

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA STUDIUL FENOMENELOR DE
TRANSPORT ALE POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE
ÎN ZONELE LIMITROFE BAZINELOR DE STOCARE
A APELOR UZATE

Conducător științific
Prof.dr.ing. *Ioan David*

Doctorand
Ing. *Adrian Carabeț*

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

618.826
366 A

1997

CUPRINS

1. INTRODUCERE	
1.1. Evoluția efectivelor de animale și păsări din România.....	4
1.2. Probleme de protecția mediului în zona complexelor zootehnice.....	9
2. CARACTERISTICILE PRODUSELOR REZIDUALE PORCINE	
2.1. Caracteristici cantitative.....	11
2.2. Caracteristici calitative.....	17
2.3. Caracteristici bacteriologice.....	23
3. FENOMENE DE POLUARE DATORATE REZIDUURILOR PORCINE	
3.1. Poluarea aerului.....	26
3.2. Standarde pentru calitatea apei.....	29
3.3. Poluarea apelor.....	31
3.4. Poluarea solului.....	32
4. COLECTAREA, EVACUAREA ȘI EPURAREA APELOR UZATE DE LA COMPLEXELE DE CREȘTERE ȘI ÎNGRĂȘARE A PORCILOR	
4.1. Colectarea și evacuarea reziduurilor din complexele de porci.....	33
4.2. Epurarea mecanică și chimică a apelor uzate.....	34
4.3. Utilizarea solului ca sistem epurator.....	36
5. PREZENTARE GENERALĂ A ZONEI STUDIATE	
5.1. Geomorfologia și geologia.....	40
5.2. Hidrogeologia.....	43
5.3. Foraje existente.....	43
5.4. Analiza climatică.....	60
5.5. Legătura dintre nivelul apei freatice sezoniere și uni factori climatici.....	67
6. CÂMPURILE EXPERIMENTALE DE LA VOITENI ȘI BEREĞSĂU MARE	
6.1. Scopul cercetărilor.....	71
6.2. Scurtă prezentare a amenajărilor din județul Timiș.....	72
6.3. Câmpul experimental de la Voiteni.....	83
6.4. Câmpul experimental de la Beregsău Mare.....	89

7. MODELAREA TRANSPORTULUI POLUANȚILOR

PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE

7.1. Considerații teoretice.....	92
7.2. Sursa de poluare și natura poluării.....	93
7.3. Scara poluării.....	95
7.4. Modelul fizic al transportului poluanților.....	96
7.5. Modelul matematic al transportului poluanților.....	101
7.6. Metoda elementului finit de rezolvare a ecuației transportului poluanților.....	108
7.7. Considerații asupra unor coeficienți din ecuațiile de transport.....	115

8. SIMULAREA TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE CU AJUTORUL PACHETULUI DE PROGRAME AQUA

8.1. Prezentarea pachetului de programe AQUA.....	119
8.2. Rezultate obținute.....	134

9. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....150

BIBLIOGRAFIE.....153

ANEXE

1. Temperatura aerului (medie lunară) înregistrată la Stația meteo Timișoara.....	161
2. Precipitații înregistrate la Săcălaz.....	163
3. Precipitații înregistrate la Becicherecu Mic.....	165
4. Precipitații înregistrate la Beregsău Mare.....	167
5. Precipitații înregistrate la Cărpiniș.....	169
6. Precipitații înregistrate la Bobda.....	171
7. Precipitații înregistrate la Cenei.....	173
8. Precipitații înregistrate la Răuți.....	175
9. Evapotranspirația potențială.....	177
10. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F1 (Săcălaz).....	179
11. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F2 (Becicherecu Mic).....	182
12. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F3 (Beregsău Mare).....	185
13. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F4 (Cărpiniș).....	188
14. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F5 (Bobda).....	191
15. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F6 (Cenei).....	194
16. Nivele hidrostatice măsurate și calculate în forajul F7 (Răuți).....	197
17. Calitatea apei din amenajarea de la COMTIM Voiteni.....	200
18. Indici pedologici obținuți la profilele de sol din amenajarea de la COMTIM Voiteni.....	203
19. Calitatea apei din amenajarea de la COMTIM Beregsău Mare.....	204
20. Indici pedologici obținuți la profilele de sol din amenajarea de la COMTIM Beregsău Mare.....	207

INTRODUCERE

1.1. EVOLUȚIA EFECTIVELOR DE ANIMALE ȘI PĂSĂRI ÎN ROMÂNIA

Explozia demografică din ultimele trei decenii, corelată cu creșterea nivelului de trai a dus la o cerere tot mai mare și mai diversificată de produse alimentare.

O alimentație completă și valoroasă corespunde unui mare consum de proteine de origine animală. Aceasta a determinat dezvoltarea vertiginoasă a zootehniei pe baza celor mai moderne metode și sisteme de creștere, care constau în asigurarea condițiilor optime de adăpostire și igienă, un înalt grad de mecanizare a procesului de producție și folosirea furajelor combinate [69].

Efectivele de animale și păsări crescute în România (tab. 1.1) au o tendință de creștere continuă din 1951 până în 1986-1989, când au atins valori maxime [130]:

- 6.703.000 bovine, în anul 1987;
- 14.351.000 porcine, anul 1989;
- 17.342.000 ovine, în anul 1986;
- 127.561.000 păsări, în anul 1989.

Sporurile cele mai mari s-au înregistrat la păsări (624 %) și porcine (553 %), iar la ovine (70 %) și bovine (49 %) au fost mai mici (tab. 1.2).

Efectivele de animale și păsări crescute în județul Timiș au o pondere însemnată în cele înregistrate la nivelul țării:

- 4 % la bovine;
- 8 % la porcine;
- 5 % la ovine;
- 3 % la păsări.

După cum se observă din cifrele de mai sus, efectivele porcilor reprezintă procentul cel mai mare comparativ cu cele de la bovine, ovine și păsări, din totalul celor înregistrate la nivelul țării.

Comparativ cu media pe țară, la categoriile de animale și păsări analizate, în județul Timiș ponderea celor crescute în mari complexe ale unităților de stat și cooperatiste este mai mare, iar în gospodăriile populației este mai mică (tab. 1.3).

Tabelul 1.1

Efectivele de animale și păsări crescute în România în perioada 1951-1995 (mii capete)

Animale și păsări	1951		1961		1971		1981		1991		1995	
	Efective	%	Efective	%	Efective	%	Efective	%	Efective	%	Efective	%
Bovine	4.502	100,0	4.530	100	5.216	100	6.485	100	5.381	100	3.481	100
-unități de stat	119	2,6	282	6	709	14	1.013	16	971	18		
-unități cooperatiste	16	0,4	537	12	2.148	41	2.973	46	2.020	38		
-gospodăriile populației	4.367	97,0	3.711	82	2.359	45	2.499	38	2.390	44		
Porcine	2.197	100,0	4.300	100	6.359	100	11.542	100	12.003	100	7.758	100
-unități de stat	317	14,8	862	20	2.424	38	4.737	41	6.092	51		
-unități cooperatiste	4	0,2	365	8	1.613	25	3.602	31	2.440	20		
-gospodăriile populației	1.874	85,0	3.073	72	2.322	37	3.203	28	3.471	29		
Ovine	10.222	100,0	11.500	100	13.818	100	15.865	100	14.062	100	10.897	100
-unități de stat	422	4,1	1.139	10	1.744	13	2.572	16	2.266	16		
-unități cooperatiste	18	0,9	2.662	23	5.301	38	6.449	31	3.082	22		
-gospodăriile populației	9.782	9,5	7.699	67	6.773	49	6.844	43	8.714	62		
Păsări	17.610		38.000		54.333		97.800	100	121.379	100	70.157	100
-unități de stat							38.237	39	62.962	52		
-unități cooperatiste							17.686	18	15.358	13		
-gospodăriile populației							41.877	43	43.059	35		

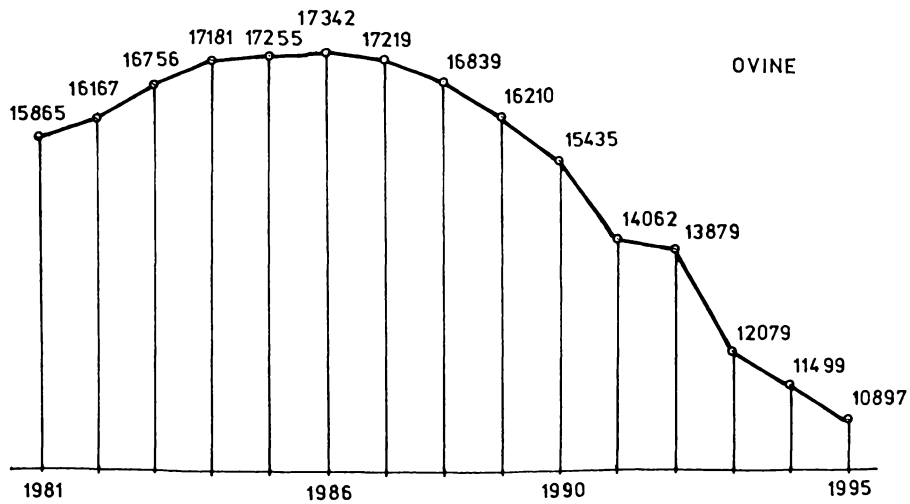
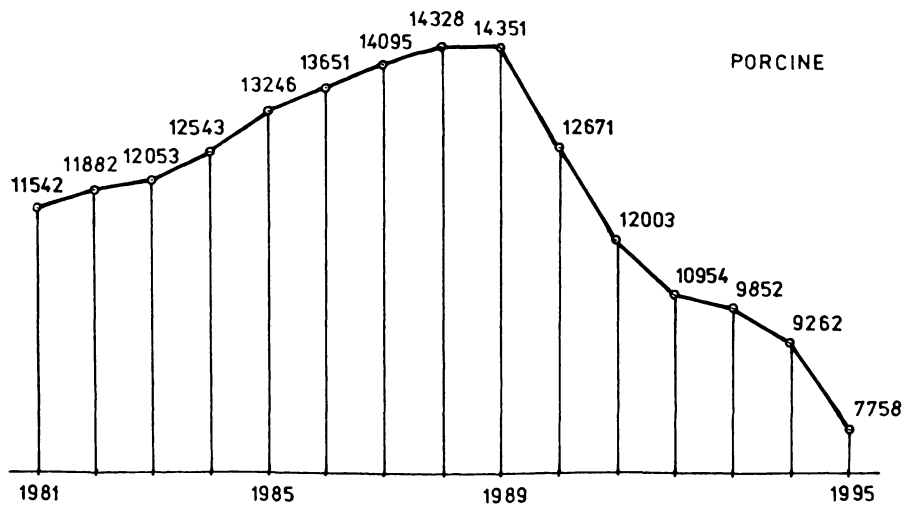
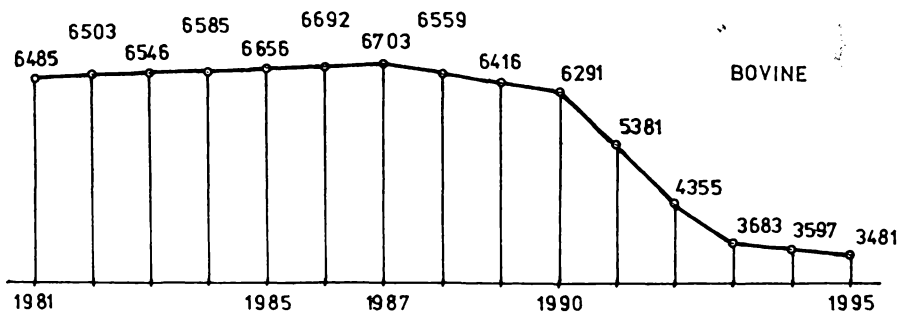


Fig. 1.1. Evoluția efectivelor de bovine, porcine și ovine din România (1981-1995).

Tabelul 1.2

Oscilațiile efectivelor de animale și păsări din România, în perioada 1951-1995 (mii capete)

Animale și păsări	Efective 1951	Efective maxime 1986-1989	Spor		Efective minime 1995	Reducere	
			Efective	%		Efective	%
Bovine	4.502	6.703	2.201	49	4.481	3.222	48
Porcine	2.197	14.351	12.154	553	7.758	6.593	46
Ovine	10.222	17.342	7.120	70	10.897	6.445	63
Păsări	17.610	127.561	109.951	624	70.157	57.404	45

Tabelul 1.3

Efectivele maxime de animale și păsări din România și respectiv din județul Timiș (mii capete)

Specificație	Bovine		Porcine		Ovine		Păsări	
	Efective	%	Efective	%	Efective	%	Efective	%
România	6.703	100	14.351	100	17.342	100	127.561	100
-unități de stat	1.206	18	7.606	53	3.122	18	65.056	51
-unități cooperatiste	3.284	49	2.727	19	6.243	36	16.583	13
-gospodăriile populației	2.213	33	4.018	28	7.977	46	45.922	36
Județul Timiș	257	100	1.594	100	247	100	4.120	100
-unități de stat	98	38	1.389	87	84	34	2.496	60
-unități cooperatiste	121	47	74	5	120	49	392	9
-gospodăriile populației	38	15	131	8	43	17	1.322	31

Județul Timiș, analizat după numărul maxim de porci crescuți, se află pe primul loc cu 1.594.000 porci (în anul 1989). Acest fapt se datorește existenței S.C. COMTIM-HOLDING S.A. care este unul dintre cele mai mari, cu profil zootehnic, din Europa. În societăți intră la ora actuală 21 de societăți comerciale [132]. Domeniul de activitate este foarte variat: producerea, creșterea și îngrășarea porcilor, îngrășarea taurinelor, producerea de nutrețuri combinate, procese de abatorizare și industrializare a cărnii, activități de import-export, valorificarea prin magazine proprii a produselor de carne și prestări de servicii către populație. Activitatea de bază este producerea, creșterea și îngrășarea porcilor și a taurinelor, care se desfășoară în 5 societăți comerciale de profil: COMSELTEST Pădureni, COMSUIIN Beregsău, COMSUIIN Birda, COMSUIIN Periam, COM-AGRA Beregsău. Unitățile de producție ale COMTIM-ului sunt răspândite pe suprafața întregii zone de șes a județului Timiș.

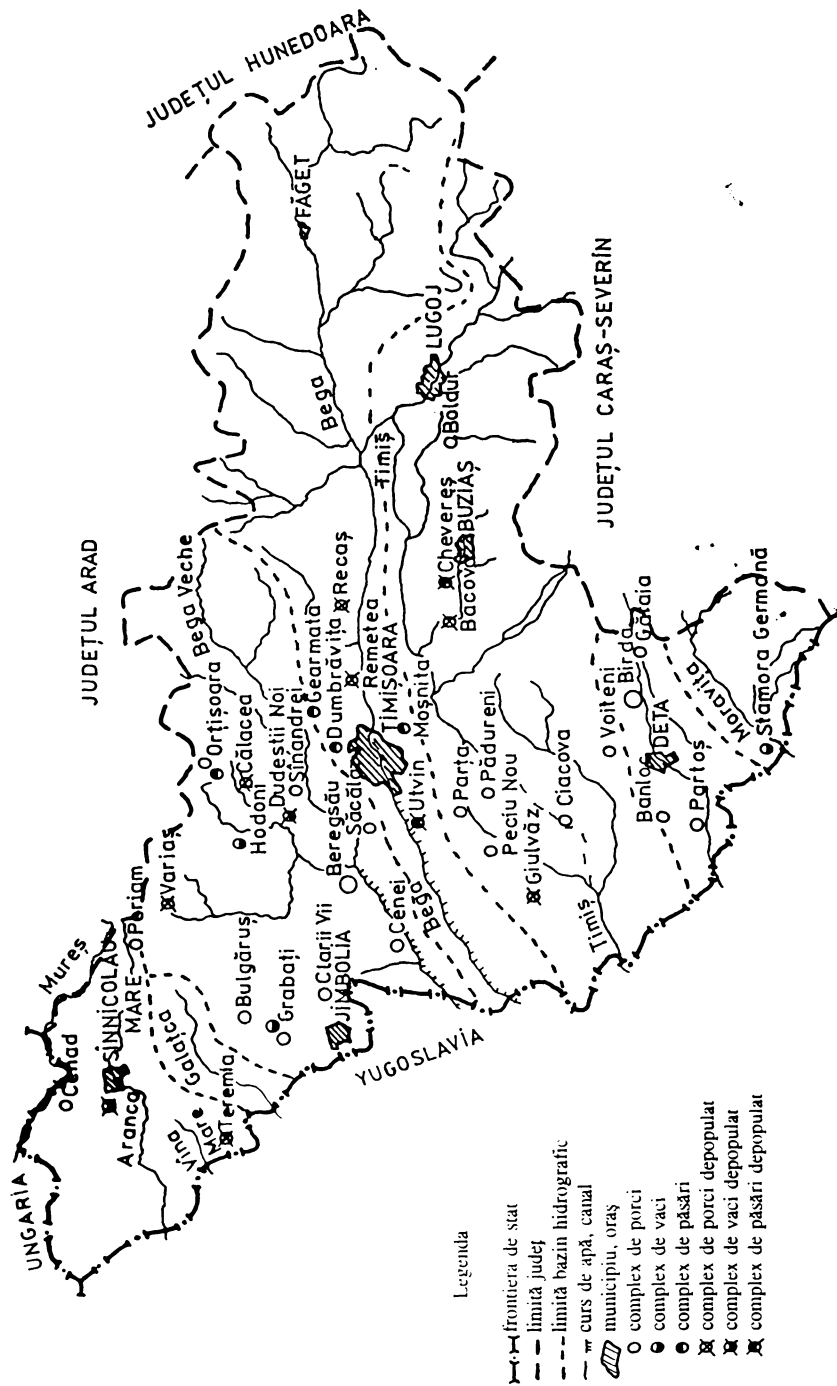


fig. 1.2. Amplasarea complexelor de creștere a porcilor, vacilor și păsărilor din județul Timiș.

Apariția unității COMTIM a fost urmarea condițiilor pedoclimatice favorabile practicării agriculturii în județul Timiș, pentru o valorificare superioară a producției cerealiere, convertită în carne de porc și de taurine.

În afara acestui colos, până în 1989, au mai existat pe raza județului Timiș o serie de complexe cu capacități mai mici aparținând unor Asociații Economice Intercooperatiste. Din cauza condițiilor politice, social-economice și juridice apărute după anul 1989 în România, complexele asociațiilor au fost depopulate, situație existentă și la unele complexe ale holdingului COMTIM (fig. 1.1) [132].

În perioada de activitate maximă (1986-1989) în cele 32 de complexe aparținând COMTIM-ului se creșteau aproximativ 1.300.000 porci și 30.000 taurine, iar în prezent, în cele 24 de complexe care mai sunt populate, efectivele se ridică la circa 800.000 porci și 20.000 taurine. Se remarcă o scădere a producției cu circa 40 %.

1.2. PROBLEME DE PROTECȚIE A MEDIULUI ÎN ZONA COMPLEXELOR ZOOTEHNICE

În paralel cu sistemul tradițional de creștere a animalelor și păsărilor, în mica gospodărie individuală, în ultimele trei decenii, s-a dezvoltat sistemul de creștere în ferme de tip industrial bazat pe concentrarea unui număr foarte mare de animale (sau păsări) pe suprafețe restrânse, unde principalele operații sunt mecanizate. În anul 1989 existau în România peste 300 de complexe cu sistem de creștere industrial, în care se aflau circa 10.046.000 porci [21,130].

Considerând cantitățile anuale specifice medii (pe cap de animal sau pasăre) de dejecții evacuate [35,69]:

-6,5 m³ la porci;

-4,3 m³ la taurine;

-1,1 m³ la ovine;

-0,05 m³ la păsări;

s-au calculat cantitățile anuale de dejecții evacuate, corespunzător efectivelor maxime de animale și păsări crescute în complexele zootehnice din România și respectiv din județul Timiș (tab. 1.4).

Protecția mediului din jurul complexelor zootehnice poate fi realizată fie prin intermediul stațiilor de epurare echipate cu treaptă biologică [33,61,73,76,85,86,87], fie prin reintegrarea efluentului în mediul natural, respectiv solul agricol [2,7,12,16,35,40,63,65].

Cantitățile anuale maxime de dejecții evacuate de la complexele zootehnice din România, respectiv din județul Timiș (mii m³)

Animale și păsări	România		Județul Timiș	
	număr capete	dejecții (m ³ /an)	număr capete	dejecții (m ³ /an)
Bovine	4.257.000	18.305.100	219.000	941.700
Porcine	10.046.000	65.299.000	1.463.000	9.509.500
Ovine	8.580.000	9.438.000	204.000	224.400
Păsări	80.365.000	4.018.250	2.888.000	144.400

Stațiile de epurare existente la complexele de animale din țara noastră și în special cele de la complexele de porci, nu funcționează la parametri proiectați din cauza sporirii excesive a efectivelor de animale, folosirii unui personal de deservire necalificat.

Solul, în anumite condiții, poate îndeplini rolul de factor epurator al reziduurilor evacuate de la complexele zootehnice [15,24,34,74,109,115]. Capacitatea de "autoepurare" sau de "oxidare" a solului este variată, depinzând de cantitatea și calitatea produselor reziduale încorporate în sol, precum și de starea și însușirile fizico-chimice și microbiologice ale solului supus tratamentului.

În anul 1989 în România existau aproape 100 de amenajări, cu o suprafață de circa 62.000 ha, pentru distribuția apelor uzate de la complexele de porci. În județul Timiș existau 12 amenajări cu o suprafață de 5.208 ha.

Distribuirea pe câmp a apei uzate provenite de la complexele zootehnice, ca apă de irigație, în norme prea mari, conduce la poluarea solului și a apelor freactice [98,100,111]. Deversarea acestor ape uzate neepurate sau insuficient epurate, în canalele de desecare sau în emisarii naturali determină poluarea apelor de suprafață.

Statele industrializate au rezolvat problema apelor uzate evacuate de la complexele de porci prin folosirea lor ca apă de irigație, datorită conținutului ridicat de azot, fosfor și potasiu necesar dezvoltării plantelor [4,31,34,39,81,114]. Atunci când condițiile locale de mediu nu au permis distribuția pe câmp a acestor ape uzate s-a efectuat tratarea corespunzătoare în stații de epurare. după care sunt deversate în emisarii naturali.

Lipsa de preocupare a factorilor de conducere din complexele zootehnice pentru menținerea stare de funcționare a stațiilor de epurare, acolo unde ele există, precum și dezinteresul unităților deținătoare de teren pentru folosirea lor ca apă de irigație, a condus în țara noastră, la poluarea gravă a apelor de suprafață și subterane din preajma complexelor zootehnice.

CARACTERISTICILE PRODUSELOR REZIDUALE PORCINE

2.1. CARACTERISTICI CANTITATIVE

Progresul tehnico-științific înregistrat în ultimele decenii a contribuit la schimbarea modului de creștere a animalelor, trecându-se de la sistemul tradițional, denumit "clasic gospodăresc", la sistemul modern industrial.

Pentru obținerea unui spor maxim de greutate în minimum de timp și cu eficiență economică maximă, porcii sunt crescuți în spații limitate, acoperite, în care condițiile de mediu sunt menținute la parametrii optimi. În acest sens s-a manifestat tendința de a folosi cât mai puțină mână de lucru la îndepărtarea reziduurilor de la animale pentru a menține condițiile igienico-sanitare la costuri minime, care trebuie incluse în costurile produsului final, produsele de carne și derivatele lor.

Morrison, citat de Ionecu-Sisești V. [69], definește reziduurile de la fermele de animale ca hrană nedigerată, alcătuită în principal din fibre de celuloză care au scăpat acțiunii bacteriilor. De asemenea, o parte din ceilalți nutrienți nu sunt digerați, datorită mărunțirii insuficiente a hranei înainte de a intra în aparatul digestiv sau din cauză că unele substanțe nutritive conținute în celule cu pereți celulozici sunt ferite de acțiunea sucurilor gastrice. În plus, în materiile excrete de animale mai intră și reziduurile de natură minerală, celulele moarte de pe traiectul intestinal, mucilagi și bacterii.

Termenul "**reziduu animal**" în literatura de specialitate are mai multe înțelesuri:

- materii fecale proaspete, incluzând partea solidă și cea lichidă;
- totalul excrementelor, inclusiv așternutul (paie, rumeguș), care absoarbe partea lichidă;
- partea care a rămas din totalul excrementelor, după scurgerea părții lichide;
- materialul rămas după scurgerea părții lichide, evaporarea apei și îndepărtarea nutrienților solubili;
- numai lichidul scurs din excremente.

La fermele de creștere și îngrășare a porcilor, în sistem industrial, din țara noastră reziduurile sunt îndepărtate de pe pardoseala adăposturilor în rețeaua de canalizare prin jet de apă sub presiune. Amestecul de materii fecale și urină de o anumită consistență este diluat și transformat într-o veritabilă "**apă uzată**".

Loehr [75] indică, pentru fiecare kilogram de câștig în greutate vie a animalului, o producție de 6-25 kg de reziduuri.

În Anglia, cantitatea medie de reziduu nediluat este de 7,2 l/cap de porc îngrășat [64].

Taiganides, citat de Chiriac V. [35], a indicat valoarea reziduuului zilnic de 6 % din greutatea corporală a porcilor.

Day, citat de Negulescu C.A.L. [85], apreciază că la o greutate convențională vie de 500 kg de porc corespund 30 kg de reziduuri, ceea ce confirmă valoarea de 6 % din greutate menționată mai sus.

Reziduurile de porcine sunt compuse din reziduuri de digestie (materiile fecale), reziduurile de metabolism (purinul) și componența adăugată [83].

Reziduurile de digestie se prezintă ca o materie de consistență variabilă, structură păstoasă, pigmentată diferit și cu miros caracteristic. Materiile fecale sunt la emisie o rezultată a digestiei furajelor ingerate -egesta- în care se disting: fracțiunea ingerată dar nedigerată, fracțiunea digerată dar neabsorbită și fracțiunea adăugată.

Fracțiunea adăugată este formată din sucrici digestive, celulele epiteliale, microorganisme și produșii lor de activitate.

Fracțiile nedigerate din rație sunt țesuturi lignificate (sclerenchimuri și vase), epiderme încrustate cu cutină, fragmente de parenchim etc. Frațiunea digerată dar neabsorbită este formată din lignine, celuloză, lignoceluloză, hemiceluloze, polipeptide, uree, săruri de sodiu și potasiu etc.

Materialul nedigerat din hrană și celulele bacteriene, vii și moarte, alcătuiesc 20-30 % din materiile solide excrete. Lignina nedigerată, combinată cu proteinele, formează un humus comparabil cu cel din sol.

Structura și consistența materiilor fecale sunt determinate de caracteristicile fizico-chimice ale rației și particularitățile digestiv-metabolice ale speciei și categoriei de animale analizate. Structura fizică este funcție a rezistenței mecanice și mărimii particulelor de furaje, ingerate, în legătură cu sistemul și eficacitatea masticăției.

Culoarea materiilor fecale depinde de cantitatea de pigmenți din rație, de tipul clorofilei, carotenului și de pigmenții biliari eliminați prin fecale: stercobilină, bilifucsină, mezobilifucsină etc. Mirosul respingător al materiilor fecale este datorat produșilor volatili ai catabolismului microbial al azotului și sulfului: amoniac, scatol, indol, mercaptani, hidrogen sulfurat etc.

În general se admite că emisiunea zilnică de fecale reprezintă în medie 6 % din greutatea vie a animalelor. Din totalul de materii fecale la emisiune, 55 % o reprezintă apa (variația 53-75 %) și 45 % substanța uscată (variația 47-25 %) [83].

Urina reprezintă al doilea component al reziduurilor zootehnice propriu-zise, produs la nivelul rinichiului, ca rezultat al metabolismului. Un porc produce zilnic 2-6 litri de urină cu densitatea medie 1.012 kg/m³ și conține substanțe minerale (cloruri, carbonați, fosfați, sulfăți), substanțe organice (coloranți, mucus, sulf legat organic, substanțe organice azotoase reprezentate de acidul uric, uree și alte substanțe neazotate reprezentate prin fenoli urinari, indoxil, scantoxil, paracrezol, indican, sulfăți, cistina, cisteină, cantități mici de pigmenți, fermenți, vitamine, hormoni etc.).

La porci, urina reprezintă o fracțiune importantă din excrementul total și are un conținut redus în azot, dar destul de ridicat în acid fosforic.

Amestecul de dejecții solide și lichide va avea o compoziție intermediară între acești doi constituenți, în măsura în care nu sunt diluați.

Caracteristicile produselor reziduale rezultate din stațiile de epurare ale complexelor de creștere și îngrășare a porcilor sunt puternic influențate de o serie întreagă de factori, care, în final, le conferă proprietățile:

- greutatea animalelor;
- rația utilizată în complex;
- starea fiziologică a animalelor;
- așternutul utilizat;
- produsele de spălare, dezinfectie, deratizare și dezinsecție folosite;
- cantitatea de apă de spălare folosită;
- resturile de furaje și diferite corpuri străine;
- modul de funcționare a stației de epurare și condițiile climatice.

În tabelul 2.1 este prezentată influența tipului de porc și a greutateii asupra cantității produse zilnic [3].

Dieta și metabolismul animalului influențează deasemenea cantitatea și natura reziduurilor. Porcii, care au stomacul simplu, produc materii fecale și urină similare cu cele de origine umană. Hrana este, în acest caz, în mare măsură digerabilă, produsele de excreție reprezentând o cantitate relativ mică.

Animalele adăpostite în grajduri sunt hrănite în sistemul modern în așa fel încât să se obțină un cât mai mare spor în greutate în cel mai scurt timp. Acest lucru presupune consumarea eficientă a hranei de către animal. În aceste condiții, produsele reziduale vor conține mai multe substanțe impurificatoare decât în condițiile creșterii unor animale cu spor normal de greutate. Experimentele au arătat că dacă același tip de animal este alimentat cu hrană mai concentrată și în reziduurile lui se va regăsi mai mult material nutritiv.

Influența tipului de porc și a greutateii asupra cantității de reziduuri produse zilnic

Tipul de porc	Greutatea vie (kg)	Fecale (kg)	Urină (l)	Fecale + urină	
				(kg)	% din greutatea vie
Purcel	5	0,08	0,57	0,65	13,0
Purcel	12	0,18	1,09	1,27	10,6
Porc la îngrășat	30	0,53	1,90	2,43	8,1
Porc la îngrășat	50	0,62	2,20	2,82	5,6
Porc la îngrășat	80	1,27	3,50	4,77	6,0
Scroafă gestantă	200	0,93	8,60	9,53	4,8
Scroafă în lactație	250	2,14	3,70	5,84	2,3

De exemplu, dacă proteinele depășesc o anumită proporție din hrană, ele sunt digerate mai puțin și trec într-o mai mare cantitate în materiile fecale, iar cel digerat dar în exces, este îndepărtat prin urină.

Compoziția și raportul dintre dejecțiile solide și lichide variază foarte mult cu felul și calitatea furajelor: cu cât sunt mai concentrate cu atât dejecțiile au un conținut mai ridicat în azot, fosfor și potasiu. Când hrana este bogată în substanțe azotoase, dejecțiile solide și lichide sunt bogate în azot. Cu cât substanța uscată din hrană este mai bine digerată, cu atât conținutul în azot, fosfor, potasiu etc. crește în dejecțiile lichide și este mai mic în cele solide. Când hrana este fibroasă, cantitatea de substanță uscată este mai mare în dejecțiile solide, iar când este formată din furaje suculente, atunci dejecțiile lichide sunt în cantitate mai mare.

Compoziția reziduurilor depinde de măsura în care animalele sunt apte de a digera hrana, de conținutul în proteină și de materialul fibros și de natura elementelor din rația de hrană. Diferențele în compoziția reziduurilor pot apare datorită schimbării condițiilor de mediu sau schimbării productivității lotului de animale. Caracteristicile reziduurilor animale prezintă variații nu numai datorită diferenței de hrănire al lor, ci și datorită naturii suprafeței pe care sunt acumulate și datorită frecvenței cu care sunt îndepărtate. Schimbarea hranei, a condițiilor de adăpostire a animalelor și în general, a mediului, atrag schimbări corespunzătoare în caracteristicile reziduurilor. În hrana porcilor se introduc și antibiotice așa zise "doze nutritive" pentru sănătate și creștere. O parte din aceste antibiotice sunt eliminate de animal și ajung în apele uzate și nămoluri și produc o serie de modificări ale florei acvatice și o selecție a microorganismelor în apele uzate, cu influențe multiple asupra epurării apelor uzate. Alte adaosuri în hrana porcilor cum ar fi cuprul și arsenicul, influen-

țează caracteristicile fizice precum și proprietățile biochimice ale reziduurilor.

Aproape toate reziduurile care conțin azot, rezultate din descompunerea proteinelor în corpul animalului, sunt eliminate în urină, prin rinichi; urme apar în transpirație și o cantitate relativ mai mare în materiile fecale.

Pentru evitarea impurificării cu reziduuri animale este de dorit, ca în hrană, cantitatea de material nedigerabil să fie cât mai redusă.

Animalele nerumegătoare (porcii) necesită hrană alcătuită din compuși ușor digerabili, incluzând surse de carbon pentru energie, ca amidon, zaharuri și grăsimi și surse de azot, ca aminoacizii mai importanți, uzual sub formă de proteine. În mod similar, în hrană trebuie asigurate și surse de sulf și fosfor, vitamine, minerale și alți factori de creștere, într-o formă ușor asimilabilă de către animal. Cantități mari de ingredient în hrană descresc proporția de hrană asimilabilă de către animal datorită lipsei enzimelor necesare degradării celulozei; astfel fibrele de celuloză apar în reziduuri.

Microorganismele par a avea o importanță minoră în aparatul digestiv al păsărilor și porcilor, puține fiind detectate în esofag, stomac sau porțiunea superioară a intestinului.

Degradarea amidonului începe datorită amilazelor din salivă, este continuată de acidul din stomac și se termină în intestin. Rezultă glucoza care trece în sânge și este folosită pentru energie și sinteză. Grăsimile furnizează o altă parte a energiei după ce sunt emulsionate în intestin. Proteinele sunt transformate datorită pepsinei din stomac, urmată de proteoliză datorită enzimelor secretate în intestin.

Dacă un animal monogastric este alimentat cu hrană alcătuită din zaharuri solubile, aminoacizi, vitamine, factori de creștere și minerale, fără ingrediente, excreția azotului se face sub formă de uree în urină. Cantitatea relativ mică a fecalelor este alcătuită în acest caz, din celule moarte și microorganisme intestinale.

În acest mod, în absența materialului organic, fibros, insolubil, fecalele sunt ușor degradabile.

Prin creșterea procentului de azot din regimul alimentar se produce o creștere a cantității de azot excretat și la un CCO_5 și CBO_5 excretat în cantitate mică. Prezența lipidelor în cantități peste 5 % în rație mărește CCO_5 și CBO_5 . Prin înlocuirea glucidelor digestibile cu celuloză se mărește raportul CBO_5/CCO_5 . De asemenea s-a constatat că valorile CCO_5 și CBO_5 sunt mai mari în cazul utilizării ovăzului decât în cazul utilizării porumbului. Utilizarea grâului duce la valori ale CCO_5 și CBO_5 mai coborâte decât porumbul [83].

Reziduurile porcine conțin în substanță uscată: 46 % solide grosiere, 37 % solide fine,

6 % coloizi și 11 % solubile. Consumul biochimic de oxigen (CBO₅) se datorează 13 % solidelor grosiere, 52 % solidelor fine, 7 % coloizilor și 28 % solubilelor [110].

Dejecțiile proaspete conțin în 100 g proteină brută următoarele cantități de aminoacizi: 0,6 g lizină, 0,14 g histidină, 0,44 g arginină, 0,53 g treonină, 0,52 g izoleucină, 0,92 g leucină, 0,81 g fenilalanină și 0,58 g valină [110].

Starea fiziologică a animalului are o influență deosebită asupra caracteristicilor dejecțiilor, întrucât de aceasta depinde gradul de utilizare a hranei de către animal și numărul și gama de microorganisme lăsate în mediu prin intermediul dejecțiilor. Animalele bolnave elimină prin intermediul dejecțiilor o parte din patogenii pe care îi conține.

Conținutul bacterian al fecalelor este fără îndoială cel mai important factor de instabilitate, care acționează din tubul digestiv și până la mineralizarea materialului. După emisiunea lor, fecalele și urina sunt invadate de microflora și microfauna aerobă din mediul de stocare, paralel cu readaptarea -înlocuirea florei anaerobe în interiorul masei de material.

În complexele de creștere și îngrijire a porcilor din țara noastră curățirea pardoselii și a locului de defecare se face prin jet de apă, calculându-se câte 2-4 l apă pentru fiecare m² de pardoseală sau 15-19 l de apă pe cap de porc. Urmarea utilizării unor cantități mari de apă la spălarea pardoselii adăposturilor, pentru asigurarea condițiilor igienico-sanitare, determină o creștere de 6-10 ori a volumul inițial al reziduurilor.

În Franța, pentru grajdurile fără așternut, în care se fac 2 spălări pe zi, se utilizează 23 l/cap/zi. În Italia se folosesc, în medie, 20 l/cap/zi [83]. Volumele mari de apă ce se utilizează la spălare, permit ca aceasta să-și imprime proprietățile asupra apei uzate [60].

Odată cu reziduurile, apa de spălare antrenează și resturile de alimente și alte corpuri străine care se găsesc în boxe. O influență deosebită asupra calității apei o au cantitățile relativ mari de sare de bucătărie din furaje, care îmbogățesc apa în sodiu și clor.

Pentru dezinfecție se utilizează substanțe care au drept efect stoparea fermentațiilor putride pe o perioadă de timp variabilă (1-3 săptămâni). Produsele comercializate din acest tip sunt bactericide care opresc fermentarea acizilor grași, a carbonatului de amoniu, a indolului, scatolului și hidrogenului sulfurat. De regulă, se folosesc soluții de sodă în diferite concentrații, reziduuri de antibiotice cu spectru larg, acizi sau baze.

2.2. CARACTERISTICI CALITATIVE

În domeniul protecției și epurării apelor este necesară cunoașterea parametrilor care indică impurificarea apelor, ca: materii în suspensie, CCO, CBO₅, conținutul în nutrienți, numărul total de germeni etc. Diverși autori au publicat date privind caracteristicile de impurificare datorită reziduurilor de la animale, în următoarele trei moduri [35]:

-Concentrația, în mg/dm³, a caracteristicilor de impurificare în amestecul rezidual. Deoarece umiditatea variază în funcție de cantitatea de apă folosită la spălare, de cantitatea de apă risipită la adăpat, de cantitatea eliminată sau pierdută prin evaporație sau mărită prin precipitații, valorile exprimate, în mg/dm³, pot avea variații într-un interval destul de larg.

-Concentrația, raportată la cantitatea de materii solide sau de materii solide volatile (g/g.s.v.). Spre deosebire de apele uzate orășenești, reziduurile animale sunt materii solide ce conțin o oarecare cantitate de apă. Deși umiditatea reziduuului variază, conținutul în materii solide depinde numai de rația de hrană și de specia de animal și ar trebui practic, să fie constantă pe cap de animal;

-Cantitatea totală zilnică pe cap de animal (kg sau g/cap și zi) este una din cele mai realiste exprimări ale potențialului de impurificare al unei unități de producție animală.

Întrucât atât în literatura de specialitate cât și în cazurile concrete din țara noastră se observă o neuniformitate în prezentarea acestor valori, fiecare autor specificând o anumită greutate a animalului de referință, se consideră că cea mai potrivită cale de exprimare este raportarea indicatorului de impurificare la o anumită greutate vie convențională (G.V.-1.000 kg).

Metodele clasice de analiză a indicatorilor de impurificare (CBO₅, CCO, materii în suspensie etc.) au fost stabilite pentru apele uzate. Reziduurile animale sunt însă concentrate, pentru efectuarea determinărilor clasice fiind necesară diluarea lor. În unele reziduuri se regăsesc antibiotice sau ioni ai metalelor grele, ce se adaugă în hrană pentru a asigura un spor rapid în greutatea animalului și a micșora numărul pierderilor. Aceste substanțe pot provoca interferențe în metodele clasice de analiză, fiind încă o sursă de erori care explică diferențele menționate mai sus.

În tabelul 2.2 sunt prezentate valori ale parametrilor de calitate determinate în reziduurile porcine [35].

Astfel, la porcine, materiile solide totale (S.T.) determinate prin reziduu total la 105 °C variază între 9 și 12 % din cantitatea de reziduu în stare brută.

Materiile solide volatile (S.V.) se determină prin calcinare la 600 °C a reziduuului total. În acest mod se poate aprecia cantitatea de materie organică din reziduu animal. Reziduurile ani-

Parametrii de calitate ale reziduurilor porcine

Caracteristica	Unitatea de măsură	Porci la îngrășat
Reziduu brut ^{*)} (R.B)	kg/G.V. · zi	65
Raportul fecale urină	-	1,2
Materii solide totale (S.T).	kg/G.V. · zi (% R.B.)	6,0 9,2
Materii solide volatile (S.V)	kg/G.V. · zi (% S.T.)	4,8 80
CBO ₅	kg/G.V. · zi (% S.T.)	2,0 33
CCO	kg/G.V. · zi (% S.T.)	5,7 95
Azot total	kg N/G.V. · zi (% S.T.)	0,45 7,5
Fosfor	kg P/G.V. · zi (% S.T.)	0,15 2,5
Potasiu	kg K/G.V. · zi (% S.T.)	0,30 4,9

Notă: *) -fără așternut.

G.V. -greutate vie.

male sunt alcătuite în majoritate din materie organică, procentul de substanță volatilă din reziduu în stare brută reprezentând 80-85 % la porcine.

Consumul chimic de oxigen (CCO) este un alt mod, indirect, de exprimare a cantității de materie organică din reziduu, prin indicarea cantității de oxigen necesar pentru oxidarea materiei organice. Pentru determinarea consumului chimic de oxigen al reziduurilor, diluate în prealabil, se folosește ca oxidant bicromatul de potasiu ($K_2Cr_2O_7$). Valoarea medie a acestui indicator se încadrează între 88 și 95 % din totalul materiilor solide (S.T.) din reziduu animal.

Consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO₅) este alt indicator uzual la apele uzate, folosit pentru aprecierea încărcării organice și proiectarea stațiilor de epurare. Acesta exprimă, tot indirect, cantitatea de materie organică prin oxigenul folosit de microorganisme pentru oxidarea biochimică a substanțelor organice. În țara noastră, pentru apele uzate de la porci, în urma unor cercetări întreprinse în Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Gospodărirea Apelor din București, s-a stabilit valoarea CBO₅ = 105 gO₂/cap și zi.

Azotul sub diversele sale forme constituie o importantă sursă de impurificare a apelor sau solurilor. Solurile obișnuite conțin azotat 50- 150 kg/ha. În unele alimentări cu apă ale localităților rurale s-a găsit concentrația de azotat de peste 5 mg/dm³ [35,37,106].

Azotul total reprezintă 0,4-0,7 kg N/1.000 kg greutate vie pentru porci. Raportat la totalul materiilor solide, azotul total reprezintă 4-7 %.

Fosforul, ca și azotul, este un element care, dacă se găsește în apele evacuate în cursurile naturale de apă, poate provoca fenomene neplăcute (stimularea creșterii plantelor acvatice). Reziduurile de la animale conțin cantități importante de fosfor. Din tabelul 2.2 se observă că fosforul total reprezintă 0,15 kg P/G.V. ·zi, iar raportat la totalul materiilor solide 2,5 %.

Ionii de potasiu și calciu au o concentrație ridicată în reziduurile animale și trebuie determinați cu multă atenție, deoarece ei nu sunt decât parțial îndepărtați în instalațiile de epurare de tip convențional. Sodiul, potasiul și calciul sunt elemente importante pentru caracterizarea apei uzate din punct de vedere al folosirii în agricultură.

Din măsurătorile efectuate la complexele de creștere și îngrășare a porcilor din țara noastră a rezultat că dejecțiile lichide și solide reprezintă 23,32 % în apa uzată brută. Apa tehnologică (cu caracter de apă potabilă) formată din pernele de apă + spălările tehnologice și eventualele pierderi reprezintă 76,68 % din apa uzată evacuată de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor [83]. Diluția la evacuarea apelor uzate brute din complexul de porci (înainte de intrarea în stația de epurare) este de 1:3,3. Diluția apelor uzate decantate prin eliminarea nămolului pe paturi este de 1:3,7.

În tabelul 2.3 sunt prezentate cantitățile de ape uzate și nămol rezultate din complexele de porci din România [83].

Tabelul 2.3

Cantitățile de ape uzate și nămol evacuate de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor

Specificație		Unitatea de măsură	Capacitatea de producție (mii capete/an)				
			15	30	45	60	150
Debitul de ape uzate	maximum orar	m ³ /h	31	63	68	126	315
	maximum zi	m ³ /h	315	630	665	1.260	3.150
	anual	mii m ³ /an	115	230	239	460	1.150
Nămol primar	la intrarea în paturi (umiditate 95 %)	m ³ /zi	24	48	58	96	240
		mii m ³ /an	88	17,5	21,2	35	86,1
	la evacuarea din paturi (umiditate (70 %)	m ³ /zi	4	8	10	16	40
		mii m ³ /an	1,5	2,9	3,6	5,8	14,6

Din punct de vedere fizic, apa uzată decantată este de culoare închisă, portocalie-roșietică, netransparentă sau foarte puțin transparentă, cu miros greu, pătrunzător, caracteristic [107].

Caracteristicile chimice ale apei uzate decantate, citate în literatura de specialitate [35,60, 72,83,110], prezintă o mare varietate (tabelul 2.4). Datele prezentate în tabel scot în evidență conținutul ridicat în elemente nutritive, apa uzată putând fi considerată ca un îngrășământ lichid azotopotic-fosforic. După gradul de mineralizare, apa uzată decantată se încadrează în clasele de salinizare C_3 - C_5 , indicând un pericol ridicat de salinizare. Apa uzată se încadrează după potențialul alcalizant în clasele S_1 și S_2 , prezentând un pericol slab până la mijlocii de alcalizare.

După coeficientul de irigație Prikłonski apa uzată decantată este nesatisfăcătoare ca apă de irigație putându-se folosi numai pe solurile intens drenate sau cu drenaj artificial.

După indicele Kelley, apa uzată decantată este bună pentru irigații existând un oarecare pericol de absorbție a sodiului.

După STAS 9450-88 ce prezintă condițiile de calitate a apei pentru irigarea culturilor se constată că apa uzată decantată are valori ale rezidului salin ridicate și foarte ridicate și un potențial de alcalizare ridicat sau foarte ridicat ceea ce arată că pentru a putea fi utilizată la irigat sunt necesare amenajări speciale pentru spălare și drenaj, soluri permeabile și plante tolerante și foarte tolerante la salinitate. luându-se măsuri de aplicare a amendamentelor organice și minerale.

După valorile C.S.R., apa uzată decantată este acceptabilă pentru folosirea la irigație. Analizând deci diversele criterii de pretabilitate a apei pentru irigat se consideră că ea este de calitate satisfăcătoare și poate fi folosită la irigarea plantelor tolerante la salinitate în perimetrele special amenajate în care să se institue un sistem riguros de protecție a calității solului.

Apa uzată decantată analizată după indicatorii de calitate din STAS 9450-88 este o apă intens poluată, iar folosirea ei la irigație se va face în funcție de situația epidemică și epizootică din zona de captare și amonte a sursei de apă pentru irigație, după modul de udare și după felul și destinația produselor vegetale care se irigă.

Din punct de vedere enzimatic s-a înregistrat la apa uzată decantată valori mari [16,60,83]:

-activitatea zaharazică = 1.400 mg glucoză/l;

-activitatea ureazică = 129 mg fenol/l;

-activitatea fosfatazică = 65 mg fenol/l;

-activitatea dehidrogenazică = 433 mg formazan/l;

Nămolul preluat din paturile de uscare înainte de evacuare are un conținut ridicat de apă și elemente nutritive (tabelul 2.5) [16,60].

Din punct de vedere microbiologic, nămolul prezintă o floră bacteriană saprofită banală,

Tabelul 2.4

Caracteristicile chimice ale apelor uzate decantate

Caracteristica	Unitatea de măsură	Limite de variație	Media
pH		6,5-9,1	7,5
Suspensii totale	mg/l	1.000-12.000	200
Reziduu fix	mg/l	1.500-4.900	2.375
Azot total	mg/l	260-920	430
Fosfor total	mg/l	20-95	60
Potasiu total	mg/l	180-260	220
NH ₄ ⁺	mg/l	172,0-184,5	178,2
NO ₃ ⁻	mg/l	0,55-0,575	0,56
P ₂ O ₅ mobil	mg/l	21,5-28,5	25,0
K ⁺	mg/l me/l	117-142 3,0-3,64	129,5 3,32
Na ⁺	mg/l me/l	33-528 1,43-22,96	280 12,17
Ca ⁺⁺	mg/l me/l	30-30,2 1,50-1,51	30 1,50
Mg ⁺⁺	mg/l me/l	56-63 4,6-5,2	59 4,9
Cl ⁻	mg/l me/l	40-810 1,13-22,80	425 11,97
CO ₃ ^{..}	-	-	-
HCO ₃ ⁻	mg/l me/l	98,8-247,5 1,62-4,50	186,6 3,06
SO ₄ ⁻	mg/l me/l	100-1.000 1,04-10,4	550 5,73
Fenoli	mg/l	0,02-0,03	0,025
Coeficientul Priklonscki		2,5-4,8	4,7
SAR		0,8-12,3	6,7
Criteriul Kelley		0,23-3,42	1,90

cu următoarea alcătuire calitativă: 11,2 % bacterii sporogene (*Bacillus cereus*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus subtilis*) 16 % micrococi, 15 % arthrobacter, 12 % streptococi, 6,4 % flavobacterium,

Caracteristicile nămolului din paturile de usare

Elementul analizat	Unitatea de măsură	Adâncimea de recoltare				Media 0-60 cm
		0-10	10-20	20-40	40-60	
Umiditatea	%	71	82	82	87	82
pH		6,72	6,63	5,98	6,00	6,23
Materie organică	%	84	88	87	87	87
N total	%	3,53	2,86	3,54	3,47	3,40
N-NO ₃	mg/100 g	132	195	191	227	194
N-NH ₄	mg/100 g	92	936	1.297	1.074	962
P total	%	1,02	1,09	1,16	1,11	1,09
P ₂ O ₅ mobil	mg/100 g	257	199	267	247	247
K total	%	0,25	0,23	0,22	0,23	0,23
K ₂ O mobil	mg/100 g	381	339	408	417	395
Na solubil	mg/100 g	58	73	81	89	78
Zn total	ppm	87	43	32	30	42
Cu total	ppm	18	7	5	4	7
Reziduu conductometric	mhos	1.607	983	4.212	3.245	2.917
	mg/100 g	559	337	1.474	1.131	1.018

20 % achromobacter sp., 4 % actinomicete, 3,2 % rizobiaceae și 12 nedeterminate.

Din nămol s-au izolat microorganisme patogene ca: salmonelle (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*), bacteriofagi, bacterii tifice, leptospire, enterovirusuri și ouă de helminți.

Activitatea enzimatică este foarte ridicată [16,60,83]:

-activitatea zaharazică = 16 g glucoză/100 g nămol s.u.;

-activitatea ureazică = 243 mg NH₄/100 g nămol s.u.;

-activitatea fosfatazică = 623 mg fenol/100 g nămol s.u.;

-activitatea dehidrogenazică = 1.990 mg formazan/100 g nămol s.u.

Acest lucru atestă o densitate microbiană și surse nutritive și stimulatoare de creștere extraordinare.

2.3. CARACTERISTICI BACTERIOLOGICE

Proprietățile biologice, incluzând proprietățile microbiologice ale reziduurilor animale, sunt în strânsă legătură cu modul de hrană al animalelor și cu tipul de stomac (rumegătoare sau nerumegătoare), care afectează proporția de materie organică din reziduuri, mai ușor sau mai greu degradabilă.

Speciile și numărul de microorganisme din tractul intestinal sunt puține cunoscute, deși s-au identificat bacterii, bacterii filamentoase, fungi, viruși și protozoare.

Animalele răspândesc germeni patogeni, în mare măsură, prin reziduuri.

Apele uzate pot conține diverși germeni patogeni pentru om și animale, ca: salmonele, brucele, leptospire, listerii, coccidii, colibacili, baciliul tuberculozei, bacilul rujetului, erizipel, antrax, viruși, diverși alți paraziți etc.

De asemenea, în apele uzate sau în emisarii care primesc ape uzate de la animale, diverși cercetători au găsit germeni ai unor boli ce se transmit prin apă [80,121].

Un indicator frecvent utilizat pentru a indica gradul de infectare al apelor este numărul coliformilor. Deși microorganismele din traiectul digestiv al animalelor nu se cunosc în detaliu, s-au ales grupe care să indice poluarea cu materii fecale, pe lângă bacteriile coliforme și *Streptococcus fecalis*. Deși bacteriile coliforme se găsesc în număr mare în reziduurile animalelor domestice, termenul nu este specific datorită faptului că aproximativ 5 genuri de bacterii sunt capabile de a forma gaz prin fermentarea lactozei în 48 ore la o temperatură de 35 °C. Geldreich a stabilit ca metodă posibilă pentru a deosebi materiile fecale animale de cele umane, numărul de bacterii coliforme și streptococi fecali, după cum rezultă din tabelul 2.6 [35].

Numărul de coliformi pe cap de porc este de 3-10 ori mai mare decât pe cel al oamenilor.

Din tabelul 2.6 reiese că raportul între coliformii fecali și streptococii din fecale poate servi pentru diferențierea impurificării datorită omului și animalelor. Acest raport este, pentru apele orășenești, de peste 4, în timp ce pentru reziduurile de la animale este mai mic de 0,6.

Încărcătura microbiană a apelor uzate provenite din crescătoriile de porci este asigurată de faptul că această specie reprezintă rezervorul natural pentru diverși germeni - unele serotipuri de leptospire, de salmonele etc. - care sunt eliminați, în cantități variabile, odată cu dejecțiile [9,10,11].

