lipsește materialul filtrant ($K_f = K$) relația de calcul a pierderii de sarcină la drenul fără filtru este:

- în cazul șlițurilor longitudinale fig. 44.a și fig. 44.b pentru $l > b$.

$$S_{if} = S_i = \frac{2B}{n\pi l} \left[\ln \frac{l}{\sin \frac{nb}{2do}} + \frac{nl}{do} \ln \frac{l}{\sin \frac{\pi l}{2B}} \right] \quad (139)$$

- în cazul fantelor dezvoltate în lungul circumferinței fig. 44.b pentru $l < b$ și fig. 44.c:

$$S_i = \frac{2}{n\pi} \left[\ln \frac{l}{\sin \frac{nb}{2do}} + \frac{B}{b} \ln \frac{l}{\sin \frac{\pi l}{2B}} \right] \quad (140)$$

- în cazul ideal al șlițurilor continue în lungul generatoarei ($l = B$) din relația (137) se obține:

$$S_i = \frac{2}{n\pi} \ln \frac{l}{\sin \frac{nb}{2do}} = \frac{2}{n\pi} \ln \frac{2do}{nb} \quad (141)$$

- în cazul cînd diametrul materialului filtrant este mult mai mare decît cel al drenului astfel încît $(df/do)^n \gg 1$ (filtru gros) din relația (137) se obține formula stabilită de Widmoser

$$S_{if} = \frac{2}{n\pi} \ln \frac{2do}{n.b} + \frac{1-X}{X} \left[\frac{2}{n\pi} \ln \frac{2do}{nb} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{df}{do} \right] \quad (142)$$

4.3..o. autorul tezei - Soluționarea problemei intrării corespunzătoare a apei în dren înseamnă un aflux corespunzător al apei către dren prin reducerea rezistenței la intrarea apei în dren.

Realizarea acestor deziderate se face astfel:

- perforarea corespunzătoare a tuburilor de drenaj;
- folosirea materialelor filtrante cu rol protector și filtrant corespunzător alese, în conformitate cu condițiile de sol, apă freatică și climă potrivit criteriilor de drenaj stabilite de autor cap.VIII, par.8.3. al tezei.

În acest sens autorul a efectuat cercetări de laborator pe modele hidraulice și electrice asupra tuburilor de drenaj produse în țara noastră pentru stabilirea parametrilor hidraulici (rezistența la intrare (respectiv coeficientul de rezistență la intrare) și gradul de colmatare funcționând cu sau fără materiale filtrante, precum și gradul de perforare al tuburilor de dren din plastic riflante.

Metodologia de efectuare a experimentărilor împreună cu rezultatele experimentale sînt prezentate în Cap.V. și respectiv VI. al tezei.

Pierderea de sarcină la intrarea apei în tubul de dren fără filtru și respectiv în complexul dren plus material filtrant se calculează cu relațiile (75) și (75') avînd structura următoare:

$$h_i = q.L.w_i = q.L \frac{S_i}{k} \quad (75)$$

$$h_{if} = q.L.w_{if} = q.L \frac{S_{if}}{k} \quad (75')$$

unde: $w_i = \frac{S_i}{k}$ - rezistența la intrare la drenul fără filtru

$w_{if} = \frac{S_{if}}{k}$ - idem, dren plus material filtrant.

pentru care se fac următoarele precizări:

$S_i(S_{if})$ - se recomandă a fi calculat analitic cu relația (135) pentru proiectarea drenajului;

Valorile $S_i(S_{if})$ determinate experimental sînt folosite pentru clasificarea hidraulică a complexelor dren, dren plus material filtrant în vederea stabilirii ordinei de prioritate a lor la drenaj.

4.4. Măsuri de reducerea rezistenței la intrare.

Pierderea de sarcină la intrarea apei în dren și în complexul drenul material filtrant poate fi calculată cu relațiile (75) și respectiv (75') care pot fi scrise astfel:

$$h_1 = q.L.w_1 = q.L.\frac{S_1}{k} = q.L.\frac{1}{k} \cdot F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, n\right) \quad (143)$$

$$h_{1f} = q.L.w_{1f} = q.L.\frac{S_{1f}}{k} = q.L.\frac{1}{k} \cdot F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, n, \frac{d_f}{d_0}, \frac{k_f}{k}\right) \quad (144)$$

în care:

- pentru tubul de dren fără material filtrant

$$w_1 = \frac{S_1}{k} = \frac{1}{k} \cdot F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, n\right) \quad (145)$$

unde: $S_1 = F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, n\right)$, semnificația elementelor este cunoscută.

- pentru tubul de dren cu material filtrant

$$w_{1f} = \frac{S_{1f}}{k} = \frac{1}{k} \cdot F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, n, \frac{d_f}{d_0}, \frac{k_f}{k}\right) \quad (146)$$

unde: $S_{1f} = F\left(\frac{B}{l}, \frac{b}{d_0}, \frac{d_f}{d_0}, \frac{k_f}{k}\right)$

Se observă că rezistența la intrare este determinată de coeficientul de filtrație al solului și valoarea coeficientului de intrare care este o mărime adimensională dependentă de elementele geometrice ale tubului de dren (mărimea perforațiilor (b, l), distanța dintre perforații (B), numărul rândurilor de orificii pe circumferința tubului (n)) și de caracteristicile geometrice (δ - grosimea) și hidraulice (K_f - permeabilitatea) ale materialelor filtrante.

Rezultă că principalele măsuri de influență privind reducerea rezistenței la intrare sînt legate de alegerea corespunzătoare a suprafeței perforațiilor, a diametrului tubului de dren, și a materialelor filtrante corespunzătoare.

4.4.1. Mărirea suprafeței perforațiilor.

La drenul ideal (perfect poros) la care suprafața perforațiilor poate fi considerată egală cu suprafața sa laterală exterioară (S_e), rezistența la intrare este nulă (respectiv pierderea de sarcină la intrare $h_1 = 0$, fig. 7.a) iar pentru un dren ideal cu o suprafață oarecare a perforațiilor ($S < S_e$), rezistența la intrare are o anumită valoare ceea ce determină o pierdere de sarcină h_1 (fig. 7.b). Rezultă de aici concluzia că rezistența la intrare este în raport invers proporțional cu suprafața perforațiilor tubului de dren.

Suprafața perforațiilor este determinată de dimensiunile și numărul găurilor, care trebuie executate astfel ca mărime încît să nu permită antrenarea particulelor de sol, iar numărul rîndurilor de găuri trebuie astfel ales încît rezistența statică a tubului să fie asigurată pentru a rezista la încărcarea dată de pămîntul din șanțul de drenaj.

Tuburile de dren reale produse în țara noastră au un anumit grad de perforare și deci o anumită suprafață a perforațiilor. Pentru aceste tuburi a fost organizat un program experimental (analogie electrică, model hidraulic), pentru stabilirea gradului de perforare optim necesar unui aflux corespunzător de apă la dren.

4.4.2. Mărirea diametrului tubului de dren.

Prin mărirea diametrului drenului perimetrul udat crește și aceasta se întîmplă de obicei odata cu creșterea suprafeței perforațiilor tubului de dren.

Astfel, dacă pentru un dren cu diametrul d_0 suprafața perforațiilor este s_0 și rezistența la intrare W_{11} , iar pentru drenul cu diametrul D_0 suprafața perforațiilor S_0 și rezistența la intrare W_{12} , de obicei este respectată condiția următoare:

$s_0 < S_0$, dacă $d_0 < D_0$, ceea ce face ca intrarea apei să se facă printr-o suprafață mai mare la drenul cu diametrul mai mare (D_0), la care și suprafața de contact cu apa (perimetrul udat) este mai mare, ceea ce face ca rezistența la intrare W_{12} să fie mai mică și deci: $W_{12} < W_{11}$.

Rezultă și în acest caz faptul că rezistența la intrare este în raport invers proporțional cu mărimea diametrului tubului de dren.

În programul experimental pe model hidraulic și electric au fost folosite tuburi de dren cu diverși diametrii pentru evidențierea cantitativă a influenței mărimii diametrului drenului asupra rezistenței la intrare.

4.4.3. Folosirea materialelor filtrante.

Utilizarea tuburilor de drenaj din plastic rifluate și a celor de ceramică care nu întotdeauna prezintă o calitate bună a perforațiilor la drenurile rifluate sau o bună finisare a capetelor la cele de ceramică, fără material filtrant în soluri slab coezive sau coezive cu mică permeabilitate, în special în cazul execuției pe timp nefavorabil, face ca rezistența la intrarea apei în dren să crească foarte mult datorită blocării perforațiilor tubului cu particule de sol, ceea ce crează o pierdere de sarcină mare la intrarea apei în dren.

Înlăturarea acestor neajunsuri se face folosind materiale filtrante cu calități corespunzătoare, perforînd tubul corespunzător și executînd rețeaua de drenaj pe timp favorabil. Dar, în practică se dispune de un anumit dren cu o suprafață oarecare a perforațiilor, ceea ce face ca

singurul mod de a influența asupra intrării apei în dren să îl constituie alegerea corespunzătoare a materialului filtrant ca natură și grosime.

4.4.3.1. Definirea și clasificarea materialelor filtrante pentru drenaj.

Materialele filtrante pentru drenaj pot fi definite ca materiale cu permeabilitatea mult mai mare decât a solului din jurul drenului, cu rol protector, de filtrare și stabilitate care reține particulele de sol mai mari de 0,05 mm și care în timp se stabilizează permițând un aflux mărit al apei în tubul de dren.

Așa cum a fost precizat în capitolul I (paragraf 1.1) trebuie făcută distincție între noțiunea de "material filtrant" pentru drenaj și cea de "filtru". Pentru aceasta se impune următoarea precizare:

- "materialele filtrante" pentru drenaj sînt materiale mai permeabile decît solul din șanțul de drenaj așezate în jurul sau deasupra tubului de dren prin care pot fi antrenate unele particule fine de sol care se pot depune în acest material mai permeabil sau vor trece în dren odată cu apa;

- Webster (1959) definește "filtrul" ca o masă poroasă prin care trece apa separîndu-se de părțile în suspensie existente în ea.

Noțiunea potrivită pentru materialele filtrante, după fenomenul fizic ar fi materiale de înfășurare (acoperire) a drenului. Fiind folosită de mulți autori, denumirea de filtru, se poate adopta și aceasta pentru definirea materialului filtrant fără însă ca sensul fizic să fie perfect valabil.

La amenajările mai vechi de drenaj executate în țara noastră ca materiale filtrante au fost folosite balastul și turba. Suprafața mare ce urmează a fi amenajată necesită cantități mari de materiale filtrante pentru drenaj, impunîndu-se diversificarea gamei materialelor filtrante, a căror proprietăți fizico-chimice și mecanice, parametrii hidraulici, tehnologia de pozare trebuie cunoscute înaintea folosirii lor în producție.

În cadrul tezei s-a căutat rezolvarea acestor elemente legate de materialele filtrante.

După natura și proveniența lor, materialele filtrante cercetate sau folosite pînă în prezent la drenaj se clasifică astfel:

- materiale granulare, cuprinzînd: pietrișul fin sortat, zgura granulată de furnal, nisipul grosier, balastul, scoici, zgură uscată de termocentrală, zgură expandată de furnal;

- materiale organice, cuprinzînd: turbă, paie (ovăz, orz, grâu, secară), fibre de cocos, tulpini de in, pleavă de orez, puzderie de cîneapă, talaș delemn și crengi tocate, rumeguș, coceni de porumb, stuf, iarbă uscată;

- materiale sintetice (sau geotextile), cuprinzând materiale produse (geotextile: madril, terasin, filtex, netesin, drenatex și materiale sintetice minerale: împîslitură din fibre de sticlă (IFS), vată de sticlă și minerală) sau deșeurile textile de la fabricile de confecții. Pe plan mondial se cunosc mai multe geotextile, dintre care amintim: Mirafi [35], Reemay [36], Bidim [37], Terrafix [38], Terram [17], Filter X, Poly-Filter, Poly-Filter [32, 33, 34] și materiale sintetice minerale: I.F.S, vată de sticlă, vată minerală, granule de polistiren înfășurate în folii de polietilenă perforată etc.

4.4.3.2. Rolul materialelor filtrante așezate în jurul tubului de dren.

Materialele filtrante folosite la drenaj au rol de înveliș permeabil prin mărirea permeabilității în jurul tubului de dren și rol de înveliș filtrant împiedicînd pătrunderea particulelor de sol în interiorul tubului de dren.

Tehnica mondială, ilustrată în literatura de specialitate arată necesitatea folosirii în practica curentă a drenajului, a materialelor filtrante așezate în jurul sau deasupra tubului de dren, avînd sintetic, următoarele roluri:

- să prevină mișcarea către dren a particulelor de sol care ar putea colmata drenul sau ar bloca găurile tubului de dren (rol protector și filtrant);

- să asigure și să creeze în imediata vecinătate a tubului un material mai permeabil decît cel din jur, pentru un aflux mai bun al apei în dren (rol de înveliș permeabil);

- să asigure o stratificare corespunzătoare a solului din jurul tubului de dren;

- să asigure o stabilizare corespunzătoare a stratului de sol în care este pozat drenul precum și a drenului.

În funcție de tipul de sol, caracteristicile sale și natura tuburilor de drenaj, materialele filtrante folosite pot acumula funcțiile de filtrare, permeabilitate și de asigurarea stabilității tubului și stratificarea solului din jurul drenului.

Este oportun să se facă distincție între situația cînd se folosește un dren cu diametru mare ($\varnothing 8,11$ cm) și un material filtrant cu grosime mică (IFS, geotextile) avînd rol protector împotriva antrenării particulelor de sol în dren, care ar putea produce colmatarea sa și blocarea perforațiilor tubului, ceea ce ar duce la o mărire considerabilă a rezistenței la intrare și un aflux mult mai mic de apă în dren, a doua situație fiind aceea cînd s-ar folosi un dren cu diametrul mic ($\varnothing 5; 6,5$ cm) avînd în jurul său un material filtrant într-un strat gros de minim 5 cm (pietriș, zgură granulatată de furnal, etc) ceea ce ar duce la un perimetru sczut mult mărit, o filtrare bună a apei și respectiv un bun aflux de apă

la dren.

În timp stratele de sol din jurul materialului filtrant acoperitor se stabilizează și formează o rețea rigidă de particole prin care trec doar particolele fine ce rămân apoi în suspensie în apa drenată. Materialul filtrant poate să se colmateze sau nu în timp. Dacă în sol se formează un filtru invers eficacitatea materialului filtrant și a drenului crește treptat pe parcursul funcționării. Uneori într-un sol bine structurat, cu bună stabilitate și textură funcționarea drenului fără material filtrant este similară cazului folosirii materialelor filtrante, prin formarea în timp a unui filtru invers care face eficace funcționarea în timp a drenului.

Marea diversitate a condițiilor naturale (sol, apă freatică, climă) în care sînt situate terenurile cu exces de umiditate face ca rolul și caracteristicile materialelor filtrante care trebuie folosite să difere de la o zonă la alta și de la o suprafață amenajată la alta.

4.4.3.3. Proprietățile fizico-chimice și mecanice ale materialelor filtrante.

Natura diferită a materialelor filtrante cercetate pentru drenaj le conferă acestora proprietăți fizico-chimice și mecanice diferite (tab. 12, 13, 14).

Tab. 12. Proprietățile fizico-chimice și mecanice ale materialelor filtrante granulare, organice, minerale și deșeurile sintetice testate*

Nr. crt.	Materialul filtrant	Varianta	Greut. volum. (g/cm ³)	Masa specifică (g/m ²)	Conț. de săruri (rez. min. fix) (g/l)	Rezist. la eforturi (rupere) (daN)			Alungirea max. la rupere (mm)			Obs.	
						Varianta							
						I	II	III	I	II	III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1.	Pietriș sortat (sort. 3-7 mm)	1	1,483	-	0,349	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	1,456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	1,503	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Balast (Jud. Timiș)	1	1,60 afinat	-	0,303	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	1,79 îndesat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	2,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	Nisip grosier (Jud. Timiș)	1	1,37 afinat	-	0,977	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	1,60 îndesat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	1,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	Zgură granulată de furnal (C.S. Reșița)	1	1,30	-	0,00285	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	1,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	1,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zgură brută de furnal	-	1,50	-	1,775	-	-	-	-	-	-	-
Zgură de termocentrală (Term. Oradea)	1 2 3	0,625 0,705 0,505	-	0,124	-	-	-	-	-	-	-
Zgură extinsă de furnal (Călan)	1 2 3	0,55 - -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scoici (plajă Mamaia, Hot. Vega).	1 1	0,32 1,0 măruntite	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I.F.S.	-	-	62	0,102	1	1	1	2-5	2-5	2-5	Atacată de soluțiile de sol acide și bazice
Deșuri textile (tocate și netocate) (Intrep. I. Iunie Timișoara)	-	0,065- 0,080	-	0,039	9,4	7,8	7,5	67	52	50	Puțin atacate de soluțiile de sol acide și bazice.
Deșuri textile (Intrep. textile Buc.)	-	0,072	-	-	-	-	-	-	-	-	- "
Vată de sticlă	La gros. 1,5 cm	-	1830	-	-	-	-	-	-	-	-
Vată minerală.	La gros. 1,0 cm	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
Pale (grâu)	-	0,4- 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	Foarte puțin atacate de sol de sol acide și bazice.
Tulpini de in.	-	0,10	-	0,172	-	-	-	-	-	-	- "
Puzderie de cîneșă.	-	0,101	-	0,211	-	-	-	-	-	-	- "
Pleavă de orez	-	0,14	-	0,252	-	-	-	-	-	-	- "
Spume poliuretanică (burete)	3mm gros. 8mm gros.	0,30 0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	Puțin atacată
Deșuri de zgură de la fabrica de ciment Medgidia.	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* - valorile trecute în tabel sînt valori medii în urma mai multor determinări.

Greutatea volumetrică a fost calculată în trei variante:

- Varianta: 1. în grămadă uscată la aer;
 2. în grămadă umed;
 3. uscate în etuvă la 105°C.

Rezistența la rupere și alungirea maximă la rupere au fost determinate pe trei tipuri de eșantioane, astfel:

- varianta: I. - probe martor (netratate);
 II.- probe tratate cu soluție de sol bazică (pH= 9,54);
 III- probe tratate cu soluție de sol acidă (pH =5,90).

Determinarea pH-ului soluțiilor s-a făcut în cadrul Lab. de pedologie prin metoda electrometrică folosind pH-metrul tip M.V.84, iar rezidul mineral fix s-a făcut prin metoda conductometrică cu ajutorul conductometrului tip O.K.102/1.

Zonele granulometrice ale zgurei granulate de furnal provenite de la combinatele siderurgice (Galați, Reșița, Hunedoara) și curbele granulometrice ale zgurei granulată de furnal folosită în cadrul testărilor ca material filtrant pentru drenaj sînt date în anexa .

Principalii componenți chimici ai zgurei granulată de furnal determinați conform STAS 3832-68 sînt prezentați în tab.13.

Tab.13. Compoziția chimică (informativă) a zgurei granulată de furnal, determinată conform STAS 3832-68.

Compoziția chimică	Combinatul siderurgic		
	Galați	Hunedoara	Reșița
Ca O	46,56	48,68	50,52
Mg O	3,12	5,09	2,66
Si O ₂	36,86	35,81	40,10
Al ₂ O ₃	12,82	10,14	6,92
Fe ₂ O ₃	0,5	0,15	0,78
S	urme	urme	1,00
Mn O	-	-	0,23
$mb = \frac{CaO + Mg O}{SiO_2 + Al_2O_3}$	1	1,17	1,13
$1b = \frac{Ca O}{Si O_2}$	1,26	1,35	1,25

Pielele și pleava de cereale au următoarea compoziție chimică:

- 3-8 %, substanțe extractive;
 22-28 %, celuloză;
 1,5-3 %, grăsimi;
 4-11 %, cenușă.

Cenușa rezultată la arderea paielor de cereale și a plevei de orez au compoziția chimică prezentată în tab.14.

Tab.14.Compoziția chimică a cenușei rezultată din arderea paielor și a plevei de orez(D.Davidescu,V.Davidescu).

Nr. crt.	Denumirea materialului	Azot	Elemente minerale (%)					Total cenușă
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O	Mg O	Si	
1.	Paie ovăz	0,65	0,35	1,60	0,38	0,12	3,35	6,45
2.	Pleavă de orez	0,51	0,12	2,70	-	-	3,00	6,33
3.	Paie orz	0,50	0,20	1,00	0,33	0,09	2,37	4,49
4.	Paie seară	0,45	0,26	1,00	0,29	0,09	1,84	3,93
5.	Tulpini de cînepă	0,27	0,21	0,55	1,68	0,21	0,22	3,14
6.	Tulpini de in	0,62	0,42	0,97	0,69	0,20	0,13	3,03
7.	Paie grîu	0,45	0,20	0,90	0,28	0,11	0,92	2,86

Geotextilele produse în țara noastră cuprinse în cadrul testărilor în vederea folosirii lor ca materiale filtrante la drenajul agricol sînt prezentate în tab.15.

Tab.15.Geotextilele produse în R.S.R.testate în cadrul programului experimental în ordinea cronologică a apariției lor pe piața de desfacere.

Nr. crt.	Denumire geotextil	Masa specifică (g/mp)	Grosimea mat. (mm)
1	Netesin neimpregnat	269 și 344	2-4
2	Netesin impregnat	344	2-4
3	Terasin 200	200	2,6
4.	Terasin 400	400	3,2
5	Drenatex	500	4-6
6	Madril D	600	6
7	Madril M	600	6
8	Madril V	600	6
9	Madril S	600	6
10	Filtex	~ 600	6-8

Caracteristicile de definiție și fizico-mecanice ale geotextilelor testate sînt prezentate în tab.16,17,18.

Tab.16. Caracteristicile de definiție și fizico-mecanice ale madrîlului [19].

Caracteristica	U.M	Produsul		
		Madril M (300-600)	Madril V (400-700)	Madril D (400-700)
1	2	3	4	5
Materia primă	-	Polipropilenă.	P.F	deșeu P.P
Tipul fibrei	den/mm	6/60	15/100	12-18/100
Masa	g/mp	320-650	430-750	390-720

1	2	3	4	5
Grosimea h(5)	cm	0,45-0,65	0,52-0,72	0,50-0,70
Porozitatea n(5)	%	92-89	90-86	91-87
Rezistența la tracțiune (GRAB)	daN	<u>88-184</u> 132-139	<u>36-140</u> 185-180	<u>40-150</u> 90-200
Alungirea la rupere.	<u>Long.</u> <u>Transv.</u> %	<u>132-122</u> 103-89	<u>162-159</u> 140-130	<u>135-125</u> 120-110
Permeabilitatea	<u>Transv.</u> KT(50) cm/s <u>Long.</u> KL(50) cm/s	5×10^{-1} 8×10^{-1}	7×10^{-1} 1	6×10^{-1} 9×10^{-1}

Tab.17. Caracteristicile constructive și fizico-mecanice ale terasinului și netesinului [18].

Nr. crt.	Denumire geotextil	Masa (gf/mp)	Gros. (mm)	Rezist. la întindere (daN/cm)		Alungirea la rupere (%)		Rezist. la sfîșiere (kgf/cm)		Antrenarea hidrodinamică (g/oră)
				long.	tran.	long.	tran.	long.	tran.	
1.	Terasin 200	200-250	2,6	3	4	40	70	4	4	60-70
2.	Terasin 400	400-450	3,2	6	5	30	70	5	7	55-60
3.	Netesin 400	350-450	2-4	3	5	30	50	5	5	80-90
4.	Netesin 500	450-500	2-4	4	7	30	50	6	6	70-80.

Tab.18. Caracteristicile de definiție și fizico-mecanice ale filtexului.

Nr. crt.	Caracteristica	Tip A	Tip B	Tip C
		păm. argiloase, prăfoase. (0,005-0,05mm)	păm. argiloase și mluri (0,001-0,005mm)	nisipuri coezive (> 0,05mm)
1.	Masa țesăturii suport (g/mp)	150	220	90
2.	Masa păturii fibroase (g/mp)	420	450	500
3.	Suprafața activă (%)	56	15	73
4.	Latura interioară a ochiului (mm)	1,4-1,6	0,1-0,3	2-3,2
5.	Rezistența la tracțiune (kgf)	75	75	75
6.	Temperatura de distrugere (°C)	> 60	> 60	> 60
7.	Absorbția max. (%)	5	3	8
8.	Rezistența la acizi și baze.	2-12,5	2-12,5	2-12,5

Drenatexul, este un geotextil similar cu filtexul, produs pe bază de poliester din deșeurile textile sintetice, compus din două părți: o țesătură suport deasă și o pătură fibroasă, obținut prin interțesere mecanică fără consolidare cu fire sau prin tratament chimic.

Masa specifică este de 500 g/mp.

Au fost efectuate de autor încercări pentru determinarea rezistenței la rupere și alungire maximă în cadrul laboratorului de materiale de construcții al Catedrei de clădiri civile și beton armat al Fac.de Construcții, la Intreprinderea Dermatina și Intreprinderea Bumbacul Timișoara din care sînt prezentate în tab.19 o parte din rezultate.

Tab.19. Rezistența la rupere și alungirea maximă pentru câteva geotextile, împreună cu valorile σ și ϵ specifice.

Nr. crt.	Geotextilul	Rezistența la rupere	Alungirea max. la rupere.	$\sigma = \frac{N}{A}$ (da l/cm)	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$ (%)
1.	Madril D	97,8	52,7	1,30	127
2.	Terasin 200	7,66	36,2	0,60	101
3.	Terasin 400	10,67	37,2	0,62	106
4.	Filtex	26,33	28,2	0,48	64
5.	Drenatex	55,33	28,8	0,48	64

Valorile obținute, prezentate în tab.19, se încadrează în domeniul prevăzut în notița tehnică a geotextilelor.

Cap.V. PROGRAMUL EXPERIMENTAL

5.1. Cercetări experimentale asupra tubului de dren fără filtru și a complexului dren plus material filtrant pentru stabilirea rezistenței la intrare.

Programul experimental a cuprins testarea următoarelor tuburi de drenaj:

- Olanda - tub plastic neted ϕ 5,0 cm, plastic riflăat ϕ 5,0; 6,0; 6,5 și 8,0 cm, tub ceramică circular $\phi_{ext}=7,0$ cm.
- România- tub plastic riflăat ϕ 5,0; 6,5; 8,0 și 11,0 cm, tub ceramică circular $\phi_{ext} \cong 10$ cm și hexagonal $\phi_{ext} \cong 9,0$ și 12,5 cm.

Materialule filtrante testate în complex cu diverse tuburi de dren sînt urmatoarele:

- Olanda - I.F.S, granule de polistiren expandat înfășurate în folie de polietilenă gaurită, fibre cocos, turbă, paie, cocos+ turbă, turbă înfășurată în plasă de nylon;
- România- pietriș, zgură granulată de furnal, balast, nisip grosier, scoici, zgură uscată de termocentrală, zgură expandată de furnal, deșeuri de zgură de la fabrica de ciment Medgidia, paie, tulpini de in, pleavă de orez, puzderie cînepă, vată de sticlă, vată minerală, I.F.S, madril, terasin, filtex, drenatex, netesin,

deșeuri textile sintetice, spume poliuretane.

În cadrul programului experimental s-a căutat să se efectueze testarea tubului de dren fără material filtrant și apoi în complex cu diverse materiale filtrante.

În baza experienței existente pe plan mondial, autorul a definitivat o metodologie îmbunătățită care a permis efectuarea unui amplu program experimental asupra tuturor tuburilor de drenaj produse în țara noastră și asupra unor materiale locale, deșeuri industriale și geotextile noi apărute, care să corespundă cerințelor folosirii lor ca materiale filtrante pentru drenajul agricol din țara noastră.

Programul experimental pentru determinarea rezistenței la intrare pentru diverse tuburi de dren și complexe de dren plus materiale filtrante a cuprins experimentări în cadrul laboratorului specializat de la institutele: International Institut for Land Reclamation and Improvement (ILRI) și Institut for Land and Water Management Research (I.C.W) Wageningen (Olanda) unde autorul tezei a stat mai bine de trei luni cu ocazia participării la cel de-al 13-lea Curs Internațional de drenaje (1974) și în cadrul Laboratorului de îmbunătățiri funciare, al catedrei CHIF, Facultatea de Construcții, I.P. "Traian Vuia" Timișoara unde am dezvoltat o bază experimentală similară ca cea de la I.L.R.I., realizată în vederea rezolvării concomitente, pe bază de contract cu I.C.I.T.I.D. Băneasa-Giurgiu pentru D.G.E.I.F.C.A București, a problemei testării unor materiale filtrante noi pentru drenaj, eficiente și mai ieftine (contractele nr. 154/1976 și 1977 [7,8], nr.116/1978 [9], nr.351/1979 [10], nr.207/1980 [11], nr.127/1981) și a unui contract economic cu TCIF Timișoara (Secția de studii și proiectare) nr.19/1981, privind efectuarea unui studiu de drenaj pentru proiectarea amenajărilor de drenaj de la complexe de porci (Pădureni, Grabaț, etc.).

5.1.1. Baza experimentală de la ILRI/ICW Wageningen (Olanda).

Baza experimentală din cadrul acestui laborator a cuprins patru standuri identice (fig.45) având drenul așezat vertical, ceea ce permite efectuarea concomitent a câte patru experimentări.

În fig.46 este prezentat un detaliu privind modul de efectuare pe cale volumetrică a măsurărilor de debite evacuate din dren.

La tabloul de piezometre au fost efectuate citiri privind curba de depresiune realizată de dren în interiorul standului. Un detaliu privind nivelele piezometrice la standul I, II și III în funcțiune este prezentat în fig.47. Pentru vizualizare s-a folosit colorant, care a fost introdus în piezometre.



Fig.45. Vedere generală standuri avînd drenul așezat vertical (ILRI/ICW, Wageningen, Olanda, 1974).



Fig.46. Măsurarea pe cale volumetrică a debitului drenat la standul avînd drenul așezat vertical.



Fig.47. Detaliu al tabloului de piezometre:
a. stand I; b: stand II; c. stand III.

5.1.2. Baza experimentală de la Laboratorul de îmbunătățiri
funciare al I.P. "Tr. Vuia" Timișoara.

Pentru testarea tuburilor de drenaj produse în țara noastră și materialelor filtrante necesare la drenaj am proiectat și executat o bază experimentală în cadrul laboratorului catedrei la care activez.

Baza experimentală cuprinde:

a) Trei standuri având drenul așezat vertical (fig.48) pentru determinarea rezistenței la intrare.

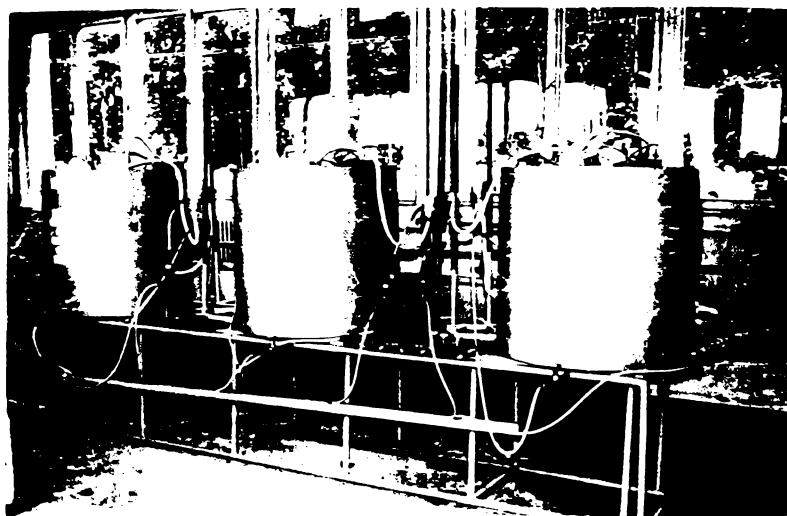
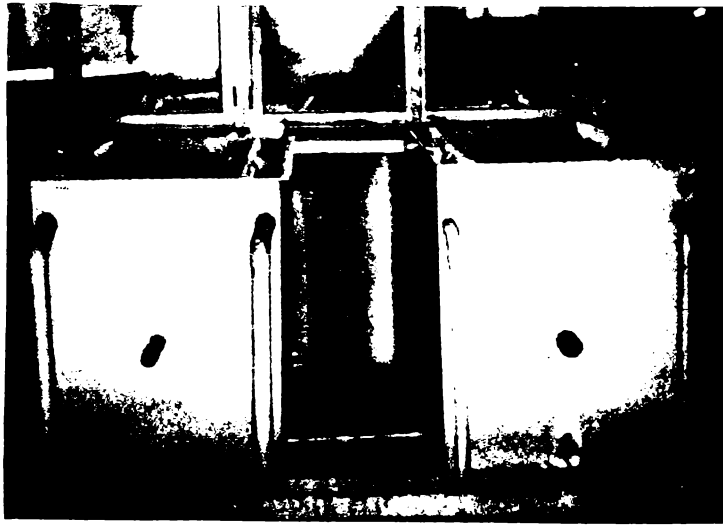


Fig.48. Vedere generală a standurilor având drenul așezat vertical pentru determinarea rezistenței la intrare (I.P. "Traian Vuia" Timișoara Cat. CHIF, Lab. imb. funciare).

În anexa 1 a tezei sînt prezentate 15 detalii de așezare a materialelor filtrante testate în jurul tuburilor de dren.

b) Cinci standuri avînd drenul așezat orizontal pentru stabilirea gradului de colmatare al complexului dren plus materiale filtrante în diverse soluri (fig.49.a și b).

a



b

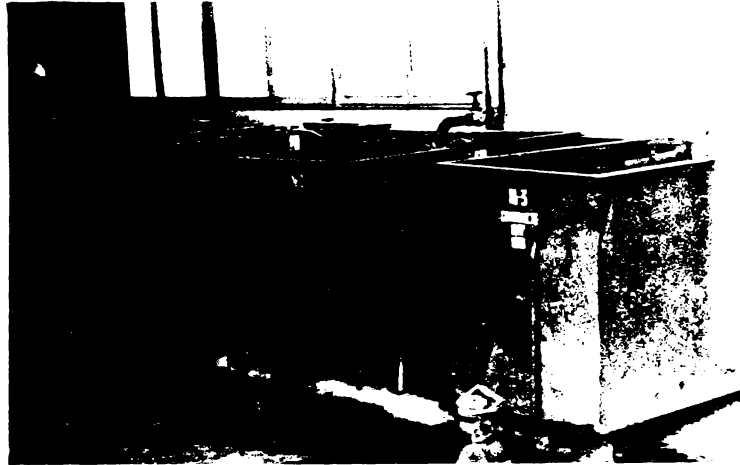


Fig.49. Vedere generală standuri a) fiind drenul așezat orizontal:
a) executate 1978; b) executate 1979 (I.P. "Tr. Vuia"
Timișoara, Cat. CHIF, Lab. îmb. funciare).

c) Set de patru standuri tip Darcy obișnuite, pentru determinarea permeabilității inițiale a materialelor filtrante pentru drenaj cercetate (fig.50).



Fig.50. Vedere generală a standurilor pentru determinarea permeabilității materialelor filtrante pentru drenaj. (I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, Cat. CHIF, Lab. îmb. funciare).

5.1.3. Aspecte teoretice de fundamentare a programului experimental privind stabilirea rezistenței la întărire.

Fiind așezate vertical în stand (fig.45,48), drenurile vor funcționa ca niște puțuri perfecte într-un strat acvifer cu suprafața liberă alimentată pe contur circular putându-se aplica teoria de la puțuri, fig.51.

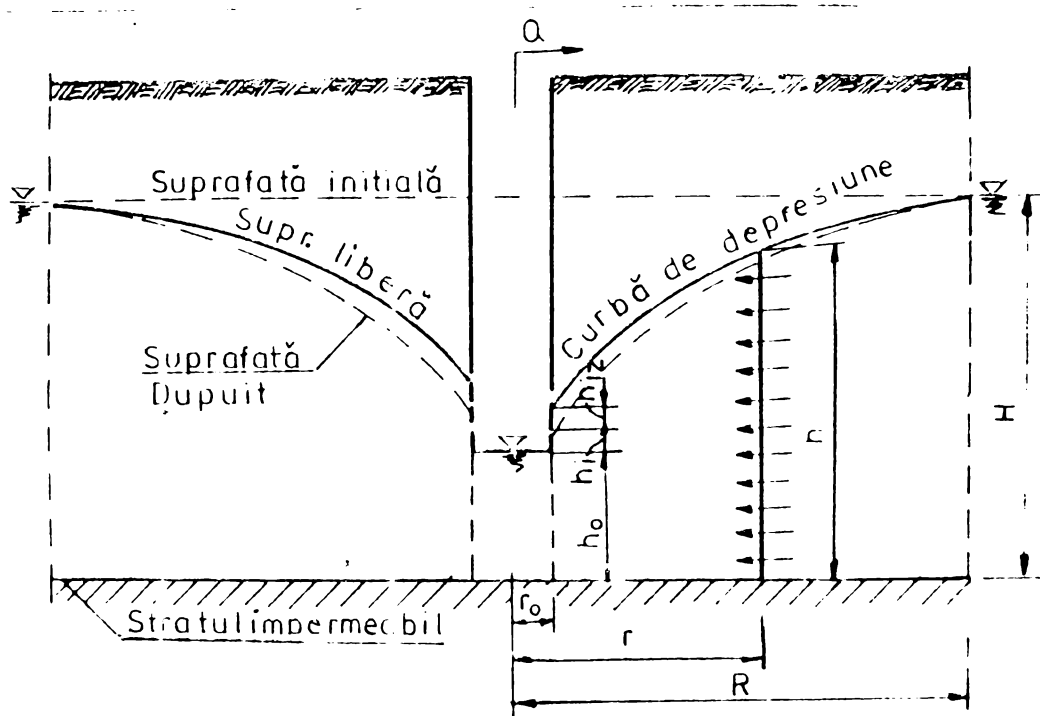


Fig.51. Schema de calcul a unui puț perfect într-un strat acvifer [94].

Debitul infiltrat către acest puț (dren în cazul standului) poate fi exprimat [184], astfel:

$$Q = 2\pi k r h \frac{dh}{dr} \quad (147)$$

relația (147) poate fi scrisă și sub forma următoare:

$$\frac{Q}{2\pi k} \cdot \frac{dr}{r} = h \cdot dh \quad (147')$$

Prin integrarea relației (147') se obține:

$$\frac{Q}{2\pi k} \ln r = h^2 + c \quad (148)$$

Punând condițiile limită:

$$\begin{aligned} r = r_0, & \quad h = h_0 \\ r = R, & \quad h = H \end{aligned} \quad (149)$$

se obține constanta de integrare c și avem:

$$\frac{Q}{2\pi k} \ln \frac{R}{r_0} = H^2 - h_0^2 \quad (150)$$

Din relația (150) se explicitază coeficientul de filtrație, obținându-se:

$$k = \frac{Q}{2\pi \ln \frac{R}{r_0} (H^2 - h_0^2)} \quad (151)$$

Cu relația (151) se va calcula coeficientul de filtrație al nisipului din standul avînd drenul așezat vertical.

Din fig.51 se observă că pierderea de sarcină la intrare(h_i) se compune din: pierderea de sarcină la intrare propriuzisă (Δh_i) și pierderea de sarcină datorită fenomenului de izvorîre(Δh_{iz}),deci:

$$h_i = \Delta h_i + \Delta h_{iz} \quad (152)$$

După Schneebeli, înălțimea de izvorîre la puțuri se poate calcula cu abaca din fig.52, [196].

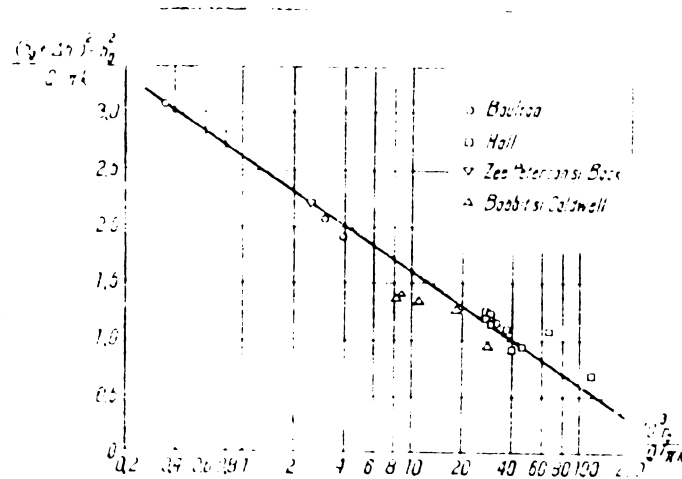


Fig.52. Abacă pentru calculul înălțimii de izvorîre la puțuri(Schneebeli,1966).

Valoarea Δh_{iz} fiind mică în comparație cu pierderea de sarcină la intrare propriuzisă(Δh_i),se va lua în continuare în cadrul experimentărilor pierderea de sarcină la intrare globală(h_i),care se va calcula cu relațiile (75) și (75').

Rezistența la intrarea apei în dren(W_i) sau complexul dren plus material filtrant(W_{if}),în cazul drenului așezat vertical,avînd piezometrele așezate în scară logaritmică (fig.53),se calculează din nivelul apei în interiorul tubului de dren(h_o),înălțimea piezometrică în afara tubului de dren(sau la limita exterioară a materialului filtrant(h_i, h_{if}) și debitul(q) scurs prin sifonare pe unitatea de lungime a tubului,astfel:

$$W_i = \frac{h_o - h_i}{q/h_i}, \text{ sau } (153)$$

$$W_{if} = \frac{h_o - h_{if}}{q/h_{if}} \quad (153')$$

Cunoscînd pentru fiecare dren(sau complex de dren plus material filtrant)valoarea rezistenței la intrare și coeficientul de filtrație (k_n) al nisipului din standul experimental se poate calcula valoarea coeficientului de rezistență la intrare \overline{S}_i (\overline{S}_{if}),astfel:

$$\overline{S}_i = W_i \cdot k_n, \text{ sau } (154)$$

$$\overline{S}_{if} = W_{if} \cdot k_n \quad (154')$$

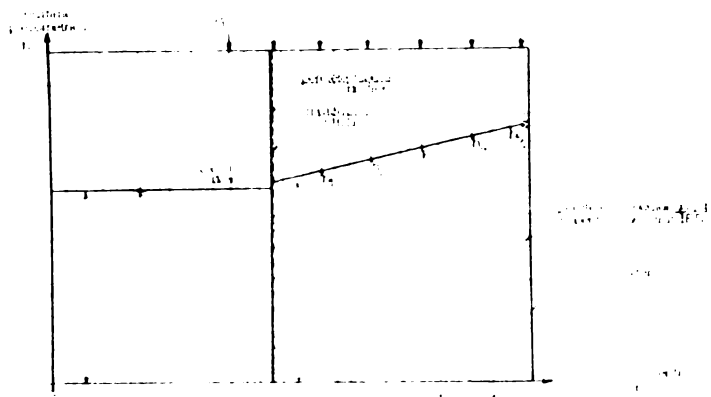


Fig. 53. Schema de amplasare în scară logaritmică a piezometrelor în standul avînd drenul așezat vertical.

Coeficientul de intrare fiind o mărime adimensională permite compararea diferitelor variante testate pentru evidențierea calităților lor hidraulice, putîndu-se face o clasificare sub aspect hidraulic a tuburilor de dren fără filtru și a complexelor dren plus diverse materiale filtrante după valoarea coeficientului de intrare.

5.1.4. Descrierea standului avînd drenul așezat vertical și a modului de lucru.

Standul avînd drenul așezat vertical (fig. 45, 48, 54) se compune din următoarele părți principale:

- cilindru metalic (\varnothing 800 mm) prevăzut deasupra cu un teu din scîndură de lemn găurit și tăiat astfel încît să permită fixarea drenului la mijlocul standului și a piezometrelor în scară logaritmică în interiorul standului, față de axul drenului (fig. 54, 55);
- două vase din plastic ce culisează cu șurub pe un ax vertical, unul pentru alimentarea standului cu apă la nivel constant, iar celălalt pentru colectarea și evacuarea prin sifonare a unor debite de apă sub sarcină ce poate fi variată;
- furtun plastic (1/2") pentru sifonarea apei din tubul de dren;
- vas de trompă pentru urmărirea cantităților de particole de sol antrenate în apa sifonată;
- tablou de piezometre;
- tuburi de cauciuc (plastic) pentru racordarea piezometrelor la tabloul de piezometre, pentru alimentarea și evacuarea apei din stand;

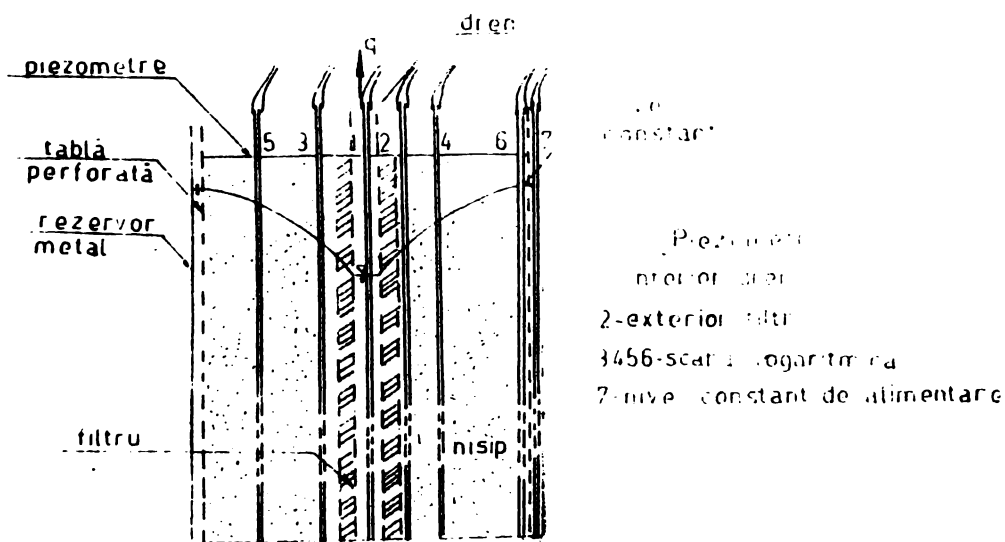


Fig.54. Secțiune transversală prin standul avînd drenul așezat vertical pentru determinarea rezistenței la intrare

Schema de ansamblu a standului avînd drenul așezat vertical este prezentată în fig.55.

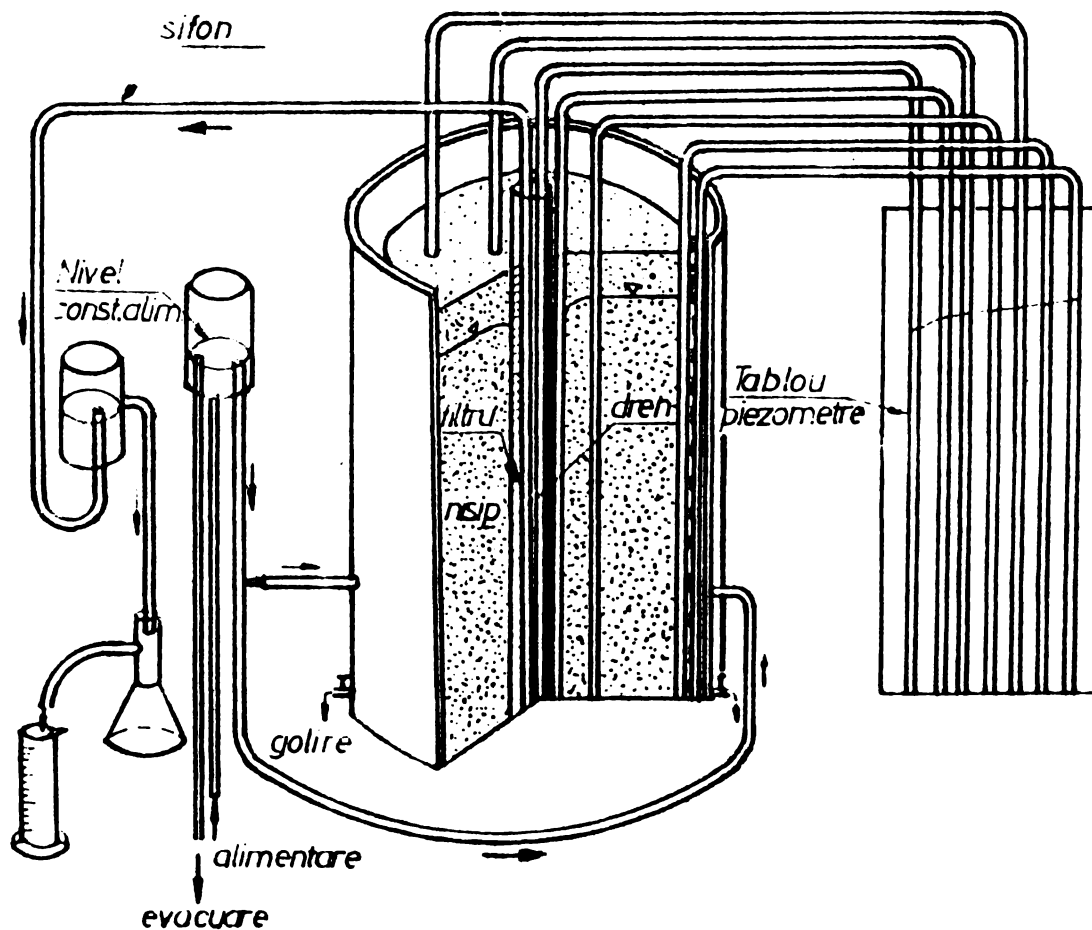


Fig.55. Schema de ansamblu a standului avînd drenul așezat vertical pentru determinarea rezistenței la intrare.

În interiorul cilindrului metalic există la 2 cm un alt cilindru concentric din tablă perforată, între pereții cărora se realizează o coroană de apă de alimentare continuă, uniformă și sub sarcină constantă a standului.

Pentru testarea unui complex de dren și material filtrant se efectuează următoarele operații:

- se așează în interiorul cilindrului cu pereții perforați un strat de împîslitură din fibre de sticlă pentru a preîntîmpina trecerea nisipului între pereții cilindrilor;

- fixarea teului din scîndură deasupra standului pentru introducerea corectă în scară logaritmică a piezometrelor și a tubului de dren în centrul standului;

- se așează în jurul drenului materialul filtrant după care se introduce nisipul în interiorul standului;

- concomitent cu introducerea nisipului se introduce și apa pentru ca tasarea nisipului și a materialului filtrant să se facă încet și uniform;

- se fac toate racordurile la tabloul de piezometre și vasele de alimentare și evacuare, fixarea sifonului la vasul de pompă, după umplerea completă cu nisip și apă a standului;

- urmează amorsarea piezometrelor și a sifonului, după care standul intră în funcțiune.

Fiind fixate cu șurub pe un ax vertical vasele de plastic de nivel constant la alimentare și sifonare pot fi ridicate sau coborîte în vederea realizării diferitelor regimuri de debite evacuate.

În general la aceste experimentări sarcina la care se fac testele este de câțiva centimetri.

Acest stand este un model hidraulic avînd ca mediu fluid apă de la rețeaua publică de alimentare cu apă, iar ca mediu solid nisip.

Avînd realizat regimul permanent de funcționare pot începe măsurătorile. S-a stabilit următoarea metodologie de lucru pentru determinarea rezistenței la intrarea apei în dren: măsurătorile durează cinci zile consecutive, efectuîndu-se cîte trei măsurători zilnic.

Măsurătorile nu au fost începute imediat după pornirea standului, ele s-au făcut atunci cînd regimul de mișcare s-a stabilizat, în prima perioadă de funcționare avînd loc de altfel și o modificare substanțială a valorii coeficientului de filtrație a nisipului din interiorul standului, care are influență asupra valorii coeficientului de rezistență la intrare.

Pentru urmărirea evoluției în timp a rezistenței la intrarea apei în dren, precum și evoluția sa după perioada de nefuncționare (uscată) a standului, după cele cinci zile de funcționare se evacuează apa din stand lăsîndu-se o perioadă dorită fără apă, după care se repune

în funcțiune efectuându-se cinci zile consecutiv câte trei măsurători pe zi, după care se continuă similar pînă la 1-2 luni, pentru a se putea trage concluzii elocvente asupra evoluției în timp a rezistenței la intrare.

La punctul 1 din anexa prezentei teze de doctorat sînt prezentate fotografiile înfățișînd detalii de așezare a tubului de dren și a diferitelor materiale filtrante testate în cadrul programului experimental.

5.2. Cercetări experimentale pentru studiul comportării în timp în ceea ce privește colmatarea drenului și a complexului dren plus material filtrant în diverse soluri.

5.2.1. Necesitatea și fundamentarea tehnico-teoretică a cercetărilor experimentale privind colmatarea complexului dren plus material filtrant.

Drenul așezat în șanțul de drenaj vine în contact direct cu solul, iar în cazul înfășurării (acoperirii) cu material filtrant contactul direct va fi între filtru și particulele de sol. Particulele fine de sol (nisip fin, praf) mai ales cele din umplutură, pot fi antrenate odată cu apa drenată pătrunzînd în filtru sau dren.

În timp aceasta conduce la colmatarea materialului filtrant sau la blocarea perforațiilor tubului de dren, ceea ce face ca drenul să nu-și îndeplinească rolul său de evacuare corespunzătoare a apei în exces.

Literatura tehnică de specialitate precizează că mișcarea particulelor de sol cu dimensiuni mai mari de 0,150 mm are loc în principal sub acțiunea forței de gravitație ~~căreia i-se opun forțele de frecare~~, aceste particule putînd fi antrenate numai de curenții turbulenți de apă.

Particulele de sol mai mici de 0,05 mm se află în suspensie în curenții liberi de apă chiar la curgerea laminară, nefiind mișcate de forța de gravitație.

Particulele cuprinse între 0,05 și 0,150 mm sînt deplasate de forța de gravitație în cazul mișcării laminare și de vîscozitatea apei în cazul mișcării turbulente.

Particulele nedispersate mai mici de 5 microni (0,005 mm) componente ale agregatelor de sol tind să adere la orice material cu care vin în contact.

În baza celor prezentate mai sus și a faptului că în cazul solurilor coezive cu permeabilitate mică, mișcarea apei către tubul de dren este lentă, apărînd rezistențe hidraulice mari, rezultă ca necesar a se prevedea materiale filtrante cu rol protector, filtrant și de îmbunătățire a permeabilității mediului în zona din imediata vecinătate a drenului, asigurînd și stabilitatea tubului de dren.

Se poate menționa aici faptul că pot fi realizate rețele de drenaj fără materiale filtrante în cazul solurilor cu bună permeabilitate, bine structurate, omogene și stabile, dacă pozarea drenurilor este făcută în

bune condiții tehnice.

Textura solului în care nu se prevede folosirea materialelor filtrante pentru drenaj trebuie să fie astfel ca în timpul funcționării drenului să se realizeze un filtru invers în jurul perforațiilor, fiind antrenate de apa drenată doar particolele fine de sol, solurile trebuind să aibă o bună stabilitate hidrică.

Literatura tehnică de specialitate nu face precizări generale valabile în direcția realizării rețelelor de drenaj fără material filtrant, prezentându-se în continuare (tab.20) rezultatele și recomandările diverșilor cercetători în acest sens și ale autorului tezei.

Tab.20.Recomandări privind stabilirea necesității materialului filtrant în diverse condiții de sol.

Nr. crt	Autorul	Tara	Recomandarea
1	2	3	4
1.	H.Brunns [58]	R.F.G.	În solurile cu o structură stabilă, cu o bună capacitate de filtrare nu necesită de regulă o învelire a drenului. Pe de altă parte cea mai bună structură a solului poate fi atât de puternic distrusă în cazul introducerii unor mașini de drenaj de frezat la o umiditate corespunzătoare încât și aici se impune folosirea materialelor filtrante.
2.	J.H. Boumans [54]	Olanda	În soluri argiloase neînfundate influența tipului de tub, a felului materialului filtrant asupra funcționării drenului va fi adesea neglijabilă, iar drenarea fără material filtrant poate da rezistență la intrare importantă în soluri care după tulburări au tendința de a forma structuri rău permeabile. De aceea în aceste soluri diametrul efectiv exterior al drenului formează un aspect ce nu trebuie neglijat recomandându-se în acest caz un tub cu diametrul care îmbrăcat în turbă sau un strat de vată de sticlă (1 cm) care va lucra mai bine decât un tub cu diametrul mic și filtru din IFS. Pentru solurile grele acoperirea cu nisip, pietriș sau alt material permeabil oferă singura soluție bună.
3.	L.S. Willardson [61]	USA	Stratul de sol vegetal pus deasupra drenului creează un material de înveliș permeabil pe suprafețele sărac drenate având o structură permeabilă stabilă și complexă. În solurile stratificate drenurile sînt acoperite cu material cu textura cea mai groasă, cum ar fi nisipurile și pietrișurile fine.
4.	Renalt C. Reeve (Agri-Book, Magazine, 1978).	SUA	Materialele filtrante sînt necesare mai cu seamă în cazul solurilor nisipoase și fin nisipoase. Pentru pămînturile stabile (cu structură naturală stabilă) nu sînt necesare

1	2	3	4
			materiale filtrante, iar pentru soluțiile lipsite de structură cu particole fine se impune folosirea materialelor filtrante.
5.	autorul tezei	R.S.R.	Solurile cu bună permeabilitate, bine structurate, omogene și stabile, cu o textură care asigură realizarea în timp a unui filtru invers pot fi drenate fără a se folosi materiale filtrante. In toate celelalte situații se impune efectuarea unui studiu de drenaj care să analizeze problema alegerii materialului filtrant în funcție de condițiile de sol, climă și apă freatică în baza criteriilor de drenaj stabilite (vezi paragraful 7.1).

Marea majoritate a solurilor ce necesită lucrări de drenaj nu corespund cerințelor menționate pentru a fi drenate fără folosirea materialelor filtrante, sînt soluri gleizate, levigate, sărăturate cu permeabilitate mică și structură instabilă. In această situație se impune cunoașterea comportării în timp din punct de vedere al eficacității (debitelor scurse) sau al gradului de colmatare al diverselor materiale filtrante în aceste tipuri de soluri.

Materialele filtrante au în momentul inițial o permeabilitate inițială specifică a lor (K_{fo}), care de regulă este mare (mult mai mare ca a solului drenat), care în timp se reduce datorită fenomenului de colmatare cu particole de sol antrenate de apa drenată. In același timp are loc și o tasare a lor sub încărcarea pămîntului de umplutură din șanțul de drenaj așezat peste tubul de dren și material filtrant. Permeabilitatea finală după colmatare a materialului filtrant se notează cu K_{fc} .

Notînd cu " η " coeficientul de colmatare al materialului filtrant care reprezintă raportul între debitul inițial al complexului dren plus material filtrant și debitul stabilizat după un anumit timp de funcționare care tinde asimptotic către o valoare constantă (q_c), astfel:

$$\eta = \frac{q_i}{q_c} \quad (155)$$

Conform relației lui Darcy, în același raport cu debitele sînt și valorile conductivităților hidraulice ale materialului filtrant pentru drenaj (K_{fi} și K_{fc}), putîndu-se scrie:

$$\eta = \frac{q_i}{q_c} = \frac{K_{fi}}{K_{fc}} \quad (156)$$

Relația (156) permite calculul permeabilității K_{fc} colmatate a materialului filtrant în mod indirect, cunoscînd pe K_{fi} , iar valorile q_i și q_c fiind determinate experimental pe standul avînd drenul așezat orizontal (fig. 59).

Pentru a caracteriza influența materialului filtrant se introduce valoarea coeficientului de eficiență hidraulică, definit astfel:

$$\mathfrak{K}_0 = \frac{K_{fo}}{K_{sol}}, \quad (157) \quad \text{și respectiv} \quad \mathfrak{K} = \frac{K_{fc}}{K_{sol}} \quad (157')$$

unde: \mathfrak{K}_0 - coeficientul de eficiență hidraulică inițial (înainte de colmatare);

\mathfrak{K} - idem, după colmatare;

K_{sol} - coeficientul de filtrație al solului (m/zi).

Materialul filtrant are efect favorabil dacă $K_{fo} > K_{sol}$ și el se păstrează în timp (după colmatare) numai dacă $K_{fc} > K_{sol}$.

Criteriul de apreciere al efectului materialului filtrant asupra funcționării în timp a drenului cuprinde următoarele limite de valori ale coeficientului de eficiență hidraulică:

$\mathfrak{K} \gg 1$ - efect deosebit de favorabil;

$\mathfrak{K} > 1$ - efect favorabil;

$\mathfrak{K} = 1$ - fără efect;

$\mathfrak{K} < 1$ - efect defavorabil.

Experimental au fost determinate de autor valorile q_i, q_c și K_{fi} care au permis determinarea lui K_{fc} și a coeficientului de eficiență hidraulică pentru principalele materiale filtrante cercetate în diverse soluri.

5.2.2. Stand pentru determinarea permeabilității inițiale necolmate a materialelor filtrante.

Fiecare stand din cadrul setului de patru standuri (fig. 50) se compune din următoarele părți principale (fig. 56):

- cuvă metalică avînd fixată o tablă perforată (sită) ca în fig. 56 pe care se așează materialul filtrant cu o grosimea " δ " cunoscută;
- furtun din cauciuc de alimentare cu apă a standului și de evacuare sub sarcină constantă a apei;
- tablou de piezometre;

Deasupra sitei perforate, pe care se așează materialul filtrant la 10 cm standul are prevăzute șuruburi care permit desfacerea sa în două părți. Astfel este posibilă așezarea materialului filtrant în grosimea dorită. Pentru o bună etanșare se așează între cele două părți garnituri din cauciuc.

După ce materialul filtrant a fost introdus în stand acesta se umple cu apă și se reglează alimentarea și evacuarea pentru a realiza un regim permanent de scurgerea apei. Urmează a se efectua măsurători volumetrice de debit la o sarcină constantă (Δh) înregistrată la tabloul de piezometre.

Notînd cu:

Q - debitul scurs din stand;

S - secțiunea standului ($10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$);

- Δl - înălțimea materialului filtrant pus în interiorul standului;
- Δh - diferența de sarcină citită la tabloul de piezometre între două puncte, sub și respectiv deasupra materialului filtrant;
- k - permeabilitatea inițială a materialului filtrant; pentru stabilirea relației de calcul a permeabilității inițiale se pleacă de la ecuația de continuitate:

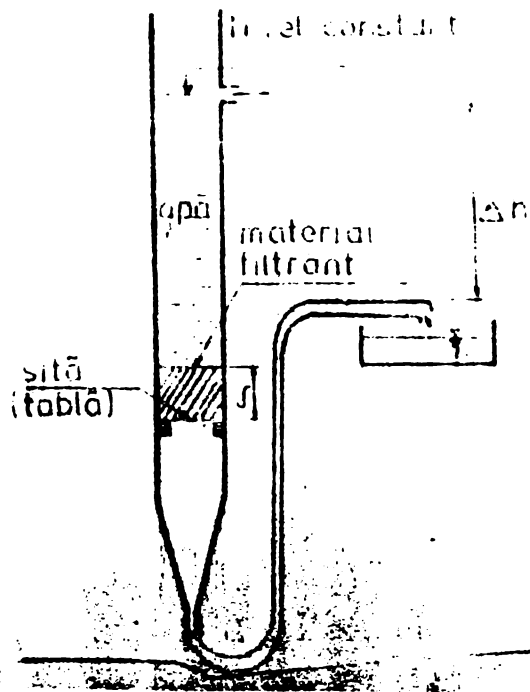


Fig.56. Secțiune transversală prin standul pentru determinarea permeabilității inițiale necolmatate a materialelor filtrante.

$$Q = v \cdot S \quad (158)$$

unde:

$$v = K_{fi} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad (\text{Darcy}) \quad (159)$$

Inlocuind expresia lui v din relația (159) în (158) se obține:

$$Q = K_{fi} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l} \cdot S \quad (160)$$

Explicitând pe K_{fi} din relația (160) avem relația de calcul a permeabilității inițiale a materialelor filtrante în care debitul $Q = \frac{Vol}{\Delta t}$ (măsurat volumetric), iar celelalte elemente sînt de asemenea cunoscute, avem:

$$K_{fi} = \frac{Vol}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta l}{S \Delta h} \quad (\text{m/zl}) \quad (161)$$

5.2.3. Stand avînd drenul așezat orizontal pentru determinarea permeabilității colmatate a materialelor filtrante.

Fiecare stand în parte, din cadrul bazei experimentale executate (fig.49), se compune din următoarele părți principale (fig.57):

- cuvă metalică dreptunghiulară avînd în interior o sită metalică (tablă perforată) la distanța de 10 cm de pereți și 15 cm de fundul cuvei, sprijinită pe un sistem de rigidizare de pereții și fundul cuvei;
- conducte de preaplin;
- conductă de alimentare cu robinet;
- două conducte de evacuare, pentru golirea standului;
- conductă de evacuare, pentru golirea standului;
- conductă de evacuarea debitelor captate de dren;
- tablou de piezometre.