Produsele reziduale (apa și nămolul) provenite din crescătoriile de porci și folosite la irigat sau pentru îngrășat solul, după parcurgerea treptelor de epurare, sunt libere de leptospire, microplasmе, germeni vibrioformi, de virus al bolii lui Aujeszky și de virus al pestei porcine clasice [102].

Caracteristici bacteriologice ale dejecțiilor de la om și de la porc

Indicator		Unitatea de măsură	Om	Porc
Greutatea reziduurilor	Greutatea medie a fecalelor	g/zi	150	2.700
	Umiditatea	%	77	67
Densitatea medie a indicatorului	Coliforme fecale	număr/g	$1,3 \times 10^7$	$3,3 \times 10^6$
	Streptococi fecali	număr/g	$3,0 \times 10^6$	$8,4 \times 10^7$
Indicator unitar, per cap și zi	Coliforme fecale	număr	$2,0 \times 10^9$	$8,9 \times 10^9$
	Streptococi fecali	număr	$4,5 \times 10^8$	$2,3 \times 10^{11}$
Raportul	Coliforme Streptococi		4,3	0,4

Apa uzată și nămolul rezultat din aceasta au o încălcare ridicată de floră coliformă. În afara acesteia, s-au mai pus în evidență fungi și agenți microbieni din genurile *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*.

Prin metodele experimentale s-a demonstrat că în apa și nămolul provenite de la crescătoriile de porci leptospirele persistă până la 2 ore, iar virusurile bolii lui Aujeszky și al pestei porcine între 36 și 72 ore [10].

În solul irigat cu apă reziduală sau fertilizat cu nămol prelevat din stațiile de epurare aferente crescătoriilor de porci nu au fost decelate leptospire patogene, germeni vibrioformi, microplasmе, virus al bolii Aujeszky și al pestei porcine [11].

Solul îngrășat cu nămol provenit din stațiile de epurare conservă viabilitatea leptospirelor patogene din stațiile de epurare aproximativ 2 ore, iar a virusului bolii lui Aujeszky între 36 și 72 ore.

Rezultatele investigațiilor vizând potențialul epizootogen al nămolului compostat arată că indiferent de structură, nămolul compostat, preparat fie prin fermentare spontană, fie prin fermentare dirijată, este lipsit de potențial epizootogen sub raportul prezenței de leptospire, microplasmе, germeni vibrioformi și virus al bolii lui Aujeszky [60].

După 7-10 zile de la contaminare, leptospirele, microplasmеle și germenii vibrioformi dispar din nămolul compostat. Același produs menține viabilitatea virusului bolii lui Aujeszky maximum 12 ore.

Din investigațiile făcute [11], privind rolul epizootologic al plantelor cultivate, rezultă că

plantele furajere: lucernă, lolium, golomăț, sfeclă furajeră, sfeclă de zahăr, orz, ovăz, porumb. soia, cultivate pe teren irigat și/sau fertilizat cu nămol provenit din stații de epurare aferente crescătoriilor de porci sunt libere de leptospire patogene, microplasmе, germeni vibrioformi, virus al bolii lui Aujeszky și al pestei porcine. Aceste plante au fost examinate în trei perioade de vegetație reprezentând toate etapele de vegetație.

În solurile irigate și/sau fertilizate cu nămoluri provenite din stații de epurare aferente crescătoriilor de porci flora coliformă a fost -de regulă- inferioară celei găsite în apa uzată, cu valori care au ajuns până la 77×10^7 germeni/ml [11]. În afara florei coliforme, în solurile cultivate cu diverse plante (soia, orz, porumb) s-au pus în evidență fungi și bacterii din genurile *Streptococcus*, *Pseudomonas* și *Proteus*.

FENOMENE DE POLUARE DATORATE REZIDUURILOR PORCINE

3.1. POLUAREA AERULUI

Poluarea produsă de reziduurile de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor se resimte în atmosferă, în apele de suprafață și subterane și în sol [62,77,82,84,106,111].

Substanțe volatile dezagreabile, produc un miros foarte greu de suportat în zona deversării sau folosirii apelor uzate, cu consecințe negative atât pentru condițiile și calitatea muncii cât și pentru zonele de locuit sau agrement.

Mirosurile se datoresc descompunerii anaerobe a reziduurilor, în timpul căreia s-au identificat următorii compuși: alcoolii (metanol, etanol, 2-propanol, butanol, propanol, izobutanol, izopropanol); acizi (acetic, propionic, butiric, izo-butiric, izo valeric); aromatice (p-crezol); heterocicli de azot (indol, scatol, pirazin); amine (metilamină, etilamină, trimetilamină, trietilamină); carbonilii (formaldehide, acetaldehide, propionaldehide, butiraldehide, valeraldehide, heptaldehide, octaldehide, decaldehide, izobutilaldehide, diacetil, hexanol, acetonă, 3-pentanone); mercaptani (metilmetcatan); sulfuri (dimetil sulfat, dietil sulfat); esteri (etilformic, metil acetat, propil acetat, butil acetat, izopropil acetat, izo-butil acetat, izopropil propionat) și gaze fixe (bioxid de carbon, metan, amoniac, hidrogen sulfurat) [78].

Proprietățile și efectele gazelor toxice rezultate din complexele de porcine sunt prezentate în tabelul 3.1 [84].

Din măsurătorile efectuate la o stație amplasată la 0,4 km de o crescătorie de porci cu 90.000 capete, au fost absorbite în fiecare săptămână 2,8 kg amoniac, ceea ce duce la 146 kg/ha anual.

Mulți agenți patogeni se pot transmite de la animale la om prin intermediul atmosferei. Supraviețuirea în aer a germenilor patogeni sau condiționat patogeni depinde de o serie de factori cum sunt: temperatura, umiditatea aerului, lipsa suportului nutritiv și existența unor agenți cu acțiune bactericidă și bacteriostatică.

În zonele cu reziduuri porcine, muștele se dezvoltă rapid și crează disconfort. Muștele sunt atrase de reziduurile animale dacă umiditatea acestora variază între 55 și 85 %.

Proprietățile și efectele gazelor toxice rezultate din complexe de porcine

Gazul	Mirosul	Nivelul exploziv (% din volum)		Pragul de detectare al mirosului (ppm) ^{b)}	Concentrația maximă permisă (ppm) ^{c)}	Efectele concentrației		
		minim	maxim			nivelul (ppm) ^{d)}	durata de expunere (minute) ^{e)}	efectul fiziologic
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CO ₂	Fără miros	-	-	-	5.000	20.000 30.000 40.000 60.000 300.000	- - - 30 30	Nepericulos Accelerarea respirației Somnolență, Dureri de cap Vomă, respirație asfixiantă Poate fi mortal
NH ₃	Ascuțit, înțepător	16	-	5	50	400 700 1.700 3.000 5.000	- - - 30 40	Iritații ale gâtului Iritații ale ochilor Tuse și expectorații Asfixiant Poate fi mortal
H ₂ S	Miros de ouă stricate, greșos	4	46	0.7	10	100 200 500 1.000	Câteva ore 60 30 -	Iritații ale ochilor și nasului Dureri de cap amețeli Grețuri, excitație, insomnie Inconștiență, moarte
CH ₄	Nu are	5	15	-	1.000	500.000	-	Durerii de cap, netoxic

continuare la Tabelul 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
CO	Nu are	-	-	-	50	500 1.000 2.000 4.000	60 60 60 60	Nu are efect Neplăcut, dar nu periculos Periculos Mortal

Notă: Gazele prezentate sunt lipsite de culoare.

- a) Amestec de gaze și aer care poate exploda cu o scânteie în domeniul de explozie (% din volum).
- b) Concentrația minimă la care gazul este detectat prin miros.
- c) Concentrația maximă permisă acceptată de agențiile de sănătate pentru muncitorii ce lucrează 8-10 ore.
- d) Părți de gaz pur pe a milioane parte de aer atmosferic. Se împarte cu 10.000 pentru % din volum.
- e) Timpul în care se pot simți efectele gazului la oameni (persoane adulte) sau la animale (porc de 68 Kg).
- f) Efectele asupra persoanelor adulte sau animalelor (porc 68 Kg), porcii ușori sunt afectați mai ușor la niveluri coborâte.

3.2. STANDARDE PENTRU CALITATEA APEI

Protecția mediului înconjurător este, în prezent, considerată pe plan mondial drept disciplina cu cea mai mare pondere în responsabilitatea pe care o are știința față de progresul general al omenirii. Știința ocrotirii naturii, ca știință de largă sinteză, a căpătat în ultimul timp un impetuos impuls, rezultat al unei stringente necesități a societății umane de a corela rezultatele pozitive și favorabile ale progresului tehnic, cu consecințe nefaste ale degradării mediului înconjurător datorate folosirii intensive a resurselor naturale.

În cadrul protecției eficiente a mediului înconjurător, una din problemele importante este aceea de stabilire a unor criterii și limite pentru indicatorii de calitate caracteristici. Pentru protecția calității apei, acești indicatori de calitate se pot referi, fie la resursele de apă, fie la efluenții de ape uzate care poluează aceste resurse [125,126,127,128].

Limitele stabilite pentru diferiți indicatori de calitate cuprinși în STAS 4706-88 urmăresc ca la categoria a III-a să corespundă cerințelor de desfășurare a proceselor biologice care asigură autoepurarea materiilor organice, iar pentru categoria I, caracteristici care să asigure posibilitatea de tratare a apei, cu mijloace obișnuite și fără cheltuieli prea mari, astfel încât să poată fi utilizată ca apă potabilă.

Astfel, pentru categoria I se prevede un conținut redus de materii organice (CBO_5 max. 5 mg/dm^3 și CCO max. 10 mg/dm^3) la o mineralizare totală de cel mult 750 mg/dm^3 . Indicatorii toxici sau periculoși pentru sănătate sunt prevăzuți în limitele pentru potabilitate, fără a se mai conta pe efectele posibile ale tehnologiei de tratare. Această prevedere asigură protecția sănătății oamenilor chiar în cazul unor defecțiuni tehnologice de tratare. Printre elementele toxice normate sunt: arsen până la $0,05 \text{ mg/dm}^3$, argint $0,01 \text{ mg/dm}^3$, cadmiu $0,005 \text{ mg/dm}^3$, cianuri $0,01 \text{ mg/dm}^3$, crom hexavalent $0,05 \text{ mg/dm}^3$, cupru $0,1 \text{ mg/dm}^3$, mercur $0,005 \text{ mg/dm}^3$, plumb $0,05 \text{ mg/dm}^3$, seleniu $0,01 \text{ mg/dm}^3$ etc.

Pentru ca apa de categoria a III-a să permită procesele de autoepurare este prevăzut să conțină cel puțin 4 mg/dm^3 oxigen dizolvat, un consum biochimic de oxigen de max. 12 mg/dm^3 și un consum chimic de oxigen (metoda cu permanganat de potasiu și metoda cu bicromat) de 25 respectiv 29 mg/dm^3 .

Substanțele toxice sunt menținute la nivele apropiate celor prevăzute pentru apa potabilă, spre exemplu: argint $0,01 \text{ mg/dm}^3$, crom hexavalent $0,1 \text{ mg/dm}^3$, mercur $0,02 \text{ mg/dm}^3$, nichel $0,1 \text{ mg/dm}^3$, plumb $0,01 \text{ mg/dm}^3$, seleniu $0,01 \text{ mg/dm}^3$, astfel încât să se asigure posibilitatea de re folosire de cât mai mulți consumatori.

De asemenea, condițiile vor fi mai severe pentru unele substanțe toxice cu persistență mare în apă.

Standardul privind condițiile de calitate prevede, așa cum s-a arătat și cerințele pe care trebuie să le îndeplinească apa folosită la irigații. Această prevedere are un caracter general, prin condițiile standardului eliminându-se sau limitându-se elementele dăunătoare dezvoltării plantelor. Ținând seama de marea variabilitate pe care pot să o dea, atât diferitele caracteristici ale solului, cât și plantele cultivate s-a elaborat STAS-ul 9450-88 care specifică condițiile tehnice generale de calitate necesare apei pentru irigarea culturilor agricole.

Indicatorii luați în considerare la aprecierea calității apei pentru irigație se pot clasifica în 3 grupe:

- indicatori salini;
- indicatori toxici sau dăunători;
- indicatori infecto-contagioși.

Grupa de indicatori salini împarte apa de irigație în 4 clase de salinitate și în 3 clase de alcalizare. Reziduu salin de 150, 500, 1.500 și 3.250 mg/dm³ reprezintă limitele maxime ale celor patru clase de salinitate. Clasele de alcalizare sunt reprezentate fie prin valorile concentrației de sodiu, fie prin indicii S.A.R.

Pentru indicatorii toxici sau dăunători, valorile s-au normat pe două categorii, acestea fiind stabilite în funcție de mărimea normei de irigații, de umiditatea zonei și de textura solului.

În categoria I s-au prevăzut limite asemănătoare cu cele de categoria I din STAS 4706-88 sau chiar mai severe.

Indicatorii infecto-contagioși, limitați în standard la germeni coliformi, sunt stabiliți pentru 3 categorii de ape:

- potabilă (germeni coliformi până la 10²/dm³);
- moderat poluată (germeni coliformi 10²-10⁵/dm³);
- intens poluată (germeni coliformi peste 10⁵/dm³).

Domeniul de utilizare a acestor categorii de apă diferă după situația epidemiologică și epizootologică din zona de captare și în amonte de aceasta, după modul de udare și după felul și destinația produselor vegetale care se irigă. Astfel, apa moderat poluată nu este utilizabilă la soluri foarte permeabile și pentru plante cu destinație alimentară sau furajeră în stare proaspătă sau conservată prin congelare, murare. Apa intens poluată poate fi utilizată numai în cazul când sunt luate măsuri de protecție a apei freactice și când produsele culturii sunt prelucrate termic, industrial sau nu sunt alimentare.

3.3. POLUAREA APELOR

Amplasarea inițială a marilor complexe s-a făcut în cele mai multe cazuri în apropierea unor cursuri de apă, în ideea că problema apelor uzate va fi ușor rezolvată prin deversarea lor în acestea. În necesitatea de a păstra cât mai curate cursurile de apă s-a interzis prin cadru legal (Legea 8/1974), deversarea în emisari a volumelor mari de apă uzată și s-a impus găsirea unor soluții de epurare a lor.

Apele uzate provenite din zootehnie continuă să polueze apele de suprafață și subterane datorită funcționării stațiilor de epurare sub parametrii proiectați, acolo unde ele există sau datorită inexistenței lor.

Caracteristica principală a reziduurilor porcine o constituie conținutul foarte ridicat de materie organică ușor degradabilă [84]. Prima consecință este cea de poluare primară cu efecte directe asupra reducerii cantității de oxigen în apă, care poate ajunge în cazul unor poluări maxime până la zero. Efectul secundar este de favorizare a dezvoltării verigii primare a lanțului trofic (plantele) cu consecințele sale pozitive și negative asupra apelor. Ca efect pozitiv este producția de oxigen și dezvoltarea lanțului trofic până la pește, iar ca efect negativ este accentuarea dezechilibrată a acestei acțiuni. Astfel, saturația de oxigen crește în timpul iluminării de o zi până la valori foarte mari, însă în timpul nopții consumul de oxigen pentru respirația plantelor și animalelor este așa de mare, încât poate provoca deficit accentuat de oxigen în masa apei. În aceste condiții, posibilitatea de mineralizare aerobă scade, astfel încât se acumulează materie organică nemineralizată în suspensie sau sedimentată și care constituie baza pentru declanșarea unei dezvoltări excesive a vegetației, în condiții favorabile de lumină și temperatură. Aceste dezechilibre intervenite în lanțul trofic se resimt la nivelul tuturor verigilor și sunt dăunătoare pentru calitatea apei.

Apele de suprafață din imediata vecinătate a crescătoriilor se pot îmbogăți în azot prin adsorbția amoniacului din atmosferă (unde se află în concentrații de 20 de ori mai mari decât în zonele martor).

Reziduurile porcine sunt surse de agenți infecțioși care pot infecta alte animale și în ultimă instanță omul. Bolile transmisibile de la animale prin apă sunt: antrax, bruceleza, coccidiosa, encefalita, erisipelul, histoplamoza, holera porcilor, bronșita infecțioasă, boala Newcastle, gastroenteritele, salmonelozele și leptospirozele.

O concentrație ridicată de substanțe organice în apă diminuează activitatea infuzorilor care au un rol deosebit în procesele de autoepurare a apei când distrug colibaciliile salmonelozelor, stafilococii și brucelele în 72 de ore.

O acțiune deosebit de gravă o au reziduurile porcine asupra apelor freatice pe care le încarcă cu săruri solubile și nitrați [87,104,106].

În zonele în care se administrează norme mari de udare și în zonele carstice există pericolul de pătrundere a apei uzate încărcată cu germeni patogeni și cu diverși constituenți chimici direct

în apele subterane, ducând la poluarea acestora [118,119].

Reziduurile pot transmite apelor gust și miros neplăcut și este posibil ca apa uzată să adauge impurități care prin natura proprietăților lor toxice și biostatice inhibă orice fel de creștere a plantelor.

3.4. POLUAREA SOLULUI

Ideea că solul constituie un sistem epurator, un filtru viu, nu este de dată recentă. Din experiențele anterioare s-a constatat că această idee este valabilă numai în cazul în care nu se depășesc anumite limite. Trebuie însă să se țină seama de proprietățile fizico-chimice și biologice ale acestuia și utilizate ca atare în așa fel încât aplicarea dejecțiilor să nu afecteze aceste proprietăți și nici să devină nocive pentru plantele de cultură, precum și apele de suprafață și freatice.

Particulele grosiere conținute în apa uzată vor fi reținute la suprafață de către sol, iar particulele fine vor putea pătrunde distanțe scurte în acesta. Bacteriile sunt reținute de către sol. Solul ca orice filtru se poate colmata sub acțiunea mecanică a materiilor în suspensie. Prin fermentare are loc o proliferare a țesuturilor microbiene ce obturează porii solului [31].

Administrarea unor norme de udare și de irigare mari poate crea o stare anaerobioză, din cauza excesului de umiditate care reduce capacitatea de autopurificare a solului, terenurile irigate astfel devenind insalubre [53].

În urma irigării cu norme mari de apă uzată poate apărea fenomenul de "oboseală a solului" prin creșterea conținutului de microelemente (Zn, Cu) cloruri, sulfati, acizi grași și alte substanțe nocive, precum și prin spălarea fierului în adâncime, degradarea structurii, aerisirea insuficientă.

Oboseala solului poate fi provocată și de modificarea echilibrului biologic din sol. Într-un sol sănătos și fertil predomină o populație microbiană stabilă și bine echilibrată. Printr-o intervenție nefavorabilă acest echilibru este deranjat, se schimbă raportul microbial în favoarea organismelor saprofite parazite determinând apariția fenomenului de oboseală a solului.

Administrarea unor doze excesive de produse reziduale duce la creșterea conținutului solului în săruri solubile, la înlocuirea din complexul coloidal a calciului cu sodiu, potasiu și hidrogen, la acidifierea solului, la creșterea concentrațiilor de aluminiu în sol peste limita de toleranță pentru plante, la degradarea structurii solului și scăderea permeabilității [48,79].

Principalii ioni prezenți în soluția solului vor fi anionii NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- și cationii Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} și NH_4^+ , care în doze mari pot avea efect toxic pentru plante. Toxicitatea sărurilor de potasiu și magneziu se confundă cu aceea a sărurilor solubile în general și cu a nitraților. Prezența în cantitate mare în sol a azotului nitric duce la riscul acumulării lui în plantă, cu efecte nedorite pentru animale [54].

COLECTAREA, EVACUAREA ȘI EPURAREA APELOR UZATE DE LA COMPLEXELE DE CREȘTERE ȘI ÎNGRĂȘARE A PORCILOR

4.1. COLECTAREA ȘI EVACUAREA REZIDUURILOR DIN COMPLEXELE DE PORCI

Concentrarea zecilor de mii și în unele cazuri peste o sută de mii de porci în complexe de tip industrial a dus la apariția, în aceste locuri, a unor volume enorme de produse reziduale, care devin surse de poluare a mediului ambiant.

Evacuarea reziduurilor din adăposturile închise, în care porcii sunt crescuți în sistem industrial, se poate realiza pe cale uscată sau pe cale umedă. Metoda evacuării pe cale uscată, fără adăos de apă de antrenare, este mai avantajoasă din punctul de vedere al protecției apelor. Sistemul este alcătuit dintr-un lanț cu racleți care au o mișcare continuă într-un canal de beton în care cad reziduurile prin grătarele din pardoseală. La un capăt al adăpostului reziduurile astfel raclate sunt colectate într-un canal de beton transversal sensului de mișcare al lanțului cu racleți. Blaha, citat de Chiriac V. [35], a descris un astfel de sistem fabricat de o firmă suedeză Alfa Laval și executat la ferma de porci Levin (Cehia).

Metoda evacuării pe cale umedă a reziduurilor odată cu apa de spălare nu este de dată recentă. În ultimul timp a apărut ideea automatizării spălării, pentru o mai rațională folosire a apei.

Un sistem recent experimentat la fermele de porci este colectarea reziduurilor în niște jgheaburi longitudinale, paralele cu latura lungă a adăpostului, unde sunt antrenate hidraulic la intervale regulate, prin funcționarea automată a unui rezervor cu sifon. O alternativă atractivă din mai multe puncte de vedere este folosirea pentru antrenarea reziduurilor a apei epurate, recirculate în rezervorul menționat mai sus [35].

În țările unde s-au atins concentrații foarte mari de animale într-o singură unitate, care se exploatează în sistem industrial, antrenarea reziduurilor de pe pardoseala adăposturilor se face cu jet de apă, într-un sistem de canalizare. În acest fel reziduurile se diluează, funcție de cantitatea de apă folosită, de 3 până la 10 ori, devenind ape uzate care sunt transportate gravitațional sau prin pompare la stația de epurare.

Împrăștierea pe câmp a reziduurilor animale reprezintă un mod foarte eficient de a menține

fertilitatea solului. Materiile hrănitoare din reziduuri îmbunătățesc structura solului, îi măresc capacitatea de reținere a apei, micșorează posibilitatea de erodare a solului datorită vântului și ploilor, îmbunătățește aerisirea solului și are un efect pozitiv pentru microorganismele din sol. Împrăștierea reziduurilor trebuie să țină cont de sezon, de tipul de cultură, de pericolul împrăștierei unor patogeni. Hart, citat de Chiriac V. [35], sugerează ca reziduul să fie împrăștiat după o prealabilă fluidizare, în grosime de 0,1-0,5 cm, pentru a evita dezvoltarea muștelor și a permite o uscare rapidă.

La început împrăștierea pe câmp a avut ca scop, mărirea producției agricole pe seama nutrienților din reziduuri [63,64]. Cu timpul, a căpătat importanță necesitatea evacuării reziduurilor, care odată cu mărirea numărului de capete dintr-o fermă, trebuie transportate la distanțe mai mari, suprafața din jurul fermei devenind insuficientă. Datorită concurenței îngrășămintelor chimice, mai ușor de manipulat și la un cost relativ scăzut, folosirea reziduurilor animale la fertilizarea solurilor se aplică din ce în ce mai puțin.

În anumite condiții, valoarea reziduurilor animale este mai mică decât costul manoperei și echipamentului necesar transportului și împrăștierei lui. Din acest motiv a apărut mai atrăgătoare metoda irigării cu ape uzate tratate, respectiv, cu fracțiunea lichidă a amestecului rezidual. Evacuarea pe câmp a lichidului rezidual se poate face continuu sau discontinuu, în funcție de norma de irigare a recoltei. Acest ultim sistem presupune prezența unor rezervoare de stocare a reziduurilor pe o durată de câteva luni.

S-a folosit și sistemul de aspersare a culturilor cu ape uzate rezultate la fermele de porci. Problemele care apar în acest caz sunt legate de suprafața de teren necesară, de instalațiile de aspersiune, precum și de producerea de mirosuri neplăcute în timpul și după aspersare.

4.2. EPURAREA MECANICĂ ȘI CHIMICĂ A APELOR UZATE

Îndepărtarea fracțiunii solide grosiere este necesară atât pentru cazul epurării biologice a reziduurilor, pentru producerea de furaj proteinizat din reziduuri cât și pentru irigații [33,40,85].

Separarea fracțiunii solide din reziduurile de la animale de cea lichidă permite valorificarea fracțiunii solide, în timp ce fracțiunea lichidă poate fi folosită la irigații, la antrenarea reziduurilor (prin recirculare) sau descărcată într-un emisar, după o epurare corespunzătoare [61,65,76]. Separarea se poate realiza prin diferența de greutate specifică, evaporarea sau trecerea prin site sau filtre. La crescătoriile de porci în sistem industrial s-a generalizat transportul hidraulic al reziduurilor. Separarea fracțiunii solide devine imperios necesară pentru tratarea separată a volumului mare de ape

uzate și a nămolului.

Decantarea reziduurilor. Decantarea celei mai mari părți a fracțiunii solide din amestecul rezidual diluat se produce prin reducerea vitezei de curgere în bazinele de decantare. Decantarea este influențată de conținutul în substanță uscată al reziduurilor și de durata de sedimentare. Materiile în suspensie coloidale, precum și materiile plutitoare (resturi de hrană, paie etc.) nu se depun prin sedimentare liberă.

Odată cu scăderea conținutului în substanță uscată al reziduurilor, viteza de sedimentare a particulelor solide crește, iar sedimentul, raportat la volumul total, scade.

Materiile grosiere din apele uzate sedimentează în 3-5 minute, materiile în suspensie decantează după câteva ore.

Tratarea chimică s-a folosit în unele cazuri și la reziduurile de la animale. Unii autori arată că pentru a inhiba producerea de mirosuri neplăcute și pentru a realiza și un oarecare grad de epurare, se poate folosi laptele de var și clorul (tabelul 4.1) [35]. Tratarea cu lapte de var a redus valoarea CBO cu circa 50 % prin precipitarea materiei organice. Pentru a menține pH-ul în jurul valorii 10 s-a adăugat zilnic circa 70 g lapte de var pentru fiecare porc (de 45 kg). În mod asemănător, necesarul zilnic de clor a fost de 45 g clor activ pentru un porc de 45 kg. Inhibarea mirosurilor se poate realiza și cu doze mai mici (50 %) decât cele indicate mai sus.

Alți autori [114] indică pentru o bună clorizare a pardoseliilor o doză de minimum 0,05 kg clor activ pentru porcul de 100 kg. Clorizarea reziduurilor de la porci, diluate în prealabil, elimină într-o oarecare măsură mirosurile și îmbunătățește floccularea și deshidratarea: în cazul menționat, valoarea CCO s-a redus cu aproximativ 72 %. În mod obișnuit, clorizarea se aplică pentru dezinfecția apelor epurate.

Tabelul 4.1

Conținutul gazelor care se degajă din reziduurile de la porci netratate și tratate

Indicatori	Unitatea de măsură	Netratate	Tratate cu lapte de var	Tratate cu clor
pH		6,0	10,0	5,8
Amoniac (NH ₃)	g/dm ³	10,8x10 ⁻⁶	8,5x10 ⁻⁶	Urme
Bioxid de carbon (CO ₂)	g/dm ³	4,25	0,47	0,60
Oxigen dizolvat (O ₂)	g/dm ³	16,93	19,40	20,60
Azot (N ₂)	g/dm ³	76,78	79,90	78,80
Metan (CH ₄)	g/dm ³	0,12	0,23	0,00

Sulfatul de aluminiu a fost folosit de Wolfermann, citat de Chiriac V. [35] pentru separarea părții solide a reziduurilor de cea lichidă. Separarea a început la o doză de 10 g/l, iar la 20 g/l a apărut o delimitare vizibilă între partea solidă și cea lichidă. Se pare că, dat fiind destinația ulterioară a reziduurilor la irigații, la solurile puternic acide nu se indică împrăștierea reziduurilor după ce au fost în prealabil tratate cu sulfat de aluminiu.

4.3. UTILIZAREA SOLULUI CA SISTEM EPURATOR

Solul datorită alcătuirii sale granulometrice și stării sale structurale se prezintă ca un corp poros, care lasă să treacă prin el numai particule cu dimensiuni mai mici decât ale porilor. Are loc astfel o reținere pur mecanică, (solul comportându-se ca un filtru) a particulelor grosiere din produsele grosiere administrate. Particulele mai fine vor putea străbate distanțe scurte în sol și chiar și bacteriile și celelalte microorganisme vor fi reținute în primii centimetri de la suprafața solului și supuși acțiunii factorilor de mediu.

Factorii care afectează rezistența solului la poluarea biologică, apărută în urma diseminării pe sol odată cu produsele reziduale a germenilor patogeni, includ numărul și tipul de organisme, tipul de sol (structura, umiditatea, pH, conținutul de materie organică), temperatura, cantitatea de precipitații, cantitatea de lumină solară, gradul de acoperire cu aparat foliar și competitivitatea florei microbiene [54].

În mare parte flora microbiană proprie a solului are acțiune antibiotică față de flora impurificatoare contribuind în acest fel la distrugerea germenilor patogeni. În plus, solul nu oferă condiții favorabile de temperatură și umiditate mai ales în straturile sale superficiale unde se cantonează flora supraadăugată, supusă permanent radiațiilor solare; nici suportul nutritiv necesar florei supraadăugate nu este asigurat, astfel încât germeni patogeni dispar sau mai exact sunt distruși după un oarecare timp de supraviețuire în sol.

Se estimează că pentru descompunerea unui kg de carbon organic sunt necesare două kg de oxigen. Puterea de purificare a unui sol este estimat de specialiști la 1.200 kg CCO pe hectar și zi atunci când sunt condiții favorabile [53].

În descompunerea resturilor organice se deosebesc trei etape: hidroliza, reacțiile de oxidoreducere și mineralizarea totală.

Viteza de descompunere și producții finali de descompunere sunt condiționați de caracteristicile produselor reziduale, starea de aerobioză sau anaerobioză a solului, temperatură,

reacție, textură etc. Cele mai favorabile condiții sunt oferite de solurile nisipoase cu reacție neutră, temperatură ridicată și condiții aerobe. Prin descompunerea resturilor organice apar printre alți produși finali și amoniacul, care fiind volatil poate difuza în atmosferă, dar datorită adsorbției moleculare pierderile sunt micșorate. Deci moleculele de amoniac sunt reținute la suprafața particulelor de sol datorită sarcinilor electrice libere ale acestora. Reținute polar pot fi și unele substanțe coloidale ca acizii humici și oxizii de fier, care formează pelicule în jurul particulelor de sol. Deci, cu cât solul este mai bogat în particule fine cu atât capacitatea lui de reținere moleculară (adsorbție moleculară) va fi mai mare [100].

O fracție a materiilor dizolvate în apa reziduală se va găsi în partea de apă reținută de sol, acesta este cazul anionilor și materialelor organice neadsorbite. O altă fracție va fi constituită de către cationii ce vor fi fixați cu energie slabă de către coloizii solului, fenomen cunoscut sub denumirea de adsorbție cationică sau schimb de cationi [90].

Prin fenomenele de schimb, cationii sunt reținuți în complex, feriți de spălare și vor fi trecuți în mod treptat în soluția solului de unde vor fi folosiți de către plante.

Solurile cultivate au în general o capacitate de schimb cationic variind de la 10 la 30 me la 100 g. Aceasta corespunde unei posibilități de fixare teoretică pentru stratul arabil în jur de 20 t K la hectar [103].

Fixarea se face prin schimb de cationi deja adsorbiți în sol, ioni de calciu și magneziu saturând de cele mai multe ori complexul adsorbant. Dacă apa uzată aduce cantități importante de sodiu, acesta are tendința să înlocuiască din complexul adsorbativ al solului ionii de calciu și magneziu și să ducă astfel la degradarea solului. Un efluent care are raportul de adsorbție a sodiului peste 2 prezintă pericol pentru degradarea solului.

Solurile au proprietatea de a reține nu numai cationii ci și anionii. Reținerea anionilor are loc fie prin adsorbția lor la suprafața particulelor coloidale fie prin trecerea anionilor în componența unor substanțe insolubile sau greu solubile.

Anionii din sol sub raportul posibilității de reținere se împart în 3 grupe. În prima grupă intră anionii care pot fi reținuți puternic (anionii acidului fosforic, silicic și ai unor acizi organici); în a doua grupă intră anionii foarte slab reținuți sau care nu se rețin deloc (anionii acidului clorhidric, azotic și azotos), iar a treia grupă cei cu o poziție intermediară (anionii acidului sulfuric, carbonic, ai unor acizi organici). Reținerea anionilor prezintă o deosebită importanță în legătură cu regimul fosforului din sol [48].

Cea mai importantă formă de reținere care are loc în sol este reținerea biologică; aceasta se datorește plantelor și microorganismelor și constă în reținerea substanțelor nutritive sub formă

de substanțe organice [115].

În utilizarea solului ca sistem epurator, rolul vegetației este foarte important pentru că împiedică pătrunderea în adâncime a elementelor minerale și evită astfel poluarea apelor freactice și consumă cantități mari de elemente nutritive și apă. De altfel, chiar dozele de produse reziduale recomandate a se aplica pe teren sunt limitate la volumul de apă și elemente nutritive consumate de către plante [54,68].

La administrarea apelor uzate se va ține seama și de necesitatea de a se asigura un consum optim de către plante, adâncimea de umectare nedepășind adâncimea la care acționează sistemul radicular. Se evită astfel levigarea nitraților în apa freatică [69,70].

Importanța microflorei solului se explică prin acțiunea ei ca agent de descompunere a materiilor organice: un hectar de sol conține, în substanța uscată, 1-2 t microorganisme care se pot compara cu o stație de epurare cu nămol activ de ordinul a 400 m³ de bazin de aerare.

Această microfloră poate avea o activitate considerabilă dacă condițiile fizico-chimice îi sunt favorabile dezvoltării. Se știe că timpul de dublare a acestei microflore este în medie de la 2 ore la 2-3 zile. În plus, germenii activează la o gamă largă de pH, de la 3 la 11. Temperatura de dezvoltare pentru diverși germeni ajunge până la 0 °C și în plus diversele microorganisme rămân active și în sol foarte umed. Deci solul conține o varietate foarte mare de microorganisme capabile să descompună toate materiile organice și problema adaptării la un substrat nou, la un efluent fluctuant nu se pune cu aceeași acuitate ca în stația de epurare [82].

Din punctul de vedere al fiziologiei microbiene, un bilanț al materialelor arată cum carbonul adăugat prin produsele reziduale se va regăsi în cele din urmă în protoplasma microorganismelor din sol și al plantelor crescute, în humusul solului și ca dioxid de carbon eliberat în atmosferă prin activitatea fotosintetică continuă.

Reținerea biologică față de celelalte forme de reținere prezentate anterior se deosebește în principal, prin faptul că este absolută, selectivă și acumulativă. Reținerea biologică prezintă importanță în legătură cu reținerea și acumularea în sol a tuturor substanțelor de nutriție a plantelor, dar în mod deosebit cu a celor azotate.

La viteză redusă de descompunere în cazul anaerobiozei se adaugă și prezența unor compuși de descompunere ce au efect toxic asupra microorganismelor și vegetației.

Compușii puternic mirositori cum sunt indol, secatol, mercaptane, hidrogen sulfurat și aminele sunt derivate ale descompunerii proteinei în condiții de anacrobioză.

Deci pentru o funcționare intensă a proceselor de descompunere din sol sub acțiunea microorganismelor și pentru apariția unor produși de degradare favorabili dezvoltării vegetației, este

necesar ca solul să fie ținut în condiții de aerobioză. Se impune deci creșterea porozității, creșterea gradului de agregare a particulelor de sol îmbunătățindu-se continuu indicii de calitate a structurii, menținerea unui raport echilibrat între apa și aerul din sol și menținerea unui echilibru chimic și biologic al solului favorabil dezvoltării în condiții optime a vegetației.

Un sol cu o porozitate medie de 45 % pe adâncimea de 30 cm reține o cantitate teoretică de oxigen de 610 kg dacă solul este uscat și 260 kg dacă solul are o umiditate corespunzătoare valorii de 50 % din capacitatea sa de reținere. S-a constatat că oxigenul poate fi înlocuit foarte repede prin difuzie, iar timpul necesar pentru o înlocuire completă a atmosferei solului pe 20 cm este estimat la 75 minute. Această difuzie a oxigenului se efectuează de 10.000 ori mai repede în aer decât în apă. Transferul oxigenului se poate diminua în raport de 1 la 7 dacă trece printr-un sol uscat sau printr-un sol la capacitatea de reținere a apei. Toate acestea arată necesitatea ca solul să fie tot timpul menținut la un nivel al umidității capabil să permită reînnoirea continuă a atmosferei solului, capabilă să întrețină reacțiile de descompunere aerobă și să evite acumularea produselor de degradare limitative pentru viața în sol [31].

La administrarea apelor uzate, una dintre cele mai importante caracteristici ale solului este capacitatea lui hidrică de a primi și transmite apa. Această capacitate de asimilare hidraulică este factorul limitativ principal în stabilirea solului pe care se administrează apele uzate, a normelor de udare și de irigare, a tehnicilor de udare adoptate și a monitoringului evoluției solului și a mediului ambiant în ansamblu în zonele irigate cu ape uzate [17,67,71,97].

Capacitatea de asimilare hidraulică este specifică fiecărui teren și este controlată de proprietățile hidrice ale solului și structura geologică, topografie, tipul de vegetație și tehnologia folosită, climatul și natura apelor uzate. La stabilirea capacității de asimilare hidrică se mai ține cont și de alți factori cum sunt: perioada de aplicare a apei uzate, perioada de stocare, necesitatea sau nu a drenajului, calitatea apelor freatice și evoluția lor [118,119].

Din cercetările efectuate până în prezent s-a ajuns la concluzia că folosirea la irigație a apelor uzate nu constituie un pericol sanitar. Pe o adâncime de pământ de 0,90-1,20 m, toate bacteriile de origine intestinală sunt filtrate. Cercetări efectuate cu bacterii marcate au arătat că solul reține pe primul centimetru de adâncime circa 90 % din totalul bacteriilor, iar pe primul milimetru 62-64 % [66].

PREZENTARE GENERALĂ A ZONEI STUDIATE

5.1. GEOMORFOLOGIA ȘI GEOLOGIA

Zona studiată, cu o suprafață de 49.600 ha, este situată la sud-vest de municipiul Timișoara și se întinde în partea de nord până la limita localității Dudeștii Noi, la sud este limitată de frontiera de stat cu Yugoslavia, la vest între localitățile Becicherecu Mic și Clarii Vii, iar la est între localitățile Săcălaz și Răuți până la frontiera de stat (fig. 5.1).

Din punct de vedere geomorfologic zona studiată face parte din Câmpia de Vest, care este parte componentă a Câmpiei Panonice [116,117,124]. În perimetrul zonei studiate se regăsesc următoarele subdiviziuni ale Câmpiei de Vest:

-extremitatea sudică a Câmpiei Vinga, în zona localităților Becicherecu Mic, Iecea Mică și Cărpiniș;

-extremitatea vestică a Câmpiei Timișului, în zona localităților Săcălaz, Beregsău Mare, Beregsău Mic, Bobda și Răuți;

-extremitatea sud-estică a Câmpiei Kikinda-Pesac, în zona localităților Cenei și Checca.

Atitudinea terenului variază între 85-88 m în partea de nord și între 75-76 m în partea de sud a zonei studiate.

Panta generală a terenului este de 0,04 % și are direcția NE-SV.

Tipul morfogenetic căruia îi aparține zona studiată este Titu, ce se caracterizează prin văi puțin adânci, albiu pârșite și terase îngropate acoperite parțial cu depozite loessoide-deluviale [116].

Relieful din extremitatea sudică a Câmpiei subcolinare a Vingăi este ușor ondulat datorită microreliefului de croturi mulat pe un relief preexistent.

Constituția geologică de suprafață aparține cuaternarului fiind reprezentat prin argilă roșcată, depozite loessoide și aluviale recente luncilor. Cuaternarul acoperă complet regiunea.

Argila roșcată apare pe interfluviul dintre Valea Beregsăului și Iercici datorită proceselor deluvial-proluviale. În masa sa are diseminate și elemente mai grosiere, în special concrețiuni calcaroase. Grosimea stratului de argilă este de 3-10 m. Aparține de vârsta Pleistocenului superior [117].

Depozitele loessoide sunt reprezentate prin mai multe nivele. Se dezvoltă la nord și este de valea Pământu Alb și la nord-vest de linia ce unește localitățile Cărpiniș, Iecea Mică, Bițed. Loessul propriu zis formează nivelele inferioare Pleistocenului superior. Grosimea lor este de 5-12 m. Nive-

lele superioare sunt formate din o serie de depozite loessoide aparținând unor tipuri diferite, în funcție de compoziția granulometrică și care au fost considerate ca fiind depuse în urma proceselor de șiroire în ultima parte a Pleistocenului superior și primei părți a Holocenului. Grosimea depozitelor loessoide este de 8-20 m.

Holocenului superior i s-au atribuit aluviunile actuale reprezentate prin pietrișuri, nisipuri și argile. Grosimea lor crește de la est la vest și de la nord la sud (8-10 m).

Relieful din extremitatea vestică a Câmpiei Timișului se caracterizează prin forme morfologice tipice de luncă, văi puțin adânci, alpii părăsite, terase înecate, forme morfologice nediferențiate.

Din punct de vedere geologic se întâlnesc depozite fluvio-lacustre și aluvio-proluviale alcătuite dintr-o alternanță de prafuri nisipo-argiloase sau orizonuri de nisipuri, nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase.

Relieful din extremitatea sud-estică a Câmpiei Kikinda-Pesac se prezintă ca o suprafață plană cu o ușoară cădere pe direcția NE-SV și se caracterizează prin existența covurilor în partea nordică și estică, care favorizează stagnarea zăpezilor și apei de ploaie [17].

Din punct de vedere geologic această câmpie face parte din marea unitate structurală Depresiunea Panonică, a cărei scufundare a început probabil la sfârșitul Cretacului dar care s-a format în mare parte în timpul Neozoicului. Depozitele sedimentare aparțin Miocenului, Pliocenului și Cuaternarului, cu o grosime totală de peste 2.000 m.

Geologia de suprafață aparține exclusiv Cuaternarului, care este reprezentată prin depozite loessoide de natură deluvio-proluvială și aluviunile fluviale recente.

Depozitele loessoide sunt reprezentate prin mai multe nivele, aparținând unor tipuri diferite în funcție de compoziția granulometrică. În general sunt formate din prafuri nisipoase, gălbui, macroporice, cu concrețiuni calcaroase care au fost considerate ca fiind depuse în urma proceselor de șiroire în ultima parte a Pleistocenului Superior și primei părți a Holocenului. Grosimea depozitelor loessoide este de 8-20 m.

Aluviunile recente reprezentate prin pietrișuri și nisipuri s-au atribuit Holocenului Superior. Grosimea lor crește de la nord (12 m) spre sud (17 m) și de la vest spre est în apropierea văii Bega Veche [117].

Principalul curs de apă din zona studiată este canalul Bega Veche. În acesta se descarcă pe teritoriul zonei studiate pârăurile Iercici și Pământu Alb, precum și canalul de desecare CPE.

5.2. HIDROGEOLOGIA

Din raionarea apelor freatice (fig. 5.2) rezultă că zona studiată se caracterizează prin deficit de umiditate ($K_c > 1.2$), iar apele freatice aflate în șesuri aluviale sunt slab drenate [116].

În urma observațiilor efectuate la forajele din zonă s-a stabilit că primul strat freatic este sub presiune. În tavanul acestuia se află cantonat stratul freatic sezonier cu nivel liber, care se găsește la o adâncime de 4-6 m în partea de nord și la 2-4 m în partea de sud a zonei studiate (fig. 5.3) [38,116].

Hidroizohipsele și hidroizofreate indică direcția de mișcare a curentului subteran NE-SV, conformă atât cu panta reliefului cât și cu orientarea generală a rețelei de văi din zonă (fig. 5.4) [116]. Panta hidraulică medie a stratului freatic sezonier este de 0,03 %. Local se întâlnesc unele devieri ale sensului de mișcare, determinate de condiții litologice locale, de formele de microrelief și de influența canalului Bega Veche asupra curentului freatic. De asemenea, canalele de desecare-drenaj influențează drenajul zonei.

Nivelul hidrostatic al stratului freatic sub presiune se află la adâncimea medie de 1.84 m în partea de nord și la 2,32 m în partea de sud a zonei studiate. Gradientul hidraulic al acestuia este de 0,03 %.

Coefficientul de filtrație al stratului în care este cantonat freaticul sezonier are valoarea de 0,9 m/zi [58].

Apele freatice sunt slab drenate. Din cauza pantelor hidraulice reduse ele sunt aproape stagnante. Prezența lor aproape de suprafața terenului a produs pe mari suprafețe lăcoviștirea și sărăturarea solurilor.

5.3. FORAJE EXISTENTE

În zona studiată există un număr de 7 foraje, ce aparțin R.A.I.F. Filiala Timișoara, în care se urmărește dinamica apei sezoniere cantonate în materialul argilo-prăfos din tavanul stratului freatic. Parametrii acestor foraje sunt prezentați în tabelul 5.1. În figurile 5.5 și 5.6 sunt prezentate profile litologice ale acestora.

Pe adâncimea de 5 m a forajelor F1-F7, profilele litologice indică următoarea alternanță a straturilor:

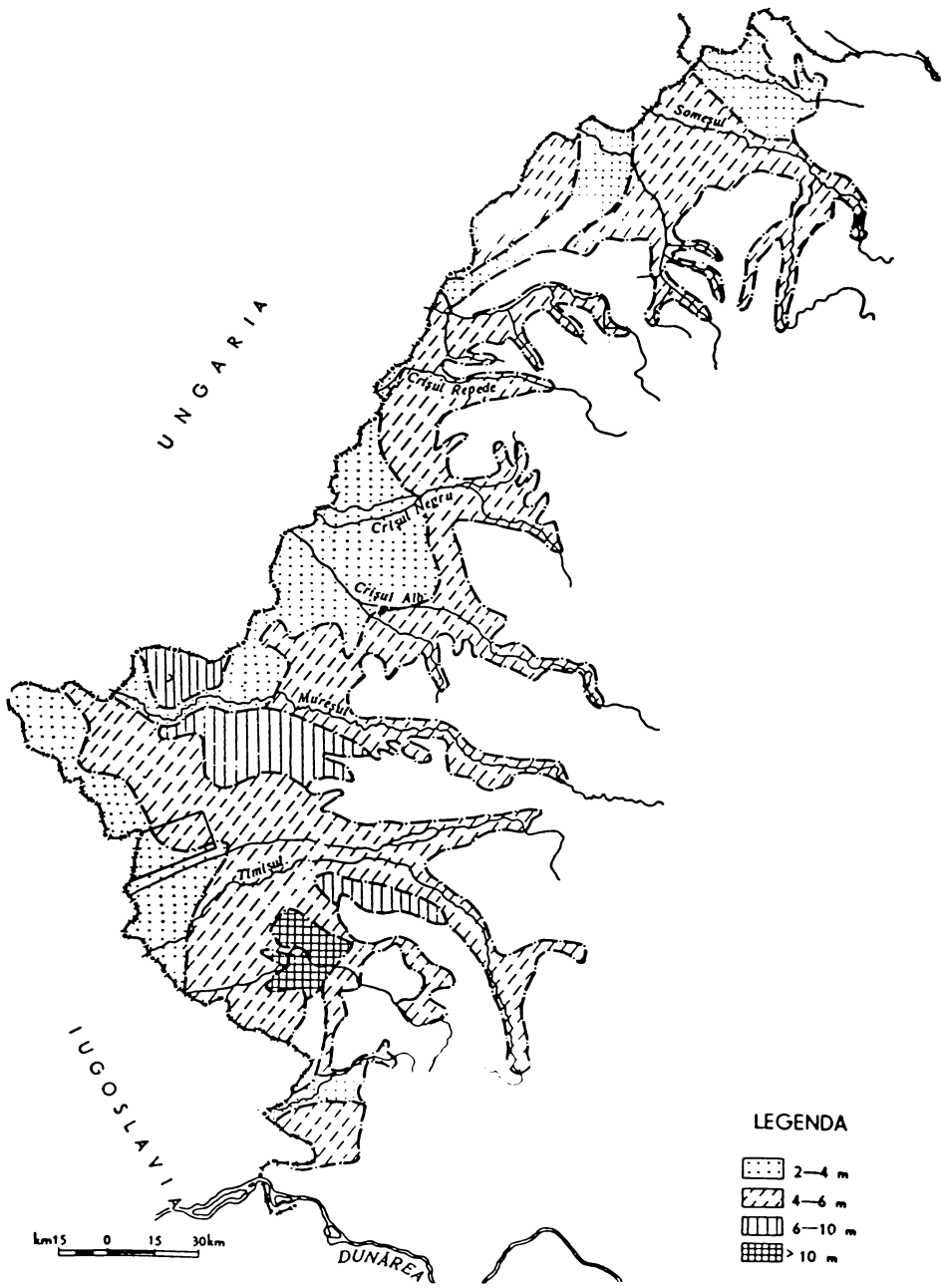


Fig. 5.3. Hidrozofretele pentru partea de vest a țării.

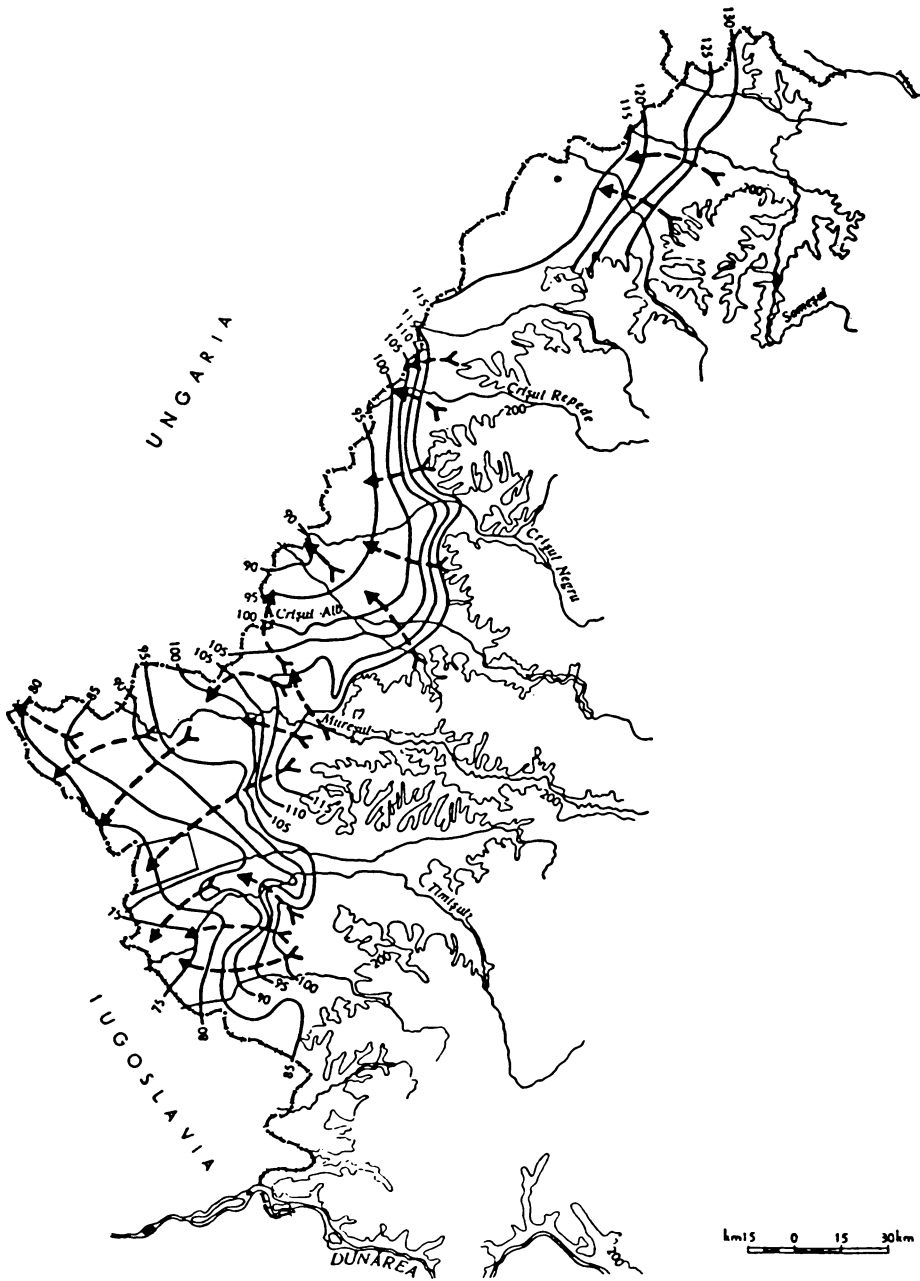
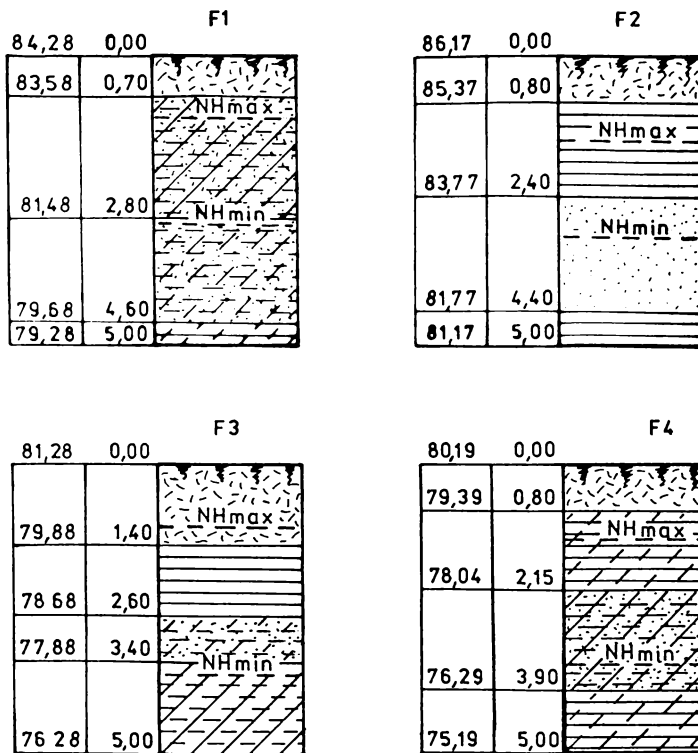


Fig. 5.4. Hidroizohipsele pentru partea de vest a țării.

Parametrii forajelor F1-F7

Forajul	Diametru (mm)	Adâncime (m)	Cotă teren (m)	Cotă NH _{max} (m)	Cotă NH _{min} (m)	Cotă NH _{med} (m)
F1	100	5	84,28	82,64	82,32	82,49
F2	100	5	86,17	84,21	83,92	84,07
F3	100	5	81,28	79,43	78,96	79,21
F4	100	5	80,19	78,83	78,44	78,65
F5	100	5	79,57	77,32	76,94	77,13
F6	100	5	78,75	77,10	76,69	76,91
F7	100	5	78,65	77,13	76,78	76,96

- la forajul **F1**: -strat vegetal, cu grosimea de 0,70 m;
 - praf argilos nisipos, cu grosimea de 2,10 m;
 - nisip prăfos argilos, cu grosimea de 1,80 m;
 - argilă prăfoasă, la baza forajului;
- la forajul **F2**: -strat vegetal, cu grosimea de 0,80 m;
 - argilă compactă, cu grosimea de 1,60 m;
 - nisip, cu grosimea de 2,00 m;
 - argilă compactă, la baza forajului;
- la forajul **F3**: -strat vegetal, cu grosimea de 1,40 m;
 - argilă compactă, cu grosimea de 1,20 m;
 - nisip prăfos argilos, cu grosimea de 0,80 m;
 - praf argilos galben roșcat, la baza forajului;
- la forajul **F4**: -strat vegetal, cu grosimea de 0,80 m;
 - argilă prăfoasă, cu grosimea de 1,35 m;
 - praf argilos nisipos, cu grosimea de 1,75 m;
 - argilă prăfoasă, la baza forajului;
- la forajul **F5**: -strat vegetal, cu grosimea de 1,25 m;
 - argilă prăfoasă, cu grosimea de 3,15 m;
 - nisip argilos, la baza forajului;



Legenda

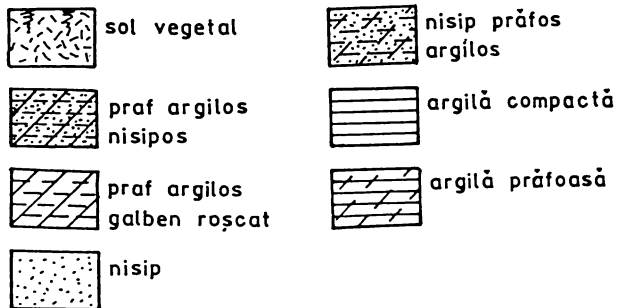
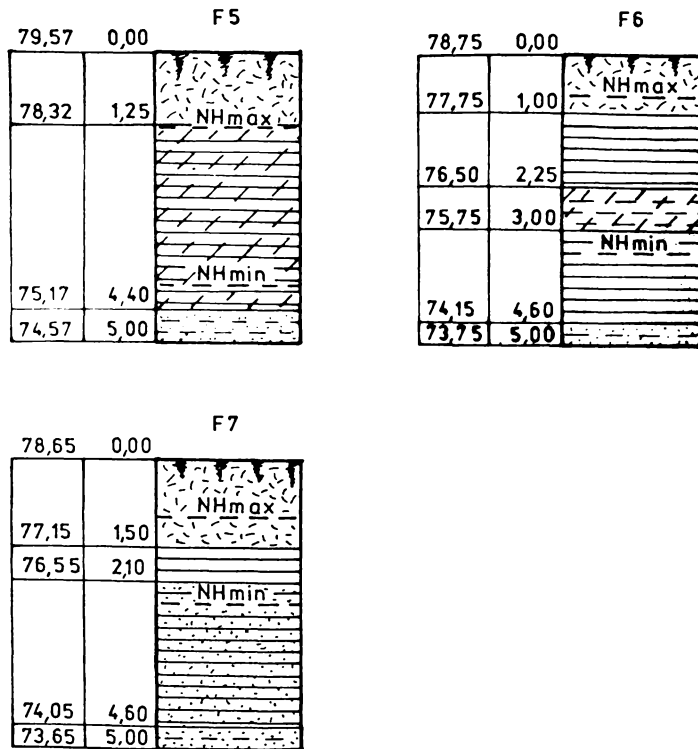


Fig. 5.5. Profil litologic prin forajele F1, F2, F3, F4.



Legenda

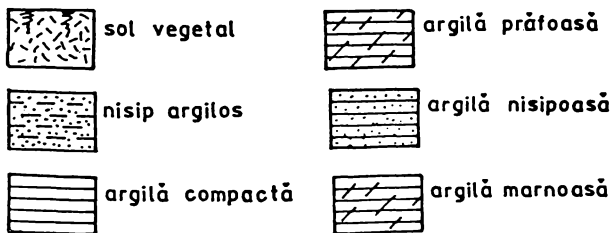


Fig. 5.6. Profil litologic prin forajele F5, F6, F7.

- la forajul **F6**: -strat vegetal, cu grosimea de 1,00 m;
 - argilă compactă, cu grosimea de 1,25 m;
 - argilă prăfoasă, cu grosimea de 0,75 m;
 - argilă compactă, cu grosimea de 1,60 m;
 - argilă nisipoasă, la baza forajului;
- la forajul **F7**: -strat vegetal, cu grosimea de 1,50 m;
 - argilă compactă, cu grosimea de 0,60 m;
 - argilă nisipoasă, cu grosimea de 2,50 m;
 - nisip argilos, la baza forajului;

Din datele de mai sus se remarcă prezența masivă a stratelor argiloase, care determină o slabă permeabilitate a terenului și implicit o viteză redusă de infiltrație a apei spre primul strat freatic.

Adâncimea minimă (medie lunară) la care este cantonată apa freatică sezonieră variază între 1,36 m la forajul F4 și 2,25 m la forajul F5, iar adâncimea maximă (medie lunară) între 1,75 m la forajul F4 și 2,63 m la forajul F5.

Nivelele mai ridicate ale apei freatice sezoniere s-au înregistrat la sfârșitul perioadei de acumulare în sol, din topirea zăpezilor și ploi, în lunile martie sau aprilie când temperaturile aerului sunt încă mici și din această cauză evapotranspirația potențială este redusă. O bună parte din culturile agricole nu sunt semănate, iar cele existente la acea dată au un consum redus de apă.

De asemenea, în zona studiată, există 20 de foraje ce aparțin **R.A. Apele Române** Filiala Timișoara. Aceste foraje s-au executat cu scopul (principal) de a intercepta stratul de bază al primului orizont acvifer. Parametrii acestor foraje sunt prezentați în tabelul 5.2. În figurile 5.7-5.11 sunt prezentate profilele litologice ale acestora.

Forajele F11-F14 au fost executate la vest de localitatea Becicherecul Mic, pe ambele maluri ale pârâului Iercici, un afluent al canalului Bega Veche (fig. 5.1).

Din profilele litologice (fig. 5.7) se observă că sub stratul de sol vegetal de circa 0,70 m urmează:

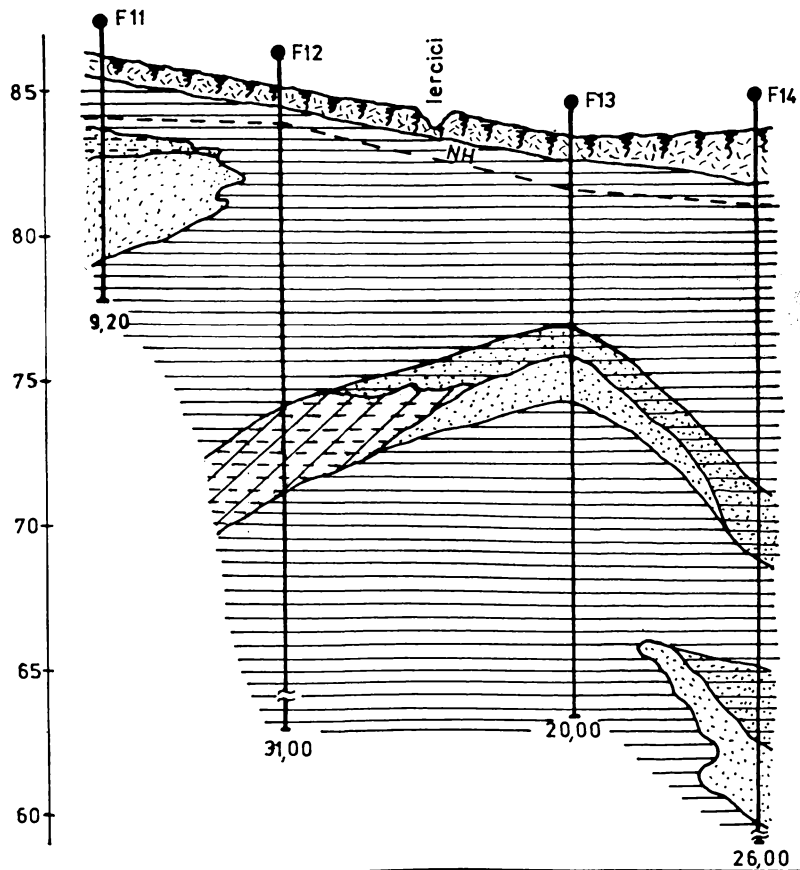
- o alternanță de prafuri argiloase, nisipoase și nisipuri prăfoase argiloase, de culoare cafenie, până la 4,60 m;
- argilă prăfoasă, cenușie-cafenie cu oxizi de Fe, umedă până la 7,80 m;
- nisip fin cu foarte slab liant argilos, feruginos, cu apă până la 10,6 m;
- praf nisipos argilos, cenușiu de la 10,60 m până la 11,90 m;
- nisip fin și mediu cafeniu cu apă, până la 12,30 m;
- argile marnoase cu concrețiuni calcaroase și oxizi de Fe în alternanță cu argile nisipoase și nisipuri fine argiloase cu apă până la 22,30 m.

Parametrii forajelor F11-F14, F21-F25, F31-F35, F41-F43, F51, F61, F71

Forajul	Cotă teren (m)	Diametru (mm)	Adâncime strat acvifer (m)	Adâncime acoperiș (m)	Grosime strat acvifer M (m)	Înălțime coloană de apă H (m)	Debit pompat (l/s)	K (m/zi)	T=K · H (m ² /zi)	T=K · M (m ² /zi)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F11	86,14	200	7,2	3,5	3,7	5,42	1,9	18,5	100,3	68,5
F12	85,25	200	14,0	11,3	2,7	12,85	1,1	4,6	59,1	12,4
F13	83,45	200	9,0	8,0	1,0	6,97	1,2	16,7	116,4	16,7
F14	83,67	200	24,0	21,6	2,4	22,46	4,5	27,2	610,9	65,3
Medie F11-14	84,63	-	13,6	11,1	2,5	11,93	2,2	16,8	221,7	40,7
F21	86,08	200	11,5	9,9	1,6	9,60	0,9	26,7	256,3	42,7
F22	85,19	200	15,6	14,8	0,8	13,10	0,4	38,8	508,3	31,0
F23	83,83	200	11,2	10,5	0,7	7,38	1,0	58,4	431,0	40,9
F24	82,78	200	10,5	6,5	4,0	8,05	3,0	36,3	292,2	145,2
F25	81,82	200	13,3	9,3	4,0	11,40	3,6	32,9	375,1	131,6
Medie F21-25	83,94	-	12,4	10,2	2,2	9,91	1,6	38,6	372,6	78,3

continuare la Tabelul 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F31	79,05	200	17,7	9,8	1,9	9,73	1,2	7,4	72,0	14,1
F32	79,24	200	12,3	8,3	4,0	10,16	1,0	9,7	98,6	38,8
F33	78,10	200	16,8	8,6	8,2	13,40	2,7	12,6	168,8	103,3
F34	78,09	200	15,2	14,4	0,8	12,55	0,2	3,0	37,7	2,4
F35	78,83	200	18,2	16,5	1,7	13,60	0,1	0,6	8,2	1,0
Medie F31-35	78,66	-	16,0	11,5	4,8	11,89	1,0	6,7	77,1	31,9
F41	79,19	200	15,8	9,8	6,0	13,70	1,2	11,0	150,7	66,0
F42	78,75	200	12,5	9,5	3,0	10,10	0,6	2,9	29,3	8,7
F43	77,61	200	26,8	18,6	8,2	25,40	5,1	11,6	94,6	95,1
Medie F41-42	78,97	-	14,2	9,7	4,5	11,90	0,9	7,0	90,0	37,4
F51	77,68	200	16,6	15,4	1,2	15,45	1,2	12,5	193,1	15,0
F61	79,72	200	8,5	6,1	2,4	6,47	0,9	7,3	47,2	17,5
F71	78,03	200	14,3	8,3	6,0	11,50	0,5	2,9	33,4	17,4
Medie generală zonă	80,23	-	13,7	10,3	3,4	11,29	1,2	13,1	147,9	34,0



Nr. foraj	F11	F12	F13	F14
Cotă teren	86,25	85,14	83,45	83,67
Distanțe parțiale	1550	2500	1600	

Legenda

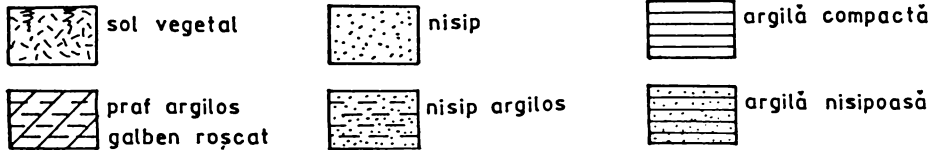
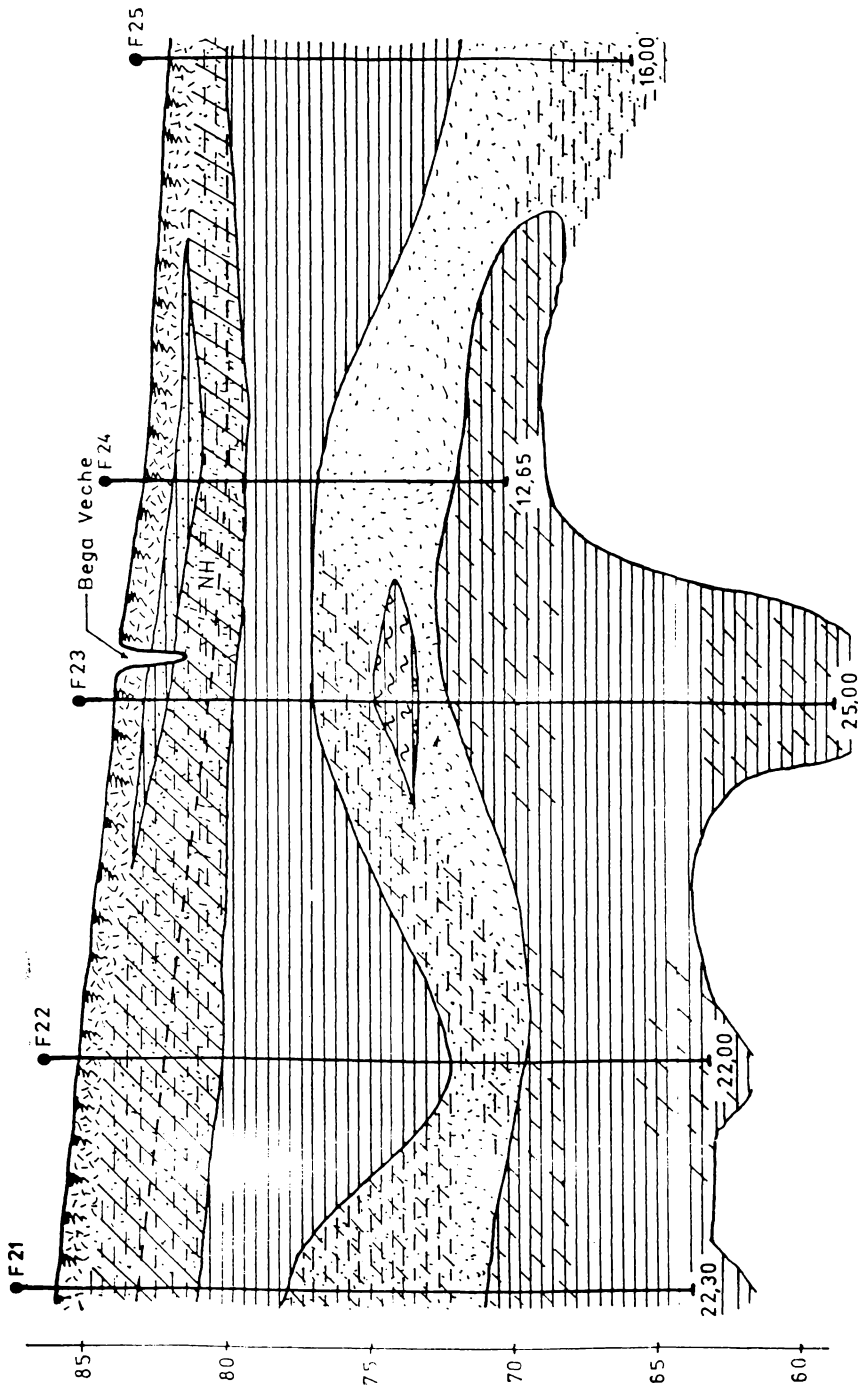


Fig. 5.7. Profil litologic prin forajele F11-F14.



Nr. foraj	F21	F22	F23	F24	F25
Cotă teren	86,08	85,20	83,83	82,78	81,82
Distanțe parțiale	1000	1550	950	1800	

Fig. 5.8. Profil litologic prin forajele F21-F25.

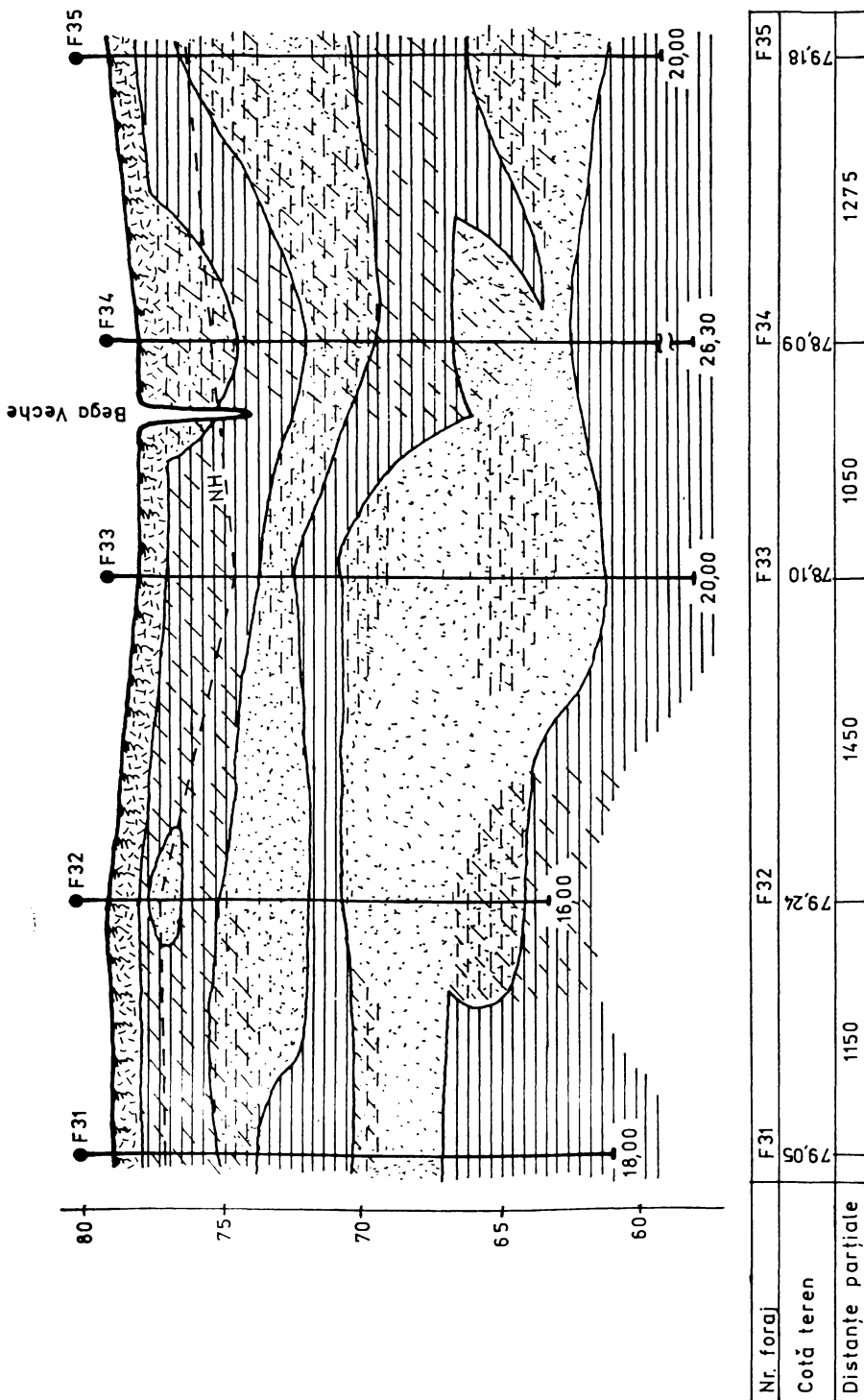
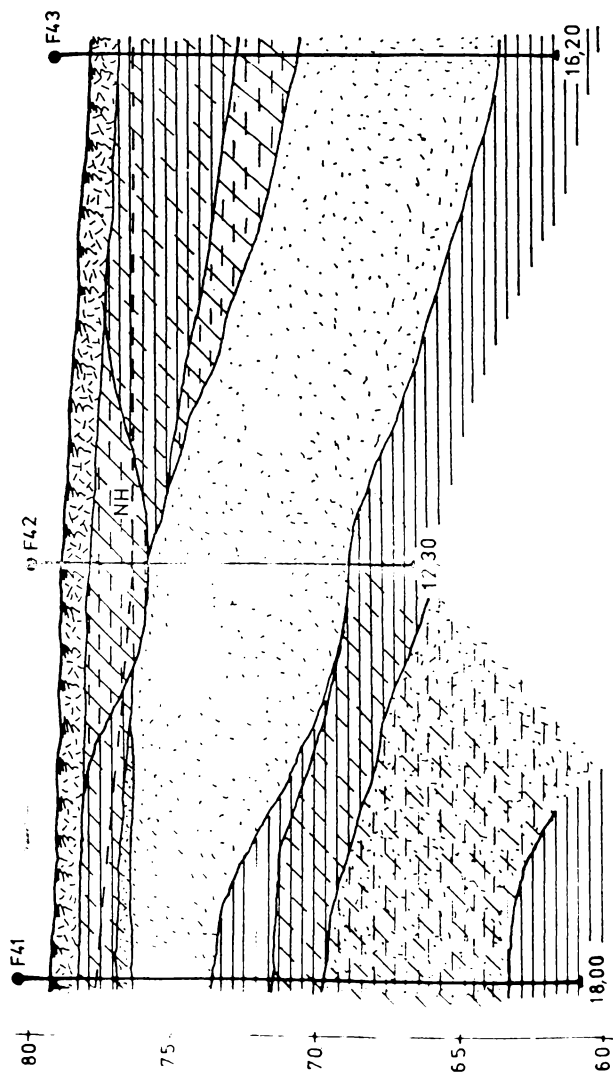


Fig. 5.9. Profil litologic prin forajele F31-F35.



Nr. foraj	F41	F42	F43
Cotă teren	79,19	78,75	77,61
Distanțe parțiale		1800	1950

Legenda







-  sol vegetal
-  nisip
-  argilă compactă
-  praf argilos galben rășcat
-  nisip prăfos argilos
-  argilă prăfoasă

Fig. 5.10. Profil litologic prin forajele F41-F43.

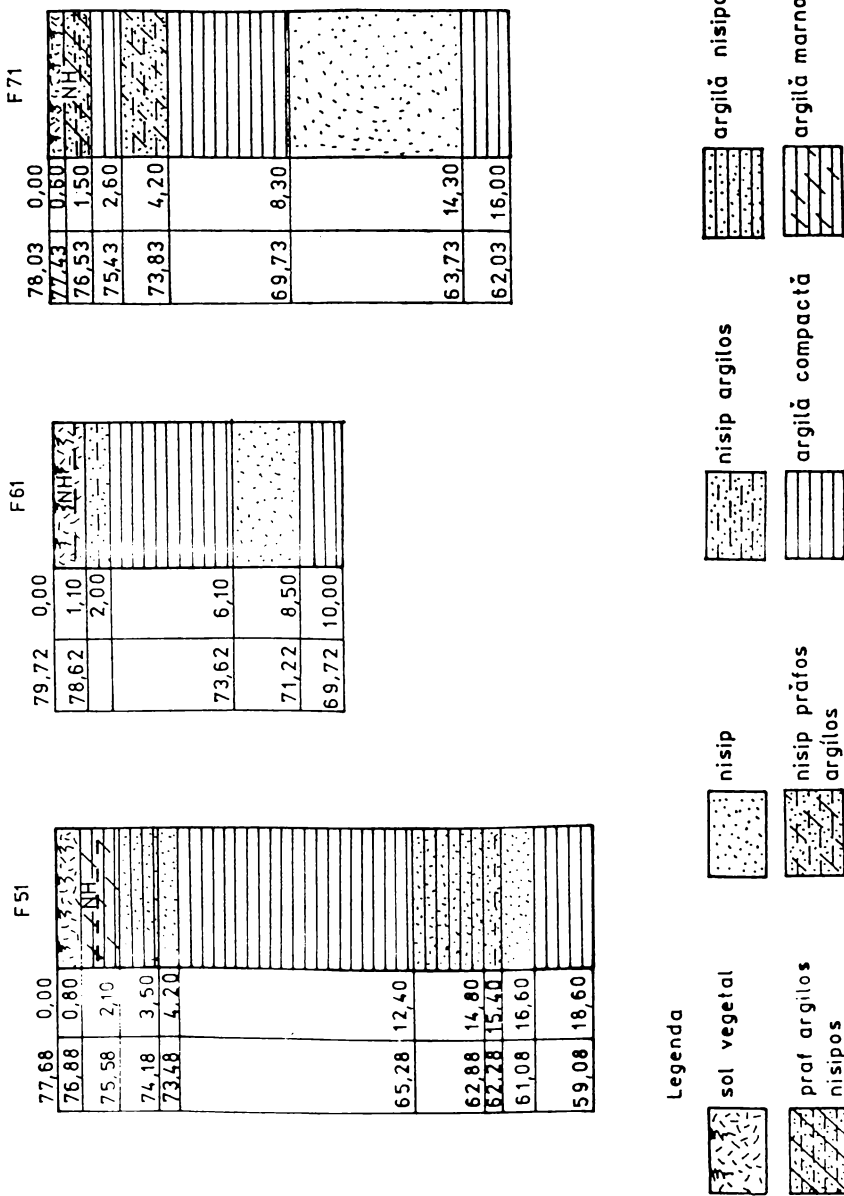


Fig. 5.11. Profil litologic prin forajele F51, F61, F71.

Forajele F21-F25 au fost executate la vest de localitatea Săcălaz, pe ambele maluri ale cursului Bega Veche (fig. 5.1).

Profilele litologice (fig. 5.8) evidențiază prezența în partea superioară a unor depozite prăfoase-argiloase cu grosimi variind de la 1,60 m până la 4,80 m.

Sub aceste depozite, a fost interceptat un orizont argilos propriu-zis, cu grosimi variind de la 3 la 8 m.

Urmează un orizont nisipos cu frecvente treceri granulometrice pe laterală și cu grosimi variind de la 3,20 m până la 4,00 m care constituie stratul freatic. Acesta a fost interceptat la cota 5,80 m. Sub aceste nisipuri urmează un complex argilos prăfos (F21), marnos (F22, F23, F24) și chiar nisipos (F25) constituind stratul de bază al orizontului freatic.

Canalul Beregsău are o tendință de drenare a apei subterane, însă nu există o certitudine în acest sens, deoarece aici intervin permeabilitatea redusă datorită complexului prăfos de la suprafață, neuniform dispus și el din punct de vedere granulometric și prezenței freaticului superficial.

Forajele F31-F35 au fost executate la nord de localitatea Bobda, pe ambele maluri ale canalului Bega Veche (fig. 5.1).

Profilele litologice (fig. 5.9) arată o alternanță de argile, prafuri argiloase, nisipoase, cu orizonturi de nisipuri. Depozitele au o structură încrucișată, cu frecvente treceri granulometrice pe verticală și lateral, fapt ce îngreuiază paralelizarea diferitelor orizonturi. Cu toate acestea, se pot face următoarele precizări:

Pe malul stâng al canalului Bega Veche predomină depozite argilo-prăfoase în detrimentul celor nisipoase, pe malul drept, orizonturile argilo-prăfoase sunt separate în mai multe complexe prin intercalarea a două strate de nisipuri.

Primul orizont de nisip, ce constituie și primul orizont freatic apare la adâncimi de 2,70 m până la 6,10 m. Stratul de bază a fost întâlnit între 5,20 m și 8,60 m. Granulozitatea materialului variază de la nisipuri fine la nisipuri prăfoase.

Al doilea orizont nisipos, ce reprezintă stratul freatic propriu zis a fost identificat în toate forajele. Stratul apare pe malul drept al canalului Bega Veche la adâncime de 8,30-8,70 m, iar pe malul stâng la adâncimi de 14,40-16,30 m. Stratul de bază pe malul drept a fost găsit între 11,70-16,80 m, iar pe malul stâng între 15,20-18,20 m, deci grosimea stratului descrește dinspre nord spre sud. Materialul component al stratului este mai omogen, predomină nisipurile fine și fine spre medii ($d_{40}=0,1-0,4$ mm).

Apa apare în cadrul primului strat de nisip la adâncimi de 2,63-3,00 m. În momentul când se interceptează al doilea orizont apa este ascensională, nivelul stabilindu-se la adâncimi apropiate

față de primul 2,00-3.40 m.

Forajele F41-F43 au fost executate la nord de localitatea Răuți, în spațiul dintre canalele Bega și Bega Veche (fig. 5.1).

Profilele litologice (fig. 5.10) indică prezența unui strat de argilă prăfoasă până la adâncimea de 2,50 m în zona forajului F41, praf argilos galben roșcat până la adâncimea de 3 m în zona forajului F42 și a unor straturi de argilă prăfoasă și praf argilos galben roșcat până la adâncimea de 7 m în zona forajului F43. Acestea constituie tavanul primului strat freatic cantonat într-un depozit de nisip a cărui adâncime crește de la forajul F41 (6 m) spre forajul F43 (14 m). Grosimea stratului de nisip crește de la 3 m la 7 m în aceeași direcție. Baza primului strat freatic este constituită din argilă compactă și este situat la adâncimi cuprinse între 6 m în zona forajului F41, 10 m în zona forajului F42 și 14 m în zona forajului F43.

În zona forajului F41 s-a găsit al doilea strat freatic la adâncimea de 10 m. Acesta este situat într-un strat de nisip prăfos argilos, ce se continuă la adâncimi mai mari și în zona forajelor F42 și F43. Baza celui de al doilea strat freatic este constituită din argilă compactă, aflată la adâncimea de 16 m în zona forajului F41.

Forajul F51 este amplasat la sud de localitatea Cenei, pe malul drept al canalului Bega Veche (fig. 5.1).

Profilul litologic (fig. 5.11) indică prezența a două straturi freactice. Primul este situat într-un depozit de nisip la adâncimea de 3,50 m, iar al doilea la 15,40 m. Tavanul primului strat freatic este alcătuit dintr-un strat de argilă marnoasă, care se găsește sub stratul vegetal gros de 0,80 m și dintr-un strat de argilă nisipoasă situat la cota 2,10 m.

Între cele două strate freactice se află un strat de argilă compactă la cota 4,20 m și unul de argilă nisipoasă la cota 12,40 m. Baza celui de al doilea strat freatic este formată din argilă compactă situată la adâncimea de 16,60 m.

Forajul F61 este amplasat la sud-vest de localitatea Cărpiniș (fig. 5.1).

Profilul litologic (fig. 5.11) indică prezența a două straturi freactice. Primul este situat într-un depozit de nisip la adâncimea de 1,10 m, iar al doilea la 6,10 m. Tavanul primului strat freatic îl constituie stratul vegetal gros de 1,10 m.

Între cele două strate freactice se află un strat de argilă compactă la 2 m adâncime. Baza celui de al doilea strat freatic este formată din argilă compactă situată la 8,50 m adâncime.

Forajul F71 este amplasat la sud de localitatea Beregsău Mic, pe malul drept al canalului Bega Veche (fig. 5.1).

Profilul litologic (fig. 5.11) indică prezența a două straturi freactice. Primul este situat

într-un depozit de nisip prăfos argilos la adâncimea de 3,50 m, iar al doilea într-un depozit de nisip la cota 8,30 m. Tavanul primului strat freatic este alcătuit dintr-un strat de praf argilos nisipos, care se găsește sub stratul vegetal gros de 0.60 m și dintr-un strat de argilă compactă situat la adâncimea de 1,50 m.

Între cele două strate freatice se află un strat de argilă compactă la cota de 4,20 m. Baza celui de al doilea strat freatic este formată din argilă compactă situată la 14,30 m adâncime.

Din datele obținute prin pompările experimentale și ținând cont de poziția orizonturilor de nisip s-a calculat pentru fiecare foraj în parte coeficientul de permeabilitate k (tab. 5.2).

5.4. ANALIZA CLIMATICĂ

Climatul zonei este temperat continental moderat, ca rezultat al suprapunerii circulației maselor de aer atlantic cu invaziile de aer mediteranean și adriatic.

Direcția predominantă a vântului este V-SV [116].

Temperatura aerului. Zona studiată se găsește frecvent sub influența activității ciclonilor și maselor de aer din Mările Mediterană și Adriatică. Acestea ajung iarna relativ calde, producând dezgheț general. Pe fundul văilor adânci se accentuează încălzirea aerului comprimat pe în coborâre.

Pentru analiza temperaturii aerului în zona studiată am folosit înregistrările de la stația meteo Timișoara, din perioada 1971-1995 (anexa 1).

Media anuală a temperaturii aerului a fost, în perioada studiată, de 10,7 °C (tab. 5.3). Limitesle între care au oscilat temperaturile medii anuale ale aerului, în perioada analizată, au fost: 9,6 °C în anul 1993 și 11,6 °C în anul 1990. Temperatura medie lunară cea mai scăzută: -3,7 °C s-a înregistrat în luna ianuarie din anul 1987, iar cea mai ridicată: 24,4 °C în luna august din anul 1992.

Iarna are o durată redusă, în mulți ani muncile agricole de primăvară putând începe încă din luna februarie. Numărul anual de zile cu temperaturi medii zilnice peste 0 °C este de 320-335, iar al celor cu temperaturi medii mai mari de 10 °C, peste 200-220. Din cele 100 zile cu îngheț, numai în 25-30 temperaturile maxime sunt negative.

Precipitații. Pentru analiza cantităților de precipitații căzute în zona studiată am utilizat măsurătorile de la 7 posturi pluviometrice: Săcălaz, Becicherecu Mic, Beregsău Mare, Cărpiniș, Bobda, Cenei, Răuți, efectuate în perioada 1971-1995 (anexele 2-8).

Suma precipitațiilor anuale medii multianuale, în zona studiată, a fost de 517,0 mm (tab.

Tabelul 5.3

Temperatura aerului medie multianuală în perioada 1971-1995 (în °C)

Stația meteo	Luna												Media anuală
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Timișoara	-0,1	0,8	4,3	9,0	14,6	17,8	20,1	21,2	17,9	12,6	7,2	2,5	10,7

Tabelul 5.4

Precipitații medii multianuale în perioada 1971-1995 (în mm)

Postul pluviometric	Luna												Total an
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Săcălaz	32,9	27,2	30,5	41,0	55,3	79,3	53,2	43,6	40,6	45,4	38,8	34,8	522,6
Beciche-recu Mic	33,7	27,5	32,1	41,7	51,0	78,4	54,9	47,3	40,7	42,5	37,6	40,9	528,3
Bereșău Mare	29,1	26,4	30,8	43,2	54,4	76,3	53,9	48,5	35,6	39,9	39,0	36,5	512,6
Cărpiniș	32,5	28,6	32,7	44,0	51,4	71,0	56,8	49,5	37,5	44,3	39,7	39,3	527,3
Bobda	32,5	27,4	31,8	43,0	54,6	67,6	55,5	48,6	39,0	40,6	39,5	38,3	518,4
Cenei	29,4	27,6	32,9	40,5	59,2	71,3	54,6	43,5	35,1	37,2	38,7	36,7	506,7
Răuți	31,9	28,3	30,5	44,0	53,9	73,3	51,8	36,9	36,9	38,8	38,9	37,7	502,9
Media	31,7	27,6	31,6	42,5	54,3	73,9	54,4	45,4	37,9	41,2	38,9	37,6	517,0

Bobda, Cenei, Răuți, efectuate în perioada 1971-1995 (anexele 2-8).

Suma precipitațiilor anuale medii multianuale, în zona studiată, a fost de 517,0 mm (tab. 5.4). Valoarea maximă: 528,2 mm s-a înregistrat la postul pluviometric de la Becicherecu Mic, iar valoarea minimă: 502,9 mm la Răuți (tab. 5.4).

Dacă între precipitațiile anuale, medii multianuale, s-au înregistrat diferențe mici între posturile pluviometrice din zona studiată, între valorile extreme sume lunare diferențele au fost mari. Astfel suma precipitațiilor lunare minime a fost: 0,0 mm și s-a înregistrat la posturile pluviometrice din Săcălaz în decembrie 1994, Becicherecu Mic în decembrie 1972, Beregsău Mare în ianuarie 1977 și 1989, Cărpiniș în decembrie 1972 și ianuarie 1989, Bobda în martie 1972 și 1992, Cenei în decembrie 1972 și noiembrie 1978, Răuți în decembrie 1972. Valoarea maximă a fost: 198,8 mm și s-a înregistrat la Becicherecu Mic în august 1975.

Anual cad precipitații în 120-130 de zile, mai frecvent în două intervale: între sfârșitul primăverii și începutul verii (în lunile mai și iunie); toamna și spre începutul iernii (octombrie-decembrie).

Evapotranspirația potențială. Pentru calculul evapotranspirației potențiale, E_p , am utilizat relația stabilită de Thornthwaite [50]:

$$E_p = 1,6 \frac{(10 \cdot t)^2}{I} k_j \cdot a \quad (5.1)$$

în care: t este temperatura medie a fiecărei luni, în $^{\circ}\text{C}$, din anul pentru care se calculează E_p ;

I -indicele termic anual al zonei, calculat cu relația:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514} \quad (5.2)$$

a -un parametru calculat cu relația:

$$a = 0,00000675 \cdot I^3 - 0,0000 \cdot I^2 + 0,017921 \cdot I + 0,49239 \quad (5.3)$$

k_j -coeficient de corecție în funcție de latitudine (tab. 5.5).

Tabelul 5.5

Valorile coeficientului de corecție k_j

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,795	0,81	1,02	1,13	1,285	1,30	1,315	1,215	1,04	0,9	0,79	0,745

Suma valorilor lunare multianuale ale evapotranspirației potențiale, în zona studiată, se ridică la 684,1 mm (tab. 5.6).

Făcând diferența între suma precipitațiilor și evapotranspirația potențială se constată un deficit de precipitații anual mediu multianual de 167,0 mm (tab. 5.7). Valorile cele mai mari ale deficitului mediu lunar multianual, se înregistrează în lunile iulie și august. Excedentul maxim de precipitații (valori medii lunare multianuale) s-a înregistrat în luna decembrie.

Pentru caracterizarea condițiilor climatice ale alimentării apelor freatice am folosit raportul dintre evapotranspirația potențială și precipitațiile atmosferice (K_c) [8]:

$$K_c = \frac{ETP}{\sum P} = \frac{684,1}{517,0} = 1,32 \quad (5.4)$$

în care: ETP -evapotranspirația anuală medie multianuală, în mm;

$\sum P$ -suma precipitațiilor medii multianuale, în mm.

Conform acestui criteriu, zona analizată se caracterizează ca zonă cu umiditate deficitară ($K_c = 1.32 > 1,2$).

Indicele de ariditate de Martonne l-am calculat cu relațiile [12]:

$$I_{ar} = \frac{P}{10+t} = \frac{517,0}{10+10,7} = 25 \quad (5.5)$$

$$i = \frac{12 \cdot P}{10+t} \quad (5.6)$$

în care: I_{ar} este indicele de ariditate de Martone pentru valori anuale;

P -precipitațiile anuale, în mm;

t -temperatura medie a aerului, în °C;

i -indicele de ariditate de Martone pentru valori lunare.

Caracterizarea pluviometrică a zonei după valorile indicelui de ariditate de Martonne s-a făcut după cum urmează:

$I_{ar} < 10$ -regim areic;

$I_{ar} = 10-30$ -regim endoreic;

$I_{ar} > 30$ -regim exoreic;

$I_{ar} = 10...20$ -zonă de stepă uscată;

$I_{ar} = 20...24$ -zonă de stepă moderată;

$I_{ar} = 23...29$ -zonă de silvostepă;

Tabelul 5.6

Evapotranspirația potențială medie multianuală în perioada 1971-1995 (în mm)

Stația meteo	Luna												Media anuală
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Timișoara	1,7	5,2	22,0	51,1	94,8	116,7	134,8	120,5	77,8	42,1	14,3	3,1	684,1

Tabelul 5.7

Precipitații - Evapotranspirația potențială medii multianuale în perioada 1971-1995 (în mm)

Postul pluviometric	Luna												Total an
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Săcălaz	31,2	22,0	8,5	-10,1	-39,5	-37,4	-81,6	-76,9	-37,2	3,3	24,5	31,7	-161,5
Beciche-recu Mic	32,0	22,3	10,1	-9,4	-43,8	-38,3	-79,9	-73,2	-37,1	0,4	23,3	37,8	-155,8
Beregsău Mare	27,4	21,2	8,8	-7,9	-40,4	-40,4	-80,9	-72,0	-42,2	-2,2	24,7	33,4	-170,5
Cărpiniș	30,8	23,4	10,7	-7,1	-43,4	-45,7	-78,0	-71,0	-40,3	2,2	25,4	36,2	-156,8
Bobda	30,8	22,2	9,8	-8,1	-40,2	-49,1	-79,3	-71,9	-38,8	-1,5	25,2	35,2	-165,7
Cenei	27,7	22,4	10,9	-10,6	-35,6	-45,4	-80,2	77,0	-42,7	-4,9	24,4	33,6	-177,4
Răuți	30,2	23,1	8,5	-7,1	-40,9	-43,4	-83,0	-83,6	-40,9	-3,3	24,6	34,6	-181,2
Media	30,0	22,4	9,6	-8,6	-40,5	-42,8	-86,4	75,1	-39,9	-0,9	24,6	34,6	-167,0

$I_{ar}=28...36$ -zonă de pădure din regiune de câmpie.

Valoarea indicelui anual de ariditate de Martonne obținut pentru valorile medii multianuale ($I_{ar}=25$) încadrează regimul precipitațiilor în categoria endoreic. caracteristic zonei de pădure din regiunea de câmpie.

Pentru calculul indicelui lunar de ariditate de Martonne cu relația (5.6) am utilizat valorile temperaturii aerului medii multianuale (tab. 5.3) și ale precipitațiilor medii multianuale (tab. 5.4). Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 5.8.

Tabelul 5.8

Indicele lunar de ariditate de Martonne

Postul pluviometric	Luna											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Săcălaz	40	30	26	26	27	34	21	17	17	24	27	33
Becicherecu Mic	41	31	27	26	25	34	22	18	18	23	26	32
Bcegsău Mare	35	29	26	27	27	33	22	19	15	21	27	35
Cărpiniș	39	32	27	28	25	31	23	19	16	24	28	38
Bohda	39	30	27	27	27	29	22	19	17	22	28	37
Cenei	36	31	28	26	29	31	22	17	15	20	27	35
Răuți	38	31	26	28	26	32	21	14	16	21	27	36

Lunile ianuarie, februarie și decembrie au un regim al precipitațiilor exoreic, celelalte luni încadrându-se într-un regim endoreic.

Indicele hidroclimatic (I_{hc}) l-am calculat cu relația [8]:

$$I_{hc} = \frac{P}{ETP} \cdot 100 \quad (5.7)$$

în care: P -precipitații, în mm;

ETP -evapotranspirația potențială, în mm.

Limitele valorice ale indicelui hidroclimatic și categoriile de bilanț hidroclimatic, pe care le-am utilizat la caracterizare, sunt prezentate mai jos.

$I_{hc} < 10$ -deficit total;

$I_{hc} = 11-25$ -deficit foarte puternic;

$I_{hc} = 26-50$ -deficit puternic;

$I_{hc} = 51-75$ -deficit moderat;

$I_{hc} = 76-90$ -deficit slab;

$I_{hc} = 91-110$ -echilibrat;

$I_{hc} = 111-130$ -excedentar slab;

$I_{hc} = 131-160$ -excedentar moderat;

$I_{hc} = 161-200$ -excedentar puternic;

$I_{hc} > 200$ -excedentar foarte puternic.

Valoarea obținută pentru indicele hidroclimatic mediu multianual $I_{hc} = 76$ este caracteristic unei zone cu un deficit slab de precipitații.

Indicele hidroclimatic lunar le-am calculat pe baza valorilor medii multianuale ale precipitațiilor (tab. 5.4) și ale evapotranspirației potențiale (tab 5.6). Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 5.9.

Tabelul 5.9

Indicele hidroclimatic lunar

Postul pluviometric	Luna											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Săcălăz	1935	523	139	80	58	68	39	36	52	108	271	1123
Becichere-cu Mic	1982	529	146	82	54	67	41	39	52	101	263	1319
Beregsău Mare	1711	508	140	85	57	65	40	40	46	95	273	1177
Cărpiniș	1911	550	149	86	54	61	42	41	48	105	278	1267
Bobda	1911	527	145	84	58	58	41	40	50	96	276	1235
Cenei	1729	531	150	79	62	61	41	36	45	88	271	1184
Răuți	1876	544	139	86	57	63	38	31	47	92	272	1216

În lunile ianuarie, februarie noiembrie și decembrie se înregistrează un excedent foarte puternic de precipitații, iar în martie un excedent moderat. În luna aprilie deficitul de precipitații este slab, în mai și iunie deficitul este moderat, iar în iulie august și septembrie deficitul este puternic. Luna octombrie are bilanș hidroclimatic echilibrat.

Analiza climatică a zonei, efectuată mai sus, arată că factorii climatici și în special precipitațiile favorizează transportul poluanților către stratul freatic.

7.5. LEGĂTURA DINTRE NIVELUL APEI FREATICE SEZONIERE ȘI UNI FACTORI CLIMATICI

În urma măsurătorilor referitoare la nivelul freatic sezonier, efectuate în perioada 1971-1995 la forajele (F1-F7), precum și a unor factori climatici (precipitații, temperatura aerului, evapotranspirația), am observat că există o legătură între acești factori. Relațiile care descriu aceste legături, pentru fiecare lună din an, sunt prezentate mai jos [30]:

-luna ianuarie:

$$y = x_1 + a \frac{x_2 + x_3}{x_2 + x_3 + x_4} \quad (5.8)$$

-luna februarie:

$$y = x_1 + a \frac{x_2 + x_3}{x_2 + x_3 + x_4} \quad (5.9)$$

-luna martie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 \quad (5.10)$$

-luna aprilie:

$$y = x_1 + a \cdot (x_2 + x_3) \quad (5.11)$$

-luna mai:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 \quad (5.12)$$

-luna iunie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \frac{x_2 + x_3}{x_2 + x_3 + x_4} \quad (5.13)$$

-luna iulie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \frac{x_3}{x_3 + x_4} \quad (5.14)$$

-luna august:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \frac{x_3}{x_1 + x_2} \quad (5.15)$$

-luna septembrie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \frac{x_3}{x_3 + x_4} \quad (5.16)$$

-luna octombrie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 \quad (5.17)$$

-luna noiembrie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 \quad (5.18)$$

-luna decembrie:

$$y = x_1 + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 + c \cdot x_4 \quad (5.19)$$

în care: y este nivelul freatic sezonier din luna curentă, în m;

x_1 -nivelul freatic sezonier din luna precedentă, în m;

x_2 -diferența dintre suma precipitațiilor și evapotranspirația potențială din luna curentă (i), în mm;

x_3 -diferența dintre suma precipitațiilor și evapotranspirația potențială din luna anterioară ($i-1$), în mm;

x_4 -diferența dintre suma precipitațiilor și evapotranspirația potențială din luna $i-2$, în mm;

a, b, c -coeficienți a căror valori sunt prezentate în tabelul 5.10.

Valorile nivelului freatic sezonier calculate cu relațiile (5.8-5.19), pentru cele 7 foraje, sunt prezentate în anexele 10-16.

Diferențele între valorile măsurate și cele calculate cu relațiile de mai sus sunt cuprinse între 5-16 cm.

Valorile coeficienților a, b și c

Luna	Ecuajia	Coeficientul	Forajul						
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ianuarie	7.8	a	0,08368	0,10397	0,09500	0,10261	0,09616	0,10057	0,09525
Februarie	7.9	a	0,10336	0,11453	0,15579	0,12986	0,10294	0,12753	0,11175
Martie	7.10	a	0,00163	0,00136	0,00059	0,00191	0,00162	0,00171	0,00238
		b	0,00026	0,00077	0,00096	0,00069	0,00056	0,00087	0,00043
Aprilie	7.11	a	0,00073	0,00117	0,00150	0,00050	0,00088	0,00080	0,00082
Mai	7.12	a	0,00108	0,00104	0,00143	0,00106	0,00116	0,00121	0,00114
		b	0,00013	0,00014	0,00028	-0,00014	0,00023	-0,00040	-0,00019
Iunie	7.13	a	0,00131	0,00082	0,00136	0,00104	0,00136	0,00098	0,00109
		b	-0,00148	-0,01053	-0,00018	-0,00069	-0,00103	-0,00105	0,00020
Iulie	7.14	a	0,00073	0,00076	0,00132	0,00129	0,00116	0,00121	0,00102
		b	-0,01264	-0,00029	-0,02841	0,00246	-0,00249	-0,01182	-0,02234
August	7.15	a	0,00086	0,00084	0,00131	0,00118	0,00116	0,00125	0,00117
		b	-0,00240	0,00219	-0,04659	-0,01636	-0,01860	-0,00795	0,00561
Septembrie	7.16	a	0,00129	0,00087	0,00172	0,00131	0,00101	0,00130	0,00122
		b	-0,00057	-0,00186	-0,01455	-0,01525	-0,03846	-0,00495	-0,00124

continuare la Tabelul 5.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Octombrie	7.17	a	0,00128	0,00088	0,00226	0,00102	0,00143	0,00135	0,00194
		b	0,00046	0,00021	0,00046	0,00015	0,00025	0,00044	0,00016
Noiembrie	7.18	a	0,00137	0,00104	0,00216	0,00142	0,00138	0,00121	0,00155
		b	0,00029	0,00052	0,00059	0,00054	0,00016	0,00043	0,00035
Decembrie	7.19	a	0,00126	0,00091	0,00170	0,00167	0,00119	0,00166	0,00139
		b	0,00054	0,00037	0,00101	0,00064	0,00075	0,00073	0,00083
		c	0,00011	0,00029	0,00024	0,00016	0,00029	-0,00011	0,00047

CÂMPURILE EXPERIMENTALE DE LA BEREGSĂU MARE ȘI VOITENI

6.1. SCOPUL CERCETĂRILOR

Conform programelor de dezvoltare a agriculturii, până în anul 1985 erau prevăzute a se executa 95 de amenajări de distribuție a apelor uzate provenite de la complexe de creștere și îngrășare a porcilor din România (Decretul 200/1981). Suprafața de teren amenajată pentru distribuția în câmp a apelor uzate a fost de 62.000 ha. Scopul amenajărilor a fost realizarea protecției mediului în jurul complexelor de porci, prin utilizarea solului ca sistem epurator.

Soluția de reintegrare în natură a apelor uzate, bogate în elemente nutritive necesare dezvoltării culturilor agricole, a fost experimentată atât în străinătate [7,15,65] cât și la noi în țară [2,16,24,67,68,72,83,100,115]. Prin distribuția acestora pe câmp s-a urmărit de asemenea și satisfacerea necesarului de apă al plantelor în perioadele secetoase ale anului. Pe baza rezultatelor obținute s-au stabilit criteriile și soluțiile de amenajare a terenurilor ce urmau a fi amenajate în acest scop [13,17,20,23,69,70,73,118,119]. Rezultatele pozitive, cât și pericolul de poluare a mediului cu apele uzate evacuate de la complexe de porci au fost prezentate în capitolele anterioare.

La începutul anului 1988 s-a pus problema verificării eficienței amenajărilor executate. Pe baza comenzii lansate de către Institutul de Studii și Proiectări Îmbunătățiri Funciare București, pentru tema de cercetare: **Eficiența amenajărilor de irigații cu ape uzate provenite de la complexe de creștere și îngrășare a porcilor, executate până în prezent și propuneri de măsuri în vederea sporirii eficienței acestora**, Institutul de Cercetări și Inginerie Tehnologică pentru Irigații și Drenaje Băneasa din județul Giurgiu a format echipe de cercetători, care în perioada 1988-1991 au lucrat la această tematică.

Prima etapă în derularea contractului a fost inventarierea amenajărilor existente la acea dată, anul 1988 și culegerea datelor necesare stabilirii eficienței acestora.