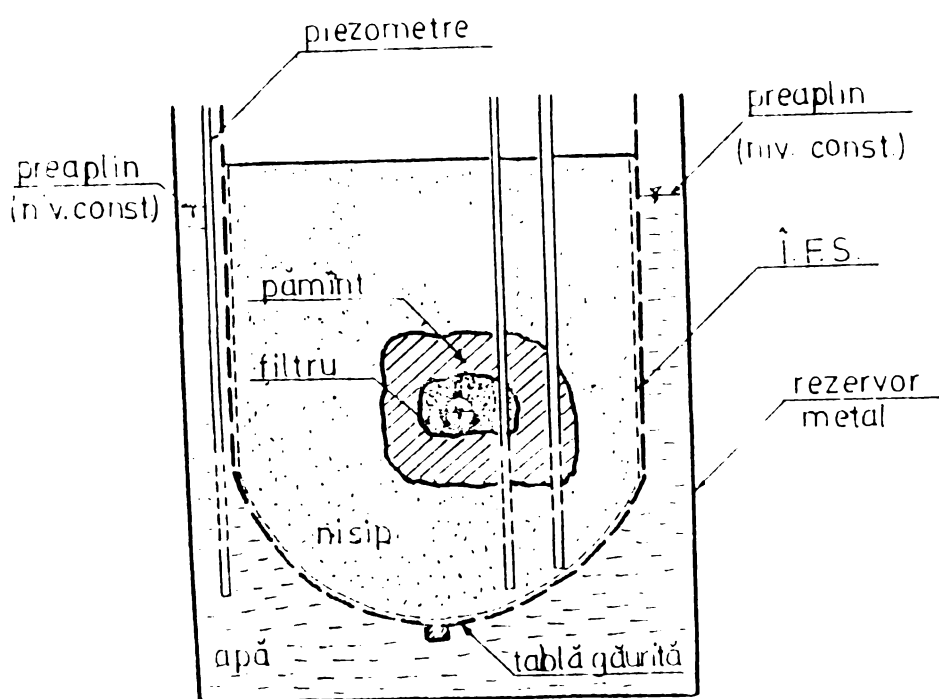


Fig.57. Secțiune transversală prin standul avînd drenul așezat orizontal pentru stabilirea gradului de colmatare al complexului dren plus diverse materiale filtrante.

Standul se umple cu nisip după ce în prealabil a fost așezată o foiță din împîslitură fibre de sticlă pentru a împiedica trecerea particulelor de nisip în apa existentă între perețele cuvei și tabla perforată

Pentru realizarea contactului direct dintre sol și materialul filtrant se așează ca în fig.59 un strat gros de sol (cca. 10 cm) de jur împrejurul complexului dren plus material filtrant.

După introducerea nisipului, așezarea drenului, a materialului filtrant și a statului de sol în jurul materialului filtrant se reglează alimentarea standului astfel ca să se obțină un nivel de alimentare cu apă constant.

În momentul în care se realizează un regim de funcționare a standului se pot face măsurători volumetrice asupra debitului de apă

evacuat de dren sau de complexul dren plus material filtrant. Zilnic s-a efectuat cel puțin o măsurătoare. În prima zi de la pornire este important a se face cel puțin două măsurători deoarece se constată modificări importante ale debitului evacuat. Se urmărește permanent la tabloul de piezometre menținerea nivelului constant de alimentare al standului. Măsurătorile continuă pînă la stabilizarea debitului evacuat de dren sub sarcină constantă.

După fiecare săptămînă de funcționare a fost evacuată apa din stand urmînd 1-2 zile fără apă (perioada uscată) în care drenul nu funcționează simulînd astfel situația reală din cîmp.

Stabilizarea în timp a debitului evacuat are loc atunci cînd procesul de colmatare se stabilizează și el. În condițiile de laborator ale experimentărilor stabilizarea s-a produs după o perioadă de funcționare de 1-3 luni.

5.3. Modele de analogie electrodinamică pentru studiul experimental al perforațiilor tuburilor de dren din plastic riflăte.

Pentru stabilirea suprafeței minime a perforațiilor, a influenței suprafeței și numărului rîndurilor de perforații a mărimii, distribuției și formei perforațiilor asupra valorii coeficientului de intrare, determinarea liniilor echipotențiale la tuburile de drenaj cu diverși diametri și suprafețe ale perforațiilor au fost realizate trei modele experimentale, ce vor fi prezentate în continuare.

5.3.1. Model electric pentru stabilirea suprafeței minime a perforațiilor tubului de dren (1977).

Schema de principiu a modelului este prezentată în fig. 58.

Acest model a fost realizat de autor în 1977 în cadrul Laboratorului de îmbunătățiri funciare al Catedrei CHIF fiind primul model electric realizat pentru studiul unei astfel de probleme de drenaj.

Pentru fundamentarea teoretică a studiului pe model electric, se notează cu:

R_{to} - rezistența electrică teoretică (pentru drenul ideal A);

R_{gi} - rezistența electrică reală (pentru drenul real B).

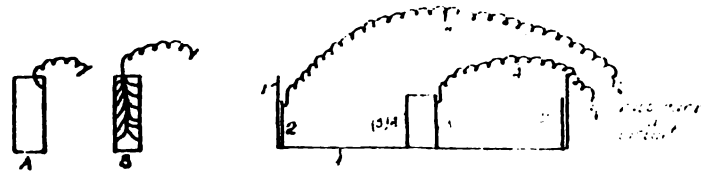
Se poate calcula plusul de rezistență ce apare în cazul drenului real față de cel ideal, astfel:

$$R_{supl} = R_{gi} - R_{to} \quad (\Omega) \quad (162)$$

$$\alpha R_{supl} = 1 - \frac{R_{to}}{R_{gi}} \quad (163)$$

unde: R_{supl} - rezistența suplimentară ce apare pentru drenul real față de cel ideal;

αR_{supl} - coeficientul de rezistență.



a)



b)

Fig.58.Schema de principiu(a) și vedere generală

(b) a modelului electric:

- 1- cuvă din plexic; 2- electrod (tablă cupru 0,5 mm);
- 3- electrod din rondela de cupru cu $\phi = 2; 2,5$ și 3 mm fixate în găurile tubului de dren cu sîrmă de cupru prin lipire; 4- conductor pentru realizarea circuitului;
- A- drenul ideal (executat din tablă de cupru de 0,5 mm)
- B- drenul real (dren din PVC rîflat cu $\phi 11,0$ cm cu sondele de cupru fixate în găuri).

Pentru a face trecerea la debitele afluențe către dren notăm:

Q_0 - debitul pentru drenul ideal;

Q_g - debitul pentru drenul real.

Astfel, se poate scrie pentru drenul ideal:

$$\frac{Q_0}{k \cdot T \cdot \Delta H} = \frac{S_0}{R_0 \cdot T} \quad (164)$$

în care pentru cazul modelului avem:

S_0 - rezistența electrolitului;

R_0 - rezistența modelului;

T - grosimea electrolitului din model.

În mod analog pentru drenul real se poate scrie:

$$\frac{Q_g}{k.T.\Delta H} = \frac{S_c}{R_g.T} \quad (164')$$

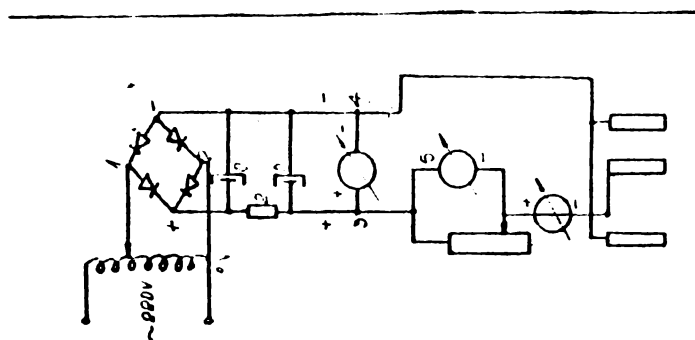
Făcînd raportul debitelor, din relațiile (164) și (164') se obține:

$$\frac{Q_g}{Q_o} = \frac{R_o}{R_g} \quad (165)$$

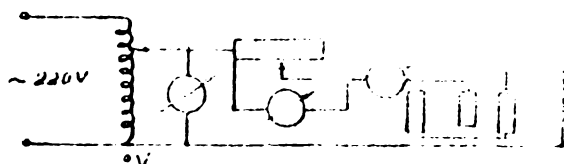
Din relația (165) se observă că raportul debitelor pentru drenul ideal și cel real este egal cu raportul rezistențelor. Din măsurătorile experimentale se cunosc valorile raportului R_o/R_g ceea ce permite a se trage concluzii practice asupra afluxului de apă la dren (Q_g/Q_o).

Schema electrică a modelului realizat poate prezenta două variante:

a)- cazul folosirii curentului continuu



b)- cazul folosirii curentului alternativ.



Electrolitul folosit în cadrul experiențelor pentru schema folosirii curentului alternativ a fost apa de la rețea, menținîndu-i-se temperatura constantă $T = 11^{\circ}\text{C}$.

Aparatura folosită constă din (fig. 61. b): un autotransformator, un reostat cu rezistențe variabile, un voltmetru, miliampermetru și ohmetru, care a permis măsurarea tensiunii și intensității curentului electric pentru fiecare variantă experimentată.

5.3.2. Model de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans B 642 pentru studiul perforațiilor tuburilor de drenaj.

Schema modelului experimental realizat în cadrul Laboratorului de hidraulică subterană al catedrei la care activează autorul tezei cuprinde următoarele părți principale (fig. 59):

- cuva din plastic transparent etanșă;
- aparat de măsură: puntea universală cu autobalans Bridge B 642 produsă de firma Wilmot Breeden Electronics Bender, Bognor Regis, Anglia existentă în dotarea laboratorului.
- sursa de alimentare cu curent alternativ;
- electrolitul (apă de la rețeaua publică);
- cilindru din tablă de cupru (electrod) introdus în interiorul cuvei din plastic;
- tuburi de dren ideal, confecționate din tablă de cupru având diametrul $\varnothing = 5; 6,5; 8$ și 11 cm (fig. 60.a);
- tuburi de dren real, din plastic riflitate având diametrul $\varnothing = 5; 6,5; 8$ și 11 cm (fig. 60.b);
- conductori pentru realizarea circuitelor electrice.

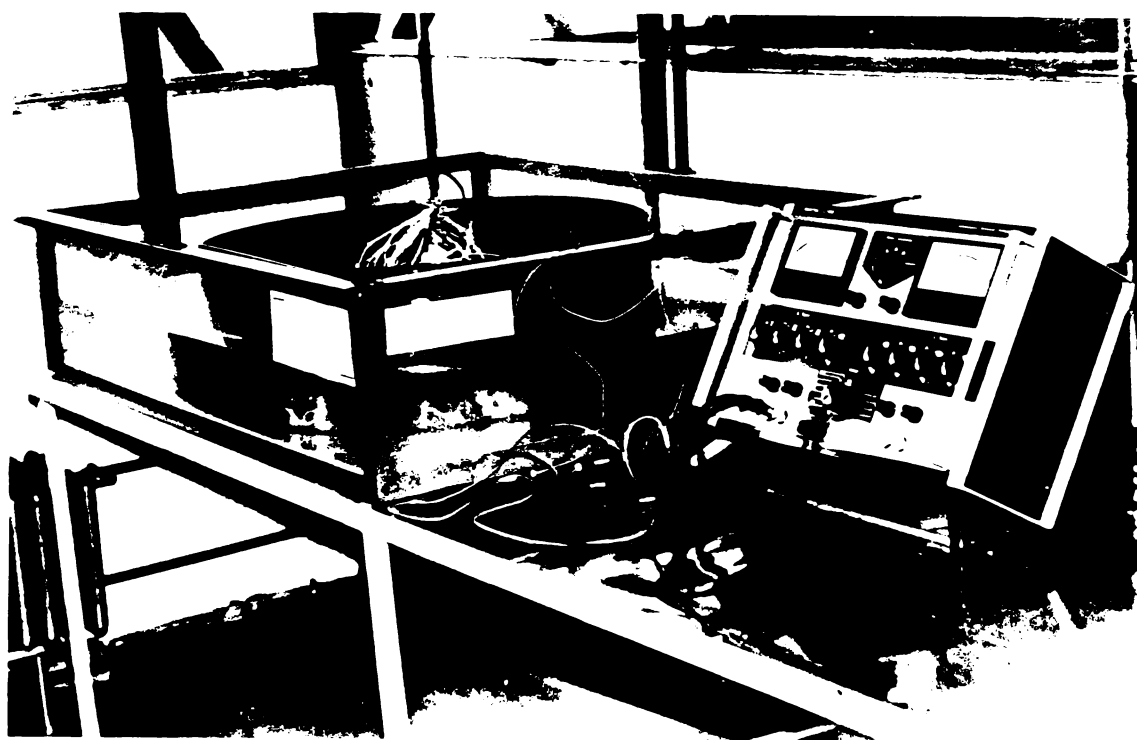


Fig. 59. Vedere generală model de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans B 642 (I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, Cat. CHIF, Lab. hidrolică subterană).

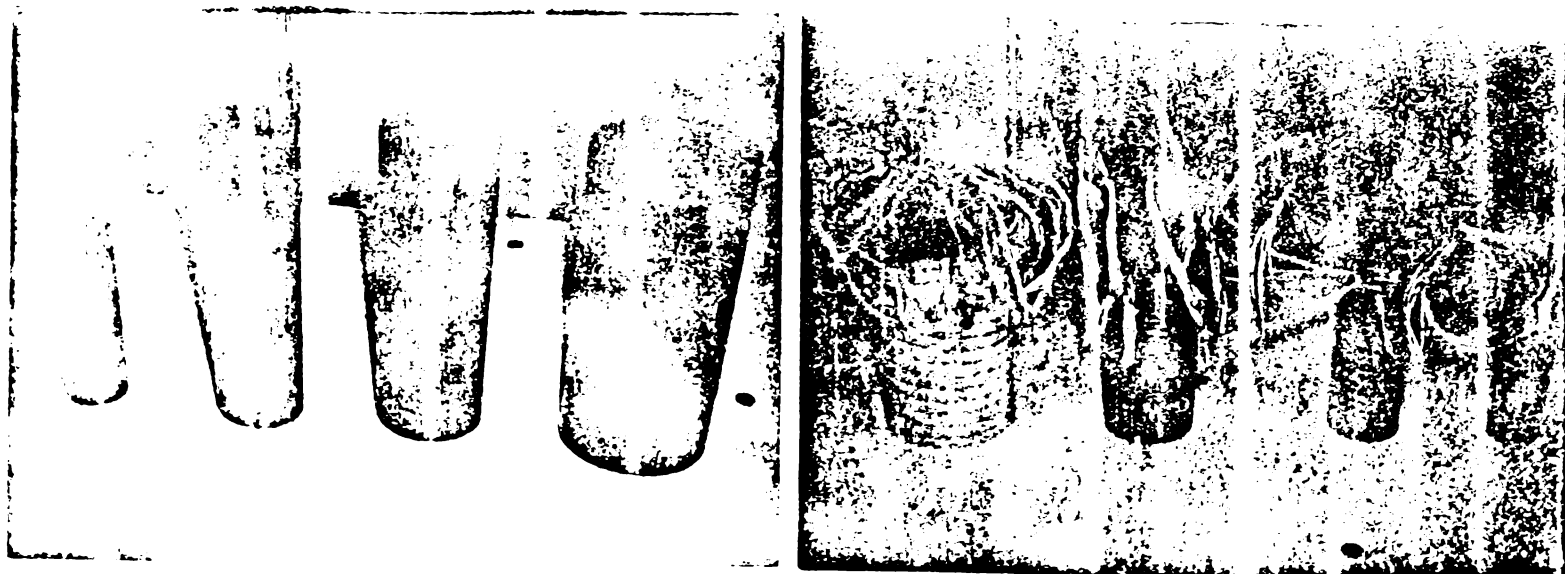


Fig. 60. Detaliu al tuburilor de dren ideal (a) confecționate din tablă de cupru și al tuburilor de dren real (b) din plastic riflitate testate.

In fig.61.este prezentat detaliul de așezare a tuburilor de dren ideal(a) și respectiv real (b) în interiorul cuvei în electrolit și racordurile fiecăruia la aparatul de măsură.

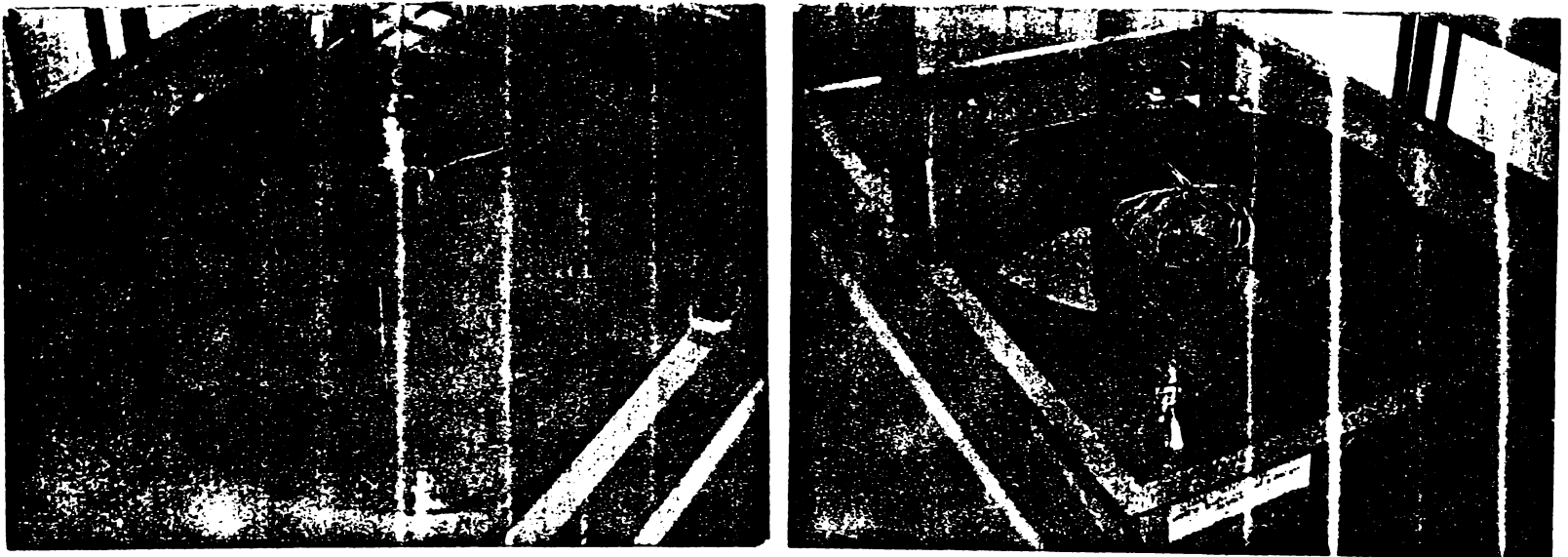


Fig.61.DetaIiul cuvei cu electrolit și modul de așezare în interior al cilindrilor din tablă de cupru și a tubului de dren ideal(a) și respectiv real(b).

Modelul realizat răspunde cerințelor tabloului de analogie electro-dinamică cunoscut [184].

Flecînd de la relația cunoscută în literatura de specialitate [80, 184] : $Q = \frac{2\pi \Delta h \cdot T \cdot K}{\ln R_o/r_o}$ (166)

sau

$$\frac{Q}{K \cdot T \cdot \Delta h} = \frac{2\pi}{\ln R/r} \quad (166')$$

și avînd în vedere că pentru mișcarea curentului electric avem:

$$\frac{I \cdot \xi}{\Delta U \cdot T} = \frac{2\pi}{\ln R/r} \quad , \quad (167) \quad \text{și} \quad I = \frac{\Delta U}{R_m} \quad (68)$$

rezultă:

$$\frac{\xi}{R_m \cdot T} = \frac{2\pi}{\ln R/r} \quad (69)$$

Relația (169) permite calculului rezistivității(·) astfel:

$$\xi = \frac{2\pi \cdot T}{\ln R/r} \cdot R_m \quad (170)$$

- unde: T - grosimea electrolitului;
 R_m - rezistența electrică a tubului de dren;
 R - raza cilindrilor din tablă de cupru(electrod 1);
 r - raza tubului de dren ideal sau real(electrod 2).

Fiind determinată rezistivitatea pentru model(apa) se poate trece la diferite măsurători.

Din relația (166') și (170) se poate scrie că:

$$\frac{Q}{k.T.\Delta h_t} = \frac{S}{T.R_m} = \alpha \quad (171)$$

din care se poate explicita valoarea pierderii de sarcină totale (Δh_t), obținându-se:

$$\Delta h_t = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{Q}{k.T} = S_t \cdot \frac{Q}{k} \quad (172)$$

unde: S_t - coeficientul de rezistență totală, calculat cu relația:

$$S_t = \frac{1}{\alpha} = \frac{T.R_m}{S} \quad (173)$$

Dar coeficientul de rezistență totală se compune din coeficientul de rezistență la intrare (S_i) și cel al tubului perfect (S_p , teoretic):

$$S_t = S_i + S_p \quad (174)$$

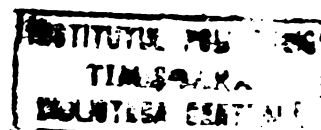
Din relația (174) explicitând coeficientul de rezistență la intrare se obține:

$$S_i = S_t - S_p = \frac{T.R_m}{S} - \frac{\ln R_o/R_i}{2\pi} \quad (175)$$

Toate elementele cuprinse în relația (175) sînt măsurabile pe modelul de analogie electrodinamică, ceea ce permite calculul coeficientului de rezistență la intrare.

Modul de lucru cu aparatul de măsură cuprinde efectuarea următoarelor operații:

1. Racordarea aparatului la sursa de curent electric, avînd în atenție legătura fază la fază și nul la nul.
2. Comutatorul "Link Neutrol" să fie pe poziția sus.
3. Butonul "Polarity" să fie pe "+" atît cel din dreapta cît și cel din stînga.
4. Butonul "Range" se pune de obicei pe 4.
5. Se deschide comutatorul "Supply".
6. Conductorii să fie desfăcuți de la tabloul de borne, însă vor fi cu sîrmele de culoare verde legate între ele în cruce.
7. Comutatorul se va pune acum pe "ON".
8. Calibrarea aparatului, care se face astfel:
 - 8.1. Butonul de calibrare "Meter Sensitivity" se pune pe 3.
 - 8.2. De la butonul "Trim" se reglează ambele indicatoare la zero.
 - 8.3. Butonul de calibrare "Meter Sensitivity" se pune pe poziția "Calibrate".
 - 8.4. De la "Zero" se reglează indicatorul din stînga la zero.



- 8.5. De la "F.S.D" se reglează indicatorul din creapta la 10.
- 8.6. Se revine cu butonul de calibrare "Master Sensitivity" la 3 și se verifică dacă indicatoarele sînt pe zero, dacă nu sînt se reface calibrarea pînă cînd se păstrează.
- 8.7. Butonul de calibrare "Master Sensitivity" se readuce la "Auto" și pot începe măsurătorile.

9. Se fac racordurile cu conductorii la electrodul 1 (cilindrul din tablă de cupru) și la electrodul 2 (tubul de dren), făcîndu-se citirea valorii G ($\mu\Omega$, $m\Omega$ sau Ω) care permite calculul valorii rezistenței $R_m = \frac{10^n}{G}$.

10. Înlocuind electrodul 2 cu diverse tuburi de dren avînd diverse perforații și diametrii se vor putea măsura rezistențele corespunzătoare ale lor, permițînd calculul coeficientului de rezistență la intrare conform relației (175).

5.3.3. Model de analogie electrodinamica folosind puntea de măsură pentru determinarea liniilor echipotențiale și a coeficientului de rezistență la intrare (1979)

Acest model ca și modelul prezentat în paragraful (5.3.2) a fost realizat în cadrul Laboratorului de hidraulică subterană al Catedrei de CHIF folosind aceeași cuvă, același electrolit și aceleași tuburi de dren (real și ideal). Pentru efectuarea măsurătorilor a fost folosit la acest model o punte de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul (fig.62).



Fig.62. Vedere generală a divizorului procentual și a indicatorului de nul folosite pentru efectuarea măsurătorilor pentru determinarea liniilor echipotențiale și a coeficientului de intrare la tuburile de dren testate.

Schema principială a acestui model este prezentată în fig.63.

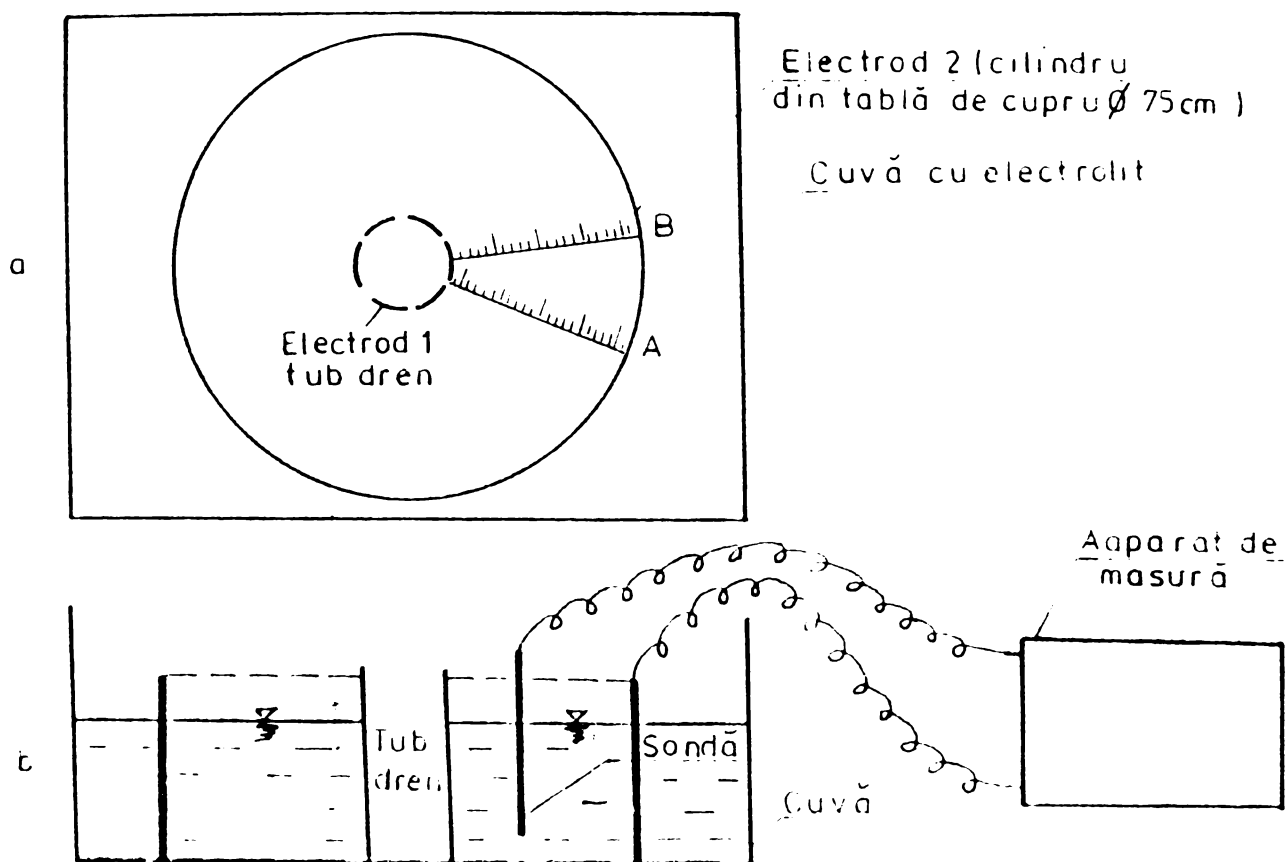


Fig.63. Schema de principiu a modelului de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură pentru determinarea liniilor echipotențiale și a coeficientului de rezistență la intrare: a) vedere în plan b) secțiune transversală.

Studiul pe acest model a mișcării apei subterane este bazat pe analogia dintre Legea lui Ohm pentru mișcarea curentului electric și Legea lui Darcy pentru mișcarea uniformă a apei subterane.

Între cei doi electrozi ai modelului (cilindrul din tablă de cupru de rază R_0 și tubul de dren de rază r_0) se menține o diferență constantă a potențialului electric.

Cu ajutorul unei sonde se poate măsura tensiunea în orice punct în interiorul electrolitului, la diferite distanțe de peretele tubului de dren sau pot fi căutate punctele de un potențial dat.

Pentru trasarea liniilor echipotențiale se va înregistra distanța față de axul tubului de dren în dreptul rândului de perforații (secț. A, fig.63.a) și la mijlocul distanței între rândurile perforațiilor (secț. B, fig.63.a) la care potențialul este același.

Aparatura folosită permite alimentarea modelului cu curent electric alternativ având potențialul $\varphi = 0 \dots 100\%$, variabil din 1 în 1 %.

Pentru calculul coeficientului de rezistență la intrare rezultatele măsurătorilor sînt reprezentate într-un grafic (fig.64) în care în abscisă este reprezentată distanța de la axul drenului, iar în ordonată potențialul măsurat în diverse puncte față de axul tubului de dren studiat [69].

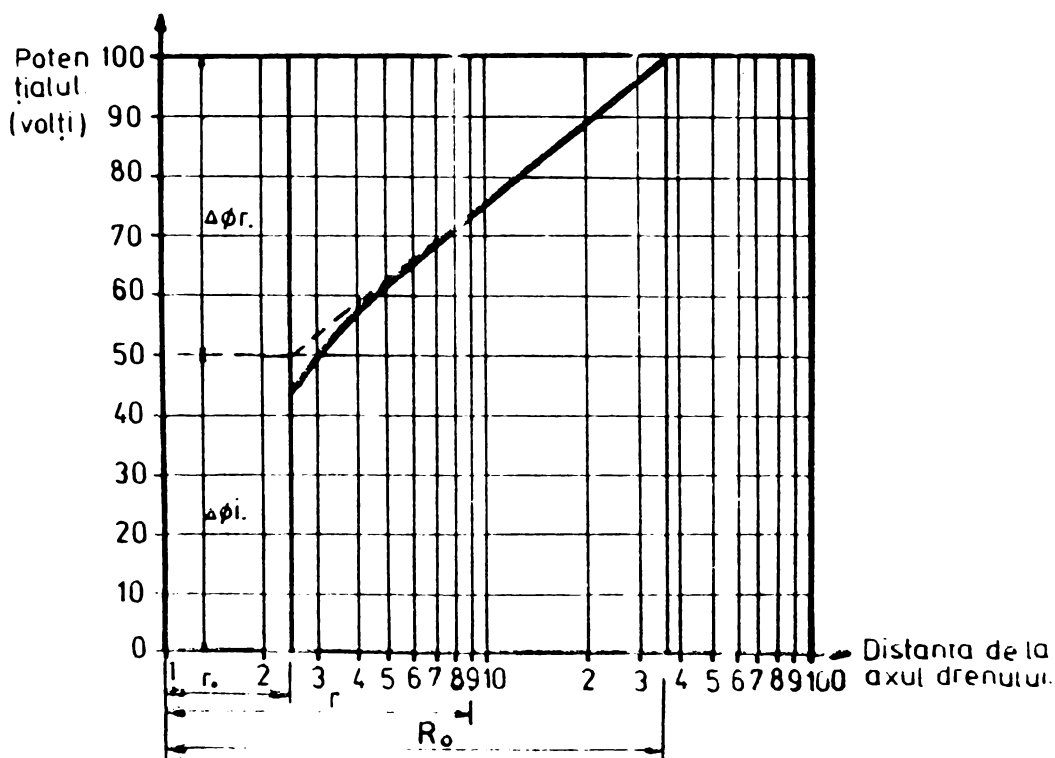


Fig.64. Schema principială de separare a celor două potențiale: radial (ϕ_r) și la intrare (ϕ_i) pentru un tub de dren.

Linia dreaptă din fig.64 este corespunzătoare tubului de dren ideal, în acest caz potențialul fiind proporțional cu $\ln r$. Pentru tuburile de dren reale gradientul potențialului este reprezentat de o linie curbă mai ales în apropierea peretelui tubului de dren, datorită extrarezistenței.

Procedeeul de calcul al coeficientului de rezistență la intrare este următorul:

- se va prelungi linia dreaptă (fig.64) punctat pînă la intersecția liniei peretelui tubului de dren la distanța r_0 , obținîndu-se astfel cele două potențiale: $\Delta\phi_r$ datorat rezistenței radiale și $\Delta\phi_i$ datorat rezistenței la intrare.

Plecînd de la faptul că potențialul total ($\Delta\phi_t$) este suma potențialelor radiale și la intrare se poate scrie că:

$$\Delta\phi_i = \Delta\phi_t - \Delta\phi_r \quad (176)$$

$$\text{dar, } \Delta\phi_i = \frac{q}{K} \cdot S_i \quad \text{și} \quad (177)$$

$$\Delta\phi_r = \frac{q}{K} \cdot S_r \quad (178)$$

din care rezultă că:

$$S_i = \frac{\Delta\phi_i}{\Delta\phi_r} \cdot S_r \quad (179)$$

$$\text{unde: } S_r = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0} \quad (180)$$

Inlocuind valoarea lui S_r din relația (180) în (179) se obține formula de calcul a coeficientului de rezistență la intrare în baza măsurătorilor efectuate pe modelul de analogie electrodinamică:

$$S_i = \frac{\Delta\phi_i}{\Delta\phi_r} \cdot \frac{1}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0} \quad (181)$$

Cap.VI. PRELUCRAREA MĂSURĂTORILOR SI REZULTATE OBTINUTE.

61. Valorile rezistenței la intrarea apei în dren și în complexul dren plus diverse materiale filtrante(respectiv a coeficientului de rezistență la intrare) determinate pe standul avînd drenul așezat vertical.

Pentru fiecare variantă testată măsurătorile experimentale se referă la determinarea pe cale volumetrică(fig.46) a debitului drenat și înregistrarea nivelelor piezometrice corespunzătoare fiecărui regim de scurgere realizat.

Fiecare experiență a durat cinci zile efectuîndu-se cîte trei măsurători pe zi. Măsurătorile zilnice au fost trecute în fișe de măsurători a căror model este prezentat în anexa 2 a tezei(ex.1,2,3) în aceste fișe este prezentat și modul de prelucrare al măsurătorilor experimentale. Calculul cuprinde următoarele faze:

- 1- calculul valorilor rezistenței la intrarea apei în dren sau complexul dren plus material filtrant, cu relația(153) sau (153');
- 2- calculul mediilor zilnice ale rezistenței la intrare;
- 3- calculul valorii medii a rezistenței la intrare pe cele cinci zile
- 4- calculul valorilor coeficientului de filtrație al nisipului din stand cu relația (151);
- 5- calculul mediilor zilnice ale coeficientului de filtrație a nisipului din stand;
- 6- calculul valorii medii a coeficientului de filtrație a nisipului din stand.
- 7- calculul valorii coeficientului de rezistență la intrare cu relația (154) sau (154').

Astfel, pentru fiecare variantă testată se dispune de valoarea coeficientului de rezistență la intrarea apei în dren sau în complexul dren plus material filtrant care permite compararea între ele a variantelor testate, realizînd o clasificare a acestora.















6.1.1. Rezultatele măsurătorilor efectuate pe baza experimentală de la IIRI/ICW Wageningen (Olanda).

Programul experimental efectuat pe această bază experimentală cuprinde 14 variante(tab.21) folosind diverse tuburi de dren din plastic riflate cu diametrul $\phi = 5; 6; 6,5$ și 8 cm și neted cu $\phi 5,5$ cm avînd diferite perforații, fără materiale filtrante sau în complex cu unele materiale filtrante ca: IFS, fibre cocos, folie polietilenă perforată plus granule de polistiren expandat, turbă în plasă de nylon, fibre cocos plus turbă.

Valorile coeficientului de rezistență la intrare calculate(model anexa 2, ex.1) în baza măsurătorilor experimentale efectuate pentru cele

14 variante testate sînt prezentate în tab.21, unde variantele testate sînt așezate în ordinea crescătoare a valorii coeficientului de intrare.

Tab.21. Valorile coeficientului de intrare $\bar{S}_i(\bar{S}_{if})$ pentru variantele testate pe baza experimentală de la ILRI/ICW Wageningen(Olanda) asupra tuburilor de dren din plastic riflata și netede cu sau fără materiale filtrante avînd diferite perforații.

Nr. crt.	Tipul de dren și diametrul (cm)	Mărimea și forma găurii (mm)	Nr. rînd de găuri.	Nr. de găuri pe ml	Supraf. totală a perforațiilor (cm ²)	Materialul filtrant.	Coeficientul de intrare $\bar{S}_i(\bar{S}_{if})$
1	D.P.R. Ø6,5	2,5x1,2 	8	664	19,92	Fibră cocos (400 g/m)	0,00689
2	D.P.R. Ø6,0	3,0x1,2 	8	800	28,80	IFS(înfăș.)	0,0154
3	"-	3,0x1,2 	8	800	28,80	Folie polietilenă perforată + granule polistiren expandat.	0,0175
4	"-	4,0x1,4 	8	800	44,80	fără	0,0212
5	"-	3,0x1,2 	8	800	28,80	Paie grîu (1 cm)	0,0257
6	D.P.R. Ø6,5	3,0x1,5 	6	966	43,47	IFS(înfăș.)	0,0334
7	D.P.R. Ø6,0	3,5x1,5 	8	800	42,00	Fibre cocos + turbă(0,5 cm)	0,0345
8	D.P.R. Ø5,0	3,5x1,5 	6	800	42,00	fără	0,0593
9	D.P.N. Ø5,0	2,5x0,7 	5	100	17,50	IFS(înfăș.)	0,0741
10	D.P.R. Ø6,0	2,8x1,2 	8	800	26,88	fără	0,0868
11	"-	2,8x1,2 	8	664	22,31	Turbă în plasă nylon (0,5 cm)	0,0876
12	"-	Ø 1,2 	8	664	7,51	fără	0,130
13	D.P.R. Ø 5,0	3,5x0,8 	6	750	15,75	fără	0,154
14	D.P.R. Ø 8,0	Ø 1,2 	10	550	6,22	fără	0,178

unde: D.P.R. - dren plastic riflata

D.P.N. - dren plastic neted.

Valorile medii zilnice și valoarea medie finală a rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație a nisipului din stand împreună cu valoarea coeficientului de rezistență la intrare pentru fiecare variantă testată în parte sînt prezentate în tab.22-35.

Tab.22. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu fibre de cocos ca material filtrant.

Nr. crt.	Stratul	Tubul de dren și materialul filtrant.	Grosimea mat. filtrant. (cm)	Valorile W_i pe zile (zile/m)	Val. W_i mediu (zile/m)	Valorile k ale nisipului pe zile (m/z)	Val. k mediu (m/zi)	Coeficientul de intrare \bar{S}_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + fibre cocos înfășurate pe tubul de dren (400 g/ml).	1 strat	0,00060	0,000854	7,90	8,07	0,00680
2	0,00063			8,40				
3	0,00087			7,90				
4	0,00097			8,00				
5	0,0012			7,90				

Tab.23. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm înfășurat cu un strat de I.F.S.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	D.P.R. \emptyset 6 cm + un strat de IFS înfășurat pe tubul de dren.	1 strat	0,00173	0,00201	7,41	7,54	0,0152
2	0,00170			7,69				
3	0,00210			7,57				
4	0,00240			7,44				
5	0,00213			7,57				

Tab.24. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm avînd în jur granule de polistiren expandat înfășurate de o folie de polietilenă perforată.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6 cm + folie polietilenă perforată și granule de polistiren expandat.	1 strat + 0,5 cm	0,00200	0,00218	8,63	8,01	0,0175
2	0,00212			7,83				
3	0,00227			7,78				
4	0,00228			7,93				
5	0,00223			7,89				

Tab.25. Valorile W_i, k_n și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	D.P.R. \emptyset 6 cm + fără filtru.	-	0,00200	0,00323	6,45	6,56	0,0212
2	0,00225			6,40				
3	0,00350			6,67				
4	0,00475			6,54				
5	0,00365			6,77				

Tab.26. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm înfășurate cu paie de grâu ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6 cm+ paie de grâu înfășurate.	1,0	<u>0,00267</u>	0,00349	<u>7,41</u>	7,35	0,0257
2				<u>0,00323</u>		<u>7,20</u>		
3				<u>0,00283</u>		<u>7,62</u>		
4				<u>0,00397</u>		<u>7,33</u>		
5				<u>0,00477</u>		<u>7,16</u>		

Tab.27. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurate cu un strat de I.F.S.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ un strat IFS înfăș. pe tubul de dren.	1 strat	<u>0,00453</u>	0,00539	<u>6,33</u>	6,20	0,0334
2				<u>0,00483</u>		<u>6,16</u>		
3				<u>0,00580</u>		<u>6,16</u>		
4				<u>0,00580</u>		<u>6,28</u>		
5				<u>0,00597</u>		<u>6,09</u>		

Tab.28. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm înfășurat cu fibre de cocos și turbă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6 cm+ fibră de cocos și turbă.	0,50	<u>0,00357</u>	0,00354	<u>9,57</u>	9,76	0,0346
2				<u>0,00367</u>		<u>9,65</u>		
3				<u>0,00327</u>		<u>9,94</u>		
4				<u>0,00347</u>		<u>9,99</u>		
5				<u>0,00373</u>		<u>9,64</u>		

Tab.29. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0069</u>	0,00823	<u>7,48</u>	7,20	0,0593
2				<u>0,0084</u>		<u>7,37</u>		
3				<u>0,0074</u>		<u>6,90</u>		
4				<u>0,0094</u>		<u>7,06</u>		
5				<u>0,0090</u>		<u>7,08</u>		

Tab.30. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de I.F.S.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5 cm+ un strat IFS înfășurat în jurul tubului de dren.	1 strat	<u>0,0094</u>	0,0110	<u>6,83</u>	6,74	0,0741
2				<u>0,0107</u>		<u>6,92</u>		
3				<u>0,0110</u>		<u>6,67</u>		
4				<u>0,0120</u>		<u>6,70</u>		
5				<u>0,0119</u>		<u>6,60</u>		

Tab.31.Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0139</u>	0,0138	<u>6,65</u>	6,29	0,0868
2				<u>0,0131</u>		<u>6,80</u>		
3				<u>0,0132</u>		<u>6,09</u>		
4				<u>0,0141</u>		<u>5,90</u>		
5				0,0147		6,02		

Tab.32.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm avînd în jur turbă prinsă în plasă de nylon ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	D.P.R. \emptyset 6 cm+ turbă în plasa de nylon.	0,50	<u>0,00422</u>	0,0106	<u>8,35</u>	8,26	0,0876
2				<u>0,01190</u>		<u>8,27</u>		
3				<u>0,01260</u>		<u>8,43</u>		
4				<u>0,0120</u>		<u>8,24</u>		
5				0,0124		8,02		

Tab.33.Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0175</u>	0,0243	<u>5,73</u>	5,35	0,130
2				<u>0,0232</u>		<u>5,12</u>		
3				<u>0,0258</u>		<u>5,58</u>		
4				<u>0,0276</u>		<u>5,10</u>		
5				0,0277		5,23		

Tab.34.Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0148</u>	0,0169	<u>9,33</u>	9,10	0,154
2				<u>0,0158</u>		<u>9,20</u>		
3				<u>0,0171</u>		<u>9,19</u>		
4				<u>0,0180</u>		<u>8,90</u>		
5				0,0188		8,74		

Tab.35.Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	D.P.R. \emptyset 8 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0211</u>	0,028	<u>6,32</u>	6,35	0,178
2				<u>0,0268</u>		<u>6,26</u>		
3				<u>0,0294</u>		<u>6,26</u>		
4				<u>0,0310</u>		<u>6,34</u>		
5				0,0321		6,56		






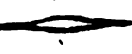
Analiza rezultatelor obținute (tab. 21, 22-35) arată că valorile diferite ale coeficientului de rezistență la intrare pentru diversele variante testate sînt determinate de suprafața totală a perforațiilor și dimensiunile mai mari (1,2-1,5 mm) sau mai mici (0,7-0,8 mm) ale găurilor la tuburile de dren fără filtru și în plus de caracteristicile materialului filtrant la tuburile de dren funcționînd în complex cu diverse materiale filtrante.

6.1.2. Rezultatele măsurătorilor efectuate pe baza experimentală de la Laboratorul de îmbunătățiri funciare, Catedra CHIF, I.P. "Traian Vuia" Timișoara.

Programul experimental desfășurat în perioadă 1976-1981 a cuprins testarea tuburilor de drenaj produse în țara noastră special pentru drenaj avînd perforațiile realizate în timpul procesului tehnologic de execuție a lor, funcționînd cu sau fără materiale filtrante. Au fost testate și unele tuburi din plastic netede sau rifluate produse la I.M.P. Iași neperforate, la acestea perforațiile fiind executate manual.

Principalele caracteristici geometrice ale tuburilor de dren produse în țara noastră cuprinse în programul experimental sînt prezentate în tab. 36.

Tab. 36. Caracteristicile geometrice ale tuburilor de dren testate în cadrul programului experimental (România)

Nr. crt.	Tipul de dren	Diam. (cm)	Intr. prod.	Nr. rînd de găuri (n)	Dist. între găuri (B) (cm)	Mărimea și forma găurii.	Su- praf. unei găuri (mm)	Nr. de găuri pe m. l. (cm/ml)	Su- praf. to- tală a per- forații- lor ₂ (cm ² /ml)	Obs.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	D.P.R.	11	IMMP Buzău.	16	2,5	5,0x1,0 	5,0	640	32,80	Perforate produse.
2.	"	8	"	6	1,25	5,0x1,0 	5,0	480	24,00	"
3.	"	0,5	"	6	2,65	2 rînd.= 5,0x1,0 4 rînd.= 4,0x1,0 	5,0 4,0	74 148	9,62	"
4.	"	5	"	6	1,15	5,0x1,0 	5,0	516	25,80	"
5.	"	5,5	IMP Iași	4	0,32	2 rînd= 2,0x0,8 2 rînd= 1,0x0,8 	1,6 0,8	620 620	14,28	Perforate manual.
6.	D.P.N.	ext. 7,5 int. 6,3	"	2	4,76	6x1,2 (șlit) 	72	42	30,24	"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.	-"-	-"-	-"-	2	4,0	60x1,2(șliț)	72	50	30,00	-"-
8.	-"-	5,0	-"-	2	5,0	25x1,2(șliț)	30	40	12,00	-"-
9.	D.C. Circ.	9,0	I.C. Jimbolia	-	33	fante circu- lare.	-	3 fan- te	2 fan- te.	-
10.	-"-	10,0	-"-	-	33	-"-	-	-"-	-"-	-
11.	D.C. Hex.	9,0	-"-	-	39	-"-	-	-"-	-"-	-

După ce a fost efectuată de autor o sinteză la nivel internațional privind stadiul utilizării diferitelor materiale filtrante la drenarea terenurilor agricole cu evidențierea rezultatelor cercetărilor efectuate [7,8.] și o investigație în toate sectoarele economiei naționale privind urmărirea posibilității de descoperire și utilizare a unor materiale filtrante noi, în special materiale locale, deșeuri industriale și geotextilele noi produse în țara noastră, acestea au fost testate pentru cunoașterea parametrilor lor hidraulici în vederea utilizării la drenajul agricol.

Materialele cuprinse în programul experimental efectuat sunt următoarele: pietrișul sortat(3-7 mm), balast, nisip local(Jud.Timiș), zgură granulată de furnal(C.S.Reșița și Galați), zgură expandată de furnal (Călan), deșeuri de zgură de la fabrica de ciment Medgidia, scoici mari și scoici mărunțite de pe plaja din zona Mamaia(Hotel Vega), zgură de termocentrală(Oradea), paie de grâu, pleavă de orez, tulpini de in, pudrerie de cîneapă, împîslitură de fibre de sticlă(I.F.S), vată de sticlă, vată minerală, netesin, drenatex, terasin, madril, filtex, spume poliuretaneice(burete) de la Spumotim Timișoara și combinații între IFS plus materiale granulare.

Curbele granulometrice ale principalelor materiale filtrante granulare testate sînt prezentate în anexa 3, după cum urmează:

Fig.3.1. Zgură granulată de furnal(C.S.Reșița și Galați);

Fig.3.2. Zgură expandată de furnal (Călan);

Fig.3.3. Nisip din râul Timiș(Sag)și pietriș(Jud.Timiș);

fig.3.4.Nisip de la Rudna-Giulvăz(Jud.Timiș) și nisip fin de la Parța (Jud.Timiș).

Valorile coeficientului de rezistență la intrare calculate(conform model anexa 2: ex.2 și 3) în baza măsurătorilor experimentale efectuate pentru cele 93 variante testate sînt prezentate în tab.37, unde variantele sînt așezate în ordine crescătoare a valorii coeficientului de rezistență la intrare.

Tab.37. Valorile coeficientului de intrare $\bar{S}_1(\bar{S}_{1f})$ pentru variantele testate pe baza experimentală de la Laboratorul de îmbunătățiri funciare, Catedra C.H.I.F, I.P. "Tr.Vuia" Timișoara asupra tuburilor de dren din plastic și de ceramică produse în țara noastră cu sau fără materiale filtrante (1977-1981).

Nr. crt.	Tipul de dren	Materialul filtrant	Stan- dul.	Grosimea mat.fil- trant(cm)	Coef. ci- entul de rezist. la intra- re, $\bar{S}_1(\bar{S}_{1f})$.
1	2	3	4	5	6
1.	D.P.R. Ø8,0	Zgură expandată de furnal (Călan).	2	4,0	0,00207
2.	"-	Deșeuri de zgură de la fabrica de ciment Medgidia.	3	4,0	0,00548
3.	"-	Madril D(înfășurat)	3	1 strat	0,00593
4.	D.P.R.Ø 5,0	Deșeuri textile(Intrep. textilă Buc.)	1	5,0	0,00618
5.	D.P.R.Ø 8,0	Terasin 200(înfășurat)	1	2 straturi	0,00623
6.	"-	Scoici mărunțite din zona Mamaia, Hotel Vega.	2	4,0	0,00650
7.	D.P.R.Ø 5,0	Madril V(înfășurat)	2	1 strat	0,00684
8.	D.P.R.Ø 11,0	IFS(înfăș.)+ zgură granulată de furnal (Reșița)	3	1 strat + 2,5	0,00788
9.	D.P.R.Ø 5,0	Madril D (înfășurat)	3	1 strat	0,00838
10.	D.P.R.Ø 6,5	Pietriș sortat(3-7 mm)	1	5,0	0,00844
11.	D.P.R.Ø 5,0	I.F.S.(înfășurat)	2	3 straturi	0,00849
12.	D.P.R.Ø 11,0	Pleavă de orez	2	5,0	0,00851
13.	D.P.R.Ø 5,0	Madril M(înfășurat)	1	1 strat	0,00863
14.	D.P.R.Ø 11,0	Pietriș sortat(3-7 mm)	2	4,0	0,00937
15.	D.P.R.Ø 8,0	Vată minerală(înfăș.)	1	2,0-3,0	0,00945
16.	D.P.R.Ø 11,0	Zgură de termocentrală(Oradea)	2	5,0	0,00960
17.	D.P.R.Ø 8,0	Terasin 200 (înfășurat)	3	1 strat	0,00966
18.	D.P.R.Ø 8,0	Terasin 200(înfășurat) (repetarea exp.pc.17)	2	1 strat	0,00970
19.	"-	Terasin 400(înfășurat)	1	1 strat	0,00975
20.	D.P.R.Ø 5,0	IFS(înfăș.)+ nisip(Sag)	1	1 strat + 4,5	0,0006
21.	D.P.R. Ø 8,0	Filtex(înfășurat)	2	1 strat	0,0007
22.	D.P.R.Ø 5,0	Drenatex (înfășurat)	3	1 strat	0,0010
23.	D.P.R.Ø 6,5	Vată de sticlă	3	2,0	0,0010
24.	D.P.R.Ø 11,0	Tulpini de in mărunțite	1	5,0	0,0011
25.	"-	Puzderie de cînepă	1	5,0	0,0013
26.	"-	Deșeuri textile din burete matlasat(Intrep.1 Iunie, Timișoara).	3	5,0	0,0032
27.	D.P.R.Ø 6,5	I.F.S. (înfășurat)	3	1 strat	0,0033

1	2	3	4	5	6
28.	D.C.Hex.Ø9,0	Zgură granulată de furnal	1	2,5	0,0133
29.	D.P.R.Ø 5,0	Terasin 200(înfășurat)	3	1 strat	0,0135
30.	"-	I.F.S.(înfășurat)	2	1 strat	0,0149
31.	D.P.R.Ø 6,5	Deșeuri textile(Intrep.textilă Buc.).	3	3,5	0,0150
32.	D.P.R.Ø 11,0	Zgură granulată de furnal (C.S.Reșița), sort > 1 mm	1	5,0	0,0152
33.	D.P.R.Ø 6,5	Zgură granulată de furnal (C.S.Reșița)	2	5,0	0,0154
34.	D.P.R.Ø 5,0	Vată de sticlă	3	4,5	0,0159
35.	D.P.R.Ø 11,0	Puzderie de cînepă.	1	2,5	0,0162
36.	D.P.R.Ø 8,0	Scoici mari din zona Mamaia (Hotel Vega)	1	4,0	0,0169
37.	"-	Zgură granulată de furnal (C.S.Galați).	1	4,0	0,0171
38.	D.P.R.Ø 6,5	Puzderie de cînepă	2	5,0	0,0182
39.	D.P.R.Ø 8,0	Vată de sticlă	2	1,0-2,0	0,0196
40.	D.P.R.Ø 11,0	Deșeuri textile tocate din burete matlasat(Intr.1 Iunie Timișoara).	3	5,0	0,0204
41.	D.C.Circ.Ø10,0	Pietriș sortat (3-7 mm)	2	5,0	0,0205
42.	D.P.R.Ø 11,0	Netesin neimpregnat(344 g/mp), (înfășurat).	2	1 strat	0,0213
43.	D.P.R.Ø 8,0	Paie de grâu	1	1,5-2,0	0,0261
44.	D.P.R.Ø 11,0	Tulpini de in	3	1,5-2,0	0,0264
45.	D.P.R.Ø 6,5	Terasin 200(înfășurat)	2	1 strat	0,0271
46.	"-	Tulpini de in	1	2,0	0,0275
47.	D.P.R.Ø 11,0	I.F.S(înfășurat)	3	1 strat	0,0281
48.	D.P.R.Ø 6,5	Zgură granulată de furnal (sort > 3 mm),Reșița.	3	5,0	0,0284
49.	D.P.R.Ø 8,0	Drenatex (înfășurat)	3	1 strat	0,0286
50.	D.P.R.Ø 11,0	Pleava de orez	3	2,5	0,0296
51.	"-	Netesin impregnat	1	1 strat	0,0297
52.	D.P.R.Ø 5,0	Pietriș	1	4,5	0,0308
53.	D.P.R.Ø 11,0	Spume poliuretanic(burete) Spumotim Timișoara(înfăș.)	1	1 strat (0,3)	0,0318
54.	D.P.R.Ø 6,5	Paie de grâu	2	1,0	0,0323
55.	D.P.R.Ø 5,0	Filtex (înfășurat)	1	1 strat	0,0329
56.	"-	Vată minerală	3	5,0	0,0342
57.	D.C.Hex.Ø9,0	IFS(înfăș.)și zgură granulată de furnal	1	1 strat + 5,0	0,0349
58.	"-	Filtex(înfășurat)	2	1 strat	0,0404
59.	D.P.R.Ø 6,5	Drenatex (înfășurat)	1	1 strat	0,0418
60.	D.P.R.Ø 11,0	Spume poliuretanic(burete) Spumotim Timișoara,(înfăș.).	2	1 strat (0,80)	0,0441

1	2	3	4	5	6
61.	D.P.R.Ø 6,5	Paie de grâu(presate)	2	2,0	0,0442
62.	D.P.R.Ø 5,0	Madril S (înfășurat)	1	1 strat	0,0448
63.	D.C.Circ.Ø9,0	Zgură expandată de furnal (Călan).	3	4,0	0,0448
64.	D.P.R.Ø 8,0	I.F.S(înfăș.)și nisip(Rudna- Giulvăz).	2	1 strat + 2,0	0,0507
65.	-n-	Deșuri textile(Intrep.textilă Buc.).	2	2,0	0,0532
66.	D.C.Hex.Ø9,0	Vată minerală	2	2,0-3,0	0,0538
67.	D.C.Hex.Ø9,0	Drenatex(saltea și plapună)	3	1 stra	0,0615
68.	D.C.Circ.Ø10,0	Madril D (înfășurat)	2	1 stra	0,0645
69.	D.P.R.Ø 5,0	Zgură granulată de furnal nesortată (C.S.Galați).	1	4,5	0,0679
70.	D.C.Circ.Ø10,0	IFS(înfăș.)și zgură de termo- centrală (Oradea).	2	1 stra + 2,5	0,0705
71.	D.P.R.Ø 11,0	fără filtru	3	-	0,0750
72.	D.P.R.Ø 8,0	Pietriș	2	4,5	0,0762
73.	D.P.R.Ø 6,5	Netesin(100 % fibre sintetice 269 g/mp),înfășurat.	3	1 strat	0,0823
74.	D.P.R.Ø 5,0	fără filtru	1	-	0,108
75.	D.P.R.Ø 8,0	fără filtru	2	-	0,113
76.	D.P.R.Ø 6,5	Netesin(70 % fibre sintetice, 30 % fibre naturale,269 g/mp), înfăș.	1	1 strat	0,125
77.	D.C.Hex.Ø9,0	I.F.S.(înfășurat)	3	1 strat	0,129
78.	D.P.N,Øi 6,3	fără filtru	3	-	0,132
79.	D.P.N.Øi 6,3	fără filtru	2	-	0,136
80.	D.P.R.Ø 5,5	fără filtru	3	-	0,138
81.	D.C.Circ.Ø9,0	Vată minerală	3	2,0-3,0	0,141
82.	D.P.R.Ø 8,0	IFS(înfăș.)și nisip fin de Parța	1	1 strat + 4,0	0,143
83.	D.C.Hex.Ø9,0	Netesin(100 % fibre sintetice, 269 g/mp),înfăș.	2	1 strat	0,146
84.	D.P.R.Ø 6,5	Netesin(100 % fibre sintetice, 344 g/mp),înfăș.	2	1 strat	0,160
85.	D.C.Hex.Ø9,0	Terasin 200(înfășurat)	2	1 strat	0,237
86.	D.C.Circ.Ø10,0	I.F.S.(înfăș.)	2	1 strat	0,252
87.	D.P.N.Ø5,0	fără filtru	1	-	0,264
88.	D.P.R.Ø 6,5	fără filtru	3	-	0,289
89.	D.P.R.Ø 8,0	Balaast(jud.Timi.)	3	4,0-5 0	0,533
90.	D.C.Hex.Ø 9,0	fără filtru	3	-	0,791
91.	D.P.R.Ø 8,0	Nisip fin (Parța)	3	4,0-5 0	0,792
92.	D.C.Circ.Ø9,0	fără filtru	2	-	1,02
93.	D.C.Circ.Ø10,0	fără filtru	2	-	1,275

Valorile medii zilnice și valoarea medie finală a rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație a nisipului din stand împreună cu valoarea coeficientului de rezistență la intrare pentru fiecare variantă testată în parte sînt prezentate în tab.38-130-

Tab.38.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur zgură expandată de furnal(Călan) ca material filtrant.