Echipele din care am făcut parte au realizat inventarierea a 27 de amenajări din 10 de județe ale țării. Din constatările rezultate în urma inventarierii enumăr câteva [21]:

-ritmul de finalizare a execuției amenajărilor: 8 în 1984, 2 în 1985, 4 în 1986, 12 în 1987 și una în 1988;

-stațiile de epurare a apelor uzate sunt prevăzute cu treaptă mecanică, iar la 3 stații există

și treapta biologică, ce constă din bazine de aerare echipate cu aeratoare cu ax vertical, dar care nu funcționau;

-eficiența foarte scăzută a stațiilor de epurare materializată în calitatea nesatisfăcătoare a apelor epurate;

-apele uzate de la complexe sunt deversate în totalitate sau parțial în canalele de desecare sau în emisarii naturali, din cauza unor deficiențe de natură organizatorică, de execuție sau de exploatare;

-aparitia fenomenelor de poluare a mediului manifestate prin colmatarea canalelor de desecare, înrăutățirea indicatorilor de calitate ai emisariilor naturali, deteriorarea calității apei din primul strat freatic;

-distribuția apelor uzate s-a făcut pe toată suprafața amenajată în două amenajări, în 14 amenajări s-a irigat parțial suprafața amenajată, iar în 11 amenajări nu s-a irigat nici un hectar.

-eficiența economică a fost realizată numai la două amenajări.

Pe baza constatărilor succint prezentate mai sus, dar și a altor date s-a ajuns la concluzia că aceste amenajări nu și-au atins nici scopul de protecție a mediului și nici eficiența economică planificată.

În etapa de cercetare următoare (1989-1991) s-a trecut la urmărirea sistematică a unor amenajări de distribuție a apelor uzate provenite de la complexele de porci [21,22]. Pentru aceasta în județul Timiș s-au înființat două câmpuri experimentale, amplasate în amenajările de la Beregsău și Voiteni. În amândouă s-au distribuit, prin tehnologii și în sisteme organizatorice și juridice diferite, ape uzate provenite de la complexe aparținând de COMTIM.

6.2. SCURTĂ PREZENTARE A AMENAJĂRILOR DIN JUDEȚUL TIMIȘ

În județul Timiș, în perioada derulării tematicii de cercetare, existau 12 amenajări pentru distribuția apelor uzate provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor (fig. 6.1) [25]. Capacitatea totală de producție anuală a celor 12 complexe a fost de 550.800 porci, iar volumul de apă uzată evacuat anual a fost de 3.621.500 m³. Capacitatea bazinelor de stocare a apelor uzate decantate a fost de 1.814.000 m³, iar suprafața amenajată de 5.208 ha. Caracteristicile tehnice ale celor 12 amenajări sunt prezentate în tabelul 6.1.

Schema cadru a unei amenajări de distribuție a apelor uzate provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor este prezentată în fig. 6.2.

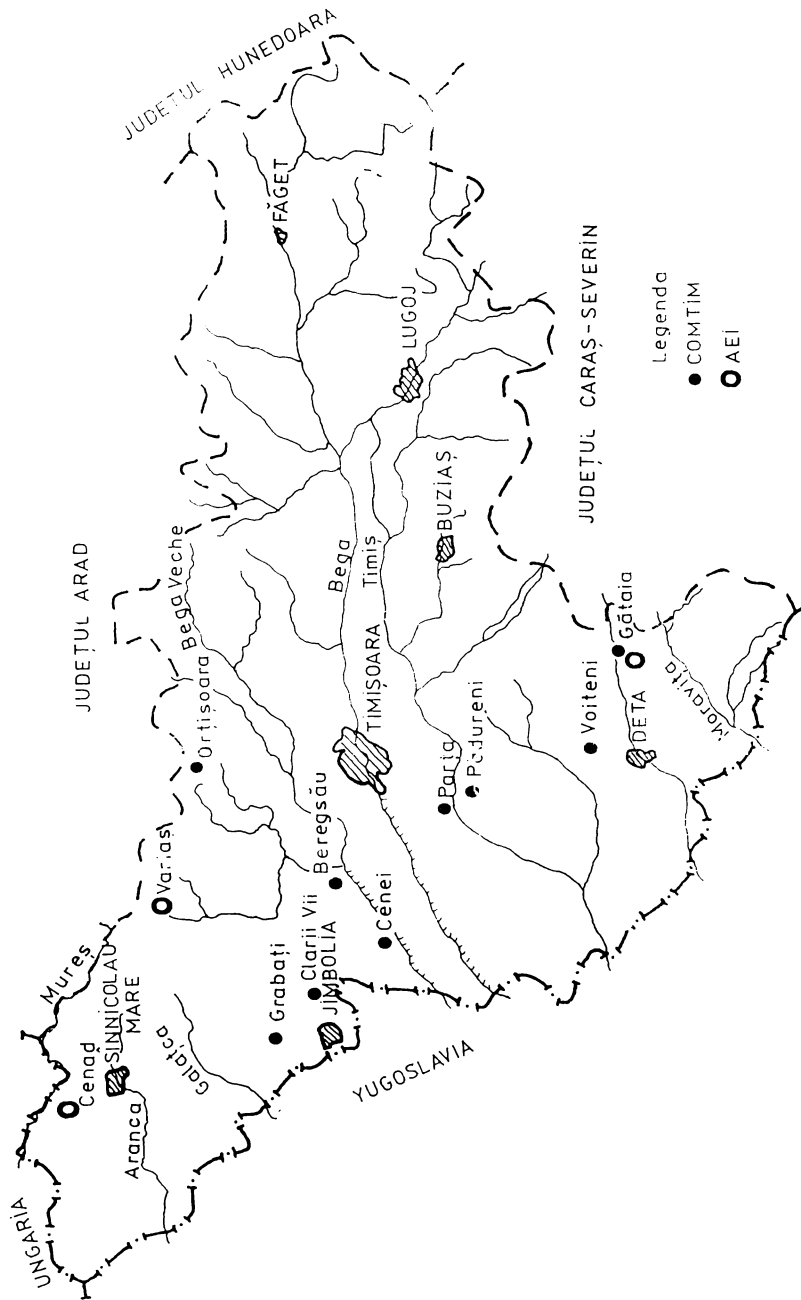
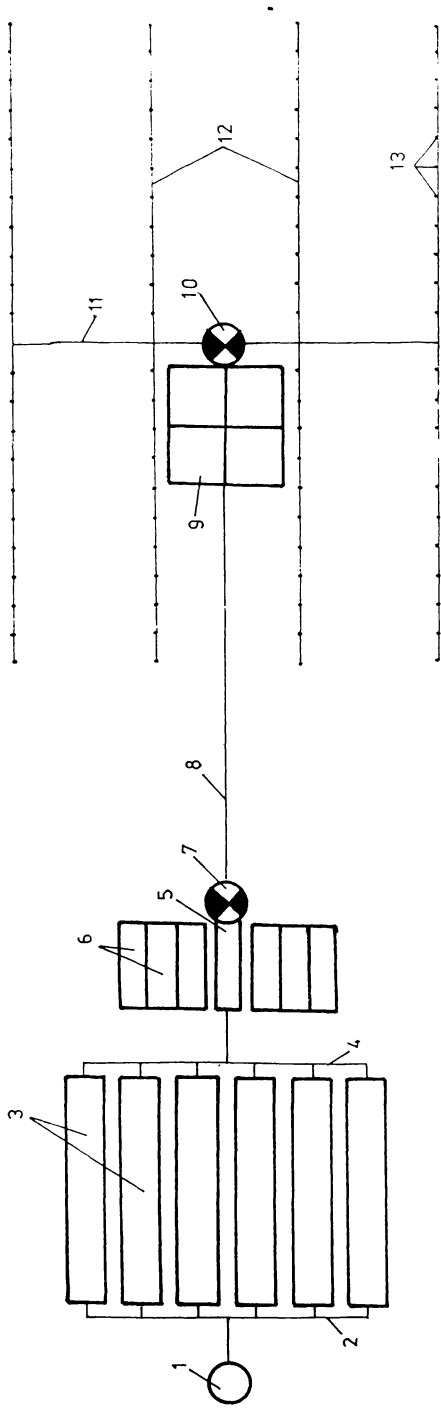


Fig. 6.1. Amplasarea amenajărilor pentru distribuția apelor uzate din județul Timiș.

Tabelul 6.1

Caracteristicile tehnice ale amenajărilor pentru distribuția apelor uzate, provenite de la complexe de creștere și îngrijire a porcilor din județul Timiș

Nr. crt.	Denumire complex	Capacitate de producție (mii porci/an)	Volumul de apă uzată evacuată (mii m ³ /an)	Capacitate bazin de stocare (mii m ³)	Denumire unitate agricolă proprietară a terenului amenajat	Suprafața amenajată (ha)
1	COMTIM Pădureni	40,0	360,0	180	IAS Șag	506
2	COMTIM Parța	45,0	383,4	192	IAS Șag	544
3	AEI Gătaia	26,6	91,7	46	CAP Gătaia	130
4	COMTIM Voiteni	60,5	480,0	240	IAS Voiteni	747
5	COMTIM Gătaia	45,0	384,0	192	IAS Gătaia	513
6	AEI Cenad	65,7	216,0	108	CAP Cenad	306
7	COMTIM Grabați	45,0	360,0	180	COMTIM Grabați	496
8	COMTIM Clarii Vii	45,0	384,0	192	IAS Jimbolia	538
9	COMTIM Cenei	45,0	383,4	192	IAS Cenei	507
10	AEI Variaș	42,0	143,0	72	CAP Variaș	211
11	COMTIM Beregsău	60,5	330,0	165	COMTIM Beregsău	466
12	COMTIM Orțișoara	30,0	106,0	53	IAS Carani	244
Total		550,8	3.621,5	1.814		5.208



Legenda

- 1 -castel de apă
- 2 -conducță de alimentare cu apă a grajdurilor
- 3 -grajduri de porci
- 4 -canal de evacuare a dejecțiilor din grajduri
- 5 -stația de epurare ape uzate
- 6 -paturi de uscare a nămolului
- 7 -stația de pompare
- 8 -conducță de transport
- 9 -bazin de stocare
- 10 -stația de punere sub presiune
- 11 -conducță de distribuție
- 12 -antene
- 13 -hidranți

Fig. 6.2. Schema tip a unei amenajări pentru distribuția apelor uzate.

Reziduurile din complexele de creștere și îngrășare a porcilor în sistem industrial din județul Timiș sunt îndepărtate de pe pardoseala adăposturilor, în rețeaua de canalizare. prin jet de apă sub presiune. Debitul mediu zilnic de apă uzată evacuat de la un porc este de 18 m^3 și variază între $9\text{-}10 \text{ m}^3$ la complexele: AEI Gătaia, AEI Cenad, AEI Variaș, COMTIM și Orțișoara și între $22\text{-}24 \text{ m}^3$ la celelalte complexe. Diferențele între complexe se datoresc posibilităților tehnico-financiare ale unităților. Apa utilizată în complexe este de bună calitate fiind captată din puțuri forate la $50\text{-}110 \text{ m}$ adâncime. Prin intermediul pompelor apă este trimisă în castele de apă cu înălțimea de $20\text{-}30 \text{ m}$, de unde ajunge gravitațional la toate folosințele.

Prin rețeaua de canalizare apă uzată este condusă gravitațional la stația de epurare. Aceasta este realizată cu treaptă mecanică și are în componență următoarele obiecte: grătar, decantor vertical și platformă de uscare a nămolului. De la stația de epurare, printr-o treaptă de pompare, apa decantată este trimisă în bazinul de stocare, aflat la o distanță mai mică sau mai mare de complex.

Conform "Proiectului cadru" aprobat de Ministerul Agriculturii cu avizul nr. 644/1979, amenajările pentru distribuția în câmp a apelor uzate provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor sunt prevăzute cu bazine de stocare [120,122]. Rolul acestor bazine este de a stoca apa uzată decantată, evacuată de la complexe, în lunile în care nu se efectuează distribuția lor pe câmp (octombrie-februarie și aprilie).

Bazinele de stocare au 4 compartimente, cu o capacitate totală de stocare cuprinsă între 46.000 m^3 (AEI Gătaia) și 240.000 m^3 (COMTIM Voiteni) ocupând o suprafață de teren cuprinsă între $2,5 \text{ ha}$ și 8 ha . Înălțimea utilă a bazinelor este cuprinsă între $3,5$ și $4,5 \text{ m}$, iar înălțimea de gardă este 1 m .

Impermeabilizarea bazinelor de stocare este realizată cu folie de polietilenă cu grosimea de $0,3 \text{ mm}$, lestată cu un strat de pământ de 25 cm pe radier și cu dale din beton având dimensiunile $1 \times 1 \times 0,05 \text{ m}$ pe taluz. În vederea reducerii cantității de beton, la bazinul de stocare de la AEI Gătaia și la un compartiment din bazinul de stocare de la COMTIM Voiteni, folia de polietilenă s-a lestat pe taluz cu rame din beton cu dimensiunile $1 \times 1 \text{ m}$ și 10 cm grosime, umplute cu pământ.

În apropierea bazinului de stocare se află amplasată o stație de pompare cu ajutorul căreia se realizează transportul sub presiune prin conducte subterane, a apei uzate decantate preluate din bazin, până la hidranți.

Distribuția în câmp a apelor uzate decantate din bazinele de stocare, având raportul de diluție $1:3$ (apă uzată: apă curată), se face prin scurgere la suprafață. Echipamentele de udare utilizate sunt de tipul EUBA 150T. Prin această metodă apă uzată se distribuie pe câmp în afara sezonului de vegetație, pentru a evita contactul plantei cu apă uzată.

Acolo unde resursele de apă curată permit realizarea unei diluții a apei uzate decantate în raportul de 1:5 până la 1:8 distribuția acestora pe câmp se face prin aspersiune în toată perioada de vegetație a plantelor. Instalațiile utilizate sunt de tipul IATF și cu pivot central.

Datorită solurilor grele din județul Timiș, înainte de distribuirea apei în câmp prin metoda scurgerii la suprafață, este necesar a se efectua o scarificare a terenului în vederea măririi permeabilității și pentru a împiedica bălțirea apei.

Normele de udare aplicate în amenajările din județul Timiș au fost de 650-750 m³/ha, iar în zonele cu nivel freatic mai ridicat s-au efectuat lucrări de drenaj pentru a evita impurificarea apelor freatice.

Distribuția în câmp a apelor uzate decantate la 10 amenajări din județul Timiș era prevăzută a se efectua prin scurgere la suprafață utilizând echipamente de udare de tipul EUBA 150T, iar la două amenajări (COMTIM Beregsău și COMTIM Grabați) prin aspersiune. Echipamentele de udare prin aspersiune, utilizate la cele două amenajări, sunt moderne de mare productivitate de tipul IATF (TYPHON 75 importate din Yugoslavia) și cu pivot central (ELECTROMATIC 50 achiziționate din Yugoslavia). Caracteristicile tehnice a celor două echipamente sunt prezentate în tabelele 6.2 și 6.3. Utilizarea metodei de distribuție prin aspersiune la amenajările de la COMTIM Be-

Tabelul 6.2

Caracteristicile tehnice ale instalației TYPHON 75

Elemente	UM	Caracteristica
Diametrul furtunului	mm	75
Lungimea de udare	m	285
Lățimea de udare	m	48-42
Diametrul duzei	mm	16
Presiunea la hidrant	daN/cm ²	4,2-5,6
Presiunea la aspersor	daN/cm ²	3-4
Debitul aspersorului	m ³ /oră l/s	19-24 5,27-6,67
Norma de udare (reglabilă)	m ³ /ha	44-100
Viteza de deplasare a căruciorului în timpul udării (reglabilă)	m/oră	10-40
Timpul de udare al unei fâșii	ore	28,3-7.1
Suprafața udată pe poziție	ha	1,3-1,6

Caracteristicile tehnice ale instalației ELECTROMATIC 50

Elemente	UM	Caracteristica
Numărul de cadre motrice		2-12
Lungimea aripei	m	123-638
Distanța între cadrele cu roți	m	51,5
Suprafața udată într-o poziție	ha	5-136
Timpul necesar pentru o rotație	ore	4-255
Viteza de deplasare	m/min	0,25-2,5
Diametrul conductei	mm	152-168
Înălțimea până la conductă	m	3
Panta maximă a terenului	%	15
Diametrul duzelor de stropire	mm	2-10
Distanța între duze	m	2,5
Debitul aripii	l/s	40-160
Norma de udare	m ³ /ha	100-1.000
Lungimea consolei	m	20
Tipul aspersorului de capăt		BIRD 85E
Raza de stropire	m	20
Sistem de acționare		electric
Distanța între roți	mm	3800
Puterea electromotorului	kw	1,5 la 1420 rot/min

regsău și COMTIM Grabași și achiziționarea utilajelor moderne de mare randament a fost posibilă datorită puterii economice a unității COMTIM, dar **mai ales condițiilor juridice și organizatorice (bazinul de stocare, stația de punere sub presiune, rețeaua de conducte și terenul sunt în proprietatea, exploatarea și întreținerea acestei întreprinderi)**, situație care nu se regăsește la celelalte amenajări. La celelalte 10 amenajări din județul Timiș terenul amenajat, stația de punere sub presiune, rețeaua de conducte îngropate și echipamentele de udare sunt proprietatea unității agricole de tip IAS sau CAP, bazinul de stocare este proprietatea IEELIF, care efectuează reparațiile la stația de punere sub presiune și rețeaua de conducte îngropate, iar unitatea care produce poluantul (apa uzată) aparține COMTIM-ului sau unor unități de tip AEI. Toate aceste unități numai arareori reu-

șesc să se sincronizeze pentru a fi îndeplinite toate condițiile necesare unei bune distribuții a apelor uzate pe întreaga suprafață amenajată și în acest fel investițiile făcute să-și arate efectele benefice prin reducerea poluării mediului în jurul complexelor și obținerea unor producții superioare față de terenurile neirigate.

Datorită deficiențelor semnalate mai sus, în perioada 1986-1989, distribuția apelor uzate s-a făcut pe suprafețe mult mai mici decât cele amenajate, iar în unele amenajări nu s-a distribuit apă uzată deloc (tab. 6.4). În județul Timiș numai în două amenajări (COMTIM Beregsău și COMTIM Grabați) s-a continuat distribuția în câmp a apelor uzate, după anul 1989, iar în celelalte 10 amenajări nu s-a mai udat deloc.

Prin măsurarea nivelului apei în bazinele de stocare la 1.08 și 31.10.1989 am determinat volumele de apă existente la acele date. Pe baza relației de bilanț (6.1) am stabilit cantitatea de apă uzată pierdută după evacuare de la stația de epurare a complexului.

$$V_p = V_i - V_f + (V_e + P) - (E + I) \quad (6.1)$$

în care: V_p este volumul de apă uzată pierdut, în m^3 ;

V_i -volumul inițial de apă uzată din bazinul de stocare, în m^3 ;

V_e -volumul de apă uzată evacuat de la complex, în m^3 ;

P -volumul de apă, acumulat în bazinul de stocare, din precipitații, în m^3 ;

E -volumul de apă pierdut prin evapotranspirație, în m^3 ;

I -volumul de apă distribuit pe câmp, în m^3 ;

V_f -volumul final de apă uzată din bazinul de stocare, în m^3 .

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 6.5. Se remarcă procente foarte ridicate, 24 până la 89 (în medie 60,6), ale pierderilor de apă uzată evacuată de la stațiile de epurare ale complexelor.

Ca urmare a deversării apelor uzate în canalele de desecare s-a produs colmatarea intensă a acestora și poluarea manifestată prin lipsa florei și a faunei specifice. Amploarea fenomenului de poluare și colmatare cu dejecții provenite de la complexele zootehnice din județul Timiș, la sfârșitul anului 1988 este subliniată și de cifrele din tabelul 6.6. Din lungimea totală a rețelei de canale de desecare din județul Timiș, care era în anul 1988 de 11.514 km, 2,5 % erau colmatați (292 km).

Ritmul de despotmolire a canalelor de desecare colmate cu dejecții de la complexele zootehnice din județul Timiș este nesatisfăcător (tab. 6.7). În anul 1988 IEELIF Timiș a despotmolit de dejecții 19,3 km de canale de desecare cu un volum de terasamente de 91.705 km.

Prin colmatare canalele de desecare nu-și mai pot îndeplini scopul pentru care au fost exe-

Suprafețele irigate cu ape uzate în amenajările din județul Timiș

Nr. crt.	Denumire unitate agricolă proprietară a terenului amenajat	Suprafața amenajată (ha)	1986		1987		1988		1989		Norma de udare (m ³ /ha)
			udarea I (ha)	udarea II (ha)	udarea I (ha)	udarea II (ha)	udarea I (ha)	udarea II (ha)	udarea I (ha)	udarea II (ha)	
1	IAS Șag	506	-	-	-	-	100	80	126	50	700
2	IAS Șag	544	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	CAP Gătaia	130	-	-	-	-	17	-	33	-	650
4	IAS Voiteni	747	-	-	-	-	100	-	100	-	650
5	IAS Gătaia	513	-	-	-	-	80	-	112	-	600
6	CAP Cenad	306	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	COMTIM Grabați	496	246	246	440	440	496	496	496	496	700
8	IAS Jimbolia	538	-	-	-	-	86	-	80	-	750
9	IAS Cenei	507	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	CAP Variaș	211	-	-	-	-	-	-	24	-	750
11	COMTIM Beregsău	466	466	466	466	466	466	466	466	466	700
12	IAS Carani	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		5.208	712	712	906	906	1.345	1.062	1.437	1.012	

Volumul de apă uzată pierdut în amenajările de distribuție a apelor uzate din județul Timiș în perioada 1.08-31.10.1989

Denumire amenajare	Volum bazin V (mii m ³)	Volum inițial V _i (mii m ³)	Volum evacuat de la complex V _e (mii m ³)	Precipitații P (mii m ³)	Evaporație E (mii m ³)	Irigații I (mii m ³)	Volum final V _f (mii m ³)	Volum pierdut V _p		
								mii m ³	l/s	% din V _e
COMTIM Pădureni	180	154	90	8,7	6,9	104,2	66	65,6	8,25	73
COMTIM Parja	192	40	96	6,9	5,8	0	43	83,5	10,50	87
AEI Gătaia	46	39	23	1,8	1,7	21,5	30	7,9	1,00	34
COMTIM Voiteni	240	118	120	11,2	9,0	65,0	102	59,8	7,52	50
COMTIM Gătaia	192	192	96	6,3	9,5	67,2	164	43	5,40	45
AEI Cenad	108	0	54	3,4	3,4	0	0	48	6,04	89
COMTIM Clarii Vii	192	166	96	16,0	8,0	80,0	128	51,4	6,47	54
COMTIM Cenei	192	182	96	11,6	8,5	0	207	63,5	8,00	66
AEI Variaș	72	10	36	0,7	0,7	17,6	14	8,8	1,11	24
COMTIM Orășoara	53	0	26,5	7,3	7,3	0	0	22,3	2,81	84
Total	1.467	901	733,5	73,9	60,8	355,5	754	453,8		

Tabelul 6.6

Situția canalelor de desecare poluate și colmatate din județul Timiș

Unitatea care poluează	Lungime (km)	Volum colmatat (m ³)	Volum specific colmatat (m ³ /m)	Valoare despotmolire (mii lei)
COMTIM	204,74	239.693	1,17	5.103,9
Trust IAS	35,85	39.445	1,10	839,8
Unități CAP	26,18	36.830	1,41	784,1
Schela extracție Șandra	2,00	500	0,25	10,6
AEI	21,85	13.500	0,62	287,4
Avicola	1,40	1.400	1,04	30,9
Total	292,02	331.418		7.056,7

Tabelul 6.7

Situția canalelor despotmolite de dejecții în județul Timiș

Sistem hidro-ameliorativ	1985		1986		1987		1988	
	lung. (m)	volum (m ³)	lung. (m)	volum (m ³)	lung. (m)	volum (m ³)	lung. (m)	volum (m ³)
Sănnicolau Mare	3.935	27.000	-	-	2.300	5.676	-	-
Cărpiniș	2.600	3.500	3.632	16.029	-	-	3.630	7.480
Timișoara	5.120	21.000	1.100	5.000	1.900	7.500	-	-
Coștei	-	-	-	-	-	-	-	-
Șag	1.900	7.200	1.780	5.150	2.550	11.846	8.350	70.100
Deta	5.805	10.494	-	-	-	-	800	1.800
Topolovăț	-	-	-	-	-	-	6.500	12.325
Total	19.360	69.194	6.512	26.179	6.750	25.022	19.280	91.705

cutate. În plus, acestea devin o sursă de răspândire a poluării mediului prin transportul poluanților în emisarii naturali.

6.3. CÂMPUL EXPERIMENTAL DE LA VOITENI

Câmpul experimental de la Voiteni a fost amplasat pe o suprafață de 3,2 ha în cadrul amenajării pentru distribuția apelor uzate de la COMTIM Voiteni. Măsurătorile în câmp s-au efectuat în perioada 1989-1991. Scopul acestui câmp experimental a fost găsirea celor mai eficiente tehnologii de distribuție în câmp prin scurgere la suprafață a apelor uzate decantate în vederea evitării poluării mediului, asigurării protecției muncii și sporirii eficienței investiției.

Amenajarea pentru distribuția în câmp a apelor uzate decantate provenite de la complexul de creștere și îngrășare a porcilor COMTIM Voiteni a fost proiectată și executată de IEELIF Timiș. Predarea lucrării către beneficiar, IAS Voiteni, s-a făcut la sfârșitul anului 1984.

Studiile întocmite în teren au scos în evidență următoarele aspecte:

-din punct de vedere pedologic stratul activ de sol are grosimea necesară dezvoltării plantelor și înmagazinării apei. Textura solului este argiloasă cu permeabilitate redusă. Conductivitatea hidraulică a solului, determinată în teren prin metoda revenirii, este cuprinsă între 6- 21 mm/oră. Conținutul de argilă coloidală din sol ($\phi < 0,002$ mm) este cuprinsă între 40-45 %.

-din punct de vedere hidrogeologic, nivelul freatic s-a găsit la adâncimi ce au variat între 1 și 3 m în perioada iunie-iulie. Pe suprafața studiată nu există puțuri hidrogeologice cu observații de durată din care să rezulte variația în timp a nivelului freatic și caracterul acestuia, permanent sau sezonier.

-din punct de vedere litologic s-a întâlnit un strat omogen format din argile și argile prăfoase cu grosime ce depășește 10 m. Stratul acvifer propriu-zis format din nisipuri se găsește la adâncimi de 14-17 m în care apa se găsește sub presiune datorită tavanului de argilă foarte gros și greu permeabil. Atunci când este străpuns acest tavan apa se ridică în foraj la adâncimi care variază între 0,2-2,0 m.

Câmpul experimental de la Voiteni a cuprins 4 experiențe, în cadrul cărora s-au distribuit norme variabile de udare, pe un teren care a avut folosința de pășune:

-**Experiența 1** cu o suprafață de 1ha are panta terenului de 0,06 % și s-a aplicat o normă de udare de 700 m³/ha pe teren scarificat și nescarificat.

-**Experiența 2** cu o suprafață de 0,6 ha are panta terenului de 0,06 % și s-au aplicat norme de udare de 500, 700 și 900 m³/ha în 3 repetiții pe teren scarificat și nescarificat.

-**Experiența 3** cu o suprafață de 0,6 ha are panta terenului de 1 % și s-au aplicat norme de udare de 500, 700 și 900 m³/ha în 3 repetiții pe teren scarificat și nescarificat.

-**Experiența 4** cu o suprafață de 1ha are panta terenului de 2 % și s-a aplicat o normă de

udare de 500 m³/ha pe teren scarificat și nescarificat.

Scarificarea s-a executat la adâncimea de 50-55 cm, cu ghearele scarificatorului distanțate la 1 m, în direcția pantei terenului, folosind un tractor pe șenile S 1800.

Echipamentul de udare utilizat la distribuția apelor uzate decantate a fost de tip EUBA 150T cu un debit la orificiu de 1 l/s. Udările s-au aplicat în luna august și septembrie.

Din observațiile efectuate în timpul udărilor s-a constatat că, pe terenul scarificat distanța maximă la care a ajuns apa, măsurată de la conducta de udare, nu a depășit 15-20 m în variantele cu normă de udare de 900 m³/ha. Nu s-au semnalat bălțiri la suprafața terenului. În variantele la care s-a aplicat o normă de 900 m³/ha pe teren nescarificat, distanța maximă pe care s-a scurs apa uzată a fost de 40-50 m, cu o înălțime maximă a stratului de apă de 10 cm. Apa adunată în micro-depresiuni a bălțit timp de 4-5 ore.

Tehnologia de distribuție a apelor uzate pe teren scarificat, cu conducte de udare amplasate din 50 în 50 m prezintă dezavantajul că se obține o neuniformitate a udării, fâșiile de teren udate cu lățimea de 15-20 m alternând cu cele neudate cu o lățime de 30-35 m.

Citirile nivelului apei în cele 4 compartimente ale bazinului de stocare, efectuate în perioada 1.03-31.10.1990, au permis calcularea volumului de apă stocată. În anul 1990 datorită arderii electropompelor de la stația de pompare, prin care se realizează transportul apei uzate decantate de la stația de epurare la bazinul de stocare, aceasta a fost evacuată într-un canal de desecare din apropierea complexului.

Din observațiile efectuate s-a constatat o scădere continuă a nivelului apei în bazinul de stocare și implicit a volumului de apă uzată stocat (fig. 6.3). Astfel, în perioada analizată nivelul apei a scăzut în compartimentul 1 de la 2,20 m la 0,30 m, în compartimentul 2 de la 3,50 m la 1,30 m, în compartimentul 3 de la 3,50 m la 1,80 m, iar în compartimentul 4 de la 3,50 m la 1,50 m. Volumul de apă stocată în bazin, în aceeași perioadă, a scăzut de la 153.630 m³ la 53.610 m³. Pe baza relației de bilanț (6.1) am determinat cantitatea de apă uzată pierdută prin infiltrații din bazinul de stocare.

Calculul este prezentat în tabelul 6.8. Cantitatea de apă uzată pierdută prin infiltrații din bazinul de stocare, în perioada analizată, se ridică la 64.320 m³ (fig. 6.3), ceea ce reprezintă 32,4 % din cantitatea de apă uzată stocată la începutul perioadei analizate și 20,1 % din volumul mediu zilnic de apă uzată evacuat de la complex.

Rezultatele calculelor efectuate m-au făcut să trag concluzia că soluția de impermeabilizare a bazinului de stocare (folie de polietilenă de 0,3 mm grosime) este complet nesatisfăcătoare.

Grosimea stratului de particule fine depus pe radierul bazinului de stocare a fost de 10 cm

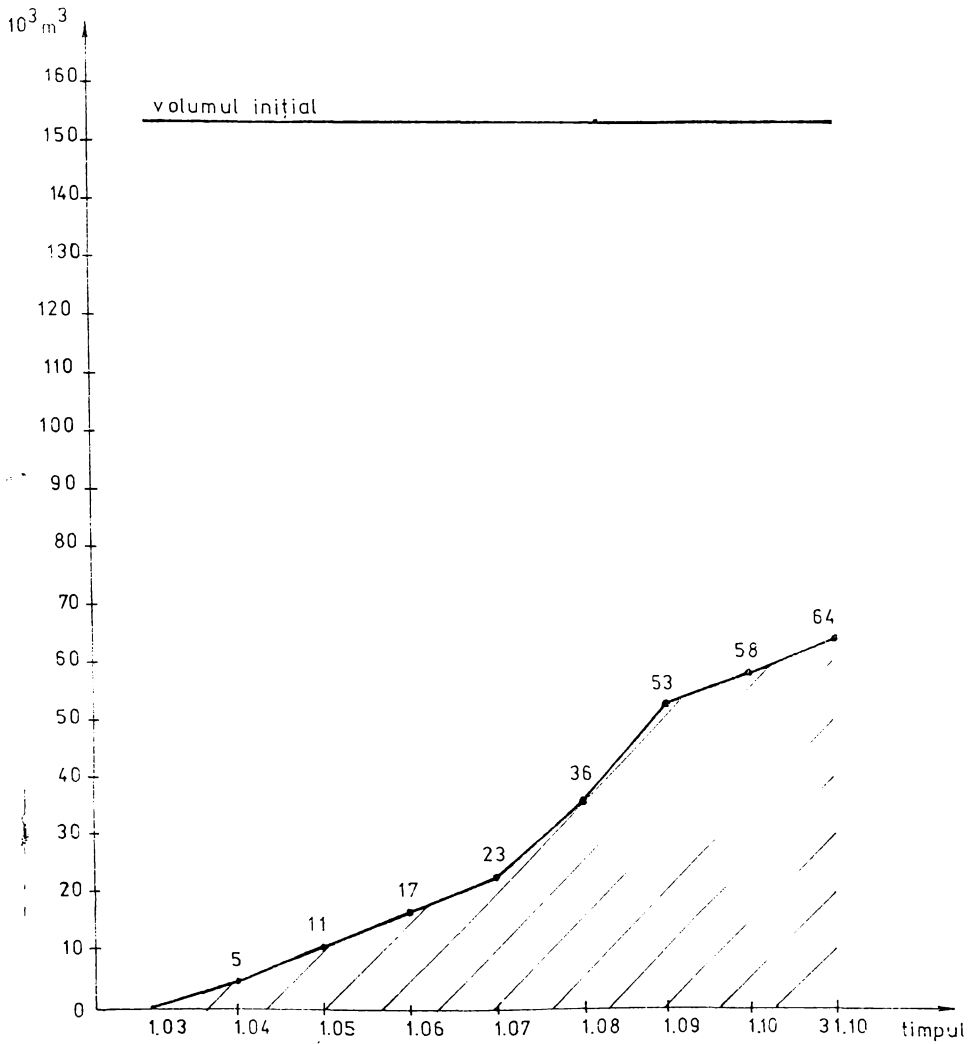


Fig. 6.3. Volumul de apă uzată pierdut prin infiltrații din bazinul de stocare de la COMTIM Voiteni (1.03-31.10.1990).

Tabelul 6.8

Volumul de apă uzată pierdut prin infiltrații din bazinul de stocare de la COMTIM Voiteni (martie-octombrie 1990)

Luna	Volum inițial V_1 (m ³)	Volum evacuat de la complex V_e (m ³)	Precipitații P (m ³)	Evaporație E (m ³)	Irigații I (m ³)	Volum final V_f (m ³)	Volum pierdut prin infiltrații V_p			
							m ³	m ³ /ha	l/s	% din volumul bazinului
Martie	153.630	0	1.601	0	0	150.191	5.040	1.260	1,88	2,1
Aprilie	150.191	0	3.205	1.984	0	132.360	6.000	1.500	2,31	2,5
Mai	132.360	0	4.424	5.379	0	126.165	6.240	1.560	2,33	2,6
Iunie	126.165	0	4.971	7.962	0	117.414	5.760	1.440	2,22	2,4
Iulie	117.414	0	355	9.675	1.400	93.734	12.960	3.240	4,84	5,4
August	93.734	0	2.874	10.755	4.200	64.613	17.040	4.260	6,36	7,1
Septembrie	64.613	0	2.542	2.742	0	59.133	5.280	1.320	2,04	2,2
Octombrie	59.133	0	477	0	0	53.610	6.000	1.500	2,24	2,5
Total		0	20.449	38.497	5.600		64.320			26,8

după 3 ani de folosire. Ritmul de acumulare a depunerilor pe radierul bazinului de stocare, prevăzut de proiectant, era de 5 cm/an.

Pentru evaluarea calității apei s-au prelevat probe din sursele de apă, care au fost analizate chimic și interpretate calitativ după STAS 9450-88 privind apa pentru irigarea culturilor agricole, STAS 4706-88 privind apa de suprafață și după alți indicatori (Coeficientul Priklonski, % Na din suma cationilor, criteriul Kelley) menționați în literatura de specialitate [12,97,103]. Relațiile de calcul ale acestora sunt:

$$CSR = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (6.2)$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{13,187 Ca^{2+} + 21,746 Mg^{2+}}} \quad (6.3)$$

$$P = \frac{288}{rNa^+ + 4rCl^-} \quad (6.4)$$

$$Na(\%) = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+} \cdot 100 \quad (6.5)$$

$$K = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \leq 1 \quad (6.6)$$

în care CSR este carbonatul de sodiu rezidual;

SAR -raportul de adsorbție al sodiului

P -coeficientul Priklonski;

Na(%) -procentul de natriu din suma cationilor;

K -criteriul Kelley;

r -numărul de ioni (me/l)

Sursele de apă analizată sunt: evacuare stație de epurare, canal de desecare P6 amonte și aval de complex la 300 m, fântână fermă la 100 m de complex, bazin de stocare, dren și foraj de 6 m adâncime la 150 m de bazin. Limitele minime și maxime pentru indicatorii analizați la apa prelevată din sursele de mai sus, în perioada 1989-1991, sunt prezentate în anexa 17.

După reziduuul salin majoritatea surselor analizate se încadrează în clasele de salinitate C3 (reziduu mineral ridicat) și C4 (reziduu mineral foarte ridicat) ceea ce le face improprie folosirii la irigații. excepție face apa din dren și din foraj care se încadrează în clasa C2 (reziduu mineral moderat) utilizabile la irigații [28].

Conținutul în cloruri încadrează apa evacuată din stația de epurare și din bazinul de stocare în clasa de salinitate C2 și C3, restul surselor încadrându-se în clasele C1 și C2.

Toate sursele analizate prezintă pericol ridicat de acumulare a sodiului în sol, cu influențe negative asupra permeabilității pentru apă, fapt pus în evidență de valorile ridicate ale indicelui CSR.

Conținutul ridicat de sodiu corelat cu valorile mari ale indicelui SAR determină încadrarea majorității surselor analizate în clasa de alcalizare S2 (potențial moderat de alcalizare) și S3 (potențial ridicat de alcalizare), excepție face apa din fântână, dren și foraj, care se încadrează în clasele S2 și S1 (potențial redus de alcalizare).

Valorile pH-ului indică la toate sursele de apă analizate reacție neutră sau slab alcalină.

După conținutul de calciu, detergenți și magneziu toate sursele analizate sunt corespunzătoare pentru irigații.

Absența fenolilor s-a semnalat la apa din foraje, la toate celelalte surse acest indicator are valori peste limita admisă la folosința apă de irigație.

Conținutul de fier total s-a situat peste limitele admise la apa evacuată din stația de epurare, canalul de desecare P6 în secțiunea aval de complex și bazinul de stocare, în celelalte surse fiind sub limita admisă.

După valorile coeficientului Prikłonski apa evacuată de la stația de epurare, fântână, fermă și bazin de stocare este nesatisfăcătoare pentru irigații, celelalte surse fiind satisfăcătoare sau bune.

Procentul ridicat al natriului din suma cationilor determină încadrarea tuturor surselor analizate în categoria apelor nesatisfăcătoare pentru irigație.

Criteriul Kelley indică posibilitatea alcalizării slabe a solului de către apa din dren și din foraj.

Din analiza surselor de apă din amenajarea de la COMTIM Voiteni rezultă calitatea necorespunzătoare după majoritatea indicatorilor analizați. Se remarcă gradul de poluare foarte ridicat al apelor de suprafață (canalul de desecare P6), precum și depășirea limitelor admise la reziduu salin, indicele CSR, % Na din suma cationilor în apele subterane (fântână).

Pentru stabilirea influenței irigațiilor cu ape uzate asupra solului s-au recoltat eșantioane de sol după strângerea recoltei, care au fost analizate chimic. Indicii pedologici obținuți la COMTIM Voiteni după un an de irigații sunt prezentați în anexa 18.

Din rezultatele analizelor chimice se constată o schimbare a reacției solului din slab acidă la solul neirigat în neutră la solul irigat. De asemenea a crescut conținutul de fosfor și potasiu la solul irigat cu ape uzate față de cel neirigat.

6.4. CÂMPUL EXPERIMENTAL DE LA BEREGSĂU

Câmpul experimental de la Beregsău Mare a fost amplasat pe o suprafață de 500 m² în cadrul amenajării pentru distribuția apelor uzate de la COMTIM Beregsău. Măsurătorile în câmp s-au efectuat în perioada 1989-1991. Scopul acestui câmp experimental a fost găsirea celor mai eficiente tehnologii de distribuție în câmp prin scurgere la suprafață a apelor uzate decantate în vederea evitării poluării mediului, asigurării protecției muncii și sporirii eficienței investiției.

Amenajarea pentru distribuția în câmp a apelor uzate decantate provenite de la complexul de creștere și îngrijire a porcilor COMTIM Beregsău a fost proiectată și executată de IEELIF Timiș. Predarea lucrării către beneficiar, COMTIM Beregsău, s-a făcut la sfârșitul anului 1985.

Studiile întocmite în teren au scos în evidență următoarele aspecte:

-din punct de vedere pedologic stratul activ de sol are grosimea necesară dezvoltării plantelor și înmagazinării apei. Solurile întâlnite sunt de tip cernoziom gleizat și slab salinizat, cu textură lutoasă, moderat permeabile.

-stratul freatic sub presiune este cantonat într-un depozit de nisip la adâncimea de 12,7-14,7 m. În cazul strapungerii tavanului de argilă nivelul hidrostatic se stabilizează la 2-3 m adâncime. Conductivitatea hidraulică a acestui strat este de 50 m/zi.

-din punct de vedere litologic în intervalul 0-1,5 m adâncime s-au întâlnit argile cafenii și argile prăfoase galbenă cafenie cu concrețiuni de calcar. Pe intervalul de adâncime 1.5-3 m predomină prafurile argiloase, prafurile nisipo-argiloase și nisipuri argiloase.

Câmpul experimental de la Beregsău Mare a cuprins o experiență cu 4 variante, în cadrul cărora s-a distribuit o normă de udare de 750 m³/ha cu diferite diluții:

-**Varianta 1** cu o suprafață de 30 m² pe care s-a distribuit apă convențional curată;

-**Varianta 2** cu o suprafață de 30 m² pe care s-a distribuit apă uzată în diluție cu apă convențional curată în raportul 1:1;

-**Varianta 3** cu o suprafață de 30 m² pe care s-a distribuit apă uzată în diluție cu apă convențional curată în raportul 1:2;

-**Varianta 4** cu o suprafață de 30 m² pe care s-a distribuit apă uzată în diluție cu apă convențional curată în raportul 1:3;

Pe toate variantele pentru distribuția apei s-au executat brazde cu lungimea de 10 m.

Pentru evaluarea calității apei s-au prelevat probe din sursele de apă care au fost analizate chimic și interpretate calitativ după STAS 9450-88 privind apa pentru irigarea culturilor agricole, STAS 4706-88 privind apa de suprafață și după alți indicatori menționați în literatura de specialitate.

te. Sursele de apă analizată sunt: evacuare stație de epurare, compartimentul de apă decantată nediluată din bazinul de stocare, compartimentul de apă decantată diluată cu apă din pâraul Ier, pâraul Ier, fântână situată la 10 m de pâraul Ier, foraj de 110 m adâncime utilizat la alimentarea cu apă a complexului, apă uzată diluată cu apă convențional curată în rapoartele 1:1, 1:2 și 1:3, precipitații.

Limitele minime și maxime pentru indicatorii analizați la apa prelevată din sursele de mai sus, în perioada 1989-1991, sunt prezentate în anexa 19.

Valorile ridicate ale rezidului salin, din majoritatea surselor analizate le încadrează în clasele de salinitate C3 și C4, fiind impropriei utilizării la irigarea culturilor agricole, cu excepția apei din precipitații ce se încadrează în clasa C2 [26].

Conținutul bogat în cloruri al apelor din majoritatea surselor analizate le încadrează în clasele C3 și C2 de salinitate, exceptând apele din foraj, diluții și precipitații, care se încadrează în clasa C2.

Prezența sulfatilor în cantități excesive în majoritatea surselor analizate le face impropriei utilizării pentru irigații, excepție făcând apa din fântână, diluții și precipitații.

Pericolul foarte mare de acumulare a sodiului în sol, cu influențe negative asupra permeabilității pentru apă este pus în evidență de valorile ridicate ale indicelui CSR la majoritatea surselor analizate încadrându-le în clasa de salinitate C3 și C4, excepție face apa din precipitații, care se încadrează în clasa C2.

Conținutul de sodiu corelat cu indicele SAR încadrează majoritatea surselor analizate în clasele de alcalizare S2 și S3, excepție face apa din fântână, diluții și precipitații, care se încadrează în clasa S1.

Valorile pH-ului indică la toate sursele de apă analizate reacție neutră sau slab alcalină.

După conținutul de calciu, detergenți, fier total, magneziu și fenoli, toate sursele sunt corespunzătoare pentru irigații, exceptând apa evacuată de la stația de epurare și pâraul Ier în care s-au găsit depășiri ale concentrației fenolilor și fierului total peste limitele admise.

Coeficientul Priklonsky indică calitatea nesatisfăcătoare pentru irigații a apei din majoritatea surselor analizate exceptând apa din fântână, diluții și precipitații.

Procentul ridicat al natriului din suma cationilor determină încadrarea majorității surselor de apă în categoria surselor necorespunzătoare pentru irigație, exceptând precipitațiile.

Absența pericolului de alcalizare al solului este evidențiat de valorile criteriului Kelley pentru apa din fântână și precipitații, în timp ce la celelalte surse acest pericol există.

Din analiza surselor de apă din amenajarea de la COMTIM Beregsău rezultă calitatea ne-

corespunzătoare după majoritatea indicatorilor analizați. Se remarcă gradul de poluare foarte ridicat al apelor de suprafață (pârâul Ier), precum și depășirea limitelor admise la reziduul salin, indicele CSR, % Na din suma cationilor în apele subterane (foraj).

Pentru stabilirea influenței irigațiilor cu ape uzate asupra solului s-au recoltat eșantioane de sol după strângerea recoltei, care au fost analizate chimic. Indicii pedologici obținuți la COM-TIM Beregsău după 5 ani de irigații sunt prezentați în anexa 20.

Din rezultatele analizelor chimice se constată o îmbunătățire a reacției solului în cazul irigației cu ape curate față de cel neirigat și față de cel irigat cu ape uzate. De asemenea a crescut conținutul de fosfor și potasiu la solul irigat cu ape uzate față de cel neirigat.

MODELAREA TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE

7.1. CONSIDERAȚII TEORETICE

Studiul transportului poluanților prin medii fluide a preocupat în ultimii ani un colectiv de cadre didactice din cadrul Facultății de Hidrotehnică din Timișoara. În cadrul contractelor de cercetare au fost relevate unele aspecte ale acestei probleme [45,46].

În prezenta lucrare am căutat să dau răspuns la câteva întrebări, care s-au pus și în cadrul contractelor de cercetare, pentru cazul complexelor de creștere a porcilor. Aceste întrebări sunt:

a) Care este natura poluării ?

a₁) miscibilitatea cu apă a poluantului;

a₂) gradul de periculozitate prezentat.

b) Care este scara poluării ?

b₁) cantitatea totală de poluant;

b₂) debitul sursei poluante și caracteristicile geometrice;

b₃) volumul acviferului afectat de poluare;

b₄) durata poluării.

c) Modelul fizic care descrie fenomenul ?

d) Modelul matematic care descrie fenomenul ?

e) Realizarea unei prognoze a evoluției frontului de poluare prin simularea fenomenului cu ajutorul calculatorului electronic.

Baza de date, pe care am utilizat-o în formularea răspunsurilor la întrebările de mai sus, este formată din observațiile și măsurătorile efectuate în câmpurile experimentale de la Voiteni și Beregsău, măsurătorile și studiile efectuate de către R.A.I.F. Filiala Timișoara și R.A. Apele Române Filiala Timișoara. Prezentarea și interpretarea acestor date am făcut-o în capitolele precedente.

În stabilirea modelului fizic și a celui matematic am utilizat informațiile din bibliografia studiată, iar simularea am efectuat-o cu ajutorul pachetului de programe 1.

7.2. SURSA DE POLUARE ȘI NATURA POLUĂRII

Poluarea stratului acvifer cu apă uzată evacuată de la complexul de creștere a porcilor COMTIM Beregsău a început odată cu popularea grajdurilor cu porci (anul 1975) și s-a produs prin infiltrații din canalele de evacuare în pârâul Ier.

După 1985, anul finalizării execuției bazinului de stocare, sursa de poluare a devenit apa uzată decantată ce se acumulează în acesta. Apa uzată decantată constituie vectorul poluării stratului freatic datorită concentrațiilor ridicate ale unor substanțe chimice ce sunt prezentate în anexa 19 (reziduu salin, cloruri, sulfai, sodiu, fenoli, fier total).

Infiltrarea apei uzate din bazinul de stocare în pânza freatică este influențată de caracteristicile mediului poros din zona de pătrundere. Parcurgerea profilului de sol dintre radierul bazinului de stocare și pânza freatică se caracterizează prin procese de autoepurare, care se continuă în mai mică măsură în acvifer, unde predomină efectele de diluție.

Tavanul stratului acvifer sub presiune din zonă, considerat slab permeabil, lasă totuși să treacă apa uzată infiltrată din bazinul de stocare. Rădăcinile plantelor cultivate în jurul bazinului de stocare (porumb și mai ales lucernă și trifoi) pătrunzând adânc în sol după uscare devin căi de comunicație prin straturile considerate impermeabile.

Permeabilitatea stratului acvifer influențează în mare măsură dimensiunile zonei poluate. În zona nesaturată domină mișcarea pe verticală, iar în zona saturată este dominantă mișcarea pe orizontală, deoarece permeabilitatea pe verticală este mai mică decât ce pe orizontală.

Infiltrarea apelor uzate în apa subterană determină schimbări calitative ale acesteia și totodată are și implicații în mișcarea apelor subterane. Alimentarea straturilor acvifere cu apă uzată ce conține suspensii fine colmatează porii și în final îngreunează primenirea normală a stratului. Îmbăcsirea porilor cu suspensiile fine conținute în apele uzate sau cu cele rezultate din procese chimice duc la compactarea solului și la scăderea permeabilității lui.

Prin pătrunderea poluanților în apa subterană se declanșează un ansamblu de fenomene complexe fizice (adsorție, retenție capilară), chimice (schimb ionic, precipitarea diferitelor săruri) și biologice (proces de biodegradare).

Caracteristicile reactive (chimice sau biologice) ale stratului freatic, din zona studiată, constituie surse negative (în sens de reținere de substanță poluantă) în bilanțul masic sau energetic, care se stabilește în cadrul fenomenului de poluare.

Substanțele chimice conținute în apa uzată, infiltrată în stratul acvifer, produc o formă de poluare periculoasă, cunoscută sub denumirea de poluare cu substanțe miscibile, de tipul trasorilor.

Încadrarea în această categorie am făcut-o ținând seama de masa foarte mică a substanțelor poluante, care constituie un adaos neglijabil la densitatea și vâscozitatea apei subterane.

Mișcarea apei cu trasori în apa subterană este un caz de deplasare a două fluide miscibile. Datorită acestui fapt, teoria poluării apei subterane se bazează în principal pe teoria deplasării fluidelor miscibile. Când două fluide miscibile vin în contact, există la început o suprafață netă de separație, care dispare treptat în zona de tranziție, odată cu aceasta dispărând și diferențele între proprietățile fizice ale fluidelor sau între concentrații [108].

Transportul poluanților, conținuți de apa uzată, prin stratul acvifer depinde de dinamica acesteia și de caracteristicile fizico-mecanice, chimice, biologice etc. ale poluanților și ale stratului acvifer.

Dintre componentele chimice ale apelor uzate, care depășesc concentrațiile admise de standardele de calitate a apei, chiar și în probele recoltate din subteran, am ales fenolii. Aceștia sunt produse ale procesului de metabolism și se elimină prin urină. Proveniența lor în apa freatică, în aval de bazinele de stocare, se explică prin infiltrațiile ce se produc din aceste bazine. De asemenea am analizat și evoluția rezidului salin în stratul freatic întru-cât acest indicator înregistrează valorile cele mai ridicate în apa uzată decantată din bazinul de stocare.

Analizele chimice ale eșantioanelor de apă recoltate din stratul freatic, în puncte situate amonte de bazinele de stocare, evedențiază lipsa fenolilor. De asemenea în amonte de bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău nu există unități industriale care ar putea contribui la poluarea apei subterane cu fenoli.

Celelalte elemente chimice, regăsite în apele subterane, pot proveni din tratamentele chimice aplicate terenurilor agricole (îngrășăminte, amendamente etc.) și care pătrund în subteran prin infiltrație odată cu precipitațiile. Stabilirea proporției provenienței lor din apele uzate și din tratamentele chimice este greu de realizat datorită fenomenului complex al migrării spre pânza freatică, răspândirii neuniforme pe zona studiată, varietății mediilor poroase străbătute și procesului de autoepurare realizat în sol.

Infiltrarea apei uzate în stratul acvifer prezintă un pericol foarte mare de contaminare a acestuia cu o serie de substanțe chimice. Prezența lor în apa freatică, în concentrații peste limita admisă de STAS 1342-91, fac improprie utilizarea acesteia ca sursă de apă potabilă. Analizele chimice efectuate la eșantioanele de apă din primul strat freatic, recoltate din fântânile din zonă, semnalează depășirea concentrației admise la o serie de indicatori, printre care și fenoli. Din această cauză utilizarea apei din primul strat freatic ca apă potabilă este periculoasă pentru sănătatea populației și animalelor din zonă.

7.3. SCARA POLUĂRII

Prin extrapolarea rezultatelor calculelor efectuate în legătură cu debitul de apă uzată infiltrat din bazinul de stocare de la COMTIM Voiteni (tab. 6.8) am apreciat că debitul mediu infiltrat din bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău este de 53.130 m³/an. Variația lunară a acestuia este prezentată în tabelul 7.1. La suprafața de 3,5 ha, a celor 4 compartimente ale bazinului de stocare de la COMTIM Beregsău, corespunde un debit mediu specific infiltrat de 15.180 m³/ha·an.