Nr. crt.	Stan- dul (Anul)	Tubul de dren și materialul filtrant.	Grosi- mea mat. filtrant (cm)	Valorile W_1 pe zile (med. zilni- că) (zile/m)	Valoarea W_1 med.pe cele cinci zile (zile/m)	Valo- rile k_n pe zile (medi- zilni- ce) m/zi	Valoa- rea k_n mediu pe ce- le cinci zile (m/zi)	Valoa- rea coef.de rez. la intrare $\bar{S}_1(\bar{S}_{if})$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+	4,0	0,000378	0,000449	5,18	4,60	0,00207
2	(1979)	zgură expandată de furnal(Călan)		0,000480		4,95		
3				0,000449		4,38		
4				0,000407		4,29		
5				0,000532		4,18		

Tab.39.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur deșeuri de zgură de la fabrica de ciment Medgidia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+	4,0	0,00056	0,000644	9,37	8,51	0,00548
2	(1979)	deșeuri de zgură de furnal de la fabrica de ciment Medgidia.		0,00054		8,16		
3				0,00068		8,48		
4				0,00077		9,05		
5				0,00067		7,48		

Tab.40.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Madril D ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+	1 strat	0,00243	0,00244	2,51	2,43	0,00593
2	(1981)	Madril D(înfaș.)		0,00276		2,45		
3				0,00223		2,60		
4				0,00241		2,31		
5				0,00239		2,29		

Tab.41.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm avînd în jur deșeuri textile de la Intreprinderea textilă București ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+	5,0	0,00269	0,00228	2,96	2,7	0,00618
2	(1980)	deșeuri textile (Intrep.textilă Buc.).		0,00227		3,53		
3				0,00213		2,55		
4				0,00247		2,39		
5				0,00183		2,39		

Tab.42.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. $\emptyset 8,0$ cm înfășurat cu două straturi de Terasin 200 ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. $\emptyset 8,0$ cm+ Terasin 200 (înfășurat)	2stra- turi	<u>0,00125</u>	0,00176	<u>3,33</u>	3,54	0,00623
2	(1980)			<u>0,00125</u>		<u>3,65</u>		
3				<u>0,00232</u>		<u>3,37</u>		
4				<u>0,00245</u>		<u>3,31</u>		
5				<u>0,00154</u>		<u>4,02</u>		

Tab.43.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. $\emptyset 8,0$ cm avînd în jur scoici mărunțite din zona Mamaia(Hotel Vega)ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. $\emptyset 8,0$ cm+ scoici mărun- țite din zona Mamaia(Hotel Vega).	4,0	<u>0,000158</u>	0,000509	<u>12,79</u>	12,77	0,00650
2	(1979)			<u>0,000543</u>		<u>12,12</u>		
3				<u>0,000677</u>		<u>13,66</u>		
4				<u>0,000573</u>		<u>11,28</u>		
5				<u>0,000593</u>		<u>14,01</u>		

Tab.44.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. $\emptyset 5,0$ cm înfășurat cu Madril V ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. $\emptyset 5,0$ cm+ Madril V(înfaș.)	1 strat	<u>0,000985</u>	0,00113	<u>6,22</u>	6,05	0,00684
2	(1981)			<u>0,00101</u>		<u>5,73</u>		
3				<u>0,00129</u>		<u>5,65</u>		
4				<u>0,00119</u>		<u>6,56</u>		
5				<u>0,00123</u>		<u>6,07</u>		

Tab.45.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. $\emptyset 11,0$ cm înfășurat cu un strat de I.F.S. plus zăură granulată de furnal (C.S.Reșita) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. $\emptyset 11,0$ cm+ IFS(înfaș.) și zăură granulată de furnal(Reși- ta).	1 strat+ 2,5	<u>0,000309</u>	0,000270	<u>23,48</u>	29,20	0,00788
2	(1977)			<u>0,000286</u>		<u>30,50</u>		
3				<u>0,000137</u>		<u>57,54</u>		
4				<u>0,000376</u>		<u>34,12</u>		
5				<u>0,000241</u>		<u>20,26</u>		

Tab.46.Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. $\emptyset 5,0$ cm înfășurat cu Madril D ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. $\emptyset 5,0$ cm+ Madril D (înfașurat)	1 strat	<u>0,000682</u>	0,000755	<u>11,65</u>	11,10	0,00838
2	(1981)			<u>0,000779</u>		<u>12,66</u>		
3				<u>0,000867</u>		<u>11,61</u>		
4				<u>0,000797</u>		<u>10,34</u>		
5				<u>0,000651</u>		<u>9,24</u>		

Tab.47. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur
pietriș sortat (3-7 mm) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ pietriș sortat (sort 3-7 mm)	5,0	<u>0,000788</u>	0,00101	<u>9,30</u>	8,36	0,00844
2	(1978)			<u>0,000690</u>		<u>7,00</u>		
3				<u>0,00107</u>		<u>7,80</u>		
4				<u>0,00119</u>		<u>8,40</u>		
5				<u>0,00131</u>		<u>9,30</u>		

Tab.48. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu
I.F.S în trei straturi ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+ I.F.S. (înfăș.)	3 stra- turi.	<u>0,00105</u>	0,00108	<u>7,65</u>	7,86	0,00849
2	(1980)			<u>0,000963</u>		<u>7,61</u>		
3				<u>0,00114</u>		<u>8,18</u>		
4				<u>0,00116</u>		<u>6,75</u>		
5				<u>0,00121</u>		<u>9,11</u>		

Tab.49. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur
pleavă de orez ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + pleavă de orez.	5,0	<u>0,000658</u>	0,000798	<u>10,96</u>	10,67	0,00851
2	(1978)			<u>0,000799</u>		<u>10,26</u>		
3				<u>0,000750</u>		<u>10,42</u>		
4				<u>0,000843</u>		<u>10,83</u>		
5				<u>0,000940</u>		<u>10,86</u>		

Tab.50. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu
un strat de Madril M ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + Madril M (înfășurat)	1 strat	<u>0,00096</u>	0,00106	<u>8,06</u>	8,14	0,00863
2	(1981)			<u>0,00114</u>		<u>7,99</u>		
3				<u>0,00101</u>		<u>7,86</u>		
4				<u>0,00110</u>		<u>8,67</u>		
5				<u>0,00107</u>		<u>8,14</u>		

Tab.51. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur
pietriș sortat (3-7 mm) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + pietriș sortat	4,0	<u>0,000523</u>	0,000409	<u>24,10</u>	22,91	0,00937
2	(1977)			<u>0,000208</u>		<u>23,60</u>		
3				<u>0,000632</u>		<u>21,74</u>		
4				<u>0,000422</u>		<u>23,47</u>		
5				<u>0,000259</u>		<u>21,63</u>		

Tab.52. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur vată minerală ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + vată minerală	2,0-3,0	<u>0,00185</u>	0,00186	<u>4,42</u>	5,08	0,00945
2	(1980)			<u>0,00207</u>		<u>4,92</u>		
3				<u>0,00152</u>		<u>4,23</u>		
4				<u>0,00215</u>		<u>4,59</u>		
5				<u>0,00172</u>		<u>4,24</u>		

Tab.53. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur zgură de termocentrală (Oradea) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + zgură termocentrală (Oradea)	5,0	<u>0,000226</u>	0,000427	<u>2,83</u>	22,48	0,00960
2	(1977)			<u>0,000384</u>		<u>2,10</u>		
3				<u>0,000505</u>		<u>2,40</u>		
4				<u>0,000446</u>		<u>2,00</u>		
5				<u>0,000575</u>		<u>2,10</u>		

Tab.54. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + Terasin 200 (înfășurat)	1 strat	<u>0,001256</u>	0,001396	<u>10,18</u>	10,19	0,00966	
2	(1979)			<u>0,001465</u>		<u>9,43</u>			(=0,0097)
3				<u>0,001501</u>		<u>10,22</u>			
4				<u>0,001267</u>		<u>10,97</u>			
5				<u>0,001492</u>		<u>10,16</u>			

Tab.55. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant (repetare experiență 1979).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + Terasin 200 (înfășurat)	1 strat	<u>0,00134</u>	0,00152	<u>6,12</u>	6,38	0,00970
2	(1981)			<u>0,00201</u>		<u>6,69</u>		
3				<u>0,00142</u>		<u>6,47</u>		
4				<u>0,00140</u>		<u>6,74</u>		
5				<u>0,00142</u>		<u>5,86</u>		

Tab.56. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 400 ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + Terasin 400 (înfășurat)	1 strat	<u>0,001010</u>	0,001044	<u>9,19</u>	9,34	0,00975
2	(1979)			<u>0,001081</u>		<u>9,97</u>		
3				<u>0,001142</u>		<u>9,33</u>		
4				<u>0,000924</u>		<u>8,51</u>		
5				<u>0,001063</u>		<u>9,69</u>		

Tab.57. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat IFS și nisip de Sag ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+ IFS și nisip (Sag).	1 strat 4,5	<u>0,00693</u>	0,00618	<u>1,40</u>	1,71	0,0106
2	(1981)			<u>0,00644</u>		<u>1,54</u>		
3				<u>0,00609</u>		<u>1,97</u>		
4				<u>0,00536</u>		<u>1,78</u>		
5				<u>0,00603</u>		<u>1,84</u>		

Tab.58. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Filtex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+ Filtex (înfăș.)	1 strat	<u>0,00310</u>	0,00302	<u>3,79</u>	3,55	0,0107
2	(1981)			<u>0,00283</u>		<u>3,44</u>		
3				<u>0,00289</u>		<u>3,51</u>		
4				<u>0,00298</u>		<u>3,74</u>		
5				<u>0,00329</u>		<u>3,25</u>		

Tab.59. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de Drenatex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + Drenatex (înfășurat)	1 strat	<u>0,00122</u>	0,00118	<u>10,44</u>	9,34	0,0110
2	(1980)			<u>0,00113</u>		<u>10,72</u>		
3				<u>0,00117</u>		<u>9,23</u>		
4				<u>0,00101</u>		<u>7,25</u>		
5				<u>0,00136</u>		<u>9,08</u>		

Tab.60. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur vată de sticlă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ vătă de sticlă	2,0	<u>0,000740</u>	0,000756	<u>17,40</u>	14,54	0,0110
2				<u>0,000681</u>		<u>16,60</u>		
3				<u>0,000851</u>		<u>13,16</u>		
4				<u>0,000643</u>		<u>12,81</u>		
5				<u>0,000865</u>		<u>12,73</u>		

Tab.61. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur tulpini de in mărunțite ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + tulpini de in mărunțite.	5,0	<u>0,000540</u>	0,000822	<u>13,75</u>	13,50	0,0111
2	(1977)			<u>0,000608</u>		<u>14,70</u>		
3				<u>0,000890</u>		<u>15,13</u>		
4				<u>0,001020</u>		<u>12,70</u>		
5				<u>0,001052</u>		<u>11,28</u>		

Tab.62. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur. puzderie de cîneapă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + puzderie de cîneapă.	5,0	0,000238	0,000285	42,50	39,60	0,0113
2	(1977)			0,000246		39,90		
3				0,000280		39,20		
4				0,000314		38,40		
5				0,000348		38,00		

Tab.63. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur deșeuri textile din burete matlasat (Intr.1 Iunie Timișoara) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 11,0 cm+ deșeuri textile din burete mat- lasat.	5,0	0,000717	0,000863	15,55	15,25	0,0132
2	(1977)			0,000732		12,93		
3				0,000826		14,66		
4				0,000821		21,50		
5				0,00123		12,24		

Tab.64. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu un strat de IFS ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ I.F.S (înfaș.)	1 strat	0,00128	0,00144	6,67	9,24	0,0133
2	(1978)			0,00146		11,51		
3				0,00167		9,66		
4				0,00130		9,25		
5				0,00150		9,10		

Tab.65. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm avînd în jur zgură granulată de furnal (C.S. Reșita) ca material filtrant

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm+ zgură granulată de furnal.	2,5	0,00195	0,00240	5,20	5,50	0,0133
2	(1980)			0,00165		5,45		
3				0,00246		5,62		
4				0,00248		5,68		
5				0,00346		5,83		

Tab.66. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + Terasin 200 (înfașurat)	1 strat	0,00178	0,00214	6,47	6,30	0,0135
2	(1981)			0,00202		5,51		
3				0,00238		6,89		
4				0,00232		6,30		
5				0,00218		6,34		

Tab.67. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de IFS ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + IFS (înfaș.)	1 strat	<u>0,00324</u>	0,00385	<u>4,20</u>	3,86	0,0149
2	(1980)			<u>0,00351</u>		<u>4,03</u>		
3				<u>0,00441</u>		<u>3,56</u>		
4				<u>0,00397</u>		<u>3,97</u>		
5				0,00411		3,56		

Tab.68. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 avînd în jur deșeuri textile de la Intreprinderea textilă București ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + deșeuri textile	3,5	<u>0,00145</u>	0,00167	<u>9,31</u>	9,00	0,0150
2				<u>0,00162</u>		<u>8,89</u>		
3				<u>0,00174</u>		<u>9,12</u>		
4				<u>0,00173</u>		<u>8,61</u>		
5				0,00179		9,02		

Tab.69. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur zgură granulată de furnal sortată (C.S.Reșița) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + zgură granulată de furnal (sort. > 1 mm)	5,0	<u>0,000599</u>	0,000667	<u>22,87</u>	22,73	0,0152
2	(1977)			<u>0,000716</u>		<u>23,95</u>		
3				<u>0,000676</u>		<u>21,91</u>		
4				<u>0,000657</u>		<u>24,44</u>		
5				0,000687		20,50		

Tab.70. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur zgură granulată de furnal (C.S.Reșița) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + zgură granulată de furnal	5,0	<u>0,00106</u>	0,00120	<u>13,26</u>	12,84	0,0154
2	(1978)			<u>0,00146</u>		<u>11,38</u>		
3				<u>0,00128</u>		<u>13,79</u>		
4				<u>0,00112</u>		<u>13,37</u>		
5				0,00110		12,40		

Tab.71. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm avînd în jur vată de sticlă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + vată de sticlă.	4,5	<u>0,00111</u>	0,00113	<u>4,51</u>	14,02	0,0159
2	(1981)			<u>0,00110</u>		<u>4,04</u>		
3				<u>0,000908</u>		<u>5,12</u>		
4				<u>0,00116</u>		<u>2,85</u>		
5				0,00135		3,62		

Tab.72. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur puzderie de cîneșă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + puzderie de cîneșă.	2,5	<u>0,000239</u>	0,000389	<u>47,5</u>	41,7	0,0162
2	(1977)			<u>0,000376</u>		<u>44,3</u>		
3				<u>0,000483</u>		<u>46,8</u>		
4				<u>0,000343</u>		<u>29,7</u>		
5				<u>0,000504</u>		<u>40,3</u>		

Tab.73. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur scoici mari de pe plaja din zona Mamaia (Hotel Vega) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + scoici mari.	4,0	<u>0,000701</u>	0,00104	<u>17,28</u>	16,21	0,0169
2	(1979)			<u>0,001140</u>		<u>15,74</u>		
3				<u>0,001130</u>		<u>15,33</u>		
4				<u>0,000921</u>		<u>15,30</u>		
5				<u>0,001290</u>		<u>17,40</u>		

Tab.74. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur zgură granulată de furnal (C.S. Galați) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + zgură granulată de furnal.	4,0	<u>0,00187</u>	0,00189	<u>14,25</u>	9,04	0,0171
2	(1979)			<u>0,00193</u>		<u>12,76</u>		
3				<u>0,00167</u>		<u>6,62</u>		
4				<u>0,00190</u>		<u>5,95</u>		
5				<u>0,00207</u>		<u>5,61</u>		

Tab.75. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur puzderie de cîneșă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + puzderie de cîneșă.	5,0	<u>0,00690</u>	0,00876	<u>23,40</u>	20,72	0,0182
2	(1978)			<u>0,00760</u>		<u>20,70</u>		
3				<u>0,00760</u>		<u>17,70</u>		
4				<u>0,00106</u>		<u>20,00</u>		
5				<u>0,00111</u>		<u>21,50</u>		

Tab.76. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur vată de sticlă ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + vată de sticlă.	1 - 2	<u>0,00137</u>	0,00165	<u>12,71</u>	12,04	0,0196
2	(1979)			<u>0,00139</u>		<u>13,84</u>		
3				<u>0,00204</u>		<u>10,63</u>		
4				<u>0,00155</u>		<u>11,42</u>		
5				<u>0,00150</u>		<u>11,58</u>		

Tab.77. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur deșeuri textile tocate din burete matlasat (Intreprinderea 1 Iunie Timișoara) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3 (1977)	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + deșeuri textile tocate din burete matlasat.	5,0	<u>0,001051</u>	0,0012	<u>15,40</u>	17,04	0,0204
2				<u>0,001170</u>		<u>18,53</u>		
3				<u>0,001257</u>		<u>14,83</u>		
4				<u>0,001230</u>		<u>17,75</u>		
5				<u>0,001268</u>		<u>18,93</u>		

Tab.78. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm avînd în jur pietriș sortat (3-7 mm) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2 (1977)	D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm + pietriș sortat (sort 3-7 mm).	5,0	<u>0,000757</u>	0,001025	<u>23,20</u>	20,03	0,0205
2				<u>0,001083</u>		<u>17,77</u>		
3				<u>0,001192</u>		<u>17,70</u>		
4				<u>0,000977</u>		<u>19,32</u>		
5				<u>0,001120</u>		<u>22,18</u>		

Tab.79. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm înfășurat cu un strat de Netesin neimpregnat (344 g/mp) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2 (1977)	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + Netesin neimpregnat (344 g/mp)	1 strat	<u>0,001139</u>	0,00180	<u>12,80</u>	11,83	0,0213
2				<u>0,000997</u>		<u>11,20</u>		
3				<u>0,00177</u>		<u>11,43</u>		
4				<u>0,00252</u>		<u>12,66</u>		
5				<u>0,00256</u>		<u>11,06</u>		

Tab.80. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur pale de grîu ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 (1979)	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + pale de grîu	1,5-2,0	<u>0,00184</u>	0,00207	<u>12,93</u>	12,63	0,0261
2				<u>0,00179</u>		<u>11,25</u>		
3				<u>0,00241</u>		<u>11,83</u>		
4				<u>0,00205</u>		<u>11,04</u>		
5				<u>0,00227</u>		<u>11,11</u>		

Tab.81. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur tulpini de in ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3 (1977)	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + tulpini de in.	1,5-2,0	<u>0,000493</u>	0,000774	<u>41,80</u>	34,16	0,0264
2				<u>0,000806</u>		<u>34,52</u>		
3				<u>0,000686</u>		<u>34,43</u>		
4				<u>0,00103</u>		<u>29,24</u>		
5				<u>0,000853</u>		<u>30,82</u>		

Tab.82. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu Terasin 200 ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+	1	<u>0,00346</u>	0,00336	<u>8,55</u>	8,09	0,0271
2	(1980)	Terasin 200	strat	<u>0,00245</u>		<u>8,11</u>		
3		(înfășurat)		<u>0,00247</u>		<u>8,46</u>		
4				<u>0,00376</u>		<u>7,98</u>		
5				0,00466		7,39		

Tab.83. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur tulpini de in ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+	20	<u>0,00257</u>	0,00317	<u>8,53</u>	8,69	0,0275
2		tulpini de in.		<u>0,00336</u>		<u>8,30</u>		
3				<u>0,00334</u>		<u>9,13</u>		
4				<u>0,00307</u>		<u>8,55</u>		
5				0,00350		8,93		

Tab.84. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm înfășurat cu I.F.S. ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 11,0 cm	1	<u>0,000893</u>	0,00102	<u>25,54</u>	27,58	0,0281
2	(1977)	+ IFS (înfăș.)	strat	<u>0,001189</u>		<u>27,34</u>		
3				<u>0,001091</u>		<u>28,53</u>		
4				<u>0,000926</u>		<u>27,12</u>		
5				0,000926		29,38		

Tab.85. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. 6,5 cm avînd în jur zgură de furnal sort > 3 mm (C.S. Reșita) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+	5,0	<u>0,001058</u>	0,00108	<u>24,62</u>	26,16	0,0284
2	(1978)	zgură granulată		<u>0,000810</u>		<u>25,01</u>		
3		de furnal		<u>0,000950</u>		<u>26,15</u>		
4		(sort > 3 mm)		<u>0,00138</u>		<u>27,17</u>		
5				0,00119		27,84		

Tab.86. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Drenatex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+	1	<u>0,00256</u>	0,00279	<u>10,78</u>	10,26	0,0286
2	(1979)	Drenatex	strat	<u>0,00241</u>		<u>11,12</u>		
3		(înfășurat)		<u>0,00320</u>		<u>9,58</u>		
4				<u>0,00295</u>		<u>10,26</u>		
5				0,00282		10,46		

Tab.87. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur pleavă de orez ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + pleavă de orez.	2,5	0,000326	0,000696	56,69	42,47	0,0296
2	(1977)			0,000576		44,40		
3				0,000502		40,17		
4				0,000901		32,83		
5				0,001176		38,25		

Tab.88. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm înfășurat cu un strat de Netesin impregnat ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + Netesin impregnat.	1 strat	0,00139	0,001276	21,05	23,29	0,0297
2	(1977)			0,00148		23,06		
3				0,00126		23,96		
4				0,00112		21,34		
5				0,00113		21,03		

Tab.89. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm avînd în jur pietriș ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + pietriș.	4,5	0,00171	0,00183	2,85	16,84	0,0308
2	(1981)			0,00192		1,90		
3				0,00189		1,47		
4				0,00176		14,99		
5				0,00188		13,98		

Tab.90. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm înfășurat cu un strat de Spumă poliuretanică (burete) de la Spumotim Timișoara.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 11,0 cm + Spumă poli- uretanică (burete)	1 strat (0,30)	0,000624	0,000795	53,31	40,10	0,0318
2	(1977)			0,000653		40,34		
3				0,000857		29,02		
4				0,000947		41,53		
5				0,000880		36,29		

Tab.91. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur paie de grîu ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + paie de grîu.	1,0	0,00297	0,00339	11,60	9,54	0,0323
2	(1978)			0,00290		9,10		
3				0,00290		10,40		
4				0,00390		8,70		
5				0,00430		7,90		

Tab.92. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de Filtex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm	1	0,0228	0,0257	1,08	1,28	0,0329
2	(1981)	+ Filtex (înfaș.)	strat	0,0242		1,21		
3				0,0251		1,22		
4				0,0281		1,38		
5				0,0282		1,53		

Tab.93. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm avînd în jur vată minerală ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5,0 cm	5,0	0,00226	0,00239	14,71	14,33	0,0342
2	(1980)	+ vată minerală		0,00238		15,61		
3				0,00240		13,46		
4				0,00240		13,32		
5				0,00252		14,54		

Tab.94. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm înfășurat cu un strat de IFS și zăură granulată de furnal ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm	1	0,00185	0,00189	3,74	18,48	0,0349
2	(1978)	+ IFS (înfaș) și	strat	0,00235		4,85		
3		zăură granulată	5,0	0,00166		18,09		
4		de furnal.		0,00197		15,74		
5				0,00163		17,17		

Tab.95. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm înfășurat cu un strat de Filtex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm	1	0,0115	0,0121	3,43	3,34	0,0404
2	(1981)	+ Filtex (înfaș.)	strat	0,0113		3,39		
3				0,0131		3,03		
4				0,0132		3,68		
5				0,0144		3,15		

Tab.96. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu un strat de Drenatex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 6,5 cm	1	0,00397	0,00454	8,42	9,20	0,0418
2	(1978)	+ Drenatex	strat	0,00437		9,95		
3		(înfașurat)		0,00473		9,44		
4				0,00463		9,78		
5				0,00500		8,41		

Tab.97. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm înfășurat cu un strat de spume poliuretanicе(burete) produse de Spumotim Timișoara.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 11,0 cm	0,80	<u>0,000424</u>	0,000818	<u>6,75</u>	53,94	0,0441
2	(1977)	+ spume poliuretanicе(burete)		<u>0,000850</u>		<u>6,02</u>		
3				<u>0,000944</u>		<u>5,64</u>		
4				<u>0,00110</u>		<u>4,36</u>		
5				0,000771		4,94		

Tab.98. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd în jur paie de grîu(presate) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+	2,0	<u>0,00413</u>	0,00575	<u>,07</u>	7,69	0,0442
2	(1978)	paie de grîu (presate)		<u>0,00653</u>		<u>,73</u>		
3				<u>0,00420</u>		<u>,46</u>		
4				<u>0,00617</u>		<u>,81</u>		
5				0,00773		,36		

Tab.99. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de Madril S ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+	1	<u>0,00834</u>	0,01313	<u>3,43</u>	3,42	0,0448
2	(1981)	Madril S (înfășurat)	strat	<u>0,01097</u>		<u>3,39</u>		
3				<u>0,01382</u>		<u>3,54</u>		
4				<u>0,01725</u>		<u>3,42</u>		
5				0,01529		3,35		

Tab.100. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm avînd în jur zgură expandată de furnal(Călan) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.C.Circ. \emptyset 9,0cm	4,0	<u>0,00523</u>	0,00568	<u>7,35</u>	7,89	0,0448
2	(1979)	+ zgură expandată de furnal.		<u>0,00488</u>		<u>8,11</u>		
3				<u>0,00580</u>		<u>9,84</u>		
4				<u>0,00618</u>		<u>6,53</u>		
5				0,00629		7,60		

Tab.101. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de IFS plus nisip de Rudna-Giulvăz, Jud.Timiș.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+	1	<u>0,00133</u>	0,00118	<u>26,10</u>	25,59	0,0507
2	(1979)	nisip de Rudna-Giulvăz.	strat 2,0	<u>0,00107</u>		<u>25,42</u>		
3				<u>0,00110</u>		<u>25,19</u>		
4				<u>0,00108</u>		<u>25,11</u>		
5				0,00135		26,15		

Tab.102. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru I.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur deșeuri textile de la Intreprinderea textilă București, ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + deșeuri textile	2,0	<u>0,00380</u>	0,00489	<u>11,60</u>	10,90	0,0533
2	(1980)			<u>0,00416</u>		<u>10,75</u>		
3				<u>0,00443</u>		<u>11,20</u>		
4				<u>0,00623</u>		<u>10,77</u>		
5				0,00583		10,21		

Tab.103. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm avînd în jur vată minerală ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Hex. \emptyset 9,0cm + vată minerală	2,0-3,0	<u>0,00533</u>	0,00774	<u>7,64</u>	6,93	0,0536
2	(1980)			<u>0,00967</u>		<u>5,64</u>		
3				<u>0,00927</u>		<u>7,01</u>		
4				<u>0,00795</u>		<u>7,87</u>		
5				0,00646		6,47		

Tab.104. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm avînd în jur (saltea + plapumă) Drenatex ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm + Drenatex (saltea + plapumă).	1 strat	<u>0,00333</u>	0,00402	<u>15,17</u>	15,30	0,0615
2				<u>0,00356</u>		<u>15,79</u>		
3				<u>0,00399</u>		<u>15,60</u>		
4				<u>0,00501</u>		<u>14,76</u>		
5				0,00419		15,19		

Tab.105. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.C.Circ. \emptyset 1,0 cm înfășurat cu un strat de Madril D ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Circ. \emptyset 10 cm + Madril D (înfășurat)	1 strat	<u>0,01183</u>	0,0150	<u>4,14</u>	4,30	0,0645
2	(1981)			<u>0,01528</u>		<u>4,36</u>		
3				<u>0,01554</u>		<u>4,34</u>		
4				<u>0,01612</u>		<u>4,41</u>		
5				0,01630		4,26		

Tab.105. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm avînd în jur zgură granulată de furnal nesortată (C.S.Galați) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm + zgură granulată de furnal nesortată.	4,5	<u>0,00707</u>	0,00600	<u>10,29</u>	9,71	0,0679
2	(1980)			<u>0,00691</u>		<u>9,13</u>		
3				<u>0,00719</u>		<u>9,69</u>		
4				<u>0,00780</u>		<u>9,60</u>		
5				0,00597		9,85		

Tab.107. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm înfășurat cu un strat de IFS și zgură de termocentrală(Oradea)ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm+IFS(înfaș.) și zgură termocentrală.	1 strat+ 2,5	<u>0,00288</u>	0,00427	<u>16,64</u>	16,50	0,0705
2	(1977)			<u>0,00396</u>		<u>17,67</u>		
3				<u>0,00438</u>		<u>17,72</u>		
4				<u>0,00459</u>		<u>14,95</u>		
5				<u>0,00533</u>		15,51		

Tab.108. Valorile W_{if,k_n} și \bar{e}_i pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 11,0 cm+ fără filtru.	-	<u>0,00278</u>	0,00391	<u>23,00</u>	19,18	0,0750
2	(1977)			<u>0,00337</u>		<u>18,40</u>		
3				<u>0,00404</u>		<u>17,90</u>		
4				<u>0,00505</u>		<u>18,60</u>		
5				<u>0,00443</u>		18,00		

Tab.109. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur pietriș ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+ pietriș.	4,5	<u>0,00421</u>	0,00454	<u>15,25</u>	16,79	0,0762
2	(1981)			<u>0,00468</u>		<u>15,55</u>		
3				<u>0,00423</u>		<u>18,12</u>		
4				<u>0,00487</u>		<u>17,83</u>		
5				<u>0,00472</u>		17,21		

Tab.110. Valorile W_{if,k_n} și S_{if} pentru D.P.R. 6,5 cm înfășurat cu un strat de Netesin(100 % fibre sintetice,269 g/mp)ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + Netesin(100 % fibre sintetice 269, g/mp)	1 strat	<u>0,00562</u>	0,00598	<u>13,63</u>	13,76	0,0823
2	(1978)			<u>0,00583</u>		<u>13,76</u>		
3				<u>0,00562</u>		<u>13,52</u>		
4				<u>0,00670</u>		<u>14,29</u>		
5				<u>0,00614</u>		13,61		

Tab.111. Valorile W_{1,k_n} și S_{1} pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 5,0 cm+ fără filtru.	-	<u>0,00474</u>	0,0091	<u>12,60</u>	11,86	0,108
2	(1980)			<u>0,00800</u>		<u>11,86</u>		
3				<u>0,00947</u>		<u>11,98</u>		
4				<u>0,0111</u>		<u>11,13</u>		
5				<u>0,0122</u>		11,72		

Tab.112. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0119</u>	0,0130	<u>9,85</u>	8,70	0,113
2	(1979)			<u>0,0146</u>		<u>7,88</u>		
3				<u>0,0138</u>		<u>11,84</u>		
4				<u>0,0130</u>		<u>11,11</u>		
5				0,0119		7,28		

Tab.113. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu un strat de Netesin (70 % fibre sintetice, 30 % fibre naturale, 269 g/mp) ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ Netesin (70% fibre sintetice, 30% fi- bre nat. 269 g/mp)	1 strat	<u>0,0130</u>	0,0136	<u>8,74</u>	9,18	0,125
2	(1978)			<u>0,0142</u>		<u>8,71</u>		
3				<u>0,0132</u>		<u>7,60</u>		
4				<u>0,0138</u>		<u>10,41</u>		
5				0,0136		10,47		

Tab.114. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm înfășurat cu un strat de IFS ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm + IFS (înăș.)	1 strat	<u>0,0448</u>	0,0401	<u>2,53</u>	2,62	0,129
2	(1981)			<u>0,0448</u>		<u>2,57</u>		
3				<u>0,0482</u>		<u>2,78</u>		
4				<u>0,0479</u>		<u>2,60</u>		
5				0,0596		2,62		

Tab.115. Valorile W_i, k_n și \bar{S}_i pentru D.P.N. \emptyset 6,3 cm fără filtru, avînd 42 șlituri/ml cu dimensiunile 60x1,2 mm executate manual.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.N. \emptyset 6,3 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0112</u>	0,0124	<u>11,35</u>	10,63	0,132
2	(1977)			<u>0,0119</u>		<u>10,46</u>		
3				<u>0,0125</u>		<u>10,22</u>		
4				<u>0,0130</u>		<u>10,03</u>		
5				0,0132		10,08		

Tab.116. Valorile W_i, k_n și \bar{S}_i pentru D.P.N. \emptyset 6,3 cm fără filtru, avînd 50 șlituri/ml cu dimensiunile 50 x 1,2 mm executate manual.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.N. \emptyset 6,3 cm + fără filtru.	-	<u>0,00551</u>	0,00631	<u>18,52</u>	21,63	0,136
2	(1977)			<u>0,00778</u>		<u>21,71</u>		
3				<u>0,00580</u>		<u>22,33</u>		
4				<u>0,00595</u>		<u>22,27</u>		
5				0,00653		23,34		

Tab.117. Valorile W_{1,k_n} și $\bar{\epsilon}_1$ pentru D.P.R. \emptyset 5,5 cm fără filtru avînd perforațiile executate manual.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 5,5 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0092</u>	0,0140	<u>10,93</u>	9,84	0,138
2	(1977)		<u>0,0192</u>	<u>8,42</u>				
3	<u>0,0170</u>		<u>10,83</u>					
4	<u>0,0213</u>		<u>9,40</u>					
5	0,0205		9,64					

Tab.118. Valorile W_{if,k_n} și $\bar{\epsilon}_{if}$ pentru D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm avînd în jur vată minerală ca material filtrant.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm + vată minerală.	2,0- 3,0	<u>0,00858</u>	0,0149	<u>11,46</u>	9,4	0,141
2	(1980)		<u>0,0131</u>	<u>9,51</u>				
3	<u>0,0184</u>		<u>8,37</u>					
4	<u>0,0192</u>		<u>8,40</u>					
5	0,0150		9,46					

Tab.119. Valorile W_{if,k_n} și $\bar{\epsilon}_{if}$ pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de I.F.S și nisip de Parța (Jud. Timiș).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+ IFS (înfaș.) și nisip de Parța	1	<u>0,0018</u>	0,01674	<u>17,62</u>	21,19	0,143
2	(1979)		strat +	<u>0,00375</u>		<u>24,33</u>		
3	<u>0,0037</u>		<u>22,22</u>					
4	<u>0,00313</u>		<u>20,50</u>					
5	0,0026		21,28					

Tab.120. Valorile W_{if,k_n} și $\bar{\epsilon}_{if}$ pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm înfășurat cu un strat de Netesin (100% fibre sintetice, 269 g/mp).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm + Netesin (100% fibre sintetice, 269 g/mp).	1	<u>0,00864</u>	0,0112	<u>13,40</u>	13,03	0,146
2	(1978)		strat	<u>0,01041</u>		<u>13,84</u>		
3	<u>0,01153</u>		<u>13,47</u>					
4	<u>0,01257</u>		<u>12,30</u>					
5	0,01273		12,15					

Tab.121. Valorile W_{if,k_n} și $\bar{\epsilon}_{if}$ pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu un strat de Netesin (100% fibre sintetice, 344 g/mp).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.P.R. \emptyset 6,5 cm + Netesin (100% fibre sintetice, 344 g/mp)	1	<u>0,0120</u>	0,0169	<u>9,35</u>	9,45	0,160
2	(1978)		strat	<u>0,0132</u>		<u>9,29</u>		
3	<u>0,0180</u>		<u>9,62</u>					
4	<u>0,0196</u>		<u>9,38</u>					
5	0,0217		9,61					

Tab.122. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm + Terasin 200 (înfășurat).	1 strat	<u>0,0156</u>	0,0236	<u>10,50</u>	10,04	0,237
2	(1979)			<u>0,0209</u>		<u>9,22</u>		
3				<u>0,0253</u>		<u>10,21</u>		
4				<u>0,0282</u>		<u>11,02</u>		
5				<u>0,0279</u>		<u>9,16</u>		

Tab.123. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm înfășurat cu un strat de I.F.S.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm + IFS (înfăș.)	1 strat	<u>0,0119</u>	0,0177	<u>13,00</u>	14,24	0,252
2	(1977)			<u>0,0151</u>		<u>13,12</u>		
3				<u>0,0186</u>		<u>13,20</u>		
4				<u>0,0113</u>		<u>16,02</u>		
5				<u>0,017</u>		<u>14,54</u>		

Tab.124. Valorile W_i, k_n și \bar{S}_i pentru D.P.N. \emptyset 5,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	D.P.N. \emptyset 5,0 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0136</u>	0,0215	<u>13,25</u>	12,30	0,264
2	(1981)			<u>0,0107</u>		<u>10,82</u>		
3				<u>0,0226</u>		<u>11,47</u>		
4				<u>0,0186</u>		<u>12,67</u>		
5				<u>0,0220</u>		<u>13,30</u>		

Tab.125. Valorile W_i, k_n și \bar{S}_i pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 6,5 cm+ fără filtru.	-	<u>0,0185</u>	0,0222	<u>13,22</u>	13,04	0,289
2	(1978)			<u>0,0289</u>		<u>9,59</u>		
3				<u>0,0275</u>		<u>13,26</u>		
4				<u>0,0194</u>		<u>15,08</u>		
5				<u>0,0167</u>		<u>10,04</u>		

Tab.126. Valorile W_{if}, k_n și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm având în jur balast (Jud. Timiș)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm+ balast (Jud. Timiș).	4,0-5,0	<u>0,0259</u>	0,013	<u>10,81</u>	10,06	0,533
2	(1979)			<u>0,0314</u>		<u>10,22</u>		
3				<u>0,0588</u>		<u>9,47</u>		
4				<u>0,0656</u>		<u>9,10</u>		
5				<u>0,0835</u>		<u>10,70</u>		

Tab.127. Valorile $W_{i,k}$ și \bar{S}_i pentru D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm + fără filtru.	-	<u>0,0577</u>	0,0572	<u>15,46</u>	13,82	0,791
2	(1979)		<u>0,0642</u>	<u>13,63</u>				
3			<u>0,0512</u>	<u>14,90</u>				
4			<u>0,0569</u>	<u>13,02</u>				
5			<u>0,0558</u>	<u>12,12</u>				

Tab.128. Valorile W_{if,k_n} și \bar{S}_{if} pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur nisip fin de Parța (Jud. Timiș).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	D.P.R. \emptyset 8,0 cm + nisip fin (Parța)	4,0-	<u>0,0513</u>	0,0578	<u>14,11</u>	13,76	0,792
2	(1979)		5,0	<u>0,0363</u>		<u>11,58</u>		
3			<u>0,0566</u>	<u>11,24</u>				
4			<u>0,0733</u>	<u>15,99</u>				
5			<u>0,0713</u>	<u>15,88</u>				

Tab.129. Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm + fără filtru.	-	<u>0,0584</u>	0,0507	<u>11,77</u>	12,61	1,02
2	(1978)		<u>0,0820</u>	<u>12,17</u>				
3			<u>0,0796</u>	<u>14,21</u>				
4			<u>0,0906</u>	<u>12,19</u>				
5			<u>0,0927</u>	<u>12,72</u>				

Tab.130. Valorile W_{i,k_n} și \bar{S}_i pentru D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm fără filtru.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	D.C.Circ. \emptyset 10,0 + fără filtru.	-	<u>0,0497</u>	0,0552	<u>23,40</u>	23,10	1,275
2			<u>0,0577</u>	<u>25,20</u>				
3			<u>0,0515</u>	<u>23,00</u>				
4			<u>0,0581</u>	<u>22,00</u>				
5			<u>0,0588</u>	<u>21,70</u>				

În tab.131, 132, 133, 134, 135 și 136 sînt prezentate pe diametre și tipuri de tuburi de dren clasificarea hidraulică a complexelor tub de dren plus materiale filtrante după valorile coeficientului de rezistență la intrare.

Tab.131. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru materialele filtrante testate în complex cu tubul de dren din plastic riflat \varnothing 5,0 cm, așezate în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Materialul filtrant.	Standul	Grosimea mat. filtrant (cm)	Coef. de rez. la intrare $\xi_1 (\xi_{if})$
1	2	3	4	5
1	Deșuri textile (Intreprinderea textilă Buc.).	1	5,0	0,00618
2.	Madril V (înfășurat)	2	1 strat	0,00684
3.	Madril D (înfășurat)	3	1 strat	0,00838
4.	I.F.S. (înfășurat)	2	3 straturi	0,00849
5.	Madril M (înfășurat)	1	1 strat	0,00863
6.	I.F.S. (înfăș.) + nisip (Sag)	1	1 strat + 4,5	0,0106
7.	Drenatex (înfășurat)	3	1 strat	0,0110
8.	Terasin 200 (înfășurat)	3	1 strat	0,0135
9.	I.F.S. (înfășurat)	2	1 strat	0,0149
10.	Vată de sticlă	3	4,5	0,0159
11.	Pietriș	1	4,5	0,0308
12.	Filtex (înfășurat)	1	1 strat	0,0329
13.	Vată minerală	3	5,0	0,0342
14.	Madril S (înfășurat)	1	1 strat	0,0448
15.	Zgură granulată de furnal nesortată (C.S. Galați)	1	4,5	0,0679
16.	Fără filtru	1	-	0,108

Tab.132. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru materialele filtrante testate în complex cu tubul de dren din plastic riflat \varnothing 6,5 cm, așezate în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Materialul filtrant	Standul	Grosimea mat. filtrant. (cm)	Coef. de rez. la intrare $\xi_1 (\xi_{if})$
1	2	3	4	5
1.	Pietriș sortat (3-7 mm)	1	5,0	0,00844
2.	Vată de sticlă.	3	2,0	0,0110
3.	I.F.S. (înfășurat)	3	1 strat	0,0133
4.	Deșuri textile (Intreprinderea textilă Buc.)	3		0,0150
5.	Zgură granulată de furnal (C.S. Reșița).	1	5,0	0,0154
6.	Fuzderie de cîneapă.	2	5,0	0,0182
7.	Terasin 200 (înfășurat)	2	1 strat	0,0271
8.	Tulpini de in	1	2,0	0,0275

1	2	3	4	5
9.	Zgură granulată de furnal (sort > 3 mm), C.S. Reșița)	3	5,0	0,0284
10.	Paie de grâu	2	1,0	0,0323
11.	Drenatex (înfășurat)	1	1 strat	0,0418
12.	Paie de grâu (presate)	2	2,0	0,0442
13.	Netesin (100 % fibre sintetice, 269 g/mp), înfășurat.	3	1 strat	0,0823
14.	Netsin (70 % fibre sintetice, 30 % fibre naturale, 269 g/mp) înfăș.	1	1 strat	0,125
15.	Netesin (100 % fibre sintetice, 344 g/mp), înfășurat.	2	1 strat	0,160
16.	Fără filtru	3	-	0,289.

Tab.133. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru materialele filtrante testate în complex cu tubul de dren din plastic riflat ϕ 8,0 cm, așezat în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Materialul filtrant.	Standul	Grosimea mat. filtrant. (cm)	Coef. de rez. la intrare $\xi_i (\xi_{if})$
1	2	3	4	5
1.	Zgură expandată de furnal (călan)	2	4,0	0,00207
2.	Deșeurii de zgură de la fabrica de ciment Medgidia.	3	4,0	0,00548
3.	Madril M (înfășurat)	3	1 strat	0,00593
4.	Terasin 200 (înfășurat)	1	2 straturi	0,00623
5.	Scoici mărunțite din zona Mamaia (Hotel Vega)	2	4,0	0,00650
6.	Vată minerală	1	2,0 - 3,0	0,00945
7.	Terasin 200 (înfășurat)	3	1 strat	0,00966
8.	Terasin 200 (înfășurat) (repetare exp. pc. 7)	2	1 strat	0,00970
9.	Terasin 400 (înfășurat)	1	1 strat	0,00975
10.	Filtex (înfășurat)	2	1 strat	0,0107
11.	Scoici mari din zona Mamaia (Hotel Vega)	1	4,0	0,0169
12.	Zgură granulată de furnal (C.S. Galați)	1	4,0	0,0171
13.	Vată de sticlă	2	1,0 - 1,0	0,0196
14.	Paie de grâu	1	1,5 - 1,0	0,0261
15.	Drenatex (înfășurat)	3	1 strat	0,0286
16.	IFS (înfăș.) și nisip (Rudna Ciulvăz)	2	1 strat + 2,0	0,0507
17.	Deșeurii textile (Intr. textilă Buc.)	2	2,0	0,0533

1	2	3	4	5
18.	Pietriș	2	4,5	0,0762
19.	Fără filtru	2	-	0,113
20.	I.F.S.(înfăș.)și nisip fin Parța	1	1 strat + 4,0	0,143
21.	Balast(Jud.Timiș)	3	4,0-5,0	0,533
22.	Nisip fin Parța	3	4,0-5,0	0,792

Tab.134. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru materialele filtrante testate în complex cu tubul de dren din plastic riflat ϕ 11,0 cm, așezate în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Materialul filtrant.	Standul	Grosimea mat.fil-trant(cm)	Coef.de rez.la intrare $\frac{S_1}{S_{1f}}$
1	2	3	4	5
1.	I.F.S.(înfăș.)+ zgură granulată de furnal(Reșița)	3	1 strat + 2,5	0,0788
2.	Pleavă de orez	2	5,0	0,00851
3.	Pietriș sortat (3-7 mm)	2	4,0	0,00937
4.	Zgură de termocentrală(Oradea)	2	5,0	0,00960
5.	Tulpini de in mărunțite	1	5,0	0,0111
6.	Puzderie de cînepă	1	5,0	0,0113
7.	Deșeuri textile din burete matlasat(Intr.1 Iunie,Timișoara)	3	5,0	0,0132
8.	Zgură granulată de furnal(C.S. Reșița), sort > 1 mm.	1	5,0	0,0152
9.	Puzderie de cînepă	1	2,5	0,0162
10.	Deșeuri textile tocate din burete matlasat(Intr.1 Iunie,Timișoara)	3	5,0	0,0204
11.	Netesin neimpregnat(344 g/mp) înfășurat.	2	1 strat	0,0213
12.	Tulpini de in.	3	1,5-2,0	0,0264
13.	I.F.S.(înfăș.)	3	1 strat	0,0281
14.	Pleavă de orez.	3	2,5	0,0296
15.	Netesin impregnat	1	1 strat	0,0297
16.	Spume poliuretanic(burete) Spumotim Timișoara,(înfăș.)	1	1 strat (0,30)	0,0318
17.	- " -	2	1 strat (0,80)	0,0441
18.	Fără filtru	3	-	0,0750

Tab.135. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru materialele filtrante testate în complex cu tuburile de dren din ceramică circulare și hexagonale, așezate în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Materialul filtrant.	Tubul de dren și diametru (cm)	Standul	Grosimea mat. filtrant (cm)	Coef. de rez. la intrare ξ_i (ξ_{if})
1	2	3	4	5	6
1.	Zgură granulată de furnal	Hex. ϕ 9,0	1	2,5	0,0133
2.	Pietriș sortat (3-7 mm)	Circ. ϕ 10,0	2	5,0	0,0205
3.	IFS (înfăș.) și zgură granulată de furnal.	Hex. ϕ 9,0	1	1 strat + 5,0	0,0349
4.	Filtex (înfășurat)	"-	2	1 strat	0,0404
5.	Zgură expandată de furnal (Calan)	Circ. ϕ 9,0	3	4,0	0,0448
6.	Vată minerală.	Hex. ϕ 9,0	2	2,0-3,0	0,0536
7.	Drenatex (saltea și plapă)	"-	3	1 strat	0,0615
8.	Madril D (înfășurat)	Circ. ϕ 10,0	2	1 strat	0,0645
9.	IFS (înfăș.) și zgură de termocentrală (Oradea)	"-	2	1 strat + 2,5	0,0705
10.	I.F.S. (înfăș.)	Hex. ϕ 9,0	3	1 strat	0,129
11.	Vată minerală	Circ. ϕ 9,0	3	2,0-3,0	0,141
12.	Netesin (100 % fibre sintetice, 269 g/mp), înfăș.	Hex. 9,0	2	1 strat	0,146
13.	Terasin 200 (înfășurat)	"-	2	1 strat	0,237
14.	I.F.S. (înfăș.)	Circ. 10,0	2	1 strat	0,252
15.	Fără filtru	Hex. 9,0	3	-	0,791
16.	Fără filtru	Circ. 9,0	2	-	1,02
17.	Fără filtru	Circ. 10,0	2	-	1,275

Tab.136. Valorile coeficientului de rezistență la intrare pentru tuburile de dren produse la IMP Iași netede și riflante testate fără material filtrant având perforații executate manual, așezate în ordine crescătoare.

Nr. crt.	Tubul de dren* și diametrul (cm)	Materialul filtrant	Standul	Grosimea mat. filtrant (cm)	Coef. de rez. la intrare ξ_i (ξ_{if})
1	2	3	4	5	6
1.	D.P.N. ϕ 6,3	Fără filtru	3	-	0,132
2.	D.P.N. ϕ 6,3	Fără filtru	2	-	0,136
3.	D.P.R. ϕ 5,5	Fără filtru	3	-	0,138
4.	D.P.N. ϕ 5,0	Fără filtru	1	-	0,264

* D.P.N. - dren plastic neted.

D.P.R. - dren plastic riflat.

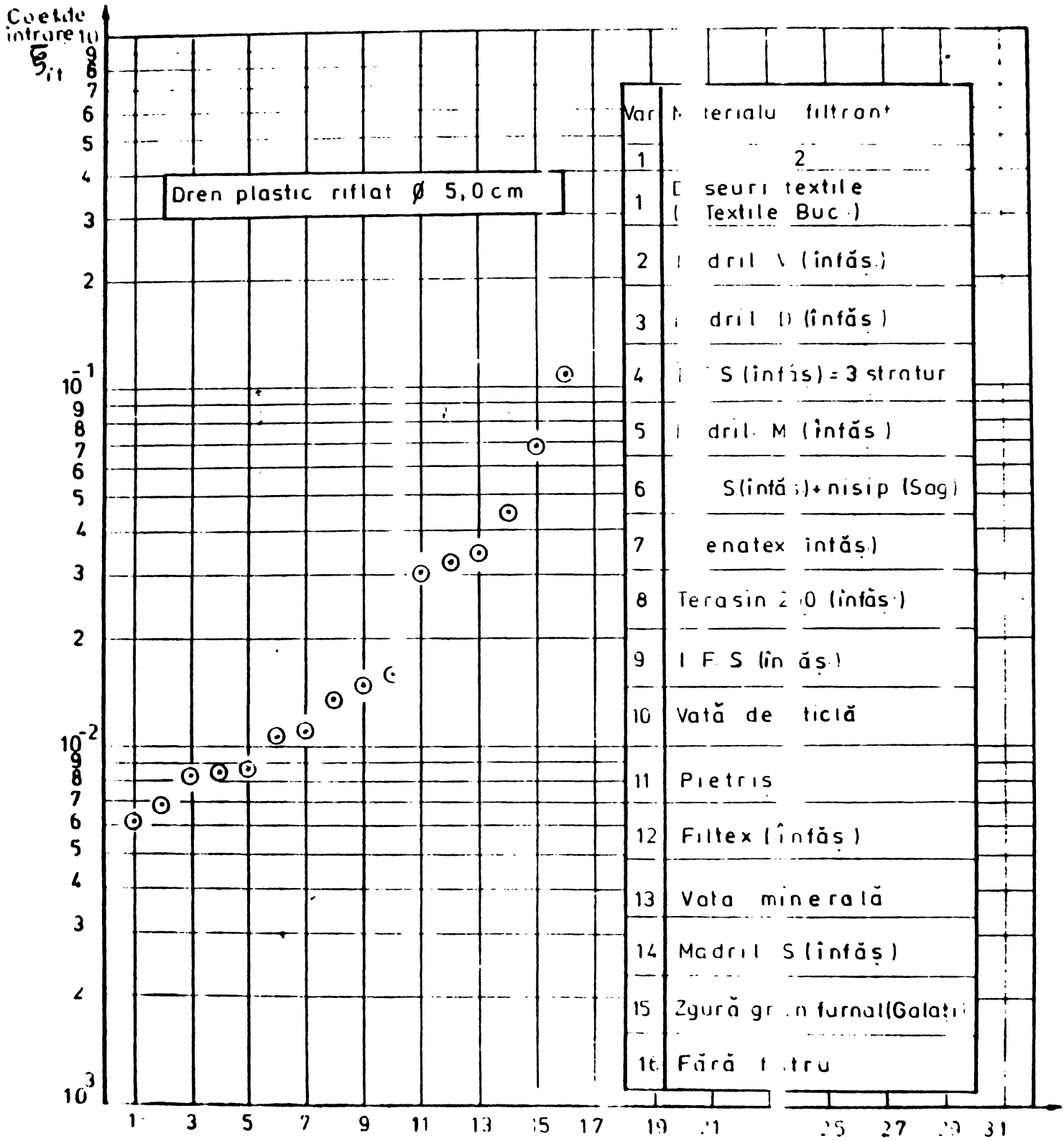


Fig 65 Valorile coeficientului de intrare \bar{S}_i pentru materialele filtrante testate pe standul avind drenul așezat vertical, folosind tabac de dren din plastic riflat ϕ 5,0 cm produs la ITMNPB, S.A.

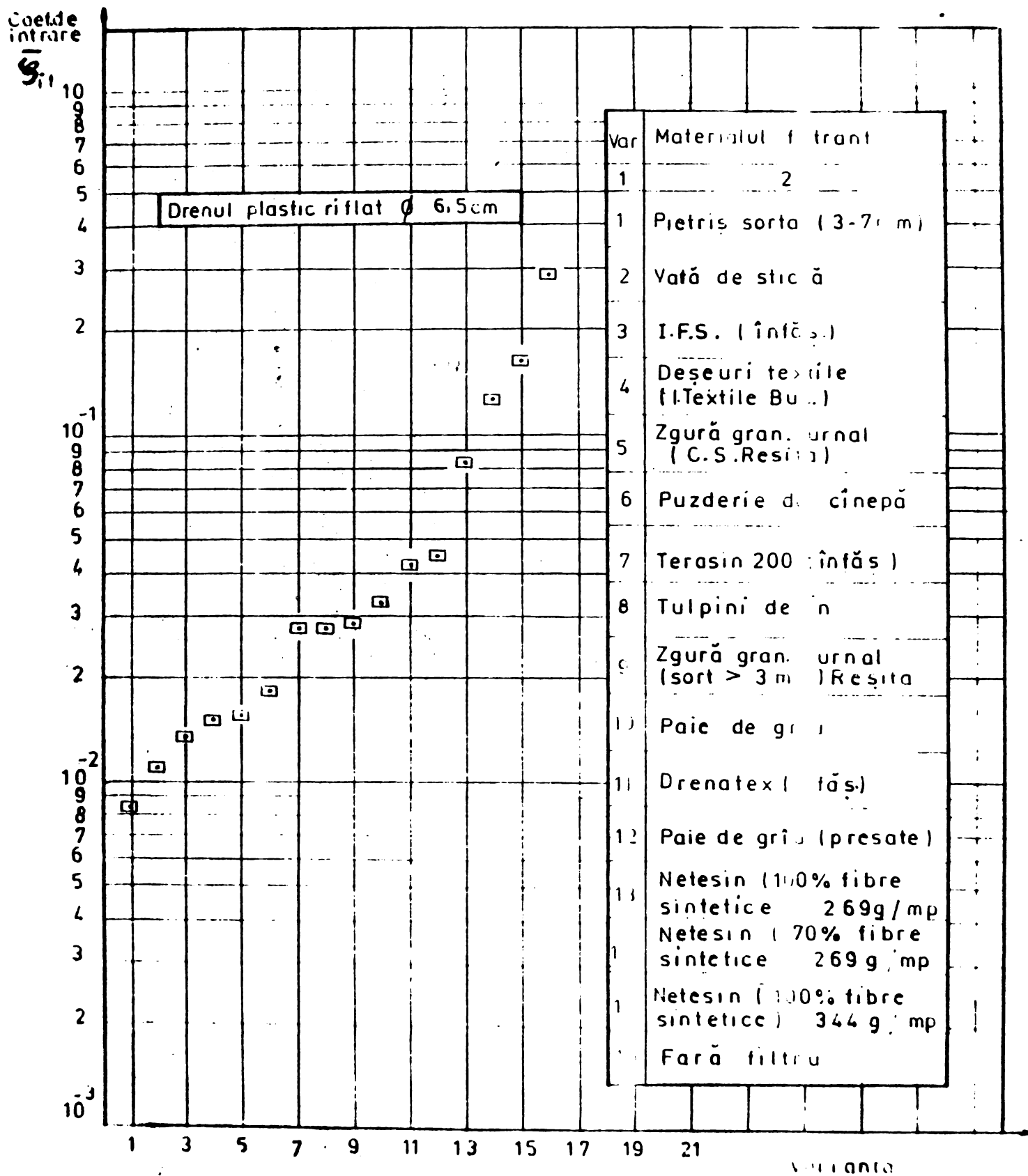


Fig 66. Valorile coeficientului de intrare \bar{K}_i pentru materialele filtrante testate pe standul avînd drenul sezal vertical folosind tubul de dren din plastic riflat ϕ 6,5cm produs la I.T.M.M.P. Buzău

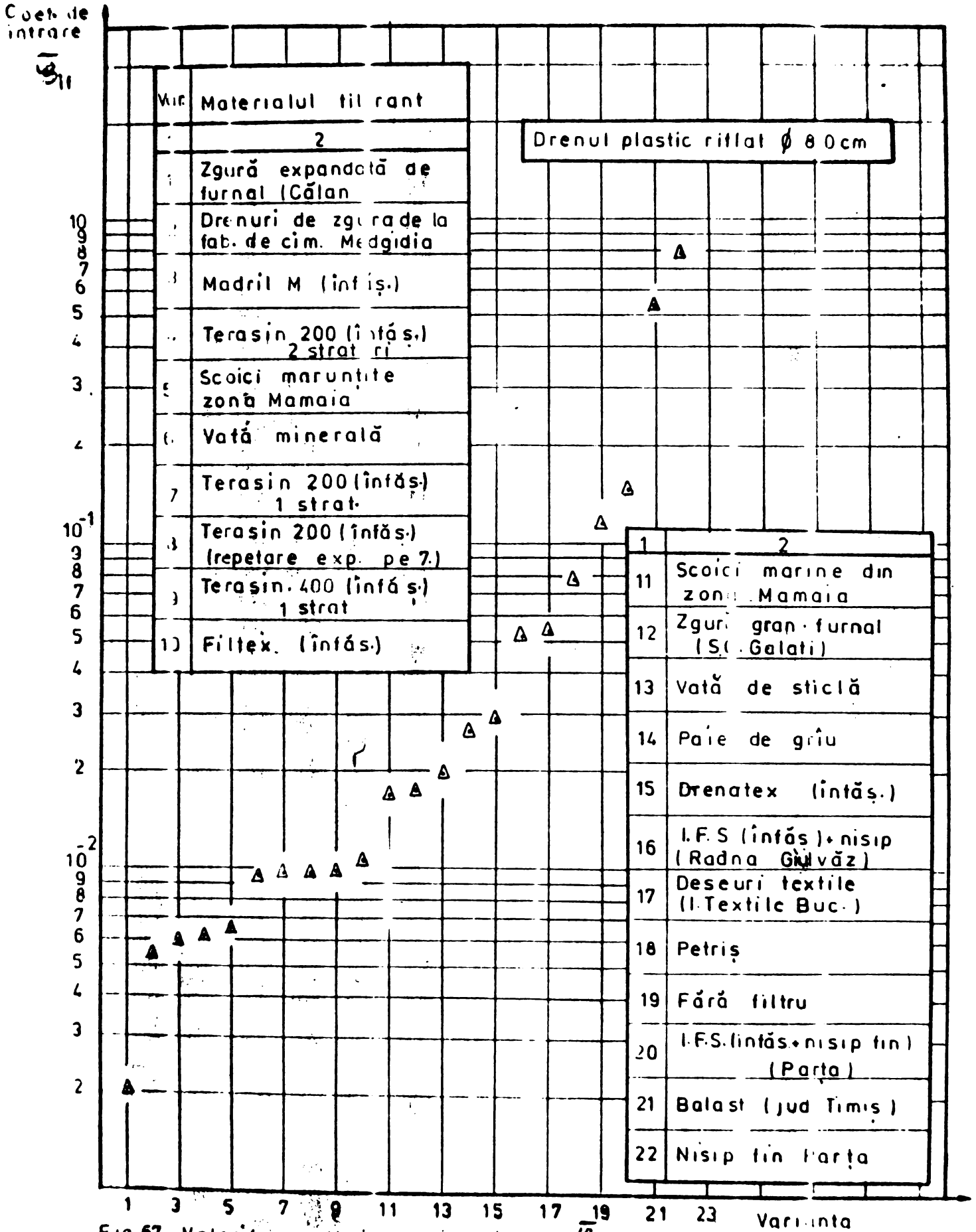


Fig 67 Valorile coeficientului de intrare \bar{S} pentru materialele filtrante testate pe standul având drenul așezat vertical folosind tub de dren din plastic riflat ø 8,0 cm produs la I.T. INR București.

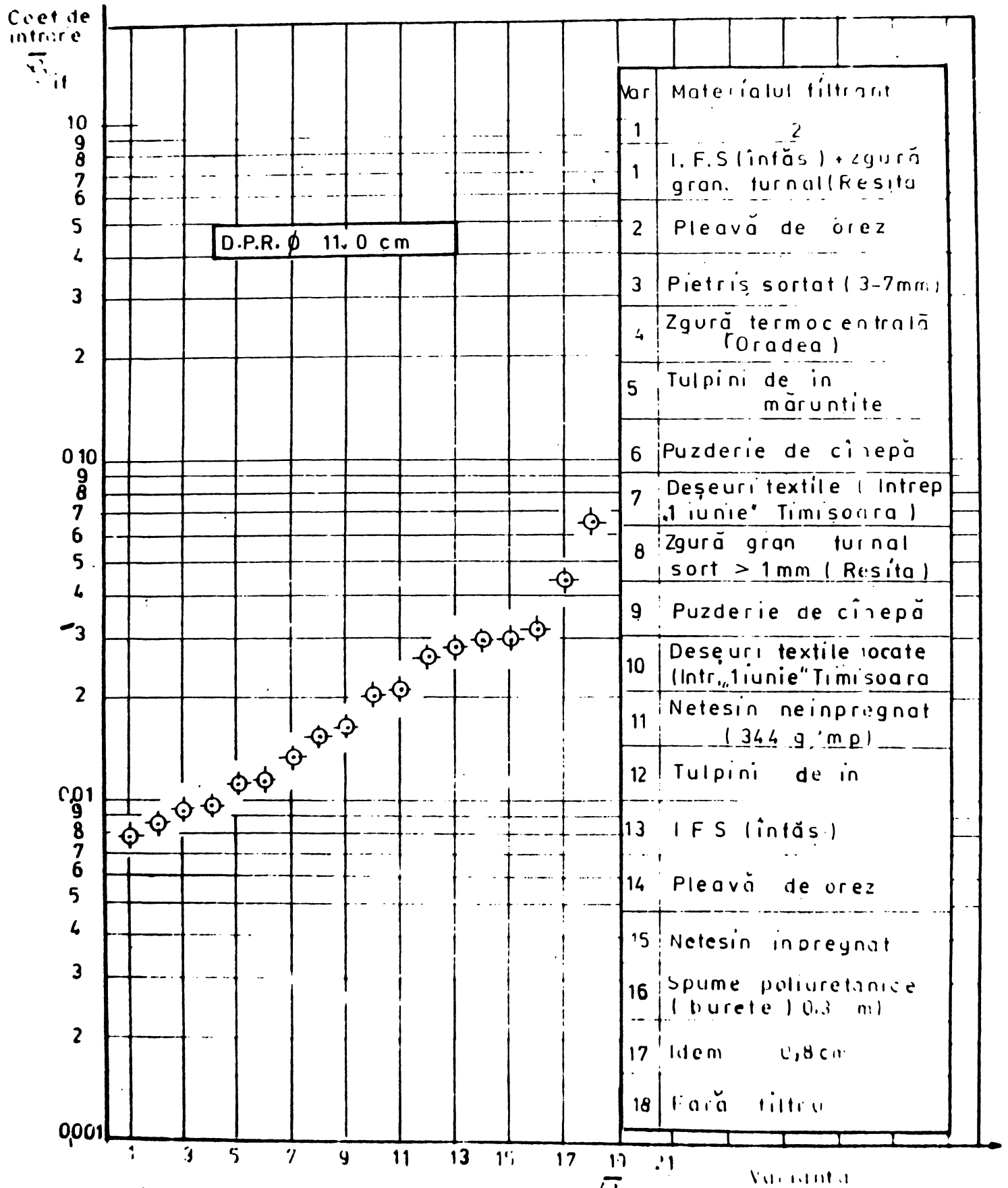


Fig. 66 Valorile coeficientului de intrare β pentru materialele filtrante testate pe standul avînd drenul așezat vertical, folosind tubul de dren din plastic cu Ø 11,0 cm produs de I.S.S. S.A.

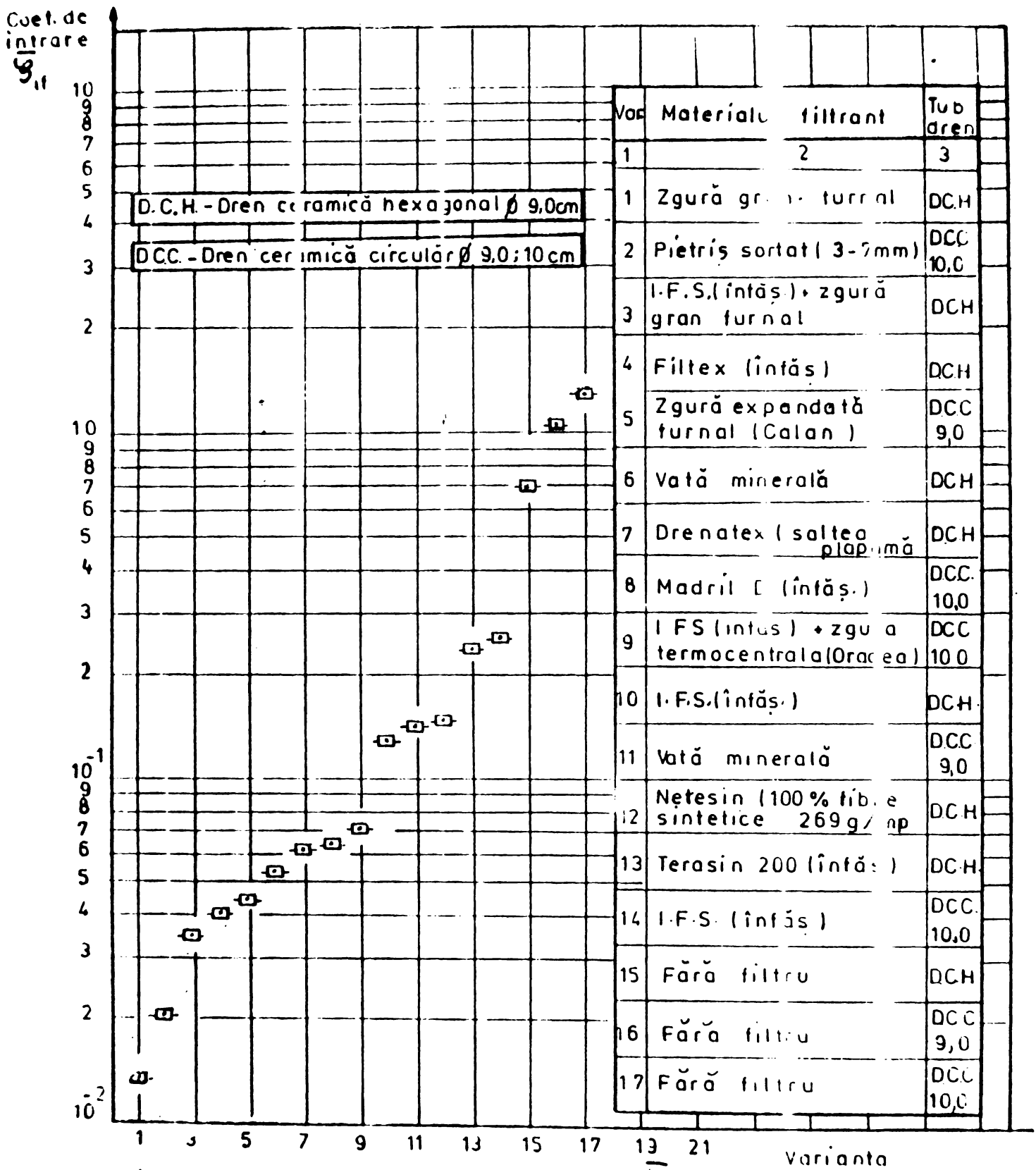


Fig 69. Valorile coeficientului de intrare ξ_{in} pentru materialele filtrante testate pe standul avînd urenil asezat vertical, folosind tuburile de dren din ceramică circulară și hexagonală produse în țara noastră.

Valorile coeficientului de rezistență la intrare determinate experimental în laborator (tab.131-136) au fost reprezentate grafic în fig.65 - 70.

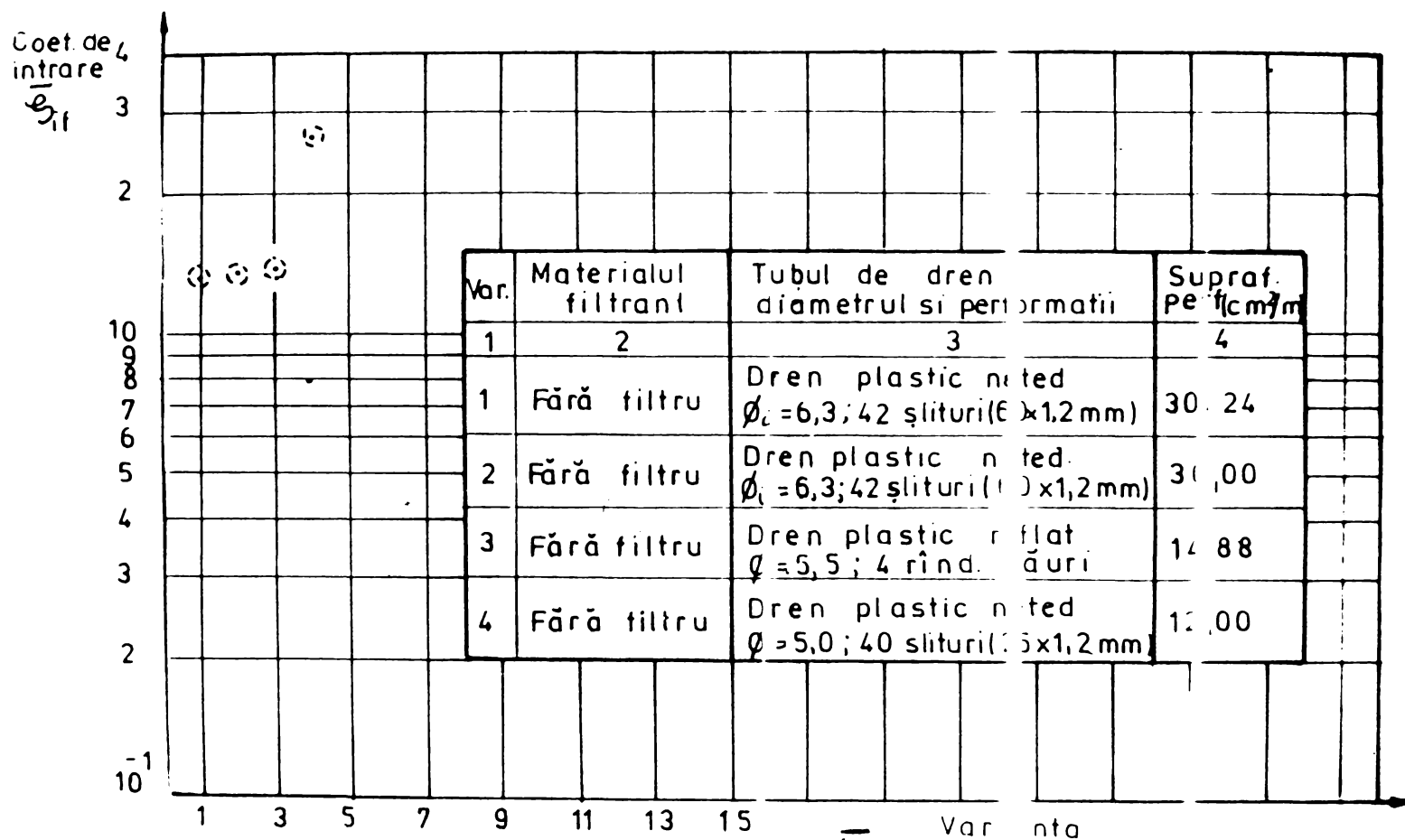


Fig.70 Valorile coeficientului de intrare $K_{e,f}$ pentru tuburile din plastic netede și riflate produse la Filasi fiind perforații executate manual.

Analiza rezultatelor acestor experimentări pune în evidență câteva concluzii importante:

- valoarea coeficientului de rezistență la intrare pentru tuburile de dren fără material filtrant este determinată de suprafața totală a perforațiilor de forma și dimensiunile perforațiilor și implicit de diametrul tubului de dren;

- pentru tuburile de dren funcționând în complex cu diverse materiale filtrante valoarea coeficientului de rezistență la intrare este determinat pe lângă caracteristicile geometrice ale tubului și de caracteristicile materialului filtrant: permeabilitate, (granulometrie, porozitate), grosime etc;

- după valoarea coeficientului de intrare tuburile de drenaj produse în țara noastră special pentru drenaj, prezintă următoarea ordine de eficacitate:

- D.P.R, Ø 11,0 cm;
- D.P.R, Ø 5,0 cm;
- D.P.R, Ø 8,0 cm;

- D.P.R, \emptyset 6,5 cm;
- D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm;
- D.C.Circ. \emptyset 9,0 cm;
- D.C.Circ. \emptyset 10,0 cm;

- materialele filtrante testate în complex cu liferite tuburi de dren prezintă, pe grupe de materiale, următoarea clasificare a eficienței hidraulice după valoarea coeficientului de intrare:

- materiale granulare;
- materiale organice;
- materiale sintetice.

- folosirea materialelor filtrante în jurul tubului de dren face ca valoarea coeficientului de rezistență la intrare să scadă, ca efect al reducerii rezistenței la intrarea apei în dren, ceea ce determină un aflux mai bun al apei către dren. Excepții face nisipul fin (Parța), balast conținând multă parte foarte fină (Jud. Timiș) și I.F.S plus nisip fin (Parța) la care valoarea coeficientului de intrare este mai mare ca la același tub de dren fără material filtrant;

- ordinea de eficacitate hidraulică a variantelor testate după valoarea coeficientului de rezistență la intrare este dată în tab.37, iar pe diametre și tipuri de drenuri în tab.130-136

6.1.3. Evoluția în timp a rezistenței la intrare.

Pentru urmărirea evoluției în timp a rezistenței la intrare pentru complexul tub de dren plus unele materiale filtrante (granulare: zgură granulată de furnal, organice: paie de orz și geotextile: terasin 200) s-au efectuat mai multe perioade de măsurători de cinci zile eșalonate în timp. Aceste perioade de măsurători au urmat după perioade de nefuncționare (perioade uscate-fără apă) prin care s-au simulat perioadele de nefuncționare din câmp ale drenurilor.

În tab.137 sînt prezentate variantele testate și pentru fiecare variantă perioadele de funcționare și cele de nefuncționare.

Tab.137. Eșalonarea perioadelor de funcționare și nefuncționare a complexelor tub de dren plus materiale filtrante pentru urmărirea evoluției în timp a rezistenței la intrare.

Nr. crt.	Tubul de dren și diametrul (cm)	Materialul filtrant (grosimea)	Perioadele de funcționare cu apă (A) și perioadele de nefuncționare (uscată-U) (zi)																
			A	U	A	U	A	U	A	U	A	U	A	U	A	U	A	U	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	D.P.R. \emptyset 6,5	Paie orz (1 cm)	5	2	5	3	4	2	5	2	5	2	5	2	6	1	6	1	3
2.	D.P.R. \emptyset 6,5	Zgură granulată de furnal (C.S. Reșița), (5,0 cm)	5	5	5	9	5	11	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3.	D.P.R. ϕ 6,5	Terasin 200 (1 strat, înfăș.)	5	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	D.P.R. ϕ 5,0	Drenatex (1 strat înfăș.)	5	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	D.P.R. ϕ 8,0	Terasin 200 (1 strat, înfăș.)	5	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație al nisipului din stand pentru cele cinci variante sînt date în anexa 4 (pc.4.1-4.5) și au fost reprezentate grafic în fig.71 și 72.

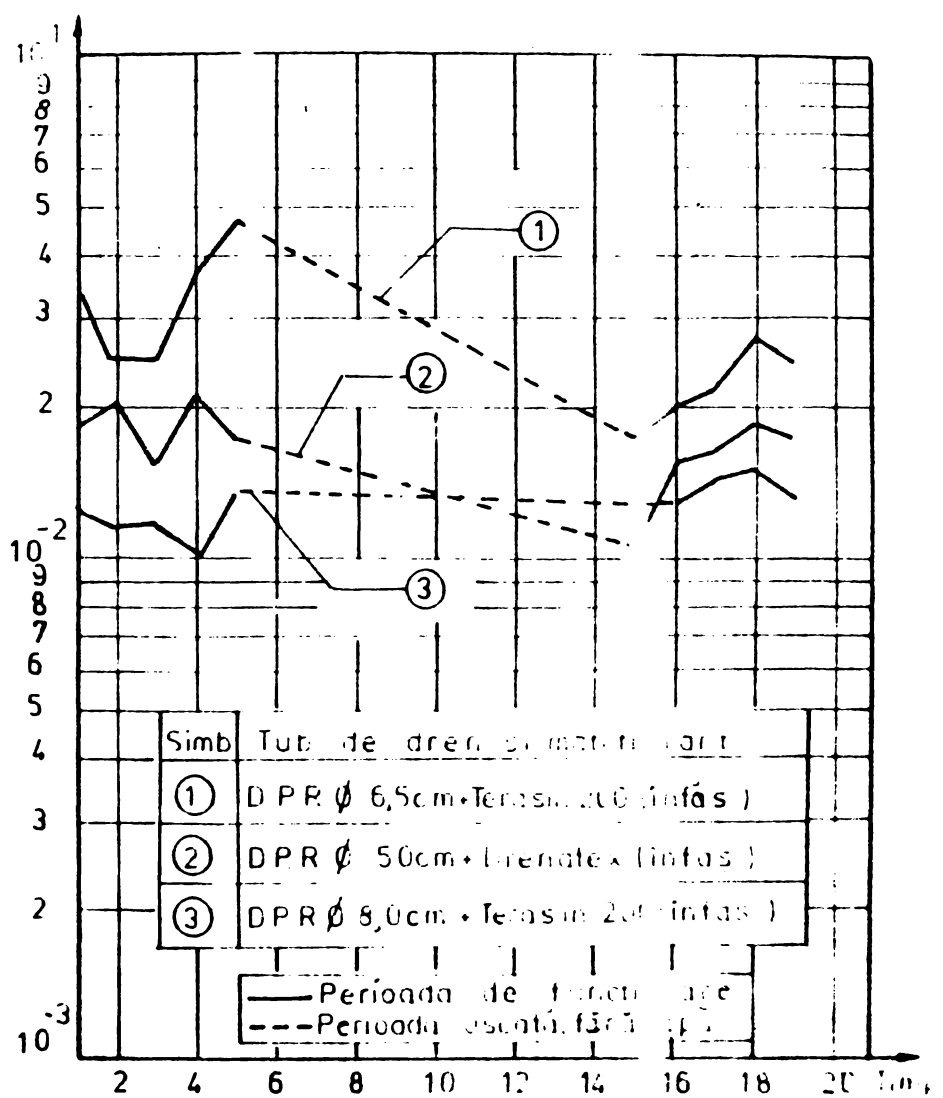


Fig.72. Evoluția în timp a rezistenței la intrare W_{it} pentru tuburile D.P.R. ϕ 6,5, 5,0 și 8,0cm înfășurate cu un strat de terasin 200 și respectiv drenatex ca material filtrant

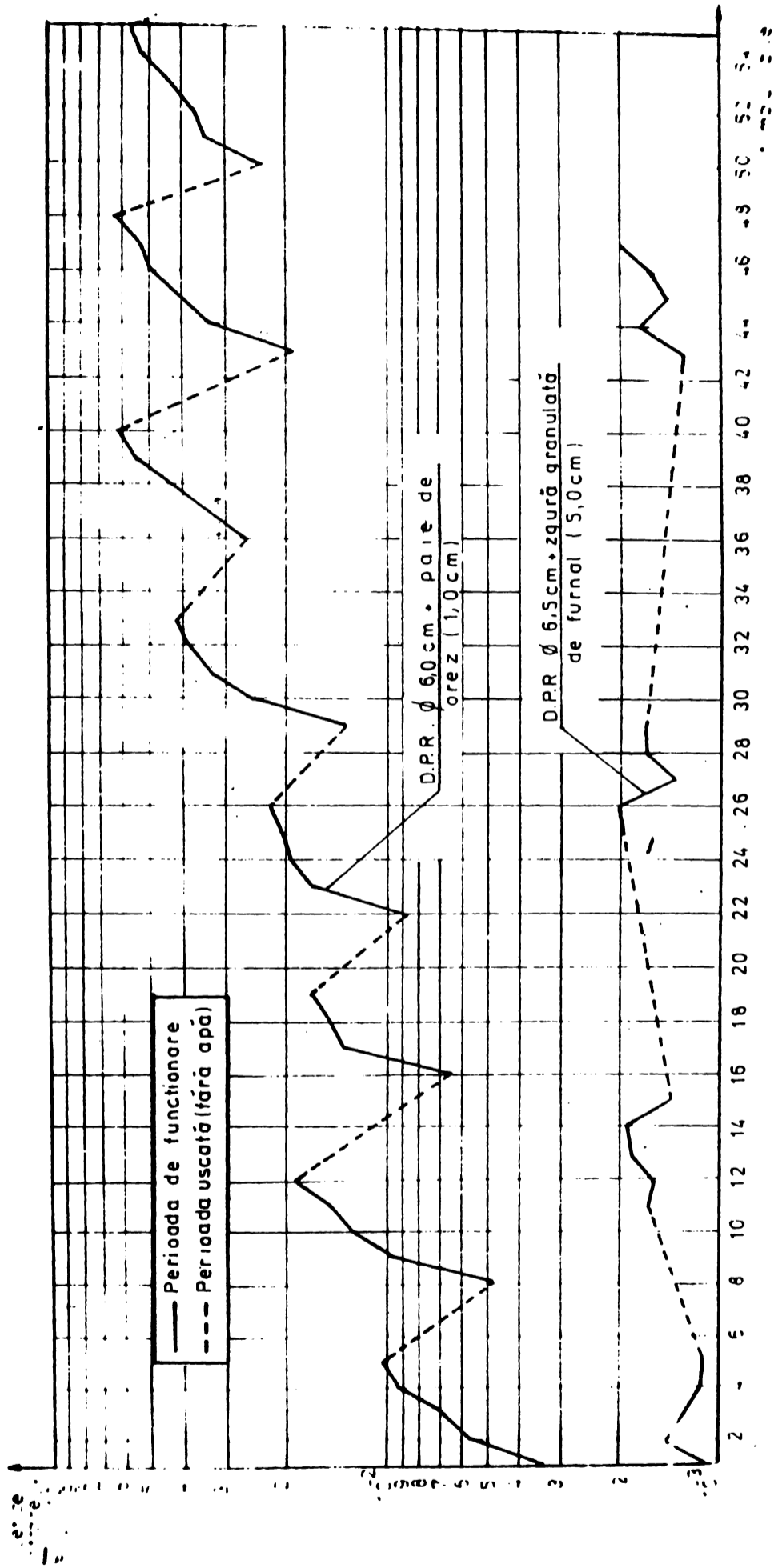


Fig. 7. Evoluția în timp a rezistenței la intrare W_{if} pentru tubul de dren din plastic filtrat Ø 60 cm și Ø 6.5 cm având în jur paie de orez și respectiv zgură granulată de furnal US Resistă la material filtrant.

Analiza datelor reprezentate grafic fig.71 și 72 evidențiază următoarele concluzii:

- zgura granulată de furnal se comportă foarte bine în timp din punct de vedere hidraulic, neproducându-se modificări importante ale valorii coeficientului de rezistență la intrare timp de 47 zile cât a durat experiența, avînd trei perioade uscate de 5, 9 și 13 zile alternînd după perioadele de cinci zile de funcționare.

- pentru paiele de orz se observă o creștere continuă în timpul celor 59 zile de experimentare datorită colmatării lor în timp și căderea în acest fel a permeabilității lor. După fiecare perioadă de funcționare (uscată) valoarea rezistenței la intrare scade, însă nu coboară sub valoarea inițială a sa, iar după o anumită perioadă de timp creșterea este mai mică observîndu-se o stabilizare a valorii rezistenței la intrare.

- terasinul 200 și drenatexul după o perioadă de nefuncționare de 9 zile prezintă pe cele cinci zile de funcționare valori ale rezistenței la intrare ce nu diferă prea mult de cele din primele cinci zile de funcționare, arătînd o bună comportare în timp în standul avînd drenul așezat vertical în nisip.

6.2. Permeabilitatea inițială a materialelor filtrante testate.

Conform metodologiei prezentată la paragraful 5.2.2 pe un stand obișnuit tip Darcy (fig.56) au fost determinate cu ajutorul relației (161) valorile coeficientului de filtrație (permeabilitatea) principalelor materiale testate, prezentate în tab.138.

Tab.138. Valorile coeficientului de filtrație în stare necolmatată pentru principalele materiale filtrante testate.

Nr. crt.	Materialul filtrant	Coeficientul de filtrație (K_{fo}) (m/zi)	OBS.
1.	Pietriș sortat (3-7 mm)	26,00	
2.	Nisip din riul Timiș (Sag)	22,00	
3.	Zgură granulată de furnal (Reșița) (sort >1 mm).	124,00	
4.	Zgură granulată furnal (Reșița)	73,00	
5.	Zgură de termocentrală (Oradea)	38,00	
6.	Pleavă de orez	15,00	
7.	Fuzderie de cîneapă	25,50	
8.	Deșeuri textile	12,00	
9.	Netesin (100 % fibre sintetice)	3,60	
10.	Drenatex	2,10	
11.	Terasin 200	33,50	
12.	Filtex	5,80	
13.	Madril D	51,80	Sînt luate după notița tehnică [19]
14.	Madril V.	60,50	-"-
15.	Madril M	43,20	-"-
16.	Madril S	51,80	-"-

* valorile au fost determinate pentru o stare afînată a materialelor.

6.3. Colmatarea complexului tub de dren plus materiale filtrante în timp, în diverse soluri stabilită pe standul avînd drenul așezat orizontal.

Conform metodologiei prezentată în paragraful 5.2 a fost desfășurat un program experimental pentru stabilirea valorii coeficientului α , care caracterizează colmatarea materialului filtrant în timp, necesar pentru calculul analitic al coeficientului de rezistență la intrare pentru proiectarea corectă a drenajelor.

Programul experimental desfășurat pe bază de contracte de cercetare a cuprins studiul colmatării materialelor filtrante în următoarele soluri:

- sol aluvial de la Poligonul de îmbunătățiri funciare (PIF) Timișoara avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.1.
- cernoziom gleizat de la Institutul Agronomic Timișoara (IAT) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.2.
- lăcoviște de la Berini (jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.1.
- brun vertic de la Berini (jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.1.
- aluvial gleizat de la Caraci (Jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.2.
- lăcoviște solonetizată de la Rudna-Giulvăz (Jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.2.
- soloneț de la I.A. Timișoara avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.1.
- cernoziom gleizat de la Grabaț US₃ și US₅ (Jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.3.
- brun eu-mezobazic gleizat de la Pădureni US₄ și US₅ (Jud. Timiș) avînd curba granulometrică prezentată în anexa 5.3.

Cu ajutorul relației (156) a putut fi calculată valoarea lui η folosind valorile debitului inițial (q_i) evacuat de dren (prima zi de funcționare) și valoarea debitului evacuat (q_c) stabilizată după o anumită perioadă de timp, măsurate pe cale volumetrică cu ajutorul unui cilindru gradat și cronometrul. Aceasta a permis calculul conform relațiilor (157) și (157') a valorilor coeficientului de eficiență hidraulică (α_0, α) ce permite caracterizarea efectului materialului filtrant.

Astfel, în tab. 159 sînt prezentate valorile debitului inițial (q_i), a debitului stabilizat după colmatare (q_c), valorile $\eta, K_{fo}, K_{fc}, \alpha_0$ și α pentru variantele testate în cadrul programului experimental.

Tab.139. Valorile $q_i, q_c, \eta, K_{fo}, K_{fc}, \mathcal{E}_0$ și \mathcal{E} pentru variantele testate pe standul avînd drenul așezat orizontal în diverse tipuri de soluri.

Nr. crt.	Tipul de sol	Materialul filtrant și tubul de dren.	q_i	q_c	η	K_{sol}	K_{fo}	K_{fc}	\mathcal{E}_0	\mathcal{E}
1	2	3	4	5	6=4:5	7	8	9= 8:6	10= 8:7	11= 9:7
1.	Aluvial (PIF Timișoara)	Madril V(înfăș)+ DPR \varnothing 8,0 cm.	1,81	0,60	3,02	0,6	60,5	19,71	100,83	32,84
2.	"	Terasin 200 (plapumă)+DPR \varnothing 8,0 cm.	1,05	0,55	1,90	0,6	33,5	17,66	55,83	29,30
3.	"	Madril S(înfăș) + DPR \varnothing 8,0 cm	2,24	0,75	2,98	0,6	51,80*	17,38	86,33	28,97
4.	"	Madril D(înfăș) + DPR \varnothing 8,0	3,76	1,1	3,42	0,6	51,80*	15,15	86,33	25,24
5.	"	Madril D(plapumă)+D.C.Hex. \varnothing 9,0 cm.	3,1	0,85	3,65	0,6	51,80*	14,19	86,33	23,65
6.	"	Terasin 200 (înfăș)+ DPR \varnothing 8,0 cm.	2,25	0,75	3,0	0,6	33,5	11,17	55,83	18,66
7.	"	Zgură granulată de furnal nesortată+LPR \varnothing 6,5 cm.	5,0	0,50	10,0	0,6	74	7,4	123,3	12,33
8.	"	Madril M(înfăș) + DPR \varnothing 8,0 cm.	1,56	0,25	6,24	0,6	43,20	6,92	88,67	11,55
9.	"	Terasin 200(salte+plapumă)+ DPR \varnothing 8,0 cm	1,25	0,25	5,0	0,6	33,5	6,7	55,83	11,17
10.	"	Pietriș sortat (3-7 mm)+ DPR \varnothing 5,0 cm.	5,30	1,20	4,42	0,6	26,0	5,88	43,33	9,30
11.	"	Filtex(plapumă) + D.C.Hex. \varnothing 9,0	0,61	0,45	1,35	0,6	5,80	4,30	9,67	7,17
12.	"	Filtex(înfăș)+ DPR \varnothing 8,0 cm.	0,585	0,35	1,67	0,6	5,80	3,47	9,67	5,70
13.	"	Netesin(înfăș) +DPR \varnothing 6,5 cm.	0,79	0,24	3,3	0,6	3,60	1,09	6,0	1,32
14.	"	Drenatex(înfăș)+DPR \varnothing 6,5 cm.	0,61	0,19	3,2	0,6	2,1	0,656	2,5	1,10
15.	Cernoziom gleizat (I.A.Timișoara)	Drenatex(salte+plapumă+D.C. Hex. \varnothing 9,0 cm.	3,15	0,85	3,70	0,8	2,1	0,563	2,6	0,71
16.	"	Drenatex(înfăș) + DPR \varnothing 8,0 cm.	4,95	0,85	5,8	0,8	2,1	0,56	2,6	0,45
17.	"	Drenatex(plapumă)+DPR \varnothing 8,0 cm	3,90	0,55	7,1	0,8	2,1	0,290	2,6	0,30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18.	-"-	Drenatex(pla- pumă)+D.C.Hex. Ø 9,0 cm.	6,24	0,65	9,6	0,8	2,1	0,219	2,63	0,26
19.	-"-	Zgură granula- tă de furnal sortată + DPR Ø 6,5 cm.	10,50	3,0	3,50	0,4	124	35,43	310	88,57
20.	Lăcoviș- te(Berini Jud.Timiș)	Zgură granula- tă de furnal nesortată+ DPR.Ø 6,5 cm.	10,10	2,9	3,48	0,4	74	21,26	185	53,16
21.	-"-	Zgură gran.de termocentrală+ DPR Ø 6,5 cm.	4,56	0,95	4,8	0,4	38,0	7,92	95	19,80
22.	-"-	Netesin D.P.R.Ø6,5 cm.	2,8	0,30	9,33	0,4	3,60	0,386	9,0	0,96
23.	Brun ver- tic Be- rini, Jud. Timiș)	Zgură gran.de furnal+DPR Ø 6,5 cm.	4,85	0,50	9,70	0,4	74	7,63	123,3	12,72
24.	-"-	Pleavă de orez + DPR Ø6,5 cm.	7,0	1,0	7,0	0,4	15,0	2,14	37,5	5,35
25.	-"-	Pietriș sortat + DPR Ø 6,5 cm.	6,90	0,30	23,0	0,4	26,0	1,13	65	2,82
26.	Aluvial gleizat Caraci, Jud. Timiș.	Deșuri textile (1kg/ml)Intrep. textilă Buc.+ DPR Ø 8,0 cm.	1,5	0,50	3,0	0,4	12,0	4,00	30	10,0
27.	- " -	Drenatex(înfăș) + D.P.R.Ø8,0 cm.	5,6	1,4	4,0	0,4	2,1	0,525	5,25	1,31
28.	Lăcoviș- te solo- netizată (Rudna, Jud. Timiș)	Terasin 200 (înfăș)+DPR Ø 8,0 cm.	0,756	0,70	1,08	0,4	33,5	31,02	83,75	77,55
29.	- " -	IFS+nisip Timiș(Sag)+ DPR Ø8,0 cm.	2,2	1,0	2,2	0,4	11,20	5,09	28,0	12,73
30.	Soloneț (IA. Timișoara)	Netesin(269g/ mp)(înfăș)+ DPR Ø 11,0 cm	0,25	0,25	1,0	0,2	3,60	3,60	18	18
31.	-"-	Zgură granu- lată de fur- nal.	4,50	0,85	5,29	0,2	74	13,99	370	69,95
32.	Cernozi- om glei- zat(Gra- baț, Jud. Timiș)	IFS+nisip Igrîș+DPR Ø 5,0 cm.	2,10	0,35	6,00	0,857	18,60	3,1	21,7	3,61
33.	luem US ₅	IFS+nisip Igrîș+DPR Ø 5,0 cm	2,84	0,30	9,47	0,832	18,60	1,96	22,35	2,35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.	Cernoziom eu-mezo- bazic gleizat (Pădureni Jud.Timiș) US ₄ .	IS+nisi Sag+DPR Ø 5,0 cm.	0,527	0,20	2,64	0,25	11,20	4,25	44,80	16,10
5.	Idem,US ₅	---	0,985	0,25	3,95	0,465	11,20	2,84	24,01	6,11

În anexa 7 este prezentat un exemplu privind modul de desfășurare al programului experimental și de prelucrare a datelor pentru stabilirea elementelor prezentate în tab.139 privind caracterizarea gradului de colmatare în timp a complexului tub de dren plus material filtrant.

Variantele prezentate în anexa 7 cuprind: tubul de dren din plastic riflat (D.P.R.) Ø 6,5 cm funcționând fără filtru și cu zgură granulată de furnal ca material filtrant în contact cu solul brun vertic (Berini, Jud.Timiș).

Pentru fiecare tip de sol cuprins în programul experimental s-a testat comparativ și varianta fără material filtrant. Debitul final stabilizat în timp după colmatare în (l/min/m) va fi transformat în (mm/zi) pentru a verifica dacă după colmatare tubul de dren fără filtru sau complexul tub de dren plus material filtrant evacuează un debit captat mai mare sau egal cu debitul specific de drenaj (q) care se poate infiltra prin sol.

Exemplu de calcul a debitului evacuat (mm/zi) pentru variantele prezentate în anexa 7:

D.P.R. Ø 6,5 cm + zgură granulată de furnal, sol brun vertic

$$q = \frac{q_c}{L} \cdot \frac{10.000 \cdot 60 \cdot 24}{100 \cdot 100} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{zi}} \right] = \frac{0,50 \cdot 1.000 \cdot 60 \cdot 24}{100 \cdot 100 \cdot 30} [\text{cm/zi}] =$$

$$= 2,40 [\text{cm/zi}] = 24 \text{ mm/zi.}$$

D.P.R. Ø 6,5 cm - fără filtru, sol brun vertic.

$$q = \frac{q_c}{L} \cdot \frac{10.000 \cdot 60 \cdot 24}{100 \cdot 100} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{zi}} \right] = \frac{0,29 \cdot 1.000 \cdot 60 \cdot 24}{100 \cdot 100 \cdot 30} [\text{cm/zi}] =$$

$$= 1,392 [\text{cm/zi}] = 13,92 \text{ mm/zi.}$$

Rezulta că pot fi adoptate la proiectare ambele variante pentru amenajările de drenaj pe acest tip de sol, pentru care valorile debitului specific de drenaj sînt mai mici de 14 mm/zi. Varianta DPR Ø 6,5 cm cu zgură granulată de furnal poate fi aplicată și pentru valori ale debitului specific de drenaj mai mari (15 - 24 mm/zi).

Analiza rezultatelor prezentate în tab.139 evidențiază câteva concluzii:

- din cele 35 variante testate 5 variante au valoarea coeficientului de eficiență hidraulică $K_c < 1,0$ (efect defavorabil), alte 11 variante au $K_c > 1$ (efect favorabil), iar celelalte 19 variante au $K_c \gg 1$ (efect deosebit de favorabil);

- un material filtrant cu efect deosebit de favorabil din punct de vedere hidraulic în condițiile inițiale când nu s-a produs colmatarea ($K_c \gg 1$) devine de multe ori un filtru numai favorabil ($K_c > 1$) în situația colmatată (exemplu: variantele cu $K_c = 1 - 10$), iar calitatea de favorabil ($K_c > 1$) se poate pierde total prin colmatare ($K_c \leq 1$) (exemplu: cele 5 variante avînd $K_c \leq 1,0$), aceasta pentru tipurile de sol și variantele testate.

- este posibil ca un material filtrant într-un alt tip de sol să aibă complet o altă comportare în privința colmatării. Rezultă de aici concluzia necesității determinării experimentale a reducerii coeficientului de filtrație prin colmatare în contact cu tipul de sol unde urmează a fi aplicat drenajul;

- ca o apreciere globală asupra diverselor materiale filtrante testate se poate preciza că cele mai bune rezultate în privința colmatării în condiții de laborator pentru variantele și solurile testate le-a dat materialele granulare, organice, madriful și terasinul dintre geotextile. Celelalte geotextile (netesin, drenatex) au avut o comportare mai puțin favorabilă

- analiza variantelor folosind geotextilele înfășurate în jurul tubului de dren, saltea și plapumă sau numai plapumă deasupra tubului de dren arată următoarea ordine de eficacitate a modului de așezare a materialelor:

- înfășurat pe tubul de dren;
- plapumă, deasupra tubului de dren;
- saltea (sub dren) plus plapumă.

- valorile η și K_{fc} determinate (tab. 139) permit calculul analitic al coeficientului de rezistență la intrare cu relația (135) care caracterizează complexul tub de dren plus material filtrant colmatat în tipul respectiv de sol. Cu această valoare se poate calcula corect distanța între drenuri cu ajutorul relației (76'), determinată deci și de gradul de colmatare în timp al complexului respectiv de dren plus material filtrant. Metodologia de calcul a distanței între drenuri va fi prezentată în Cap. 7.

6.4. Suprafața minimă a perforațiilor tubului de dren.

Măsurătorile experimentale pe modelul electric (fig. 58) folosind curent alternativ s-au efectuat asupra tubului de dren din plastic riflat $\emptyset 11,0$ cm produs la I.T.M.M.P. Buzău pe următoarele patru probe:

- Proba 1: - dren ideal,
- Proba 2: - dren real, cu rondelile (găuri) avînd $\emptyset 2,0$ mm așezate de la 1-16 rînduri, în număr de 4-72 rondelile;
- Proba 3: - idem, cu rondelile $\emptyset 2,5$ mm;
- Proba 4: - idem, cu rondelile $\emptyset 3,0$ mm.

Pentru fiecare probă s-au efectuat măsurători separat pentru câte 11 variante cuprinzând un număr diferit de roncele (4-72 găuri) respectiv rînduri de găuri pe tubul de dren.

Pentru fiecare variantă s-au măsurat tensiunea și intensitatea curentului, calculîndu-se rezistența circuitului (rezistența teoretică R_t , rezistența suplimentară $R_{supl.}$) și coeficientul de rezistență ($\alpha R_{supl.}$). Toate aceste valori sînt prezentate tabelar în anexa 8.

Pentru a putea interpreta aceste rezultate au fost centralizate rezultatele în anexa 9 împreună cu numărul de găuri pe metru liniar, raportul suprafeței găurilor pentru drenul real față de cel ideal (S_g/S), raportul rezistențelor pentru drenul ideal față de cel real (R_o/R_g) pentru fiecare subvariantă testată.

În conformitate cu fundamentarea teoretică prezentată în paragraful 5.3.1, datele din anexa 9 au permis trasearea diagramelor din fig. 73-77, prezentînd: variația rezistenței suplimentare ($R_{supl.}$) și a coeficientului de rezistență suplimentar ($\alpha R_{supl.}$) în funcție de numărul de găuri pe metru liniar de dren și respectiv în funcție de raportul S_g/S (fig. 73-76), precum și variația afluxului de apă la dren (Q_g/Q_o) în funcție de mărimea suprafeței perforațiilor (S_g/S) pentru tubul de dren din plastic riflat ϕ 11,0 cm produs la I.T.M.M.P. Buzău.

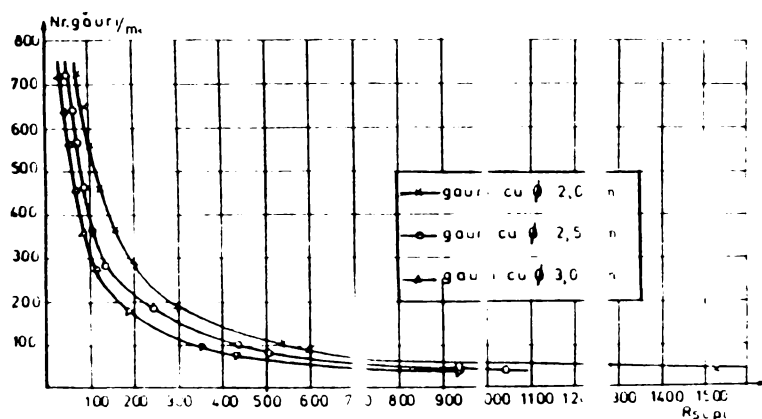


Fig. 73. Variația rezistenței suplimentare ($R_{supl.}$) în funcție de numărul de găuri pe metru liniar, pentru D.P.R. ϕ 11,0 cm avînd găuri cu ϕ 2; 2,5 și 3, mm.

Analiza diagramelor din fig. 73-77 evidențiază câteva concluzii practice de mare importanță privitor la modul de perforare a tuburilor de drenaj:

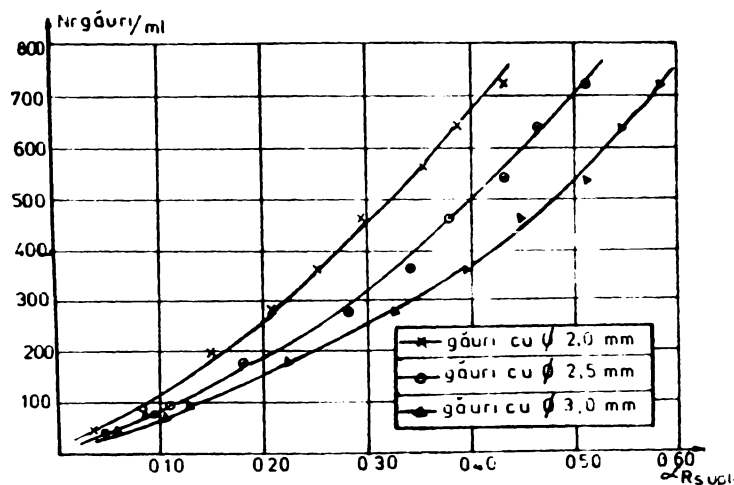


Fig.74. Variația coeficientului de rezistență suplimentară ($\alpha R_{supl.}$) în funcție de numărul de găuri pe metru liniar pentru D.P.R. Ø 11,0 cm avînd găuri cu Ø 2,0; 2,5 și 3,0 mm.

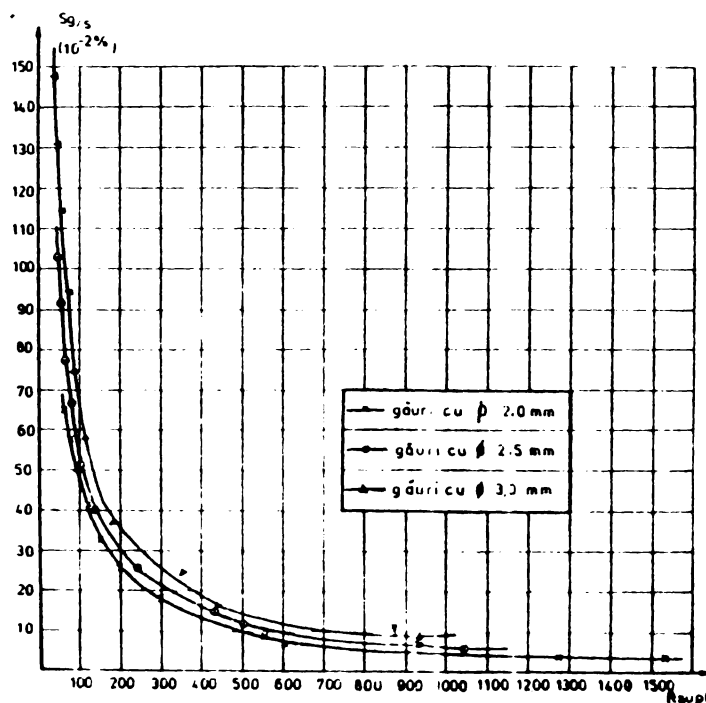


Fig.75. Variația rezistenței suplimentare ($R_{supl.}$) în funcție de raportul S_g/S pentru D.P.R. Ø 11,0 cm avînd găuri cu Ø 2,0; 2,5 și 3,0 mm.

- pentru a avea un aflux corespunzător de apă în dren, respectiv o rezistență mică la intrarea apei în dren, este necesar ca drenul să fie perforat într-un procent de 1,0-1,5 % din suprafața totală desfișurată a tubului de dren, mărirea suprafeței perforațiilor peste 1,5 % neproducînd o importantă creștere a afluxului de apă în dren ci numai o scădere a rezistenței statice a tubului de dren care este limitată la o valoare care să asigure stabilitatea sa la încărcarea dată de pămîntul din ganțul de drenaj așezat peste tubul de dren;

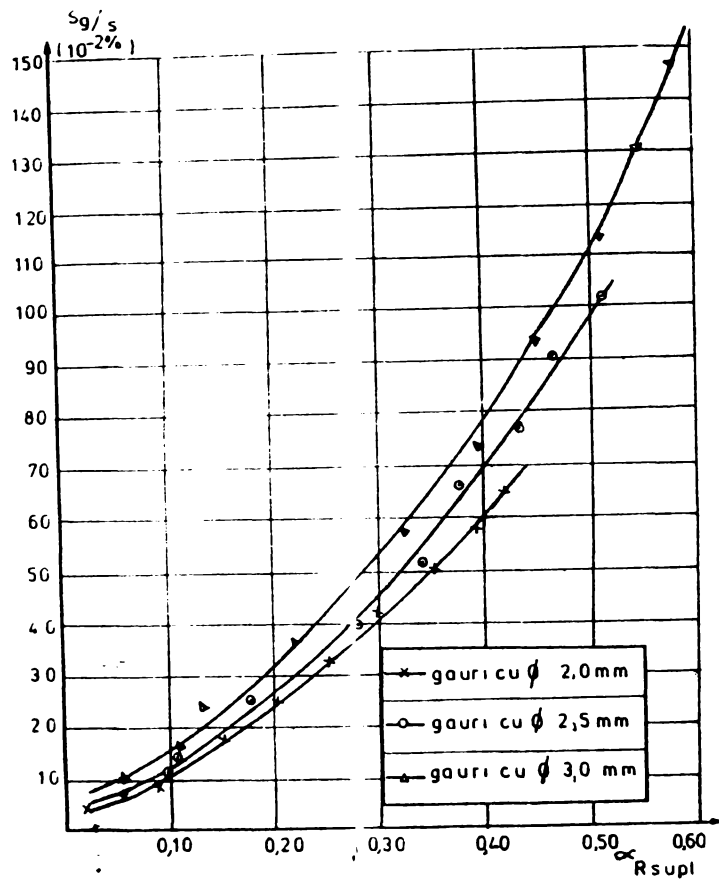


Fig.76. Variația coeficientului de rezistență suplimentară ($\alpha R_{supl.}$) în funcție de raportul Sg/S pentru D.P.R. Ø 11,0 cm avînd găuri cu Ø 2,0; 2,5 și 3,0 mm.

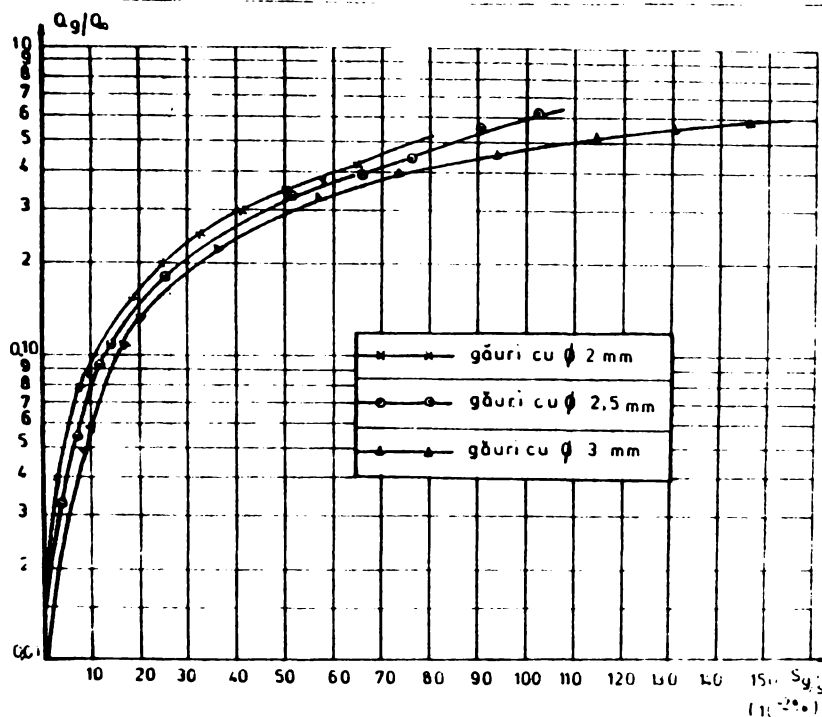


Fig.77. Variația afluxului de apă la dren (Qg/Qo) funcție de mărimea suprafeței perforațiilor (Sg/S) pentru D.P.R. Ø 11,0 cm avînd găuri cu Ø 2,0; 2,5 și 3,0 mm.

- la creșteri mici ale gradului de perforare (Sg/S) al tubului de dren pentru valori mai mici de 1 % se observă în diagramele din fig.77 creșteri mari ale afluxului de apă (Qg/Qo) în tubul de dren;

- pentru un procent de perforare al tubului de dren cuprins între 1 - 1,5 % creșterea afluxului de apă în dren (Qg/Qo) este mică constatîndu-se o aplatizare a curbei $Qg/Qo = f(Sg/S)$;

- mărimea găurii de intrare influențează considerabil aluzul de apă la dren, astfel pentru $S_g/S = 0,50$ % valoarea raportului Q_g/Q_0 este:

- cu 6,3 % mai mare la tubul de dren cu găuri $\varnothing 2,0$ mm față de cel cu găuri $\varnothing 2,5$ mm;
- cu 23,3 % mai mare la tubul de dren cu găuri $\varnothing 2,0$ mm față de cel cu găuri $\varnothing 3,0$ mm;
- cu 16 % mai mare la tubul de dren cu găuri $\varnothing 2,5$ mm față de cel cu găuri $\varnothing 3,0$ mm.

- mărirea găurii nu poate fi făcută însă în limite prea mari deoarece duce la pătrunderea masivă a particolelor de sol în dren ceea ce produce în timp colmatarea drenului, impunându-se folosirea materialelor filtrante cu rol protector (geotextile cu grosime mică) care să protejeze tubul împotriva intrării particolelor de sol și al blocării perforațiilor sale.

- pentru tubul D.P.R. $\varnothing 11,0$ cm studiat situația perforațiilor este următoarea:

- suprafața desfășurată (S_1) a unui metru liniar de tub de dren este: $2.3,14.5,50.100 = 3.454 \text{ cm}^2$;
- 1 % din $S_1 = 34,54 \text{ cm}^2/\text{m}$, iar 1,5 % din $S_1 = 51,81 \text{ cm}^2/\text{m}$;
- suprafața reală a perforațiilor este:
 $S_r = 1,0 \times 5,0 \times 640 \text{ găuri}/\text{m} = 3.200 \text{ mm}^2/\text{m}$;

Se observă că $S_r \approx 1 \% \times S_1$, ceea ce înseamnă conform concluziilor de mai sus că D.P.R. $\varnothing 11,0$ are suprafața perforațiilor apropiată de suprafața minimă necesară a perforațiilor. Se recomandă ca valoarea lui S_r pentru D.P.R. $\varnothing 11,0$ cm să fie:

$$1 \% \times S_1 = 34,54 \text{ cm}^2/\text{m} < S_r < 1,5 \% \times S_1 = 51,81 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Aplicație practică

La cererea TCIF Timișoara împreună cu Secția de studii și proiectare s-a efectuat o analiză a elementelor geometrice ale tuburilor de dren din plastic riflante $\varnothing 5,0$ și $8,0$ cm produse de I.P.M.P. Buzău livrate pentru amenajarea de drenaj de la Giulvăz Jud. Timiș. Analiza s-a făcut pentru fiecare tub de dren pe 10 probe de tuburi de dren de 1,2 m lungime, determinându-se suprafața reală a perforațiilor pentru fiecare probă în parte (tab. 140).

Tab. 140. Suprafața reală a perforațiilor determinată pentru probele analizate.

Proba Diam. tubului (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,0	18,80	16,50	-	10,18	20,32	20,47	23,63	20,00	-	13,11
8,0	8,18	12,65	6,35	7,37	12,11	13,10	10,27	15,15	7,86	7,04

Conform NTI 8500/1980 suprafața totală a perforațiilor celor două tuburi D.P.R \emptyset 5,0 și 8,0 cm ar trebui să fie de 8,0 și respectiv 10,0 cm^2/m . Aceste valori nu sînt însă în concordanță cu suprafețele perforațiilor calculate luînd în calcul elementele geometrice date în NTI 8500/1980 rezultînd valoarea cuprinsă între: 15,12 - 32,4 cm^2/m .

În tab.141 sînt prezentate pentru comparație valorile suprafeței totale laterale (S_1), 1,0 și 1,5 % din S_1 , suprafața orificiilor conform NTI nr.8500/1980 și respectiv suprafața medie reală a orificiilor efectiv găsite pe probe.

Tab.141. Suprafețele perforațiilor pentru D.P.R. \emptyset 5,0 și 8,0 cm analizate.

Diametrul tubului de dren (cm)	Suprafața totală laterală (S_1) (cm^2/m)	Suprafața necesară a orificiilor (cm^2/m).		Suprafața orificiilor conform NTI nr.8500/1980 (cm^2/m)		Suprafața reală medie a orificiilor efectiv găsite pe probe. (cm^2/m)
		1% x S_1	1,5% x S_1	Calculată cu elem. geometrice date în NTI.		
5,0	1.570	15,70	37,68	8,0	15,12-32,40	19,00
8,0	2.512	25,12	43,55	10,0	15,12-32,40	10,03

Analiza rezultatelor obținute (tab.140,141) evidențiază următoarele concluzii:

- se impune modificarea NTI nr.8500/1980 care prezintă neconcordanță între valoarea suprafeței orificiilor dată și cea rezultată din calcul, cu elementele geometrice ale orificiilor prezentate în această normă internă, trebuind modificată în sensul respectării unui procent de perforare al tuburilor de 1,0 - 1,5 % din suprafața sa laterală.

- suprafața medie reală a tubului D.P.R. \emptyset 5,0 cm egală cu 19,0 cm^2/m se încadrează în recomandarea de a avea suprafața perforațiilor cuprinsă între 1,0 - 1,5 % din S_1 , iar la tubul D.P.R \emptyset 8,0 cm care are suprafața medie reală a perforațiilor egală cu 10,03 cm^2/m nu se încadrează în aceste recomandări, fiind necorespunzător perforat;

- la ambele tuburi s-au constatat perforații și pe generatoarea de îmbinare, care nu au fost străpunse corespunzător; în unele cazuri au prezentat spărturi sau rînduri întregi complet neperforate (sau chiar tuburi complet neperforate la D.P.R. \emptyset 5,0 cm - 2 probe) care reprezintă defecțiuni de fabricație, impunîndu-se o atenție mărită la perforare, control CTC intern și recepția materialului de către beneficiar.

- folosirea la drenaj a tuburilor livrate avînd suprafața perforațiilor mai mică decît cea minimă necesară recomandată impune recalcularea distanței între drenuri ținînd seama de suprafața reală a perforațiilor, prin calculul numărului de rînduri de găuri real (n).

6.5. Prelucrarea măsurătorilor și rezultate obținute pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans.

Programul experimental efectuat a cuprins tuburile de dren din plasti riflate produse la I.T.M.M.P Buzău cu diametrul $\emptyset = 11; 8; 6,5$ și $5,0$ cm, avînd orificiile de intrare de $1,00 \times 5,00$ mm. Tubul de dren $\emptyset = 8,0$ cm a fost testat și pentru situația orificiilor de intrare circulare cu diametrul de $3,0; 2,5$ și $2,0$ mm.

Pentru fiecare tub de dren în parte au fost efectuate mai multe subvariante la care elementul variabil a fost numărul de găuri (orificii) de intrare a apei. Găurile de intrare au fost simulate prin fixarea prin chituire a unor electrozi (rondele) din tablă de cupru avînd mărimea identică cu a găurii pe care o simula (fig.60.b).

Pentru fiecare variantă au fost măsurate elementele geometrice ale tubului și găurilor de intrare a apei calculîndu-se gradul de perforare (S_g) iar la puntea universală cu autobalans a fost citită valoarea G care a permis calculul valorii rezistenței R_m . La fiecare variantă testată a fost introdus la început în cuvă drenul ideal (fig.61.a) și prin înregistrarea valorii rezistenței circuitului a fost calculată rezistivitatea modelului (ρ) conform relației (170), după care acesta a fost înlocuit cu drenul real (fig.61.b) făcînd citiri asupra lui G pentru fiecare subvariantă în parte, calculînd valorile rezistenței R_m , corespunzătoare fiecărui număr de găuri existent pe tubul de dren real testat în subvarianta respectivă.

Folosind relația de calcul (173) a putut fi calculată valoarea rezistenței totale (S_t) pentru fiecare subvariantă.

În funcție de valorile R_0 și r_0 măsurate pentru fiecare variantă a fost calculată valoarea coeficientului de rezistență teoretic (S_p - perfect), putîndu-se stabili prin diferență valoarea coeficientului de rezistență la intrare (S_i), conform relației (175).

Temperatura apei folosită ca electrolit a fost cuprinsă între $15-16^\circ\text{C}$, iar a aerului din laborator între $15-18^\circ\text{C}$.

Pentru toate variantele raza cilindrului din tablă de cupru (electrodul 2) a fost constantă $R_0 = 37,5$ cm, iar raza tubului de dren r_0 la drenul real și ideal a fost aceeași pentru toate subvariantele aceleiași variante, după cum urmează:

- pentru D.P.R., $\emptyset = 11,0$ cm, $r_0 = 5,5$ cm;
- pentru D.P.R., $\emptyset = 8,0$ cm, $r_0 = 4,0$ cm;
- pentru D.P.R., $\emptyset = 6,5$ cm, $r_0 = 3,25$ cm;
- pentru D.P.R., $\emptyset = 5,0$ cm, $r_0 = 2,5$ cm.

Datele experimentale măsurate și prelucrate sînt prezentate centralizat, pentru cele 7 variante testate, în tab.142.

Tab.142. Elementele geometrice, valorile G măsurate și valorile rezistivității, a coeficienților de rezistență totală (S_t), teoretică (S_p) și la intrare (S_i) pentru tuburile de dren din plastic riflante Ø 11; 8; 6,5 și 5 cm testate pe modelul de analogie electrodinamic folosind puntea cu autobalans B 642.

Var. Nr	Tipul de dren și diametrul (cm).	Elementele geometrice ale tubului de dren										Elementele calculate.					OBS.
		Nr. de găuri.	Nr. de găuri pe ad.T.	Mărimea unei găuri (mm)	Suprafața unei găuri (mm)	Nu-măr total de găuri pe ml.	Suprafața perforată pe ml (mmp/ml).	Suprafața perforată pe ad T. (mmp)	Supraia- S/S1 %	Valoarea G măsurată pe model. (mΩ)	$R = \frac{L \cdot G}{G}$	13	14	15	16		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1.	DPR Ø11,0	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	7810	128,04	5033,04	0,303	0,303	-	Dren ideal	
1		1	1	1x5	5,0	8,0	40	5,0	0,116	155	6451,61	-	15,382	-	10,08	Dren real chituit.	
1		1	2	-	-	16	80	10,0	0,0232	280	3571,42	-	8,520	-	8,21	-	
1		1	3	-	-	24	120	15,0	0,0347	409	2444,98	-	5,829	-	5,53	-	
1		1	4	-	-	33	165	20,0	0,0478	548	1824,81	-	4,351	-	4,05	-	
1		1	5	-	-	41	205	25,0	0,0594	640	1562,50	-	3,725	-	3,42	-	
2		2	8	-	-	66	330	40,0	0,0955	1003	997,01	-	2,377	-	2,07	-	
2		2	10	-	-	83	415	50,0	0,120	1220	819,67	-	1,954	-	1,65	-	
3		3	15	-	-	124	620	75,0	0,180	1720	581,39	-	1,386	-	1,08	-	
4		4	16	-	-	133	665	90,0	0,193	1770	563,38	-	1,343	-	1,04	-	
4		4	20	-	-	166	830	100,0	0,240	2140	467,29	-	1,114	-	0,81	-	
6		6	24	-	-	199	995	120,0	0,288	2370	421,94	-	1,01	-	0,70	-	
8		8	32	-	-	266	1330	160,0	0,385	2910	343,64	-	0,819	-	0,520	-	
8		8	40	-	-	333	1665	200,0	0,482	3190	313,48	-	0,747	-	0,440	-	
16		16	72	-	-	599	2995	360,0	0,867	4200	232,77	-	0,555	-	0,252	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	DPR Ø8,0	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	6900	144,93	4885,60	0,356	0,356	-	Dren ideal
		1	1	1x5	5,0	8	40	5,0	0,0159	152	6578,94	-	16,16	-	15,80	Dren real chituit
		1	8	-	-	66	330	40,0	0,131	625	1600,00	-	3,930	-	3,57	-
		1	9	-	-	74	370	45,0	0,147	720	1388,90	-	3,411	-	3,06	-
		2	16	-	-	133	665	80,0	0,265	1200	833,00	-	2,046	-	1,69	-
		2	17	-	-	141	705	85,0	0,281	1220	819,70	-	2,013	-	1,66	-
		2	18	-	-	149	745	90,0	0,297	1250	800,00	-	1,965	-	1,61	-
		3	24	-	-	199	995	120,0	0,396	1690	591,72	-	1,453	-	1,09	-
		3	27	-	-	224	1120	135,0	0,446	1800	555,55	-	1,365	-	1,01	-
		4	33	-	-	274	1370	165,0	0,545	2120	471,69	-	1,159	-	0,803	-
		4	35	-	-	291	1455	175,0	0,579	2180	458,71	-	1,127	-	0,771	-
		6	51	-	-	424	2120	255,0	0,844	2890	346,02	-	0,850	-	0,494	-
3	DFR Ø6,5	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	6490	154,08	4753,15	0,389	0,389	-	Dren ideal
		1	4	1x5	5,0	33	165	20	0,081	199	5025,12	-	-	12,687	12,30	-
		1	5	-	-	41	205	25	0,100	221	4524,88	-	-	11,424	11,03	-
		2	9	-	-	74	370	45	0,181	448	2232,14	-	-	5,635	5,25	-
		2	10	-	-	83	415	50	0,203	516	1937,98	-	-	4,893	4,50	-
		3	12	-	-	100	500	60	0,245	694	1440,92	-	-	3,638	3,25	-
		3	15	-	-	125	625	75	0,306	871	1148,10	-	-	2,898	2,51	-
		4	17	-	-	141	705	85	0,345	995	1005,02	-	-	2,537	2,15	-
		4	19	-	-	158	790	95	0,387	1079	926,78	-	-	2,340	1,95	-
		6	27	-	-	224	1120	135	0,549	1480	675,68	-	-	1,706	1,32	-
		6	36	-	-	300	1500	180	0,735	1960	511,25	-	-	1,291	0,902	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	DPR 25,0	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	5190	192,68	5367,69	0,431	0,431	-	Dren ideal
		1	1	1x5,0	5,0	8,0	40	5,0	0,0255	136	7352,94	-	-	16,44	16,01	Dren real
		1	9	-	-	75	375	45	0,239	719	1390,82	-	-	3,110	2,68	-
		1	10	-	-	83	415	50	0,264	735	1360,54	-	-	3,042	2,61	-
		2	19	-	-	158	790	95	0,503	1260	793,65	-	-	1,774	1,343	-
		2	20	-	-	166	830	100	0,529	1330	751,88	-	-	1,681	1,250	-
		3	29	-	-	241	1205	154	0,768	1750	573,01	-	-	1,281	0,850	-
		4	39	-	-	325	1625	195	1,035	2010	497,02	-	-	1,111	0,680	-
		5	48	-	-	400	2000	240	1,274	2350	425,35	-	-	0,951	0,52	-
		6	58	-	-	483	2415	290	1,538	2670	374,53	-	-	0,337	0,406	-
5	DPR 28,0	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	6340	157,72	5315,64	0,356	0,356	-	Dren ideal
		1	8	03,0	7,065	66	466,3	56,52	0,186	686	1457,72	-	3,29	-	2,93	Dren real
		1	9	-	-	74	522,8	63,59	0,208	793	1261,03	-	2,85	-	2,49	-
		2	17	-	-	141	996,2	113,04	0,397	1320	757,58	-	1,71	-	1,35	-
		2	18	-	-	149	1052,7	127,17	0,419	1390	719,42	-	1,62	-	1,26	-
		3	26	-	-	216	1526,0	183,69	0,607	1860	536,48	-	1,21	-	0,855	-
		3	27	-	-	224	1582,6	190,76	0,630	1930	518,67	-	1,17	-	0,815	-
		4	36	-	-	299	2112,4	254,34	0,841	2301	434,59	-	0,98	-	0,625	-
		5	45	-	-	374	2642,3	317,93	1,052	2780	359,20	-	0,81	-	0,455	-
		6	50	-	-	416	2939,0	353,25	1,17	3040	328,95	-	0,743	-	0,387	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	DPR Ø8,0	∞	Dren ideal 8	-	-	-	-	-	1,0	6340	157,73	-	0,356	-	-	Dren ideal
		1	8	Ø2,5	4,91	66	324,1	39,28	0,129	612	1633,98	-	3,69	-	3,334	Dren real chituit
		1	9	-	-	74	363,5	44,19	0,145	696	1436,78	-	3,24	-	2,884	-
		2	17	-	-	141	692,3	83,47	0,276	1140	877,19	-	1,98	-	1,624	-
		2	18	-	-	149	731,6	88,38	0,291	1210	827,81	-	1,87	-	1,514	-
		3	27	-	-	224	1099,8	132,57	0,438	1670	598,01	-	1,35	-	0,994	-
		4	36	-	-	229	1472,4	176,76	0,586	2050	487,33	-	1,10	-	0,745	-
		5	45	-	-	374	1840,5	220,95	0,733	2460	406,67	-	0,918	-	0,562	-
		6	53	-	-	441	2165,3	260,23	0,862	2840	352,21	-	0,795	-	0,439	-
7	DPR Ø8,0	∞	Dren ideal	-	-	-	-	-	1,0	6340	157,72	-	0,356	-	-	Dren ideal
		1	8	Ø2,0	3,14	66	207,2	25,12	0,082	438	2283,10	-	5,154	-	4,760	Dren real chituit
		1	9	-	-	74	232,4	28,26	0,093	490	2040,81	-	4,607	-	4,25	-
		2	17	-	-	141	442,7	53,38	0,176	869	1150,74	-	2,598	-	2,242	-
		2	18	-	-	149	467,8	56,52	0,186	952	1050,42	-	2,371	-	2,015	-
		3	24	-	-	199	624,9	75,36	0,250	1120	892,86	-	2,016	-	1,66	-
		3	26	-	-	216	678,2	81,64	0,270	1180	847,46	-	1,913	-	1,557	-
		4	36	-	-	299	938,9	113,01	0,374	1570	636,10	-	1,436	-	1,08	-
		5	45	-	-	374	1174,4	141,30	0,468	1830	547,65	-	1,236	-	0,88	-
		6	53	-	-	441	1384,7	166,42	0,551	2000	500	-	1,13	-	0,774	-

Pentru a evidenția influența numărului de găuri, a mărimii găurii, a diametrului tubului de dren, respectiv a gradului de perforare a tubului de dren asupra valorii coeficientului de rezistență la intrare și deci implicit asupra rezistenței la intrarea apei în dren au fost reprezentate grafic rezultatele experimentale obținându-se diagramele din fig.78-81.

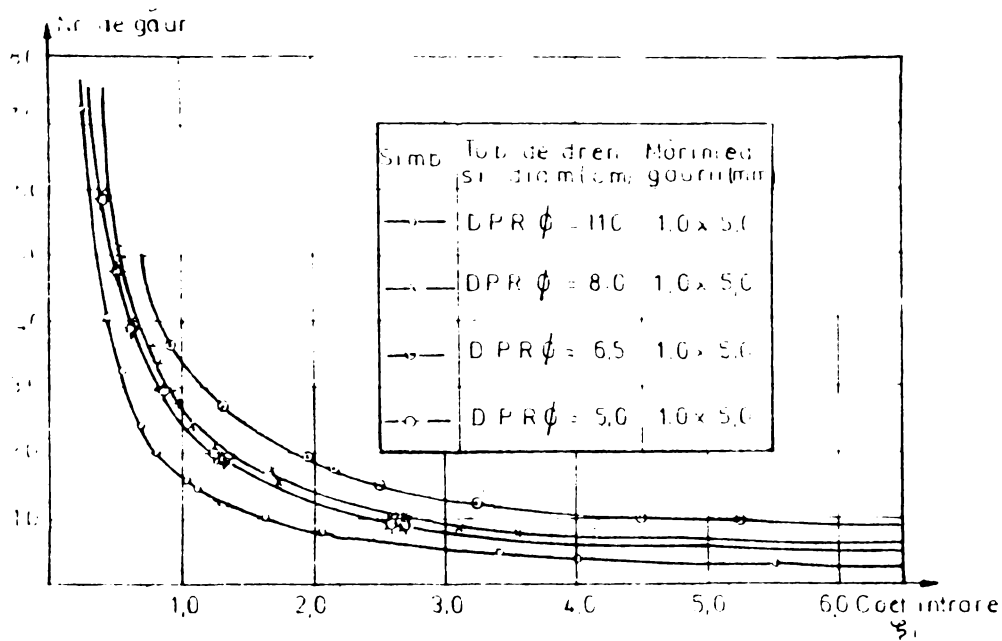


Fig.78. Variația coeficientului de rezistență la intrare în funcție de numărul de găuri pe metru liniar de tub de dren, pentru D.P.R. Ø 11; 8; 6,5 și 5 cm având găuri dreptunghiulare de 1,0 x 5,0 mm.

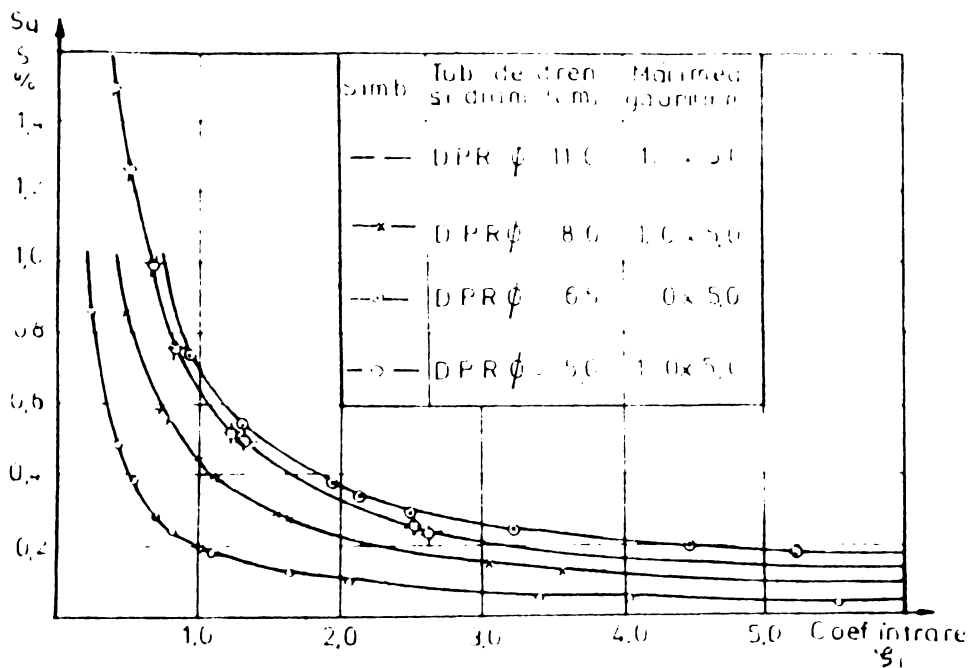


Fig.79. Variația coeficientului de rezistență la intrare în funcție de gradul de perforare al tubului de dren (raportul S_g/S), pentru D.P.R. Ø 11; 8; 6,5 și 5 cm având găuri dreptunghiulare de 1,0 x 5,0 mm.