Tabelul 7.1

Debitul mediu lunar de apă uzată infiltrat din bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău (capacitate 165.000 m³)

Luna	Debitul infiltrat			
	% din volum bazin stocare	m ³ /lună	m ³ /zi·ha	l/s
I	1,0	1.650	15,2	0,68
II	1,9	3.135	32,0	1,30
III	2,1	3.465	31,9	1,29
IV	2,5	4.125	39,3	1,59
V	2,6	4.290	39,5	1,60
VI	2,4	3.960	37,7	1,53
VII	5,4	8.910	82,1	3,33
VIII	7,1	11.715	108,0	4,37
IX	2,2	3.630	34,6	1,40
X	2,5	4.125	38,0	1,54
XI	1,4	2.310	22,0	0,95
XII	1,1	1.815	15,7	0,74
Total an	32,2	53.130		

Aferent debitului mediu anual de apă uzată infiltrată, din bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău am calculat cantitățile de substanțe poluante infiltrate odată cu acesta:

- 8,7 t/an cloruri;
- 13,9 t/an sulfajii;
- 22,0 t/an sodiu;

-5,3 kg/an fenoli;

-53 kg/an fier total.

În condițiile unei conductivități medii de 9,5 mm/ha a stratului de sol cu grosimea de 13,70 m situat deasupra pânzei freatice rezultă timpul necesar infiltrării apei uzate din bazinul de stocare în stratul de apă freatică de 60 zile.

7.4. MODELUL FIZIC AL TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDIUL FLUID SUBTERAN

O etapă importantă în studiul transportului poluanților prin medii fluide îl reprezintă stabilirea modelului fizic și a celui matematic. Modelul fizic descrie procesele care determină mișcarea poluanților în apa din stratul freatic, iar modelul matematic permite rezolvarea cantitativă și calitativă a problemei.

Complexitatea fenomenului de transport necesită, în general, rezolvarea unor clase de probleme fizice, chimice, biologice, multifazice, termice, care au aport diferit, în funcție de situație.

Din categoria proceselor fizico-chimice care descriu fenomenul de transfer de masă a poluanților o importanță deosebită prezintă advecția, dispersia și difuzia [47,108].

Advecția este fenomenul fizic prin care un constituent este răspândit în acvifer în direcția dată de viteza de curgere a apei subterane concomitent cu aceasta. Advecția este un transfer de tip exclusiv mecanic, deci fără amestec.

Pentru situația concretă din zona bazinului de stocare de la COMTIM Beregsău, datorită vitezei mici de curgere a apei subterane, procesul de transport advectiv se manifestă pe distanțe foarte mici.

Difuzia reprezintă răspândirea unui constituent în mediul poros sub influența mișcării moleculare Browniene dinspre punctele de concentrație înaltă înspre cele de concentrație scăzută, chiar în absența mișcării apei subterane. Concentrațiile tind să se egalizeze în toate părțile acviferului.

Difuzia este un proces complex de transfer de masă care reprezintă efectele de transfer macroscopice ale unor fenomene microscopice cum sunt difuzia moleculară și difuzia turbulentă.

Difuzia moleculară este efectul de transfer macroscopic al fenomenului de agitație moleculară și are loc indiferent dacă există sau nu mișcarea mecanică macroscopică a celor două fluide.

Difuzia turbulentă este efectul mediat în mișcarea medie turbulentă a fluctuațiilor turbulente locale, fenomen analog cu difuzia moleculară, dar la altă scară.

Dispersia este fenomenul de amestec și întindere a poluantului în mișcare prin mediul poros și care determină scăderea gradientului concentrației. Dispersia rezultă din acțiunea simultană a fenomenului pur mecanic și a fenomenelor fizico-chimice.

Acțiunea mecanică se datorește distribuției neuniforme a vitezei curentului de fluid într-un mediu poros, care are drept cauze:

- adeziunea și vâscozitatea (fig. 7.1a);
- variația dimensiunilor porilor (fig. 7.1b);
- neregularitatea traiectoriilor (fig. 7.1c).

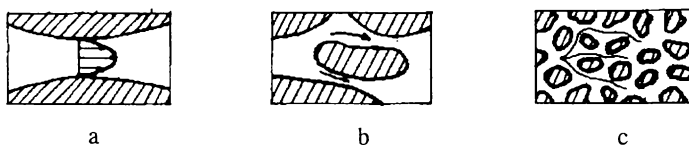


Fig. 7.1. Distribuția vitezei curentului de fluid într-un mediu poros.

Acțiunea mecanică determină dispersia mecanică ce se descompune în dispersie longitudinală și transversală. Diferența dintre dispersia longitudinală și transversală descrește cu scăderea vitezei.

Acțiunea fizico-chimică se datorește difuziei moleculare care rezultă din gradientul potențialului chimic, corelat cu concentrația și se manifestă atât pe direcția longitudinală cât și transversală.

Față de difuzie, care este condiționată numai de existența diferenței de concentrație, dispersia este legată de materialul poros și de existența unei mișcări a apei.

Difuzia moleculară are loc atât în fluidul în mișcare, cât și într-un fluid în repaus. Aceasta este totdeauna prezentă alături de dispersia mecanică. Importanța difuziei moleculare în raport cu dispersia mecanică este variabilă în funcție de viteza curentului de apă subterană. La viteze mici difuzia este predominantă iar la viteze mari dispersia este principalul factor al procesului dispersiv. În multe situații contribuția difuziei moleculare la dispersia hidrodinamică este mică în comparație cu contribuția dispersiei mecanice.

Dispersia este influențată de parametrii dependenți de:

- a) mediul poros :dimensiunea particulelor, porozitate, permeabilitate;
- b) faza lichidă: densitate, vâscozitate, compoziție chimică;
- c) mișcarea în mediul poros: distribuția de viteză, lungimea zonei de tranziție.

Fenomenul de dispersie în câmp gravitațional poate fi descris de o relație între următorii

parametrii [108]:

$$D=f(g, \Delta\rho, \mu_1, \mu_2, u, D_0, d) \quad (7.1)$$

în care D este coeficientul de dispersie, în $[L^2T^{-1}]$;

g -accelerația gravitațională, în $[LT^{-2}]$;

$\Delta\rho$ -diferența de densități a celor două fluide ce vin în contact, în $[ML^{-3}]$;

μ_1, μ_2 -vâscozitățile lor dinamice, în $[L^{-1}MT^{-1}]$;

u -viteza medie a apei în pori, în $[LT^{-1}]$;

D_0 -coeficient de dispersie inițial, care este corelat cu coeficientul de difuzie D_m , în $[L^2T^{-1}]$;

d -parametru caracteristic mediului poros, în $[L]$.

În literatura de specialitate parametrul caracteristic mediului poros are diverse semnificații funcție de autor: diametrul mediu al particulelor, sau al golurilor, diametrul sferic echivalent al unei particule etc. Pentru calculele practice în literatura de specialitate [44] se recomandă relația:

$$d=\sqrt{\frac{\nu}{g}}k \quad (7.2)$$

în care ν este coeficientul de vâscozitate cinematică a apei, în $[L^2T^{-1}]$;

g -accelerația gravitațională, în $[LT^{-2}]$;

k -coeficientul de filtrație, în $[LT^{-1}]$.

Aplicând teorema produselor din teoria analizei dimensionale rezultă o relație între următoarele patru complexe adimensionale:

$$\frac{D}{d}, \frac{ud}{D_m}, \frac{\mu_1}{\mu_2}, \frac{g\Delta\rho d^3}{\mu_1 D_m} \quad (7.3)$$

în care ud/D_m este numărul Peclet, ce caracterizează influența vitezei fluidelor, u .

Pentru cazul poluării apei subterane cu apă uzată care produc modificări neglijabile ale densității și vâscozității apei (cazul trasorilor), fenomenul dispersiei se reduce la dependența primilor doi parametrii.

Parametrii prin care se măsoară dispersia sunt mărimi fizice (densitate, concentrație, viteză) și mărimi matematice (coeficienți de dispersie).

Dispersia hidrodinamică are două componente: difuzia moleculară și dispersia mecanică, din a căror combinație cantitativă rezultă 5 regimuri ale dispersiei [108].

Coeficientul dispersiei hidrodinamice are expresia:

în care: D_h este coeficientul dispersiei hidrodinamice;

D -coeficientul dispersiei mecanice;

D_m -coeficientul aparent al difuziei moleculare.

În figura 7.2 este prezentată grafic dependența $D_L/D_m = f_1(ud/D_m)$, iar în figura 7.3 dependența $D_L/ud = f_2(ud/D_m)$ în medii poroase neconsolidate, D_L fiind coeficientul de dispersie longitudinală.

Diagrama din figura 7.3 pune în evidență cele 5 regimuri de dispersie:

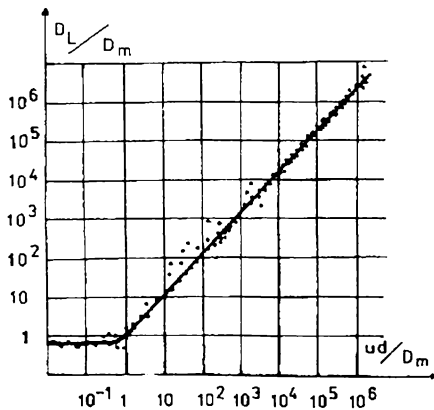


Fig. 7.2. Dependenta $D_L/D_m = f_1(ud/D_m)$

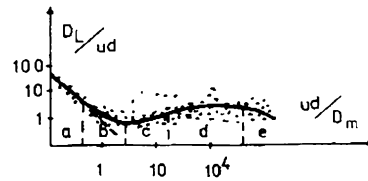


Fig.7.3. Dependenta $D_L/ud = f_2(ud/D_m)$

a) Difuzie moleculară pură, care corespunde vitezelor mici de deplasare și este dată de relația:

$$\left(\frac{D_L}{D_m}\right)_0 = 0,67 \quad (7.5)$$

b) Suprapunerea dispersiei mecanice peste difuzia moleculară.

c) Dispersia mecanică este dominantă și se stabilește relația:

$$\frac{D_L}{D_m} = \left(\frac{D_L}{D_m}\right)_0 + \left(\frac{ud}{D_m}\right)^m \quad (7.6)$$

d) Dispersie pură mecanică în care influența difuziei moleculare devine neglijabilă și coefi-

cientul de dispersie longitudinală se exprimă prin:

$$D_L = a_L u \quad (7.7)$$

e) Dispersie mecanică în care mișcarea apei subterane iese din limitele de valabilitate ale legii Darcy ($Re > 10$) [87].

Pentru dispersia transversală în medii neconsolidate concluziile sunt similare. Coeficientul de dispersie transversală are expresia:

$$D_T = a_T u \quad (7.8)$$

În relațiile (7.7) și (7.8) a_L și a_T sunt dispersivitățile longitudinale respectiv transversale.

Atunci când mișcarea este bidimensională dispersia se va dezvolta în ambele direcții ale mișcării și va avea două componente: dispersia longitudinală și dispersie transversală, diferite ca mărime, cea longitudinală fiind superioară celei transversale (fig. 7.4).

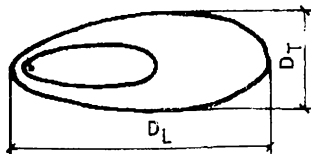


Fig. 7.4. Dispersia longitudinală și dispersia transversală.

Experimentele au demonstrat că într-un mediu poros izotrop componentele longitudinale și transversale ale dispersiei sunt dependente liniar de viteza medie a curgerii subterane.

Aceste dispersivități sunt proprietăți intrinseci ale mediului poros și au unități de lungime. Evaluarea acestor proprietăți este esențială în vederea unei prevederi corecte a mișcării poluantului.

Coeficientul de dispersie are proprietăți direcționale [45]. Se consideră un câmp de viteze neuniform în mișcarea bidimensională $u(u_x, u_y)$, în care viteza este o funcție de punct. Se definește un sistem de coordonate ales separat în mod global pe tot domeniul mișcării (XOY). În fiecare punct al acviferului se definește un sistem local de coordonate (X'O'Y') astfel ales încât axa O'X' coincide cu direcția vitezei u . Se poate defini un unghi θ a cărui tangentă este dată de $\theta = u_y/u_x$. În sistemul de coordonate local viteza fiind paralelă cu axa O'X' se poate scrie:

$$\begin{aligned} D_L &= a_L |u| \\ D_T &= a_T |u| \end{aligned} \quad (7.9)$$

cu $u = (u_x^2 + u_y^2)^{1/2}$.

Întocmai ca și conductivitatea hidraulică, coeficientul de dispersie este un tensor de ordinul

doi. Direcțiile sale principale sunt în direcția curgerii și perpendiculară pe aceasta. În câmpul de viteze neuniform direcțiile principale variază de la punct la punct. În sistemul de coordonate locale care coincide cu direcțiile principale, tensorul coeficient de dispersie $[D']$ este diagonal:

$$[D'] = \begin{bmatrix} D_L & 0 \\ 0 & D_T \end{bmatrix} \quad (7.10)$$

Este necesar a transforma tensorul coeficient de dispersie de la sistemul de coordonate local la cel global $[D]$. Sistemul global nu va coincide în general cu axele principale ale fiecărui punct. Rotația tensorului coeficient de dispersie în sistemul de coordonate global este identică cu cea a tensorului conductivitate hidraulică:

$$[D] = [R]^{-1} [D'] [R] \quad (9.11)$$

unde $[R]$ reprezintă matricea de rotație. Spre exemplu o componentă oarecare a tensorului D din relația de mai sus se obține astfel:

$$D_{11} = D_L \cos^2 \theta + D_T \sin^2 \theta \quad (9.12)$$

Un alt fenomen care se întâlnește la transportul poluanților în apa subterană este adsorbția, care se definește ca o legătură fizică sau chimică a particulelor dizolvate la suprafața unei substanțe solide și în general la suprafața de separație a fazelor [47]. Adsorbția fizică este reversibilă, fenomenul invers se numește desorbție. Procesul de adsorbție este ireversibil în cazul realizării unei legături chimice la suprafața de separație a două faze.

La aceste tipuri de transfer fizico-mecanic se mai adaugă transferul de tip reactiv corespunzător diferitelor procese fizico-chimice, biologice etc. care participă la aportul sau consumul poluantului în apa subterană.

7.5. MODELUL MATEMATIC AL TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDIUL FLUID SUBTERAN

În deducerea ecuației care descrie transportul poluanților prin medii fluide, se pleacă de la ecuația de transfer pentru o proprietate ϕ , obținută pe baza principiului general al bilanțului, scris pentru un volum de fluid [47]:

$$\frac{d}{dt} \int_V \phi dV + \int_S \vec{n} \cdot \vec{q} dS + \int_V \sigma dV = 0 \quad (7.13)$$

în care V este volumul (de control) ocupat de fluid;

S -frontiera volumului V ;

$\phi = \phi(x, y, z, t)$ -proprietatea asociată corpului fluid;

$\vec{q} = \vec{q}(x, y, z, t) = \Sigma \vec{q}_i(x, y, z, t)$ -densitatea fluxurilor difuzive-dispersive ale proprietății ϕ și reprezintă vectorul flux specific al proprietății ϕ pe unitatea de suprafață și unitatea de timp;

$\sigma = \sigma(x, y, z, t)$ -densitatea efectelor neconservative (surse, absorbție) ale aceleași proprietăți și reprezintă cantitatea de proprietate ϕ (apărută sau consumată) în unitatea de volum și unitatea de timp;

\vec{n} -normala exterioară la suprafața S .

Prin aplicarea teoremei transportului:

$$\frac{d}{dt} \int_V \phi dV = \int_V \left[\frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{u} \phi \right] dV \quad (7.14)$$

și a teoremei divergenței:

$$\int_S \vec{n} \cdot \vec{q} dS = \int_V \nabla \cdot \vec{q} dV \quad (7.15)$$

ecuația generală a bilanțului (7.13) devine:

$$\int_V \left[\frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{u} \phi + \nabla \cdot \vec{q} + \sigma \right] dV = 0 \quad (7.16)$$

Deoarece V este arbitrar, din (7.16) rezultă:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{u} \phi + \nabla \cdot \vec{q} + \sigma = 0 \quad (7.17)$$

Ecuația obținută (7.17) reprezintă forma locală a bilanțului proprietății ϕ .

Cu $\vec{u} = \vec{u}(x, y, z, t)$ s-a notat câmpul de viteză efectivă (reală) care descrie mișcarea (advec-tivă), în mediul fluid.

Termenilor din ecuația de bilanț locală (7.17) li se pot atribui următoarele semnificații:

$\frac{\partial \phi}{\partial t}$ -componenta variației locale a proprietății ϕ ;

$\nabla \cdot \vec{u} \phi$ -componenta variației advec-tive a proprietății ϕ ;

$\nabla \cdot \vec{q}$ -componenta variației de tip "sursă" ("absorbție") a proprietății ϕ .

În cazul mediilor poroase, considerate ca medii continue, proprietatea ϕ este:

$$\phi = \rho c m_e \quad (7.18)$$

și are semnificația de concentrație masică a poluantului în mediu poros:

ρ -densitatea efluentului, în $[ML^{-3}]$;

c -concentrația poluantului, în $[M]$ poluant/ $[L^3]$ fluid;

m_e -porozitatea efectivă a mediului poros:

$$m_e = \frac{V_e}{V} \quad (7.19)$$

în care V_e -volumul total ocupat de golurile interconectate, în $[L^3]$;

V -volumul total ocupat de mediul poros, în $[L^3]$.

Fluxul difuziv-dispersiv se poate exprima sub formă globală, prin analogie cu legea lui Fick [101]:

$$\vec{q} = -D \nabla (\rho c m_e) \quad (7.20)$$

în care D este tensorul global difuziv-dispersiv, care include efectele difuziei moleculare și ale dispersiei.

Introducând relațiile (7.18) și (7.20) în (7.17) se obține o primă formă a ecuației de transfer a poluanților în stratul acvifer:

$$\frac{\partial (\rho c m_e)}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{u} \rho c m_e - \nabla [D \cdot \nabla (\rho c m_e)] = \sigma \quad (7.21)$$

Termenul σ din relația (7.21) reprezintă efectele neconservative determinate de:
-adsorbție/desorbție:

$$\sigma_1 = -\frac{\partial}{\partial t} [(1 - m_e) \rho_a c_a] \quad (7.22)$$

în care ρ_a este densitatea poluantului adsorbit de faza solidă, în $[ML^{-3}]$;

c_a -concentrația poluantului adsorbit de faza solidă, în $[M]$ poluant/ $[L^3]$ fază solidă;

-degradarea poluanților din fluid, respectiv faza solidă:

$$\sigma_2 = -\lambda [\rho c m_e + (1 - m_e) \rho_a c_a] \quad (7.23)$$

în care λ este rata de descompunere, în $[T^{-1}]$;

-influx de poluant:

$$\sigma_3 = q^* \rho_p c_p \quad (7.24)$$

în care q^* este fluxul specific în unitatea de timp;

ρ_p -densitatea poluantului introdus, în $[ML^{-3}]$;

c_p -concentrația poluantului introdus, în $[M]$ poluant/ $[L^3]$ fluid;

-sursa masică (volumică):

$$\sigma_4 = \sigma^* \quad (7.25)$$

în care σ^* este sursa masică.

Ținând seama de efectele neconservative redate prin relațiile (7.22), (7.23), (7.24), (7.25) termenul σ se poate scrie:

$$\sigma = -\frac{\partial}{\partial t} [(1 - m_e) \rho_a c_a] - \lambda [\rho c m_e + (1 - m_e) \rho_a c_a] + q^* \rho_p c_p + \sigma^* \quad (7.26)$$

Înlocuind (7.26) în (7.21) se obține ecuația de transfer a poluanților în stratul acvifer sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\rho c m_e + (1 - m_e) \rho_a c_a] + \nabla \cdot \vec{u} \rho c m_e - \nabla [D \cdot \nabla (\rho c m_e)] + \lambda [\rho c m_e + (1 - m_e) \rho_a c_a] - q^* \rho_p c_p - \sigma^* = 0 \quad (7.27)$$

Pentru aducerea relației (7.27) la o formă mai simplă se introduce notația $c_a = Kc$ și totodată se împarte cu ρm_e , în ipoteza că $\rho = \text{constant}$ și $m_e = \text{constant}$.

$$\frac{\partial c}{\partial t} \left[1 + \frac{(1 - m_e)}{m_e} \frac{\rho_a K}{\rho} \right] + \nabla \cdot \vec{u} c - \nabla [D \cdot \nabla c] + \lambda c \left[1 + \frac{(1 - m_e)}{m_e} \frac{\rho_a K}{\rho} \right] - \frac{q^* \rho_p c_p}{\rho m_e} - \frac{\sigma^*}{\rho m_e} = 0 \quad (7.28)$$

Se mai introduce notația:

$$R = 1 + K \frac{1 - m_e}{m_e} \frac{\rho_a}{\rho} \quad (7.29)$$

în care R este factorul de întârziere.

O altă formă de scriere a relației (7.28) ținând seama de (7.29) este:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\nabla \cdot \vec{u}c}{R} - \nabla \left[\frac{D}{R} \nabla c \right] + \lambda c - \frac{q^* \rho_p c_p}{\rho m_e R} - \frac{\sigma^*}{\rho m_e R} = 0 \quad (7.30)$$

Semnificația termenilor din relația (7.30) este următoarea:

$\frac{\partial c}{\partial t}$ -acumulare locală;

$\frac{1}{R} \nabla \cdot \vec{u}c$ -transport advection;

$\nabla \left[\frac{D}{R} \nabla c \right]$ -difuzie/dispersie;

λc -degradare;

$\frac{q^* \rho_p c_p}{\rho m_e R}$ -flux exterior;

$\frac{\sigma^*}{\rho m_e R}$ -sursă/adsorbție;

Dacă se are în vedere faptul că între viteza de curgere reală (u) a apei subterane prin mediul poros și cea aparentă (v) există relația:

$$\vec{v} = m_e \vec{u} \quad (7.31)$$

atunci:

$$\frac{1}{R} \nabla \cdot \vec{u}c = \frac{1}{R m_e} \nabla \cdot \vec{v}c = \frac{\vec{v} \cdot c}{R m_e} + \frac{c \nabla \cdot \vec{v}}{R m_e} = \frac{\vec{v} \cdot \nabla c}{R m_e} + \frac{c \nabla \cdot \vec{v}}{R m_e} \quad (7.32)$$

Cu această observație ecuația generală (completă) locală a transportului poluanților în medii poroase se scrie sub forma:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\vec{v} \cdot \nabla c}{R} - \nabla \left[\frac{D}{R} \nabla c \right] + \lambda c - \frac{q^*}{\rho m_e R} (\rho_p c_p - \rho c) - \frac{\sigma^*}{\rho m_e R} = 0 \quad (7.33)$$

Rezolvările găsite de diverși cercetători pentru modelele matematice ale problemelor de transport a poluanților în medii fluide au la bază una din următoarele metode:

- analitice;
- a caracteristicilor;
- statistice;
- numerice;

Soluțiile analitice găsite de diverși cercetători pentru ecuația de transport a poluanților în

medii fluide subterane corespund, în general, unor condiții locale [1,19,49,55,56,57,81,91,92,96,99,112].

Soluțiile analitice pot servi la estimarea calitativă a transportului poluanților și reprezintă un instrument de verificare a soluțiilor obținute prin modelare numerică, dacă domeniul mișcării se pretează la anumite simplificări.

Modelele matematice numerice sunt în plină dezvoltare datorită puterii mereu crescânde a capacității și vitezei de calcul a calculatoarelor electronice [18,32,36,41,42,51,52,88,89,113].

Marea majoritate a modelelor numerice de simulare a transportului poluanților în acvifere au în componere două module (modele): un model de curgere a cărui rulare dă ca rezultate finale câmpul de viteze de curgere rezultate și înălțimi piezometrice și un model de transport care folosește câmpul de viteze oferit de modelul de curgere în rezolvarea transportului masic. Legătura între cele două module este redată în figura 7.5.

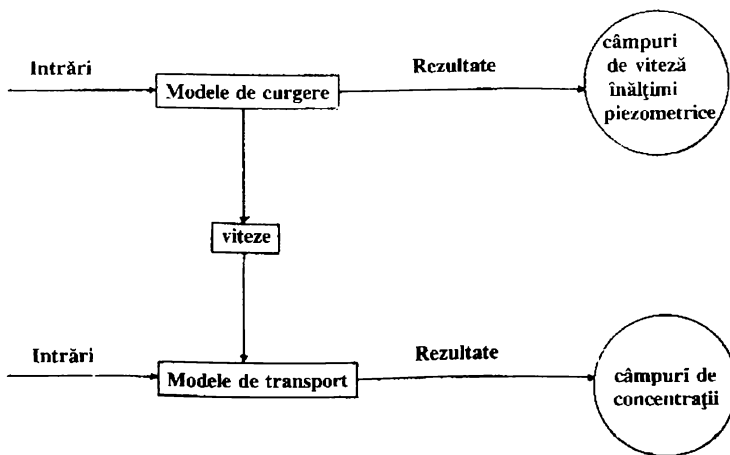


Fig. 7.5. Model numeric de simulare a transportului poluanților.

O sinteză a cuplării modelelor fizice și chimice, în funcție de metodele și tehnicile de calcul numeric, este prezentată în tabelul 7.2.

Tehnici numerice de calcul folosite în modelarea transportului poluanților

Nr. crt	Autori	Mediu	Concepte ale ecuațiilor de transport	Numărul de dimensiuni în transport	Metoda numerică folosită în transport
1	2	3	4	5	6
1	Lai, Jurinak (1971)	SA	BM	1	MEDIF
2	Rubin, James (1973)	SA	BM	1	MEFIN
3	Valocchi (1981)	SA	BM	2	MEFIN
4	Jannings ș.a. (1982)	SA	BM	1	MEFIN
5	Miller, Benson (1983)	SA	BM	1	MEDIF
6	Kipp (1986)	SA	BM	1	MEDIF
7	Grove, Stollenwerk (1984)	SA	BM	1	MEDIF
8	van Beek, Pal (1978)	SA	BM	1	MEDIF
9	Grove, Wood (1979)	SA	BM	1	MEDIF
10	Dance, Reardon (1983)	SA	CA	1	MEDIF
11	Schultz, Reardon (1983)	SA	CA-AN	2	AN
12	Jurry ș.a. (1978)	NSA	BM	1	MEDIF
13	Robbins ș.a. (1980)	NSA	BM	1	MEDIF
14	Melamed ș.a. (1977)	NSA	BM	1	MEDIF

în care s-au folosit următoarele abrevieri:

- BM -ecuația bilanțului masic;
- CA -metoda celulelor de amestec;
- CA-AN -metoda celulelor de amestec analitică;
- MEDIF -metoda diferențelor finite;
- MEFIN -metoda elementelor finite.

Discretizarea domeniului constituie un element foarte important în rezolvarea modelului numeric adoptat. Aceasta se poate face utilizând una din următoarele tehnici:

- diferențe finite;
- elemente finite;
- elemente de frontieră.

Tehnicile numerice se diferențiază prin conceptele diferite folosite în rezolvarea ecuațiilor

cu derivate parțiale, cunoscând la rândul lor individualizării specifice și variante de rezolvare corespunzătoare fiecăreia dintre ele [46].

Ca o caracteristică actuală în dezvoltarea modelelor numerice de transport a poluanților în acvifere se poate evidenția tendința de combinare a metodelor și tehnicilor numerice de calcul împreună cu alte concepte teoretice cum ar fi:

-inclusiunea pe cât posibil a unor variante analitice-numerice și statistice;

-evitarea sau limitarea dispersiei numerice prin folosirea diferențelor finite înainte, înapoi sau centrale, de la caz la caz, în mod selectiv pentru aproximarea derivatelor de ordinul I sau II a variabilelor înălțime piezometrică și concentrație;

-în foarte multe cazuri modelul de transport necesită informații suplimentare privind aspecte de ordin chimic (reacții chimice semnificative, concepte de echilibru chimic), elemente a căror precizare precum și prinderea lor în modelul chimic, este o problemă tot atât de dificilă sau mai complexă ca însăși rezolvarea numerică propriu-zisă;

-cuplarea modelului fizic cu cel de transport prin intermediul câmpului de viteze se poate face prin metoda pasului simplu sau dublu, concepte prin care câmpul de viteze odată obținut din modelul de curgere suferă sau nu modificări în faza ultimă de transport. Procedeele iterative dau siguranța că concentrațiile obținute reprezintă soluții atât pentru ecuația advecție-dispersie cât și pentru sistemul chimic considerat.

7.6. METODA ELEMENTULUI FINIT DE REZOLVARE A ECUAȚIEI TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE

Primul set de programe utilizat în simularea transportului poluanților prin medii fluide subterane, se bazează pe ecuația de transport scrisă pentru cazul curgerii apei în regim nepermanent printr-un strat freatic sub presiune (fig. 7.6), sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial x} (m_e b D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (m_e b D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y}) - v_x b \frac{\partial c}{\partial x} - v_y b \frac{\partial c}{\partial y} = m_e b R_d \frac{\partial c}{\partial t} + m_e b R_d \lambda c - (c_p - c) v - Q (c_w - c) \quad (7.34)$$

Ecuția (7.34) se aplică la un sistem local de coordonate asociat fiecărui element având axele principale în direcția fluxului. Coeficienții de dispersie D_{xx} și D_{yy} sunt definiți prin:

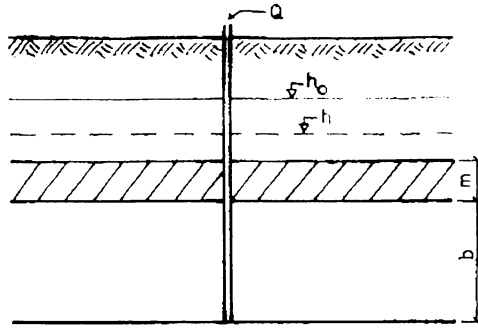


Fig.7.6. Schematizarea regimului nepermanent de curgere.

$$\begin{aligned} m_e D_{xx} &= a_T v^n + D_m m_e \\ m_e D_{yy} &= a_T v^n + D_m m_e \end{aligned} \quad (7.35)$$

Coeficientul de întârziere, R_d , este dat de relația:

$$R_d = 1 + \frac{\beta (1 - m_e) \rho_s}{m_e \rho} \quad (7.36)$$

$$\beta = k_d \rho \quad (7.37)$$

$$k_d = k \frac{\rho_a}{\rho \rho_s} \quad (7.38)$$

Notațiile din relațiile (7.34), (7.35), (7.36), (7.38) au următoarele semnificații:

m_e -porozitatea;

b -grosimea stratului acvifer, în [L];

D_{xx} , D_{yy} -coeficientul de dispersie longitudinală, respectiv transversală, în [$L^2 T^{-1}$];

c -concentrația soluției, în [M] poluant/[L^3] fluid;

v_x , v_y -componentele vectorului viteză, în [$L T^{-1}$];

λ -rata de descompunere, în [T^{-1}];

c_p -concentrația fluxului vertical infiltrat, în [M] poluant/[L^3] fluid;

v -parametru definit în modul următor:

$$v = \frac{k_{si}}{m} (h_0 - h) \quad (7.39)$$

în care $\frac{k_{si}}{m}$ este coeficientul de scurgere, în $[T^{-1}]$;

k_{si} -coeficientul de infiltrație al stratului semipermeabil, în $[LT^{-1}]$;

m -grosimea stratului semipermeabil, în $[L]$;

h_0 -nivelul hidrostatic al freaticului sezonier, în $[L]$;

h -nivelul hidrostatic al apei din stratul freatic sub presiune, în $[L]$;

Q -debitul pompat, în $[L^3T^{-1}]$;

c_w -concentrația apei pompate, în $[M]$ poluant/ $[L^3]$ fluid;

a_L, a_T -dispersivitatea longitudinală, respectiv transversală, în $[L]$;

D_m -difuzia moleculară, în $[L^2T^{-1}]$;

ρ_s -densitatea mediului poros, în $[ML^{-3}]$;

ρ -densitatea lichidului introdus, în $[ML^{-3}]$;

k_d -coeficient de distribuție;

ρ_a -densitatea poluantului adsorbit de mediului poros, în $[ML^{-3}]$;

k -coeficientul de filtrație al stratului acvifer sub presiune, în $[LT^{-1}]$.

Primul set de programe efectuează rezolvarea aproximativă a ecuației diferențiale (9.34) prin metoda Galerkin. Domeniul modelat este discretizat prin metoda elementelor finite în elemente triunghiulare, iar funcția de aproximare utilizată este liniară.

Metoda Galerkin prezentată sub forma matriceală (7.40) permite o adaptare imediată a metodei elementelor finite.

$$[K^{(e)}] \{C^{(e)}\} = \{Q^{(e)}\} \quad (7.40)$$

în care $[K^{(e)}]$ este matricea de formă;

$\{C^{(e)}\}$ -matricea elementelor necunoscute;

$\{Q^{(e)}\}$ -matricea de echivalare nodală.

Pentru a ajunge la forma matriceală (9.40) este necesar să fie parcurse următoarele etape:

-scrierea ecuației diferențiale (7.34) sub forma:

$$L(c) = \frac{\partial}{\partial x} (m_e b D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (m_e b D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y}) - v_x b \frac{\partial c}{\partial x} - v_y b \frac{\partial c}{\partial y} - m_e b R_d \frac{\partial c}{\partial t} - m_e b R_d \lambda c + (c_p - c) v + Q(c_w - c) = 0 \quad (7.41)$$

în care L este un operator diferențial, iar $c=c(x,y,t)$ este concentrația;

-precizarea condițiilor inițiale și de margine:

-concentrație cunoscută pe frontiera S a domeniului (problema Dirichlet):

$$c(x_i, t) |_{S=f(x_j, t)} \quad (7.42)$$

-debit masic pe contur (problema Neumann):

$$-D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} l_i = g(x_i, t) \quad (7.43)$$

-condiții mixte:

$$-D_{ij} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x_j} l_i = q_i l_i \bar{c} \quad (7.44)$$

în care D_{ij} sunt coeficienții de dispersie, în $[L^2T^{-1}]$;

l_i -cosinuși directori ai normalei exterioare la suprafața S ;

c -valori cunoscute ale concentrației, în $[M]$ poluant/ $[L^3]$ fluid;

q_i -componentele debitului specific al fluidului, în $[LT^{-1}]$

-alegerea unei funcții de aproximare a domeniului modelat;

$$\Gamma(x, y) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad (7.45)$$

-alegerea unei funcții de aproximare a soluției ecuației (7.41) de forma:

$$\bar{c}(x, y, t) = \sum_{i=1}^{NN} \Gamma_i(x, y) c_i(t) = [\Gamma]^T [\bar{c}] \quad (7.46)$$

în care NN este numărul de noduri în care a fost discretizat domeniul;

$\Gamma_i(x, y)$ -funcția de aproximare a domeniului modelat;

$c_i(t)$ -valorile nodale ale concentrației;

-calcularea reziduuului R (care apare datorită aproximării făcute):

$$R = L(\bar{c}) = R(c_0, c_1, \dots, c_n) \quad (7.47)$$

-definirea unui vector $\{U\}$ de forma;

$$\{\bar{U}\} = [U_0 \ U_1 \ U_2 \ \dots \ U_n]^T \quad (7.48)$$

-scrierea condițiilor de ortogonalitate sub forma matricială:

$$\{\bar{U}\} = \int_A [\bar{N}] \cdot R dA = 0 \quad (7.49)$$

-transformarea condițiilor de ortogonalitate prin utilizarea integralei prin părți bazată pe

integrala Green;

-aducerea condițiilor de ortogonalitate sub forma matriceală (9.40).

Funcția bidimensională $\Gamma(x,y)$ care descrie domeniul modelat este aproximată pe domeniul triunghiului 1-2-3 (fig 7.7) prin funcție de interpolare liniară (7.45).

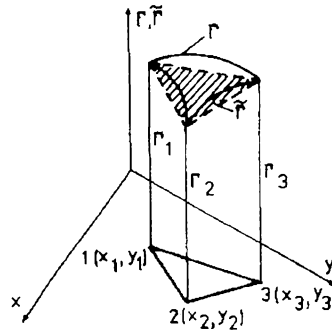


Fig. 7.7. Funcția bidimensională de interpolare.

Funcția de interpolare va înlocui pe $\Gamma(x,y)$ printr-un plan care trece prin punctele corespunzătoare valorilor nodale $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$. Utilizând aceste valori drept condiții rezultă:

$$\begin{aligned}\Gamma(x_1, y_1) &= \Gamma_1 = \alpha_1 + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 y_1 \\ \Gamma(x_2, y_2) &= \Gamma_2 = \alpha_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 y_2 \\ \Gamma(x_3, y_3) &= \Gamma_3 = \alpha_1 + \alpha_2 x_3 + \alpha_3 y_3\end{aligned}\quad (7.50)$$

Rezolvând sistemul de ecuații și introducând notațiile:

$$\begin{aligned}a_1 &= x_2 y_3 - x_3 y_2 & ; & & b_1 &= y_2 - y_3 & ; & & c_1 &= x_3 - x_2 \\ a_2 &= x_3 y_1 - x_1 y_3 & ; & & b_2 &= y_3 - y_1 & ; & & c_2 &= x_1 - x_3 \\ a_3 &= x_1 y_2 - x_2 y_1 & ; & & b_3 &= y_1 - y_2 & ; & & c_3 &= x_2 - x_1\end{aligned}\quad (7.51)$$

coeficienții $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= (a_1 \Gamma_1 + a_2 \Gamma_2 + a_3 \Gamma_3) / (2A) \\ \alpha_2 &= (b_1 \Gamma_1 + b_2 \Gamma_2 + b_3 \Gamma_3) / (2A) \\ \alpha_3 &= (c_1 \Gamma_1 + c_2 \Gamma_2 + c_3 \Gamma_3) / (2A)\end{aligned}\quad (7.52)$$

unde s-a notat cu A aria triunghiului 1-2-3 din planul xy, ce se obține dezvoltând determinantul:

După înlocuirea expresiilor (7.52) în (7.50), se poate reordona funcția $\Gamma(x,y)$ în raport cu $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$, sub forma:

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{2} \quad (7.53)$$

$$\Gamma(x, y) = N_1 \Gamma_1 + N_2 \Gamma_2 + N_3 \Gamma_3 \quad (7.54)$$

unde s-au introdus funcțiile de formă:

$$\begin{aligned} N_1 &= (a_1 + b_1 x + c_1 y) / 2A \\ N_2 &= (a_2 + b_2 x + c_2 y) / 2A \\ N_3 &= (a_3 + b_3 x + c_3 y) / 2A \end{aligned} \quad (7.55)$$

Funcțiile de interpolare Γ_i sunt polinoame liniare definite doar pe elementele în care a fost discretizat domeniul și care în noduri satisfac condițiile de continuitate:

$$\Gamma_i(x_k, y_k) = \begin{cases} 1 & (i=k) \\ 0 & (i \neq k) \end{cases} \quad (7.56)$$

Expresia generală a matricei de formă $[K^{(e)}]$ este:

$$[K^{(e)}] = \int_A [B]^T [D] [B] dA \quad (7.57)$$

în care matricea $[B]$ cuprinde derivatele funcțiilor de formă N_i :

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial x} & \frac{\partial N_3}{\partial x} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \frac{\partial N_3}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (7.58)$$

Ținând cont de expresiile (7.55) ale funcțiilor de formă N_i , expresia matrice $[B]$ devine:

$$[B] = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \quad (7.59)$$

Matricea $[D]$ este matricea unitate:

$$[D] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7.60)$$

Matricea $\{C^{(e)}\}$ reprezintă matricea concentrațiilor din noduri pe care dorim să le determinăm.

Matricea $\{Q^{(e)}\}$ este matricea de echivalare nodală a debitelor, care pentru un element triunghiular din domeniul discretizat se calculează conform schițelor din figura 7.8.

Pentru cazul particular din figura 7.8 funcția interpolare (7.45) va avea expresia:

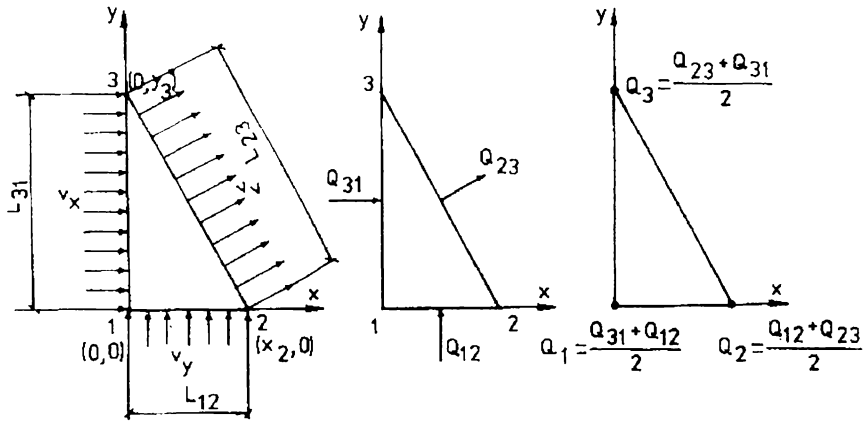


Fig. 7.8. Echivalarea nodală a debitelor.

$$\Gamma(x, y) = \frac{1}{-x_3 y_2} [(-x_3 y_2 + y_2 x + x_3 y) \Gamma_1 + (-x_3 y) \Gamma_2 + (-y_2 x) \Gamma_3] \quad (7.61)$$

Înălțimea pe care se calculează debitul ce intră, respectiv ce iese prin laturile clementului triunghiular, s-a notat cu z .

Componentele vitezei sunt date de relațiile:

$$v_x = \frac{\partial \Gamma(x, y)}{\partial x} = \frac{y_2}{-x_3 y_2} (\Gamma_1 - \Gamma_3) \quad (7.62)$$

$$v_y = \frac{\partial \Gamma(x, y)}{\partial y} = \frac{x_3}{-x_3 y_2} (\Gamma_1 - \Gamma_2)$$

Debitele ce intră, respectiv ce ies prin laturile triunghiului se calculează cu relațiile:

$$Q_{12} = -v_x y_2 z = \frac{y_2^2 z}{x_3 y_2} (\Gamma_1 - \Gamma_3) \quad (7.63)$$

$$Q_{13} = -v_y x_3 z = \frac{x_3^2 z}{x_3 y_2} (\Gamma_1 - \Gamma_2) \quad (7.64)$$

$$Q_{23} = -Q_{12} - Q_{13} = \frac{z}{x_3 y_2} [y_2^2 (\Gamma_3 - \Gamma_1) + x_3^2 (\Gamma_2 - \Gamma_1)] \quad (7.65)$$

Echivalarea la noduri se face prin transferarea în noduri a jumătate din debitele de pe laturile adiacente nodului respectiv:

$$Q_1 = \frac{Q_{12} + Q_{13}}{2} = \frac{z}{2x_3 y_2} [y_2^2 (\Gamma_1 - \Gamma_3) - x_3^2 (\Gamma_1 - \Gamma_2)] \quad (7.66)$$

$$Q_2 = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{2} = \frac{z}{2x_3 y_2} [x_3^2 (\Gamma_2 - \Gamma_1)] \quad (7.67)$$

$$Q_3 = \frac{Q_{13} + Q_{23}}{2} = \frac{z}{2x_3 y_2} [y_2^2 (\Gamma_3 - \Gamma_1)] \quad (7.68)$$

Cu aceste considerații matricea de echivalare nodală a debitelor va avea expresia:

$$\{Q^{(e)}\} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} y_2^2 (\Gamma_1 - \Gamma_3) - x_3^2 (\Gamma_1 - \Gamma_2) \\ \Gamma_2 - \Gamma_1 \\ \Gamma_3 - \Gamma_1 \end{bmatrix} \quad (7.69)$$

În capitolul următor este prezentat setul de date utilizat la rulări și rezultatele obținute în urma prelucrării pe calculatorul electronic.

7.7. CONSIDERAȚII ASUPRA UNOR COEFICIENȚI DIN ECUAȚIILE DE TRANSPORT A POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE

În literatura de specialitate există referiri la determinările experimentale și la unele formule simple de calcul a unor coeficienți (difuzie moleculară, dispersie longitudinală și transversală, înmagazinare și scurgere) ce intervin în ecuațiile de transport.

Rezultatele obținute pe cale experimentală s-au dovedit a fi foarte apropiate cu cele obținute prin aplicarea unor relații simple de calcul. Câteva din aceste relații, pe care le-am utilizat în calcule sunt prezentate mai jos:

a) **Coefficientul de difuzie moleculară** depinde de soluție, concentrația soluției și temperatură. În tabelul 7.3 sunt prezentate câteva valori ale coeficientului de difuzie în funcție de tipul de lichid, iar în tabelul 7.4 sunt prezentate valori pentru electroliți în soluții apoase, la temperatura de 25 °C [49].

Coefficienții de difuzie pentru soluțiile conservative în medii poroase sunt de două ori până la o sută de ori mai mici decât valorile determinate în soluții apoase. Valori de $1 \cdot 10^{-10}$ m²/s până la $1 \cdot 10^{-11}$ m²/s sunt tipice pentru stratele argiloase de sol. Valorile coeficienților de difuzie determinați în strate cu granulația mare neconsolidată sunt mai mari de $1 \cdot 10^{-10}$ m²/s, dar mai mici decât

Valori ale coeficientului de difuzie (cm^2/s)

Coeficientul de difuzie	Lichid	Condiții
10^2-10^6	apă în turbulență	suprafețe orizontale
10^2-10	apă în turbulență	suprafețe verticale
10^{-3}	apă caldă	
$10^{-5}-10^{-4}$	sare, gaze în apă	difuzie moleculară
$10^{-7}-10^{-6}$	proteine în apă	soluții ionice, medii poroase
$10^{-9}-10^{-7}$	sare în apă	soluții ionice, medii poroase

Tabelul 7.4

Valori ale coeficientului de difuzie în apă la 25 °C pentru ioni ($10^6 \text{ cm}^2/\text{s}$)

Cation	Coeficientul de difuzie	Anion	Coeficientul de difuzie
H	93,1	OH	52,7
Na	13,3	F	14,6
K	19,6	Cl	20,3
Mg	7,05	Br	20,1
Ca	7,93	H ₂ S	17,3
Ba	8,48	HCO ₃	11,8
Mn	6,88	CO ₃	9,5
Ra	8,89	SO ₄	10,7

ai electroliților în soluții apoase ($2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$).

b) **Coeficienții de dispersie** au fost determinați pe cale experimentală în laborator sau în teren.

Foarte multe studii și cercetări [5,6,49,101,108] au evidențiat faptul că dispersivitatea variază cu scara problemei. Astfel, pentru experiențele de laborator cu trasori se obțin unele valori ale dispersivității iar pentru încercările în câmp alte valori, în funcție de distanța parcursă de trasor.

Imperfecțiunile mediului poros se manifestă de la scară microscopică până la scară macroscopică și megascopice. Heterogenitatea și scara macroscopică contribuie cel mai mult în stabilirea valorilor dispersivității. Valoarea dispersivității macroscopice este în general de cel puțin două ori mai mare decât valorile din experimentele cu coloane. Valorile tipice ale dispersivității longitudinale la coloane experimentale este de la 10^{-2} la 1 cm, iar în câmp valorile cresc de la 0,1 la 2 m, posibil

până la 10 m. În tabelul 7.5 sunt prezentate valori ale dispersivității longitudinale și transversale determinate în câmp [112].

Tot din studii de câmp a rezultat că dispersia transversală este cu un ordin de mărime mai mică decât cea longitudinală. În medii cu stratificații orizontale pronunțate, aceasta este de ordinul

Tabelul 7.5

Dispersivitatea longitudinală și transversală determinată în câmp

Nr. crt.	Metoda de determinare	Roca	Dispersivitatea longitudinală (m)	Dispersivitatea transversală (m)
1	Un singur puț de măsurare	sedimente aluviale	$3 \cdot 10^{-7}-7$	$9 \cdot 10^{-3}-1$
2	Un singur puț de măsurare	calcar	12	
3	Două puțuri de măsurare	sedimente aluviale	$1 \cdot 10^{-1}-15$	
4	Două puțuri de măsurare	dolomit	38	
5	Două puțuri de măsurare	calcar	15	
6	Model regional	sedimente aluviale	12-16	4-30
7	Model regional	depozit glacial	21	4
8	Model regional	calcar	7-61	1-20
9	Model regional	fracțiuni de balast	30-91	18-136

coeficientului de difuzie. Practica curentă implică actualmente folosirea unei valori constante pentru dispersivitate. Problemele referitoare la definirea și asocierea dispersivităților la scară macro nu au fost invalidate de folosirea acestor concepte. În ciuda limitărilor problemele au rămas ca un model satisfăcător pentru un proces complicat de amestec.

Relațiile simple pentru calculul coeficienților de dispersie longitudinală, respectiv transversală, citate în literatura de specialitate [87], sunt următoarele:

$$D_L = 0,9 \nu Re^{1,2} \quad (7.70)$$

$$D_T = 0,11 \nu Re^{0,7} \quad (7.71)$$

în care ν este coeficientul de vâscozitate cinematică a poluantului din apa subterană;

Re -numărul Reynolds, determinat cu relația:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (7.72)$$

d) -parametru caracteristic stratului acvifer determinat cu relația (7.2).

c) **Coefficientul de înmagazinare** reprezintă volumul de apă cedat sau înmagazinat de strat pe o suprafață orizontală egală cu unitatea, când sarcina hidrolică scade, respectiv crește, cu o unitate și se poate calcula cu relația [93]:

$$S = 10^{-4} b \quad (7.73)$$

în care b este grosimea stratului acvifer, în m.

d) **Coefficientul de scurgere** se calculează cu relația [129]:

$$K_s = \frac{k_{si}}{m} \quad (7.74)$$

în care k_s este coeficientul de scurgere, în $[T^{-1}]$;

k_{si} -coeficientul de filtrație al tavanului semipermeabil, în $[LT^{-1}]$;

m -grosimea tavanului semipermeabil, în $[L]$;

SIMULAREA TRANSPORTULUI POLUANȚILOR PRIN MEDII FLUIDE SUBTERANE CU AJUTORUL CALCULATORULUI ELECTRONIC

8.1. PREZENTAREA DATELOR DE INTRARE

Pe baza datelor din teren, prezentate în capitolele anterioare, am realizat câteva simulări privind transportul poluanților în primul strat acvifer din zona studiată. Grosimea medie a primului strat acvifer, pe întreg domeniul analizat, am considerat-o de 3,4 m (tab. 5.2).

Cu un prim set de programe am simulat transportul poluanților în situația unei injecții permanente. Domeniului modelat l-am discretizat într-o rețea de 1.910 elemente triunghiulare. Infiltrarea apei uzate din bazinul de stocare am simulat că se realizează printr-un puț (fig. 8.1). Studiul transportului poluanților în situația unei injecții continue l-am efectuat în varianta debit și concentrație constantă în timp și în varianta debit și concentrație constantă în timp.

Cu al doilea set de programe am simulat transportul poluanților în varianta unei injecții instantanee. Domeniul studiat l-am discretizat într-o rețea de dreptunghiuri.

Rezolvarea ecuației transportului poluanților, în ambele seturi de programe, se face prin metoda elementului finit.

De asemenea am simulat o soluție de limitare a zonei poluate prin amplasarea unor foraje de extracție (fig. 8.1) din care se pompează un debit dublu față de cel infiltrat din bazinul de stocare.

În prima etapă, de calare a modelului hidraulic, datele de intrare utilizate au fost transmisivitatea și nivelul hidrostatic al apei subterane pe frontiera de sus și de jos a domeniului.

Zonarea transmisivității în domeniul modelat (fig. 8.2) am efectuat-o pe baza datelor existente, referitoare la forajele din zonă, urmărind obținerea unor valori ale nivelurilor hidrostatice cât mai apropiate de cele măsurate în foraje (tab. 5.2).

Nivelul hidrostatic al apei freatice sub presiune l-am apreciat pe baza măsurătorilor efectuate la forajele din zonă (tab. 7.2) ca fiind cuprins între 84,00 m și 84,40 m pe frontiera de sus și între 73,00 m și 74,30 m pe frontiera de jos.

Valorile măsurate ale nivelului hidrostatic și cele obținute în urma calării modelului, la forajele din zonă sunt prezentate în tabelul 8.1. Se constată o diferență mică (14 cm) între nivelul hi-

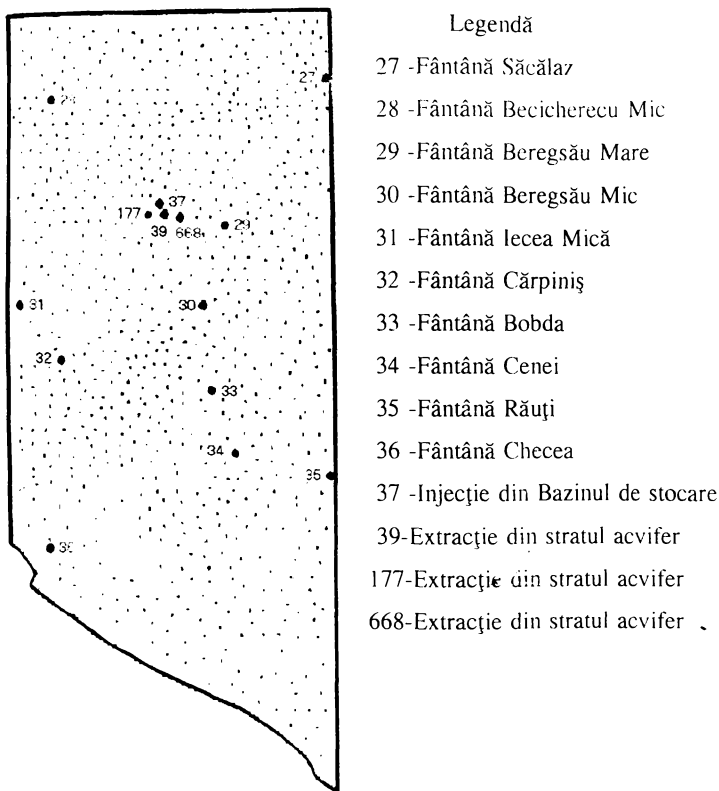


Fig. 8.1. Noduri caracteristice din zona studiată (scara 1:300.000).

drostatic mediu măsurat în zonă și cel rezultat în urma calării. În figura 8.3 este prezentat nivelul hidrostatic al stratului acvifer din domeniul modelat, rezultat după calare.