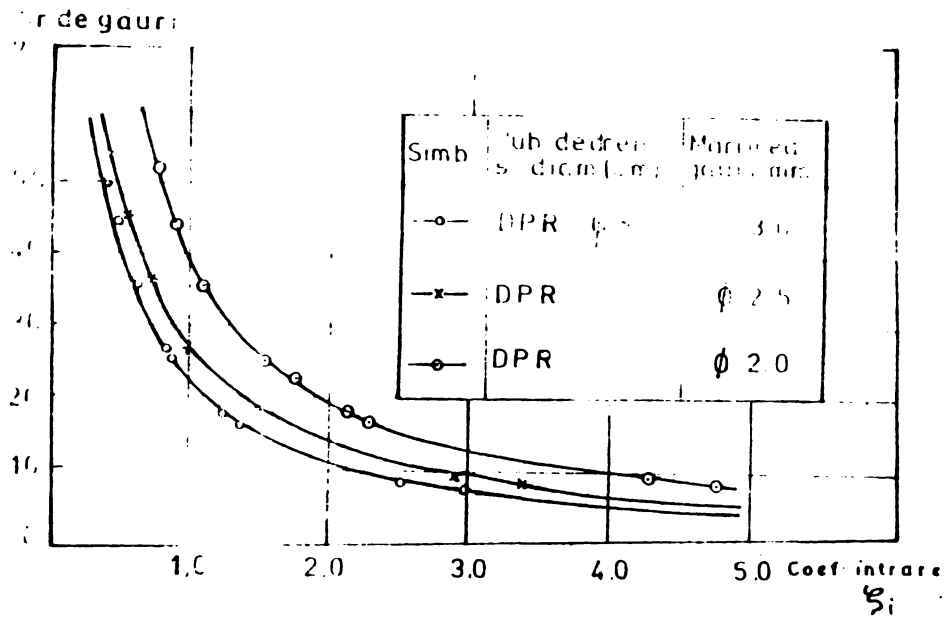


Fig.80. Variația coeficientului de rezistență la intrare în funcție de numărul de găuri pe metru liniar de tub de dren, pentru D.P.R. Ø=8,0 cm având găuri circulare cu diametrul Ø = 3,0; 2,5 și 2,0 mm

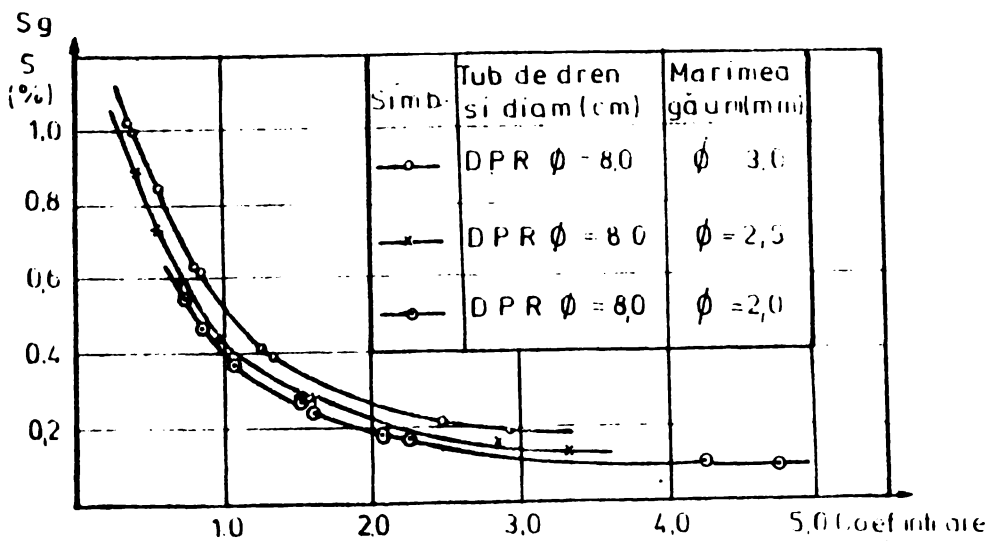


Fig.81. Variația coeficientului de rezistență la intrare în funcție de gradul de perforare al tubului de dren (raportul S_g/S), pentru D.P.R. Ø = 8,0 cm, având găuri circulare cu diametrul Ø = 3,0; 2,5 și 2,0 mm.

Rezultatele experimentărilor efectuate prezentate în tab.142 și respectiv diagramele din fig.78-81 evidențiază următoarele concluzii:

- valorile coeficientului de rezistență la intrare (S_i) sînt în raport de inversă proporționalitate cu numărul de găuri, respectiv cu mărimea suprafeței perforațiilor (gradul de perforare) și mărimea găurilor;

- la grade de perforare de pînă la 1 % din suprafața totală desfășurată a tubului de dren valorile coeficientului de rezistență la intrare sînt mari, impunîndu-se perforarea tubului de dren la un procent $> 1 \% \times S_1$ (gradul de perforare = $1,5 \% \times S_1$, conform recomandărilor din paragraful 6.4).

- după valorile S_i obținute (fig.78.79) tuburile de dren testate prezintă următoarea ordine de eficiență: D.P.R. ϕ 11,0; 8,0; 5,0 și 6,5 cm, care este aceeași cu cea rezultată în urma experimentărilor pe model hidrolic (standul avînd drenul așezat vertical, paragraful 6.1);

- mărirea găurii la un tub de dren de același diametru are efect de reducere a coeficientului de rezistență la intrare, astfel pentru D.P.R. $\phi = 8,0$ cm valoarea S_i este mai mică în cazul găurilor cu $\phi = 3,0$ mm, decît în cazul găurilor cu $\phi = 2,5$ mm și respectiv și mai mică la cele avînd $\phi 2,0$ mm, rezultînd ca favorabil efectul măririi găurilor de intrare asupra valorii rezistenței la intrare.

Mărirea găurilor de intrare este însă limitată din condiția împiedicării antrenării particulelor de sol în interiorul tubului de dren.

6.6. Liniiile echipotențiale și valorile coeficientului de rezistență la intrare la tuburile de dren din plastic riflitate testate pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial.

Conform metodologiei prezentată în paragraful 5.3.3 au fost testate tuburile de dren prezentate în tab.143.

Tab.143. Elementele geometrice ale tubului de dren folosite în cadrul experimentărilor pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial.

Nr crt.	Tubul de dren și diametrul (cm)	Nr. rînd de găuri	Nr. de găuri pe ad. T	Mărimăea unei găuri (mm)	Su- praf. unei găuri (mmp)	Su- praf. per- for- tă. pe ad. T (mmp)	Nr. total de găuri pe ml	Supraf. perfo- rată pe ml (mmp/m)	Sg/S %	Obs.
1	DPR $\phi=11,0$	16	72	1,0x 5,0	5,0	360	599	2995	0,867	S-au efectuat măsurători în 3 secțiuni ^{nr} A, B și C.
2	DPR $\phi=8,0$	6	51	"-	"-	255	424	2120	0,844	S-au efectuat măsurători în 2 secțiuni ^{nr} A și B.
3	DPR $\phi=6,5$	6	36	"-	"-	180	300	1500	0,795	"-
4	DPR $\phi=5,0$	6	58	"-	"-	290	483	2415	1,538	"-

* A - în dreptul rîndului de găuri

B - la mijlocul distanței mari între 2 rînduri de găuri

C - la mijlocul distanței mici între 2 rînduri de găuri.

** A - în dreptul rîndului de găuri

B - la mijlocul distanței între 2 rînduri de găuri.

Măsurătorile experimentale asupra potențialului la diferite distanțe de la tubului de dren sînt prezentate în tab.144.

Tab.144. Potențialul măsurat cu ajutorul punții de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul pentru D.P.R. $\phi=11;8;6,5$ și 5,0 cm testate.

Tubul de dren și diam. (cm).	secțiunea	Potențialul (volți) măsurat la distanțele (cm):															
		2,5	3,25	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10	15	20	25	30	35	37,5
DPR $\phi=11$	A	-	-	-	-	46	48	53	57	60	63	75	83	89	94	98	100
	B	-	-	-	-	50	51	55	58	61	64	75	83	89	94	98	100
	C	-	-	-	-	50	52	56	58	62	65	75	83	89	94	98	100
DPR $\phi=8,0$	A	-	-	51	60	62	64	67	70	72	74	82	88	92	96	98	100
	B	-	-	60	63	64	65	69	71	73	75	82	88	92	96	98	100
DPR $\phi=6,5$	A	-	63	71	74	75	76	78	79	81	82	88	91	94	97	99	100
	B	-	65	72	75	76	77	79	80	82	83	89	92	94	97	99	100
DPR $\phi=5,0$	A	45	54	58	62	63	65	68	70	73	75	82	88	92	95	99	100
	B	53	55	59	63	64	66	69	71	73	75	82	88	92	95	99	100

Pentru calculul coeficientului de rezistență la intrare pentru cele patru tuburi de dren luate în studiu a fost reprezentat potențialul măsurat secțiunea A, în fig.82, putîndu-se stabili astfel valorile celor două potențiale $\Delta \phi_i$ și respectiv $\Delta \phi_r$ (tab.145) datorate rezistențelor la intrare respectiv rezistenței radiale.

Cu aceste date au fost calculate pe baza relației (101) valorile coeficientului de rezistență la intrare prezentate în tab.145.

Tab.145. Valorile coeficientului de rezistență la intrare (S_i) pentru tuburile din plastic riflate $\phi 11;8;6,5$ și 5 cm testate pe standul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial.

Tubul de dren și diam. (cm)	Nr. rînd de găuri.	Nr. total de găuri pe ml	Sg/S (%)	Ad. electrolit în cuvă T (cm)	Distanța (cm)		Potențialul (volți)		Coef. de intrare (S_i)
					R_0	r_0	$\Delta \phi_i$	$\Delta \phi_r$	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DPR $\phi=11$	16	72	0,867	12	37,5	5,5	46	54	0,260

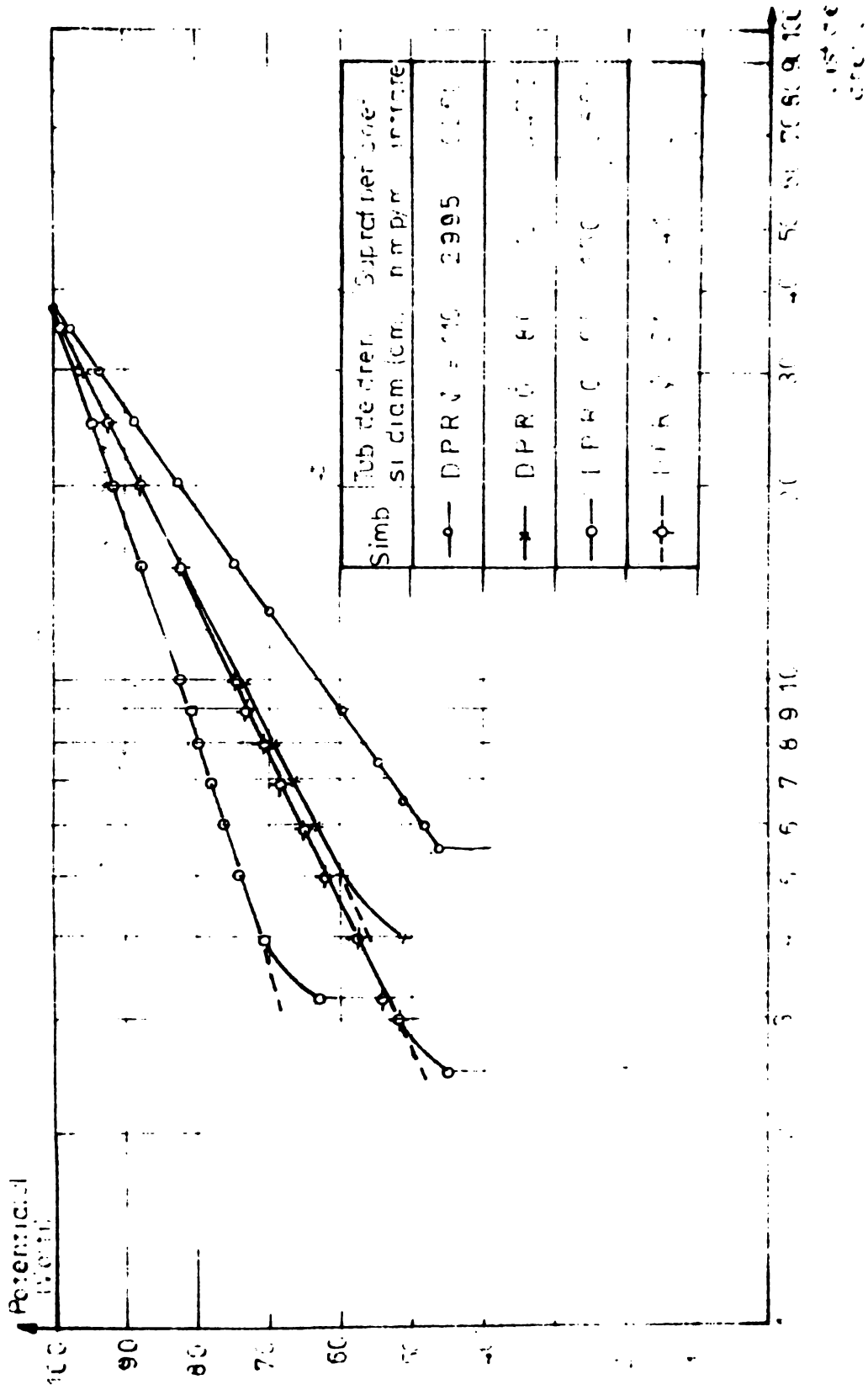


Fig.82. Valorile potențialului măsurat cu ajutorul punții de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul pentru D.P.R., $\phi = 11,0$; $8,0$; $6,5$ și $5,0$ cm testate.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	DPR $\varnothing = 8$	6	51	0,844	-"-	-"-	4,0	57	43	0,472
3	DPR $\varnothing = 6,5$	6	36	0,735	-"-	-"-	3,25	69	31	0,866
4	DPR $\varnothing = 5$	6	58	1,538	-"-	-"-	2,5	49	51	0,413

Analiza datelor din tab.144 pun în evidență faptul că potențialul pe primii 10 cm de la axul tubului de dren este mai mare în secțiunile B și C măsurate la mijlocul distanței între rîndurile de găuri față de cel din secțiunea A măsurat în dreptul rîndului de găuri.

Pentru trasarea liniilor echipotențiale au fost căutate punctele de un potențial dat. Valorile potențialului căutat sînt prezentate în tab. 146, împreună cu distanța de la axul tubului de dren la care a fost găsit potențialul respectiv dat.

Tab.146. Distanța din axul tubului de dren la care a fost înregistrată valoarea potențialului căutat pentru tuburile de dren din plastic rifluate $\varnothing 11;8;6,5$ și 5 cm.

Var.	Tubul de dren. și diametrul (cm)	Sect.	Distanța față de axul tubului de dren la care s-a măsurat potențialul:					
			50	60	70	80	90	100
1	D.P.R. $\varnothing = 11,0$	A	6,3	9,0	13,0	18,6	26,2	37,5
	-"-	B	5,5	8,3	12,4	18,2	25,9	37,5
	-"-	C	5,5	8,6	12,6	18,3	26,0	37,5
2	D.P.R. $\varnothing = 8,0$	A	-	5,0	8,0	13,8	22,0	37,5
	-"-	B	-	4,0	7,5	13,4	22,0	37,5
3	D.P.R. $\varnothing 6,5$	A	-	-	3,9	8,4	18,0	37,5
	-"-	B	-	-	3,5	8,0	17,6	37,5
4	D.P.R. $\varnothing = 5,0$	A	2,85	4,5	8,0	13,2	22,2	37,5
	-"-	B	-	4,2	7,4	13,0	22,2	37,5

În fig.83-86 sînt prezentate liniile echipotențiale ale tuburilor de dren din plastic rifluate $\varnothing 11,8,6,5$ și 5 cm trasate în baza datelor prezentate în tab.146.

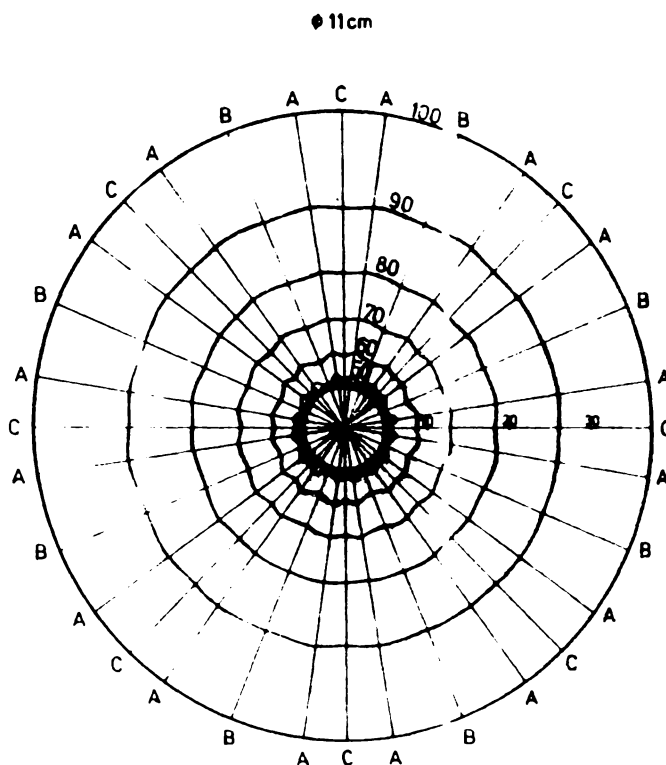


Fig.83.Liniile echipotențiale ale tubului de dren din plastic riflat \varnothing 11,0 cm fără filtru avînd 16 rînduri de găuri dreptunghiulare de 1,0 x 5,0 mm, stabilite pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul.

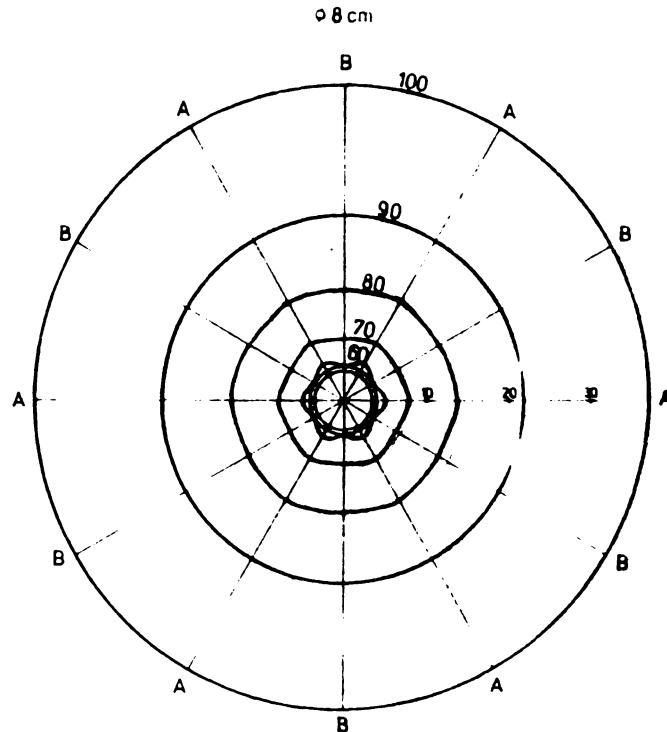


Fig.84.Liniile echipotențiale ale tubului de dren din plastic riflat \varnothing 8,0 cm fără filtru avînd 6 rînduri de găuri dreptunghiulare de 1,0 x 5,0 mm, stabilite pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul.

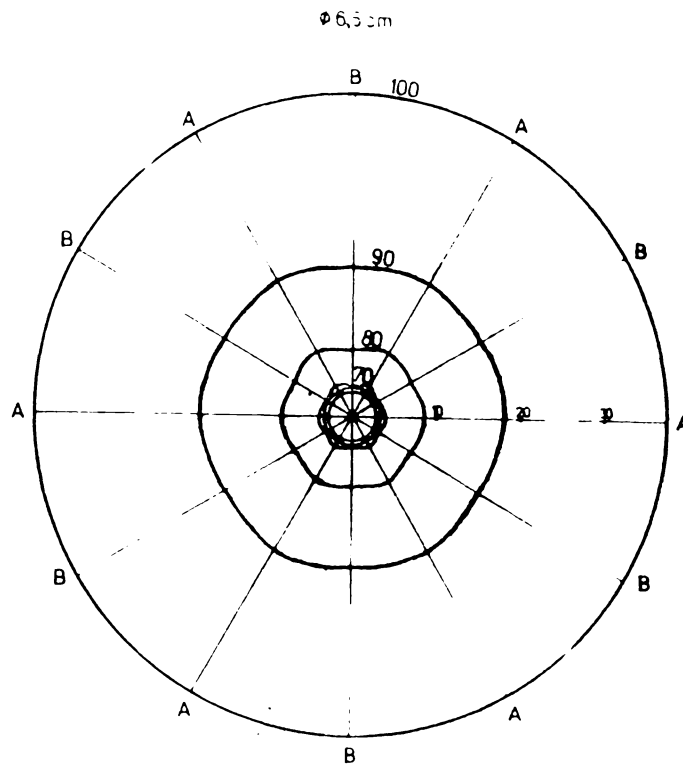


Fig.85. Liniile echipotențiale ale tubului de dren din plastic riflăat $\phi 6,5 \text{ cm}$ fără filtru avînd 6 rînduri de găuri dreptunghiulare de $1,0 \times 5,0 \text{ mm}$, stabilite pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul.

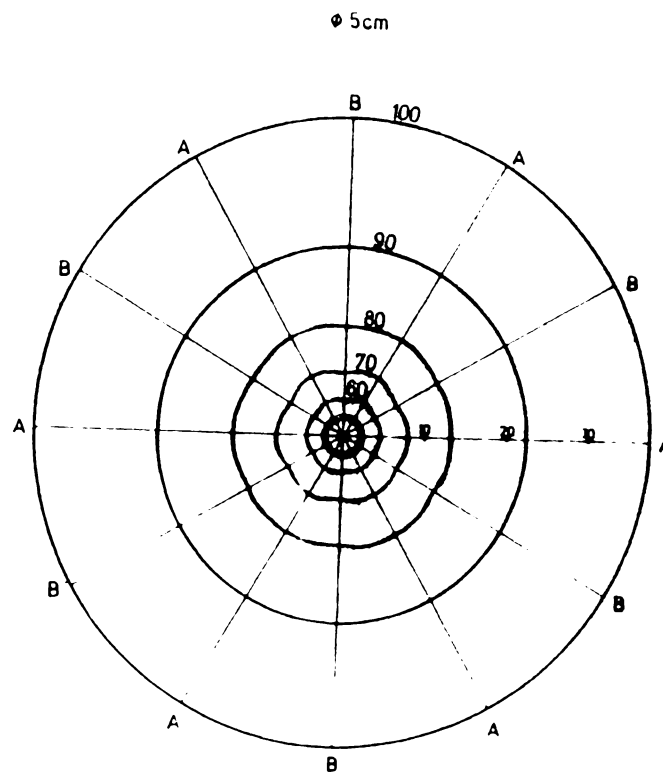


Fig.86. Liniile echipotențiale ale tubului de dren din plastic riflăat $\phi 5,0 \text{ cm}$ fără filtru avînd 6 rînduri de găuri dreptunghiulare de $1,0 \times 5,0 \text{ mm}$, stabilite pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul.

Analiza rezultatelor obținute în urma experimentărilor efectuate pe acest model (tab.145 și fig.83-86) evidențiază concluzii similare cu

cele prezentate la paragraful 6.5 în urma experimentării aceluiași tuburi pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans B 642:

- valoarea S_i este dependentă de numărul de găuri, suprafața totală a lor și diametrul tubului de dren;

- ordinea de eficiență după valorile S_i obținute este aceeași cu cea determinată hidraulic (paragraf 6.1) și pe modelul electrodinamic (paragraf 6.5) și anume: D.P.R. \emptyset 11,0; 8,0; 5,0 și 6,5 cm;

- tubul D.P.R. \emptyset 5,0 cm are S_i mai mic decât al tubului D.P.R. \emptyset 6,5 deși diametrul tubului este mai mic, aceasta explicându-se printr-o suprafață a perforațiilor mai mare la D.P.R. \emptyset 5,0 cm.

Liniiile echipotențiale prezentate în fig. 83-86 reprezintă un model fizic care justifică valorile coeficientului de rezistență la intrare obținute pentru fiecare tub de dren.

6.7. Calculul erorilor realizate în determinările experimentale.

În cadrul programului experimental efectuat în cadrul lucrării, principalele măsurători experimentale efectuate se referă la:

a) - măsurători de debit cu ajutorul cilindrului gradat;

b) - citirea la piezometre a sarcinilor de apă folosind hîrtia milimetrică;

c) - măsurători pe modelele de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans B 642 și puntea de măsură cu divizor de potențial.

Erorile grosolane (greșelile) datorate neatenției operatorului sau a dereglării instrumentelor de măsură au fost complet excluse din rîndul măsurărilor efectuate.

Vor fi calculate în cele ce urmează erorile reale absolute și relative ale măsurărilor experimentale efectuate.

6.7.1. Calculul erorilor la măsurarea debitului cu ajutorul cilindrului gradat.

Cilindrul gradat a fost folosit în cadrul programului experimental la măsurarea debitului evacuat de tuburile de dren testate atât pe standurile avînd drenul așezat vertical cît și pe cele cu drenul așezat orizontal. Secțiunea cilindrului gradat (500 cm^3) folosit este egală cu $17,14 \text{ cm}^3$.

Eroarea relativă pentru determinarea debitului are expresia:

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dv}{V} + \frac{dT}{T}$$

Volumul de apă colectat în cilindrul gradat la o aceeași măsurătoare fiind același, se poate neglija termenul $\frac{dv}{V}$.

Pentru fiecare măsurătoare s-au efectuat cîte 3-5 citiri asupra lui T pentru colectarea unui volum de apă V. Astfel, pentru volumul măsurat de

apă de 120 cm³ (anexa 2, ex.1,2,3) s-au înregistrat valorile din tab.147.

Tab.147.

Nr. crt.	Timpul (s)	Erori aparente δ		δ^2
		+	-	
1	50	-	-	-
2	50,1	0,1	-	0,01
3	50,2	0,2	-	0,04
4	49,9	-	0,1	0,01
5	49,8	-	0,2	0,04
	250	0,3	0,3	0,10

Media aritmetică a măsurătorilor: 50,0

$$\text{Eroarea medie pătratică: } \pm \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0,10}{2}} = \pm 0,224$$

$$\begin{aligned} \text{Eroarea medie pătratică a mediei aritmetice: } & \pm \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n(n-1)}} = \\ & = \pm \sqrt{\frac{0,10}{4}} = \pm 0,158 \end{aligned}$$

Valoarea reală a timpului este: $T = (50 \pm 0,158)$

Debitul rezultat calculat cu valoarea mediei aritmetice a timpului din cele cinci determinări este:

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{100}{50} = 2 \text{ cm}^3/\text{s} = 120 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

Eroarea absolută în determinarea debitului este:

$$\Delta Q = \pm \frac{120 \cdot 0,2}{50^2} = \pm 0,0096$$

Eroarea relativă în determinarea debitului este:

$$\epsilon_Q = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{0,0096}{120} \cdot 100 = 0,008 \%$$

Erorile obținute sînt foarte mici și se încadrează în limitele admise pentru asemenea măsurători de laborator.

6.7.2. Calculul erorilor la citirea la piezometre folosind hirtia milimetrică.

Eroarea absolută care se face la o măsurare este de 0,5 mm, iar eroarea relativă cea mai mare realizată conform citirilor din anexa 2 (ex.1-3) la determinarea valorii rezistenței la intrarea apei în tutul de dren pe stăndurile avînd drenul așezat vertical este:

$$\frac{0,5 \text{ [cm]}}{58 \text{ [cm]}} \cdot 100 = 0,86 \%$$

unde: $h = 58 \text{ cm}$ - sarcina piezometrică cea mai mică măsurată la tabloul de piezometre.

6.7.3. Calculul erorilor la măsurătorile de analogie electrodinamică.

Aparatura folosită pentru efectuarea măsurătorilor pe modelele de analogie electrodinamică cuprinde puntea de măsură cu divizor de potențial și indicator de nul, precum și puntea universală cu autobalans B 642 care au clasa de precizie $c = 1,5$ și respectiv $2,0$.

Eroarea relativă limită (ϵ_{lim}) la asemenea aparate se calculează cu relația următoare:

$$\epsilon_{lim} \% = c + \delta \quad (162)$$

unde: c - clasa de precizie a aparatului

$$\delta = \frac{\Delta a_{min}}{S_o \cdot \phi} \cdot 100 \quad (\%) \quad (163)$$

$$S_o = \frac{\Delta a}{\Delta \phi} - \text{sensibilitatea aparatului};$$

Δa_{min} - diviziunea minimă ce poate fi apreciată pe scala aparatului de măsură;

ϕ - valoarea mărimii măsurate;

Δa - variația citirii pe scara aparatului;

$\Delta \phi$ - mărimea înregistrată corespunzătoare variației citirii cu a .

6.7.3.1. Calculul erorii relative limită la măsurătorile efectuate cu puntea universală cu autobalans B 642.

Pentru a se calcula eroarea relativă limită a fost determinată valoarea sensibilității aparatului care este constantă pentru aparatul respectiv prin racordarea în circuit (în locul cuvei cu electrolit și cei 2 conductori) a unei rezistențe electrice de $4,7 \text{ k}\Omega$. La aparat s-a citit o valoare $G = 0,21 \text{ [S]}$, astfel verificându-se rezistența rezultă:

$$R = \frac{10^3}{0,21} \cdot 10^{-3} = 4,7 \text{ k}\Omega$$

Corespunzător valorii $G = 0,21 \text{ [S]}$ s-a măsurat pe scala aparatului $\Delta a = 20$ diviziuni (mm). Scala aparatului are diviziuni mici (mm).

Rezultă o sensibilitate a metodei de măsurare egală cu:

$$S_o = \frac{\Delta a}{\Delta \phi} = \frac{20(\text{div})}{0,21 \text{ [S]}} = 95,24 \text{ div/S}$$

Clasa de precizare a punții universale B 642 este $c = 2,0$, iar $\Delta a_{min} = 0,5$.

Eroarea relativă limită pentru prima măsurătoare din tab. 142 se calculează astfel:

$$\epsilon_{lim}(\%) = 2 + \frac{0,5}{95,24 \cdot 7,81} \cdot 100 = 2 + 0,067 = 2,067 \%$$

Valorile erorilor relative limită pentru toate măsurătorile efectuate (tab.142) sînt prezentate centralizat în tab.148 încadrîndu-se în limitele admise pentru asemenea măsurători experimentale [264].

Tab.148. Valorile erorilor relative limită pentru măsurătorile cu puntea universală cu autobalans B 642:

a) pentru D.P.R. \emptyset 11,0 cm ideal și cu un număr diferit de găuri de 1,0 x 5,00 mm.

Mărimea măsurată G [S]	7,81	0,155	0,280	0,409	0,548	0,64	1,003	1,22	1,72	1,775	2,14	2,37	2,91	3,19	4,29
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,07	5,39	3,87	3,28	2,96	2,82	2,52	2,43	2,31	2,30	2,25	2,22	2,18	2,16	2,12

b) pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm ideal și cu un număr diferit de găuri de 1,0 x 5,0 mm.

Mărimea măsurată G [S]	6,90	0,152	0,625	0,720	1,20	1,22	1,25	1,69	1,80	2,12	2,18	2,89
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,07	3,45	2,40	2,84	2,44	2,43	2,42	2,31	2,29	2,25	2,24	2,18

c) pentru DPR \emptyset 6,5 cm ideal și cu un număr diferit de găuri de 1,0 x 5,0 mm.

Mărimea măsurată G [S]	6,49	0,199	0,221	0,448	0,516	0,694	0,871	0,995	1,079	1,48	1,95
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,08	4,64	4,38	3,17	3,02	2,75	2,60	2,53	2,49	2,35	2,27

d) pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm ideal și cu un număr diferit de găuri de 1,0 x 5,0 cm.

Mărimea măsurată G [S]	5,19	0,136	0,719	0,735	1,26	1,33	1,745	2,012	2,351	2,67
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,10	5,86	2,73	2,71	2,42	2,39	2,30	2,26	2,22	2,20

e) pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm ideal și real avînd un număr diferit de găuri circulare cu $\emptyset = 3,0$ mm.

Mărimea măsurată G [S]	6,34	0,686	0,793	1,32	1,39	1,864	1,928	2,301	2,784	3,04
Eroarea măsurată limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,08	2,77	2,66	2,40	2,38	2,28	2,27	2,23	2,19	2,17

f) pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm ideal și real avînd un număr diferit de găuri circulare cu $\emptyset = 2,5$ mm.

Mărimea măsurată G [S]	6,34	0,612	0,696	1,14	1,208	1,672	2,052	2,459	2,84
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,08	2,86	2,75	2,46	2,43	2,31	2,26	2,21	2,18

g) pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm ideal și real avînd un număr diferit de găuri circulare cu $\emptyset = 2,0$ mm.

Mărimea măsurată G [S]	6,34	0,438	0,490	0,869	0,952	1,12	1,18	1,572	1,826	2,00
Eroarea relativă limită $\epsilon_{lim}(\%)$	2,08	3,20	3,07	2,60	2,55	2,47	2,44	2,33	2,29	2,26

6.7.3.2. Calculul erorii relative limită la măsurătorile efectuate cu puntea de măsură cu divizor de potențial.

Pentru calculul erorii relative limită a fost necesară determinarea prealabilă a sensibilității aparaturii (metodei) care este constantă pentru întregul set de măsurători efectuate. Determinarea sensibilității aparaturii

s-a făcut prin racordarea în circuitul punții de măsură a două rezistențe electrice de 4,7 kΩ legate în serie, care au înlocuit cei doi conductori din cuva cu electrolit. Corespunzător acestei rezistențe acul indicator al punții a fost în dreptul diviziunii 40. Pentru deplasarea acului indicator cu $\Delta a = 40$ de diviziuni s-a măsurat o variație de potențial $\Delta \phi = 48$ V.

Scala aparatului are 100 de diviziuni mici și clasa de precizie $c=1,5\%$. Rezultă o sensibilitate a metodei de măsurare egală cu:

$$S_0 = \frac{\Delta a}{\Delta \phi} = \frac{40 \text{ div}}{48 \text{ volți}} = 0,833 \text{ div./volți}$$

Diviziunea minimă ce poate fi apreciată pe scala aparatului de măsură este $\Delta a_{\min} = 0,5$.

Eroarea relativă limită pentru măsurătoare din tab.145 se calculează astfel:

$$\epsilon_{\text{lim}} \% = 1,5 + \frac{0,5}{0,833 \cdot 46} \cdot 100 = 2,80 \%$$

Valorile erorilor limită pentru toate măsurătorile din tab.145 sînt prezentate în tab.149.

Tab.149. Valorile erorilor relative limită pentru măsurătorile efectuate cu puntea cu divizor de potențial pentru DPR 011, 8, 6, 5 și 50

Mărimea măsurată $\Delta \phi_l$ și $\Delta \phi_r$ [V]	31	43	46	49	51	54	57	69
Eroarea relativă limită $\epsilon_{\text{lim}}(\%)$	3,44	2,90	2,80	2,72	2,68	2,61	2,55	2,37

Valorile rezultate pentru eroarea relativă limită se încadrează în limitele admise pentru asemenea măsurători experimentale [264].

Cap.VII. ASPECTE TEHNICO - ECONOMICE

7.1. Criterii privind stabilirea necesității și alegerea materialelor filtrante pentru drenaje.

Funcționarea corespunzătoare și eficacitatea drenajului în timp depinde în mare măsură de alegerea corespunzătoare a materialului filtrant, de aceea necesitatea (tipul) și compoziția acestuia trebuie să fie stabilită în funcție de condițiile de sol, apă freatică, climă și caracteristicile tuburilor de drenaj.

Pentru fiecare categorie de material filtrant (granulare, organice, sintetice sau geotextile) trebuie verificat modul în care răspunde și se încadrează în cerințele criteriilor de drenaj specific tipului și naturii materialului filtrant respectiv.

La proiectarea rețelelor de drenaj, după stabilirea necesității materialului filtrant, trebuie prevăzut studiul, analiza și testarea diferitelor materiale filtrante pentru zona, tipul de sol și situația de drenaj respectivă, analiza făcîndu-se în funcție de următoarele criterii: hidraulic, prețul de cost, cantitățile disponibile, tehnologiile de pozare, durabilitatea în timp a lor, investiția de amenajare și alte criterii specifice diferitelor tipuri de materiale filtrante.

7.1.1. Stabilirea necesității materialelor filtrante la drenaj.

Necesitatea și tipul materialelor filtrante la drenaj sînt determinate de condițiile de sol, apă freatică și climă, stabilirea făcîndu-se în baza analizelor de laborator ("Studiu de drenaj") cuprinzînd: caracteristicile geotehnice ale solului, caracteristicile de drenaj ale complexului tub de dren + material filtrant + sol și influența condițiilor de apă freatică și climă.

Marea majoritate a situațiilor de drenaj întâlnite în țara noastră reclamă necesitatea folosirii materialelor filtrante cu rol protector și filtrant pentru drenaj.

Cercetările efectuate pînă în prezent în țara noastră și pe plan mondial (Olanda, R.D.G., U.R.S.S., S.U.A., R.F.G) s-au finalizat cu recomandări și concluzii care pot constitui elemente ale criteriilor privind necesitatea materialelor filtrante la drenaj.

Studiul de drenaj necesar de efectuat pentru stabilirea necesității și a tipului materialului filtrant pentru o situație dată cuprinde:

a) Caracteristicile geotehnice, determinate prin analiza în laborator și cîmp a pămîntului saturat la adîncimea de pozare a drenurilor, determinîndu-se: conductivitatea hidraulică a pămîntului (prin metode in situ), granulometria pămîntului la adîncimea de pozare a drenului, granulometria materialului filtrant granular (pietriș, balast, nisip, zgură etc.) ce ar urma să fie folosit, porozitatea drenabilă, de aerăție și totală a soluției, indicele de plasticitate, suma fracțiunilor cuprinse între 0,05-0,005 mm obținute la analiza microagregatelor (%), suma fracțiunilor cuprinse între 0,05 - 0,005 mm obținute la analiza granulometrică, indicele de stabilitate al drenurilor cîrțiță, contractilitatea și coeziunea.

Clasificarea și identificarea pămînturilor se va face conform STAS 1243-74, caracteristicile fizice și mecanice conform STAS 1917-73, iar identificarea pămînturilor contractile conform STAS 9262-73.

b) Caracteristicile de drenaj determinate în complex asupra pămîntului de la adîncimea de pozare a drenului, asupra materialelor filtrante aflate la dispoziție și asupra tuburilor de dren posibile de procurat la data respectivă.

Asupra diferitelor combinații posibile de tub de dren + material filtrant + sol din zona ce urmează a fi amenajată se fac, pe standurile specializate, următoarele determinări: gradul de colmatare al complexului dren + filtru + sol prin curba $q = q(t)$ testarea soluției fără filtru (etalon de comparație), permeabilitatea inițială (K_{f0}) necolmatată și cea colmatată (K_{fc}), debitul q (mm/zi) capabil de captat de diferitele variante testate, coeficientul de rezistență la intrare (\bar{S}_i și \bar{S}_{if}) în cazul tubului de dren fără filtru și respectiv cu material filtrant calculat analitic și experimental, calculul distanței între drenuri (L) pentru realizarea unei norme de drenaj Z (cm) dată în funcție de cultura agricolă și de diversele variante adoptate pentru complexul tub de dren + material filtrant + sol și calculul tehnico-economic al investiției specifice de amenajare a drenajului pentru variantele testate.

c) Influența condițiilor de apă freatică și climă asupra necesității alegerii tipului de material filtrant pentru drenaj.

Natura și compoziția chimică diferită a materialelor filtrante pentru drenajul agricol (minerale, organice, sintetice) face ca rezistența

lor în timp să fie determinată și de condițiile de apă freatică și climă recomandând utilizarea materialelor filtrante conform recomandărilor din tab.150.

Tab.150. Recomandări de folosire a materialelor filtrante la drenaj în funcție de condițiile climatice și nivelul apei freatice.

Condițiile climatice	Condițiile nivelului de apă freatică.	Materiale filtrante	
		Recomandate	Nerecomandate
Zone aride	permanent	granulare sintetice	-
	sezonier	granulare sintetice	organice
Zone umede și sub-umede.	permanent	granulare organice sintetice	-
	sezonier	granulare sintetice	organice.

În privința gradului de mineralizare a apei freatice se precizează că dacă apa freatică conține fier feros 2,3-6,3 mg/l sau Fe O peste 8 mg/l nu se recomandă folosirea materialelor filtrante sintetice, deoarece aceste sînt încărcate electric pozitiv și fixează Fe, producîndu-se colmatarea lor și în acest fel scade afluxul de apă în dren.

Pentru situațiile de drenaj pe soluri cu conținut ridicat de Fe(bivalent) și Mn se impune folosirea doar a materialelor filtrante granulare sau fără filtru cu luarea măsurilor curative necesare.

7.1.2. Criterii pentru alegerea materialelor filtrante la drenaj.

Un studiu de drenaj complet impune analiza complexului tub de dren + material filtrant + sol în baza următoarelor criterii: condițiile de sol, hidraulic, prețul de cost, cantității disponibile, tehnologii de pozare, durabilitatea în timp, investiția specifică de amenajare, alte criterii specifice diferitelor tipuri de materiale filtrante.

7.1.2.1. Criteriul condițiilor de sol privind alegerea materialului filtrant la drenaj.

Condițiile de sol influențează alegerea materialului filtrant pentru drenaj prin: tipul general de sol, structură și textură, conținutul de săruri etc.

Astfel, pentru fiecare tip de sol ce urmează a fi drenat este necesar a se cunoaște granulometria, care condiționează granulometria (respectiv porozitatea) materialelor filtrante necesare.

Literatura de specialitate menționează mai multe criterii de alegerea a materialelor filtrante, în funcție de condițiile de sol:

a) criteriile de stabilire a materialului filtrant la drenaj în condiții favorabile de execuție, funcție de textura solului drenat (după I.A.C. Knops, F.C.Zuidema, Olanda) sînt prezentate în tab.151.

Tab.151.Criterii privind necesitatea materialului filtrant la drenajul cu tuburi în condiții favorabile de execuție pentru diferite texturi ale solului drenat(Knops și Zuidema,Olanda)

Textura solului la adâncimea de pozare.	Alcătuirea granulometrică			Funcția principală a stratului filtrant.	Tipul de material filtrant recomandat.
	Argilă 0,002	Praf 0,002- 0,05	Nisip fin 0,05- 0,15		
Praf și luturi prăfoase	10-20 %	ridicat	scăzut	hidraulică*	pietriș, mat.org. voluminos
Nisipuri lutoase, luturi nisipoase.	10-20 %	scăzut	ridicat	filtrare și hidraulică	"-
Lut, praf lutos, lut prăfos.	5-10 %	ridicat	scăzut	hidraulică și filtrare	"-
Lut nisipos, nisipuri lutoase.	5-10 %	scăzut	ridicat	filtrare	"-
Nisipuri f. fine.	5 %	ridicat	ridicat	filtrare, hidraulică.	pietriș, mat.sintetic voluminos**
Nisipuri	5 %	scăzut	ridicat	filtrare	pietriș, mat.sintetic.
Nisipuri	5 %	scăzut	scăzut	filtrare	mat.sintetic, pietriș.

* Când cerința de funcționare este hidraulică, permeabilitatea materialului filtrant să fie de 4-10 ori mai mare decât a solului.

** Materialele sintetice se comportă bine când domină funcția de filtrare. Se va evita folosirea acestor materiale în cazul prezenței hidroxizilor de fier și a sărurilor de sulf și magneziu.

b) stabilirea compoziției materialului de tip granular(înveliș permeabil), pe baza criteriului de filtrare și permeabilitate.

În anul 1921 Terzaghi stabilește criteriul de bază pentru alegerea materialului granular, cu rol de înveliș permeabil, ca material filtrant la lucrările de drenaj. Terzaghi, precizează faptul că particulele de sol nu sînt antrenate de apă prin filtru către tubul de dren dacă este satisfăcută următoarea relație:

$$D_{15} F \leq 4 D_{85} S,$$

în care:

D₁₅ F - diametrul particulelor din materialul filtrant la procentajul de 15 % din total de pe curba granulometrică;

D₈₅ S - diametrul particulelor din sol la procentajul de 85 % de pe curba granulometrică.

După Cedergren (1967) aceeași condiție este exprimată prin relația:
 $D_{15} F \leq 5 D_{85} S$, semnificația elementelor fiind aceeași ca în relația lui Terzaghi.

În tabelul 152 sînt prezentate criteriile propuse ulterior celui al lui Terzaghi, pentru alegerea materialelor filtrante granulare funcție de caracteristicile solului ce urmează a fi drenat.

Tab.152.Criteriile de filtrare și permeabilitatea pentru un filtru granular [13].

Autorul și anul formulării criteriilor.	Criteriul de filtrare	Criteriul de permeabilitate.
Terzaghi (1921) Bertram (1939)	$D_{15} F \leq 4. D_{85} S$	$D_{15} F \leq 4. D_{15} S$
Newton și Hurley (1940)	$D_{15} F \leq 6. D_{85} S$ $D_{15} F \leq 9. D_{15} S$ $D_{15} F \leq 15. D_{50} S$ $D_{15} F \leq 32. D_{15} S$	-
United States Waterways Experimental Station (1941)	$D_{15} F \leq 5. D_{85} S$	-
United States Bureau of Reclamation (1974)	1. Filtre omogene $5. D_{50} S \leq D_{50} F \leq 10. D_{50} S$ 2. Filtre neomogene $12. D_{50} S \leq D_{50} F \leq 58. D_{50} S$ $12. D_{15} S \leq D_{15} F \leq 40. D_{15} S$	Combinat cu criteriul de filtrare
United States Waterways Experimental Station (1948) United States Waterways Experimental Station (1953)	$D_{15} F \leq 5. D_{85} S$ $D_{15} F \leq 20. D_{15} S$ $D_{50} F \leq 25. D_{50} S$ Criteriile stabilite în 1948 au fost completate cu următoarele precizări: 1. Cînd $D_{60} S / D_{10} S \leq 1,5$ (Soluri omogene) atunci: $D_{15} F \leq 6. D_{85} S$ 2. Cînd $D_{60} S / D_{10} S \geq 40$ (Soluri neomogene) atunci: $D_{15} F \leq 40. D_{15} S$	$D_{15} F \geq 4. D_{15} S$
United States Corps of Engineers Manual (1955) Cedergren (1967)	$D_{15} F \leq 5. D_{85} S$ $D_{50} F \leq 25. D_{50} S$ $D_{15} F \leq 5. D_{85} S$	$D_{15} F \geq 5. D_{15} S$ $D_{15} F \geq 5. D_{15} S$

Analiza criteriilor prezentate în tab.152 arată faptul că între granulometria stratului de sol de la adîncimea de amplasare a drenurilor și granulometria filtrului trebuie să existe următoarele relații, pentru asigurarea unei bune scurgeri a apei în exces (fig.87)

$$12 \leq \frac{D_{50} F}{D_{50} S} \leq 58;$$

$$12 \leq \frac{D_{15} F}{D_{15} S} \leq 40;$$

$$\frac{D_{15} F}{D_{85} S} \leq 5 \text{ (raport de stabilitate);}$$

în care:

D₅₀, D₁₅ - diametrii particulelor la 50,15 și 85 % de pe curba granulometrică a filtrului(F) și respectiv a solului (S).

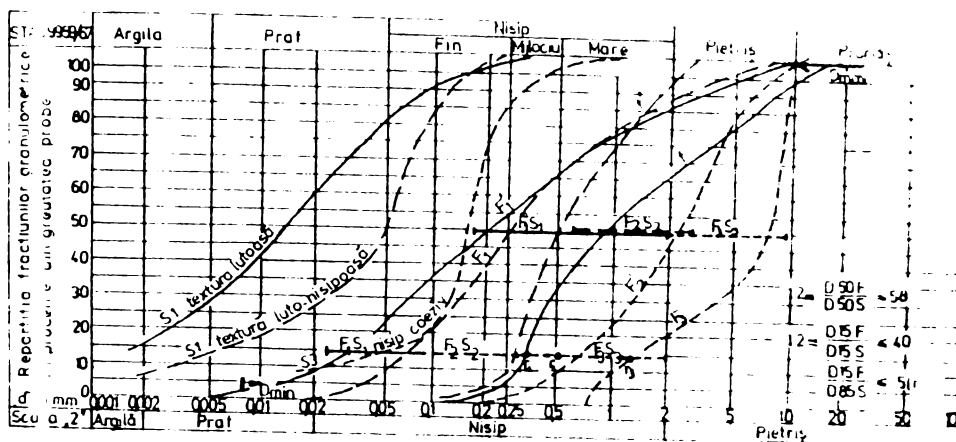


Fig.87. Nomogramă pentru alegerea materialului granular (pietriș, balast) ca material filtrant după granulometrie (criteriile de filtrare și permeabilitate).

Prin cercetări și observații practice au fost stabilite limita maximă și minimă a diametrului particulelor materialelor granulare astfel:

- diametrul maxim nu trebuie să depășească 12-25 mm pentru a evita spargerea tuburilor sau deplasarea lor din aliniament în momentul aruncării balastului peste tubul de dren;

- limita minimă este stabilită din condiția ca fracțiunile sub 0,074 mm să nu depășească 5 % din total, pentru prevenirea excesului de particule fine din filtru care ar putea fi antrenate de apa drenată în dren.

În 1970, Spalding, luând în considerare abaterea standard a mărimii particulelor materialului filtrant, a stabilit următoarea relație:

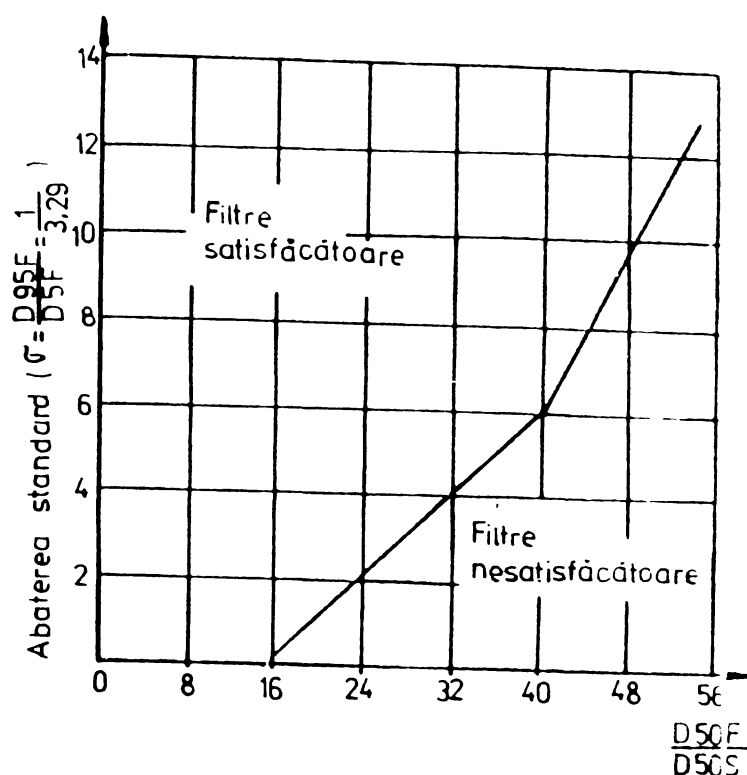
$$\sigma = \frac{D_{95} F}{D_{5} F} \times \frac{1}{3,29}, \text{ după care cunoscând și curba granulometrică a}$$

solului se determină valoarea raportului

$$\frac{D_{50} F}{D_{50} S}, \text{ în care:}$$

D₅₀ - diametrul particulelor la procentajul de 50 % pe curba granulometrică a materialului filtrant (F) și respectiv a solului (S).

În baza celor două valori a fost întocmit graficul pentru alegerea materialului granular ca filtru pentru drenaj după abaterea standard (fig.88), stabilind ușor dacă materialul granular este sau nu corespunzător pentru drenaj în solul respectiv.



(Spalding - 1970)

Fig.88. Grafic pentru alegerea materialului granular (pietriș, balast) ca filtru la drenaj, după abaterea standard.

În cazul drenajului orizontal închis, pe solurile grele cu conținut de argilă de 30-40% (soluri argiloase, argilo-nisipoase), când se asociază cu drenajul cârțiță și afinare adâncă, normativele din R.D.G. prevăd că un material granular nu este corespunzător ca filtru pentru drenaj, dacă:

$$U = \frac{D_{60} F}{D_{10} F} \leq 10 \text{ și}$$

$$C = \frac{(D_{30} F)^2}{d_{60} F \times D_{10} F} < 1,0$$

în care:

U - coeficientul de neuniformitate al materialului;

C - coeficientul de gradație, ceea ce arată că materialul granular are o permeabilitate redusă.

Același normativ prevede ca particulele cu dimensiuni sub 0,2 mm din materialul granular să nu depășească 3,5% și granulele să nu se umfle sau desfacă în apă.

c) stabilirea compoziției materialului de tip granular (înveliș permeabil) pe baza criteriului de protecție a tuburilor de drenaj. Este necesar să se țină seama și de criteriul privind legătura dintre mărimea perforațiilor și a fantelor tubului și granulometria materialului filtrant pentru înlăturarea pericolului de infundare și colmatare a drenului.

Criteriul utilizat în Anglia are în vedere ca între lățimea fantelor (l_f) și granulometria materialului granular să existe următoarea relație:

$$l_f \leq \frac{1}{2} \times D_{85} F.$$

După Spalding (1970), în cazul tuburilor de drenaj din material plastic

care au practicate orificii pentru intrarea apei, se recomandă relația:

$$d_0 \leq D 85 F$$

în care:

d_0 - diametrul maxim al aripilor circulare.

Practica drenajului în lume și cercetările efectuate pînă în prezent arată că este de preferat adoptarea unui sistem de perforare a drenurilor cu un număr mai mare de găuri și dimensiuni mici decît un număr mic de găuri cu dimensiuni mari.

7.1.2.2. Criteriul hidraulic.

Conform acestui criteriu se calculează analitic valoarea coeficientului de rezistență la intrare în baza caracteristicilor inițiale ale filtrului colmatat determinate pe cale experimentală în laborator conform metodologiei prezentată și stabilirea valorii coeficientului de eficiență hidraulică tot pe cale experimentală.

În paralel pentru clasificarea materialelor filtrante se determină rezistența la intrarea apei în dren pe standurile avînd drenul așezat vertical.

a) Metoda analitică.

Valoarea coeficientului de rezistență la intrare trebuie calculată cu una din relațiile (135, 139, 140, 142, 104, 105). Cunoscînd astfel valoarea coeficientului de intrare se calculează pierderea de sarcină la intrare cu relația (75, 75') a cărei valoare se va introduce în relația (76, 76') pentru calculul pierderii de sarcină totală la drenaj.

Dacă valorile pierderii de sarcină la intrare sînt considerabile (comparabile cu suma celorlalte pierderi $h_0 + h_r$) se impune pozarea tubului de dren mai adînc, cu însăși valoarea pierderii de sarcină la intrare, micșorarea distanței între drenuri sau alegerea unui alt material filtrant corespunzător.

b) Metoda experimentală.

Se impune testarea în laborator, pe standul avînd drenul așezat vertical, a complexului respectiv de drenaj, pentru determinarea rezistenței la intrarea apei în dren (W_{if}) respectiv a coeficientului de intrare (ξ_{if}) putîndu-se astfel pronunța asupra comportării hidraulice a complexului dren plus material filtrant testat.

Cercetările efectuate au evidențiat următorul mod de apreciere al comportării materialelor filtrante:

- dacă, $\xi_{if} = 0,001 - 0,001$ - filtru foarte bun;
- 0,001 - 0,01 - filtru bun;
- 0,01 - 0,1 - filtru satisfăcător;
- > 0,1 - filtru nesatisfăcător.

Astfel, dispunem de clasificarea materialelor filtrante în funcție de valoarea coeficientului de intrare, putîndu-se alege materialele cu ξ_{if} cel mai mic pentru diferite situații de drenaj.

7.1.2.3. Gradul de colmatare.

Necesită reducerea coeficientului de filtrație al materialului filtrant prin colmatare în contact direct cu tipul de sol unde va fi aplicat drenajul. Determinările se fac pe standul avînd drenul așezat orizontal (fig.51) finalizîndu-se prin calculul valorilor K_{fc} și a coeficientului de eficiență hidraulică (α, α_0), (tab.159) avînd următoarele situații de apreciere privind efectul materialului filtrant:

- $\alpha \gg 1$ - efect deosebit de favorabil;
- $\alpha > 1$ - efect favorabil;
- $\alpha = 1$ - fără nici un efect;
- $\alpha < 1$ - efect defavorabil.

7.1.2.4. Criteriul prețului de cost.

Conform acestui criteriu se aleg acele materiale filtrante, corespunzătoare din punct de vedere tehnic și hidraulic, care au prețul de cost cel mai mic. Se apreciază că prețul de cost al materialului filtrant trebuie să fie mai mic decît prețul tubului de dren.

Se prezintă în tab.153 prețul de cost al execuției unui km de rețea de drenaj folosind diferite materiale filtrante așezate pe tubul de dren din plastic riflăat $\varnothing 8,0$ cm, întocmit în baza devizelor pe categorii de lucrări, ca un exemplu real, calculate pentru condițiile unui șantier luîndu-se în calcul distanțele de transport specifice locului.

Tab.153. Prețul de cost al execuției unui km de rețea de drenaj folosind diferite materiale filtrante așezate pe tubul de dren din plastic riflăat $\varnothing 80$ mm (model pentru un anumit șantier)

Nr. crt.	Materialul filtrant	Tipul de dren	Prețul de cost pe km de dren (lei)	Prețul de cost pe ha amenajat considerînd 450 ml dren/ha (lei)
1	2	3	4	5
1	Fără filtru	Dren plastic riflăat $\varnothing 8,0$ cm	15 300	6.885
2	IFS ^h plapumă (30 cm)	"	16.000	7.200
3	IFS înfășurat	"	16.300	7.335
4	Paie (20 cm grosime)	"	16.500	7.425
5	IFS saltea și plapumă	"	16.600	7.470
6	Zgură gran. de furnal	"	16.900	7.605
7	Reșița (15 cm)	"	17.000	7.650
8	Paie înfăș. pe dren (2 cm)	"	17.100	7.695
9	Terasin 200-înfășurat	"	17.600	7.920
10	Balast (10 cm grosime)	"	17.900	8.055
11	Terasin 400-înfășurat	"	18.200	8.190
12	IFS (plapumă) + balast	"	18.400	8.280
13	Balast (15 cm grosime)	"	18.400	8.280
14	IFS (plapumă) + 10 cm nisip	"	19.000	8.550
15	Nisip (15 cm grosime)	"	19.600	8.820
	IFS plapumă + nisip (15 cm)	"		

1	2	3	4	5
16	Vată de sticlă(15 cm)	-"-	20.200	9.090
17	Netesin înfășurat	-"-	20.400	9.180
18	Balast(25 cm grosime)	-"-	20.500	9.225
19	Nisip(25 cm grosime)	-"-	20.900	9.405
20	Vată minerală(5 cm)	-"-	23.200	10.440
21	Drenatex-înfășurat	-"-	25.000	11.250

* I.F.S. - împîslitură de fibre de sticlă.

7.1.2.5. Criteriul cantităților disponibile(sau al posibilității aprovizionării).

Conform acestui criteriu se recomandă orientarea spre materialele care se găsesc în cantități suficiente în zona respectivă, pentru a reduce astfel cheltuielile de transport.

În cazul în care în zonă nu se găsesc materiale locale suficiente pentru acoperirea necesarului sau dacă materialele ce se găsesc nu îndeplinesc condițiile de utilizare cerute de celelalte criterii, se va analiza posibilitatea folosirii geotextilelor, căutându-se furnizorul care să poată aproviziona șantierul cu cantitatea de material necesară în timp util.

Pentru amenajările locale se recomandă folosirea materialelor (organice) existente în cadrul unităților agricole sau a altor materiale locale.

7.1.2.6. Criteriul tehnologiilor de pozare

Se impune analiza utilajului existent în dotarea executantului cu care se va executa drenajul, în vederea stabilirii tehnologiei adecvate de așezare a materialelor filtrante, pe cât posibil mecanizat, la un preț de cost cât mai scăzut și cu o productivitate ridicată a execuției.

7.1.2.7. Criteriul investiției specifice minime.

Pe baza calculelor diverselor variante posibile de tub de dren + material filtrant + sol se va determina conform metodicii prezentată în teză (paragraf 7.2) distanța între drenuri (L). Din aceste calcule vor rezulta valori diferite pentru L, la care calculându-se apoi pentru 1 ha și costul de amenajare (tub de dren + material filtrant + execuție) rezultă o investiție specifică de amenajare în lei/ha. Se va alege soluția cu valoarea investiției minime. Distanța între drenuri fiind calculată din considerențe tehnice de funcționare corespunzătoare în timp a complexului tub de dren plus material filtrant plus sol rezultă că soluția adoptată prin investiția specifică minimă este soluția tehnico-economie eficientă.

7.1.2.8. Alte criterii

Pentru alegerea materialelor sintetice (geotextile) este menționat de literatura tehnică de specialitate [148] necesitatea analizei distribuției mărimii porilor diferitelor materiale și corelarea lor cu curba granulometrică a solurilor ce urmează a fi drenate.

Privitor la criteriul durabilității în timp al materialelor filtrante se recomandă folosirea rezultatelor obținute în câmpurile experimentale de drenaj și rezultatele cercetărilor efectuate pînă în prezent în lume prezentate centrelizat în tab.2.1.; 2.2; 2.3 [245] .

7.2. Proiectarea tehnică-economică a rețelelor de drenaj în condițiile folosirii materialelor filtrante.

Proiectarea drenajelor în condițiile folosirii materialelor filtrante se bazează pe întocmirea unui studiu de drenaj, prin care se stabilește distanța între drenuri(L) funcție de caracteristicile tubului de dren și a materialului filtrant folosit, indicii fizico-chimici ai solului, gradul de colmatare al materialelor folosite în solul respectiv (prin valoare K_{fc}).

Calculul distanței între drenuri se face astfel ca să fie realizată norma de drenaj(Z) dependentă de sistemul radicular al culturilor și de adîncimea de pozare a drenurilor pentru a asigura o anumită sarcină(h) de curgere a apei înspre drenuri. În calcul trebuie să se țină seama de mărimea, densitatea și forma orificiilor de intrarea apei în tub și de materialul filtrant folosit, care în contact cu solul se colmatează în timp reducîndu-și permeabilitatea fapt ce duce la creșterea pierderii de sarcină și implicit micșorarea normei de drenaj ceea ce poate duce la compromiterea (rebutul) amenajării în timp scurt.

Soluția de drenaj care se adoptă la proiectare trebuie să asigure norma de drenaj și după 30-40 ani de funcționare.

Formulele clasice de calcul hidraulic al drenajului nu țin seama de efectele locale din vecinătatea drenului: pierderi de sarcină la intrare, influența materialului filtrant etc.

În baza rezultatelor teoretice și experimentale obținute în urma cercetărilor și studiilor experimentale efectuate se poate indica modalitatea soluției tehnice corecte, putîndu-se stabili și soluția economică în funcție de investiția specifică minimă obținută din analiza mai multor variante de materiale filtrante și tuburi de dren.

În vederea proiectării hidraulice raționale a drenajelor se impune completarea formulelor clasice (tip Ernst) de calcul a drenajelor cu termenul adițional h_{if} = pierderea de sarcină la intrarea apei în complexul tub de dren + material filtrant + sol, astfel relația generală de calcul pentru un profil de sol stratificat (fig.89) este:

$$h = h_{vert.} + h_{horiz.} + h_{rad.} + h_{if} \quad (104)$$

în care:

h - pierderea de sarcină totală

$$h_{vert} = \frac{qDv}{K_1} - \text{pierderea de sarcină verticală}$$

$$h_{horiz} = \frac{qL^2}{8K_1T_e} - \text{pierderea de sarcină orizontală}$$

$$h_{rad.} = \frac{qL}{K_1} \ln \alpha \frac{D_0}{u} - \text{pierderea de sarcină radială};$$

$$h_{if} = \frac{qL}{K_1} \mathcal{S}_{if} - \text{pierderea de sarcină la intrare}$$

După înlocuire în relația(164) se obține relația generală de calcul hidraulic a pierderii de sarcină totală pentru un profil de sol stratificat:

$$h = \frac{qD_v}{K_1} + \frac{qL^2}{8K_1T_e} + \frac{qL}{K_1} \ln \alpha \frac{D_0}{u} + \frac{qL}{K_1} \mathcal{S}_{if} \quad (165)$$

$$\text{unde: } T_e = D_1 + \frac{h_0}{2} + D_2 \frac{K_2}{K_1} \quad (166)$$

q - debitul specific de drenaj (m/zi);

L - distanța între drenuri (m);

K₁, K₂- coeficientul de filtrație al stratului de sol superior și respectiv inferior(m/zi);

D_v h - adâncimea pe care mișcarea apei este considerată verticală(m);

ℳ_{if} - coeficientul de rezistență la intrare în complexul tub de dren și material filtrant.

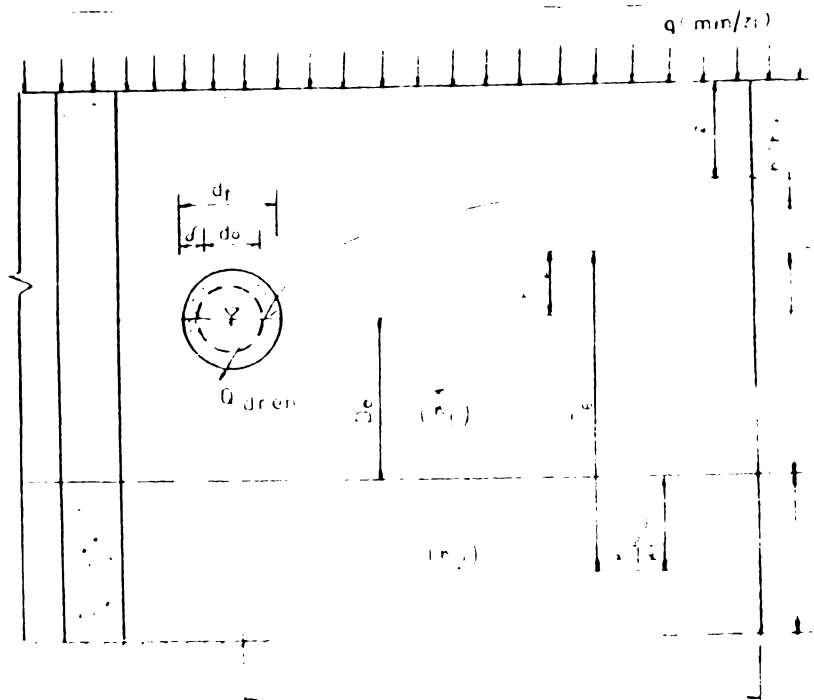


Fig.89. Schema de calcul a drenajelor în cazul unui profil de sol cu două straturi în condițiile folosirii materialului filtrant.

Rezolvarea se poate face utilizând nomograma tip Ernst(fig.1.19. 245]) impunând a între 40-120 cm, funcție de textura solului și determinarea într-o primă aproximație a distanței între drenuri L, pentru $h_x = h_{oriz} + h_{rad} = h - (h_{vert.} + h_{if})$ ca element hidraulic de intrare în nomogramă.

Calcululele continuă prin încercări impuse din determinarea lui h_{if} , care depinde de necunoscuta L .

Analitic, distanța între drenuri (L) se poate calcula prin rezolvarea ecuației de gradul doi (relația 165).

Din rezultatele experimentale prezentate la paragraful 6.3 (tab. 139, pag. 143) se dispune de valoarea conductivității hidraulice a materialului filtrant colmatat (k_{fc}) și de valoarea coeficientului de eficiență hidraulică (α), care permite calculul coeficientului de rezistență la intrare (S_{if}) cu una din relațiile (135, 139, 140, 142, 144 sau 145) funcție de geometria orificiilor de intrare a tubului de dren ales, ținându-se seama în calculul lui S_{if} și de conductivitatea hidraulică a solului.

Cunoscând valoarea S_{if} calculată se determină prin rezolvarea relației (165) de gradul doi distanța între drenuri L .

Cu această distanță între drenuri se calculează lungimea de dren (fig. 90), ce revine amenajării unui hectar de teren:

- numărul de linii de drenuri pe o lățime de 100 m este:

$$\frac{100 \text{ m}}{L};$$

- lungimea de dren necesară amenajării unui hectar devine:

$$\frac{100 \text{ m}}{L} \cdot 100 \text{ m} = \frac{10.000}{L} \text{ ml/ha.}$$

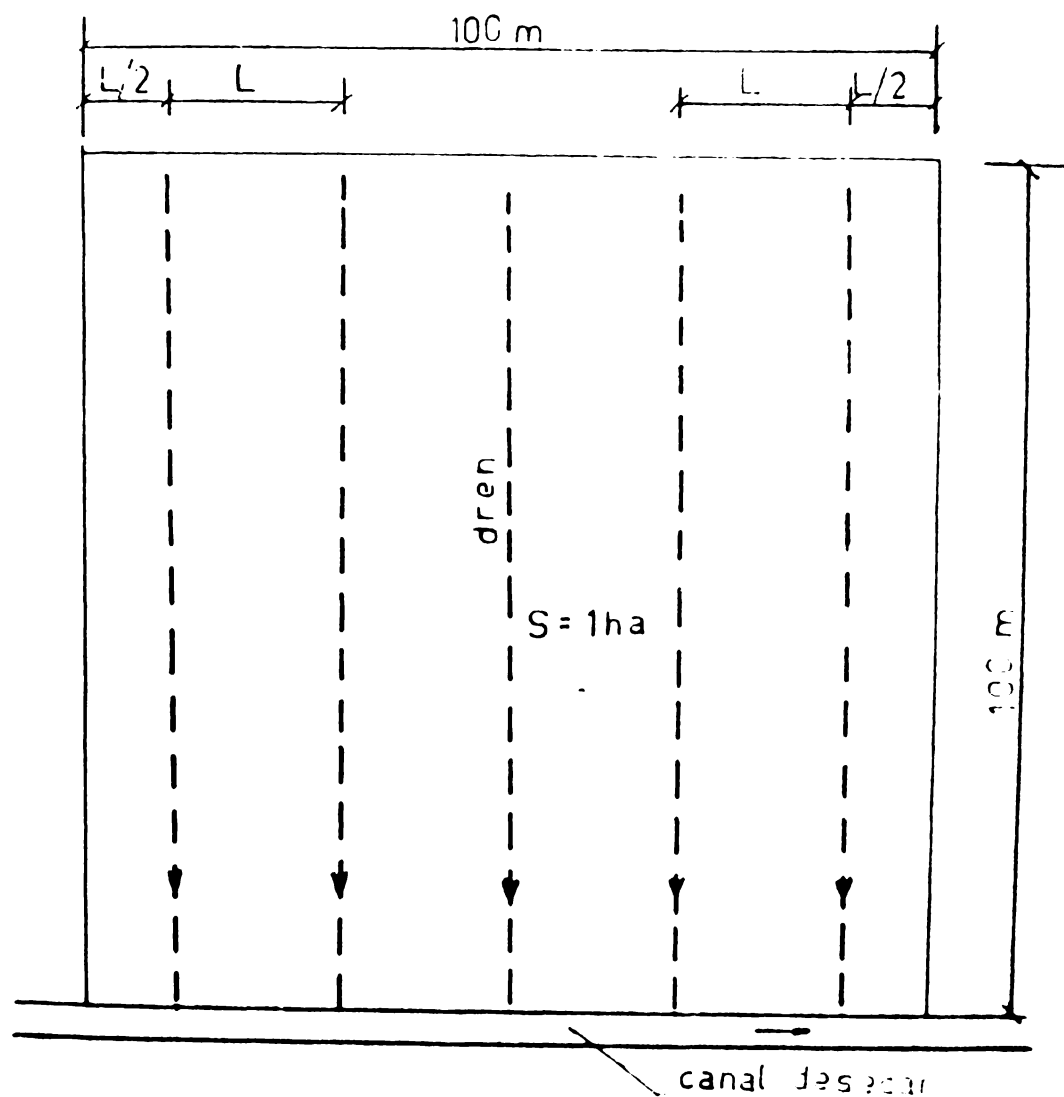


Fig. 90. Schema amenajării cu drenaje a unei suprafețe de 1 ha.

Cunoscând costul unui kilometru de dren pozat în teren, conform calculelor de deviz cu prețurile și tehnologiile existente în vigoare la data respectivă se obține investiția specifică (I_s):

$$I_s = \text{Costul(lei/km)} \cdot \frac{l_0}{L} \text{ (km/ha)} = \dots \text{ lei/ha} \quad (167)$$

În același mod se analizează toate soluțiile (variantele) de tub de dren și materiale filtrante reținute pentru profilul de sol respectiv, alegându-se soluția tehnico-economică corespunzătoare investiției specifice minime.

Pentru exemplificarea modului de efectuare a unei analize tehnico-economice de stabilire a complexului tub de dren + material filtrant pentru un anumit tip de sol și a distanței între drenuri se prezintă în continuare pentru profilul de sol din fig.91 din zona G rezultatele calculelor tehnico-economice (tab.154) finalizate ca determinarea distanței între drenuri (L) și a investiției specifice minime (I) în lei/ha [1+].

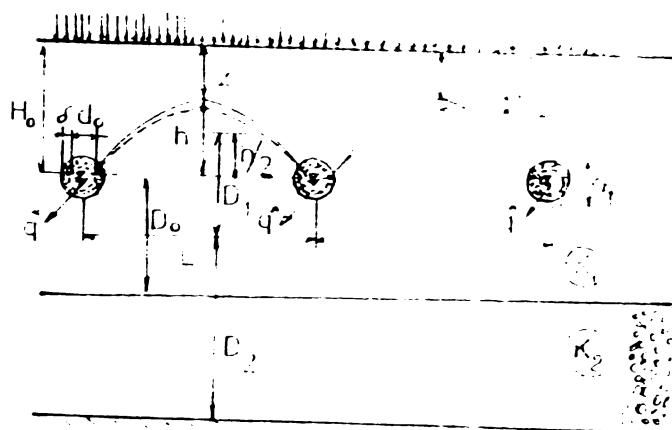


Fig.91. Schema de calcul a distanței între drenuri pentru cazul unui profil de sol stratificat.

Sînt cunoscute [14] pentru acest profil de sol următoarele date:

D.P.R. $\phi=8,0$ cm, avînd $n = 6,0$ și respectiv $4,19$, $B = 1,1$ cm,
 $b = 0,5$ cm, $l = 0,1$ cm, $d_0 = 9,0$;

D.P.R. $\phi=5,0$ cm, avînd $n = 6,0$ și respectiv $2,4$, $B = 1,1$; $b = 0,5$ cm,
 $l = 0,1$ cm, $d_0 = 5,0$;

I.F.S. + nisip din zona I, în grosime $\delta = 5,0$ cm, avînd $K_{f0} = 18,6$ m/zi;
 $\eta = 6$ și $K_{fc} = 3,1$ m/zi.

Cu ajutorul acestor date au fost calculate valorile coeficientului de intrare S_i și respectiv S_{if} , care a permis calculul analitic al distanței între drenuri L (tab. 154).

Tab.154. Tabel centralizator al variantelor calculate la profilul de sol I din zona G.

Var.	Subvarianta	Tipul de dren și diametrul (cm)	Materialul filtrant	Nr.rînd de găuri (n)*	Coef.de intrare ^{**} Si(Sif)	Dist. între drenuri L(m)	Invențiția specifică I(lei/ha)
1	a	D.P.R.φ=5,0	IFS+nisip din zona I	4,19	-9,20;(0) ^{**}	22	7.098
	b			6	-11,81;(0) ^{**}	23	6,785
	c		fără filtru	4,19	4,976	7	18,564
	d			6	1,64	17	7,644
2	a	D.P.R.φ=8,0	IFS+nisip din zona I	2,4	-3,25;(0) ^{**}	22	8.188
	b			6	-7,83;(0) ^{**}	22	8.188
	c		fără filtru	2,4	3,90	8	19.125
	d			6	2,18	11	13.908
3	a	D.C.Hex.φ=9,0	IFS+nisip din zona I	-	0,651	21	12.700
	b		fără filtru	-	3,97	19	11.677

* n = 6 - corespunde tubului de dren livrat conform prevederilor din notița tehnică a întreprinderii;

n = 4,19 și respectiv 2,4 corespunde tubului de dren verificat pe șantier cu defecțiuni de perforare.

** Dacă valoarea coeficientului de intrare Si sau Sif este negativă în calcule este suficient a se lua egal cu zero.

Din cele 10 subvariante analizate în tab.154, pentru profilul de sol din fig.91, rezultă ca variantă economică soluția de drenaj curpinzînd D.P.R.φ=5,0 cm avînd numărul rîndurilor de găuri n = 6 și ca material filtrant IFS + nisip din zona I corespunzătoare investiției specifice minime I = 6.785 lei/ha.

Soluția prezentată a fost adoptată de proiectantul lucrării și aplicată în practică.

Cap.VIII. CONSIDERATIILE TEHNOLOGICE DE EXECUTIE A DRENAJULUI IN CONDITIILE FOLOSIRII MATERIALELOR FILTRANTE.

8.1. Tehnologii actuale de realizare a rețelelor de drenaj.

O tehnologie completă de realizare a rețelei de drenaj cu material filtrant cuprinde în general următoarele faze de execuție (operații):

- pregătirea și fixarea traseului drenului, prin montarea cordonului la suprafața terenului la o pantă identică cu cea a drenului ce urmează a fi executat, sau cu ajutorul dispozitivului cu comandă laser;

- săparea șanțului de drenaj la cota și panta prevăzută în proiectul de execuție;

- așezarea tuburilor de dren pe fundul șanțului;
- așezarea materialului filtrant peste tubul de dren;
- astuparea cu pământ a șanțului de drenaj;

Aceste cinci faze de execuție a rețelei de drenaj pot fi executate fiecare separat, grupate sau ultimele patru toate deodată, aceasta funcție de gradul de mecanizare al execuției, de tipul și posibilitățile săpătoarelor de drenaj folosite la execuția rețelei.

Este oportun a se menționa faptul că tehnologiile de realizare a rețelelor de drenaj trebuie alese în funcție de săpătoarele de drenaj existente în dotarea unităților de construcții montaj și de soluția de drenaj proiectată (drenaj orizontal închis sau drenaj încrucișat) avându-se în vedere materialele filtrante alese la proiectare.

Pe plan mondial există o gamă variată de săpătoare de drenaj, care sapă șanțul la lățimi variabile (20-50 cm), ca de exemplu săpătoarele produse de: Barth, Buckeye, Hoes, Machinoexport Moscova, Steenbergen Hollandrain, Drainmaster, Radahl Industries, Zor Industrie Limited, Vermeer, Zee-Bee-Tee, Koehring, Cleveland Trencer, Barber-Greene, Speicher Brothers, Bruff, Hydromak, Nordhastedter Dränflug, The Wedge, Zorra Earth Movers, Speicher Corporation etc.

Unele din aceste săpătoare execută doar săparea șanțului de drenaj la cota și panta cerută, celelalte operații de execuție a rețelei de drenaj făcându-se separat cu alte utilaje sau manual (pozarea tubului de dren), iar altele execută concomitent săparea șanțului și pozarea tubului de dren fiind necesară doar astuparea șanțului de drenaj cu lama unui buldozer.

Există și săpătoare care sapă șanțul, așează tubul și concomitent astupă cu pământ șanțul de drenaj prin manipularea pământului săpat prin intermediul a două benzi transportoare.

Dacă materialele filtrante sînt preînfășurate pe tubul de dren ele pot fi pozate concomitent cu drenul.

Există variante de săpătoare care sapă prin vibrare (mașina de drenaj ARS-USDA, produsă în SUA) și pozează tubul de dren concomitent cu săparea fără deschiderea vreunui șanț de drenaj. Dacă tubul are preînfașurat și materialul filtrant (geotextile, materiale organice etc.) acestea vor fi pozate concomitent cu pozarea tubului de dren.

Tipurile de săpătoare produse pe plan mondial în ultimii ani sînt dotate cu comandă laser pentru păstrarea direcției de înaintare (aliniamentul) și a pantei de pozare a drenului.

În țara noastră șantierele de construcții montaj ale întreprinderilor de specialitate sînt înzestrate cu următoarele săpătoare de drenaj: ETT-202 A produsă la Machinoexport Moscova, Hoes produsă de firma Hoes (Olanda) și Hollandrain produsă de firma Steenbergen Hollandrain (Olanda).

Săpătorul de drenaj ETT-202 A sapă șanțul de drenaj la o lățime de 50 cm, ceea ce a determinat preocupări ale întreprinderilor de resort (SUGTC-Timiș) în vederea echipării acestui săpător cu elindă care

realizează un șanț de drenaj cu lățimea de 25 cm, reducându-se astfel volumul de săpătură, cantitatea de materiale filtrante din șanțul de drenaj, a consumului de combustibil necesar la execuție și respectiv creșterea productivității muncii prin mărirea vitezei de lucru.

Tipul săpătorului de drenaj trebuie ales în funcție de natura și consistența solului ce urmează a fi drenat, de condițiile hidrogeologice și soluția de drenaj proiectată.

Un dren este complet executat, atunci când pe lângă operațiile menționate mai sus s-a așezat în capătul oval al său un tub rigid de capăt legat la gura de vărsare necesară a fi executată și ea.

8.2. Tehnologii de așezare a materialelor filtrante pentru drenaj.

Experiența pe plan mondial în tehnica drenajului, rezultatele cercetărilor și practici din țara noastră împreună cu posibilitățile de care se dispun în prezent, evidențiază următorul mod de prelucrare, ambalare, transport, manipulare și punere în operă a câtorva materiale filtrante tab.155.

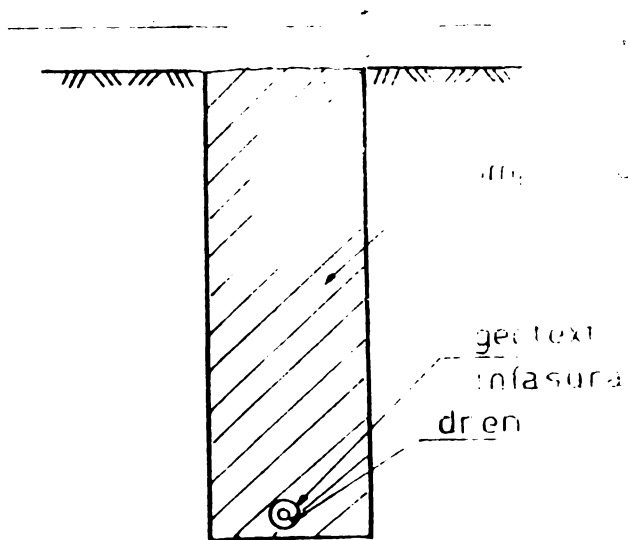


Fig.92. Secțiune transversală prin șanțul de drenaj având drenul înfășurat cu geotextil ca material filtrant.

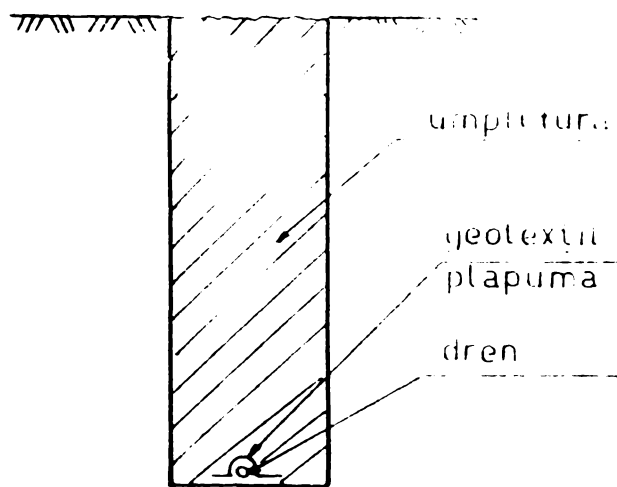


Fig.93. Secțiune transversală prin șanțul de drenaj având drenul acoperit cu geotextil (plapumă) ca material filtrant.

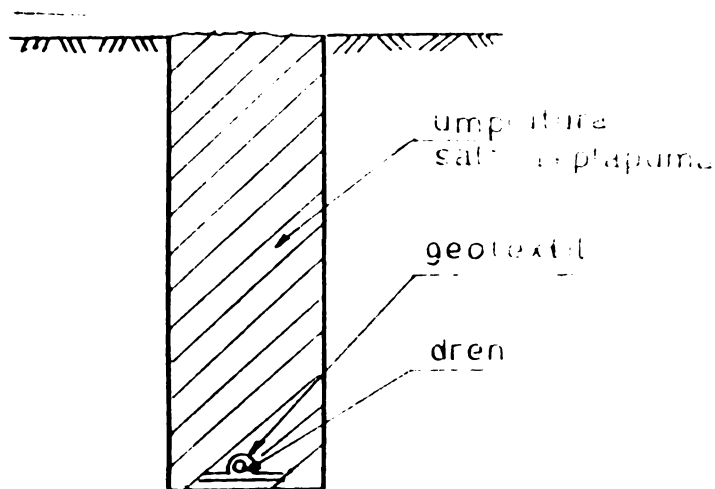


Fig.94. Secțiune transversală prin șanțul de drenaj având ca material filtrant geotextil așezat ca saltea și plapumă.

Tab.155.Modul de prelucrare, ambalare, transport, manipulare și punere în operă a principalelor materiale filtrante pentru drenaj.

Nr. crt.	Materialul filtrant	Prelucrarea materialului	Ambalare	Transport de la locul de lucru la șantier	Depozitare pe șantier.	Tehnologia de punere în operă		Observații
						Modul de așezare sau înfășurarea materialului pe tubul de dren.	Manipularea și punerea în operă.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Zgură gran. de furnal	-	-	CFR+auto	grămezi.	-de jur împrejurul drenului;	-manipularea cu ajutorul basculantelor și a benzilor transportoare pentru aprovizionarea liniilor de dren cu zgură;	Tehnolog. conform fig.100
2.	Pietriș sortat	-la balastiere prin ciuruire folosind sitele.	-	CFR+auto autobasculante	-"-	-deasupra drenului (minim necesar 5 cm grosime)	-"-	-"-
3.	Balast, nisip grosier (local)	-	-	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.	Pleavă de orez.	preînfășurare în jurul drenului prinsă în plasă de nylon sau ață	-autocamion cu prelată -auto(dacă materialul este pus în saci)	auto+CFR auto	magazii șoproane (eventual în saci)	-de jur împrejurul tubului de dren.	-idem 1, plus: -preînfășurată cu ajutorul unor plase de nylon sau ață în jurul tubului de dren din plastic riflăat (grosime 1-2 cm); -este necesară aprovizionarea cu material de la magazie sau șopron la punctul de lucru.	-nu se recomanda lucrul pe vînt.
5.	Paie(ovăz orz,secară,grâu)tulpini de in.	preînfășurare în jurul drenului; în plase nylon sau ață, legate cu nylon,sîrmă moale sau ață; realizarea de benzi făcute sul.	baloți; benzi făcute sul.	CFR+ auto.	-magazii; -șoproane; -șire mari și mici.	de jur împrejurul tubului de dren prin înfășurare; deasupra tubului de dren.	-manual(aruncate cu furca din mașină în șanțul de drenaj în grosime de cca 15 cm deasupra tubului de dren); -preînfășurate cu ajutorul unor plase sau fire de nylon,ață sau sîrmă, în poligoane speciale sau pe șantier. se așază direct în șanțul de drenaj.	-se recomandă în special în cadrul amenajărilor locale, mici.
6.	Geotextile	tăierea sururilor cu lățimi corespunzătoare diametrului tubului de dren(egal cu perimetrul drenului+cca 2 cm)/pe staturi speciale	suluri cu lățimea de 1,5 m și greutate de 40-80 kg spre a fi manevrat ușor de către 2 oameni;	CFR+auto; auto.	-magazii; -șoproane.	preînfășurare pe tubul de dren(fig.92) -plapumă peste tubul de dren(fig.93) -saltea plus plapumă(sub și deasupra tubului de dren), soluție mai puțin recomandată (fig.94).	-manual, prin așezarea plapumei deasupra tubului de dren după ce acesta a fost așezat în șanțul de drenaj; -mecanizat, în două cazuri: a) în cazul preînfășurării fiind pozat concomitent cu tubul de dren;	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<p>de tăiere; -derularea geotexti- lului; -preînfașurarea și legarea lui pe tubul de dren cu sfoară, nylon sau sîrmă moale.</p>	<p>4 -direct pe tubul de dren prin preînfașurare în cadrul pro- cesului tehnolo- gic de po- zare a tubului de dren.</p>				<p>8 b) la așezarea ca plapumă peste tubul de dren atașînd un dis- pozitiv de derulare săpătoru- lui, în care va fi fixat sulul de geotextil tăiat la lățimea cerută și care pe măsura înaintării săpătorului se de- rulează așezîndu-se ca pla- pumă peste tubul de drenaj pozat mecanizat concomitent cu execuția șantierului de drenaj.</p>	

Tehnologia recomandată pentru aşezarea materialelor filtrante granulare (pietriş, zgură, balast, nisip grosier etc) folosind buncăre este aplicabilă cu succes în alte ţări ale lumii, fiind astfel mecanizat complet procesul de aşezare al materialului filtrant, fig. 95, 96, 97.



Fig. 96. Buncăr pe pneuri echipat cu bandă transportoare scurtă tractat de tractor, pentru pozarea mecanizată a materialelor filtrante granulare.



Fig. 97. Buncăr sprijinit pe skiduri pentru pozarea mecanizată a materialelor filtrante granulare concomitent cu săparea şanţului şi pozarea tubului de dren.

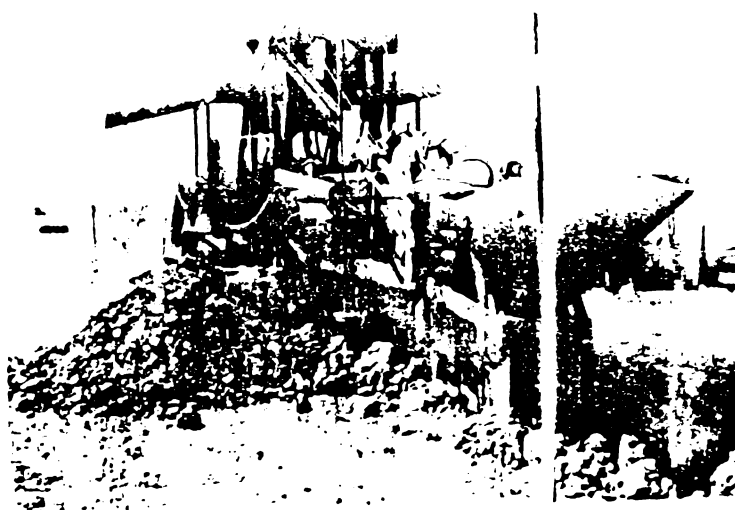


Fig. 98. Buncăr ataşat maşinii de drenaj pentru pozarea mecanizată concomitent cu săparea şanţului şi pozarea tubului de dren a materialului filtrant granular (California).

Pentru așezarea materialului filtrant granular de jur împrejurul tubului de dren se folosesc două buncăre, unul conducând materialul filtrant prin pîlnia de alimentare sub tubul de dren, iar cel de-al doilea buncăr asigură așezarea materialului filtrant deasupra tubului de dren (fig.99).

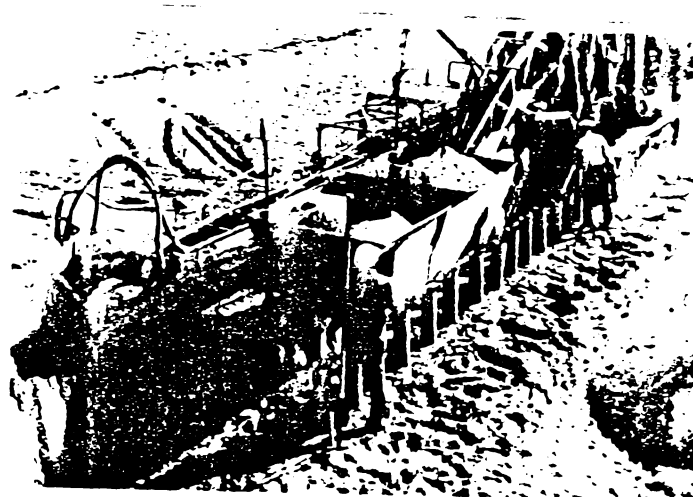


Fig.99. Tehnologia de pozare a materialului filtrant granular concomitent cu pozarea tubului de dren folosind două buncăre atașate săpătorului pentru așezarea materialului filtrant sub și deasupra tubului de dren.

La noi în țară, mecanizarea așezării materialelor filtrante granulare în șanțul de drenaj, în cazul folosirii săpătoarelor ETT-2o2 A, Hoes și Hollandrain este posibilă prin folosirea mașinii agricole MA-3,5, la care se impune adaptarea unei benzi transportoare scurte (fig.100)

Prin folosirea acestei tehnologii se realizează o acoperire uniformă a tuburilor cu un strat de material filtrant la o grosime mai mare sau mai mică, după cum se reglează viteza de înaintare a utilajului și respectiv viteza benzii transportoare.

Tehnologia de aruncare a materialului filtrant (tulpini de in, paie, pleavă de orez, puzderie de cînepă etc) în șanțul de drenaj peste tubul de dren impune realizarea unui șanț de drenaj îngust de cca 15-25 cm, pentru reducerea consumului de material filtrant folosit

Tehnologia de pozare a tubului de dren concomitent cu materialul filtrant (geotextile, materiale organice etc) necesită preînfășurarea și legarea materialului filtrant în jurul drenului (fig.101,102).

Materialele filtrante organice naturale (paie, tulpini de in) pot fi pregătite în benzi (fig.103) cu lățimea corespunzătoare perimetrului tubului de dren, avînd un diametru și volum astfel încît să poată fi ușor manipulate de doi oameni. Astfel pot fi pozate mecanizat.

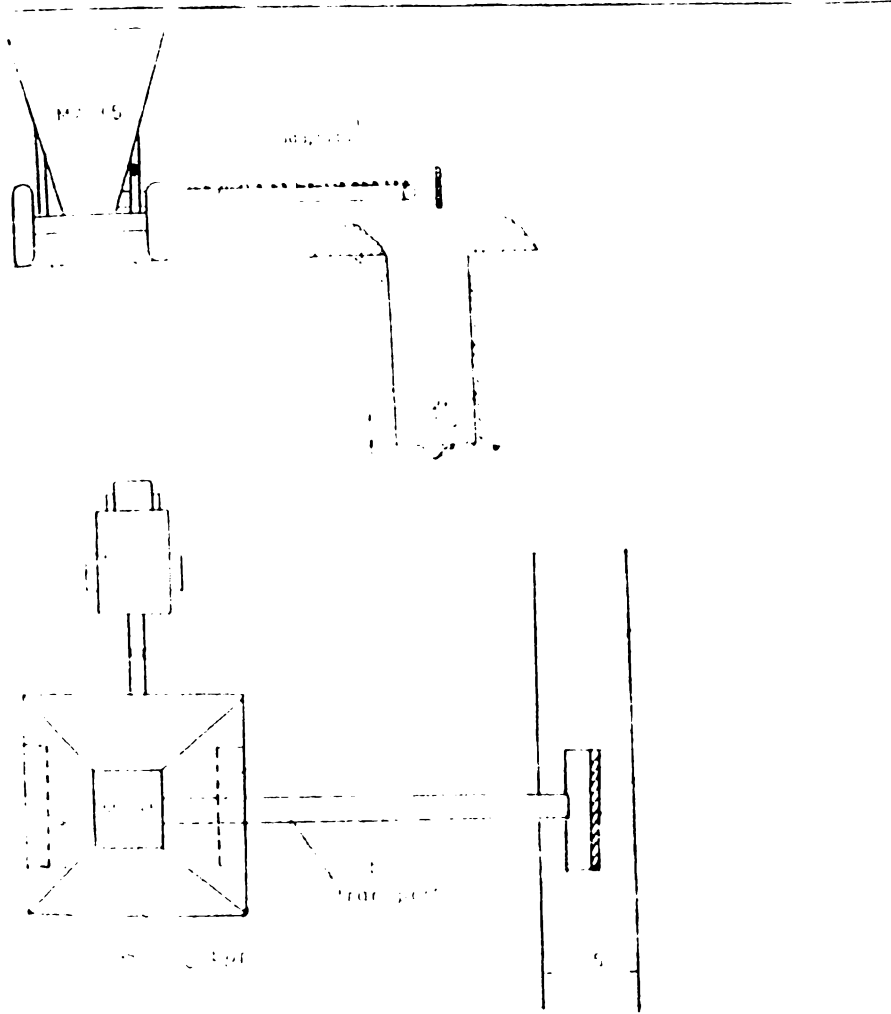


Fig.100. Tehnologia de pozare mecanizată a materialului filtrant granular folosind mașina agricolă MA-3,5 (modificat) avînd atașată o bandă transportoare scurtă:

- a) secțiune transversală (schema de lucru)
- b) vedere în plan.

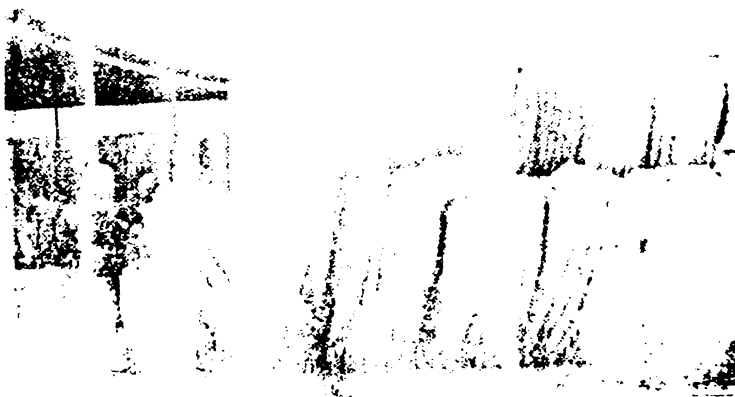


Fig.101. Colaci din tuburi de plastic riflalte avînd materialul filtrant preînfașurat.



Fig.102. Detaliu privind pozarea tuburilor de dren din plastic riflitate concomitent cu materialul filtrant cînd acestea sînt preînfășurate pe tubul de dren (vedere din spatele săpătorului de drenaj).



Fig.103. Tehnologia de pozare mecanizată a materialelor filtrante organice ca plapumă peste tubul de dren, pregătite sub formă de benzi.

Pentru pozarea geotextilelor (madril D, terasin 200, filtex, netesin, drenatex etc) tehnologia recomandată cu plapumă peste tubul de dren impune pregătirea prealabilă a materialului în soluri cu lățimea corespunzătoare perimetrului tubului de dren (+ 1,0 - 2,0 cm pentru suprapunere), procesul de pozare putînd fi mecanizat folosind dispozitivul din fig.104, atașat săpătorului de drenaj.

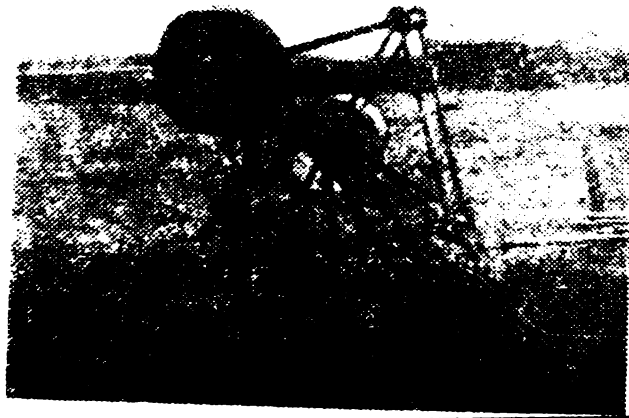


Fig.1o4. Dispozitiv atașat săpătorului de drenaj pentru mecanizarea pozării materialelor filtrante geotextile sub formă de benzi așezate ca plapumă peste tubul de dren.

Se impune a fi menționată și execuția rețelei de drenaj, în cazul folosirii la drenaj a tuburilor din plastic riflante fără material filtrant(fig.1o5)sau avînd materialul filtrant preînfășurat, prin săparea șanțului,pozarea tubului de dren și astuparea concomitentă a șanțului cu ajutorul unei benzi transportoare atașată săpătorului de drenaj(fig.1o5).

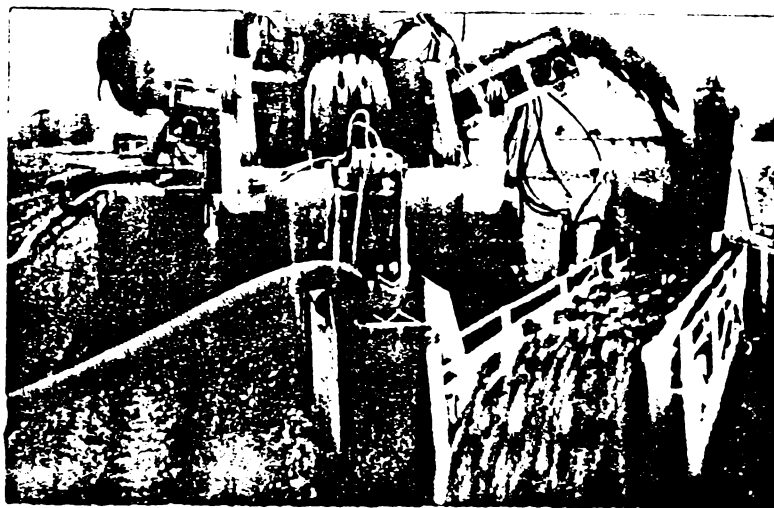


Fig.1o5.Mașina de drenaj Cleveland Trencher (S.U.A.)avînd atașată o bandă transportoare scurtă pentru astuparea șanțului de drenaj concomitent cu pozarea tubului de dren din plastic riflant fără filtru sau avînd materialul filtrant preînfășurat

Cap. IX. SINTEZA SI CONCLUZII GENERALE

Avînd în vedere faptul că în lucrare, la fiecare paragraf, au fost expuse concluzii parțiale, se va prezenta acum în rezumat principalele contribuții împreună cu unele concluzii ce se desprind în urma rezultatelor studiilor și cercetărilor întreprinse.

Proiectarea rațională a sistemelor de drenaj în condiții tehnico-economice corespunzătoare, impune cu necesitate existența unor metode de calcul hidraulic perfecționate a drenajelor, care să aibă în vedere fenomenele hidraulice din vecinătatea tubului de dren.

În lucrare este subliniată în mod deosebit importanța și ponderea pierderilor de sarcină la intrarea apei în dren sau în complexul tub de dren plus material filtrant, determinate de rezistențele hidraulice la intrare, în strînsă dependență cu: geometria perforațiilor practice pe tubul de dren, cu caracteristicile geometrice și hidraulice ale materialului filtrant și cu tipul solului în care urmează a fi pozat tubul de dren.

Pentru această situație au fost propuse relațiile de calcul adecvate pentru evaluarea pierderilor de sarcină la intrare, pentru aplicarea cărora au fost determinate experimental, în prezenta lucrare datele necesare.

Relația completă de calcul a drenajelor în cazul folosirii materialelor filtrante, în regim permanent, este tip Ernst completată cu pierderea de sarcină la intrare ($76,76'$) pentru cazul tubului de dren fără filtru și respectiv cu material filtrant.

În baza modelului fizic al rezistențelor hidraulice (verticală, orizontală, radială și la intrare) respectiv al pierderilor de sarcină prezentate în Cap. 2, este dat în Cap. 3 modelul matematic al pierderilor de sarcină hidraulice la drenurile agricole, încheiate cu recomandările autorului lucrării privind modul corect și complet de calcul în regim permanent al rețelei de drenaj orizontal.

Obiectivul central al lucrării l-a constituit cunoașterea sub aspect cantitativ a rezistenței la intrarea apei în tubul de dren sau în complexul tub de dren plus diverse materiale filtrante.

Mărimea rezistenței la intrarea apei în tubul de dren care creiază pierderea de sarcină la intrare este determinată de suprafața perforațiilor, mărimea orificiilor de intrare, diametrul tubului de dren și de caracteristicile geometrice și hidraulice ale materialelor filtrante folosite.

Valoarea rezistenței la intrarea apei în dren (W_1, W_{1f}) determinată experimental pe standurile avînd drenul așezat vertical, este

caracterizată de valoarea coeficientului de rezistență la intrare \bar{S}_1 (pentru tubul de dren fără material filtrant) și respectiv \bar{S}_{1f} (pentru tubul de dren cu material filtrant).

Calculul analitic al lui $S_1(S_{1f})$ se recomandă a fi făcut cu relațiile I. David (135, 139, 140, 141, 137, 104) pentru care datele necesare privind elementele geometrice și parametrii hidraulici ai tuburilor de dren și ai materialelor filtrante din țara noastră sînt date în prezenta lucrare fiind determinate în cadrul programului experimental efectuat. Valoarea coeficientului de intrare calculată analitic este recomandată pentru calculul de proiectare al drenajului, deoarece ține seama de permeabilitatea colmatată a materialului filtrant (K_{fc}), de elementele geometrice ale tubului de dren folosit și de permeabilitatea solului ce urmează a fi drenat.

Pe cale experimentală coeficientul de intrare poate fi determinat astfel:

- model hidraulic (fig. 54, 55) stabilindu-se valorile $\bar{S}_1(\bar{S}_{1f})$ pentru situația inițială necolmatată a tubului de dren fără filtru (\bar{S}_1) sau în complex cu diverse materiale filtrante (\bar{S}_{1f}). Aceste valori determinate pentru 93 variante tab. 37 (în țara noastră) și 14 variante tab. 21 (în Olanda), permite clasificarea sub aspect hidraulic, după valoarea coeficientului de intrare, a tuburilor și materialelor filtrante pentru drenaj și o diferențiere sub aspectul afluxului de apă intrat în tubul de dren. Proiectantul are astfel posibilitatea inițială de alegere a materialelor filtrante eficiente sub aspect hidraulic.

- model de analogie electrodinamică, ce permite stabilirea valorilor coeficientului de intrare doar pentru tubul de dren fără material filtrant, avînd diverse perforații (tab. 142). Experimentările efectuate pe modelul de analogie electrodinamică și electrică au permis stabilirea gradului de perforare a tubului de dren la 1,0-1,5 % din suprafața laterală a tubului, mărirea suprafeței perforațiilor peste 1,5 % nu produce o creștere importantă a afluxului de apă în dren ci numai o scădere a rezistenței statice a tubului de dren, care este limitată la valoarea care asigură stabilitatea sa la încărcarea dată de pămîntul din șanțul de drenaj așezat peste tubul de dren.

Concluziile experimentărilor făcute pe cele două modele de analogie electrodinamică asupra tuburilor de drenaj (D.P.R, $\phi = 11; 6,5$ și 5 cm) produse în țara noastră sînt identice, evidențînd aceleași aspecte.

Rezultatele studiilor și cercetărilor de laborator întreprinse în cadrul lucrării evidențiază următoarele concluzii și recomandări, principale:

- Mărirea suprafeței perforațiilor tubului de dren reduce valoarea coeficientului de intrare, mărind afluxul de apă în tubul de dren. Același efect îl crează și mărirea diametrului tubului de dren.

- Mărirea găurilor de intrare a apei are efect de reducere a valorii \bar{S}_1 , nu se recomandă însă mărirea găurilor prea mult deoarece permite

antrenarea particulelor de sol și efectul de reducere nu este prea mare peste această valoare. Astfel, se poate aprecia că:

- dacă lățimea găurilor(b) este $< 0,8 - 1,0$ mm, valoarea lui \bar{S}_1 este mare, soluție nerecomandată;
- dacă: $0,8 - 1,0$ mm $< b < 1,3$ mm, valoarea \bar{S}_1 admisă, soluție recomandată;
- dacă $b > 1,3 - 1,5$ mm, valoarea \bar{S}_1 admisă, soluție nerecomandată datorită posibilității antrenării particulelor de sol în tubul de dren.

- Pentru respectarea procentului de perforare a tuburilor de dren, se impune modificarea NTI nr.8500/1980 (ITMMP Buzău) care în plus prezintă neconcordanță între valoarea suprafeței orificiilor dată (prescripție) și cea rezultată din calcul pe baza elementelor geometrice ale orificiilor prezentate în această normă.

Defecțiunile de fabricație care apar la tuburile din plastic riflate prin realizarea de orificii mai puține decât cele normate (tab.141) duc la o mărire a investiției specifice de amenajare prin micșorarea distanței între drenuri care se impune în acest caz. Astfel, dacă pe un șantier au fost aprovizionate tuburi de dren cu perforații necorespunzătoare se impune determinarea numărului real de rânduri de găuri cu care se calculează distanța între drenuri reală la valoarea căreia se va executa rețeaua de drenaj.

- La tuburile de ceramică se recomandă folosirea piesei de îmbinare ("mufa filtru") care asigură continuitatea tubului de dren, suprafața orificiilor de intrare și materialul filtrant protector.

- Folosirea materialelor filtrante la drenaj cu rol protector și filtrant, din punct de vedere hidraulic, reduce mult valoarea coeficientului de intrare, ca efect al reducerii rezistenței la intrarea apei în dren, măbind permeabilitatea materialului din jurul tubului de dren, ceea ce determină un aflux mai bun al apei către dren;

- După valorile coeficientului de intrare obținute pe standul având drenul așezat vertical se poate face următoarea clasificare și eficiență hidraulică a materialelor filtrante, pe grupe de materiale:

1. materiale granulare (zgură granulată de furnal, zgură expandată de furnal, scoici, pietriș, nisip grosier, balast, deșeurii de zgură de la fabricile de ciment etc);

2. materiale organice (pleavă de orez, tulpini de in, pușderie de cîneapă, paie etc);

3. materiale sintetice și minerale produse (madril D, terasin 200, 400, filtex, vată minerală și de sticlă, I.F.S., deșeurii textile, netesin, drenatex, etc).

In tab.12 sînt prezentate proprietățile fizico-chimice și mecanice ale materialelor filtrante testate în cadrul programului experimental, în vederea folosirii lor la drenajul agricol.

Pe standurile avînd drenul așezat orizontal au fost determinate valorile permeabilității colmatate (K_{fc}) tab.139 în diverse soluri (aluvial, brun vertic, lăcoviște, soloneț etc) ale principalelor materiale filtrante pentru drenajul agricol din țara noastră, constatîndu-se în toate cazurile reducerea permeabilității inițiale (K_{fo}) a materialelor filtrante datorită colmatării la valoarea K_{fc} .

Pentru fiecare amenajare de drenaj în parte se recomandă ca prin tema de proiectare să fie cuprins în cadrul studiului de drenaj analiza alegerii materialelor filtrante conform următoarelor criterii, stabilite în cadrul lucrării:

- stabilirea necesității materialelor filtrante;
- criteriul condițiilor de sol pentru alegerea materialului filtrant;
- criteriul hidraulic (metoda analitică și experimentală);
- gradul de colmatare;
- criteriul prețului de cost;
- criteriul cantităților disponibile;
- criteriul tehnologiilor de pozare;
- criteriul investiției specifice minime;
- alte criterii.

În funcție de stadiul actual și posibilitățile reale existente, sînt prezentate în tab.155 cîteva tehnologii de așezare a materialelor filtrante la drenaj, recomandînd și o tehnologie nouă de pozare mecanizată a materialelor filtrante granulare folosind mașina agricolă MA-3,5 (fig. 60) avînd atașată o bandă transportoare scurtă.

Rezultatele cercetărilor efectuate în lucrare și în cadrul activității contractuale [7 - 14] a permis zonarea orientativă a folosirii materialelor filtrante la drenajul suprafețelor de teren ce urmează a fi amenajate în perioada 1980 - 1985.

Criteriul obiectiv de proiectare a rețelelor de drenaj cuprinde efectuarea în cadrul studiului de drenaj a unui calcul tehnico-economic în funcție de distanței între drenuri bazat pe studii de laborator asupra mai multor variante de materiale de drenaj disponibile la data respectivă (tub de dren, materiale filtrante) conform metodologiei prezentată în teza, cu alegerea soluției eficiente determinată de valoarea investiției specifice minime rezultată dintr-un calcul tehnico-economic comparativ, conform tehnologiilor actuale și a prețurilor existente la data respectivă. O astfel de soluție de drenaj asigură realizarea normei de drenaj cerută și siguranță în funcționare în timp.

*
* *

Teza de doctorat a fost elaborată în perioada 1973 - 1982. Unele rezultate obținute pe parcurs au fost comunicate în cadrul unor manifestări științifice și publicate în colecții de lucrări sau reviste de specialitate [158-162, 65, 81, 238, 242-244], rezultatele fiind aplicate în producție [12,13].

În baza rezultatelor cercetărilor efectuate asupra materialelor au fost întocmite în colectiv propunerea de "Instrucțiuni tehnice privind stabilirea necesității și alegerea materialelor filtrante pentru drenajul orizontal închis".

O parte importantă a rezultatelor cercetărilor efectuate au fost publicate în lucrarea " Probleme actuale în tehnica drenajului " Ed. Facla 1982, realizată în colaborare.

C U P R I N S

Cap.I. <u>INTRODUCERE</u> -----	1
1.1. Generalități și considerațiuni generale.-----	1
1.2. Scurt istoric al drenajului.-----	4
1.2.1. Suprafețe amenajate în țara noastră, materiale de drenaj folosite.-----	7
1.3. Perspectiva drenajului în țara noastră.-----	10
1.4. Necesitatea și oportunitatea studiului.-----	11
1.5. Probleme rezolvate în teză.-----	12
Cap.II. <u>MODELUL FIZIC AL REZISTINTELOR(PIERDERILE DE SARCINA)</u> <u>HIDRAULICE LA DRENURILE AGRICOLE.</u> -----	13
2.1. Schema vizualizării mișcării apei între două drenuri absorbante paralele în regim permanent.-----	13
2.1.1. Schema vizualizării curentului vertical, orizontal și radial de mișcare a apei către dren.-----	14
2.2.2. Schema evidențierii pierderii de sarcină la intrare.--	15
2.2.2.1. Spectrul liniilor de curent și a liniilor echipotențiale ale mișcării apei către un dren ideal și un dren real.-----	17
2.2.2.2. Spectrul liniilor de curent și a liniilor echipotențiale ale mișcării apei către un dren real înfășurat cu filtru.-----	18
2.2.2.3. Schema scurgerii apei în vecinătatea drenului ideal(fără pierdere de sarcină la intrare), real și real avînd un material filtrant înfășurator.-----	19
Cap.III. <u>MODELUL MATEMATIC AL PIERDERILOR DE SARCINA HIDRAULICA</u> <u>LA DRENURILE AGRICOLE.</u> -----	20
3.1. Generalități.-----	20
3.2. Pierderile de sarcină hidraulică ale drenurilor agricole.--	22
3.2.1. după S.B.Hooghoudt (1940).-----	22
3.2.2. după W.W.Donnan (1946).-----	23
3.2.3. după H.Y.Hammed (1954,1962).-----	24
3.2.4. după L.F.Ernst (1954).-----	25
3.2.5. după D.Kirkham (1958).-----	27
3.2.6. după De Jager (1960).-----	28
3.2.7. după G.Dagan (1964).-----	29
3.2.8. după E.J.List (1964).-----	30
3.2.9. după J.C.Cavelaars (1965,1967).-----	30

3.2.10.după B.Scherer (1973).-----	52
3.2.11.după I.David (1973,1981).-----	53
3.2.12. sutorul tezei.-----	57
Cap.IV. <u>REZISTENȚA LA INTRAREA APEI ÎN DRENURILE AGRICOLE</u> .-----	59
4.1. Generalități.-----	59
4.2. Rezistența la intrare la fante.-----	40
4.2.1.după Kozeny (1933).-----	41
4.2.2.după D.Kirkham (1950).-----	42
4.2.3.după F.Engelund (1953).-----	44
4.2.4.după L.F.Ernst (1954).-----	45
4.2.5.după De Jager (1960).-----	46
4.2.6.după J.C.Cavelaars (1965,1966,1967).-----	47
4.2.7.după I.David (1981).-----	48
4.2.8.autorul tezei.-----	49.
4.3. Rezistența la intrare la perforații.-----	50
4.3.1.Kirkham și Schwab (1951).-----	50
4.3.2.F.Engelund (1953).-----	51
4.3.3.J.Wesselling (1957,1959,1967,1980).-----	52
4.3.4.De Jager (1960).-----	53
4.3.5.A.van der Beken (1962).-----	55
4.3.6.J.H.Boumans (1963).-----	57
4.3.7.J.C.Cavelaars (1965,1967).-----	58
4.3.8.P.Widmoser (1966,1967,1972).-----	60
4.3.9.I.David (1979,1980).-----	61
4.3.10.autorul tezei.-----	64
4.4. Măsurile de reducere a rezistenței la intrare.-----	65
4.4.1.Mărirea suprafeței perforațiilor.-----	65
4.4.2.Mărirea diametrului tubului de dren.-----	66
4.4.3.Folosirea materialelor filtrante.-----	66
4.4.3.1.Definirea și clasificarea materialelor filtrante pentru drenaj.-----	67
4.4.3.2.Rolul materialelor filtrante așezate în jurul tubului de dren.-----	68
4.4.3.3.Proprietățile fizico-chimice și mecanice ale materialelor filtrante.-----	69.
Cap.V. <u>PROGRAMUL EXPERIMENTAL</u> .-----	74
5.1. Cercetări experimentale asupra tubului de dren fără filtru și a complexului dren plus material filtrant pentru stabilirea rezistenței la intrare.-----	74
5.1.1.Baza experimentală de la ILRI/ICW Wageningen(Olanda)-	75

5.1.2.	Baza experimentală de la Laboratorul de îmbunătățiri funciare al I.P."Traian Vuia"Timișoara.-----	77
5.1.3.	Aspecte teoretice de fundamentare a programului experimental privind stabilirea rezistenței la intrare.-----	79
5.1.4.	Descrierea standului avînd drenul așezat vertical și al modului de lucru.-----	81
5.2.	Cercetări experimentale pentru studiul comportării în timp în ceea ce privește colmatarea drenului și a complexului dren plus material filtrant în diverse soluri.-----	84
5.2.1.	Necesitatea și fundamentarea teoretică a cercetărilor experimentale privind colmatarea complexului dren plus material filtrant.-----	84
5.2.2.	Stand pentru determinarea permeabilității inițiale necolmate a materialelor filtrante.-----	87
5.2.3.	Descrierea standului avînd drenul așezat orizontal și al modului de lucru.-----	89
5.3.	Modele de analogie electrodinamică pentru studiul experimental al perforațiilor tuburilor de dren din plastic riflate.---	90
5.3.1.	Model electric pentru stabilirea suprafeței minime a perforațiilor tubului de dren(1977).-----	90
5.3.2.	Model de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans B 642 pentru studiul perforațiilor tuburilor de drenaj(1979).-----	92
5.3.3.	Model de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial pentru determinarea liniilor echipotențiale și a coeficientului de rezistență la intrare(1979).-----	96
Cap.VI.	<u>PRELUCRAREA MASURATORILOR ȘI REZULTATE OBTINUTE.</u> -----	99
6.1.	Valorile rezistenței la intrarea apei în dren și în complexul dren plus diverse materiale filtrante(respectiv a coeficientului de rezistență la intrare)determinate pe standul avînd drenul așezat vertical.-----	99
6.1.1.	Rezultatele măsurărilor efectuate pe baza experimentală de la IIRI/ICW Wageningen(Olanda).-----	99
6.1.2.	Rezultatele măsurărilor efectuate pe baza experimentală de la Laboratorul de îmbunătățiri funciare,Catedra CHIF,I.P."Traian Vuia"Timișoara.---	104
6.1.3.	Evoluția în timp a rezistenței la intrare.-----	138
6.2.	Permeabilitatea inițială a materialelor filtrante testate.	141

6.3. Colmatarea complexului tub de dren plus materiale filtrante în timp, în diverse soluri stabilite pe standul avînd drenul așezat orizontal.-----	142
6.4. Suprafața minimă a perforațiilor tubului de dren.-----	146
6.5. Prelucrarea măsurătorilor și rezultatele obținute pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea universală cu autobalans.-----	152
6.6. Liniile echipotențiale și valorile coeficientului de rezistență la intrare la tuburile de dren din plastic riflate testate pe modelul de analogie electrodinamică folosind puntea de măsură cu divizor de potențial.-----	159
6.7. Calculul erorilor realizate în determinările experimentale.-----	164
6.7.1. Calculul erorilor la măsurarea debitului cu ajutorul cilindrului gradat.-----	164
6.7.2. Calculul erorilor la citirea la piezometre folosind hîrtia milimetrică.-----	165
6.7.3. Calculul erorilor la măsurătorile de analogie electrodinamică.-----	166
Cap.VII. <u>ASPECTE TEHNICO - ECONOMICE.</u> -----	168
7.1. Criterii privind stabilirea necesității și alegerea materialelor filtrante pentru drenaj.-----	168
7.1.1. Stabilirea necesității materialelor filtrante la drenaj.-----	168
7.1.2. Criterii pentru alegerea materialelor filtrante la drenaj.-----	170
7.1.2.1. Criteriul condițiilor de sol privind alegerea materialului filtrant la drenaj.-----	170
7.1.2.2. Criteriul hidraulic.-----	175
7.1.2.3. Gradul de colmatare.-----	176
7.1.2.4. Criteriul prețului de cost.-----	176
7.1.2.5. Criteriul cantităților disponibile (sau al posibilității aprovizionării).-----	177
7.1.2.6. Criteriul tehnologiilor de pozare.-----	177
7.1.2.7. Criteriul investiției specifice minime.-----	177
7.1.2.8. Alte criterii.-----	177
7.2. Proiectarea tehnico-economică a rețelelor de drenaj în condițiile folosirii materialelor filtrante.-----	178
Cap.VIII. <u>CONSIDERATII TECHNOLOGICE DE EXECUTIE A DRENAJULUI IN CONDITIILE FOLOSIRII MATERIALELOR FILTRANTE.</u> -----	182.

8.1. Tehnologii actuale de realizare a rețelelor de drenaj.---	182
8.2. Tehnologii de așezare a materialelor filtrante pentru drenaj.-----	184
Cap. IX. <u>SINTEZA SI CONCLUZII GENERALE.</u>-----	193
CUPRINS.-----	198
BIBLIOGRAFIE	
ANEXE.	

Bibliografie

- 1.x x x. Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism, Ed. pol., București, 1975.
- 2.x x x. Sinteza programului de dezvoltare în perspectivă a acțiunilor de îmbunătățiri funciare, D.I.F.C.A. București, 8 dec. 1975.
- 3.x x x. Programul directivă de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică și de introducerea programului tehnic, Ed. pol., București 1979.
- 4.x x x. Conference Proceedings, National Drainage Symposium, ASAE, The Sherman House, Chicago, Illinois, 6 - 7 dec. 1971.
- 5.x x x. Third National Drainage Symposium, Conference Proceedings, ASAE, Publ. 1 - 77, Palmer House, Chicago, Illinois, dec. 13-14, 1976.
- 6.x x x. Drainage principles and applications, Publ. nr. 16, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands, 1974:
 - vol. I. Introductory subjects.
 - vol. II. Theories of field drainage and watershed runoff.
 - vol. III. Surveys and investigations.
 - vol. IV. Design and management of drainage systems.
- 7.x x x. Studiul de sinteză al folosirii diferitelor materiale filtrante la drenurile agricole, Ref. sinteză la contr. cerc. științ. nr. 154/1976 (faza I) întocmit: T.E. Man, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, ISCIF București.
- 8.x x x. Testarea în laborator a unor noi materiale necesare drenajului orizontal în țara noastră, Ref. sinteză la contr. cerc. științ. nr. 154/1976 și act ad. nr. 1/1977 întocmit: T.E. Man, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara și ICID Băneasa - Giurgiu.
- 9.x x x. Cercetări asupra unor materiale filtrante noi pentru drenajul orizontal din țara noastră, eficiente și mai ieftine, Ref. sinteză contr. cerc. științ. nr. 116/1978, întocmit: T.E. Man, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, ICITID Băneasa - Giurgiu.
- 10.x x x. Studii și cercetări de laborator și câmp asupra unor materiale filtrante noi în vederea folosirii lor la lucrările de drenaj, inclusiv stabilirea tehnologiilor de execuție a drenajelor cu aceste materiale, Ref. sinteză contr. cerc. științ. nr. 351/1979, întocmit: T.E. Man, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, ICITID Băneasa - Giurgiu.
- 11.x x x. Strat filtrant pentru drenajul orizontal cu tuburi din materi

- locale și deșeurii industriale, Ref. sinteză contr. cerc. științ. nr. 207/1980, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, ICITID Băneasa - Giurgiu.
- 12.x x x. Informare privind rezultatele obținute prin cercetare la tema: "Stabilirea celor mai corespunzătoare materiale filtrante pentru drenajul orizontal în condițiile zonelor din țara noastră care necesită asemenea măsuri", Contr. nr. 49/1976 (154/1976), avizat CASC nr. 567/12.XI.1977, Adresa nr. 283/23.I.1978, MAIA, DIFCA, ICITID Băneasa - Giurgiu.
- 13.x x x. Sinteza privind rezultatele experienței de pînă acum în folosirea materialelor filtrante la drenaj, pe plan mondial și la noi în țară, Ref. sinteză, MAIA, DGEIFCA, ICITID Băneasa-Giurgiu, 1979.
- 14.x x x. Studiu de drenaj pentru proiectarea amenajărilor de drenaj de la complexe de porci Pădureni, Grabaț, Voiteni și sistemul de desecare Sînicolau - Saravale, Ref. sinteză contr. cerc. științ. nr. 19/1981, I.P. "Tr. Vuia" Timișoara, TCIF Timișoara.
- 15.x x x. Recomandări privind utilizarea materialelor de protecție-filtrare și filtrante în drenaj URSS-RDG, Elgara, 1977.
- 16.x x x. ETT-202 A, Machinoexport (nota tehnică), SSSR Moskova, 1975.
- 17.x x x. Planung mit terram, ICI, Switzerland, 1978 (nota tehnică).
- 18.x x x. Netesin, Terasin și Netezon, Terazon, Nota tehnică, ICPTT, CILICPA, ICT, Intrep. Munca textilă, București, 1978.
- 19.x x x. MADRIL (nota tehnică), Inst. de cerc. hidrotehnice și Inst. de cerc. textile București, 1980.
- 20.x x x. Standard methods of testing coated fabrics, ASTM, D. 751-73, American National Standard.
- 21.x x x. Standard methods of Test for breaking load and elongation of textile fabrics, ASTM, D. 1682-64, USA.
- 22.x x x. Standard recommended practice for subsurface installation of corrugated thermoplastic tubing for agricultural drainage or water table control, ASTM, F. 447-76, USA.
- 23.x x x. Standard specification for corrugated polyethylene tubing and fittings, ASTM, F. 405-76.b, USA.
- 24.x x x. Design criteria for tile filter and envelopes Colorado Agricultural Experiment Station, Colorado State University, Progress Report, oc. 1962.
- 25.x x x. The Field Drainage Experimental Unit (FDEU), Annual Report, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Anstey Hall, Trumpington, Cambridge (1973 - 1978).
- 26.x x x. Fieldbook, ILRI, Wageningen, The Netherlands, 1973.
- 27.x x x. Agri-book Magazine, Drainage Contractor, Drainage Tour 1975; 1980, Hensall, Ontario, Canada.
- 28.x x x. Annual report, ILRI, Wageningen, The Netherlands, 1959 - 1979.

- 29.x x x. Ohio drainage guide, USDA, 1973 (reprinted 1976).
- 30.x x x. Dispozitiv pentru dozat balast montat pe săpător de șanțuri ETT-202 A, MAIAA-DIFCA, DITICME, IUGC, BUCUREȘTI, SUGTC-Brăila, 1977.
- 31.x x x. Jaarverslag, Instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, Wageningen, The Netherlands, 1973 - 1977.
- 32.x x x. Laboratory Test Report "POLY-FILTER X", Soil Testing Services, Inc., Consulting Soil and Foundation Engineers, Chicago, July 5, 1967.
- 33.x x x. Laboratory Test Report "FILTER X", Soil Testing Services, Inc., Consulting Soil and Foundation Engineers, Chicago, July 13, 1967.
- 34.x x x. Eliminate water-caused soil erosion, specify: Poly-Filter X, Filter X, Poly-Filter G.B. (technical information), Carthage Mills, Cincinnati Ohio, 1976.
- 35.x x x. Mirafi 140, Fabric for ground stabilization and drainage applications (Technical information), Celanese Fibers Marketing Company, New York, 1976.
- 36.x x x. Properties and Processing of REEMAY Spunbonded Polyester, (Technical information), Bul. S. 13, Aug. 1974, MAC - KAY Manufacturing, Montreal.
- 37.x x x. BIDIM, Engineering Fabric for Soil Stabilization and Drainage, Monsanto, St. Louis, Missouri, 1976.
- 38.x x x. Terrafix (terradrän), Kenross - Nave Canada Ltd., Rexdale, Ontario, 1976.
- 39.x x x. Land reclamation and water management, ILRI, Publ. nr. 27, Wageningen, The Netherlands, 1980.
- 40.x x x. Research Digest 1980, ICW (ILWMR) Wageningen The Netherlands.
- 41.x x x. Utilizarea geotextilelor în hidrotehnică, transporturi și în alte domenii ale tehnicii construcțiilor, Simpoz. org. de ICCPDC, ICH, ICT, CNIT, ICB, ICPTT, oc. 1980, București.
42. Beken A. van der: De aanwending van plastic bij drainage, Rijkslandbouwbogeschool-Gent, 1962.
43. Beilin, D.X.: Mecanizarea lucrărilor de drenaj (limba rusă), Moscova, 1975.
44. Benz, L.C., Doering, E.H., Reichman, G.A., Follett, R.F.: Evaluation of some subsurface drainage envelopes, Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.
45. Beers, W.F.J. van: Quelques nomogrammes pour le calcul des espacements des drains, Tech. Bull. 8/1966, ILRI, Wageningen, The Netherlands.
46. Beers, W.F.J. van: Computing drain spacing, Tech. Bull. 15/1976, ILRI, Wageningen, The Netherlands.