Pentru etapa a doua, de calare a modelului de transport poluanți, am folosit valorile unor parametri ce caracterizează domeniul studiat: coeficientul de înmagazinare, coeficientul de scurgere, nivelul hidrostatic al freaticului sezonier, coeficientul dispersivității longitudinale și porozitatea.

Valorile coeficientul de înmagazinare calculat cu relația (7.73), coeficientului de scurgere calculat cu relația (7.74) și cele măsurate ale porozității sunt prezentate în tabelul 8.2. Pe baza datelor din acest tabel am realizat zonarea parametrilor respectivi (fig. 8.4, 8.5 și 8.6). Pentru coeficientul dispersivității longitudinale am considerat o valoare unică pe toată suprafața.

Zonarea nivelul hidrostatic al freaticului sezonier, realizată pe baza datelor din tabelul 5.1,

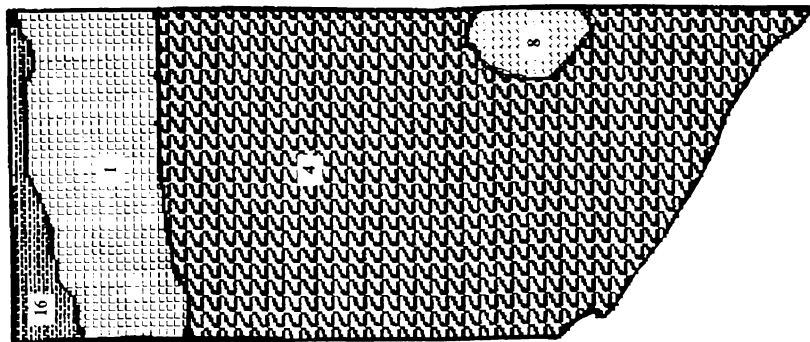


Fig. 8.2. Zonarea transmisivității ($10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$).

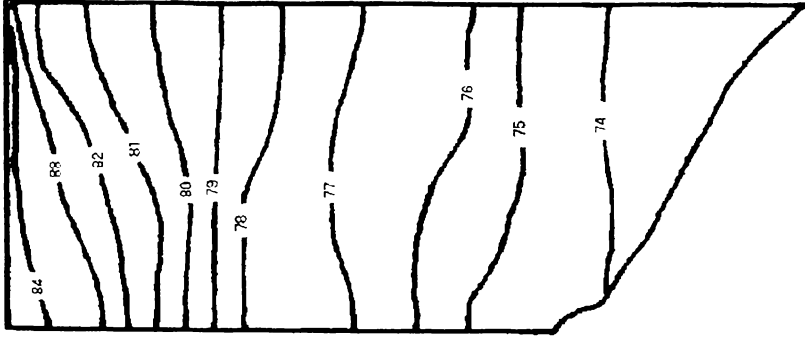


Fig. 8.3. Nivelul hidrostatic al apei freactice rezultat după calare.

Tabelul 8.1

Nivelul hidrostatic, transmisivitatea și coeficientul de filtrație măsurate și rezultate după calarea modelului

Nr. nod	Foraj	Cotă teren (m)	Valori măsurate			Valori rezultate după calare		
			Nivel hidrostatic (m)	Transmisivitate (m ² /zi)	Coeficient de filtrație (m/zi)	Nivel hidrostatic (m)	Transmisivitate (m ² /zi)	Coeficient de filtrație (m/zi)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	F11	86,14	84,36	68,5	18,5	84,31	138,2	37,4
2	F12	85,25	84,10	12,4	4,6	84,19	138,2	51,2
3	F13	83,45	81,42	16,7	16,7	81,93	8,6	8,6
4	F14	83,67	82,13	65,3	27,2	80,57	8,6	3,6
Medie F11-14			83,00	40,7	16,8	82,75	73,4	25,2
5	F21	86,08	84,18	42,7	26,7	84,18	138,2	86,4
6	F22	85,19	82,69	31,0	38,8	84,08	138,2	172,8
7	F32	83,83	80,01	40,9	58,4	83,06	8,6	12,3
8	F42	82,78	80,33	145,2	36,3	82,13	8,6	2,2
9	F52	81,82	79,92	131,6	32,9	80,82	8,6	2,2
Medie F21-25			81,43	78,3	38,6	82,85	60,4	55,2

continuaire la Tabelul 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	F31	79,05	71,08	14,1	7,4	76,44	34,6	18,2
11	F32	79,24	77,10	38,8	9,7	76,44	34,6	8,7
12	F33	78,10	74,70	103,3	12,6	76,48	34,6	4,2
13	F34	78,09	75,44	2,4	3,0	76,48	34,6	43,3
14	F35	78,83	74,23	1,0	0,6	76,48	34,6	20,4
	Medie F31-35	78,66	74,51	31,9	6,7	76,46	34,6	19,0
15	F41	79,19	77,09	66,0	11,0	75,56	69,1	11,5
16	F42	78,75	76,21	8,7	2,9	75,47	69,1	23,0
	Medie F41-42	78,97	76,65	37,4	7,0	75,52	69,1	17,3
17	F51	77,68	76,53	15,0	12,5	75,21	34,6	28,8
18	F61	79,92	77,69	17,5	7,3	76,26	34,6	14,4
19	F71	78,03	75,23	17,4	2,9	96,98	34,6	5,8
	Medie generală zonă	80,23	77,86	34,0	13,1	78,00	48,8	23,7

Tabelul 8.2

Valorile unor parametri ce caracterizează domeniul studiat

Nr. nod	Foraj	Coefficient de înmagazinare (10 ⁻⁴)	Coefficient de scurgere (10 ⁻⁶ s ⁻¹)	Porozitate
1	F11	37	6,0	0,35
2	F12	27	1,2	0,37
3	F13	10	2,0	0,32
4	F14	24	1,1	0,39
Medie F12-14		25	2,6	0,36
5	F21	16	4,0	0,35
6	F22	8	3,0	0,33
7	F23	7	4,0	0,34
8	F24	40	6,0	0,30
9	F25	40	1,5	0,36
Medie F21-25		22	3,7	0,34
10	F31	19	4,0	0,35
11	F32	40	6,0	0,28
12	F33	82	4,0	0,32
13	F34	8	6,0	0,34
14	F35	17	6,0	0,33
Medie F31-35		33	5,2	0,32
15	F41	60	6,0	0,27
16	F42	30	6,0	0,29
Medie F41-42		45	6,0	0,28
17	F51	12	1,5	0,37
18	F61	24	3,0	0,28
19	F71	60	4,0	0,32
Medie generală zonă		32	3,7	0,32

este prezentată în figura 8.7.

Valorile procentuale ale volumului de apă uzată infiltrat din bazinul de stocare de la COM-TIM Beregsău au fost asimilate cu cele determinate la COMTIM Voiteni (tab. 6.8), pentru perioada

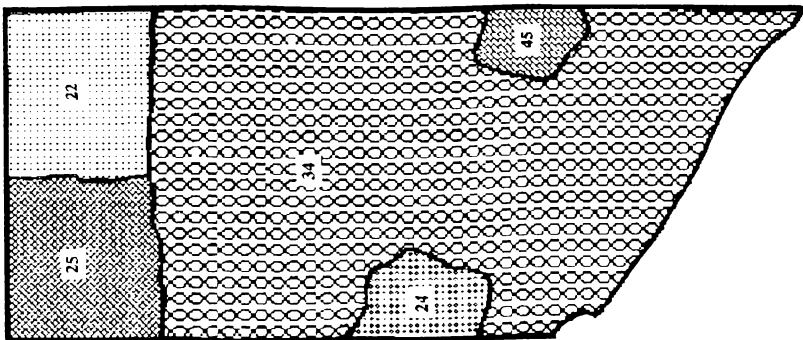


Fig. 8.4. Zonarea coeficientului de înmagazinare (10^{-4}).

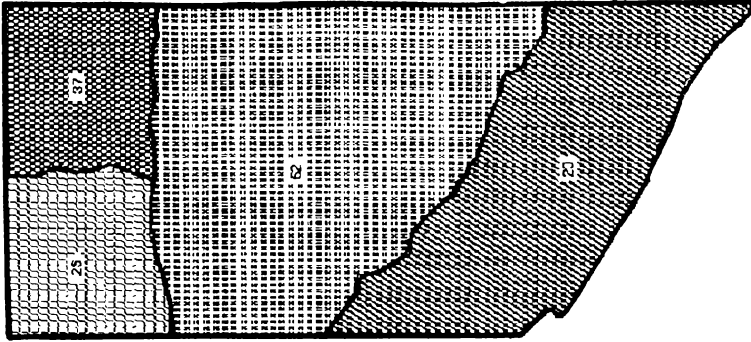


Fig. 8.5. Zonarea coeficientului de scurgere ($10^7 s^{-1}$).

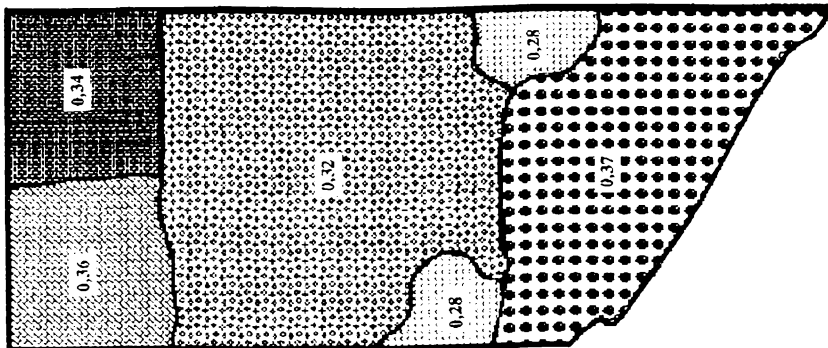


Fig. 8.6. Zonarea porozității.

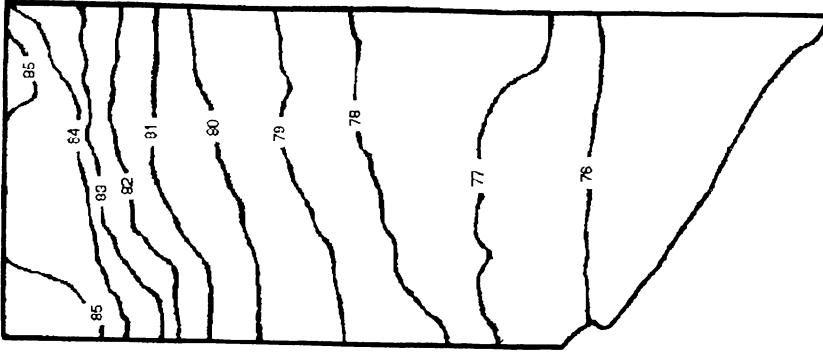


Fig. 8.7. Zonarea nivelului hidrostatic al freaticului sezonier.

Tabelul 8.3

Concentrația medie lunară a fenolilor din apa uzată infiltrată din bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău (10^{-3} mg/dm³)

Anul	Luna											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1986	36	49	49	48	33	145	172	161	134	275	49	69
1987	90	63	53	44	41	103	241	196	205	191	36	55
1988	64	51	61	52	56	211	287	33	38	51	54	57
1989	42	42	43	35	30	133	242	217	289	39	26	42
1990	42	56	40	51	33	119	181	36	273	34	39	285
1991	71	65	71	42	287	105	136	114	175	94	181	182
1992	233	284	180	36	23	25	26	38	39	42	25	79
1993	62	44	97	85	92	34	207	201	184	105	84	77
1994	47	34	41	37	33	203	35	170	139	113	110	108
1995	112	164	189	98	106	30	78	30	100	113	30	4

martie-octombrie și apreciate pentru perioada noiembrie-februarie. Variația trimestrială a volumului de apă uzată infiltrat am considerat-o constantă în cei 10 ani utilizați la calare.

Concentrația de fenoli din apa uzată infiltrată din bazinul de stocare am stabilit-o pe baza analizelor chimice efectuate la probele de apă uzată recoltate în cadrul experiențelor efectuate la COMTIM Beregsău, în perioada 1989-1991 și a celor efectuate de R.A. Apele Române în perioada 1986-1995.

Debitele medii lunare de apă uzată infiltrată din bazinul de stocare de la COMTIM Beregsău sunt prezentate în tabelul 7.1, iar concentrația de fenoli medie lunară din aceasta este prezentată în tabelul 8.3.

Tabelul 8.4

Debitele de apă subterană extrase din localitățile situate în zona studiată

Nr. nod	Localitatea	Număr locuitori	Debit extras (l/s)
27	Săcălaz	2.590	2,4
28	Becicherecu Mic	2.160	2,0
29	Beregsău Mare	2.270	2,1
30	Beregsău Mic	1.190	1,1
31	Iecea Mică	1.410	1,3
32	Cărpiniș	3.670	3,4
33	Bobda	1.180	1,1
34	Cenei	2.380	2,2
35	Răuți	1.080	1,0
36	Checea	2.480	2,3
Total		20.410	18,9

Debitele de apă extrase din cele 10 localități le-am stabilit prin înmulțirea numărului de locuitori [131] cu un debit specific de 80 l/om·zi (tab. 8.4). Aceste debite le-am considerat constante în perioada analizată.

Pentru simularea transportului de poluanți, în cazul injecției instantanee, am măsurat suprafața afectată de poluare după 10 ani de injecție continuă. Pe această suprafață am considerat că s-a injectat instantaneu o masă de poluant egală cu cea acumulată în cei 10 ani de injecție continuă.

8.2. REZULTATE OBTINUTE

Condiția obținerii unor valori corecte, impusă în primul set de programe, este ca numărul Peclet să fie mai mic decât 2:

$$Pe = \frac{v \Delta l}{a_L v + D_m m_e} < 2 \quad (8.1)$$

în care Pe este numărul Peclet;

v - viteza de curgere a apei freatice, în $[LT^{-1}]$;

Δl - lungimea caracteristică a elementului finit, în $[L]$;

a_L - coeficientul dispersivității longitudinale, în $[L]$;

D_m - coeficientul difuziei moleculare, în $[L^2T^{-1}]$;

m_e - porozitatea.

În cazul în care $a_L v \gg D_m m_e$, lungimea caracteristică a elementului finit trebuie să satisfacă condiția:

$$\Delta l \leq 10 a_L \quad (8.2)$$

Din încercările efectuate de satisfacere a condiției (8.1) am observat că numărul Peclet este cel mai puternic influențat de coeficientul dispersivității longitudinale a_L . Rulările efectuate cu diferite valori ale coeficientului dispersivității longitudinale a_L (fig. 8.8) au permis determinarea valorii care satisface condiția (8.1), aceasta fiind de 91 m. Valoarea de 91 m pentru coeficientul dispersivității longitudinale am utilizat-o la toate rulările ulterioare.

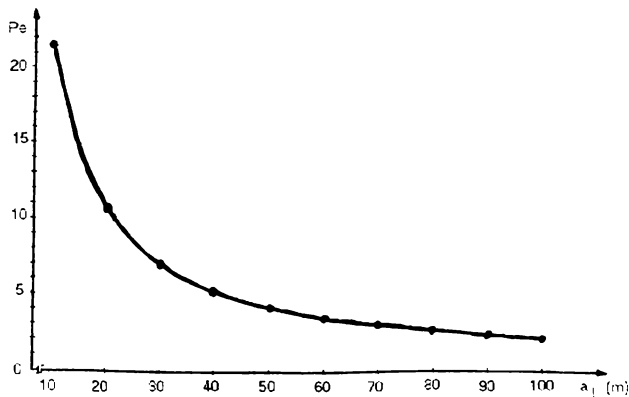


Fig. 8.8. Diagrama $Pe=f(a_L)$.

Corectitudinea rezultatelor obținute la rulările în varianta injecție continuă cu debit și concentrație variabilă în timp este condiționată de impunerea unui pas de timp care să satisfacă condiția:

$$\Delta t \leq \frac{\Delta l}{v} \quad (8.3)$$

în care Δt este pasul de timp, în [T];

Δl -lungimea caracteristică a elementului finit, în [L];

v -viteza de curgere a apei freatice, în [LT⁻¹];

Pasul de timp pe care l-am utilizat în faza de calare este de 90 zile, iar în faza de prognoză de 1825 zile.

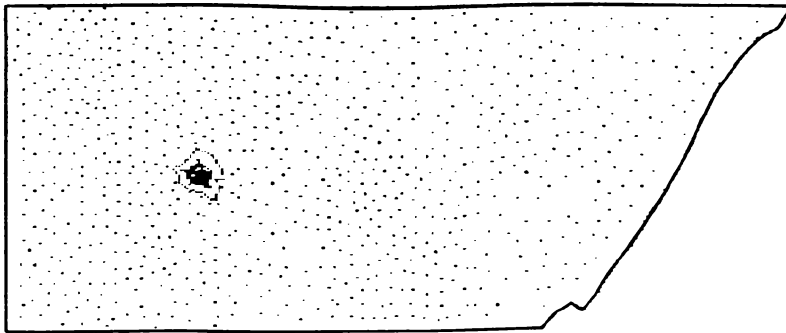
Limita concentrației de fenoli din apa freatică peste care am considerat că se poate utiliza termenul de poluare este de 1 mg/m³ și este egală cu cea admisă de STAS 1342-91 pentru apa potabilă.

În etapa de calare a modelului de transport al poluanților prin medii fluide subterane am efectuat rulări în varianta injecție continuă cu debit și concentrație variabilă, timp de 10 ani, perioadă pentru care am avut date din teren. Suprafața afectată de poluarea cu fenoli este de 400 ha, iar concentrația maximă 63,7 mg/m³ (fig. 8.9). Rezultatele obținute sunt apropiate de cele măsurate în teren (anexa 19).

Tot în această etapă am rulat datele în varianta injecție continuă cu debit și concentrație constantă în timp. Debitul injectat constant în perioada 1986-1995 l-am considerat de 1,7 l/s, care se infiltrează printr-un puț. Valoarea concentrației constante de fenoli din apa injectată timp de 10 ani pentru care am obținut aceeași valoare maximă (63,7 mg/m³) la sfârșitul perioadei de calare a fost de 83 mg/m³. Suprafața afectată de poluare la sfârșitul perioadei de calare a fost de 400 ha (fig. 8.10).

În etapa de prognoză am considerat varianta de injecție continuă cu debit și concentrație constantă în timp, pentru care am utilizat aceleași valori de la etapa de calare. Evoluția frontului de poluare este prezentată în fig. 8.11. Suprafața afectată de poluare crește de la 400 ha după 10 ani de infiltrații din bazinul de stocare la 680 ha după 20 ani, 1.700 ha după 50 ani și 2.470 ha după 100 ani. Concentrația de fenoli din apa freatică crește de la 63,7 mg/m³ după 10 ani la 156,8 mg/m³ după 20 ani, 177,3 mg/m³ după 50 ani și 285,7 mg/m³ după 100 ani (fig. 8.12 și 8.13). Direcția de deplasare a frontului de poluare este spre Beregsău Mic.

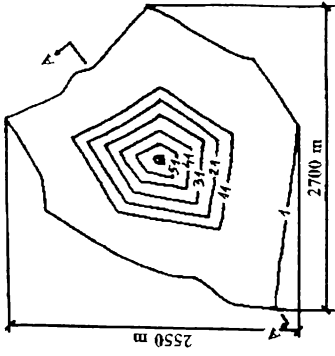
Pentru prognoza evoluției frontului de poluare, în situația în care bazinul de stocare nu ar mai fi alimentat cu apă uzată după 10 ani de funcționare, am utilizat al doilea set de programe si-



Scara 1:300.000

S=400 ha, $c_{max} = 63,7 \text{ mg/m}^3$

Detaliu, scara 1:50.000



Secțiunea A-A

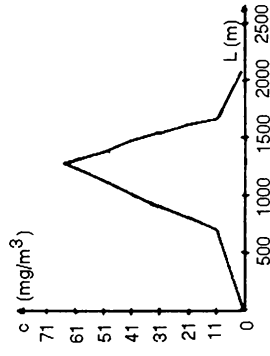
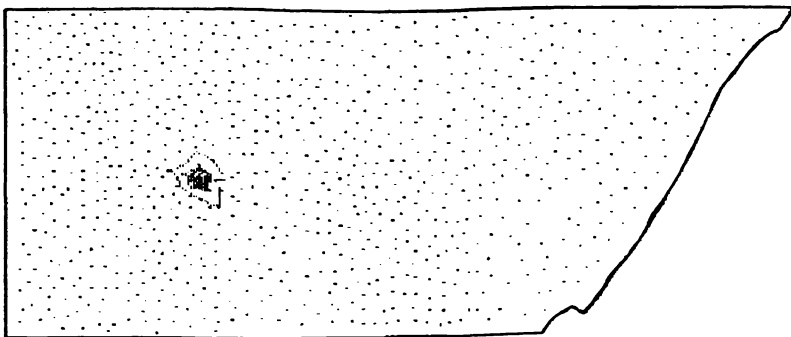


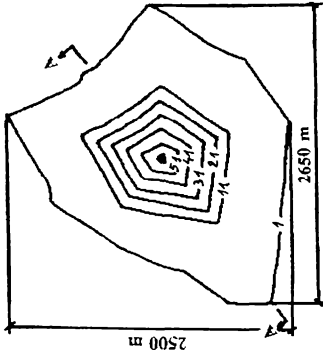
Fig. 8.9. Zona afectată de poluare după 10 ani de injecție continuă și variabilă în timp.



Scara 1:300.000

$S=400$ ha, $c_{max}=63,7$ mg/m³

Detaliu, scara 1:50.000



Secțiunea A-A

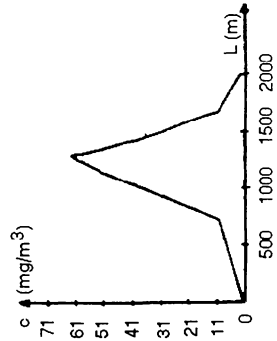
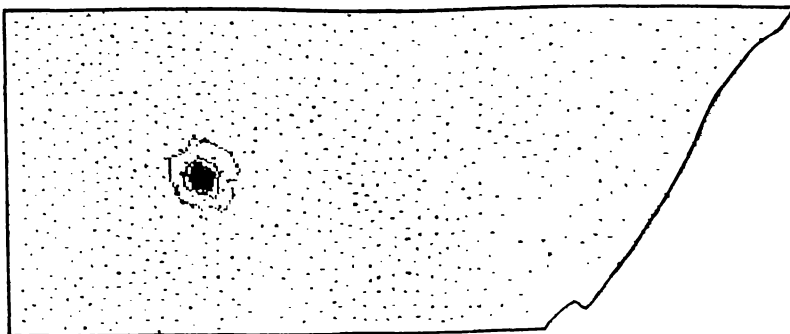
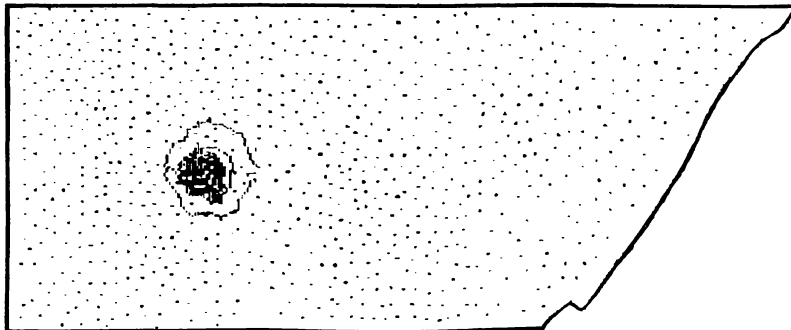


Fig. 8.10 . Zona afectată de poluare după 10 ani de injecție continuă și constantă în timp.



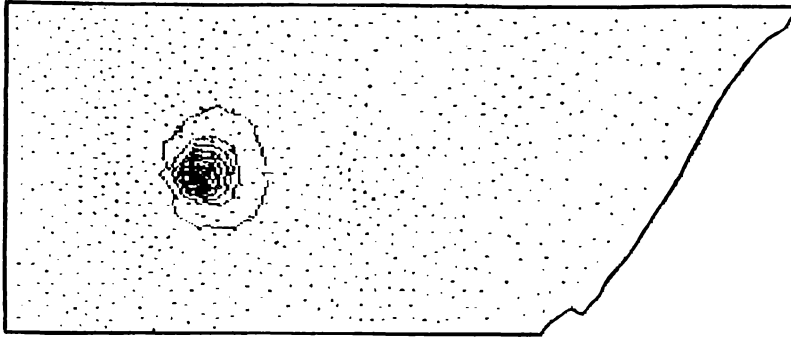
t=20 ani

S=680 ha, $c_{\max} = 156,8 \text{ mg/m}^3$



t=50 ani

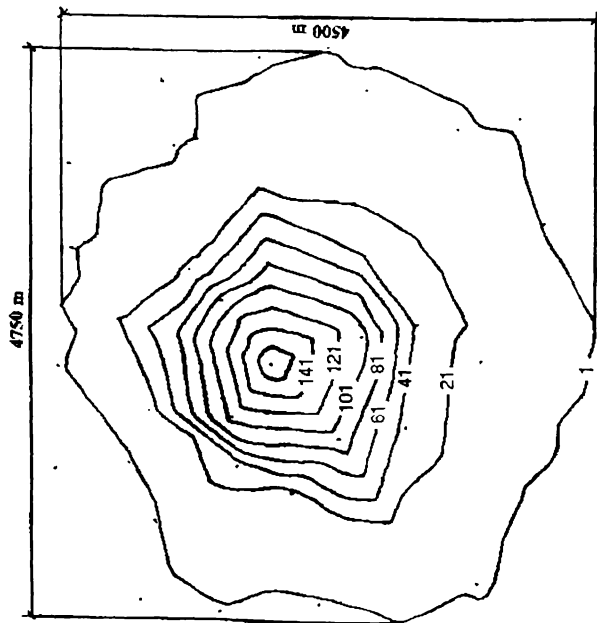
S=1.700 ha, $c_{\max} = 177,3 \text{ mg/m}^3$



t=100 ani

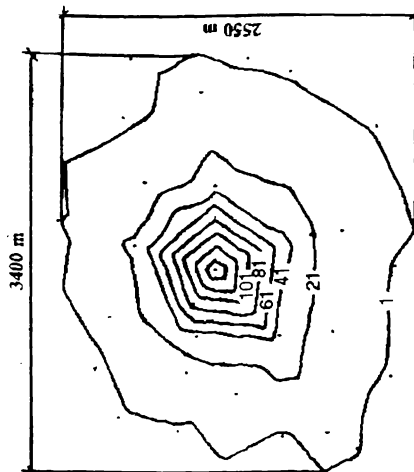
S=2.470 ha, $c_{\max} = 285,7 \text{ mg/m}^3$

Fig. 8.11. Zona afectată de poluare cu fenoli în varianta injecție continuă, constantă în timp (scara 1:300.000).



$t = 50$ ani

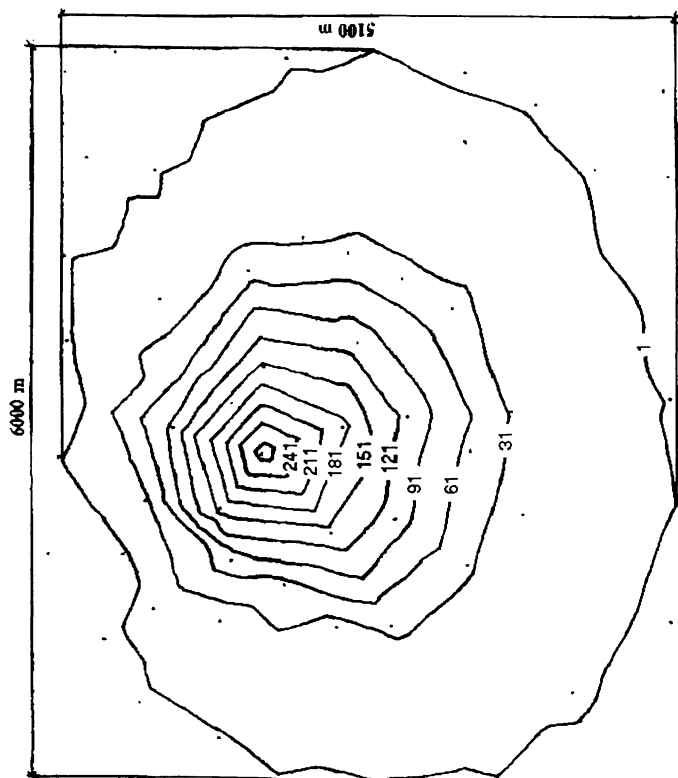
$S = 1.700$ ha, $c_{\max} = 177,3$ mg/m³



$t = 20$ ani

$S = 680$ ha, $c_{\max} = 156,8$ mg/m³

Fig. 8.12. Detaliu al distribuției concentrației de fenoli în varianta injecție continuă, constantă în timp (scara 1:50.000).



$t = 100$ ani

$S = 2.470$ ha, $c_{\text{max}} = 285,7$ mg/m³

Fig. 8.13. Detaliu al distribuției concentrației de fenoli în varianta injecție continuă, constantă în timp (scara 1:50.000).

mulând o injecție instantanee de poluant. Cantitatea de fenoli injectată (53 kg) am considerat-o egală cu cea infiltrată în cei 10 ani de funcționare a bazinului de stocare. Suprafața pe care s-a injectat instantaneu poluantul am considerat-o de 120 ha, fiind egală cu cea puternic afectată de poluare (concentrația de fenoli mai mare de 11 mg/m^3) după această perioadă (fig. 8.9).

Observând că suprafața afectată de poluare, în varianta injecție continuă de poluant nu ajunge până la limita de jos a domeniului analizat, în varianta injecție instantanee am redus perimetrul analizat la 4.000 ha. Zona analizată în această variantă este cuprinsă între bazinul de stocare de la Beregsău Mare și prima localitate în aval de acesta Beregsău Mic, situată la o distanță de 4,7 km.

Pentru a urmări evoluția concentrației fenolilor în timpul deplasării frontului de poluare am simulat existența a 3 puțuri de observație. Perioada de timp pentru care am efectuat simularea este de 600 ani. Zona afectată de poluare și evoluția concentrației fenolilor în cele 3 puțuri de observație, la diferite intervale de timp, este prezentată în figurile 8.14...19.

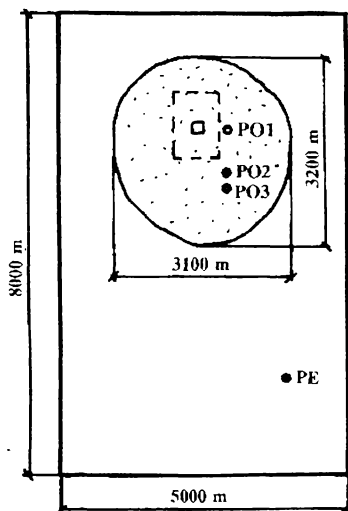
Suprafața afectată de poluare crește de la 150 ha după 20 ani la 1.600 ha după 300 ani, într-un ritm mult mai lent decât în varianta injecție continuă. După 300 ani suprafața afectată de poluare înregistrează o tendință de restrângere, ajungând la 1.500 ha după 600 ani. Concentrația maximă de fenoli înregistrată în puțurile de observație este de 55 mg/m^3 după 20 ani și are o tendință de scădere odată cu trecerea timpului, ajungând sub limita de poluare (1 mg/m^3) după 600 ani.

În ideea reducerii suprafeței afectate de poluare am simulat existența unor puțuri din care se extrage un debit dublu față de cel infiltrat și care au fost amplasate în apropierea bazinului de stocare pe direcția de deplasare a frontului de poluare (fig. 8.1) în varianta injecție continuă și la limita zonei afectate de poluare după 10 ani în varianta injecție instantanee.

Extragerea apei din cele 3 puțuri amplasate în apropierea bazinului de stocare, concomitent cu infiltrațiile produse, ar fi determinat o restrângere a suprafeței afectate de poluare după 10 ani la 300 ha (fig. 8.20) și a concentrației maxime de fenoli din apa subterană la $55,6 \text{ mg/m}^3$.

Evoluția în continuare a frontului de poluare, în varianta injecție continuă, este prezentată în fig. 8.21 și 8.22. Se observă că zona afectată de poluare, odată cu trecerea timpului, este mult mai mică față de varianta fără puțuri de extracție, la aceleași intervale de timp (750 ha, respectiv 2.470 ha după 100 ani), iar deplasarea în aval a frontului de poluare este împiedicată. Aceeași situație se înregistrează la concentrațiile maxime ($142,4 \text{ mg/m}^3$, respectiv $285,7 \text{ mg/m}^3$ după 100 ani).

Puțurile de extracție, în varianta injecție instantanee, amplasate la limita suprafeței afectate de poluare după 10 ani de funcționare a bazinului de stocare, ar împiedica complet deplasarea în aval a frontului de poluare.



- Legendă:
- BS -Bazin de stocare
 - ● Frontul de poluare
 - Zonă poluată puternic după 10 ani de injecție continuă
 - PO -Puț de observație
 - PE -Puț de extracție

Scara 1:100.000

S=830 ha

Variația concentrației de fenoli în puțurile de observație

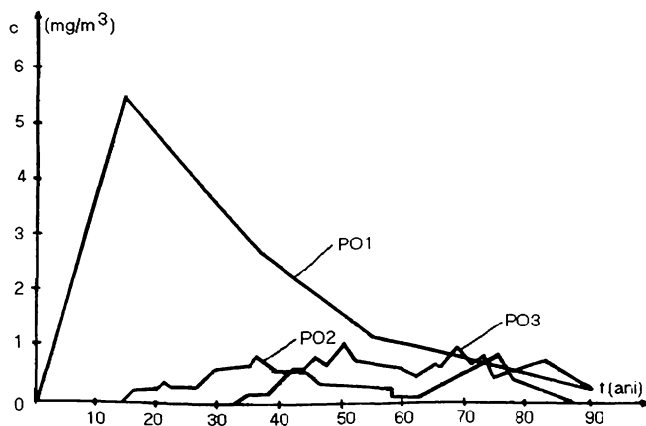
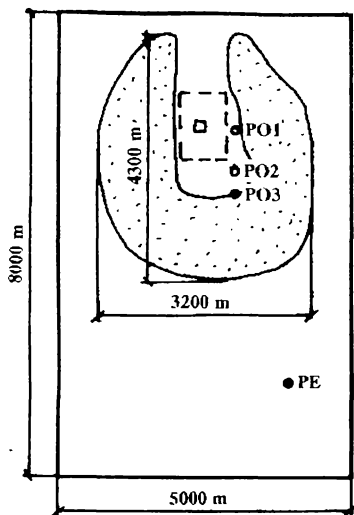


Fig. 8.16. Zona afectată de poluare după 100 ani (bazinul de stocare a funcționat 10 ani).



- Legendă:
- BS -Bazin de stocare
 - ⊙ Frontul de poluare
 - ⊞ Zonă poluată puternic după 10 ani de injecție continuă
 - PO -Puț de observație
 - PE -Puț de extracție

Scara 1:100.000

S=1.000 ha

Variația concentrației de fenoli în puțurile de observație

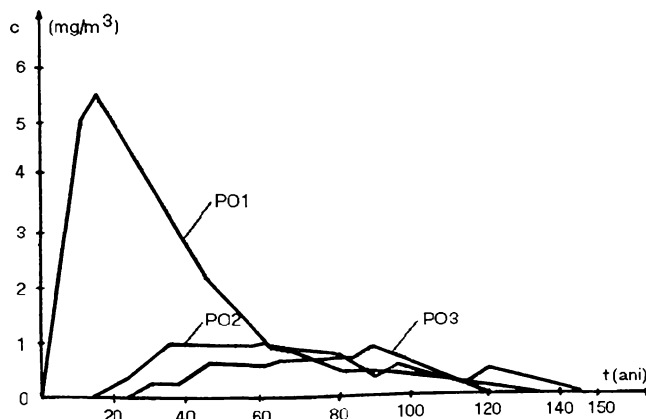
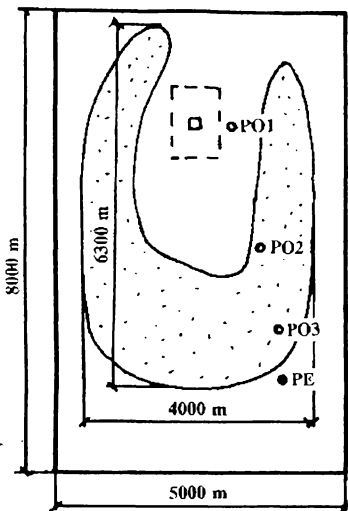


Fig. 8.17. Zona afectată de poluare după 150 ani (bazinul de stocare a funcționat 10 ani).



- Legendă:
- BS -Bazin de stocare
 - Frontul de poluare
 - Zonă poluată puternic după 10 ani de injecție continuă
 - PO -Puț de observație
 - PE -Puț de extracție

Scara 1:100.000

S=1.600 ha

Variația concentrației de fenoli în puțurile de observație

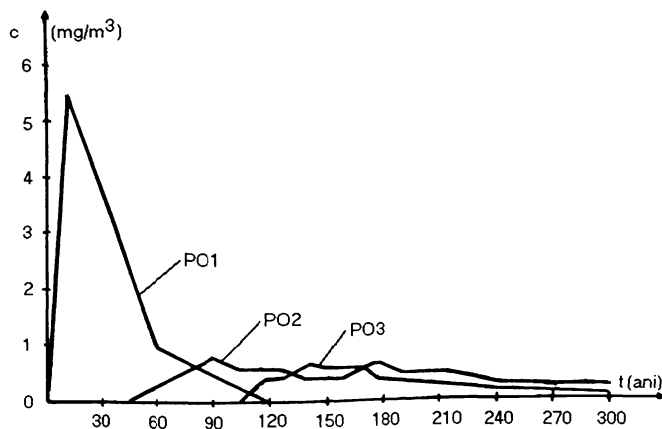
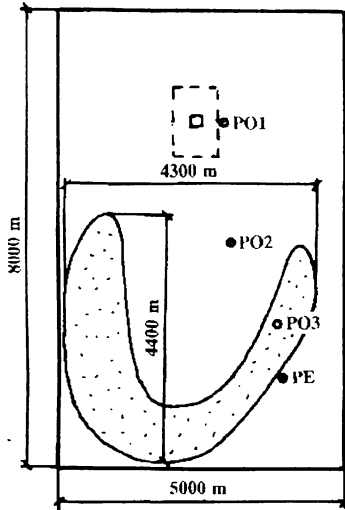


Fig. 8.18. Zona afectată de poluare după 300 ani (bazinul de stocare a funcționat 10 ani).



- Legendă:
- BS -Bazin de stocare
 - ⊙ Frontul de poluare
 - ⋮ Zonă poluată puternic după 10 ani de injecție continuă
 - PO -Puț de observație
 - PE -Puț de extracție

Scara 1:100.000

S=1.500 ha

Variația concentrației de fenoli în puțurile de observație

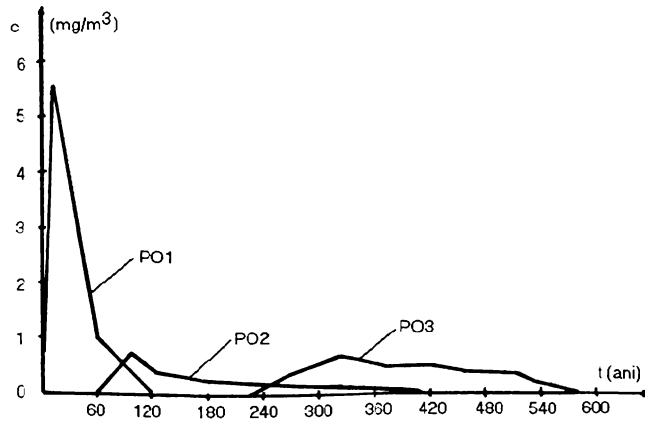
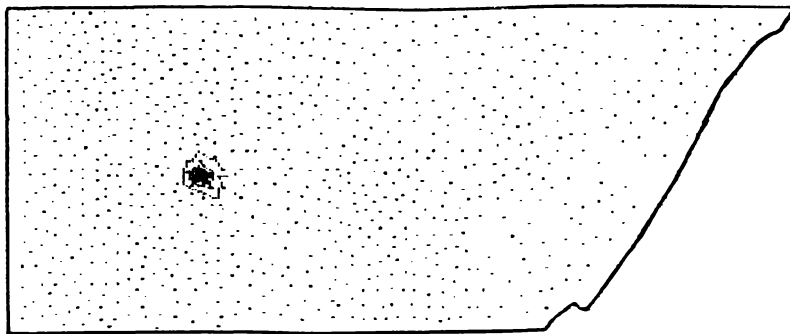
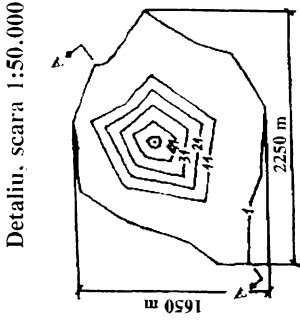


Fig. 8.19. Zona afectată de poluare după 600 ani (bazinul de stocare a funcționat 10 ani).



Scara 1:300.000

S=300 ha, $c_{\max} = 55,6 \text{ mg/m}^3$



Secțiunea A-A

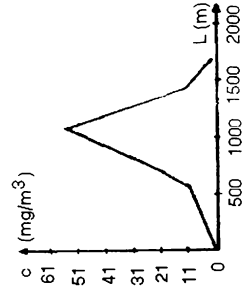
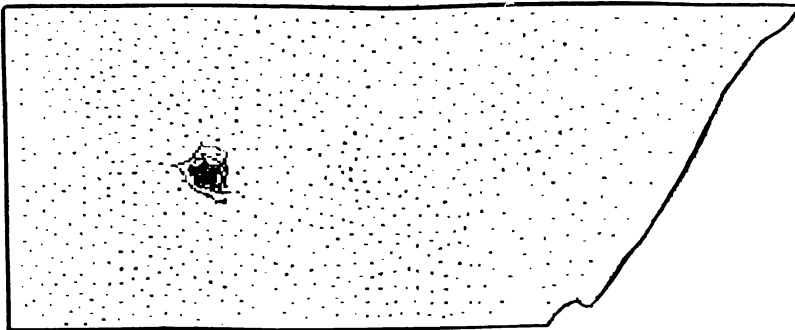
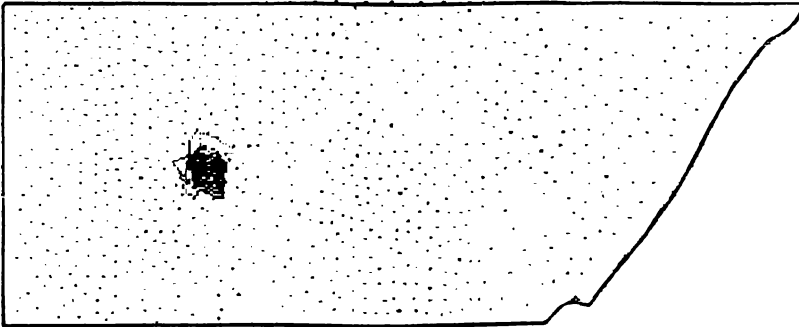


Fig. 8.20. Zona afectată de poluare după 10 ani de injecție continuă, constantă în timp și cu puțuri de extracție în apropierea bazinului de stocare



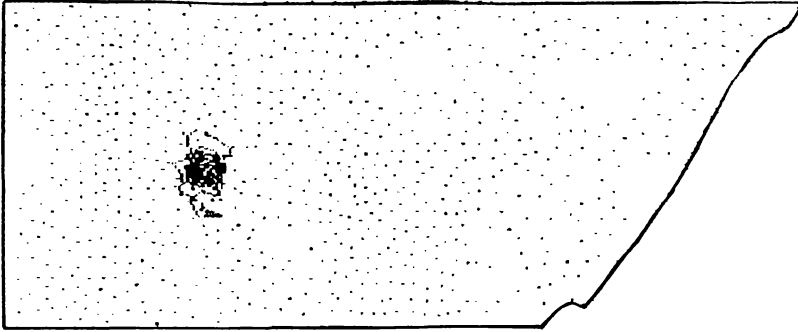
t = 20 ani

S = 400 ha, $c_{max} = 77,3 \text{ mg/m}^3$



t = 50 ani

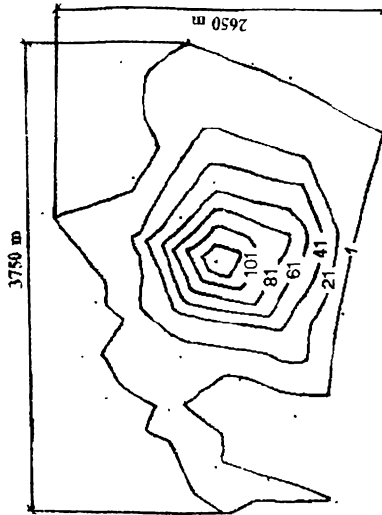
S = 630 ha, $c_{max} = 87,0 \text{ mg/m}^3$



t = 100 ani

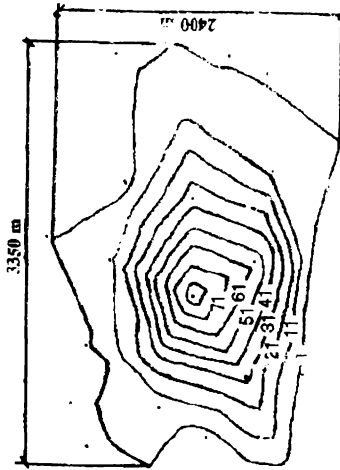
S = 750 ha, $c_{max} = 142,4 \text{ mg/m}^3$

Fig. 8.21. Zona afectată de poluare cu fenoli în varianta injecție continuă, constantă în timp și cu puțuri de extracție (scara 1:300.000).



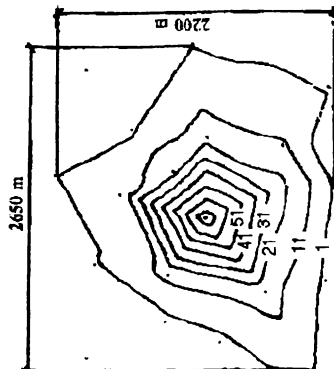
t = 100 ani

S = 750 ha, $c_{\max} = 142,4 \text{ mg/m}^3$



t = 50 ani

S = 630 ha, $c_{\max} = 87,0 \text{ mg/m}^3$



t = 20 ani

S = 400 ha, $c_{\max} = 77,7 \text{ mg/m}^3$

Fig. 8.22. Detaliu al distribuției concentrației de fenoli în varianta injecție continuă, constantă în timp și cu puțuri de extracție (scara 1:50.000).

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Poluarea produsă de volumele foarte mari de apă uzată evacuată de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor din țara noastră este puternic resimțită în zonele limitrofe acestora.

Analiza efectuată asupra modului de evacuare și de utilizare, în unele cazuri, a apei de la complexele de porci din județul Timiș evidențiază gradul ridicat de colmatare și de poluare a emisarilor în care se descarcă (canale de desecare, cursuri naturale).

Distribuția pe câmp a apei uzate, conform metodologiei elaborate de I.S.P.I.F. București, s-a aplicat numai în două cazuri în județul Timiș (COMTIM Beregsău și COMTIM Grabați), unde au fost create toate condițiile organizatorice și juridice (unitatea care a produs apa uzată a fost deținătoarea terenului pe care s-a realizat amenajarea și a echipamentelor de udare).

Infiltrațiile produse din bazinul de stocare se datorează utilizării ca material de impermeabilizare a foliei de polietilenă, care nu asigură o etanșare corespunzătoare.

Analiza conținutului apei uzate evacuate de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor COMTIM Voiteni și COMTIM Beregsău Mare din județul Timiș a scos în evidență următoarele aspecte:

-concentrații foarte ridicate ale clorurilor, sulfatilor, sodiului, fenolilor și fierului total asociate cu conținutul bogat în săruri și substanțe organice, determină poluarea apelor de suprafață în care este descărcată precum și a celor subterane prin infiltrațiile ce au loc din bazinul de stocare;

-cantitățile mari de substanțe utile pentru creșterea plantelor (N, P, K) le recomandă pentru fertilizarea terenurilor agricole, cu respectarea strictă a normelor și perioadelor de udare recomandate de specialiști.

Analiza modului în care se produce transportul poluanților prin medii fluide subterane în condițiile zonei studiate evidențiază următoarele:

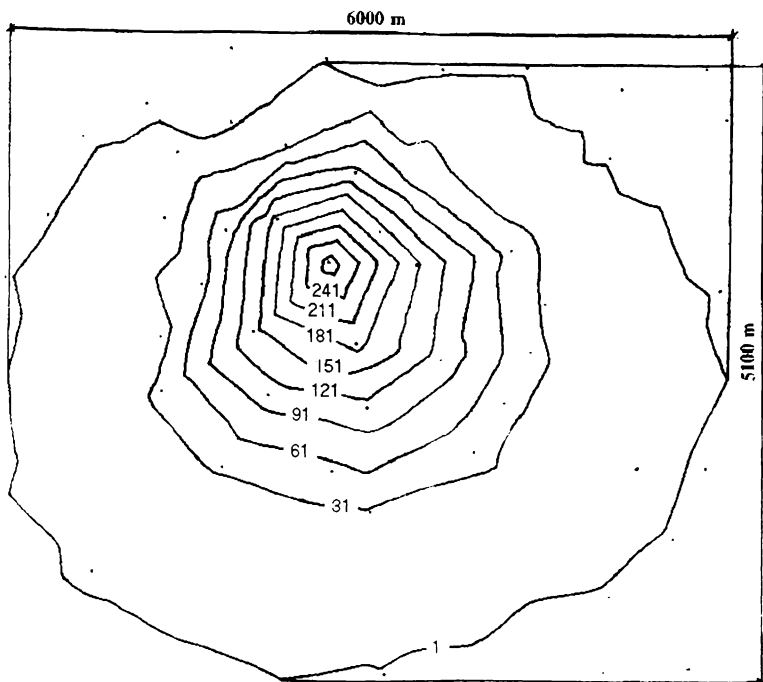
-existența unui strat freatic menținut sub presiune de un strat de sol greu permeabil;

-în tavanul stratului freatic sub presiune se află cantonat un strat freatic sezonier;

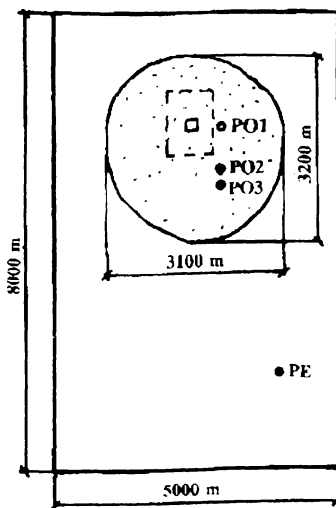
-panta hidrolică foarte mică a stratului freatic sub presiune corelată cu permeabilitatea scăzută a mediului poros determină viteze mici de curgere;

-transmisivitățile au valori mici datorită permeabilității scăzute și grosimii mici a stratului freatic.

Modelul fizic utilizat în descrierea fenomenului de transport al poluanților prin medii fluide

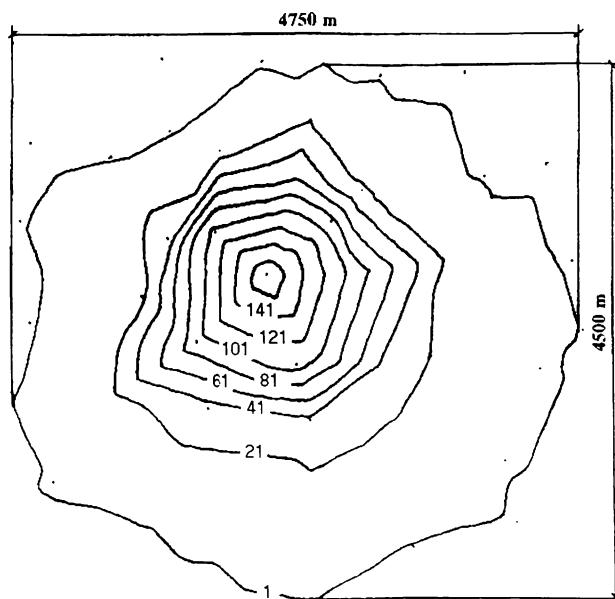


a) Injecție continuă de poluant, $S=2.470$ ha, $c_{\max}=285.7$ mg/m³ (scara 1:50.000).

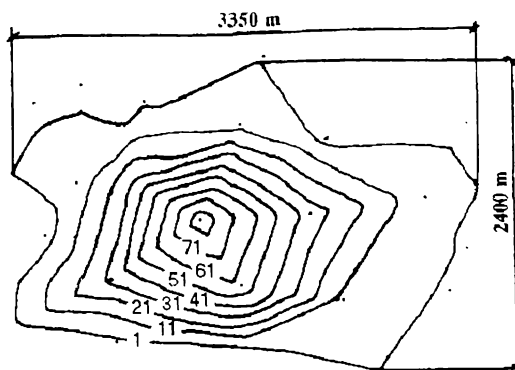


b) Injecție instantanee de poluant, $S=830$ ha, $c_{\max}=55.0$ mg/m³ (scara 1:100.000).

Fig. 9.1. Suprafața afectată de poluare cu fenoli după 100 ani.



a) Injecție continuă fără puțuri de extracție, $S=1.700$ ha, $c_{\max}=177,3$ mg/m³



b) Injecție continuă cu puțuri de extracție, $S=630$ ha, $c_{\max}=87,0$ mg/m³

Fig. 9.2. Zona afectată de poluare după 50 ani (scara 1:50.000).

subterane se bazează pe procesele de difuzie-dispersie ce au loc în stratul freatic.

Simulările realizate pe calculatorul electronic cu ajutorul celor două seturi de programe au permis determinarea zonei afectate de poluare în variantele injecție continuă și injecție instantanee de poluanți. În varianta injecție permanentă se ating valorile cele mai mari ale suprafeței afectate de poluare și ale concentrației maxime de fenoli din apa subterană, comparativ cu varianta injecție instantanee, la aceleași intervale de timp (fig. 9.1).

Soluția realizării unor foraje, în apropierea bazinului de stocare, pe direcția de curgere a apei subterane, simulată pe calculator evidențiază reducerea considerabilă a suprafeței afectate de poluare în cazul injecției permanente și împiedicarea avansării frontului de poluare în aval, în cazul injecției instantanee.

Realizarea unei impermeabilizări mai bune prin utilizarea altui tip de material, și a unei tehnologii de execuție adecvate, ar limita foarte mult cantitățile de apă uzată infiltrate în bazinele de stocare și implicit ar reduce gradul de poluare al apei subterane.

Contribuții personale

Lucrarea conține 205 pagini și este structurată pe 9 capitole. Pe lângă cele 38 tabele, 48 figuri și 102 relații matematice, lucrarea mai conține lista celor 132 titluri bibliografice consultate la redactare, precum și 20 anexe cu datele utilizate în calculele efectuate.

Contribuția personală în această lucrare constă în:

-estimarea cantităților anuale maxime de dejecții evacuate de la complexele zootehnice din România;

-sinteza caracteristicilor reziduurilor porcine și a apelor uzate evacuate de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor;

-inventarierea formelor de poluare a mediului datorate reziduurilor porcine;

-analiza apei uzate după indicatorii prevăzuți în standardele de calitate și evidențierea depășirii limitelor admise de acestea;

-descrierea modului de colectare, evacuare a reziduurilor de la complexele de porci, precum și a metodelor de epurare fizică, chimică și biologică utilizând solul ca filtru biologic;

-analiza condițiilor geomorfologice și geologice pe baza datelor de la forajele existente în zonă;

-calculul unor valori caracteristice ale factorilor climatici (temperatura aerului, precipitații,

evapotranspirația) și a unor indici specifici (raportul dintre evapotranspirația potențială și suma precipitațiilor, indicele de ariditate de Martone, indicele hidroclimatic), în vederea stabilirii condițiilor climatice ale alimentării apelor freactice;

-stabilirea unor relații de calcul care descriu legătura dintre nivelul apei freactice sezoniere și unii factori climatici;

-analiza caracteristicilor tehnice și funcționale ale amenajărilor de distribuția apelor uzate în câmp din județul Timiș și sublinierea potențialului de poluare pe care îl reprezintă;

-utilizarea unor programe de simulare a transportului poluanților în acvifere bazate pe metoda elementelor finite și metoda volumelor (celulelor) finite, în cazul situație concrete de la Beregsău Mare;

-calarea modelului hidraulic și de transport a poluanților prin medii fluide subterane, bazat pe metoda elementelor finite și având la dispoziție determinărilor efectuate în teren timp de 10 ani în următoarele regimuri caracteristice:

-injecție continuă de poluant, ținând seama de variația în timp a ratei de injecție;

-injecție continuă de poluant, cu o rată de injecție mediată, constantă în timp;

-prognoza evoluției frontului de poluare și a concentrației maxime a fenolilor din apa subterană în următoarele variante:

-injecție continuă de poluant, cu o rată de injecție mediată, constantă în timp, utilizând programul de simulare a transportului poluanților bazat pe metoda elementelor finite;

-injecție "instantanee" de poluant, utilizând programul de simulare a transportului poluanților bazat pe metoda volumelor (celulelor) finite;

-simularea unei variante de atenuare a fenomenului de poluare datorat infiltrării apelor uzate din bazinul de stocare de la Beregsău Mare în pânza freatică, prin executarea unor foraje de extracție în apropierea bazinului de stocare.

BIBLIOGRAFIE

1. Albu, M. -*Propagarea poluării într-un acvifer mărginit lateral de un curs de apă*. Hidrotehnica, nr. 5/1982.
2. Antoniu, R., și colab. -*Studii și cercetări efectuate în anul 1962 pe câmpul experimental Tuzla, regiunea Constanța, privind condițiile de utilizare a apelor reziduale la irigații*. Studii de protecția și epurarea apelor, vol. V. I.S.C.H. București.
3. Ballay, D., ș.a. -*Porcherie et Environnement* -Institut Technique du Porc, Série III-1974. Paris.
4. Ballay, D., Catroux, J. -*Possibilités de limitation des nuisances et des mutations ducs aux élevages porcins*. Buletin technique d'information les batiments d'élevage, nr. 294, 1974.
5. Bear, J. -*Dynamics of fluids in porous media*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 1972.
6. Bear, J. -*Hydraulics of groundwater*. McGraw-Hill. New York. 1979.
7. Berar, U. -*Folosirea apelor uzate de la crescătoriile de animale în Republica Democrată Germană*. Probleme agricole. nr. 2 1968. București.
8. Berbecel, O., Mihoc, C., Cusursuz, B., Povară, R. -*Clasificarea anilor agricoli și sezanelor după structura condițiilor agrometeorologice specifice; precizarea tipurilor de ani, funcție de resursele termice și hidrice*. Hidrotehnica nr. 12/1988.
9. Bercea, I., Carol-Dimitriu Emilia -*Implicații epizootologice ale poluării cu leptospire a produselor reziduale din crescătoriile industriale de porci*, Comunicare Simpozion A.S.A.S., 1976.
10. Bercea, I., Carol-Dimitriu Emilia, Andreescu Ileana -*Comportarea leptospirelor în produsele reziduale provenite din unitățile industriale de creștere a porcilor*. Comunicare la sesiunea științifică în cinstea celei de-a 60-a aniversări a P.C.R., București 7.05.1981.
11. Bercea, I., Carol-Dimitriu Emilia, Andreescu Ileana -*Investigații privind potențialul epizootogen al produselor reziduale rezultate din unitățile de creștere industrială a porcilor*. Valorificarea pentru producția vegetală a nămolurilor și a apelor uzate de la complexele zootehnice. București, 1986.
12. Blidaru, V., Pricop, Gh., Wehry, A. -*Irigații și drenaje*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
13. Blitz, E. -*Concepția actuală privind proiectarea lucrărilor de combatere a impurificării apelor*. Hidrotehnica nr. 12/1971. București.
14. Blumentfeld, M. -*Introducere în metoda elementelor finite*. Editura Tehnică. București. 1995.

15. B o g o e v, S., ș.a. -*Cercetări în domeniul epurării apelor uzate de la animale în R.P. Bulgaria*. Simpozion Internațional "Epurarea Apelor În Zootehnie". Varna, noiembrie 1975.
16. B o r z a, I. -*Valorificarea pentru producția agricolă a nămolurilor și apelor uzate de la complexele zootehnice*. Contract nr. 3203/1983. Arhiva I.C.P.A. București.
17. B r a n d e s, H. -*Particularități tehnologice ale irigației cu ape uzate, prin aspersiune, folosind instalații semimobile*. Hidrotehnica, nr. 11/1971, București.
18. B r i l l y, M. -*Hydrodynamics of groundwater pollution*. Hydrosoft '84.
19. B r u c h, J.C., S t r e e t, R.L. -*Two-Dimensional Dispersion*. Journal of the Sanitary Engineering Division, decembrie 1967.
20. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Eficiența amenajărilor cu apă uzată executate până în prezent și propuneri de măsuri în vederea măririi eficienței*. Contract nr. 790/1988 prin I.C.I.T.I.D. Băneșa-Giurgiu. Beneficiar D.G.E.I.F.C.A. București.
21. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Eficiența amenajărilor de irigații cu apă uzată provenită de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor executate până în prezent și propuneri de măsuri în vederea sporirii eficienței acestora*. Contract nr. 139/1989 prin I.C.I.T.I.D. Băneșa-Giurgiu. Beneficiar D.G.E.I.F.C.A. București.
22. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Eficiența amenajărilor de irigații cu apă uzată provenită de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor executate până în prezent și propuneri de măsuri în vederea sporirii eficienței acestora*. Contract nr. 139/1/1990 prin I.C.I.T.I.D. Băneșa-Giurgiu. Beneficiar D.G.E.I.F.C.A. București.
23. C a r a b e ț, A. -*Cercetări pentru elaborarea soluțiilor și tehnologiilor de distribuție a dejecțiilor din complexele zootehnice, la irigarea culturilor, în contextul reducerii consumului de energie și a protecției mediului înconjurător*. Contract nr. 89/1991 prin I.C.I.T.I.D. Băneșa-Giurgiu. Beneficiar D.G.E.I.F.C.A. București.
24. C a r a b e ț, A. -*Utilizarea solului ca sistem epurator al apelor uzate provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor*. Lucrările conferinței Sisteme hidrotehnice în impact cu mediul. Timișoara. 1991.
25. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Aspecte privind exploatarea amenajărilor de distribuție în câmp a apelor uzate provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor din județul Timiș*. Lucrările simpozionului Ameliorațiile funciare și folosirea energiei neconvenționale în agricultură. Timișoara. 1992.
26. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Aprecieri asupra surselor de apă din amenajarea pentru irigații de la COMTIM Beregsău, județul Timiș*. Lucrările simpozionului Ameliorațiile funciare și folosirea energiei neconvenționale în agricultură. Timișoara. 1992.
27. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Aprecieri asupra distribuției umidității solului și factorii ce intervin în modificarea acesteia*. Lucrările simpozionului Ameliorațiile funciare și folosirea energiei neconvenționale în agricultură. Timișoara. 1992.
28. C a r a b e ț, A., S c h i m e k, N. -*Betrachtungen Betreffend die Evakuierung der Abwässer von der Schweinezüchtere COMTIM Voiteni, Kreis Timiș*. Buletinul științific și tehnic al I.C.T. Timișoara. Tom 39(53) Construcții hidrotehnice. 1994.

29. Carabeț, A., Schimek, N. -*Betrachtungen über einige Klimatische Factoren in der zone Beregsău Mare, Kreis Timiș.* Buletinul științific al U. P. Timișoara, Tom 41(55) Hidrotehnica, 1996.
30. Carabeț, A., Schimek, N. -*Betrachtungen über die seasonschwankungen des grundwasserspiegel in der zone Beregsău Mare, Kreis Timiș.* Buletinul științific al U. P. Timișoara, Tom 41(55) Hidrotehnica, 1996.
31. Catroux, G., Germon, J.C., Graffin, Ph. -*L'utilisation du sol comme système épurateur.* Annales agronomiques, 25 (2-3), pag. 179-193, 1974.
32. Chang, S., Yeh, W.A. -*A proposed algorithm for the solution of large scale invers problem in Groundwater.* Water Resources Reseach, vol. 12, nr. 3/1976.
33. Chiriac, V. -*Instalații pentru epurarea apelor reziduale.* Comitetul de Stat al Apelor, București, 1966.
34. Chiriac, V., Gueron, I., Negulescu, C.A.L. -*Le traitement des eaux usées provenant des fermes pour l'élevage intensif des porcs.* Tribune de Cebedeau. vol. 27, nr. 371, p. 406-413, Liège, 1974.
35. Chiriac, V., Ghederim Veturia, Ionescu-Sisești, Vl., Negulescu, C.A.L. -*Epurarea apelor uzate și valorificarea reziduurilor din industria alimentară și zootehnie.* Editura Ceres, 1977, București.
36. Chung, T.J. -*Finite element analysis in fluid dynamics.* McGraw-Hill, Inc., 1978.
37. Cîneti, A. -*Resursele de apă subterană ale României.* Editura Tehnică. 1990, București.
38. Constantinescu, Gh.P. -*Captările de ape subterane din România.* Editura Tehnică, 1980, București.
39. Coppenet, M. -*L'épandage du lisier de porcherie, ses conséquences agronomiques.* Annales agronomiques, 25 (2-3), pag. 403-423, 1974.
40. Cute, E., Mambet, E., Juriari, E., Murgoci, C. -*Cercetări privind epurarea apelor uzate de la crescătoriile de porci.* Studii de Protecția și Epurarea Apelor, I.S.C.H., vol. IX., București, 1967.
41. Danchiv, Al. -*On the inverse problem in aquifers calibration.* Panel discussion. X-nth ICSMFE. Theme 3, Stockolm, 1981.
42. Danchiv, Al. -*Simularea numerică a transportului poluanților în acvifere.* Hidrotehnica, nr. 3/1988.
43. David, I. -*Contribuții la studiul mișcării prin medii poroase cu aplicații în calculul hidraulic al captărilor subterane.* Teza de doctorat, I.P.T.V. Timișoara, 1973.
44. David, I. -*Hidraulică.* Curs lito. U.T. Timișoara, 1990.
45. David, I., Șumălan, I., Chivereanu, D., Carabeț, A., ș.a. -*Impactul surselelor de poluare asupra resurselor de apă subterană. Modele de simulare numerică, metode și soluții de limitare și asanare.* Contract nr. 5004/C/1993 prin U.T. Timișoara. Beneficiar Ministerul Învățământului.

46. David, I., Șumălan, I., Lazăr, G., Carabeț, A. -*Impactul surselor de poluare asupra resurselor de apă subterană. Modele de simulare numerică, metode și soluții de limitare și asanare.* Contract nr. 4004/1995 prin U.P. Timișoara. Beneficiar Ministerul Învățământului.
47. David, I., Carabeț, A., Șumălan, I., Nitușcă, A. -*Transportul poluanților prin medii fluide.* Curs lito. U.P. Timișoara, 1995.
48. Davidescu, D., Davidescu Velicica -*Agrochimia modernă.* Editura Academiei R.S.R., București, 1981.
49. Domenico, P.A., Schwartz, F.W. -*Physical and chemical hydrogeology.* Hamilton Printing Company, New York, 1990.
50. Donciu, C. -*Evapotranspirația potențială în calculul eficienței precipitațiilor pentru agricultură.* Hidrotehnica, nr. 5/1986.
51. Drobot, R. -*Model matematic de programare liniară pentru evaluarea transmisivității unui mediu permeabil neomogen.* Hidrotehnica, nr. 12/1983.
52. Drobot, R., Toma, C. -*Model matematic pentru calarea parametrilor hidrogeologici în cazul mișcării permanente planorizontale.* Hidrotehnica, nr. 34/1989.
53. Dumitru, M. -*Cercetări cu privire la prevenirea și combaterea poluării solului cu produse reziduale (ape uzate și nămoluri) provenite de la complexele pentru creșterea industrială a porcilor.* Teză de doctorat I.A.N.B., București, 1983.
54. Dumitru, E., Dumitru, M., Jinga, I., Teodoriu, A., Nastea, Ș. -*Influența produselor reziduale rezultate de la complexele de creștere a porcilor asupra solului și producțiilor obținute.* Producția vegetală, cereale și plante tehnice, nr. 11/1984, București.
55. Engesgaard, P., Christensen, H. -*A review of chemical solute transport models.* Nordic Hydrology, nr. 19/1988.
56. Floarea, O., Dima, R. -*Procese de transfer de masă și utilaje specifice.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1942.
57. Fried, J.J. -*Groundwater pollution.* Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1975.
58. Frugină Elisabeta -*Scurgerea subterană freatică în Câmpia de Vest.* Hidrotehnica, nr. 10/1987
59. Germani, D. -*Hidraulică teoretică și aplicată.* Tipografia Finanțe și Industrie. București, 1942.
60. Ghederim Veturia, ș.a. -*Inventarierea și caracterizarea apelor uzate și a nămolurilor rezultate de la complexele zootehnice.* I.C.P.E.G.A., Contract nr. 334/1982.
61. Glerum, J.C., ș.a. -*The separation of solid and liquid parts of pig slurry.* Livestock Waste Management Conference, Columbus (Ohio.), aprilie 1971.
62. Glimbovschi, M., ș.a. -*Protecția calității resurselor de apă, cerință importantă a dezvoltării economiei naționale.* Hidrotehnica, nr. 12/1972, București.
63. Gobjilă, W., ș.a. -*Valorificarea agricolă a apelor uzate, mijloc eficient de epurare.* Hidrotehnica. Meteorologia și Gospodărirea Apelor, nr. 4/1967. București.

64. G o b j i l ă, W. -*Folosirea apelor uzate în agricultură*. Sinteză documentară C.I.D.H., București, 1972.
65. G u e r o n, I., -*Epurarea apelor uzate de la complexul de creștere și îngrășare a porcilor Kuznețov (U.R.S.S.)*. Tratarea și Epurarea Apelor, C.I.D.H., seria B, nr. 4/1973.
66. G u d j a b i d z e, C.S. -*Observații experimentale asupra dezvoltării și viabilității ouălor de Ascaris lumbricoides în solul câmpurilor irigate*. Probleme de parazitologie, Academia R.S.R., 1960.
67. I o n e s c u-S i s e ș t i, V l., N a s t e a, Ș t., J i n g a, I. -*Cercetări cu privire la influența asupra solului a irigației cu ape reziduale provenite de la complexul de creștere și îngrășare industrială a porcilor Căzănești-Ialomița*. Lucrări științifice I.A.N.B. București, vol. XV, Seria A., 1972
68. I o n e s c u-S i s e ș t i, V l., R o m a n, G h., R ă u ț ă, C., N a s t e a, Ș t. -*Epurarea prin intermediul solului a apelor și nămolurilor provenite de la complexe industriale de creștere a porcilor*. Revista Știința Solului, nr. 4/1973.
69. I o n e s c u-S i s e ș t i, V l., C h i r i a c, V., G h e d e r i m V e t u r i a -*Cercetări privind stabilirea condițiilor și normelor de utilizare în agricultură a produselor reziduale provenite de la complexe industriale de creștere și îngrășare a porcilor*. Redacția de propagandă tehnică agricolă, București, 1978.
70. I o n e s c u-S i s e ș t i, V l. -*Unele probleme ale irigației terenurilor agricole cu ape uzate provenite de la complexe de creștere a porcilor*. Hidrotehnica, nr.5/1980. București.
71. I o n e s c u-S i s e ș t i, V l. ș a. -*Irigarea culturilor*. Editura Ceres, București, 1982.
72. J i n g a, I. -*Cercetări privind valorificarea prin irigație a apelor reziduale, provenite de la complexe pentru creșterea și îngrășarea industrială a porcilor*. Teză de doctorat I.A.N.B. București, 1971.
73. J i n g a, I. -*Realizări și orientări în tehnologiile de valorificare a nămolurilor și de epurare a apelor provenite de la crescătoriile de animale, sectorul agricol și industria cărnii*. Centrul de material didactic și propagandă agricolă. București, 1978.
74. J u r u b e s c u, V. -*Reciclarea nepoluantă a reziduurilor zootehnice*. Editura Ceres, 1977.
75. L o e h r, C., R a y m o n d, J. -*Pollution control for Agriculture*. Academic Press, Inc. New York, San Francisco, London, 1977.
76. M a m b e t E u g e n i a, C u t e, E., H ă r c e a g, V., V a s i u A u r o r a, P e t r e a n u, M., R u s u, G h. C. -*Noi tipuri de instalații pentru epurarea apelor uzate*. Simpozionul "Probleme actuale ale protecției și tratării apelor în R.S.România", Timișoara, 1984, vol. IV, pag. 449-452.
77. M a t e e s c u, C r., ș a. -*Probleme actuale ale gospodăririi apelor în Republica Socialistă România*. Hidrotehnica, Gospodărirea Apelor, Meteorologia, nr. 2/1969, București.
78. M ă n e s c u, S., D u m i t r a c h e, S., C u c u, M., F u i o a g ă, E. -*Igiena Mediului*. Editura Medicală, București, 1981.
79. M e t z g e r, L. Y., M i n g e l g r i n, B. -*Soil hydraulic conductivity as affected by physical and chemical properties effluents*. Agronomic, nr. 3/1983.

80. Minciuță, V. -*Potențialul epizootologic al apelor reziduale provenite de la complexele zootehnice*. Știința Solului, vol. 11, nr. 4, pag. 70-74, 1973.
81. Miner, R.J., Smith, R.J. -*Livestock waste management with pollution control*. North Central, Reg. Res. Publication 222, Ames (Iowa), 1975.
82. Müller, G. -*Biologia solului*. Editura Agrosilvică, București, 1968.
83. Nastea, Șt., Răuță, C., Jinga, I., Dumitru, M., Dumitrescu Florentina -*Influența irigației cu ape uzate de la I.S.C.I.P. Căzănești asupra însușirilor fizico-chimice ale solului din Lunca Ialomiței*. Comunicare la simpozionul A.S.A.S. București, 1976.
84. Nastea, Șt., Dumitru, M. -*Poluarea mediului cu reziduuri zootehnice. Valorificarea pentru producția vegetală a nămolurilor și a apelor uzate de la complexele zootehnice*. București, 1986.
85. Negulescu, C.A.L. -*Probleme actuale ale epurării apelor uzate de la marile complexe industriale de creștere a porcilor*. Hidrotehnica, vol. 16, 1971. București.
86. Negulescu, C.A.L. -*Contribuții la epurarea biologică a apelor uzate de la crescătoriile industriale de porci*. Teză de doctorat, Institutul de Construcții București, 1977.
87. Negulescu, M., Antoniu, R., Rusu, G., Cușă, E. -*Protecția calității apelor*. Editura Tehnică, București, 1982.
88. Noorishad, J., Mehran, M. -*An upstream finite element method for solution of transient transport equation in fractured porous media*. Water Resources Research, vol.18, nr. 3/1982.
89. Norrie, D.H., de Vries, G. -*The finite element method*. Academic Press, New York and London, 1973.
90. Obrejeanu, Gr., Puiu, Șt. -*Pedologie*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1972.
91. Ogata, A., Banks, R.B. -*A solution of the differential equation of longitudinal dispersion in porous media*. U.S. Geology Survey Professional Paper, 411-A, 1961.
92. Pickens, J., Lennox, W. -*Numerical simulation of waste movement in steady groundwater flow systems*. Water Resources Research, vol.12, nr. 2/1976.
93. Pietraru, V. -*Calculul infiltrațiilor*. Editura Ceres, București 1977.
94. Pietraru, V., Drobot, R. -*Model matematic pentru evaluarea alimentării naturale a pânzelor de apă freatică*. Hidrotehnica, nr. 8/1980.
95. Pietraru, V., Drobot, R. -*Determinarea debitului potențial al straturilor acvifere granulare prin programare liniară*. Hidrotehnica. 12/1980.
96. Prickett, T.A., Naymik, T.G., Lonquist, C.G. -*A random-walk solute transport model for selected groundwater quality evaluation*. Illinois Water Survey, Campaign, 1981.
97. Pricop, Gh., ș.a. -*Irigații și drenaje*. Editura Ceres, București, 1982.
98. Rauschkolb, R. -*Land degradation Soil bulletin 13*. F.A.O. Roma, 1971.

99. Refsgaard, A. -*An experimental investigation of dispersion in heterogenous saturated porous media*. Technical University of Denmark. Lyngby, 1986.
100. Roman, Gh.V. -*Contribuții la studiul epurării apelor uzate provenite de la complexele industriale de creștere a porcilor prin folosirea la irigarea culturilor agricole*. Teză de doctorat, I.A.N.B., București, 1974.
101. Roman, P. -*Introducere în fizica poluării fluidelor*. Editura Științifică, București, 1980.
102. Răducănescu, H., Bica Popii, V., Țogoe, I. -*Dinamica decontaminării spontane de germeni de origine fecală a terenurilor irigate cu ape uzate și/sau fertilizate cu nămolul de la complexele de porci*. Valorificarea pentru producția vegetală a nămolurilor și a apelor uzate de la complexele zootehnice. București, 1986.
103. Sandu, Gh., Vlas, I., Mladin, M. -*Salinitatea solurilor și cultura plantelor*. Ceres, București, 1986.
104. Smedt De, F. -*Protection of groundwater sources of pollution and protection measures*. Interuniversity postgraduate programme in hydrology. Free University of Brussel, 1993.
105. Stănescu, C.T. -*"Calajul în debite" al modelelor matematice din hidraulica subterană*. Al II-lea simpozion "Calitate și eficiență în hidrotehnică", București, 1987.
106. Teru, D. -*Impurificarea apelor subterane*. Hidrotehnica, Gospodărirea Apelor, Meteorologia. nr. 2/1968, București.
107. Tomescu, V. -*Caracteristicile apelor reziduale și posibilități de epurare corespunzătoare*. Revista de Zootehnie și Medicină Veterinară, nr. 11/1971.
108. Trofin Elena, Mănescu, M. -*Hidraulică subterană și protecția apelor subterane*. Curs lito. I.C. București, 1982.
109. Underwood, C. -*Irrigation with animal waste*. Soil Conservation, vol. 35. noiembrie 1968.
110. Vintilă Irina, Băjescu Irina, Handra Margareta, Pop Claudia, Țigănaș Letiția, Vintilă, M. -*Compoziția chimică a dejecțiilor de animale crescute în sistem industrial*. Știința Solului. Noutăți nr. 2-3, 1978.
111. Zamfir, Gh. -*Poluarea mediului ambiant*. Vol. 1 și 2, Editura Junimea, Iași. 1971.
112. Walton, C., William, P. -*Handbook of analytical groundwater models*. International Groundwater Center Indiana, 1984.
113. Wang, F., Anderson, P. -*Introduction to groundwater modelling. Finite difference and finite element methods*. San Francisco, 1982.
114. Wheatland, A. B. -*Le Traitement des effluents des fermes*. Tribune du Cebedeau, 235-236, Liège, 1963.
115. Wierzbincki, J. -*Avantajele neutralizării apelor uzate în sol, prin folosirea lor în agricultură*. Hidrotehnica, 1/1962, București.
116. * * * -*Monografia geografică a R.P. România*. Editura Academiei, București, 1960.
117. * * * -*Studiu hidrogeologic pe baza forajelor executate de I.S.P.I.F. București pentru Rețeaua R.S.R. "BANAT"*. I.S.P.I.F. București, Contract nr. 294/1966.

118. * * * -*Studii și cercetări privind stabilirea condițiilor și normelor de utilizare în agricultură a produselor reziduale (ape uzte și nămoluri), provenite de la complexele industriale de creștere și îngrășare a porcilor.* Sinteze de etapă pe baza datelor experimentale din anul 1973. Lito I.S.C.P.Z., 1973.
119. * * * -*Cercetări privind stabilirea condițiilor și normelor de utilizare în agricultură a produselor reziduale (ape uzate și nămol), provenite de la complexele industriale de creștere și îngrășare a porcilor.* Sinteza 1972-1975. Lito I.C.P.G.A., 1975.
120. * * * -*Instrucțiuni cadru de exploatare a sistemului de epurare și valorificare a apelor uzate și nămolurilor provenite de la complexele de creștere și îngrășare a porcilor.* I.S.P.C.A.I.A., București, 1977.
121. * * * -*Les zones parasitaires. Rapport d'un Comité O.S.M. d'experts avec la participation de la F.A.O. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 1979.*
122. * * * -*Metodologia de proiectare a amenajărilor complexe de îmbunătățiri funciare cu valorificarea apelor uzate provenite de la complexele de porci la fertilizarea terenurilor agricole.* I.S.P.I.F. București, 1980.
123. * * * -*Groundwater models.* UNESCO, 1982.
124. * * * -*Studiu hidrogeologic definitiv pentru alimentarea cu apă a municipiului Timișoara.* Direcția Apelor Mureș Banat, Contract nr. 393/1983.
125. * * * -*Standards methods for the Examination of water and Wastewater.* American Publication Health Association ed. 15, Washington, 1981.
126. * * * -*STAS 1342-91. Apă potabilă.*
127. * * * -*STAS 4706-88. Ape de suprafață. Categori și condiții de calitate.*
128. * * * -*STAS 9450-88. Apă pentru irigarea culturilor agricole.*
129. * * * -*AQUA. Program de calcul și documentație.* Vatnaskil Consulting Engineers. 1989.
130. * * * -*Anuarul statistic al României 1950-1996.* Editura Tehnică.
131. * * * -*Ghid monografic al județului Timiș.* Consiliul Județean Timiș. Editura Mirton, 1996, Timișoara.
132. * * * -*Strategia de acțiune a S.C. COMTIM-HOLDING S.A. privind prevenirea poluării apelor subterane și de suprafață.* Dezbateri instruire cu tema "Prevenirea și combaterea polării apelor cu dejecțiile provenite de la fermele de creștere a animalelor". Timișoara 7-8.11.1995

Temperatura aerului (medie lunară) înregistrată la stația meteo Timișoara (în °C)

Anul	Luna														Media
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1971	-0,4	2,4	3,4	11,4	18,5	19,0	21,3	22,2	14,2	8,8	5,5	2,4	10,7		
1972	-0,2	3,8	7,9	13,2	16,7	21,1	22,3	20,0	13,7	8,8	5,6	1,1	11,2		
1973	-0,8	2,6	4,9	10,0	17,1	19,2	21,1	20,8	18,0	10,1	2,6	0,1	10,5		
1974	0,8	5,6	7,7	10,0	14,4	17,5	20,0	21,8	17,6	8,4	5,6	2,4	11,0		
1975	0,9	0,2	8,8	11,0	17,6	19,4	21,0	19,7	18,2	10,2	3,7	0,5	10,9		
1976	-2,0	-1,3	1,2	11,7	15,6	18,1	21,6	17,3	15,2	11,8	7,2	1,3	9,8		
1977	1,0	5,9	1,5	9,6	17,1	20,2	20,9	19,7	14,1	9,1	6,2	-2,8	10,2		
1978	0,4	0,8	6,7	10,2	13,8	17,8	19,9	19,2	14,4	10,4	2,4	2,2	9,9		
1979	-2,0	3,0	8,0	9,6	17,0	21,7	19,0	19,5	16,9	10,1	7,5	4,1	11,2		
1980	3,7	2,4	5,5	8,5	14,0	19,2	19,6	19,6	15,3	11,9	5,0	-0,3	10,4		
1981	-3,4	0,7	8,1	10,4	15,9	20,5	20,4	24,6	17,5	12,5	4,0	0,9	11,0		
1982	-3,4	-1,3	5,4	8,0	17,6	19,9	20,7	21,0	19,8	12,6	4,6	4,6	10,8		
1983	2,7	0,4	7,4	13,0	18,1	18,8	22,7	20,9	16,0	10,0	2,1	0,4	11,0		
1984	0,8	1,5	4,9	10,7	16,2	18,0	19,2	20,2	17,7	12,7	6,3	0,5	10,7		
1985	-5,8	-6,1	5,2	11,4	18,1	17,0	21,7	21,3	16,3	11,0	5,3	4,1	10,0		
1986	0,8	-1,3	5,0	13,6	18,5	19,3	19,9	22,1	16,7	10,3	6,0	-1,5	10,8		

continuar la Anexa 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	-3,7	1,3	1,0	10,9	14,5	20,0	24,0	19,2	19,3	11,5	7,1	1,5	10,4
1988	3,2	3,4	5,1	10,2	16,2	19,0	23,4	21,8	16,3	10,3	0,2	1,4	10,9
1989	-1,5	3,8	9,0	13,9	15,4	18,0	21,7	20,7	16,0	11,1	4,7	1,4	11,2
1990	-0,2	4,7	9,4	11,4	16,6	19,4	21,0	20,8	14,0	12,5	7,8	0,7	11,6
1991	-0,4	-0,8	8,9	9,2	12,4	18,8	21,9	19,3	16,4	10,1	5,4	-3,3	10,2
1992	-2,3	0,6	4,8	11,5	16,0	19,4	21,4	24,4	15,9	10,8	5,1	-1,2	10,6
1993	-0,7	-4,6	2,8	10,7	17,3	19,4	20,4	20,7	15,2	13,1	1,7	3,2	9,6
1994	3,0	1,8	7,8	11,0	14,9	17,8	23,6	19,1	18,9	10,2	5,7	1,6	11,4
1995	-0,9	5,3	5,9	10,8	15,7	19,3	23,6	20,5	15,2	11,4	4,1	1,5	11,0
Media	-0,1	0,8	4,3	9,0	14,6	17,8	20,1	21,2	17,9	12,6	7,2	2,5	10,7

Precipitații înregistrate la Săcălaz (în mm)

Anul	Luna														Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1971	10,3	13,3	17,2	27,6	115,9	145,1	49,2	59,7	31,4	169,5	25,9	48,2	713,5		
1972	7,7	7,0	18,4	37,2	39,8	75,9	128,1	177,2	25,7	28,3	19,1	5,5	569,9		
1973	49,3	2,7	27,3	38,5	22,9	35,1	57,0	41,7	97,8	42,6	24,9	42,7	482,5		
1974	41,2	54,4	32,8	57,3	26,0	36,8	46,4	49,1	33,3	12,8	75,4	41,2	506,7		
1975	15,8	59,0	26,0	21,1	74,6	95,8	24,5	8,5	88,8	6,0	11,7	37,5	469,3		
1976	56,7	22,9	29,5	62,5	20,2	93,8	56,3	44,4	11,4	38,0	36,9	45,5	518,1		
1977	30,2	13,0	34,8	44,9	71,1	27,0	27,4	15,3	20,9	46,5	59,5	39,2	429,8		
1978	36,5	22,9	61,7	27,4	58,7	86,6	55,2	35,9	76,5	78,6	23,5	119,0	682,5		
1979	62,6	14,0	37,6	38,2	40,7	76,0	90,7	9,2	11,9	57,6	11,3	62,1	511,9		
1980	28,0	15,1	17,6	26,1	51,3	87,9	33,1	16,5	51,4	25,2	19,1	32,2	403,5		
1981	89,8	20,6	20,0	12,1	91,3	48,2	31,1	26,7	51,5	34,5	37,1	15,4	478,3		
1982	32,8	72,9	33,7	49,7	113,7	77,5	7,0	42,8	10,3	8,9	90,8	22,1	562,2		
1983	83,7	90,9	33,6	59,7	96,6	64,0	152,0	31,4	0,0	20,2	2,0	48,7	682,8		
1984	71,4	5,0	38,3	43,9	161,4	120,4	21,7	21,0	11,1	9,1	72,0	20,9	596,2		
1985	51,6	28,8	67,8	34,7	25,5	97,0	13,4	20,3	63,2	19,6	18,7	35,1	475,7		
1986	2,9	7,3	29,6	79,4	38,8	82,7	10,7	122,8	61,8	30,1	69,1	27,4	562,6		

continuare la Anexa 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	3,3	23,2	54,8	38,9	26,5	62,9	22,0	19,3	28,9	35,3	32,6	58,3	406,0
1988	7,4	20,7	29,5	40,8	79,7	107,6	100,8	47,0	38,7	94,1	42,4	12,5	621,2
1989	13,5	20,4	7,7	32,2	18,5	162,4	42,4	1,1	43,5	157,2	79,0	37,0	614,9
1990	5,2	23,0	61,6	25,5	2,4	33,9	66,6	48,0	40,1	6,9	51,8	40,4	405,4
1991	28,5	30,4	8,3	42,0	16,0	63,8	11,4	23,7	38,6	35,4	21,2	13,7	333,0
1992	34,3	34,1	17,8	47,2	58,2	126,8	37,0	17,7	61,3	2,1	27,1	27,5	491,1
1993	6,2	30,4	8,7	46,8	41,4	92,5	28,1	44,7	25,0	68,5	25,2	31,4	448,9
1994	5,4	40,2	7,8	36,9	36,7	43,5	160,4	101,2	44,2	95,8	58,7	0,0	630,8
1995	48,0	6,7	39,2	54,0	54,0	38,5	57,9	64,8	46,7	12,1	35,6	6,4	463,9
Media	32,9	27,2	30,5	41,0	55,3	79,3	53,2	43,6	40,6	45,5	38,8	34,8	522,6

Precipitații înregistrate la Becicherecu Mic (în mm)

Anul	Luna													Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1971	50,2	7,4	35,1	46,2	56,2	43,0	52,7	62,4	50,0	15,4	33,2	6,0	457,8	
1972	6,3	38,4	4,2	38,5	30,7	42,1	162,1	96,7	47,3	99,1	52,0	0,0	617,4	
1973	7,3	36,5	10,6	41,9	49,6	102,7	99,1	20,4	33,5	61,5	21,4	33,4	518,2	
1974	8,1	12,9	19,0	21,2	119,1	162,3	46,0	64,8	32,8	172,7	27,8	50,9	737,6	
1975	8,0	5,2	18,0	39,4	49,8	88,7	106,7	198,8	26,3	26,2	20,8	6,6	594,5	
1976	42,7	1,5	28,1	35,2	28,5	64,9	28,5	44,6	110,1	43,5	22,2	43,2	493,0	
1977	42,4	66,7	35,5	67,0	32,1	22,7	57,6	28,8	26,2	42,5	37,1	62,7	521,3	
1978	17,7	64,5	23,8	20,2	71,9	87,3	23,1	17,2	79,6	5,2	10,5	44,4	465,4	
1979	62,6	24,5	36,1	49,7	21,2	85,9	51,0	46,9	15,3	36,2	38,4	48,7	516,5	
1980	36,1	18,2	43,8	58,1	68,1	56,9	54,1	20,2	13,2	54,4	74,1	50,8	548,0	
1981	32,9	23,1	59,7	33,7	45,7	75,9	45,7	25,4	74,4	69,3	24,6	121,6	632,0	
1982	48,0	15,0	54,2	47,7	29,9	86,7	135,0	16,6	19,1	52,5	11,8	56,7	573,2	
1983	33,2	9,0	19,4	16,4	50,7	70,0	43,7	19,7	58,9	36,0	18,0	15,1	390,1	
1984	68,8	20,9	21,0	13,3	102,2	61,8	24,5	42,6	47,3	45,3	41,9	23,2	512,8	
1985	30,5	68,7	23,1	45,2	68,2	83,2	10,4	50,9	13,3	9,0	91,2	10,8	504,5	
1986	57,3	65,4	27,8	41,3	58,7	32,4	115,9	55,2	1,3	20,3	1,8	41,7	519,1	

continuare la Anexa 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	77,7	9,8	43,6	59,4	127,6	79,8	15,1	16,3	20,5	4,2	77,7	21,9	553,6
1988	52,5	35,9	67,1	22,6	31,9	108,9	21,8	20,4	58,6	27,8	19,3	36,4	503,2
1989	1,6	15,1	28,1	100,0	41,8	114,4	27,6	163,5	53,0	35,4	85,6	26,9	693,0
1990	6,3	26,3	63,3	27,5	12,6	46,9	58,5	13,0	42,2	26,5	35,7	65,6	424,4
1991	8,6	19,8	36,5	35,0	80,4	61,0	93,9	11,8	36,3	77,6	42,2	15,8	518,9
1992	17,5	19,1	2,7	16,1	10,3	185,0	11,8	5,8	38,0	40,9	46,5	37,0	430,7
1993	7,6	15,9	54,5	34,5	17,7	14,7	48,3	35,9	39,1	14,4	50,3	89,7	422,6
1994	50,0	32,4	22,5	72,9	24,9	65,3	32,3	56,0	0,1	44,1	10,7	34,9	446,1
1995	69,0	35,2	23,6	60,7	45,1	116,5	6,8	49,1	80,7	1,5	46,0	77,5	611,7
Media	33,7	27,5	32,1	41,7	51,0	78,4	54,9	47,3	40,7	42,5	37,6	40,9	528,3

Precipitații înregistrate la Beregsău Mare (în mm)

Anul	Luna														Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1971	44,5	12,6	36,2	46,1	75,3	41,5	101,4	51,2	37,9	13,0	33,4	7,2	500,3		
1972	3,3	40,5	6,1	37,4	30,7	38,5	151,7	95,2	47,6	82,7	54,3	0,0	588,0		
1973	5,4	33,5	12,4	61,9	39,2	90,8	57,3	30,9	20,4	89,1	41,7	28,4	511,0		
1974	14,3	16,2	20,4	28,9	125,7	101,9	50,2	44,3	26,6	132,7	28,9	47,6	637,7		
1975	8,9	9,2	14,3	39,1	43,6	76,5	125,3	140,5	22,4	23,9	20,3	5,3	529,3		
1976	50,4	3,5	24,6	37,2	35,1	57,4	69,8	41,5	81,8	44,6	25,7	41,9	513,5		
1977	0,0	63,2	43,5	63,7	36,8	16,0	69,9	79,9	36,3	16,3	73,5	41,5	540,6		
1978	17,3	63,3	27,5	18,7	47,1	131,7	33,8	6,8	51,7	19,2	7,4	46,2	470,7		
1979	62,8	29,3	32,3	36,8	82,7	79,4	59,0	36,5	14,1	44,1	30,6	48,3	555,9		
1980	24,1	19,9	43,5	53,4	59,4	45,2	21,8	19,6	14,7	51,5	84,8	42,2	480,1		
1981	28,2	16,2	75,1	23,7	38,5	116,4	30,5	27,7	67,1	54,6	32,8	98,3	609,1		
1982	32,2	15,0	37,2	46,1	23,8	147,6	54,9	26,1	18,4	47,6	12,5	56,7	518,1		
1983	24,3	9,5	14,2	17,9	44,1	67,2	23,1	16,4	42,0	18,2	14,7	13,8	305,4		
1984	60,2	38,9	17,8	13,9	95,3	41,4	47,2	31,6	40,0	51,7	45,9	16,2	500,1		
1985	23,2	65,8	23,0	53,1	66,5	64,8	11,0	52,7	4,8	11,3	90,3	10,4	476,9		
1986	48,4	47,3	25,4	97,7	82,0	16,2	94,6	27,2	0,0	12,1	1,5	40,8	493,2		

continuare la Anexa 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	98,8	3,4	54,6	52,4	152,5	109,9	25,1	45,0	16,2	5,1	65,5	21,2	649,7
1988	39,4	25,1	63,2	18,3	12,0	88,8	13,2	20,7	50,0	22,9	18,6	34,3	406,6
1989	0,0	11,6	24,0	88,7	35,9	90,1	14,9	112,9	65,6	25,3	82,3	20,7	572,0
1990	4,7	24,5	45,2	43,5	41,8	64,2	55,9	19,0	51,4	28,9	30,4	78,0	487,5
1991	8,0	16,0	40,3	38,7	91,9	100,8	151,5	69,4	36,8	80,9	39,1	16,3	689,7
1992	11,4	18,5	0,8	24,0	8,8	106,1	10,8	26,0	34,2	59,1	54,4	39,7	393,8
1993	5,5	11,0	52,9	28,6	9,6	26,9	31,5	27,6	39,9	17,7	46,9	67,5	365,6
1994	49,7	32,6	15,3	48,7	30,3	72,9	29,4	98,8	12,2	44,7	12,9	24,6	472,1
1995	63,4	33,4	20,5	61,7	51,5	115,7	14,0	65,7	58,5	1,5	27,3	66,4	579,6
Media	29,1	26,4	30,8	43,2	54,4	76,3	53,9	48,5	35,6	39,9	39,0	36,5	512,6

Precipitații înregistrate la Cărpiniș (în mm)

Anul	Luna														Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1971	46,7	7,5	37,5	47,6	55,5	22,3	63,7	61,1	39,3	11,0	37,3	6,7	436,2		
1972	2,9	46,7	0,5	30,1	23,8	37,2	155,8	99,6	49,1	97,6	57,7	0,0	601,0		
1973	8,4	34,5	9,9	52,7	40,6	73,6	104,4	8,2	10,7	72,3	26,2	27,8	469,3		
1974	12,6	8,5	16,4	28,4	103,2	110,0	51,9	62,8	30,6	164,3	24,9	50,2	663,8		
1975	7,8	7,0	13,5	36,1	45,1	89,0	137,9	138,6	23,2	25,9	23,3	8,7	556,1		
1976	61,8	2,8	27,1	42,8	17,0	73,9	103,0	36,8	77,2	41,2	27,4	41,1	552,1		
1977	40,2	71,9	39,0	58,9	37,0	20,4	54,8	68,5	40,5	16,9	76,9	43,9	568,9		
1978	19,2	73,0	26,9	21,7	67,0	90,6	21,0	23,4	59,9	16,5	9,6	47,4	476,2		
1979	74,9	23,1	39,5	52,6	26,2	83,3	42,8	48,9	24,3	45,5	42,9	55,0	559,0		
1980	26,3	17,6	49,3	65,4	68,2	20,9	13,5	20,5	10,1	61,0	86,8	51,5	491,1		
1981	27,3	23,1	74,1	38,1	47,1	97,0	36,3	43,7	77,9	92,7	29,2	119,6	706,1		
1982	26,0	37,8	50,0	45,6	36,8	101,4	38,5	69,2	18,1	51,4	14,4	55,6	544,8		
1983	26,2	15,4	16,3	21,2	60,8	55,2	26,5	12,9	58,0	23,2	18,2	12,2	346,1		
1984	71,2	27,6	21,7	16,0	101,2	48,4	31,5	43,5	53,7	61,8	40,8	17,9	535,3		
1985	28,5	68,4	24,6	50,2	96,9	85,1	18,7	50,6	10,3	10,2	95,9	13,9	553,3		
1986	63,0	72,6	31,9	51,9	33,1	24,9	159,2	30,3	0,9	22,8	1,5	40,8	532,9		

continuar la Anexa 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	73,1	6,9	55,3	53,0	132,5	86,1	15,8	25,7	24,2	4,5	62,7	19,8	559,6
1988	46,8	33,0	70,6	22,7	23,3	87,1	10,1	20,5	47,8	23,9	22,1	33,5	441,4
1989	2,3	8,6	33,5	98,8	52,6	104,2	13,0	171,7	55,2	29,8	67,6	27,5	664,8
1990	5,0	23,9	44,1	31,6	15,6	64,2	57,3	11,3	50,6	36,2	32,2	80,8	452,8
1991	8,2	12,7	41,6	39,1	84,5	71,6	109,7	24,2	38,2	95,4	45,5	20,9	591,6
1992	9,6	20,4	0,5	22,2	13,9	141,1	9,9	2,2	26,9	38,6	49,6	39,6	374,5
1993	8,1	12,5	51,0	32,1	21,7	15,8	52,5	30,2	29,6	12,1	51,1	72,4	389,1
1994	50,2	26,2	21,7	86,3	33,6	79,4	56,3	55,7	8,5	49,6	10,8	30,6	508,9
1995	65,2	32,3	20,5	55,0	48,7	91,2	34,7	77,2	72,6	3,5	38,1	64,4	603,4
Media	32,5	28,5	32,7	44,0	51,4	71,0	56,8	49,5	37,5	44,3	39,7	39,3	527,3

Precipitații înregistrate la Bobda (în mm)

Anul	Luna												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1971	59,3	5,3	36,7	38,1	53,2	56,6	51,2	38,4	60,0	13,1	31,9	6,6	450,9
1972	0,6	43,0	0,0	38,5	28,7	41,3	152,5	85,6	41,9	97,7	56,5	0,0	586,3
1973	5,4	26,4	7,8	43,5	36,8	37,0	59,9	19,2	8,0	59,4	24,2	27,1	354,7
1974	14,7	10,2	22,4	30,4	110,8	107,6	54,3	53,6	30,8	136,8	28,6	41,5	641,7
1975	7,4	7,5	19,9	38,9	57,0	60,0	137,5	133,2	28,7	22,2	18,6	3,2	534,1
1976	50,6	3,2	28,5	36,8	17,0	78,2	39,1	55,9	88,7	48,8	18,2	45,7	510,7
1977	35,1	71,7	36,7	93,5	40,6	17,3	81,6	78,6	53,0	16,8	79,7	42,3	646,9
1978	14,9	67,3	30,2	19,6	86,1	113,9	26,5	26,5	52,8	3,3	9,0	47,1	497,2
1979	75,7	25,8	35,1	35,0	48,8	118,2	48,3	60,1	14,3	47,6	42,3	50,8	602,0
1980	27,4	17,4	43,8	68,3	79,0	60,0	27,9	17,2	10,7	55,4	85,4	48,1	540,6
1981	31,5	23,6	76,0	35,5	30,8	87,4	52,0	46,1	95,6	67,1	32,8	113,2	691,6
1982	41,4	16,5	43,2	54,5	60,5	42,5	80,4	8,5	10,8	44,5	12,5	48,7	464,0
1983	21,4	12,5	13,5	17,0	44,1	41,0	14,7	11,4	60,2	25,2	17,3	15,1	294,0
1984	61,1	35,9	21,5	14,9	97,9	49,0	41,1	28,3	79,3	60,9	43,4	26,0	559,3
1985	30,4	65,7	26,9	44,8	64,9	79,3	15,4	67,7	5,3	9,6	93,4	12,0	515,4
1986	62,5	69,3	32,1	76,9	71,8	33,8	148,0	31,9	0,3	23,6	1,4	43,2	594,8

continuare la Anexa 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	91,9	3,4	52,5	50,1	119,2	66,1	26,9	27,3	10,8	1,8	82,0	20,2	551,7
1988	52,6	35,0	70,0	26,2	17,5	127,9	9,6	16,0	47,7	30,4	16,5	29,2	478,6
1989	1,6	10,2	28,2	73,1	34,1	88,5	9,2	113,1	71,1	27,3	77,6	26,1	560,1
1990	6,9	23,7	38,3	27,4	29,3	48,4	38,9	12,7	42,3	26,5	32,6	87,2	414,2
1991	7,9	14,1	34,6	38,6	78,0	65,9	149,0	78,6	46,0	105,1	41,3	15,2	674,3
1992	6,0	18,4	0,0	22,6	19,2	91,4	6,9	2,8	22,2	38,4	44,2	37,2	309,3
1993	5,7	14,8	47,7	35,8	19,2	23,7	60,5	35,1	35,4	12,2	59,2	69,4	418,7
1994	46,3	34,0	22,1	58,6	48,0	73,4	43,4	98,5	3,2	38,5	15,2	28,8	510,0
1995	54,5	29,6	26,5	56,0	72,2	80,6	13,2	67,7	56,0	2,0	23,4	73,5	555,2
Media	32,5	27,4	31,8	43,0	54,6	67,6	55,5	48,6	39,0	40,6	39,5	38,3	518,4

Precipitații înregistrate la Cenei (în mm)

Anul	I luna												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1971	41,1	10,7	33,2	39,6	89,0	37,2	86,4	29,6	35,1	12,0	33,3	6,4	453,6
1972	1,9	39,3	3,1	36,8	26,6	30,2	116,1	70,8	49,8	82,3	54,3	0,0	511,2
1973	3,8	33,0	6,4	70,4	40,6	80,0	69,8	10,7	12,5	115,8	26,4	26,0	495,4
1974	15,3	11,5	25,8	27,4	142,0	80,7	56,7	50,0	24,3	75,5	24,3	51,5	585,0
1975	9,6	9,5	11,1	36,9	49,8	70,9	107,6	85,5	12,9	29,0	27,5	3,2	453,5
1976	48,0	2,5	24,0	39,2	17,9	78,2	84,4	46,2	108,5	42,1	27,1	39,4	557,5
1977	29,2	72,7	46,3	64,3	40,9	18,9	76,7	63,9	39,0	16,5	77,7	36,6	582,7
1978	20,8	69,3	28,1	22,3	70,5	134,0	30,0	20,4	55,4	17,3	0,0	55,1	523,2
1979	68,9	31,2	48,7	44,7	64,8	89,6	95,8	41,7	11,5	51,6	33,0	52,0	633,5
1980	14,8	18,7	63,5	55,5	64,2	45,8	28,6	23,0	18,3	30,3	86,9	44,9	494,5
1981	23,1	18,4	77,3	26,1	30,9	130,2	37,8	29,8	73,5	46,7	27,8	91,0	612,6
1982	23,4	16,3	38,7	33,2	39,1	54,2	56,8	18,5	11,7	41,4	13,7	54,6	401,6
1983	18,9	15,1	16,5	10,5	55,4	68,4	24,9	11,3	43,9	19,0	19,6	14,1	317,6
1984	61,1	33,6	22,3	14,5	102,7	41,8	42,5	34,1	42,6	47,0	47,1	16,9	506,2
1985	24,3	68,8	25,8	45,0	60,8	85,5	12,2	48,0	5,0	8,1	87,5	14,9	485,9
1986	54,2	58,0	30,0	88,4	116,9	15,1	106,6	28,0	3,4	22,1	1,8	41,9	566,4

continuare la Anexa 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	91,8	3,4	62,4	49,8	172,3	86,1	26,8	32,2	16,5	5,1	63,5	20,2	630,1
1988	48,3	33,7	67,9	24,7	23,8	123,5	18,5	21,8	34,8	25,8	25,5	21,0	469,3
1989	0,4	10,5	25,1	88,2	52,9	65,8	19,4	106,4	63,8	28,9	65,3	21,9	548,6
1990	4,2	17,6	44,8	35,0	26,0	49,1	40,6	16,9	46,8	30,4	30,8	70,3	412,5
1991	8,0	15,8	34,3	31,6	77,1	57,8	122,6	72,5	31,5	77,7	41,7	19,5	590,1
1992	7,8	18,5	1,2	20,5	7,3	134,5	8,1	30,6	31,0	42,5	54,8	39,0	395,9
1993	6,3	14,7	47,2	28,2	8,5	31,9	51,4	50,9	41,6	10,1	53,4	64,2	408,4
1994	52,1	33,7	19,0	44,2	56,3	71,1	19,3	97,2	5,2	50,8	14,3	27,3	490,5
1995	56,5	34,1	19,3	34,6	44,0	102,2	26,3	46,9	59,6	2,8	30,6	84,7	541,7
Media	29,4	27,6	32,9	40,5	59,2	71,3	54,6	43,5	35,1	37,2	38,7	36,7	506,7

Precipitații înregistrate la Răuți (în mm)