47. Billib, H.: Experiences with drainage materials and a review of available specification, "Kuratorium für Kulturbaurversen Hanover-R.F.G.", Food and agriculture organizations of the United Nations, Rome nr.9/1972.
48. Blidaru, V.: Irigații și drenaje, Buc. 1969.
49. Blidaru, V.: Sisteme de irigații și drenaje, Ed. Did. și ped. Buc. 1976.
50. Blidaru, V., Nicolau, A., Cojocaru, I., Nițescu, E.: Studii pe model al filtrelor la drenuri, în scopul stabilirii eficienței hidraulico-funcționale ale acestora, Comunicare științifică pentru Congresul X, ICID, Atena, 1978.
51. Blidaru, V., Cojocaru, I., Armășelu, M., Leibu, H.: Influența drenajului asupra scurgerii subterane în terenuri cu potențial de alunecare, Rev. Hidrotehnică, vol. 26, Nr. 1, București, 1981.
52. Boers, Th. M., Someren, C. L. van: Design of gravel envelope for silty and fine sandy soils in Pakistan, Publ. nr. 25, ILRI, Wageningen, The Netherlands, nr. 4.09, 1979.
53. Bogner, N. F.: Filter media for corrugated drainage tubing, SCA, USDA, Aug. 30, 1976.
54. Boumans, J. H.: Over instroming en aastroming bij drainbuizen zonder en met afdekking, cultuurtechnisch Tijdschrift 2, the Netherlands 1963.
55. Bravo, N. J., Schwab, G. O.: Effect of openings of inflow into corrugated drains, Winter Meeting, ASAE, Palmer House, Chicago, Illinois, Dec. 15-18, 1975.
56. Brooks, R. H.: Unsteady flow of groundwater into drain tile, Amer. Soc. Civil Eng., Proc. 87 (IR 2), 1961.
57. Brooks, R. H., Corey, A. T.: Hydraulic properties of porous media and their relation to drainage design, Annual Meeting, ASAE, Deauville Hotel, Miami Beach, Florida, June 23-26, 1963.
58. Bruns, H.: Prünung lines PVC-drains mit und ohne kokosvollfilter im drankasten, Wasser und boden, Heft 12, Dec. 1971, Seiten 350-353, 1971.
59. Broughton, R. S., Christopher, K. W.: An experiment with a linearly increasing spacing of subsurface drain, Winter Meeting, ASAE, Palmer House, Chicago, Illinois, Dec. 15-18, 1975.
60. Broughton, R. S., Damant, C., Ami, S., English, B.: The Soil retentoin and water flow performance of some drain tube filter materials, Annual Meeting, Grand Hotel, Point Clear, Alabama, USA, The Corrugated Plastic Tubing Association March 23, 1976.
61. Broughton, R. S., English, B., Damant, C., Ami, S., Mc Kyes, E., Brasseur, J.: Tests of filter materials for plastic drain tubes, Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.

62. Broughton, R.S., Gibson, W.: The field evaluation on drain tube filter materials, Progress Report, 1977.
63. Broughton, R.S., English, B.: Tests of some drain tube filter envelope materials, Mc.Gill Univ. Fac. of Agriculture, Feb. 26, 1977.
64. Brownscombe, R.H., Cowley, E.W., Tuttle, R.E.: An evaluation of "tile drains laid with organic blinding materials", USDA, Soil Conservation Service, 1959.
65. Buhociu, L., Man, T.E., Bărăscu, F.: Rezultate preliminare privind folosirea materialelor filtrante textile sintetice ca oiltre la drenaj, In: Tehnici și metode noi cu implicații în proiectarea realizarea și exploatarea sistemelor și amenajărilor de imb. funciare, nr. , Ed. de CC al UTC și ASAS, București 1979.
66. Bush, C.D.: Low cost Subsurface drainage, Agr. Eng. nr. 39, 1958.
67. Calhoun, C.C. Jr., Compton, J.R., Strohm, E.W. Jr.: Performance of plastic filter cloths as a replacement for granular filter materials U.S. Army Engineer Water Ways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1971.
68. Cannell, G.H., Weeks, L.V.: Studies on soil transport and plugging of drains, Winter Meeting, ASAE, Conrad Hilton, Chicago Illinois, Dec. 11-14, 1973.
69. Cavelaars, J.C.: Hydrological aspects of the application of plastic drain pipes and filter material, Research Division of the Koninklijke Nederlandse Heidenatschappy, Arnhem, The Netherlands, 1965.
70. Cavelaars, J.C.: Hydrological and technical problems of land drainage Czechoslovak National Committee, Prague, 1966.
71. Cavelaars, J.C.: Problems of water entry into plastic and other drain tubes, Agricultural Engineering Symposium of the Institution of Agricultural Engineers on 13 September 1967 at the National College of Agricultural Engineering, Silsoe, Bedford, England.
72. Cavelaars, J.C.: Subsurface field drainage systems Publication 16, vol. IV, Design and management, of drainage system, ILRI, P.O. Box 45, Wageningen The Netherlands 1974.
73. Cavelaars, J.C.: Composing a drainage pipe line section with different diameters, Publ. nr. 25, ILRI, Wageningen, The Netherlands, nr. 2.12, 1979.
74. Cheeseman, P.C., Hosking, R. J., Sneyd, A.D.: Effect of drain depth and gap width on potential flow in homogeneous porous soil, journal of Hydrology, nr. 21, North Holland Publish. Company, Amsterdam, The Netherlands, 1974.

75. Cismaru, C.: Exploatarea lucrarilor de îmbunătățiri funciare, (Cap.8) Inst.Pol. "Gh.Asachi", Iași, 1975.
76. Dagan, G.: Liniarized solution on unsteady deep flow toward and array of horizontal drains, journal of Geophysical Research, Vol.69, no.16, Aug.15. 1964.
77. David, I.: Asupra pierderilor de sarcină radiale în formulele de calcul a drenajelor de tip Hooghoudt și Ernst, Rev.CIDH, Seria I.F. nr.9/1973. București.
78. David, I.: Mișcarea plan orizontală într-un mediu poros în prezența unui dren arcuit, In: Studii și Cercetări de Mecanică Aplicată, Ed.Acad.RSR., nr.1/1968, București.
79. David, I.: Asupra unei metode analitice pentru evaluarea pierderilor de sarcină la intrarea apei prin dren și filtru, Ses.de com. științ.org. în cinstea celui de-al XII-lea Congres al PCR, în cadrul Festiv."Cîntarea României", Ed.II.a, I.P."Tr.Vuia" Timișoara, 27-28 oct.1979, Studii și cerc.de mec.apl.Ed.Acad,
80. David, I.: Grund wasserfångsaulagen mit Filterrohren, Technische Berischt nr.19, Darmstadt, R.F.G. 1977.
81. David, I., Wehry, A., Man, T.E.: Efectul colmatării filtrului la drenajele agricole, Rev.Hidrotehnica 6/1980, București.
82. Davis, S., Williardson, L.S., Spenner, J.R., Mulder, D.: Drain envelope performance in a Sandy, National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec.6-7, 1971.
83. Dennis, E.C.: Concerning the concept of piping and internal scour, Lincoln EWP Unit, June, 1968.
84. Dennis, E.C.: The resistance of soils to piping, internal scour and surface erosim, Licoln EWP Unit, May, 1971.
85. Dennis, E.C.: Filters and fine-grained materials, Lincoln EWP Unit, May, 1972.
86. Dennis, E.C., Massey, W., Rands, J.G., Rycroft, I.W., Trafford, B.D.: Permeable backfill over drains, Paper from the Stoneleigh Conference, Oct.1973, FEDEU, Tech, Bull.74/11, 1974.
87. Dennis, E.C., Trafford, B.D.: The effect of permeable surrounds on the performance of clay field drainage pipes, Journal of Hidrology 24/1975.
88. Dierickx, W.: The influence of envelope materials in preventing silting up of drain pipes, Publ.nr.25, ILRI, Wageningen, The Netherlands, nr.2.03, 1979.
89. Dierickx, W., Goossens, F.: Stabilizet soil replacing envelope materials, Publ.nr.25, ILRI, Wageningen, The Netherlands, nr.2.05, 1979.

90. Dinc, G., Merva, G.E., Kidder, E.H.: Hydraulic roughness of corrugated plastic drain tubing, National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 6-7, 1971.
91. Donnan, W.W.: Drainage of agricultural lands using interceptor lines, Amer. Soc. Civil Eng. Proc. 85. (IR 1).
92. Donnan, W.W.: On overview of drainage worldwide, Third National Drainage Symposium, ASAE, Palmer House, Chicago, Illinois, Dec. 13 - 14, 1976.
93. Drablos, C.J.W., Walker, P.N., Scarborough, J.N.: Field evaluation of corrugated plastic drain tubing, Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.
94. Dumitru Cioc.: Mecanica fluidelor, Ed. did. și pedag., București, 1967.
95. Dumm, L.D.: Drain spacing formula, Agric. Eng. nr. 35 (oct.): 726-730, 1954, USA.
96. Easton, B.E., Taylor, R., Sweet, G., Chenevey, G.: Polyvinyl chloride corrugated tubing, Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.
97. Edminster, T.W.: The challenge of new technology in drainage, In Drainage for Efficient crop production Conf. (Chicago) ASAE, Michigan, 1965.
98. Ede, A.N.: New method of field drainage, Agriculture 70(2), 1963.
99. Ede, A.N.: New materials and machines for drainage, In Drainage for efficient crop production Conf. (Chicago), ASAE, Michigan, 1965.
100. Engelund, F.: Mathematical discussion of drainage problems, Trans. Danish Acad. Tech. Sci, Bul no. 3/1951.
101. Engelund, F.: On the laminar and turbulent flows of groundwater through homogeneous sand, Trans. Danish Acad. Tech. Sci. Bul. no. 5/1953.
102. Ernst, L.F.: Het berekenen van stationaire grondwaterstromingen welke in een vertikaal vlak kunnen worden afgebeeld, Rapport IV, Landbouwk, Proefsta. Bodenk, Inst. T.N.O., Croningen (Mimeograph).
103. Ernst, L.F.: Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun bekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen, Versl. Landbouwk. Onderz. 67.15 1962.
104. Ernst, L.F.: De berekening van grondwaterstromingen tussen evenwijdige open leidingen, I.C.W., Tech. Bull. 52/1963.
105. Ernst, L.F.: Analysis of groundwater flow to deep wells in areas with a non-linear function for the subsurface drainage, Tech, Bull. 75/1971, ICW, Wageningen, The Netherlands.
106. Ernst, L.F.: Second and third degree equations for the

- determination of the spacing between parallel drainage Channels, Publ.nr.25, ILRI, Wageningen, The Netherlands, nr.1.02, 1979.
107. Ernst, L.F.: Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables:
- I. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio.
 - II. The variable hydraulic head ratio Tech.Bull.nr. 106/1976, ICW, Wageningen, The Netherlands.
108. Fall, L.Mc.R.: Entry velocity control limits drain sedimentation, Journal of the irrigation and drainage division, ASCE, 1969.
109. Feddes, R.A.: Recente ontwikkelingen in plastiek drainage, Report ICW, Wageningen, The Netherlands, 1966.
110. Feichtinger, F., Leder, N.: On the efficiency of filters in drain trenches, ILRI, Publ.nr.25., Wageningen, The Netherlands, nr.2.05, 1979.
111. Ford, H.W.: Bacterial activity and iron complexation as drain clogging agent, ILRI, Publ.nr.25, Wageningen, The Netherlands, nr.2.16, 1979.
112. Ford, H.W.: Ochre and associated slimes in drain lines, Univ.of Florida, IFAS, Agr.Res.and Ed.Center Lake Alfred, Florida, HANCOR, USA.
113. Fous, J.L.: Drain tube materials and instalation, Drainage for agriculture, Sect.IV, 8, ASA, Madison, Wisconsin, USA, 1974.
114. Fous, J.L., Donnan, W.W.: Plastic-lined mole drains, Agric.Eng. no.43, 1962.
115. Gheorghiu, V.Man.T.E.: Stadiul actual și perspectiva dezvoltării drenajelor în sistemele de irigații și desecări din R.S.R. Doc.int.Cat.CHIF, I.P."Tr.Vuia" Timișoara, sept.11, 1975.
116. Gheorghiu, V., Man.T.E.: Modelul fizic și matematic al fenomenului în studiul rezistențelor hidraulice la drenurile agricole, Doc.int.Cat.CHIF, Timișoara, martie 6, 1976.
117. Gheorghiu, V., Man.T.E.: Studiul comparativ al rezultatelor teoretice și experimentale în metodică determinării rezistențelor hidraulice ale drenurilor agricole, Doc.int.Cat.CHIF, I.P."Tr.Vuia" Timișoara, febr.5, 1977.
118. Gheorghiu, V., Wehry, A., Man.T.E.: Aspecte tehnico-economice la realizarea filtrelor pentru drenajul terenurilor agricole, Bul.științ. și tehnic al I.P."Tr.Vuia" Timișoara, Fasc. 1 Construcții, Tom. 26(10)/1981.

119. Gheorghită, St., I.: Metode matematice în hidrogazodinamica subterană, Ed. Acad. RSR, 1966.
120. Chulam, S., Howard, J.: Hydraulics of tile drains and plastic pipe drains, A review and synthesis of literature, Department of Agricultural Engineering, Iowa State University, 1971.
121. Godwin, H. J., Jonnes, B. A. Jr., Spoor, G.: Recent developments in European and drainage procedures, Annual Meeting, ASAE, Leamington Hotel, Minneapolis, Minnesota, July 7-10, 1970.
122. Gulatti, P. O., Schwab, O. G., Reeve, C. R.: Control of sediment flow into subsurface drains, Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 1970.
123. Haan, F. A. M. de: Interaction-mechanisms in soil as related to soil pollution and groundwater quality, Tech. Bull. 95/1976.
124. Hammad, H. Y.: Depth and spacing of tile drain systems, ASCE Proc. 88 (IR 1), 1962.
125. Haret, C., Stanciu, I.: Tehnica drenajului pe terenurile agricole, Ed. Ceres, București, 1972.
126. Hely, K. L., Long, R.: Folosirea ecranelor filtrante în drenurile subterane, CIDH, Seria D, Imb. funciare nr. 7-8/1973, Traducere din Journal of the Irig. and Drainage Division nr. IR 4/1972.
127. Hermsmeier, L. F.: Economical envelopes for subsurface drainage in irrigated lands, Third National Drainage Symposium, ASAE, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.
128. Hooghoudt, S. B.: Bij dragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, 7, Algemeene beschouwing van het probleem van de detail ontwatering en de infiltratie door middel van parallel loopende drains, greppels, slooten en kanalen. Venslag. Landbouwk Onderzoek 46: 515-707, 1944.
129. Hoogtoudt, S. B.: Resultaten van het grondwaterstand-sproefveld te Nieuw Beerta, Versl. Techn. Byeenk, TNOI-6, 1952.
130. Homma, F.: A viscous fluid model for demonstration of groundwater flow to parallel drains, Tech. Bul. 10/1968, ILRI, Wageningen, The Netherlands.
131. Homma, F.: Inloed van de doorlatendheid van de drains leuf op de werking van een drainage system, Journal of Hydrology, The Netherlands, 1973.
132. Iga, N., Haret, C., Stanciu, I.: Studii de sinteză asupra cercetărilor și experimentărilor efectuate pînă la sfîrșitul anului 1973 de către unitățile de cercetare ASAS, ISCIF București, 1975.
133. Irwin, R. W., Hore, F. W.: Drain envelope materials in Canada, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 2.01, 1979.

134. Janert, H.: Die Mechanisierung der Dranarbeiten, Wasserwirtschaft Wassertechnik nr.2, 1952.
135. Janert, H.: Der Greifswalder Rohrpflug und Seine Arbeitweise. (The greifswalder pipe-laying machine and its operation), Wasserwirtschaft - Wassertechnik nr.2. 1955
136. Jager, A.W.de: Diameter en perforatie van plastic drainbuizen, De Ingenieur 72 B, The Netherlands, 1960.
137. Jager, A.W.de: Review of plastic drainage in the Netherlands, Journal, Agr. Sci. 8(4), 1960.
138. Jager, A.W.de, Haaye, B.M.: Transport van zand en slib in drains, Tijdschrift Kon.Ned.Heidemij. 74, The Netherlands, 1965.
139. Juusela, T.: On the methods of protecting drain pipes and on the use of gravel as a protective material, Acta Agriculture Scandinavica VIII, 1958.
140. Karpoff, K.P.: The use of laboratory tests to develop design criteria for protective filter, Amer.Soc.Test.Mater., no 55, 1955.
141. Kirkham, D.: Potential flow into circumferential openings in drain tubes, Journal of Applied Physics, Vol.21, July 1950.
142. Kirkham, D., Schwab, G.O.: The effect of circular perforation on flow into subsurface drainage tubes, Agr.Eng.vol.32, no 4, ASAE, Saint Joseph, Michigan, Apr.1951.
143. Kirkham, D.: Seepage of steady rainfall through soil into drains, Trans.Amer.Geophys.Union 39, 1958.
144. Kirkham, D.: An upper limit for the heights of the water table into drainage design formulas, Int.Congr.Soil.Soc., 7th (Madison, Wis.), Comm.VI, Aug. 1960.
145. Kirkham, D.: Steady-state theories for drainage, Amer.Soc.Civil Eng.Proc.92 (IR 1), 1966.
146. Knops, I.A.C., Dieckx, W.: Drainage materials, ILRI Publ.nr.25. Wageningen, The Netherlands, nr.2, 1979.
147. Knops, I.A.C.: Envelope materials for subsurface drains, ILRI, Publ.nr.25, Wageningen, The Netherlands, nr.2.10.1979.
148. Knops, I.A.C. et al.: Guidelines for the selection of envelope materials for subsurface drains, ILRI, Publ.nr.25, Wageningen, The Netherlands, nr.2.15, 1979.
149. Kozeny, J.: Ueber den wasserzudrang bei dränungen, Wasserkraft und Wasservirtschaft 28, 1933.
150. Kramer, E.D.: De Boer, D.W.: Field evaluation of drainage envelopes and hydraulic conductivities, Paper no.73-2512, ASAE, Dep.of Agr.Eng.South Dakota St.University Brookings, South Dakota, 1975.

151. Kuntze, H.: Verockerungen Diagnose und Therapie, Schriftenseine des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Berlin, 1978.
152. Kuntze, H.: Iron clogging: diagnosis and therapy, ILKI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 2.17.1979.
153. Labye, Y.: Note sur le formule de Hooghoudt.
154. Lambke, W.D., Bucks, D.A.: A model study of gravel envelope performance for drains in a coarse-silt base material, Annual Meeting, ASAE, Purdue University, W. Lafayette, Indiana, June 22 - 25, 1969.
155. Lidster, W.A., Ford, H.W.: Rehabilitation of ochre (iron) clogged agricultural drains, For presentation at the Eighth Tech. Conf. of the V.S. Committee on Irrig. Drainage and flood control Granada Royale Hotel, Phoenix, Arizona Sept. 26-29, 1979.
156. List, E.J.: The steady flow of precipitation to an infinite series of tile Drains above impervious layer, Journal of Geophysical Research. Aug. 1964.
157. Luthin, J.N.: Drainage of agricultural lands, Agronomy 7, Amer Soc. Agron., Madison, Wisconsin, 1957.
158. Man, T.E.: Studiul pe model electric a influenței perforațiilor drenului din plastic \varnothing 110 mm produs la Buzău, asupra afluxului de apă către dren, In: Lucrări tehnico-științifice, I.P. "Traian Vuia" Timișoara, Ses. de com. org. în cadrul festivalului "Cântarea României" 13-14 mai 1977, nr. 26, pag. 197-203.
159. Man, T.E.: Studiul comportării filtrului de pământ la drenajul orizontal închis, In: Lucrări tehnico-științifice I.P. "Traian Vuia" Timișoara, Ses. de com. în cadrul festivalului "Cântarea României" 13-15 mai 1977 nr. 27, pag. 169-177,
160. Man, T.E. Studii asupra pierderii de sarcină la intrarea apei în drenurile agricole, In: Tehnici și metode noi cu implicații în proiectarea, realizarea și exploatarea sistemelor și amenajărilor de îmbunătățiri funciare, Nr. 3, pag. 30-50, CC al UTC și ASAS, București, 1977 (prima sesiune de com. tehn.-științ. a tinerilor cerc. și spec. din dom. imb. funciare, Băneasa-Giurgiu, 30-31 mai, 1977).
161. Man, T.E., Man, M., Miloia, M.: Cercetări de laborator asupra zgurilor de furnal și termocentrală ca materiale filtrante pentru drenaj, In: Tehnici și metode noi cu implicații în proiectarea, realizarea și exploatarea sistemelor de drenaj de imb. funciare, nr. VII, Ed. CC al UTC și ASAS, București, 1979.

162. Man, T.E.: Cercetări comparative privind folosirea geotextilelor în cadrul lucrărilor de drenaj agricol, Simpoz. Utilizarea geotextilelor în hidrotehnică, transporturi și în alte domenii ale tehnicii construcțiilor, ICCPDC, ICH, ICT, CNIT, ICB, ICPTT, București, 31 oct. 1980, pag. 39-46.
163. Mateescu, C.: Hidraulica, Ed. did. și ped., București, 1963.
164. Meijer, H.J.: Enkele resultaten met metingen aan plastich ribbel-drainbuis, Nota 519, ICW, Wageningen, The Netherlands, 1969.
165. Meijer, H.J.: Intreeverstande van recent vescheven drainage, afdek- en omhullingsmaterialen, Nota 788, ICW, Wageningen, The Netherlands, 1974.
166. Mihnea, I.: Concepții noi privitoare la drenajul terenurilor grele pe plan mondial, CIDH, Seria D, Imb. funciare nr. 4/1973, București.
167. Mihnea, I., Dobre, V.: Amenajarea rețelelor de drenaj în sere, Ed. Cereș, București, 1977.
168. Montsinger, L.V.: Influence of processing conduction and resin characteristics on polyethylene corrugated tubing, Therd National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14 1976.
169. Nițu, I.: Materiale filtrante pentru drenurile agricole, Referat OIFPCA, Suceava, 1979.
170. Negi, S.C., Broughton, R.S., Jutras, P.J.: A field and laboratory evaluation of some plastic drain tubes, CSAE Conference, Ottawa Ontario, July 7, 1970.
171. Negi, S.C., Broughton, R.S.: Field loaging tests and other evaluation of some plastic tile drains, Amer. Soc. Eng., Conf. Proc. Nat. Drain. Symp., 1971.
172. Nelson, W.R.: Filter materials for sub-surface drains, Agr. Eng., 1960.
173. Nelson, W.R.: Fiberglass as a filter for closed tile drains, Agr. Eng. 41 (10), 1960.
174. Nievwenhuis, G.J.A., Wesseling, .: Effect of perforation and filter material on entrance resistance and effective diameter on drainage pipes, ILRI, Pub. nr. 25, Wageningen, The Netherlands. nr. 2.09, 1979.
175. Nosenko, P.P., Zonn, I.S.: Land rainage in the world, International Comision of Irrig. and Drainage, ICID Bisanual Bull., Jan. 1976.
176. Nwa, E.U., Twocock, J.G.: Drainage design theory and practice, Jour. of Hydrology vol. IX, nr. 3, North Holland Publ. Company, Amsterdam, The Netherlands, Nov. 1969.
177. Ochs, W.J.: Testing synthetic fabrics for use with conduits, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 2.06, 1979.

178. Oosterbaan, R.J.: A review of the International Drainage Workshop held at Wageningen 16-21 May, 1978, ILRI, Annual Report pp. 6, 1978, Wageningen, The Netherlands.
179. Băprea, C.V., Opreșan, N., Lupei, N.: Ameliorarea solurilor cu exces de umiditate, Ed. Facla, Timișoara, 1974.
180. Overtholt, V.: Fiberglass filter for tile drains, ASAE, Agri. Eng. 40, no. 10, USA, Oct. 1959.
181. Panu, U.S., Stammers, W.N.: Effect of drain boundary on subsurface drain design. Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 13-14, 1976.
182. Patronskey, R.J., Schwab, G.O.: A plan for field evaluation of subsurface drains in heavy soils and soils with a restrictive layer, ETCUSCID F.C., ICID, Sep. 26-29, 1979, Phoenix, Arizona.
183. Pierce, W.H., Beck, L.A., Clandon, L.R. Jr.: Nutrient in agricultural tile drainage, Winter Meeting, ASAE, Sherman House, Chicago, Illinois, Dec. 9-12, 1969.
184. Pietraru, V.: Calculul infiltrațiilor, Ed. Ceres, București, 1977 (ed. a doua).
185. Pillsbury, A.F.: Observations on tile performance, Amer. Soc. Civil Eng., Proc. 93 (IR 3), 1967.
186. Polubarinova, K.: Teoria dvijenia gruntovih vod (l. rusă), Moscova, 1932.
187. Pullen, D.W.: An analysis of the present use of permeable backfill FDEU, Tech. Bul. 73/1, Cambridge, 1973.
188. Raadzma, S.: Current drainage practices in flat areas of humid regions in Europe, Drainage for agriculture, ASA, Agronomy no. 17, USA, 1974.
189. Rektorik, R.J., Myers, V.I.: Polyethylene drainage pipe installation techniques and field performance, Amer. Soc. Agr. Eng. Trans. 10, 1967.
190. Saulmon, W.R.: Need for envelope material above drain tile, Jour. of the Irrig. and Drainage Division, Proc. of the ASCE, vol. 97, no. IR 4, Dec. 1971.
191. Săndulescu, T. Haret, C., Stanciu, I.: Stadiul actual al folosirii materialelor plastice la drenarea terenurilor agricole și perspectivele pentru folosirea lor în țara noastră, CIDI, Seria D. Imb. funciare nr. 2/1973.
192. Scheffer, B.: Die entwicklung und anwendung eindimensionaler modelle der zwoedimensionalen grundwasserbewegung in fluss, Graben und Drännähe, Inst. für Hydr. und Hydrologie, Bericht nr. 9, Darmstadt, 1973.

193. Schilfgaard, J. van, Kirkham, D., Frevert, R.F.: Physical and mathematical theories of tile and ditch drainage their usefulness in design, Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 436, 1956.
194. Schilfgaard, J. van.: Limitation of Dupuit-Forchheimer theory in drainage, Trans. of the ASAE, vol. 8, no 4. Saint Joseph, Michigan, 1965.
195. Schilfgaard, J. van.: Drainage yesterday, today and tomorrow, National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec. 6-7, 1971.
196. Schilfgaard, J. van.: Drainage for agriculture, Number 17 in Agronomy, ASA, Inc. Publ. Madison, Wisconsin, USA, 1974.
197. Schilfgaard, J. van.: Progress and problems in drainage design, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 4.03.
198. Schneebeli, G.: Hidraulique souterraine, Ed. Eyrolles, Paris, 1966.
199. Schwab, G.O., Taylor, G.S.: Polution in drainage runoff, Winter Meeting, ASAE, Sherman-House, Chicago, Illinois, Dec. 9-12, 1969.
200. Schwab, G.O., Nolte, B.H., Brehm, R.D.: Sediment from drainage system for a heavy soil, Winter Meeting ASAE, Palmer House, Chicago, Illinois, Dec. 15-18, 1975.
201. Schwab, G.O., Drablos, C.J.W.: Deflection-stiffness characteristics of corrugated plastic tubing, Winter Meeting, ASAE, Palmer House, Chicago, Illinois, Dec. 15-18, 1975.
202. Schwab, G.O., Michener, D.W., Gordons, J.D., Kopcak, D.E., Olosky, C.J.: Field evaluation of subsurface drainage USDA, SCS, Lincoln, Nebraska, USA, Contr. nr. AG-31 SCS-01771, CARDC, Proj. No. SS-266:
Phase I - sept. 1978.
Phase II - dec. 1979.
203. Segeren, W.A., Zuidema, F.C.: Ontwikkelingen in de drainage techniek, Cultuurtechnische Verhandelingen, Min. van Landbouw, s - Gravenhage, 1969.
204. Shull, H.: Laboratory studies of glass fiber filter materials, Winter Meeting, ASAE, Chicago, Illinois, Dec. 10-13, 1977.
205. Sisson, D.R., Jones, B.A.: A Comparison of filter materials for tile drains, Winter Meeting, ASAE, Memphis Tennessee, Dec. 4-7, 1960.
206. Sisson, D.R., Jones, B.A. Jr.: Filter materials for tile drains in a medium sand, a laboratory comparison, Amer. Soc. Agr. Eng., Trans. nr. 5(1), 1962.
207. Sisson, D.R.: Envelope materials - their use in drainage, Conf. Proc. ASAE, St. Joseph, Michigan, 1965.
208. Someren, C.L. van: Het drainage onderzoek in Nederland, Rapport Cultuurtechnische Dienst, 1958.
209. Someren, C.L. van: De toepassing van plastieken draineerbuisen in Netherlands, Cultuurtechnische dienst, Utrecht, Sept. 1965.

210. Someren, C.L. van: The use of plastic drainage pipes in the Netherlands, Cultuurtechnische dienst, Utrecht, Sept. 1965.
211. Someren, C.L. van, Zeijts, T.E.J. van: Tehniwues et couts du drainage souterrain, au Pays-Bas, Commission Europeenne D'agriculture, Cinquieme session, Point 4, FAO, Juillet, 1972.
212. Someren, C.L. van: Drainage materials, Synthesis ILRI, Food and agriculture organization of the United Nations, nr. 9, Rome, 1972.
213. Someren, C.L. van: Voorstel keuze drainagematerialen, Nota int. (provisional), ILRI, Wageningen, The Netherlands, 1974.
214. Stanciu, I., Borsaru, I.: Cercetări asupra materialelor plastice și folosirea lor în construcțiile hidroameliorative, CIDH, Seria D, Imb. funciare, nr. 4/1973.
215. Stanciu, I., Săndulescu, T., Uncianschi, L. Pop, I.: Drenarea terenurilor agricole, metode, materiale, tehnologii de execuție, CIDH, București, Studii de sinteză, nr. 1/1973.
216. Stanciu, I.: Contribuții la tehnica drenajului terenurilor agricole în condițiile zonei umede și a zonei secetoase cu aplicare la depresiunea Bîrsei și Valea Carasu, Teză de doctorat I.A. "Nicolae Bălcescu" București, 1976.
217. Steinhardt, R., Trafford, B.D.: Some Effects of sub-surface drainage and ploughing on the structure and compactability of a clay soil, Jour. of Soil Sci., vol. 25, no. 2, June 1974.
218. Strungă, V., Teleba, P.: Cercetări privind utilizarea la drumuri a materialelor textile neșesute filtrante fabricate din fibre sintetice, Rev. Transporturilor și telecomunicațiilor nr. 5/1976, București.
219. Strungă, V.: Consolidarea terasamentelor în zone inundabile sau în zone cu irigații ("Instrucție privind utilizarea materialelor textile la proiectarea și executarea drumurilor"), ICPTT, București, 1975.
220. Taylor, S.G., Goins, T.: Field evaluation of tile drain filters in a humid region soil, Ohio Agricultural Research and Development Center, Res. Circular 154, Wooster, Ohio.
221. Terazaghi, K., Peck, R.B.: Soil mechanics in engineering practice, John Wiley, New York, 1968.
222. Tököz, S., Kirkham, D.: Steady drainage of layered soil: I Theory, II Nomographs, Jour. of the Irig. and Drainage Division, Proc. of the ASCE, vol 97 (IR 1), March, 1971.
223. Trafford, B.D.: The theoretical backround to the use of gravel as the material on and around field drains, FDEU, Tech. Bul. 72/7, Cambridge, 1972.

224. Trafford, B.D.: Field drainage experiments in England and Wales, FDEU, Tech. Bul, 72/12, Cambridge, 1972.
225. Trafford, B.D.: The application of synthetic materials to field drainage techniques and practices, Paper R3 G 28, 1, 8th Congr. ICIT., Varna, 1972.
226. Trafford, B.D.: The role of the pipe in field drainage, FDEU, Tech. Bul. 74/15, Cambridge, 1974.
227. Trafford, B.D.: A guide to drainage design techniques based on scientific methods, FDEU, Tech. Bul. 74/7, Cambridge, 1974.
228. Trafford, B.D.: Drainage experiments and drainage design, MAFE, Tech. Bul. 29, HMSO, 1975.
229. Trofin, E., Mănescu, M.: Cercetări experimentale în vederea stabilirii eficienței de filtrare a unei țesături din deșeuri sintetice, Inst. de Construcții București, Fac. de Hidrotehnică, Sept. 1975.
230. Verruijt, A.: Theory of groundwater flow, Delft, The Netherlands, May, 1969.
231. Zaslavsky, D.: Definition of the drainage filter problem, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 2, 11, 1979.
232. Zuidema, F.C.: Mondelinge mededeling, Lekystad, The Netherlands, 1971.
233. Zuidema, F.C., Scholten, J.: Model tests on drainage materials, IJssel Polders Nevelopment Authority, Scientific departament Smedinghuis-Lelystad, The Netherlands, 1974.
234. Zuidema, F.C., Scholten, J.: Model tests on drainage materials, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, nr. 2, 11, 1979.
235. Watts, D.G., Luthin, J.N.: Tests of thick fiber glass for subsurface drains, Hilgardia 35 (5), 1963.
236. Wehry, A.: Curs desecări, Partea I și II, I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1975.
237. Wehry, A., Chivereanu, D., Man, T.E.: Studiul rezistenței hidraulice la intrarea apei în drenuri, Sem. Mat. de Hidraulică Aplicată, Timișoara, 1-3 nov. 1973.
238. Wehry, A., Man, T.E., Chivereanu, D., Moca, I.: Cercetări asupra unor noi materiale filtrante pentru drenurile agricole din RSR Ses. de com. tehn.-științifice dedicată Festivalului național "Cântarea României", I.P. "Traian Vuia" Timișoara, Apr. 1977.
239. Wehry, A., Chivereanu, D., Man, T.E., Uncianschi, L., Bîrdiță, I., Horvath, St.: Stabilirea cercetărilor de drenaje pe solurile din zone umede și subumede pe baza măsurărilor efectuate în câmpurile experimentale de la Berini și Găvojdia, Jud. Timiș, Buletinul tehnico-științific al I.P. "Traian Vuia" Timișoara, Tom. 24(38), Seria Construcții, Fasc. 1/constr., 1979.

240. Wehry, A., Chivereanu, D., Man. T. E.: Indrumător pentru lucrări practice la drenaje și irigații, I. P. "Traian Vuia" Timișoara, 1978.
241. Wehry, A., Man. T. E.: Porozitatea drenabilă a solului, Bul. șt. și tehn. al I. P. "Traian Vuia" Timișoara, Tom 2(36), Seria Construcții Fasc. 1 - 1977.
242. Wehry, A., Man. T. E., Buhociu, L.: Rezultate preliminare privind extinderea gamei de materiale filtrante pentru drenaje, Analele ICITID Băbeasa-Giurgiu, Vol. I(XII), 1978.
243. Wehry, A., Man. T. E.: Studii și cercetări privind filtrele drenajelor agricole, Revista Hidrotehnica, Vol. 24, nr. 7, p. 161-163, București 1979.
244. Wehry, A., David, I., Man. T. E.: Drenajul și problema materialelor filtrante, Ses. de com. științ. org. în cinstea celui de-al XII-lea Congres al PCR în cadrul Festiv. "Cântarea României" ed. II-a, I. P. "Traian Vuia" Timișoara, 27-28 Oct. 1979.
245. Wehry, A., David, I., Man. T. E.: Probleme actuale în tehnica drenajului, Ed. Facla Timișoara, 1981.
246. Wesselling, J.: Enige resultaten vat het onderzoek naar de perforatie van plastic draineerbuisen, Rept. ICW, Wageningen (Mimeograph), 1979.
247. Wesselling, J.: Wanddikte, dynameter en aantal perforaties van plastic drainhuizen, Nota ICW, Wageningen.
248. Wesselling, J., Homma, F.: Entrance resistance of plastic drain tubes Tech. Bul. 51/1967, Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, The Netherlands.
249. Wesselling, J., Homma, F.: Hydraulic resistance of drain pipe, Tech. Bul. 50/1967, Inst. for Land and Water Manag. Research, Wageningen, The Netherlands.
250. Wesselling, J.: Hooghoudt's theory of drainage, Institut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen, The Netherlands.
251. Wesselling, J.: The effect of using continually submerged drains on drain spacings, Tech. Bul. 35, ICW, Wageningen, The Netherlands.
252. Wesselling, J., Someren, C. L. van: Drainage materials (The Netherlands) Fourth Session of the ECA Working Paper on Water Resources and Irrigation, Tel Aviv, 1970.
253. Wesselling, J.: Proceedings of the International Drainage Workshop, ILRI, Publ. nr. 25, Wageningen, The Netherlands, 1979.
254. Wesselling, J.: Effects of drainfilters in the design of drainage systems, Research Digest 1980, ICW, Wageningen, The Netherlands.

255. Widmoser, P.: Potenzialströmung zu geschlitzten Rohren, In: Schweizerische Bauzeitung nr.52/1966.
256. Widmoser, P.: Der Eintritsbereich an Dränagerohren, Schweiz. Zeitschr. für Vermessung, Priotogrammetrie und Kulturtechnik, Sondernummer, Sept. 1967.
257. Widmoser, P.: Der Einfluss von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drain und Brunnenfilterrohren, Schweizerische, Bauzeitung 86 (9), 1968.
258. Widmoser, P.: Unele concluzii la teoria afluxului către tuburile de drenaj. Traduse din: Wasser und Boden nr.2/1972; CIDH București T.32/mai 1973.
259. Williard, W.S.: Glass fiber mat for tile cover, Land Improvement Magazine, Nanhtan Kan, March, 1957.
260. Williardson, L.S., Kahn, L.A.: Hydraulic head loss near a simulated drain opening with envelope material, Third National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec.13-14, 1976.
261. Williardson, L.S.: Envelope materials, Drainage for agriculture, Secr. IV(9), ASA, Madison, Wisconsin, USA, 1974.
262. Winger, R.J., Ryan, W.F.: Gravel envelopes for pipe drains-design paper, no.70-708, Amer. Soc. Agr. Eng., Winter Meeting, Chicago, Illinois, Dec.8-11, 1970.
263. Youngs, E.G.: Water-table heights in homogenous soil drained by nonigeal drains, Jour. of Hydrology nr.21, North Holland Publ. Company, Amsterdam, 1974.
264. Manolescu, P., Ionescu-Golovanov, C.: Măsurile electrice și electronice, Ed. did. și ped., București, 1980.

A N E X E

1. Fotografii: Detalii de așezare a tubului de dren și a materialelor filtrante în standul avînd drenul așezat vertical pentru determinarea pe cale experimentală a coeficientului de rezistență la intrarea apei în tuburile de dren fără filtru sau în complex cu diferite materiale filtrante.

2. Fișe de măsurători experimentale pe standul avînd drenul așezat vertical:

- ex.1. Laboratorul ILRI/ICW Wageningen(Olanda) pentru tubul de dren din plastic riflat \varnothing 6,0 cm înfășurat cu un strat I.F.S ca material filtrant.
- ex.2. Laboratorul de îmbunătățiri funciare, Catedra C.H.I.F, I.P. "Tr.Vuia" Timișoara pentru tubul de dren din plastic riflat \varnothing 8,0 cm avînd în jur zgură expandată de furnal (Călan) ca material filtrant.
- ex.3. Laboratorul de îmbunătățiri funciare, Catedra C.H.I.F. I.P. "Tr.Vuia" Timișoara pentru tubul de dren din ceramică (hexagonal) \varnothing 9,0 cm înfășurat cu un strat de terasin 200 ca material filtrant.

3. Curbele granulometrice ale materialelor filtrante granulare testate:

- Fig.3.1. Zgură granulată de furnal(C.S.Reșița și Calafți)
- Fig.3.2. Zgură expandată de furnal(Călan)
- Fig.3.3. Nisip din râul Timiș(Sag) și pietriș (Jud.Timiș)
- Fig.3.4. Nisip de la Rudna-Giulvăz(Jud.Timiș) și nisip fin de la Parța(Jud.Timiș)+ Caraci(Jud.Timiș).

4. Evoluția în timp a rezistenței la intrare.

- 4.1. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație a nisipului din standul avînd drenul așezat vertical pentru D.P.R. \varnothing 6,0 cm avînd în jur paie de orz ca material filtrant.
- 4.2. Idem, pentru D.P.R. \varnothing 6,5 cm avînd în jur zgură granulată de furnal(C.S.Reșița) ca material filtrant.
- 4.3. Idem, pentru D.P.R. \varnothing 6,5 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.
- 4.4. Idem, pentru D.P.R. \varnothing 5,0 cm înfășurat cu un strat de Lincatex ca material filtrant.
- 4.5. Idem, pentru D.P.R. \varnothing 8,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.

5. Curbele granulometrice ale solurilor folosite în cadrul experimentărilor privind colmatarea în timp a materialelor filtrante:

5.1. Sol aluvial P.I.F, lăcoviște Berini (Jud. Timiș), brun vertic Berini (Jud. Timiș), soloneț I.A. Timișoara.

5.2. Cernoziom gleizat I.A. Timișoara, aluvial gleizat Caraci (Jud. Timiș), lăcoviște solonetizată.

5.3. Cernoziom gleizat Grabaț US₃ și US₅ (Jud. Timiș); 5.4 brun eu-mezobazic gleizat Pădureni US₄ și US₅ (Jud. Timiș).

6. Curbele granulometrice ale nisipului local de Sag (rîul Timiș) și Igrîș (rîul Mureș).

7. A. Evoluția în timp a debitelor scurse prin DPR \emptyset 6,5 cm fără filtru și cu zgură granulată de furnal ca material filtrant așezate în standul avînd drenul așezat orizontal avînd în jur sol brun vertic de la Berini.

B. Curba înfășurătoare a evoluției debitelor scurse prin DPR \emptyset 6,5 cm fără filtru și cu zgură granulată de furnal ca material filtrant pentru determinarea debitului stabilizat (q_c) în timp ca urmare a colmatarei.

8. Prelucrarea măsurătorilor de pe modelul electric privind stabilirea suprafeței minime a perforațiilor tubului de dren.

9. Rezultatele măsurătorilor pe modelul electric prelucrate pentru trasarea diagramelor.

DETALII DE ASEZARE A TUBULUI DE DREN SI A MATERIALILOR FILTRANTE
IN STANDUL AVIND DRENUL ASEZAT VERTICAL PENTRU DETERMINAREA PE
CALE EXPERIMENTALA A COEFICIENTULUI DE REZISTENTA LA INTRAREA
APEI IN TUBURILE DE DREN FARA FILTRU SAU IN COMPLEX CU DIFERITE
MATERIALE FILTRANTE.

(extras)

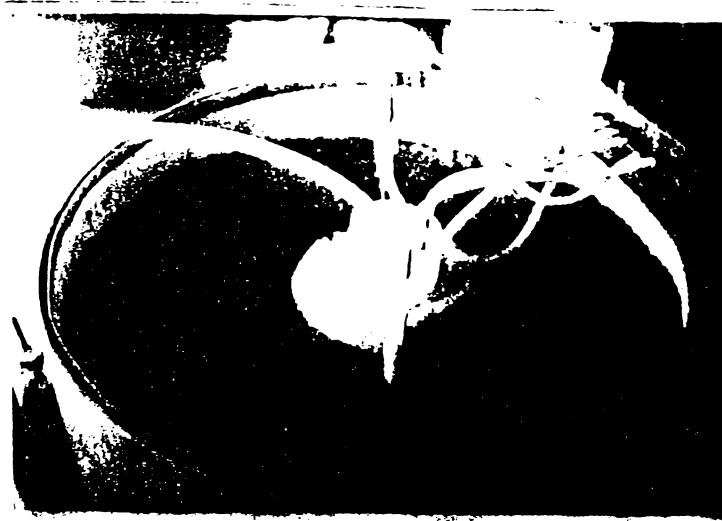


Foto 1. Detaliu varianta cuprinzând D.P.R. ϕ 11,0 cm avînd în jur zgură granulată de furnal sort > 1 mm în grosime de 5 cm, ca material filtrant.



Foto.2. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. ϕ 6,5 cm avînd în jur zgură granulată de furnal (nesortată) în grosime de 5 cm, ca material filtrant.



Foto.3. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. ϕ 6,5 cm avînd în jur pietriș sortat (3-7 mm) în grosime de 5 cm ca material filtrant.

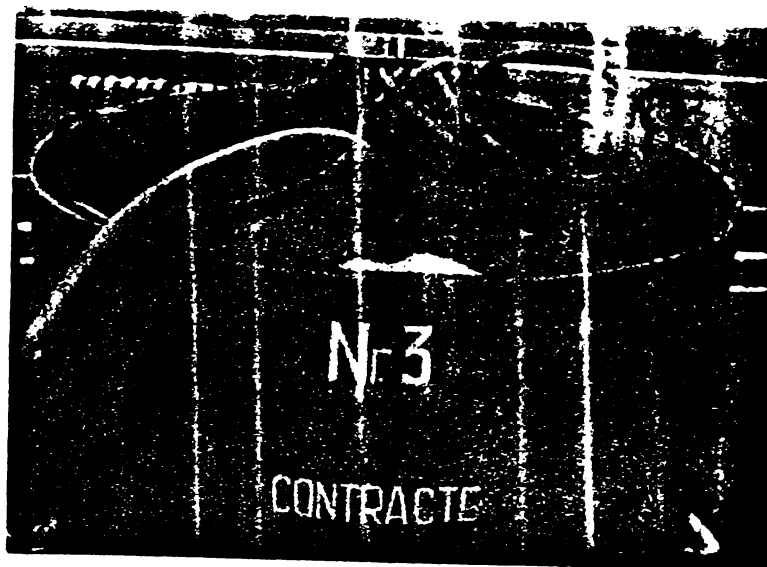


Foto.4. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur balast în grosime de 4,0-5,0 cm, ca material filtrant.

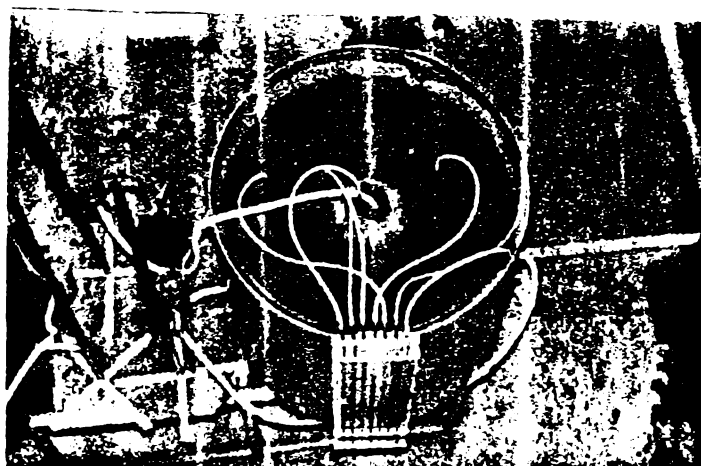


Foto.5. Detaliu varianta cuprinzînd D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm avînd în jur un strat I.F.S.+zgură granulatã de furnal în grosime de 2,5 cm, ca material filtrant.

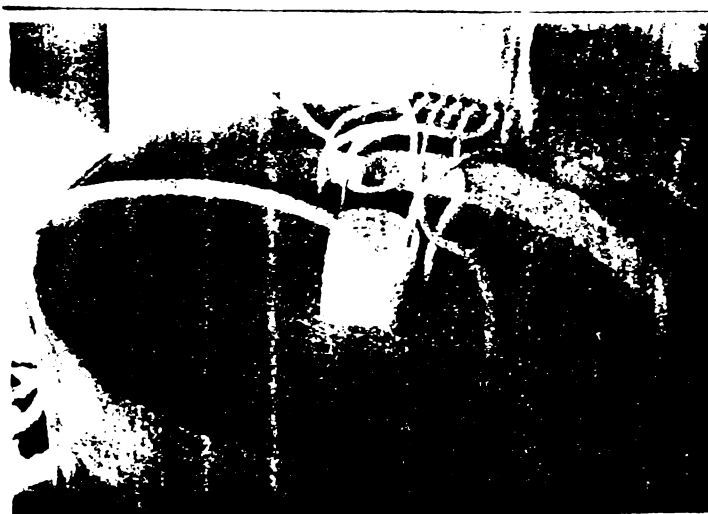


Foto.6. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 11,0 cm avînd în jur tulpini de in în grosime de 5,0 cm, ca material filtrant.



Foto.7. Detaliu varianta cuprinzând D.P.R. \varnothing 6,5 cm fără material filtrant.

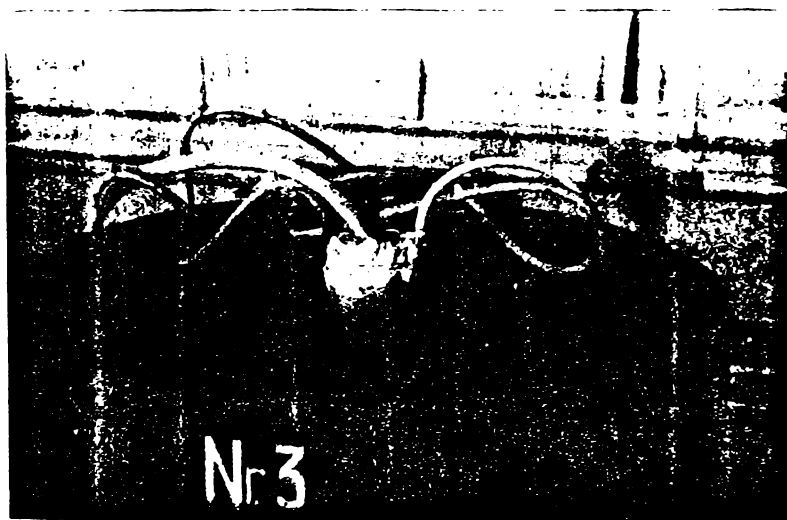


Foto.8. Detaliu varianta cuprinzând D.P.R. \varnothing 6,5 cm avînd în jur vată de sticlă în grosime de 2,0 cm, ca material filtrant.



Foto.9. Detaliu varianta cuprinzând D.P.R. \varnothing 6,5 cm avînd în jur deșeuri textile (Intreprinderea textilă București), ca material filtrant.

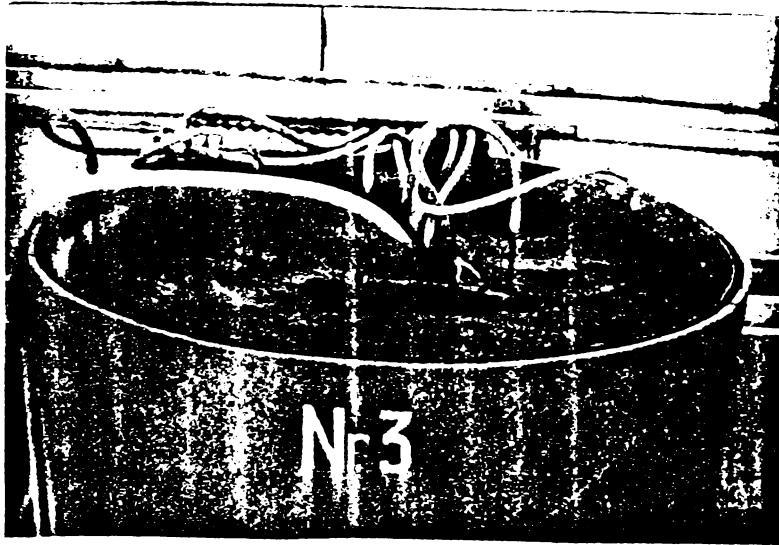


Foto.10. Detaliu varianta cuprinzînd D.C.Hex. \emptyset 9,0 cm avînd drenatex (saltea și plapumă) ca material filtrant.

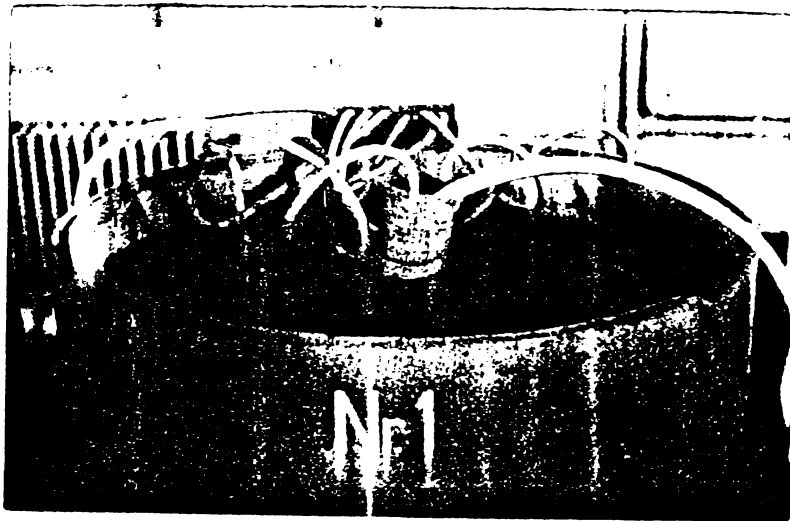


Foto.11. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd înfășurat în jurul său un strat de drenatex ca material filtrant.

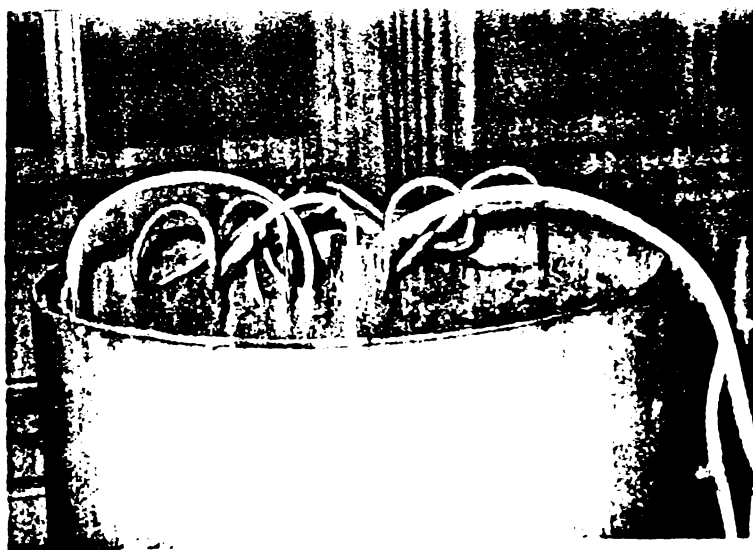


Foto.12. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 6,5 cm avînd înfășurat în jurul său un strat de netesin (344 g/mp) ca material filtrant.

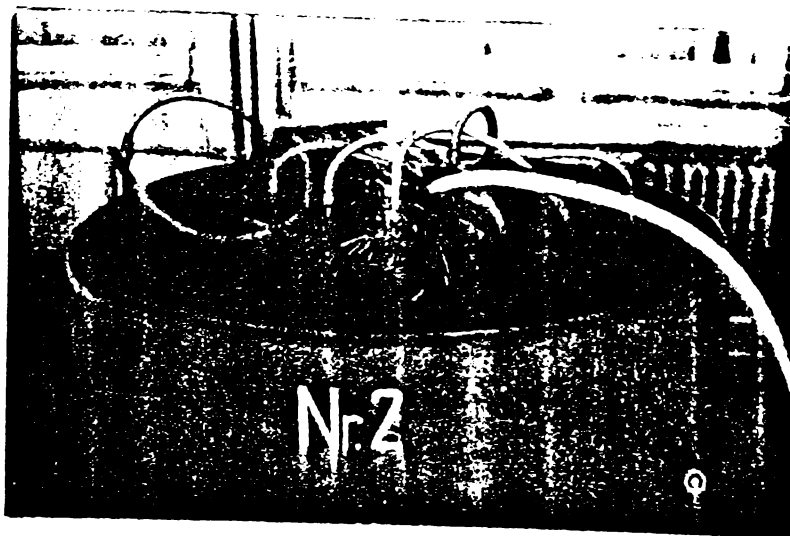


Foto.13. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jur preînfășurat un strat de paie de grîu (1,5-2,0 cm grosime) ca material filtrant.

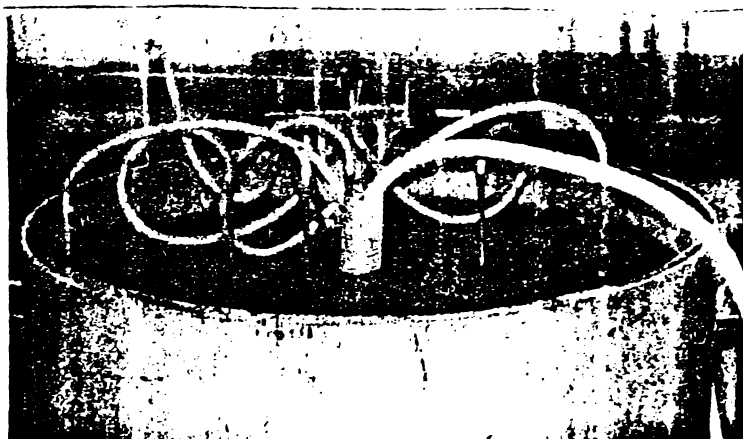


Foto.14. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 5,0 cm fără material filtrant.



Foto.15. Detaliu varianta cuprinzînd D.P.R. \emptyset 8,0 cm avînd în jurul său un strat de filtex, ca material filtrant.

Anexa 2

ex.1

Măsurarea rezistenței la intrarea apei în dren
(Lab.ILRI/ICW Wageningen OLANDA)

Tubul de dren - diametru: 6,0 cm, D.P.R.

- perforații: 6 rânduri (1,2 x 3,0 mm, ovale)

- filtru: 1 strat I.F.S.

Stand nr.4. Umplut cu: nisip.

Locul piezometrelor:

Piezometru	Int. dren (hi)	1 (ho)	2	3	4	5	6	7
Dist.de la centru.	-	4	6	9	14	21	33	ext. apă.

Măsurători:

Zi-ua	Data	Temp.	Piezometre								Debitul (cm ³ /min)
			Int.dren (hi)	Ext. dren (filtru) (ho)	1	2	3	4	5	6	
1	15.XI.74.	14,8	63,90	64,05	64,55	65,50	66,10	66,80	67,50	67,65	355
	"	"	62,05	62,25	63,00	64,45	65,35	66,40	67,40	67,60	525
	"	"	66,10	66,15	66,35	66,70	66,90	67,30	67,55	67,70	137
2	16.XI.74.	15,2	62,00	62,20	63,50	64,35	65,30	66,40	67,30	67,5	528
	"	"	62,75	62,95	63,65	64,80	65,60	66,55	67,30	67,5	455
	"	"	62,05	62,25	63,00	64,40	65,30	66,40	67,40	67,60	526
3	17.XI.74	15,0	61,55	61,85	62,80	64,10	65,10	66,30	67,20	67,40	545
	"	"	62,85	63,05	63,10	64,85	65,65	66,60	67,35	67,50	455
	"	"	65,30	65,40	65,75	66,25	66,65	67,10	67,50	67,65	220
4	18.XI.74.	14,6	64,45	64,60	65,05	65,75	66,30	66,90	67,45	67,60	300
	"	"	61,50	61,80	62,65	64,05	65,10	66,30	67,25	67,40	500
	"	"	62,75	63,00	63,70	64,80	65,60	66,50	67,25	67,50	443
5	19.XI.74.	14,5	64,40	64,55	65,00	65,80	66,30	67,00	67,45	67,60	305
	"	"	65,40	65,50	65,80	66,10	67,70	67,15	67,50	67,60	211
	"	"	63,20	63,40	64,05	65,10	65,80	66,70	67,40	67,55	406

1. Calculul rezistenței la intrare

$$W_{if} = \frac{(h_o - h_i) h_i}{q} \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{11} = \frac{0,15 \cdot 63,9}{355} : 14,4 = 0,00188 \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{12} = \frac{0,20 \cdot 62,05}{525} : 14,4 = 0,00164 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{13} = \frac{0,05 \cdot 66,10}{137} : 14,4 = 0,00168 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{21} = \frac{0,20 \cdot 62,0}{528} : 14,4 = 0,00163 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{22} = \frac{0,20 \cdot 62,75}{453} : 14,4 = 0,00192 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{23} = \frac{0,20 \cdot 62,05}{526} : 14,4 = 0,00164 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{31} = \frac{0,30 \cdot 61,55}{543} : 14,4 = 0,00236 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{32} = \frac{0,20 \cdot 62,85}{435} : 14,4 = 0,00201 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{33} = \frac{0,10 \cdot 65,3}{220} : 14,4 = 0,00206 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{41} = \frac{0,15 \cdot 64,45}{300} : 14,4 = 0,00224 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{42} = \frac{0,30 \cdot 61,5}{508} : 14,4 = 0,00252 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{43} = \frac{0,25 \cdot 62,75}{443} : 14,4 = 0,00246 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{51} = \frac{0,15 \cdot 64,4}{305} : 14,4 = 0,00220 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{52} = \frac{0,10 \cdot 65,5}{211} : 14,4 = 0,00215 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{53} = \frac{0,20 \cdot 63,2}{406} : 14,4 = 0,00216 \text{ (zile/m)}$$

Mediile zilnice ale rezistenței la intrare

$$W_1 = \frac{W_{11} + W_{12} + W_{13}}{3} = \frac{0,00188 + 0,00164 + 0,00168}{3} = 0,00173 \text{ (zile/m)}$$

$$W_2 = \frac{W_{21} + W_{22} + W_{23}}{3} = \frac{0,00163 + 0,00192 + 0,00164}{3} = 0,00173 \text{ (zile/m)}$$

$$W_3 = \frac{W_{31} + W_{32} + W_{33}}{3} = \frac{0,00236 + 0,00201 + 0,00206}{3} = 0,00214 \text{ (zile/m)}$$

$$W_4 = \frac{W_{41} + W_{42} + W_{43}}{3} = \frac{0,00224 + 0,00252 + 0,00246}{3} = 0,00241 \text{ (zile/m)}$$

$$W_5 = \frac{W_{51} + W_{52} + W_{53}}{3} = \frac{0,00220 + 0,00215 + 0,00216}{3} = 0,00217 \text{ (zile/m)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a rezistenței la intrare

$$W_{if \text{ med}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{if}}{n} = \frac{0,00173+0,00173+0,00214+0,00241+0,00217}{5} =$$

$$= 0,00204 \text{ (zile/m)}$$

2. Calculul coeficientului de filtrație al nisipului din stand

$$k_1 = \frac{q}{\frac{\pi}{\ln r_6/r_2} (h_6^2 - h_2^2)} \quad (\text{m/zi}) \quad \begin{array}{l} r_2 = 4,0 \text{ cm} \\ r_6 = 33,0 \text{ cm.} \end{array}$$

$$K_{21} = \frac{355}{1,49.3,45.131,55} \cdot 14,4 = 7,56 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{12} = \frac{525}{1,49.5,15.129,65} \cdot 14,4 = 7,60 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{13} = \frac{137}{1,49.1,40.133,7} \cdot 14,4 = 7,07 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{21} = \frac{528}{1,49.5,1.129,5} \cdot 14,4 = 7,73 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{22} = \frac{453}{1,49.4,35.130,25} \cdot 14,4 = 7,73 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{23} = \frac{526}{1,49.5,15.129,65} \cdot 14,4 = 7,61 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{31} = \frac{543}{1,49.5,35.129,05} \cdot 14,4 = 7,60 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{32} = \frac{435}{1,49.4,30.130,4} \cdot 14,4 = 7,50 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{33} = \frac{220}{1,49.2,10.132,9} \cdot 14,4 = 7,62 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{41} = \frac{300}{1,49.2,85.132,05} \cdot 14,4 = 7,70 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{42} = \frac{508}{1,49.5,45.129,05} \cdot 14,4 = 6,98 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{43} = \frac{443}{1,49.4,25.130,25} \cdot 14,4 = 7,73 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{51} = \frac{305}{1,49.2,9.132,00} \cdot 14,4 = 7,70 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{52} = \frac{211}{1,49.2,0.133,00} \cdot 14,4 = 7,67 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{53} = \frac{406}{1,49 \cdot 4,0 \cdot 130,8} \cdot 14,4 = 7,50 \text{ (m/zi)}$$

Mediile zilnice ale coeficientului de filtratie al nisipului din stand.

$$K_1 = \frac{K_{11} + K_{12} + K_{13}}{3} = \frac{7,56 + 7,60 + 7,57}{3} = 7,41 \text{ (m/zi)}$$

$$K_2 = \frac{K_{21} + K_{22} + K_{23}}{3} = \frac{7,73 + 7,73 + 7,51}{3} = 7,69 \text{ (m/zi)}$$

$$K_3 = \frac{K_{31} + K_{32} + K_{33}}{3} = \frac{7,60 + 7,50 + 7,52}{3} = 7,57 \text{ (m/zi)}$$

$$K_4 = \frac{K_{41} + K_{42} + K_{43}}{3} = \frac{7,70 + 6,98 + 7,73}{3} = 7,44 \text{ (m/zi)}$$

$$K_5 = \frac{K_{51} + K_{52} + K_{53}}{3} = \frac{7,70 + 7,67 + 7,50}{3} = 7,62 \text{ (m/zi)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a coeficientului de filtratie.

$$k_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n} = \frac{7,41 + 7,69 + 7,57 + 7,44 + 7,62}{5} = 7,55 \text{ (m/zi)}$$

3. Calculul coeficientului de rezistență la intrare.

$$\xi_{if} = W_{med} \cdot k_{med} = 0,00204 \cdot 7,55 = 0,0154.$$

Măsurarea rezistenței la intrarea apei în dren
(Lab.I.F., Cat.CHIF, I.P."Tr.Vuia" Timișoara)

Tubul de dren- diametru: 8,0 cm, D.P.R.

- perforații: 6 rînduri

- filtru: zgură expandată de furnal (4 cm grosime)

Stand nr.2.

Umplut cu nisip.

Locul piezometrelor:

Piezometru	Int. dren (hi)	Ext.dren (filtru) (ho)	1	2	3	4	5
Dist.de la centru.	-	\varnothing_{d+f}	11,8	17,5	25,8	38,0	ext. apă.

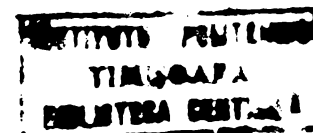
Măsurători:

Zi-ua.	Data	Temp (°C)	Piezometre							Debitul (cm ³ /min)
			Int. dren (hi)	Ext. dren (filtru) (ho)	1	2	3	4	5	
1	17.IV.79	12,00	65,40	65,45	67,00	67,30	68,85	70,20	70,30	600
	"-		65,40	65,45	67,05	67,35	68,95	70,35	70,45	580
	"-		65,05	65,10	66,80	67,20	68,90	70,40	70,45	624
2	18.IV.79	12,20	64,10	64,15	66,10	66,50	68,40	70,10	70,20	670
	"-		66,55	66,60	68,00	68,20	69,50	70,60	70,70	470
	"-		63,10	63,20	65,30	65,75	67,90	69,60	69,80	730
3	19.IV.79	12,10	63,85	63,90	65,75	66,30	68,20	69,65	69,80	600
	"-		64,95	65,00	66,60	67,10	68,50	69,90	70,20	440
	"-		65,45	65,50	66,80	67,20	68,80	70,10	70,25	490
4	20.IV.79	12,00	65,05	65,10	66,70	67,10	68,90	70,20	70,30	520
	"-		63,75	63,80	66,20	66,60	68,80	70,50	70,60	630
	"-		60,30	60,40	63,95	64,80	65,90	70,60	70,70	760
5	21.IV.79	12,00	62,20	62,30	65,10	65,80	68,30	70,30	70,50	750
	"-		58,00	58,10	62,35	63,50	68,85	69,05	70,10	1000
	"-		62,20	62,30	65,00	65,60	68,30	70,20	70,30	700

1. Calculul rezistenței la intrare

$$W_{if} = \frac{(h_o - h_i) h_i}{q} \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{11} = \frac{0,05 \cdot 65,40}{600} : 14,40 = 0,000578 \quad (\text{zile/m})$$



$$W_{12} = \frac{0,05 \cdot 65,40}{580} : 14,40 = 0,000392 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{13} = \frac{0,05 \cdot 65,05}{624} : 14,40 = 0,000364 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{21} = \frac{0,05 \cdot 64,10}{670} : 14,40 = 0,000348 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{22} = \frac{0,05 \cdot 66,55}{470} : 14,40 = 0,000492 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{23} = \frac{0,10 \cdot 63,10}{730} : 14,40 = 0,000600 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{31} = \frac{0,05 \cdot 63,85}{600} : 14,40 = 0,000370 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{32} = \frac{0,05 \cdot 64,95}{440} : 14,40 = 0,000513 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{33} = \frac{0,05 \cdot 65,45}{490} : 14,40 = 0,000464 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{41} = \frac{0,05 \cdot 65,05}{520} : 14,40 = 0,000434 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{42} = \frac{0,05 \cdot 63,75}{630} : 14,40 = 0,000351 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{43} = \frac{0,10 \cdot 60,30}{960} : 14,40 = 0,000436 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{51} = \frac{0,10 \cdot 62,20}{750} : 14,40 = 0,000576 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{52} = \frac{0,10 \cdot 58,00}{1000} : 14,40 = 0,000403 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{53} = \frac{0,10 \cdot 62,20}{700} : 14,40 = 0,000617 \text{ (zile/m)}$$

Mediile zilnice ale rezistenței la intrare

$$W_1 = \frac{W_{11} + W_{12} + W_{13}}{3} = \frac{0,000378 + 0,000392 + 0,000364}{3} = 0,000378 \text{ (zile/m)}$$

$$W_2 = \frac{W_{21} + W_{22} + W_{23}}{3} = \frac{0,000348 + 0,000492 + 0,000600}{3} = 0,000480 \text{ (zile/m)}$$

$$W_3 = \frac{W_{31} + W_{32} + W_{33}}{3} = \frac{0,000370 + 0,000513 + 0,000464}{3} = 0,000449 \text{ (zile/m)}$$

$$W_4 = \frac{W_{41} + W_{42} + W_{43}}{3} = \frac{0,000434 + 0,000351 + 0,000436}{3} = 0,000407 \text{ (zile/m)}$$

$$W_5 = \frac{W_{51} + W_{52} + W_{53}}{3} = \frac{0,000576 + 0,000403 + 0,000617}{3} = 0,000532 \text{ (zile/m)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a rezistenței la intrare.

$$W_{if \text{ med}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{if}}{n} = \frac{0,000378 + 0,000480 + 0,000449 + 0,000407 + 0,000532}{5} = 0,000449 \text{ (zile/m)}$$

2. Calculul coeficientului de filtrație al nisipului din stand.

$$k_i = \frac{q}{\frac{\pi}{\ln r_4/r_2} (h_4^2 - h_2^2)} \quad (\text{m/zi}) \quad \begin{array}{l} r_2 = 17,50 \text{ cm} \\ r_4 = 38,00 \text{ cm.} \end{array}$$

$$K_{11} = \frac{600}{4,05 \cdot 2,90 \cdot 137,50} \cdot 14,40 = 5,35 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{12} = \frac{580}{4,05 \cdot 3,00 \cdot 137,70} \cdot 14,40 = 5,16 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{13} = \frac{624}{4,05 \cdot 3,20 \cdot 137,60} \cdot 14,40 = 5,04 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{21} = \frac{670}{4,05 \cdot 3,60 \cdot 136,60} \cdot 14,40 = 4,84 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{22} = \frac{470}{4,05 \cdot 2,40 \cdot 138,80} \cdot 14,40 = 5,02 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{23} = \frac{730}{4,05 \cdot 3,85 \cdot 135,35} \cdot 14,40 = 4,98 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{31} = \frac{600}{4,05 \cdot 3,35 \cdot 135,95} \cdot 14,40 = 4,68 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{32} = \frac{440}{4,05 \cdot 2,80 \cdot 137,00} \cdot 14,40 = 4,08 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{33} = \frac{490}{4,05 \cdot 2,90 \cdot 137,30} \cdot 14,40 = 4,38 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{41} = \frac{520}{4,05 \cdot 3,10 \cdot 137,30} \cdot 14,40 = 4,34 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{42} = \frac{630}{4,05 \cdot 3,90 \cdot 137,10} \cdot 14,40 = 4,19 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{43} = \frac{960}{4,05 \cdot 5,80 \cdot 135,40} \cdot 14,40 = 4,35 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{51} = \frac{750}{4,05 \cdot 4,50 \cdot 136,10} \cdot 14,40 = 4,35 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{52} = \frac{1000}{4,05 \cdot 6,35 \cdot 133,35} \cdot 14,40 = 4,20 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{53} = \frac{700}{4,05 \cdot 4,60 \cdot 135,80} \cdot 14,40 = 3,98 \text{ (m/zi)}$$

Mediile zilnice ale coeficientului de filtrație al nisipului din stand.

$$K_1 = \frac{K_{11} + K_{12} + K_{13}}{3} = \frac{5,35 + 5,16 + 5,04}{3} = 5,18 \text{ (m/zi)}$$

$$K_2 = \frac{K_{21} + K_{22} + K_{23}}{3} = \frac{4,84 + 5,02 + 4,98}{3} = 4,95 \text{ (m/zi)}$$

$$K_3 = \frac{K_{31} + K_{32} + K_{33}}{3} = \frac{4,68 + 4,08 + 4,38}{3} = 4,38 \text{ (m/zi)}$$

$$K_4 = \frac{K_{41} + K_{42} + K_{43}}{3} = \frac{4,34 + 4,19 + 4,35}{3} = 4,29 \text{ (m/zi)}$$

$$K_5 = \frac{K_{51} + K_{52} + K_{53}}{3} = \frac{4,35 + 4,20 + 3,98}{3} = 4,18 \text{ (m/zi)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a coeficientului de filtrație.

$$K_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n} = \frac{5,18 + 4,95 + 4,38 + 4,29 + 4,18}{5} = 4,60 \text{ m/zi}$$

3. Calculul coeficientului de rezistență la intrare

$$\bar{\xi}_{\text{if}} = W_{\text{med}} \cdot k_{\text{med}} = 0,000449 \cdot 4,60 = 0,00207.$$

Măsurarea rezistenței la intrarea apei în dren
(Lab. I.F. Cat. CHIF, I.P. "Tr. Viiia" Timișoara)

Tubul de dren: - diametru: 9,0 cm D.C.Hex.
- perforații: 2 fante
- filtru: Terasin 200 (înfășurat pe dren)

Stand nr. 2. Umplut cu: nisip

Locul piezometrelor:

Piezometrele	Int. dren (hi)	Ext. dren (filtru) (ho)	1	2	3	4	5
Dist. de la centru.	-	ϕ_{d+f}	11,8	17,5	25,8	38,0	ext. api.

Măsurători:

Ziua	Data	Temp.	Piezometre							Debitul (cm ³ /min)
			Int. dren (hi)	Ext. dren (filtru) (ho)	1	2	3	4	5	
1	03.XI.79	12,80	69,35	70,05	70,30	70,40	70,70	70,85	70,90	200
	-"-		69,75	70,55	70,85	71,05	71,45	71,75	71,85	340
	-"-		69,30	69,80	70,00	70,10	70,25	70,50	70,55	130
2	04.XI.79	12,70	68,60	69,40	69,65	69,80	70,15	70,40	70,50	210
	-"-		69,20	70,05	70,40	70,60	71,00	71,25	71,35	340
	-"-		60,35	63,95	64,00	65,50	66,70	67,05	67,65	590
3	05.XI.79	12,80	60,70	64,10	64,15	65,60	66,85	67,00	67,60	520
	-"-		69,20	69,70	70,00	70,10	70,30	70,40	70,40	120
	-"-		60,35	63,95	64,00	65,50	66,65	66,85	67,40	522
4	06.XI.79	12,70	59,50	63,50	64,60	65,50	66,70	66,95	67,60	600
	-"-		59,75	63,70	63,95	65,30	66,55	66,80	67,35	550
	-"-		60,05	63,90	63,95	65,60	66,90	66,90	67,95	579
5	07.XI.79	12,70	60,00	64,05	64,15	65,75	67,15	67,20	67,65	610
	-"-		60,35	64,25	65,30	65,60	67,20	67,70	67,10	10
	-"-		60,45	64,35	64,45	65,95	67,25	67,65	67,75	500

1. Calculul rezistenței la intrare

$$W_{if} = \frac{(h_o - h_i) h_i}{q} \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{11} = \frac{0,70 \cdot 69,35}{200} : 14,4 = 0,0169 \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{12} = \frac{0,75 \cdot 69,75}{340} : 14,4 = 0,0114 \quad (\text{zile/m})$$

$$W_{13} = \frac{0,50 \cdot 69,30}{130} : 14,4 = 0,0185 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{21} = \frac{0,80 \cdot 68,60}{210} : 14,4 = 0,0182 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{22} = \frac{0,85 \cdot 69,20}{240} : 14,4 = 0,0170 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{23} = \frac{3,60 \cdot 60,35}{550} : 14,4 = 0,0274 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{31} = \frac{3,40 \cdot 60,70}{528} : 14,4 = 0,0271 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{32} = \frac{0,50 \cdot 69,20}{120} : 14,4 = 0,0200 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{33} = \frac{3,60 \cdot 60,35}{522} : 14,4 = 0,0289 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{41} = \frac{4,00 \cdot 59,5}{600} : 14,4 = 0,0276 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{42} = \frac{3,95 \cdot 59,75}{558} : 14,4 = 0,0294 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{43} = \frac{2,85 \cdot 60,05}{579} : 14,4 = 0,0277 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{51} = \frac{4,05 \cdot 60,00}{610} : 14,4 = 0,0277 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{52} = \frac{3,90 \cdot 60,35}{610} : 14,4 = 0,0268 \text{ (zile/m)}$$

$$W_{53} = \frac{3,90 \cdot 60,45}{560} : 14,4 = 0,0292 \text{ (zile/m)}$$

Mediile zilnice ale rezistenței la intrare.

$$W_1 = \frac{W_{11} + W_{12} + W_{13}}{3} = \frac{0,0169 + 0,0114 + 0,0185}{3} = 0,0156 \text{ (zile/m)}$$

$$W_2 = \frac{W_{21} + W_{22} + W_{23}}{3} = \frac{0,0182 + 0,0170 + 0,0274}{3} = 0,0209 \text{ (zile/m)}$$

$$W_3 = \frac{W_{31} + W_{32} + W_{33}}{3} = \frac{0,0271 + 0,0200 + 0,0289}{3} = 0,0253 \text{ (zile/m)}$$

$$W_4 = \frac{W_{41} + W_{42} + W_{43}}{3} = \frac{0,0276 + 0,0294 + 0,0277}{3} = 0,0282 \text{ (zile/m)}$$

$$W_5 = \frac{W_{51} + W_{52} + W_{53}}{3} = \frac{0,0277 + 0,0268 + 0,0292}{3} = 0,0279 \text{ (zile/m)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a rezistenței la intrare

$$W_{if\ med} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{if}}{n} = \frac{0,0156+0,0209+0,0253+0,0282+0,0279}{5} =$$

$$= 0,0236 \text{ (zile/m)}$$

2. Calculul coeficientului de filtrație al nisipului din stand.

$$K_i = \frac{q}{\frac{\pi}{\ln r_4/r_2} (h_4^2 - h_2^2)} \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{11} = \frac{200}{4,05 \cdot 0,45 \cdot 141,25} \cdot 14,4 = 11,19 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{12} = \frac{340}{4,05 \cdot 0,70 \cdot 142,8} \cdot 14,4 = 12,09 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{13} = \frac{130}{4,05 \cdot 0,40 \cdot 140,6} \cdot 14,4 = 8,22 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{21} = \frac{210}{4,05 \cdot 0,60 \cdot 140,2} \cdot 14,4 = 8,88 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{22} = \frac{240}{4,05 \cdot 0,65 \cdot 141,85} \cdot 14,4 = 9,25 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{23} = \frac{550}{4,05 \cdot 1,55 \cdot 132,55} \cdot 14,4 = 9,52 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{31} = \frac{528}{4,05 \cdot 1,40 \cdot 132,60} \cdot 14,4 = 10,11 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{32} = \frac{120}{4,05 \cdot 0,30 \cdot 140,50} \cdot 14,4 = 10,12 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{33} = \frac{522}{4,05 \cdot 1,35 \cdot 132,35} \cdot 14,4 = 10,39 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{41} = \frac{600}{4,05 \cdot 1,45 \cdot 132,45} \cdot 14,4 = 11,11 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{42} = \frac{558}{4,05 \cdot 1,50 \cdot 132,10} \cdot 14,4 = 10,01 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{43} = \frac{579}{4,05 \cdot 1,30 \cdot 132,50} \cdot 14,4 = 11,95 \quad (\text{m/zi})$$

$$K_{51} = \frac{610}{4,05 \cdot 1,45 \cdot 132,95} \cdot 14,4 = 11,25 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{52} = \frac{610}{4,05 \cdot 2,10 \cdot 133,20} \cdot 14,4 = 7,75 \text{ (m/zi)}$$

$$K_{53} = \frac{560}{4,05 \cdot 1,70 \cdot 133,60} \cdot 14,4 = 8,77 \text{ (m/zi)}$$

Mediile zilnice ale coeficientului de filtrație al n sipului din stand.

$$K_1 = \frac{K_{11} + K_{12} + K_{13}}{3} = \frac{11,19 + 12,09 + 8,22}{3} = 10,50 \text{ (m/zi)}$$

$$K_2 = \frac{K_{21} + K_{22} + K_{23}}{3} = \frac{8,88 + 9,25 + 9,52}{3} = 9,22 \text{ (m/zi)}$$

$$K_3 = \frac{K_{31} + K_{32} + K_{33}}{3} = \frac{10,11 + 10,12 + 10,39}{3} = 10,21 \text{ (m/zi)}$$

$$K_4 = \frac{K_{41} + K_{42} + K_{43}}{3} = \frac{11,11 + 10,01 + 11,95}{3} = 11,02 \text{ (m/zi)}$$

$$K_5 = \frac{K_{51} + K_{52} + K_{53}}{3} = \frac{11,25 + 7,75 + 8,77}{3} = 9,26 \text{ (m/zi)}$$

Valoarea medie pe cele cinci zile a coeficientului de filtrație.

$$K_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{10,50 + 9,22 + 10,21 + 11,02 + 9,26}{5} = 10,04 \text{ (m/zi)}$$

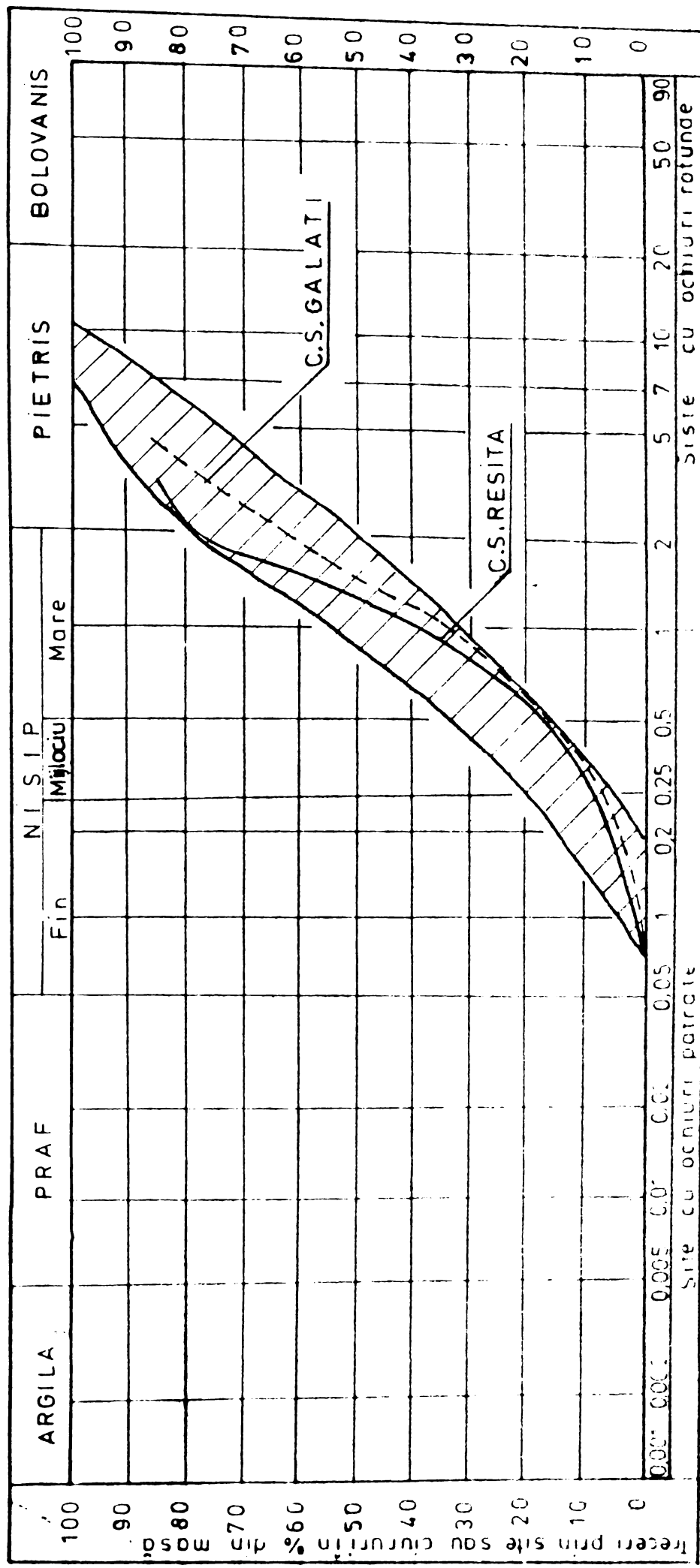
3. Calculul coeficientului de rezistență la intrare.

$$\bar{\xi}_{\text{if}} = W_{\text{med}} \cdot K_{\text{med}} = 0,0236 \cdot 10,04 = 0,237.$$

INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA”
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA C.H.I.F.

ANEXA 3.1.

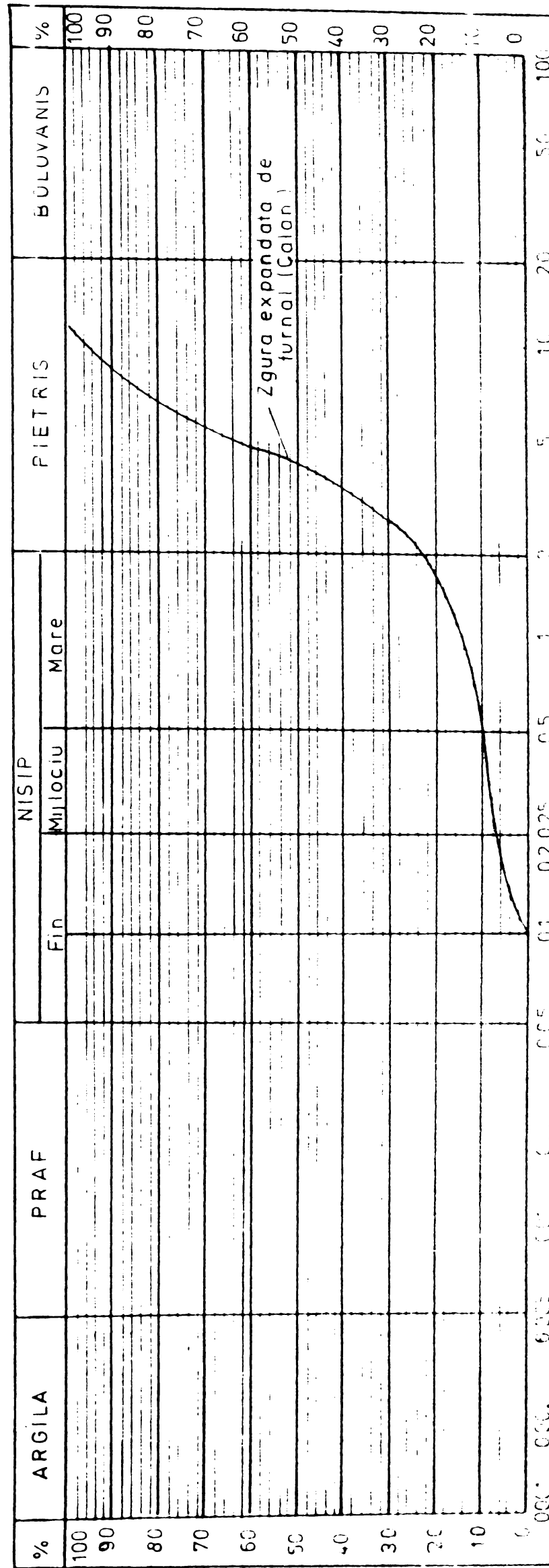
LABORATOR PEDOLOGIE ZONA GRANULOMETRICĂ A ZGUREI
 GRANULATE DE FURNAL ÎNĂLT.



INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIĂ”
 TIMIȘOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA C.H.I.F.
 LABORATOR PEDOLOGIC

ANEXA 3 2

COMPOZITIA GRANULOMETRICA
 (STAS 3282 - 68)

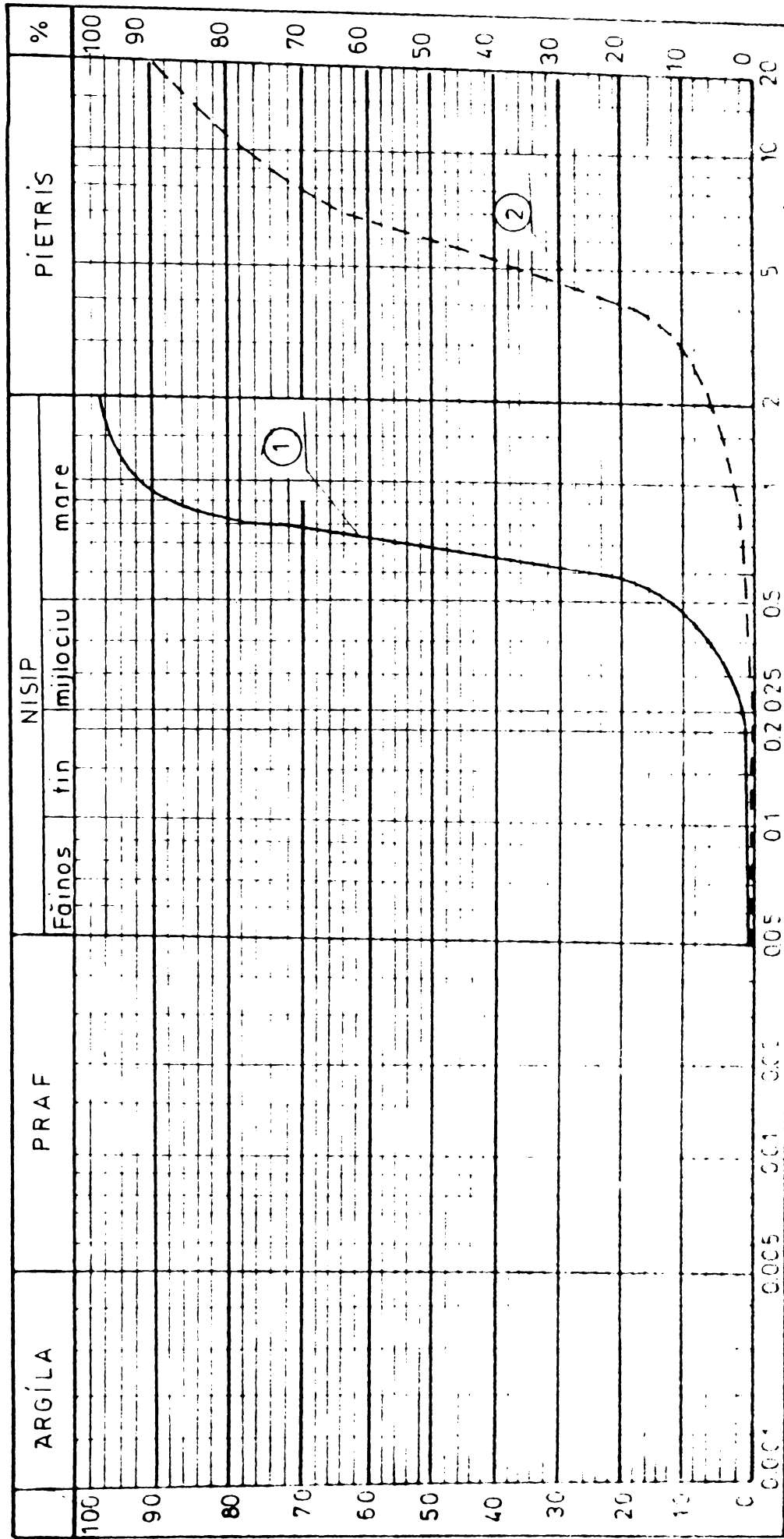


INSTITUTUL POLITEHNIC TRAIAN VUIA
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA C.H.I.F.

LABORATOR PEDOLOGIE

CURBA GRANULOMETRICĂ

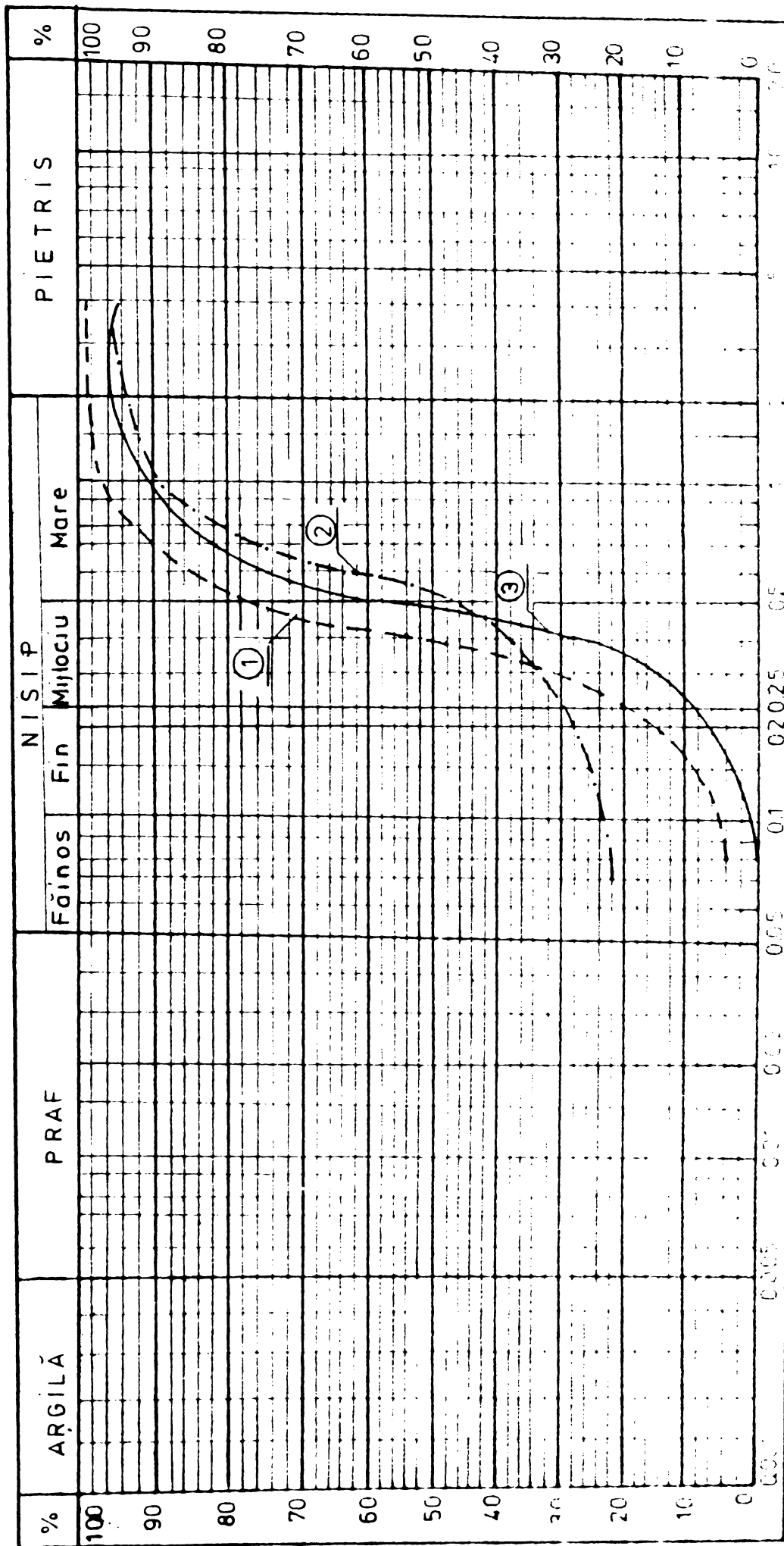
ANEXA 3.3.



(1) nisip Sag jud Timis
 (2) pietris jud Timis

INSTITUTUL POLITEHNIC TRAIAN VUIA
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA CHIF
 LABORATOR PEDOLOGIE

ANEXA 3.4.
 COMPOZIȚIA GRANULOMETRICĂ



(1) --- nisip fluviatil Giurgiu (Jud. Timis)
 (2) --- nisip în Pata (Jud. Timis)
 (3) --- nisip în Garaci (Jud. Timis)

Anexa 4.

4.1. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație a nisipului din standul având drenul așezat vertical pentru D.P.R. \emptyset 6,0 cm având în jur paie de orz ca material filtrant.

Ziua	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W_{if} 10^{-3}$ (zile/m)	2	3,4	5,7	6,8	9,3	10,3	FA*	FA	4,8	9,5	12,8
k_n (m/zi)	3	6,46	6,27	6,28	6,39	5,21	-	-	5,55	5,77	5,80

1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2	14,8	18,7	FA	FA	FA	6,4	13,2	14,7	16,6	FA	FA
3	6,00	5,99	-	-	-	5,69	5,71	5,75	5,43	-	-

1	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
2	8,6	16,6	19,3	20,4	22,1	FA	FA	13,0	24,8	33,1	38,3
3	5,86	5,57	5,38	5,71	5,64	-	-	6,03	5,94	5,68	5,78

1	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
2	41,9	FA	FA	26,0	33,2	42,3	54,6	60,5	FA	FA	18,7
3	5,67	-	-	6,64	5,90	5,05	5,66	5,92	-	-	5,82

1	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
2	33,5	40,8	48,4	52,5	62,4	FA	23,1	34,1	37,2	42,4	53,6
3	5,28	5,35	5,60	5,77	5,50	-	5,97	5,35	5,29	5,08	5,82

1	55	56	57	58	59
2	56,5	FA	27,4	41,1	55,3
3	5,65	-	5,62	5,71	5,83

* FA- fără apă (perioadă uscată - standul nu a funcționat).

4.2. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație a nisipului din standul având drenul așezat vertical pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm având în jur zgură granulată de furnal (C.S.Reșița) ca material filtrant.

Ziua	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W_{if} 10^{-3}$ (zile/m)	2	1,06	1,46	1,28	1,12	1,10	FA	FA	FA	FA
k_n (m/zi)	3	13,26	11,38	13,79	13,37	12,40	-	-	-	-

1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	FA	1,61	1,55	1,83	1,92	1,40	FA	FA	FA	FA
3	-	9,90	9,05	8,12	10,90	12,92	-	-	-	-

1	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2	FA	FA	FA	FA	FA	1,96	2,02	1,37	1,67	1,69
3	-	-	-	-	-	10,66	10,49	11,87	10,21	11,65

1	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
2	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	40	41	42	43	44	45	46	47
2	FA	FA	FA	1,28	1,76	1,43	1,61	2,00
3	-	-	-	10,65	9,91	10,03	9,93	10,41

4.3. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație al nisipului din standul avînd drenul așezat vertical pentru D.P.R. \emptyset 6,5 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.

Ziua	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W_{if} 10^{-3}$ (zil \emptyset /m)	2	3,46	2,45	2,47	3,76	4,66	FA	FA	FA	FA
k_n (m/zi)	3	8,55	8,41	8,46	7,98	7,39	-	-	-	-

1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	FA	FA	FA	FA	FA	1,72	2,00	2,12	2,72	2,47
3	-	-	-	-	-	6,04	6,03	5,61	6,16	6,58

4.4. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație al nisipului din standul avînd drenul așezat vertical pentru D.P.R. \emptyset 5,0 cm înfășurat cu un strat de Drenatex ca material filtrant.

Ziua	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W_{if} 10^{-3}$ (zile/m)	2	1,22	1,13	1,17	1,01	1,36	FA	FA	FA	FA
k_n (m/zi)	3						-	-	-	-

1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	FA	FA	FA	FA	FA	1,26	1,29	1,42	1,50	1,32
3	-	-	-	-	-	10,72	7,67	7,66	7,34	7,15

4.5. Valorile medii zilnice ale rezistenței la intrare și ale coeficientului de filtrație al nisipului din standul avînd drenul așezat vertical pentru D.P.R. \emptyset 8,0 cm înfășurat cu un strat de Terasin 200 ca material filtrant.

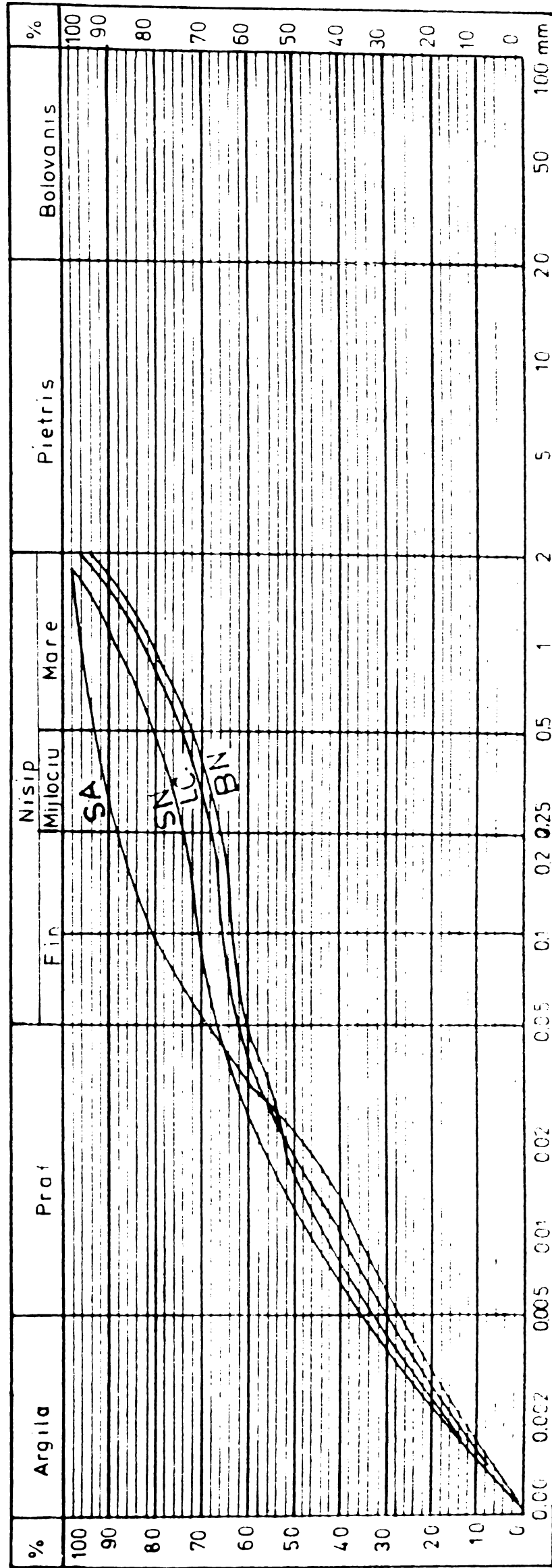
Ziua	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W_{if} \cdot 10^{-3}$ (zile/m)	2	1,85	2,07	1,52	2,15	1,72	FA	FA	FA	FA
k_n (m/zi)	5	5,42	4,92	5,23	4,95	5,24	-	-	-	-

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	FA	FA	FA	FA	FA	1,05	1,55	1,61	1,86	1,75
3	-	-	-	-	-	3,60	3,03	3,46	4,08	2,28

INSTITUTUL POLITEHNIC TRAIAN VUIA
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA C.H.I.F.
 LABORATOR PEDOLOGIE

ANEXA 5.1.

COMPOZITIA GRANULOMETRICA
 (STAS. 3282-68)

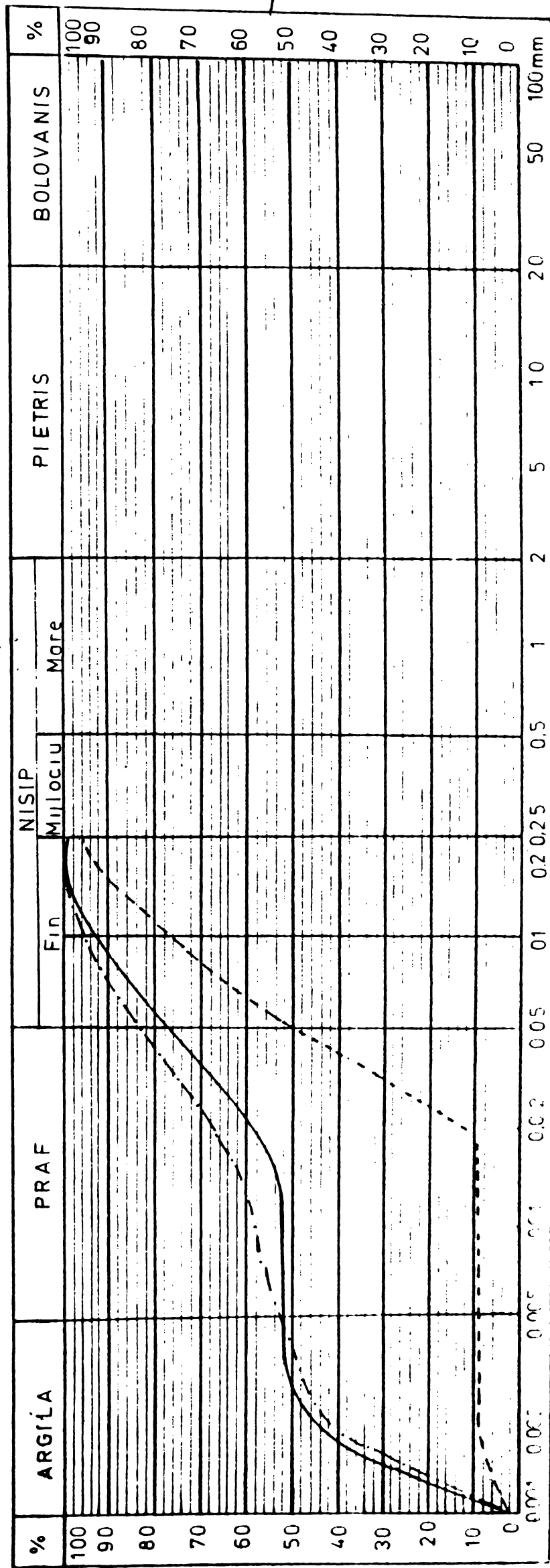


LEGENDA: SA - Sol aluvial (P.I.F. Timisoara)
 SN - Solonet (Timisoara)
 LC - Lacoviste (Berini)
 BN - Brun de padure (Berini)

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCT II
 CATEDRA. CHIF
 LABORATOR DE PEDOLOGIE

ANEXA 5.2.

COMPOZITIA GRANULOMETRICA
 (STAS. 3282-68)



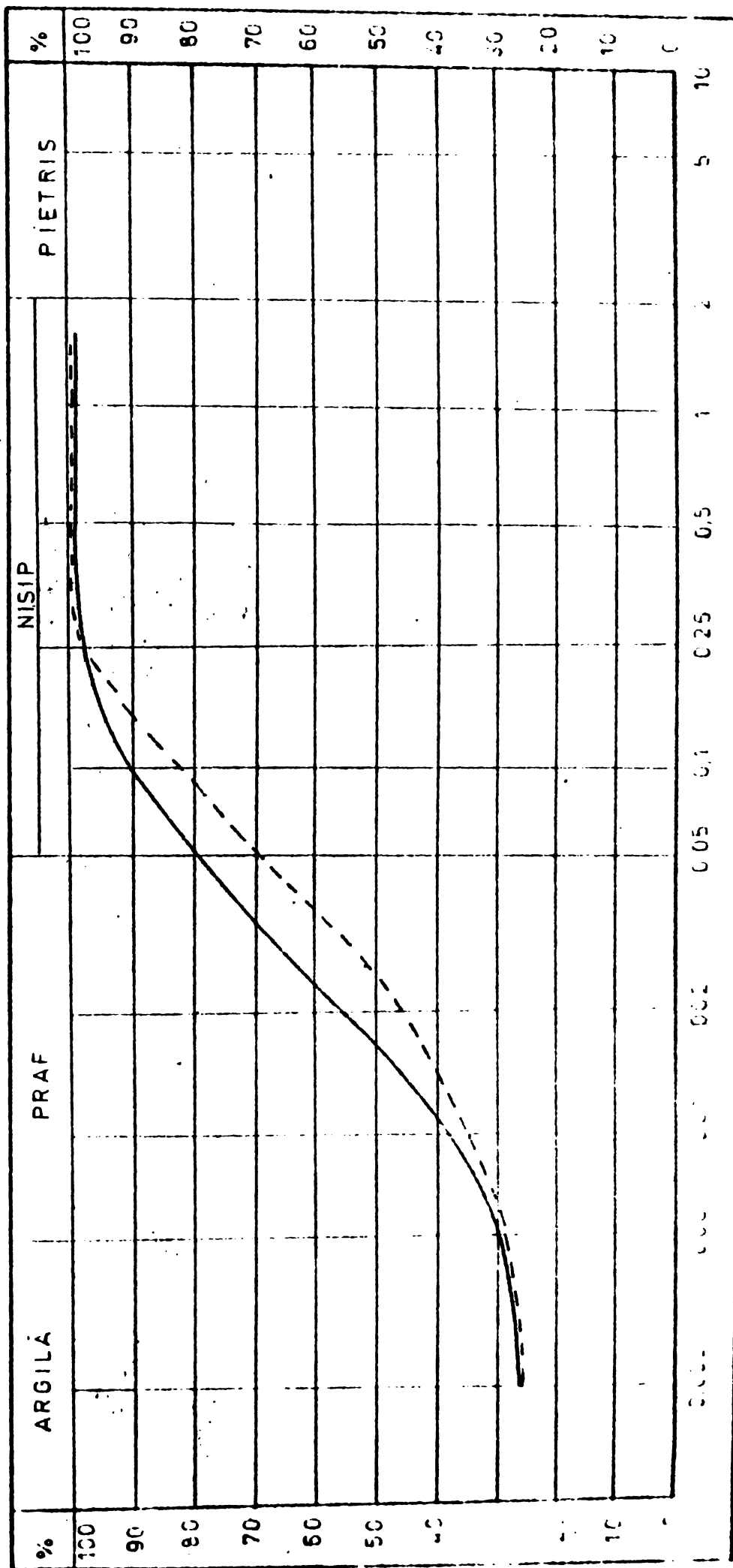
LEGE NDA
 — Cernoziom gleizat Inst. Agronomic Timisoara
 - - - Sol aluvial gleizat (Caraci Jud. Timis)
 - . - . - Lacoviste solonchizata (Rudna Giulvaz Jud. Timis)

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA CHIF

ANEXA 5.3.

LABORATOR PEDOLOGIE

CURBA GRANULOMETRICA



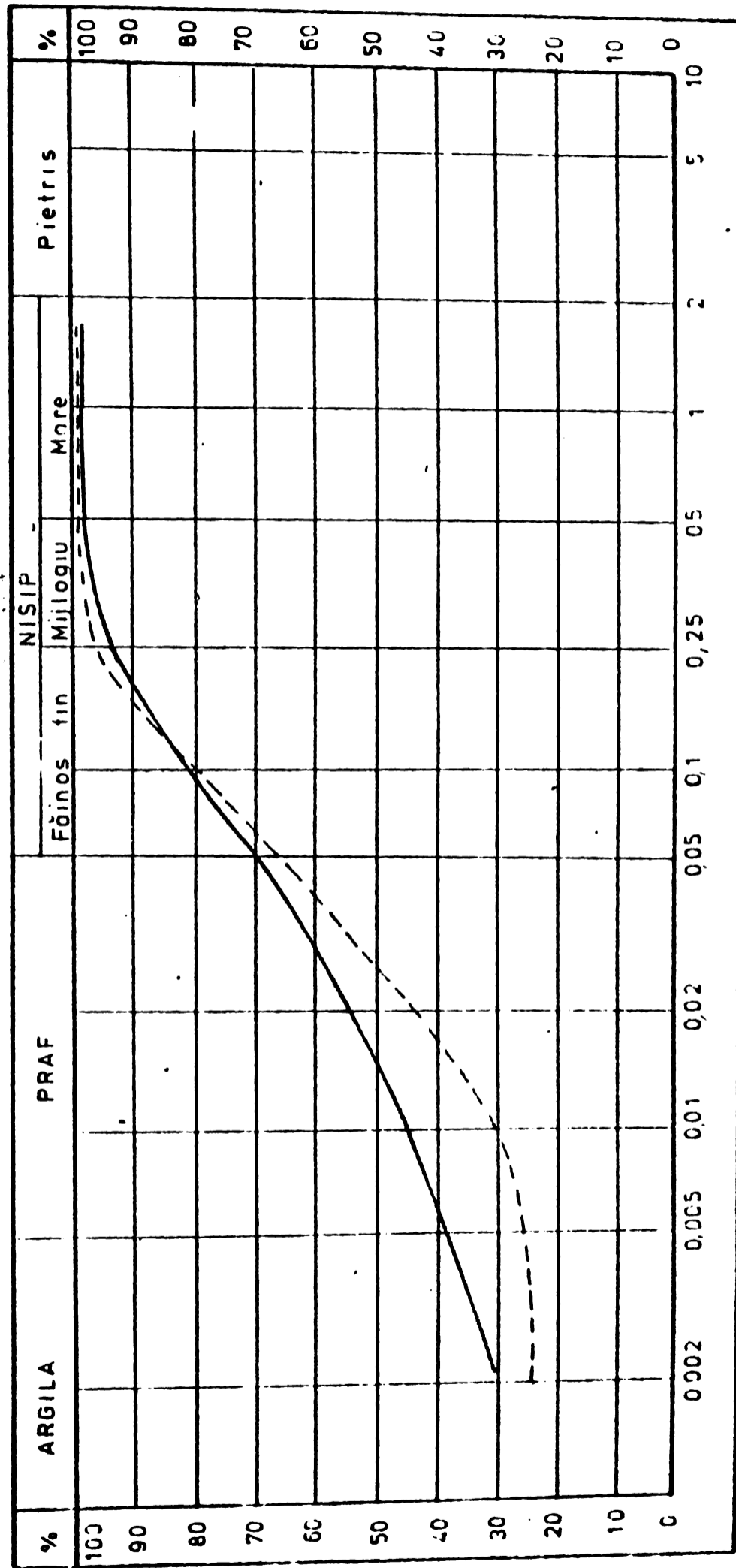
— Grabo (US.3) cernoziom gleizat
 - - - Grabo (US.5) cernoziom gleizat

INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA” TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA C.H.I.F.

ANEXA 5.4.

LABORATOR PEDOLOGIE.

CURBA GRANULOMETRICA

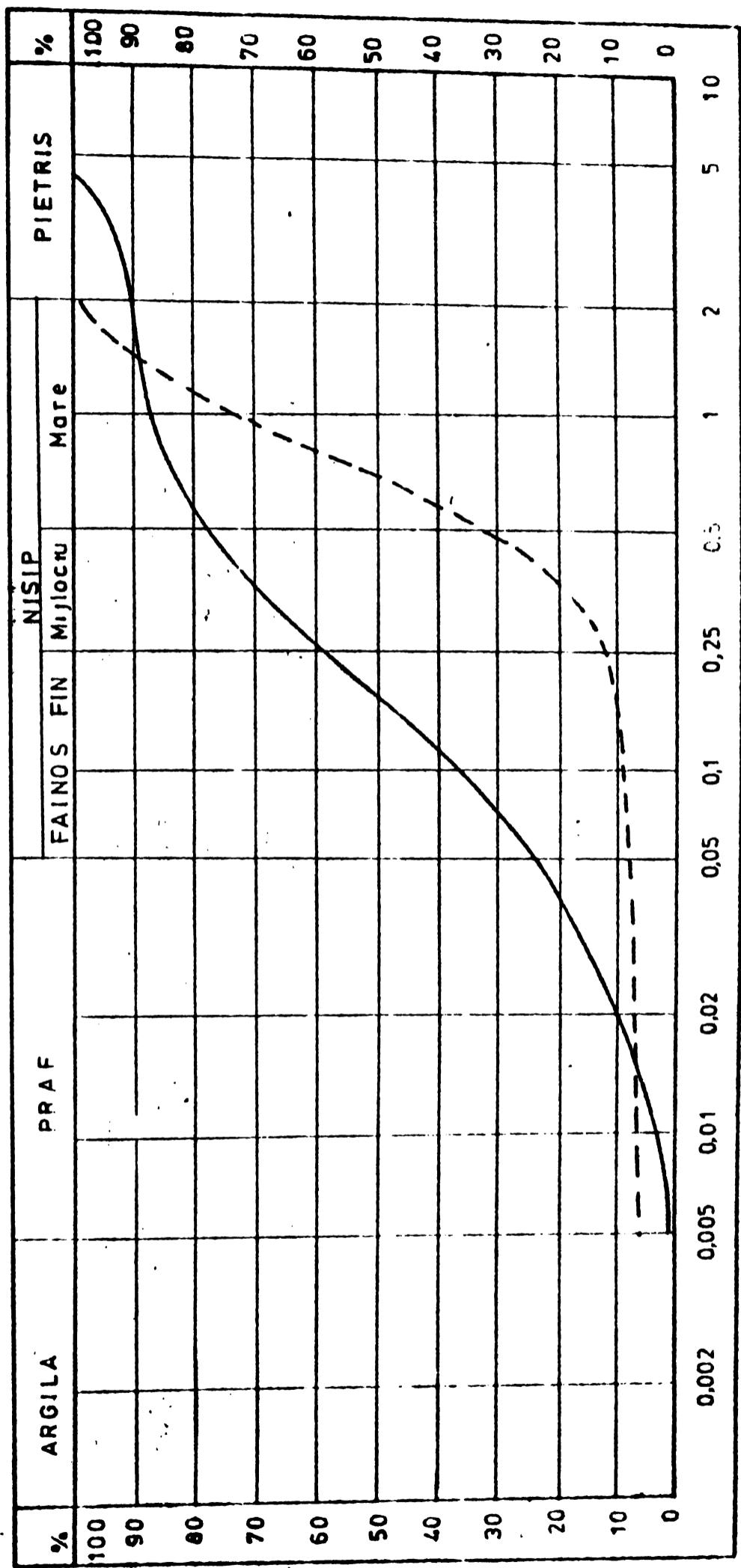


— Sol Pădureni (U.S.4); brun ev.-mezobazic gleizol
 --- Sol Pădureni (U.S.5); brun ev.-mezobazic gleizol

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA"
 TIMISOARA
 FACULTATEA DE CONSTRUCTII
 CATEDRA GHIF
 LABORATOR PEDOLOGIE

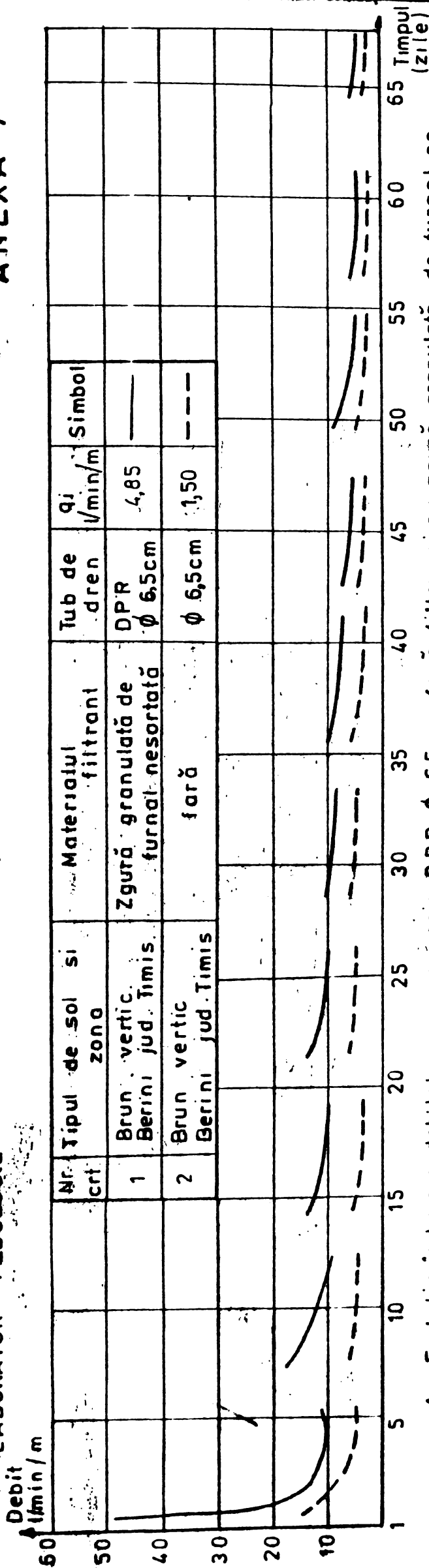
ANEXA 6.

CURBA GRANULOMETRICA

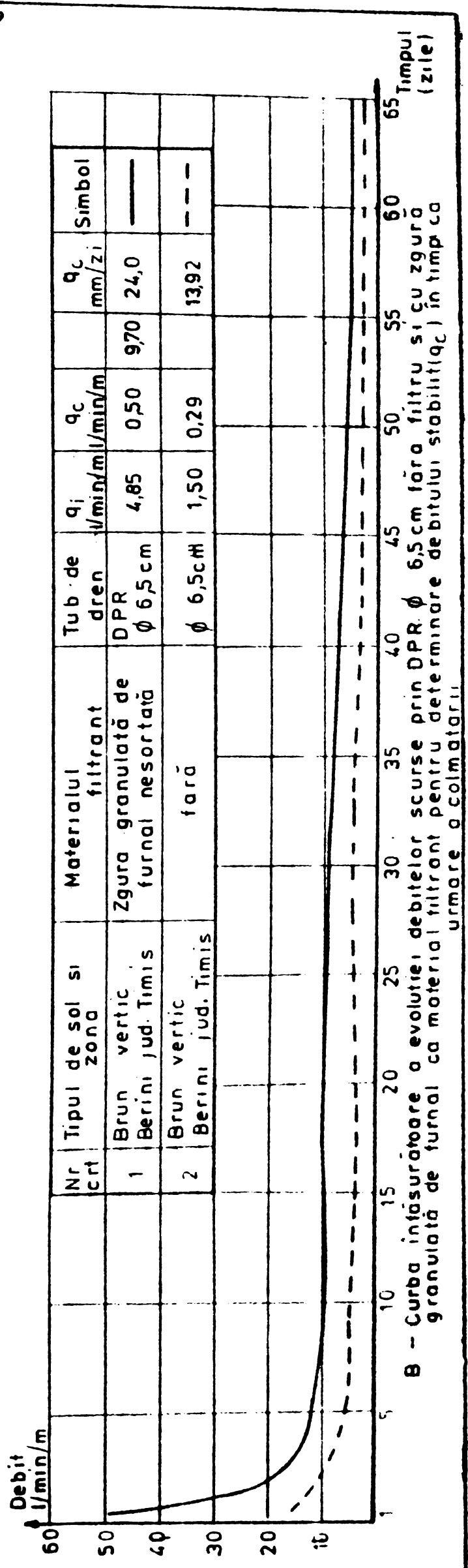


--- Nisip Sog (riul Timiș)
 — Nisip Igris (riul Mures)

LABORATOR PEDOLOGIE



A - Evolutia in timp a debitelor scurse prin DPR ϕ 6,5 cm fara filtru si cu zgura granulata de furnal ca material filtrant asezat in standul avind drenul orizontal avind in jur sol brun vertic de la Berini



B - Curba intăsurătoare a evoluției debitelor scurse prin DPR ϕ 6,5cm fara filtru si cu zgura granulata de furnal ca material filtrant pentru determinare debitului stabilit (q_c) in timp ca urmare a colmatarii

Prelucrarea măsurătorilor de pe modelul electric privind stabilirea suprafeței minime a perforațiilor tubului de dren. Anexa 1.

Pro- ba var)	Va- ri- anta	Diam. ron- de- lei (gă- urii) (mm)	Nr.de ron- dele (găuri)	Supraf. ronde- lei(mm ²)	R reo- stat	Ten- si- unea U (V)	In- tens. I (A)	Rezist. circ. calc. R _c (Ω)	Rezist. teore- tică, R _t (Ω)	Rezist. suplim. R _{supl.} (Ω).	R _{supl.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1	∞	∞	(345,4)	10	80	1,26	63,5	53,5	-	-
II	1	2,0	5	15,7	10	80	0,03	1333	1323	1279,5	0,03
	2		4	12,56	10	80	0,025	1600	1590	1536,5	0,03
	3		8	25,2	10	80	0,06	666,7	656,7	603,2	0,08
	4		10	31,4	10	80	0,065	615,4	605,4	551,9	0,08
	5		20	62,8	10	80	0,11	363,6	353,6	300,1	0,15
	6		28	87,92	10	80	0,15	266,7	250,7	200,2	0,20
	7		36	113,04	10	80	0,18	222,2	212,2	150,7	0,25
	8		46	144,44	10	80	0,21	190,5	180,5	127,0	0,25
	9		56	175,84	10	80	0,25	160,0	150,0	90,5	0,35
	10		64	200,96	10	80	0,27	148,1	138,1	84,6	0,35
	11		72	226,08	10	80	0,30	133,3	123,3	69,8	0,45
III	1	2,5	5	24,5	10	80	0,045	1000	990	936,5	0,054
	2		4	19,6	10	80	0,036	1111,1	1101,1	1047,0	0,045
	3		8	39,2	10	80	0,070	571,4	561,4	507,9	0,095
	4		10	49,0	10	80	0,080	500,0	490,0	436,5	0,109
	5		18	88,2	10	80	0,130	307,7	297,7	244,2	0,179
	6		28	137,2	10	80	0,200	200,0	190,0	136,5	0,21
	7		36	176,4	10	80	0,2400	166,7	156,7	103,2	0,31
	8		46	225,4	10	80	0,265	150,9	140,9	87,44	0,37
	9		54	264,6	10	80	0,30	133,3	123,3	69,8	0,43
	10		64	313,6	10	80	0,32	125,0	115,0	61,5	0,48
	11		72	352,8	10	80	0,35	114,3	104,3	50,8	0,51
IV	1	3,0	5	35,32	10	80	0,0425	941,2	931,2	877,7	0,057
	2		4	28,26	10	80	0,040	1000	990	930,5	0,054
	3		8	56,52	10	80	0,080	500	490	430,5	0,109
	4		10	70,65	10	80	0,095	421	411	387,5	0,130
	5		18	127,17	10	80	0,160	250	240	186,5	0,21
	6		28	197,82	10	80	0,230	173,9	163,9	110,4	0,32
	7		36	254,34	10	80	0,275	145,5	135,5	81,9	0,39
	8		46	324,99	10	80	0,310	129	119	65,5	0,45
	9		56	395,64	10	80	0,350	114,3	104,3	50,8	0,51
	10		64	452,16	10	80	0,370	108,1	98,1	44,6	0,54
	11		72	508,68	10	80	0,395	101,3	91,3	37,5	0,57

Rezultatele măsurătorilor pe modelul electric prelucrat,
pentru trasarea diagramelor.

Pri- ta	Subva- rianta	Diam. rond. (găurii) (mm)	Nr. rondel (gău- rilor) (găuri/ 10 cm)	Nr. găuri pe m.l	Supraf. rond. (găurii) S_g (mm ²)	S_g/S (10 ⁻² ,%)	$k_{sup.1}$	Ret. Rgt	$\alpha k_{sup.1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	1	∞	∞	∞	34,540	0,01	dren ideal		$k_{sup.1}$
II	1	2,0	5	50	15,7	4,55	1279,9	0,0404	0,0404
	2		4	40	12,56	3,60	1536,5	0,0336	0,0336
	3		8	80	28,12	7,3	603,2	0,0815	0,0815
	4		10	100	31,4	9,1	551,9	0,0884	0,0884
	5		20	200	62,8	18,2	300,1	0,1515	0,1515
	6		28	280	87,92	25,4	203,2	0,2034	0,2034
	7		36	360	113,04	32,7	158,7	0,2511	0,2511
	8		46	460	144,44	41,9	127,0	0,2964	0,2964
	9		56	560	175,84	50,08	96,5	0,3557	0,3557
	10		64	640	200,96	58,0	84,6	0,3874	0,3874
	11		72	720	226,08	65,2	69,8	0,4339	0,4339
III	1	2,5	5	50	24,5	7,1	936,5	0,0540	0,0540
	2		4	40	19,6	5,67	1047,5	0,0456	0,0456
	3		8	80	39,2	11,36	507,9	0,0753	0,0753
	4		10	100	49,0	14,2	436,5	0,1092	0,1092
	5		18	180	88,2	25,6	244,2	0,1797	0,1797
	6		28	280	137,2	39,7	136,5	0,2616	0,2616
	7		36	360	176,4	51,1	103,2	0,3414	0,3414
	8		46	460	225,4	66,4	87,44	0,3797	0,3797
	9		54	540	264,6	76,5	69,8	0,4339	0,4339
	10		64	640	313,6	90,7	61,5	0,4852	0,4852
	11		72	720	352,8	102,5	50,8	0,5119	0,5119
IV	1	3,0	5	50	35,32	10,25	677,7	0,0774	0,0774
	2		4	40	28,26	8,2	856,5	0,0760	0,0760
	3		8	80	56,52	16,4	428,5	0,1520	0,1520
	4		10	100	70,65	25,0	357,5	0,1802	0,1802
	5		18	180	127,17	36,9	180,5	0,2229	0,2229
	6		28	280	197,82	57,5	110,4	0,3334	0,3334
	7		36	360	254,34	73,6	81,95	0,3746	0,3746
	8		46	460	324,99	94,0	65,5	0,4636	0,4636
	9		56	560	395,64	114,5	50,8	0,5119	0,5119
	10		64	640	452,16	131,0	44,6	0,5444	0,5444
	11		72	720	508,68	147,5	37,8	0,5859	0,5859