Anul	Luna												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1971	42,2	11,5	34,1	42,4	87,8	44,5	90,7	32,9	32,9	13,7	31,2	6,8	470,7
1972	2,5	40,7	4,2	38,9	24,7	31,3	121,8	52,1	52,1	78,5	52,8	0,0	499,6
1973	4,2	31,5	7,2	72,7	36,5	88,4	72,2	10,3	10,3	107,1	24,0	25,4	489,8
1974	62,4	15,2	23,4	29,1	135,9	85,8	51,9	21,4	21,4	70,5	31,7	48,6	597,3
1975	49,6	11,7	9,4	40,5	47,1	77,4	120,8	19,5	19,5	24,1	22,2	5,0	446,8
1976	5,6	4,6	22,3	35,8	30,1	72,7	88,6	102,9	102,9	47,4	25,6	41,2	579,7
1977	14,5	67,9	46,5	62,3	35,5	24,0	46,5	36,8	36,8	18,1	72,4	43,0	504,3
1978	10,1	64,8	25,6	15,8	85,4	93,7	27,7	56,7	56,7	6,0	8,6	49,0	500,1
1979	3,3	27,7	28,9	39,5	29,2	96,7	56,3	13,1	13,1	51,6	33,0	46,1	438,5
1980	1,1	17,9	43,1	54,5	44,1	48,5	27,2	16,2	16,2	57,9	80,9	45,5	453,1
1981	48,4	18,7	71,4	28,2	35,6	112,0	21,8	79,1	79,1	54,7	37,5	105,9	692,4
1982	106,3	15,3	41,3	52,6	22,2	127,6	56,0	18,1	18,1	53,3	12,6	56,6	580,0
1983	46,4	10,9	15,4	19,3	46,2	71,0	33,2	46,4	46,4	16,8	15,3	18,5	385,8
1984	35,5	43,3	18,6	12,7	81,4	43,7	48,3	44,8	44,8	52,2	47,0	11,8	484,1
1985	63,5	70,4	25,3	49,7	65,4	66,4	9,2	4,6	4,6	9,9	83,4	17,3	469,7
1986	25,5	63,1	29,6	93,2	71,0	20,6	116,0	3,4	3,4	26,0	1,2	44,6	497,6

continuare la Anexa 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	36,0	0,9	51,3	53,4	147,6	112,8	29,0	14,5	14,5	4,5	70,1	19,7	554,3
1988	33,7	29,5	69,0	20,7	17,2	75,8	13,8	50,9	50,9	16,0	21,4	28,1	427,0
1989	26,6	11,8	24,4	91,6	45,6	79,9	10,6	52,4	52,4	30,2	76,7	25,9	528,1
1990	64,6	35,4	40,0	42,8	24,8	46,9	47,0	55,5	55,5	22,4	36,6	84,9	556,4
1991	15,8	21,4	33,0	31,6	102,7	70,2	118,7	36,6	36,6	80,5	51,2	16,4	614,7
1992	20,0	21,3	0,8	24,7	12,3	109,8	8,8	33,6	33,6	68,1	53,5	40,3	426,8
1993	50,7	11,5	58,3	34,5	26,3	43,3	30,8	36,6	36,6	17,9	47,1	65,8	459,4
1994	10,2	27,7	15,3	50,3	40,1	63,7	32,0	12,5	12,5	40,2	9,8	25,8	340,1
1995	17,6	33,5	22,9	64,2	53,8	125,0	16,7	72,5	72,5	1,9	26,5	71,3	578,4
Media	31,9	28,3	30,5	44,0	53,9	73,3	51,8	36,9	36,9	38,8	38,9	37,7	502,9

Evapotranspirația potențială (în mm)

Anul	Luna														Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1971	0,0	5,7	11,0	54,1	117,7	116,9	136,0	132,2	65,3	31,9	14,9	5,0	690,7		
1972	0,0	9,6	30,3	63,8	97,5	132,2	143,3	115,5	61,5	33,0	15,9	2,0	704,6		
1973	0,0	6,1	17,4	46,3	101,7	118,5	134,6	122,2	87,6	39,8	6,5	0,1	681,1		
1974	1,6	16,3	31,1	47,2	83,4	106,7	126,8	129,9	85,9	30,4	15,4	5,1	680,3		
1975	1,6	0,2	34,9	51,1	104,4	119,2	133,1	113,6	88,1	42,6	11,2	1,1	701,1		
1976	0,0	0,0	4,0	60,0	94,8	113,7	140,8	100,9	74,5	47,5	21,8	2,6	660,6		
1977	2,0	17,5	4,2	44,4	102,0	126,4	133,2	114,5	65,2	37,6	20,4	0,0	667,5		
1978	0,9	2,0	28,8	51,5	82,7	111,8	128,4	113,9	70,3	40,6	5,7	4,8	641,4		
1979	0,0	7,7	32,0	44,2	101,1	137,8	118,5	113,0	81,2	40,7	24,1	11,1	711,4		
1980	10,5	6,4	21,5	39,9	81,8	120,2	124,6	115,1	73,5	45,4	12,5	0,0	651,4		
1981	0,0	1,0	30,1	45,9	90,2	126,4	127,1	149,4	82,5	49,6	10,0	1,5	713,7		
1982	0,0	0,0	18,8	34,1	104,1	122,9	130,6	122,8	97,7	48,5	11,0	10,4	700,9		
1983	5,6	0,5	26,4	60,7	106,0	112,6	145,5	120,8	73,1	40,4	5,4	0,7	697,7		
1984	1,8	3,7	19,0	52,6	97,5	111,6	121,8	119,5	87,6	50,9	17,9	0,7	684,6		
1985	0,0	0,0	18,2	53,5	108,2	101,2	138,7	125,3	76,9	37,9	13,9	9,5	683,3		
1986	1,3	0,0	16,7	65,6	110,3	117,7	123,8	130,6	78,4	39,6	17,1	0,0	701,1		

continuare la Anexa 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	0,0	2,6	2,4	51,0	82,5	124,2	157,4	110,4	95,1	43,9	20,0	2,6	692,1
1988	7,3	8,0	16,9	45,3	92,9	115,1	151,8	128,2	75,8	40,4	0,3	2,6	684,6
1989	3,1	9,9	36,2	68,8	89,1	109,8	139,4	121,6	75,3	44,6	12,5	2,6	712,9
1990	0,0	17,8	38,1	53,6	97,2	119,4	133,3	121,7	63,7	54,5	30,8	1,7	726,8
1991	0,0	0,0	36,1	37,6	54,0	89,0	107,4	92,2	75,7	38,1	14,7	0,0	544,8
1992	0,0	1,0	16,3	53,9	92,6	119,1	136,2	148,3	74,3	43,4	14,9	0,0	700,0
1993	0,0	0,0	9,4	51,6	104,4	121,1	130,1	122,3	72,3	52,4	3,4	7,1	674,1
1994	6,9	3,7	29,6	50,6	84,2	106,6	153,8	108,9	92,0	38,8	15,8	3,1	694,0
1995	0,0	14,8	21,3	50,1	90,7	118,6	154,0	119,4	70,5	39,0	20,9	3,0	702,3
Media	1,7	5,2	22,0	51,1	94,8	116,7	134,8	120,5	77,8	42,1	14,3	3,1	684,1

Nivele hidrostatice măsurate în forajul FI (Săcălaz) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	Luna											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	82,91	81,90	82,94	82,94	82,94	82,95	82,92	82,93	82,92	82,91	82,95	82,96
1972	83,09	83,13	83,11	83,17	83,10	83,09	83,08	83,07	83,03	83,01	83,02	82,95
1973	83,04	81,05	83,05	83,10	83,07	83,07	83,07	83,07	83,01	82,98	82,93	82,89
1974	83,00	82,96	83,08	83,07	83,07	83,10	83,09	83,08	83,06	83,03	82,99	82,98
1975	82,97	83,01	83,08	83,04	83,10	83,08	83,06	83,07	83,00	83,02	82,97	82,97
1976	82,90	82,89	82,94	82,97	83,00	82,99	83,01	83,02	82,95	82,93	82,93	82,97
1977	82,96	81,93	82,98	83,01	83,04	83,03	83,04	83,06	82,97	83,01	82,92	82,93
1978	82,94	82,95	83,01	82,97	83,08	83,07	83,00	83,09	82,92	82,97	82,80	82,89
1979	82,76	82,79	82,78	82,82	82,76	82,79	82,72	82,76	82,66	82,65	82,54	82,56
1980	82,35	82,37	82,37	82,41	82,38	82,37	82,35	82,37	82,31	82,32	82,24	82,26
1981	82,00	81,96	82,06	82,09	82,04	82,05	82,00	82,01	81,99	82,00	81,81	81,89
1982	81,87	81,75	81,94	81,96	81,97	81,98	82,01	81,99	82,03	82,02	82,00	81,97
1983	81,92	81,88	82,06	82,00	82,10	82,10	82,12	82,10	82,10	82,11	82,06	82,02
1984	82,06	81,99	82,09	82,14	82,18	82,12	82,20	82,19	82,32	82,27	82,37	82,34
1985	82,22	82,22	82,26	82,29	82,32	82,35	82,30	82,34	82,22	82,21	82,17	82,21
1986	82,00	81,97	82,05	82,03	82,14	82,07	82,25	82,16	82,23	82,17	82,20	82,19

continuare la Anexa 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987	82,05	82,06	82,14	82,28	82,23	82,30	82,31	82,36	82,35	82,35	82,37	82,34	82,15
1988	82,13	82,08	82,28	82,34	82,31	82,36	82,31	82,36	82,35	82,35	82,35	82,37	82,34
1989	82,71	82,62	82,80	82,76	82,76	82,72	82,76	82,72	82,73	82,66	82,64	82,76	82,73
1990	83,18	83,24	83,19	83,22	83,23	83,23	83,23	83,23	83,17	83,18	83,12	83,13	83,06
1991	82,99	83,04	83,16	83,07	83,12	83,21	83,12	83,21	83,17	83,09	83,17	83,15	83,07
1992	82,95	83,04	82,98	82,99	82,99	82,95	82,99	82,95	82,99	82,91	82,91	82,98	82,91
1993	82,86	82,88	82,91	82,86	82,92	82,84	82,86	82,84	82,86	82,65	82,77	82,49	82,59
1994	82,00	81,89	82,23	82,20	82,21	82,18	82,21	82,18	82,17	82,12	82,13	81,91	82,03
1995	81,76	81,75	81,75	81,78	81,78	81,77	81,78	81,77	81,80	81,72	81,73	81,67	81,63

continuare la Anexa 10

Anul	I. luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	82,93	82,87	82,72	82,86	82,83	82,83	82,97	82,99	83,01	83,02	83,06	83,09
1972	83,08	83,00	83,05	83,13	82,99	83,00	82,98	82,97	82,96	82,98	82,98	82,97
1973	82,86	82,87	82,80	82,79	82,82	82,81	82,82	82,83	82,85	82,85	82,91	82,91
1974	82,92	82,92	82,85	82,85	82,80	82,78	82,78	82,75	82,85	82,93	82,93	82,93
1975	82,91	82,89	82,85	82,82	82,85	82,85	82,76	82,80	82,77	82,75	82,82	82,81

continuare la Anexa 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	82,90	82,87	82,87	82,85	82,83	82,79	82,80	82,79	82,81	82,82	82,88	82,87
1977	82,85	82,83	82,79	82,76	82,75	82,73	82,75	82,74	82,79	82,81	82,87	82,86
1978	82,68	82,74	82,53	82,61	82,49	82,54	82,55	82,54	82,57	82,59	82,70	82,73
1979	82,47	82,51	82,32	82,38	82,24	82,23	82,22	82,23	82,20	82,21	82,29	82,27
1980	82,11	82,17	81,98	82,02	81,93	81,95	81,85	81,89	81,82	81,85	81,89	81,86
1981	81,78	81,73	81,68	81,67	81,64	81,64	81,61	81,61	81,65	81,64	81,72	81,68
1982	81,91	81,89	81,80	81,84	81,72	81,69	81,63	81,63	81,75	81,73	81,79	81,82
1983	82,06	82,05	81,98	81,98	81,93	81,89	81,90	81,87	81,88	81,89	81,94	81,94
1984	82,30	82,30	82,18	82,21	82,11	82,08	82,05	82,02	82,10	82,11	82,14	82,15
1985	82,06	82,08	81,93	81,97	81,86	81,91	81,82	81,83	81,86	81,82	81,94	81,90
1986	82,08	82,11	82,03	82,07	81,95	82,01	81,89	81,93	81,93	81,96	81,99	81,99
1987	82,07	82,08	82,01	81,99	81,95	81,92	81,90	81,91	81,98	81,91	82,05	82,06
1988	82,34	82,33	82,30	82,27	82,28	82,25	82,38	82,33	82,46	82,45	82,58	82,50
1989	82,75	82,73	82,70	82,64	82,67	82,66	82,85	82,80	83,05	82,97	83,18	83,14
1990	83,07	83,08	83,01	83,01	82,97	82,98	82,93	82,90	82,96	82,94	82,97	83,02
1991	83,09	83,07	83,02	83,03	82,94	82,97	82,89	82,92	82,92	82,90	82,97	82,94
1992	82,95	82,91	82,93	82,84	82,81	82,91	82,80	82,75	82,81	82,80	82,83	82,85
1993	82,32	82,41	82,14	82,25	81,97	82,08	81,82	81,97	81,76	81,85	81,88	81,81
1994	81,90	81,91	81,79	81,89	81,68	81,73	81,72	81,73	81,74	81,80	81,68	81,77
1995	81,60	81,59	81,55	81,55	81,46	81,52	81,41	81,41	81,93	81,42	81,43	81,40

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F2 (Becherecu Mic) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	I.una											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	84,51	84,54	84,55	84,60	84,60	84,59	84,61	84,62	84,55	84,54	84,48	84,41
1972	84,48	84,49	84,55	84,59	84,52	84,54	84,46	84,46	84,38	84,39	84,29	84,28
1973	84,34	84,33	84,41	84,40	84,43	84,43	84,43	84,42	84,37	84,38	84,35	84,23
1974	84,34	84,37	84,38	84,37	84,35	84,37	84,33	84,31	84,39	84,36	84,47	84,45
1975	84,63	84,61	84,71	84,71	84,75	84,69	84,70	84,72	84,62	84,64	84,55	84,55
1976	84,42	84,43	84,45	84,48	84,43	84,42	84,39	84,37	84,30	84,32	84,22	84,23
1977	84,13	84,10	84,27	84,20	84,39	84,36	84,50	84,45	84,46	84,43	84,40	84,41
1978	84,45	84,46	84,57	84,52	84,58	84,61	84,54	84,54	84,49	84,52	84,42	84,47
1979	84,24	84,28	84,28	84,31	84,30	84,30	84,31	84,31	84,28	84,23	84,23	84,39
1980	84,14	84,15	84,20	84,20	84,27	84,24	84,36	84,32	84,34	84,35	84,30	84,30
1981	84,24	84,20	84,31	84,28	84,40	84,37	84,41	84,42	84,37	84,36	84,35	84,29
1982	84,48	84,46	84,55	84,54	84,59	84,61	84,65	84,65	84,57	84,57	84,50	84,60
1983	84,42	84,45	84,47	84,50	84,48	84,47	84,45	84,42	84,38	84,39	84,32	84,33
1984	84,22	84,16	84,29	84,31	84,31	84,31	84,25	84,27	84,27	84,25	84,23	84,23
1985	84,22	84,21	84,42	84,32	84,38	84,38	84,36	84,38	84,31	84,32	84,27	84,24
1986	84,13	84,08	84,25	84,22	84,32	84,32	84,34	84,30	84,28	84,28	84,21	84,19

continuare la Anexa 11

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
1987	84,06	84,04	84,16	84,15	84,27	84,27	84,34	84,33	84,45	84,39	84,36	84,36
1988	84,17	84,17	84,21	84,25	84,27	84,31	84,30	84,30	84,16	84,23	84,12	84,13
1989	83,88	83,95	83,91	83,92	83,92	83,92	83,99	83,95	83,93	83,95	83,91	83,95
1990	83,75	83,78	83,76	83,79	83,84	83,81	83,77	83,84	83,69	83,65	83,58	83,60
1991	83,13	83,22	83,16	83,20	83,27	83,18	83,21	83,27	83,25	83,24	83,24	83,33
1992	83,49	83,46	83,51	83,55	83,54	83,51	83,49	83,48	83,42	83,40	83,37	83,45
1993	83,60	83,58	83,62	83,62	83,67	83,69	83,63	83,70	83,58	83,54	83,47	83,44
1994	83,32	83,32	83,40	83,40	83,49	83,42	83,52	83,51	83,45	83,46	83,41	83,44
1995	83,77	83,73	83,90	83,84	83,99	83,93	83,99	84,01	83,92	83,94	83,89	83,96

continuare la Anexa 11

Anul	I, luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	84,43	84,42	84,38	84,37	84,34	84,37	84,31	84,32	84,39	84,32	84,45	84,10
1972	84,31	84,30	84,29	84,29	84,24	84,23	84,21	84,30	84,29	84,28	84,31	84,32
1973	84,28	84,32	84,20	84,19	84,14	84,15	84,18	84,15	84,24	84,21	84,29	84,28
1974	84,40	84,41	84,34	84,34	84,29	84,29	84,39	84,40	84,45	84,48	84,52	84,54
1975	84,46	84,53	84,48	84,53	84,44	84,42	84,39	84,41	84,36	84,39	84,34	84,36

continuaare la Anexa 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	84,10	84,13	84,03	84,05	84,05	84,06	84,00	84,05	83,98	84,00	84,00	84,02
1977	84,37	84,34	84,32	84,30	84,28	84,29	84,27	84,28	84,30	84,29	84,37	84,36
1978	84,33	84,34	84,21	84,25	84,14	84,22	84,09	84,11	84,13	84,08	84,18	84,16
1979	84,17	84,18	84,10	84,11	84,05	84,04	84,02	84,03	84,01	84,03	84,06	84,06
1980	84,22	84,25	84,16	84,14	84,10	84,11	84,06	84,10	84,12	84,13	84,14	84,19
1981	84,30	84,29	84,22	84,19	84,16	84,21	84,18	84,18	84,23	84,21	84,36	84,35
1982	84,48	84,50	84,39	84,39	84,32	84,32	84,30	84,31	84,29	84,30	84,35	84,34
1983	84,20	84,24	84,07	84,11	84,03	84,06	84,00	84,02	84,02	84,01	84,07	84,04
1984	84,17	84,16	84,13	84,10	84,08	84,09	84,04	84,07	84,07	84,06	84,14	84,10
1985	84,15	84,17	84,07	84,09	84,02	84,01	83,95	83,98	84,00	84,02	84,03	84,03
1986	84,19	84,20	84,09	84,13	84,01	84,02	83,95	83,98	83,88	83,92	83,92	83,19
1987	84,26	84,27	84,13	84,18	84,07	84,06	84,02	84,02	84,05	84,06	84,11	84,08
1988	84,01	84,02	83,88	83,92	83,84	83,86	83,80	83,83	83,81	83,81	83,88	83,85
1989	83,80	83,83	83,82	83,83	83,77	83,80	83,70	83,76	83,73	83,77	83,75	83,78
1990	83,45	83,52	83,33	83,36	83,25	83,31	83,17	83,22	83,09	83,16	83,12	83,14
1991	83,22	83,22	83,18	83,15	83,15	83,14	83,19	83,18	83,27	83,24	83,40	83,31
1992	83,40	83,28	83,36	83,28	83,32	83,33	83,32	83,31	83,44	83,40	83,52	83,48
1993	83,41	83,41	83,29	83,34	83,20	83,26	83,12	83,16	83,17	83,15	83,24	83,26
1994	83,37	83,32	83,32	83,32	83,29	83,24	83,39	84,28	83,52	83,39	83,62	83,55
1995	83,80	83,78	83,84	83,74	83,83	83,85	83,82	83,80	83,84	83,83	83,86	83,91

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F3 (Beregsău Mare) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	Luna											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	80,03	79,99	80,09	80,14	80,21	80,19	80,23	80,24	80,16	80,17	80,10	80,06
1972	79,80	79,84	79,91	79,93	79,89	79,86	79,85	79,81	79,77	79,75	79,68	79,64
1973	79,77	79,74	79,88	79,93	79,90	79,89	79,98	79,92	79,95	79,89	79,91	79,91
1974	79,83	79,86	79,95	79,91	79,93	79,93	79,90	79,89	80,03	79,96	80,10	80,02
1975	80,09	80,19	80,06	80,13	80,00	79,99	80,02	79,95	79,91	79,93	79,83	79,85
1976	79,74	79,73	79,77	79,88	79,89	79,85	79,85	79,89	79,81	79,76	79,70	79,73
1977	79,39	79,52	79,50	79,48	79,62	79,70	79,69	79,65	79,63	79,59	79,50	79,48
1978	79,44	79,35	79,63	79,54	79,68	79,69	79,60	79,63	79,51	79,54	79,55	79,48
1979	79,38	79,34	79,51	79,48	79,50	79,54	79,48	79,49	79,42	79,45	79,35	79,34
1980	79,33	79,37	79,44	79,40	79,60	79,54	79,92	79,65	79,74	79,69	79,55	79,64
1981	79,49	79,45	79,60	79,57	79,81	79,78	79,75	79,84	79,64	79,67	79,66	79,63
1982	79,55	79,50	79,62	79,60	79,69	79,70	79,77	79,74	79,70	79,66	79,74	79,73
1983	79,45	79,47	79,59	79,51	79,62	79,56	79,57	79,54	79,47	79,47	79,40	79,41
1984	78,99	78,97	79,13	79,13	79,15	79,16	79,10	79,09	79,11	79,09	79,00	79,01
1985	78,80	78,74	79,01	78,93	79,15	79,09	79,17	79,16	79,11	79,11	79,03	79,04
1986	78,99	78,93	79,11	79,13	79,20	79,19	79,40	79,26	79,37	79,37	79,30	79,23

continuare la Anexa 12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987	79,10	79,10	79,10	79,24	79,21	79,42	79,43	79,49	79,50	79,68	79,59	79,72	79,65
1988	79,67	79,56	79,56	79,80	79,79	80,00	79,99	79,92	80,03	79,77	79,80	79,60	79,73
1989	79,12	79,16	79,16	79,10	79,16	79,07	79,07	79,05	79,08	78,97	78,98	78,90	78,94
1990	78,85	78,85	78,85	78,94	78,94	78,92	78,99	78,95	78,92	78,84	78,87	78,76	78,76
1991	78,40	78,47	78,47	78,49	78,44	78,53	78,52	78,55	78,54	78,70	78,60	78,68	78,71
1992	79,08	79,05	79,05	79,15	79,18	79,13	79,11	79,20	79,15	79,11	79,09	79,05	79,09
1993	78,63	78,64	78,64	78,71	78,68	78,90	78,88	78,85	78,93	78,76	78,71	78,61	78,63
1994	78,49	78,43	78,43	78,54	78,58	78,50	78,52	78,49	78,48	78,40	78,41	78,31	78,35
1995	77,99	78,00	78,00	78,12	78,11	78,15	78,15	78,29	78,17	78,25	78,24	78,26	78,25

continuare la Anexa 12

Anul	Luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	80,02	80,04	79,89	79,90	79,82	79,83	79,77	79,76	79,80	79,80	79,81	79,83
1972	79,65	79,67	79,60	79,63	79,54	79,55	79,59	79,65	79,71	79,90	79,73	79,76
1973	79,82	79,80	79,70	79,67	79,55	79,58	79,63	79,63	79,74	79,74	79,81	79,84
1974	79,98	80,00	79,85	79,82	79,71	79,74	79,90	79,91	79,97	79,99	80,11	80,09
1975	79,84	79,81	79,80	79,87	79,71	79,67	79,65	79,64	79,63	79,66	79,65	79,64

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	79,55	79,59	79,41	79,45	79,40	79,42	79,38	79,40	79,35	79,39	79,43	79,42
1977	79,38	79,40	79,29	79,32	79,21	79,24	79,15	79,15	79,24	79,25	79,30	79,36
1978	79,42	79,41	79,30	79,24	79,27	79,26	79,21	79,21	79,19	79,20	79,25	79,27
1979	79,29	79,25	79,19	79,17	79,11	79,07	79,01	79,09	79,12	79,11	79,28	79,21
1980	79,41	79,39	79,35	79,26	79,15	79,24	79,17	79,14	79,21	79,33	79,40	79,36
1981	79,57	79,53	79,26	79,37	79,20	79,23	79,18	79,20	79,24	79,23	79,42	79,43
1982	79,69	79,65	79,50	79,49	79,42	79,36	79,32	79,38	79,30	79,32	79,38	79,40
1983	79,25	79,23	79,00	79,08	78,89	78,94	78,80	78,83	78,82	78,81	78,89	78,85
1984	78,85	78,87	78,71	78,71	78,60	78,62	78,57	78,58	78,60	78,63	78,68	78,66
1985	78,90	78,85	78,83	78,77	78,70	78,70	78,62	78,61	78,80	78,77	78,89	78,89
1986	79,25	79,24	79,15	79,10	79,09	79,00	79,02	78,99	78,95	78,97	78,99	79,00
1987	79,60	79,55	79,53	79,47	79,41	79,39	79,31	79,29	79,39	79,38	79,51	79,46
1988	79,39	79,41	79,15	79,21	79,06	79,10	79,00	79,01	79,03	79,03	79,10	79,10
1989	78,68	78,73	78,60	78,63	78,55	78,58	78,49	78,50	78,70	78,63	78,82	78,80
1990	78,66	78,64	78,50	78,50	78,41	78,47	78,29	78,35	78,25	78,27	78,37	78,38
1991	78,75	78,73	78,77	78,68	78,65	78,72	78,81	78,73	78,93	78,89	79,00	78,99
1992	78,85	78,88	78,59	78,65	78,44	78,51	78,40	78,46	78,51	78,49	78,59	78,62
1993	78,48	78,47	78,32	78,33	78,25	78,26	78,17	78,16	78,25	78,24	78,36	78,40
1994	78,13	78,13	78,01	78,08	77,90	77,87	77,88	77,88	77,81	77,88	77,90	77,85
1995	78,00	78,07	77,92	77,88	77,84	77,90	77,70	77,75	77,67	77,69	77,79	77,78

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F4 (Cărpiniș) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	I. aua											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	79,28	79,30	79,31	79,36	78,40	79,37	79,40	79,41	79,34	79,33	79,26	79,24
1972	79,07	79,08	79,20	79,18	79,18	79,18	79,15	79,15	79,11	79,08	79,05	79,01
1973	79,17	79,16	79,28	79,30	79,28	79,29	79,27	79,28	79,22	79,20	79,18	79,18
1974	79,11	79,13	79,13	79,17	79,13	79,11	79,10	79,11	79,12	79,12	79,12	79,12
1975	79,22	79,33	79,23	79,25	79,20	79,19	79,17	79,18	79,10	79,11	79,06	79,07
1976	79,10	79,06	79,10	79,21	79,16	79,15	79,15	79,16	79,09	79,07	78,99	79,03
1977	78,91	78,92	79,02	79,01	79,10	79,14	79,14	79,12	79,09	79,07	78,96	78,98
1978	78,82	78,82	78,97	78,91	78,99	79,02	78,96	78,97	78,92	78,95	78,87	78,90
1979	78,73	78,70	78,81	78,82	78,84	78,84	78,88	78,85	78,83	78,80	78,91	78,89
1980	78,83	78,83	78,88	78,89	78,95	78,95	78,92	78,98	78,89	78,90	78,77	78,79
1981	78,83	78,80	78,90	78,89	79,01	79,00	79,02	79,03	78,90	78,98	78,94	78,87
1982	79,09	79,03	79,18	79,14	79,33	79,27	79,35	79,35	79,24	79,28	79,11	79,22
1983	78,90	78,88	78,95	78,96	78,93	78,94	78,98	78,94	78,92	78,93	78,82	78,86
1984	78,63	78,56	78,70	78,75	78,77	78,72	78,75	78,75	78,75	78,76	78,71	78,68
1985	78,77	78,75	78,95	78,88	78,98	79,01	78,93	78,98	78,83	78,92	78,70	78,81
1986	78,60	78,58	78,77	78,72	78,85	78,85	78,85	78,85	78,74	78,77	78,62	78,64

continuare la Anexa 13

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987	78,74	78,72	78,80	78,83	78,94	78,91	78,96	78,97	79,04	79,01	78,97	78,98
1988	78,85	78,79	78,96	78,95	79,05	79,09	79,01	79,07	78,94	78,94	78,93	78,91
1989	78,33	78,36	78,36	78,36	78,40	78,36	78,52	78,41	78,46	78,48	78,40	78,46
1990	78,48	78,40	78,65	78,55	78,70	78,68	78,73	78,69	78,69	78,65	78,66	78,63
1991	78,55	78,68	78,55	78,58	78,50	78,57	78,44	78,50	78,46	78,47	78,38	78,43
1992	78,11	78,15	78,16	78,19	78,17	78,14	78,15	78,18	78,05	78,06	78,08	78,07
1993	77,84	77,68	77,90	77,88	77,96	77,99	78,00	77,97	77,94	77,92	77,89	77,83
1994	77,65	77,55	77,75	77,72	77,74	77,75	77,76	77,75	77,74	77,70	77,68	77,71
1995	78,00	78,02	78,09	78,10	78,22	78,11	78,23	78,22	78,14	78,18	78,11	78,12

continuare la Anexa 13

Anul	Luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	79,15	79,17	79,08	79,06	79,03	79,04	78,95	79,00	79,04	78,97	79,05	79,06
1972	79,03	79,07	78,95	79,01	78,90	78,86	79,01	78,96	79,12	79,10	79,14	79,16
1973	79,10	79,14	79,00	78,96	78,93	78,89	78,91	78,95	79,00	78,96	79,07	79,06
1974	79,05	79,02	79,00	78,95	78,96	78,92	79,00	79,09	79,10	79,09	79,25	79,21
1975	79,06	79,07	79,08	79,09	78,99	78,98	79,01	78,96	78,98	79,02	78,98	79,00

continuare la Anexa 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	78,93	78,94	78,85	78,85	78,80	78,84	78,77	78,79	78,75	78,77	78,83	78,82
1977	78,87	78,86	78,76	78,81	78,68	78,72	78,62	78,66	78,70	78,69	78,77	78,81
1978	78,73	78,73	78,61	78,61	78,58	78,59	78,54	78,55	78,58	78,53	78,61	78,66
1979	78,79	78,81	78,70	78,66	78,62	78,62	78,59	78,02	78,65	78,62	78,75	78,75
1980	78,60	78,63	78,49	78,48	78,52	78,52	78,57	78,54	78,61	78,68	78,75	78,75
1981	78,81	78,82	78,65	78,67	78,62	78,64	78,70	78,66	78,77	78,75	78,95	78,99
1982	78,95	78,99	78,87	78,87	78,74	78,76	78,70	78,73	78,68	78,71	78,79	78,78
1983	78,69	78,67	78,58	78,55	78,50	78,55	78,40	78,48	78,43	78,41	78,48	78,46
1984	78,60	78,60	78,49	78,50	78,42	78,44	78,52	78,43	78,61	78,56	78,69	78,66
1985	78,52	78,55	78,39	78,42	78,30	78,30	78,25	78,26	78,36	78,35	78,43	78,43
1986	78,65	78,67	78,63	78,54	78,55	78,50	78,52	78,52	78,50	78,49	78,61	78,56
1987	78,80	78,78	78,62	78,69	78,54	78,52	78,59	78,57	78,68	78,67	78,73	78,75
1988	78,74	78,75	78,50	78,60	78,31	78,46	78,19	78,29	78,21	78,21	78,30	78,28
1989	78,22	78,24	78,20	78,26	78,18	78,18	78,12	78,16	78,20	78,19	78,36	78,28
1990	78,63	78,56	78,55	78,49	78,53	78,52	78,50	78,51	78,50	78,49	78,59	78,63
1991	78,32	78,38	78,17	78,24	78,02	78,11	78,05	78,07	78,08	78,12	78,10	78,14
1992	77,89	77,92	77,73	77,40	77,60	77,66	77,65	77,59	77,72	77,70	77,80	77,81
1993	77,74	77,79	77,51	77,62	77,33	77,45	77,27	77,28	77,31	77,32	77,48	77,45
1994	77,65	77,56	77,59	77,57	77,57	77,48	77,70	77,57	77,78	77,70	77,92	77,83
1995	77,97	77,96	77,92	77,91	77,90	77,92	77,95	77,94	77,98	77,99	78,10	78,10

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F5 (Bobda) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	I. una											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	78,14	78,14	78,19	78,22	78,25	78,23	78,27	78,26	78,20	78,19	78,12	78,11
1972	77,85	77,89	77,92	77,94	77,94	77,89	77,89	77,89	77,81	77,80	77,75	77,68
1973	77,62	77,61	77,70	77,72	77,65	77,70	77,67	77,64	77,59	77,59	77,48	77,54
1974	77,38	77,40	77,40	77,43	77,44	77,39	77,42	77,42	77,50	77,45	77,55	77,50
1975	77,51	77,54	77,42	77,54	77,45	77,40	77,42	77,43	77,40	77,36	77,36	77,32
1976	77,24	77,20	77,30	77,34	77,43	77,34	77,50	77,43	77,38	77,40	77,30	77,33
1977	77,65	77,60	77,81	77,72	77,90	77,90	78,03	77,97	77,98	77,97	77,83	77,83
1978	77,90	77,91	78,01	77,97	78,00	78,05	77,94	77,97	77,97	77,94	77,95	77,97
1979	77,84	77,84	77,91	77,91	77,95	77,93	77,97	77,94	77,91	77,91	77,84	77,88
1980	77,64	77,64	77,70	77,69	77,77	77,75	77,86	77,81	77,85	77,86	77,78	77,77
1981	77,70	77,68	77,76	77,75	77,85	77,85	77,83	77,88	77,77	77,76	77,70	77,71
1982	77,75	77,69	77,72	77,78	77,79	77,77	77,85	77,83	77,81	77,80	77,63	77,70
1983	77,44	77,46	77,50	77,48	77,52	77,49	77,50	77,47	77,43	77,42	77,36	77,33
1984	77,15	77,11	77,24	77,24	77,28	77,26	77,37	77,25	77,30	77,36	77,24	77,21
1985	77,41	77,41	77,53	77,49	77,58	77,58	77,60	77,58	77,52	77,55	77,46	77,49
1986	77,33	77,25	77,45	77,42	77,49	77,51	77,55	77,51	77,51	77,51	77,30	77,40

continuare la Anexa 14

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987		77,26	77,26	77,30	77,30	77,39	77,38	77,40	77,43	77,45	77,44	77,39	77,41
1988		77,18	77,15	77,25	77,26	77,34	77,36	77,30	77,37	77,23	77,21	77,25	77,24
1989		76,87	76,95	76,90	76,90	76,91	76,89	76,88	76,91	76,81	76,82	76,77	76,79
1990		76,66	76,67	76,70	76,72	76,72	76,71	76,69	76,70	76,60	76,61	76,52	76,50
1991		76,24	76,29	76,29	76,26	76,30	76,30	76,32	76,30	76,37	76,35	76,28	76,31
1992		76,52	76,57	76,56	76,58	76,55	76,54	76,49	76,51	76,41	76,40	76,37	76,37
1993		76,01	76,05	76,08	76,05	76,15	76,15	76,20	76,17	76,07	76,10	76,00	75,93
1994		75,99	75,98	76,12	76,05	76,14	76,13	76,13	76,14	76,10	76,09	76,02	76,06
1995		75,69	75,70	75,77	75,77	75,82	75,79	75,83	75,83	75,86	75,83	75,84	75,81

continuare la Anexa 14

Anul	Luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	78,00	78,02	77,89	77,88	77,86	77,86	77,82	77,83	77,82	77,84	77,86	77,90
1972	77,70	77,76	77,63	77,67	77,57	77,75	77,48	77,47	77,48	77,53	77,60	77,60
1973	77,36	77,39	77,22	77,23	77,13	77,12	77,18	77,14	77,18	77,21	77,33	77,26
1974	77,42	77,47	77,30	77,31	77,21	77,22	77,33	77,35	77,33	77,37	77,46	77,48
1975	77,37	77,36	77,39	77,39	77,23	77,30	77,25	77,19	77,25	77,26	77,12	77,20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	77,23	77,18	77,18	77,16	77,25	77,18	77,30	77,26	77,30	77,30	77,50	77,42
1977	77,80	77,77	77,77	77,75	77,70	77,74	77,66	77,67	77,66	77,74	77,66	77,83
1978	77,82	77,83	77,71	77,70	77,65	77,67	77,55	77,59	77,55	77,55	77,75	77,73
1979	77,71	77,76	77,60	77,63	77,51	77,52	77,47	77,50	77,47	77,50	77,56	77,57
1980	77,67	77,67	77,45	77,54	77,41	77,37	77,40	77,41	77,40	77,50	77,63	77,62
1981	77,62	77,61	77,48	77,49	77,45	77,47	77,53	77,48	77,53	77,56	77,61	77,66
1982	77,57	77,57	77,39	77,43	77,37	77,28	77,33	77,34	77,33	77,33	77,37	77,36
1983	77,21	77,21	77,08	77,07	77,04	77,05	77,00	77,02	77,00	77,01	77,03	77,00
1984	77,19	77,14	77,14	77,07	77,07	77,11	77,16	77,08	77,16	77,20	77,34	77,29
1985	77,30	77,32	77,22	77,22	77,11	77,14	77,06	77,05	77,06	77,17	77,20	77,22
1986	77,34	77,33	77,32	77,33	77,20	77,20	77,18	77,16	77,18	77,16	77,15	77,13
1987	77,15	77,23	77,08	77,04	77,00	76,90	76,96	76,92	76,96	77,04	77,10	77,08
1988	77,09	77,09	76,95	76,94	76,91	76,90	76,78	76,89	76,78	76,80	76,89	76,89
1989	76,65	76,62	76,52	76,62	76,57	76,51	76,53	76,54	76,53	76,62	76,64	76,67
1990	76,41	76,41	76,28	76,27	76,22	76,24	76,15	76,17	76,15	76,15	76,20	76,22
1991	76,39	76,39	76,37	76,33	76,31	76,36	76,40	76,40	76,40	76,45	76,53	76,53
1992	76,21	76,22	76,03	76,03	75,93	75,96	75,91	75,91	75,91	75,95	75,99	75,99
1993	75,95	75,92	75,87	75,84	75,81	75,81	75,75	75,74	75,75	75,82	75,92	75,91
1994	75,90	75,89	75,82	75,87	75,71	75,73	75,65	75,69	75,65	75,65	75,60	75,65
1995	75,73	75,67	75,69	75,66	75,65	75,67	75,60	75,59	75,60	75,60	75,65	75,66

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F6 (Cănești) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	I. una											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	77,92	77,89	78,01	78,01	78,07	78,06	77,99	78,08	77,95	77,96	77,90	77,87
1972	77,62	77,63	77,70	77,73	77,66	77,69	77,59	77,62	77,51	77,52	77,40	77,41
1973	77,51	77,48	77,65	77,64	77,62	77,66	77,65	77,63	77,55	77,57	77,42	77,51
1974	77,34	77,37	77,38	77,40	77,42	77,38	77,37	77,40	77,48	77,45	77,51	77,46
1975	77,38	77,40	77,40	77,41	77,40	77,37	77,37	77,37	77,33	77,31	77,35	77,28
1976	77,20	77,16	77,29	77,32	77,42	77,33	77,47	77,42	77,40	77,34	77,31	77,36
1977	77,62	77,58	77,71	77,71	77,84	77,95	77,90	77,89	77,82	77,82	77,70	77,72
1978	77,51	77,52	77,60	77,60	77,64	77,66	77,65	77,62	77,60	77,65	77,59	77,62
1979	77,21	77,22	77,28	77,29	77,32	77,34	77,30	77,33	77,32	77,26	77,41	77,35
1980	77,30	77,35	77,36	77,35	77,46	77,45	77,53	77,51	77,50	77,50	77,45	77,43
1981	77,32	77,26	77,32	77,38	77,44	77,42	77,42	77,46	77,36	77,36	77,35	77,36
1982	77,23	77,29	77,31	77,27	77,43	77,36	77,44	77,45	77,37	77,36	77,25	77,23
1983	77,11	77,15	77,17	77,16	77,20	77,17	77,12	77,15	77,05	77,08	77,00	77,01
1984	76,87	76,77	76,99	76,98	77,07	77,02	77,09	77,04	77,16	77,11	77,10	77,09
1985	76,90	76,88	77,05	77,01	77,16	77,12	77,19	77,16	77,13	77,14	77,10	77,11
1986	77,02	76,96	77,15	77,13	77,21	77,22	77,28	77,24	77,31	77,28	77,20	77,21

continuare la Anexa 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987	77,18	77,12	77,17	77,27	77,24	77,28	77,25	77,29	77,32	77,36	77,33	77,36
1988	77,03	76,96	77,18	77,13	77,24	77,30	77,15	77,26	77,04	77,07	77,03	77,04
1989	76,65	76,72	76,65	76,69	76,68	76,64	76,70	76,69	76,61	76,65	76,50	76,57
1990	76,30	76,36	76,41	76,36	76,49	76,44	76,47	76,48	76,42	76,39	76,35	76,35
1991	76,16	76,26	76,20	76,19	76,21	76,21	76,24	76,20	76,29	76,27	76,20	76,26
1992	76,27	76,27	76,37	76,34	76,35	76,36	76,30	76,31	76,22	76,21	76,20	76,23
1993	75,98	76,01	76,04	76,02	76,12	76,12	76,15	76,13	76,05	76,04	75,97	75,96
1994	75,93	75,94	76,07	76,00	76,09	76,08	76,08	76,08	76,02	76,05	75,94	75,98
1995	75,67	75,67	75,74	75,77	75,72	75,77	75,58	75,71	75,43	75,53	75,45	75,41

continuare la Anexa 15

Anul	I. luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	77,84	77,83	77,71	77,70	77,64	77,73	77,56	77,60	77,62	77,57	77,60	77,65
1972	77,28	77,36	77,23	77,22	77,20	77,21	77,31	77,26	77,44	77,38	77,47	77,46
1973	77,34	77,34	77,19	77,20	77,09	77,09	77,14	77,16	77,17	77,20	77,30	77,22
1974	77,38	77,43	77,28	77,27	77,25	77,20	77,29	77,28	77,31	77,32	77,31	77,40
1975	77,27	77,31	77,20	77,23	77,12	77,10	77,07	77,07	77,09	77,08	77,08	77,11

continuare la Anexa 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	77,20	77,24	77,13	77,13	77,21	77,17	77,28	77,22	77,35	77,28	77,49	77,42
1977	77,55	77,62	77,52	77,48	77,39	77,48	77,30	77,35	77,36	77,36	77,47	77,46
1978	77,44	77,44	77,31	77,31	77,18	77,29	77,02	77,14	77,00	77,00	77,11	77,09
1979	77,40	77,38	77,28	77,31	77,15	77,19	77,12	77,13	77,14	77,14	77,26	77,23
1980	77,32	77,32	77,21	77,20	77,14	77,14	77,11	77,10	77,17	77,19	77,21	77,30
1981	77,21	77,24	77,00	77,05	77,01	76,99	77,02	77,00	77,07	77,04	77,20	77,23
1982	77,18	77,15	77,00	77,05	76,93	76,89	76,93	76,88	76,92	76,93	77,05	77,01
1983	76,83	76,85	76,70	76,69	76,63	76,66	76,57	76,59	76,60	76,58	76,69	76,64
1984	76,97	76,99	76,85	76,86	76,78	76,79	76,72	76,75	76,76	76,75	76,82	76,81
1985	76,92	76,94	76,80	76,82	76,67	76,70	76,64	76,60	76,80	76,72	76,91	76,88
1986	77,12	77,17	77,00	76,99	76,95	76,90	76,93	76,89	76,91	76,90	77,01	76,97
1987	77,15	77,18	77,02	77,05	76,89	76,92	76,82	76,80	76,81	76,86	76,90	76,88
1988	76,88	76,87	76,71	76,74	76,59	76,65	76,55	76,55	76,58	76,57	76,67	76,63
1989	76,35	76,35	76,30	76,33	76,26	76,28	76,21	76,23	76,18	76,27	76,33	76,26
1990	76,30	76,23	76,18	76,16	76,12	76,16	76,09	76,08	76,05	76,08	76,16	76,17
1991	76,18	76,17	76,12	76,16	76,07	76,04	76,09	76,10	76,15	76,14	76,22	76,20
1992	76,03	76,05	75,90	75,87	75,88	75,84	75,91	75,86	75,89	75,96	75,96	75,98
1993	75,90	75,87	75,82	75,81	75,76	75,78	75,70	75,69	75,75	75,74	75,87	75,90
1994	75,80	77,77	75,76	75,78	75,70	75,65	75,63	75,68	75,60	75,63	75,57	75,64
1995	75,40	75,29	75,38	75,30	75,35	75,36	75,33	75,30	75,33	75,33	75,50	75,48

Nivele hidrostatice măsurate în forajul F7 (Răuți) și nivele hidrostatice calculate (în m)

Anul	I. luna											
	I		II		III		IV		V		VI	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	77,51	77,56	77,60	77,60	77,65	77,66	77,63	77,66	77,58	77,60	77,50	77,50
1972	77,30	77,31	77,37	77,40	77,28	77,33	77,17	77,24	77,10	77,09	76,99	76,99
1973	77,05	77,04	77,12	77,16	77,10	77,11	77,16	77,11	77,04	77,08	76,98	77,01
1974	76,94	76,89	77,00	77,02	77,03	76,99	77,01	77,01	77,13	77,07	77,10	77,11
1975	77,19	77,19	77,22	77,25	77,20	77,19	77,17	77,17	77,03	77,11	77,00	77,04
1976	77,01	77,02	77,03	77,08	77,06	77,08	77,04	77,06	76,99	76,97	76,95	76,95
1977	77,17	77,20	77,30	77,24	77,42	77,43	77,45	77,47	77,40	77,37	77,34	77,29
1978	77,31	77,32	77,40	77,38	77,37	77,42	77,28	77,34	77,25	77,29	77,20	77,23
1979	76,90	76,97	76,93	76,94	76,92	76,93	76,93	76,91	76,87	76,85	76,75	76,83
1980	76,55	76,58	76,64	76,58	76,71	76,70	76,73	76,74	76,71	76,68	76,65	76,63
1981	76,91	76,86	77,00	76,98	77,18	77,11	77,09	77,20	77,02	77,03	76,99	77,00
1982	77,30	77,25	77,41	77,36	77,52	77,47	77,57	77,55	77,52	77,47	77,53	77,52
1983	77,62	77,65	77,69	77,68	77,73	77,67	77,70	77,69	77,64	77,64	77,58	77,59
1984	77,25	77,27	77,31	77,34	77,35	77,33	77,28	77,32	77,30	77,27	77,22	77,23
1985	77,30	77,22	77,42	77,40	77,47	77,47	77,49	77,47	77,40	77,44	77,34	77,36
1986	77,08	77,06	77,20	77,17	77,25	77,26	77,28	77,28	77,23	77,23	77,15	77,12

continuare la *Aneva 16*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1987	77,00	77,03	77,03	77,03	77,05	77,10	77,15	77,12	77,14	77,20	77,19	77,22	77,19
1988	77,04	77,03	77,03	77,11	77,13	77,25	77,25	77,14	77,27	76,09	77,06	76,93	76,95
1989	76,69	76,68	76,68	76,76	76,75	76,79	76,80	76,85	76,82	76,78	76,80	76,68	76,75
1990	76,76	76,65	76,65	76,81	76,85	76,89	76,83	76,87	76,88	76,82	76,79	76,74	76,74
1991	76,41	76,42	76,42	76,51	76,44	76,51	76,51	76,55	76,50	76,62	76,61	76,61	76,60
1992	76,81	76,77	76,77	76,89	76,89	76,89	76,86	76,83	76,85	76,76	76,74	76,78	76,75
1993	76,77	76,70	76,70	76,81	76,84	76,93	76,93	76,95	76,96	76,90	76,86	76,82	77,82
1994	76,74	76,76	76,76	76,77	76,78	76,77	76,75	76,81	76,76	76,75	76,76	76,74	76,73
1995	76,64	76,69	76,69	76,80	76,71	76,78	76,82	76,83	76,79	76,80	76,79	76,77	76,81

continuare la *Aneva 16*

Anul	Luna											
	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.	măs.	calc.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971	77,42	77,44	77,30	77,31	77,22	77,26	77,21	77,18	77,25	77,23	77,28	77,26
1972	76,92	76,96	76,86	76,85	76,88	76,85	76,93	76,97	77,00	77,00	77,03	77,05
1973	76,90	76,91	76,74	76,77	76,65	76,64	76,70	76,77	76,74	76,75	76,81	76,82
1974	77,04	77,04	76,94	76,92	76,82	76,86	76,95	76,89	77,01	76,99	77,11	77,11
1975	76,98	76,98	76,95	76,87	76,89	76,87	76,80	76,84	76,93	76,81	76,97	76,94

continuare la Anexa 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1976	76,91	76,89	76,90	76,92	76,96	76,93	76,97	76,96	77,00	76,98	77,11	77,06
1977	77,27	77,24	77,20	77,18	77,15	77,16	77,12	77,11	77,20	77,19	77,27	77,29
1978	77,02	77,07	76,94	76,96	76,87	76,92	76,81	76,80	76,80	76,80	76,88	76,85
1979	76,63	76,68	76,50	76,62	76,42	76,42	76,44	76,43	76,44	76,46	76,50	76,52
1980	76,58	76,54	76,48	76,47	76,55	76,55	76,60	76,58	76,68	76,71	76,80	76,81
1981	76,91	76,88	76,89	76,83	76,91	76,88	76,96	76,92	77,02	77,00	77,17	77,19
1982	77,50	77,46	77,45	77,38	77,36	77,35	77,41	77,36	77,40	77,41	77,56	77,48
1983	77,43	77,46	77,30	77,35	77,22	77,27	77,17	77,17	77,15	77,18	77,19	77,17
1984	77,15	77,13	77,09	77,07	77,04	77,04	77,02	77,04	77,10	77,07	77,15	77,14
1985	77,20	77,20	77,07	77,06	76,97	76,98	76,90	76,90	76,95	77,00	77,02	77,02
1986	77,12	77,13	76,98	76,97	76,90	76,89	76,86	76,86	76,84	76,83	76,91	76,88
1987	77,10	77,09	77,01	76,99	76,94	76,91	76,88	76,83	76,96	76,94	76,98	77,01
1988	76,71	76,78	76,60	76,62	76,62	76,57	76,57	76,57	76,59	76,59	76,61	76,64
1989	76,51	76,54	76,38	76,43	76,34	76,35	76,35	76,31	76,45	76,45	76,59	76,53
1990	76,63	76,64	76,52	76,56	76,49	76,51	76,33	76,43	76,28	76,33	76,33	76,39
1991	76,58	76,64	76,47	76,51	76,44	76,42	76,55	76,52	76,64	76,62	76,72	76,71
1992	76,66	76,65	76,50	76,53	76,40	76,45	76,45	76,44	76,52	76,52	76,63	76,62
1993	76,69	76,71	76,65	76,59	76,61	76,61	76,50	76,54	76,58	76,56	76,70	76,69
1994	76,72	76,60	76,63	76,61	76,55	76,53	76,52	76,54	76,55	76,51	76,58	76,58
1995	76,60	76,63	76,51	76,55	76,49	76,51	76,45	76,42	76,43	76,45	76,50	76,52

Calitatea apei din amenajarea de la COMTIM Voiteni

Indicatori	UM	Evacuare stație de epurare			Canal P6 -amonte complex			Canal P6 -aval de complex		
		min.	max.	aprec.	min.	max.	aprec.	min.	max.	aprec.
I -după STAS 9450-88										
Reziduu salin	mg/dm ³	622	1.698	C3,C4	540	1.336	C3	857	1.436	C3
Cloruri	mg/dm ³	66	174	C2,C3	38	82	C1,C2	70	116	C2
Sulfaiți	mg/dm ³	24	314	C1,C2	115	620	C2,C3	206	562	C2,C3
Indice CSR	mg/dm ³	1.3	10.9	C3,C4	1.9	4.5	C3,C4	2	6.3	C4
Indice SAR	mg/dm ³	0.5	14.8	S1,S3	1.4	5.3	S1,S2	1.5	7.9	S1,S2
Conținut in Na	mg/dm ³	23	370	S1,S3	65	370	S1,S3	70	400	S1,S3
pH		7	7.8	N,SA	7.5	8	SA	7.5	8	SA
II -după STAS 4706-88										
Calciu	mg/dm ³	20	84	C	46	88	C	42	66	C
Detergenți	mg/dm ³	0.15	0.46	C	0.11	0.42	C	0.23	0.23	C
Fenoli	mg/dm ³	0.16	1.4	NC	0.16	0.32	NC	0.39	0.39	NC
Fier total	mg/dm ³	0	3.1	C,NC	0	0.4	C	0	2	C,NC
Magneziu	mg/dm ³	38	75	C	41	85	C	68	80	C
III -alți indicatori										
Coefficientul Prikloński		1.4	31	NS,B	12	30	S,B	11	18	S
% Na din suma cationilor		14	76	S,NS	25	70	NS	27	69	NS
Criteriul Kelley		0.2	3.9	NAS,ASS	0.4	3	NAS,ASS	0.4	2.9	NAS,ASS

Indicatori	UM	Fântână		Dren		Foraj			
		min.	max.	aprec.	val.	max.	aprec.		
I -după STAS 9450-88									
Reziduu salin	mg/dm ³	542	813	C3	488	C2	451 523	C2,C3	
Cloruri	mg/dm ³	36	80	C1,C2	18	C1	24	26	C1
Sulfaj	mg/dm ³	0,9	117	C1,C2	85	C1	0,8	124	C1,C2
Indice CSR	mg/dm ³	1,1	3,7	C2,C4	1,4	C3	1,1	2,9	C2,C4
Indice SAR	mg/dm ³	0,2	4,1	S1,S2	0,6	S1	0,1	2,9	S1,S2
Conținut în Na	mg/dm ³	14	240	S1,S2	39	S1	2	140	S1,S2
pH		7	8	N,SA	7,5	SA	7	7,5	N,SA
II -după STAS 4706-88									
Calciu	mg/dm ³	26	144	C	100	C	58	114	C
Detergenți	mg/dm ³	0,08	0,08	C	0,44	C	0	0	C
Fenoli	mg/dm ³	0,2	0,2	NC	0,1	NC	0	0	C
Fier total	mg/dm ³	0	0	C	0	C	0	0,2	C
Magneziu	mg/dm ³	75	84	C	46	C	27	37	C
III -alți indicatori									
Coeeficientul Prikloński		3,8	56	NS,B	78	B	33	78	B
% Na din suma cationilor		5,7	52	S,NS	16	NS	2,1	45	S,NS
Criteriul Kelley		0,1	1,2	NAS,ASS	0,2	NAS	0,1	0,9	NAS

Indicatori	UM	Bazin de stocare	
		mim.	max. aprec.
I -după STAS 9450-88			
Reziduu salin	mg/dm ³	832	1.165 C3
Cloruri	mg/dm ³	80	188 C1,C2
Sulfati	mg/dm ³	0,4	323 C1,C2
Indice CSR	mg/dm ³	1,1	7,4 C2,C4
Indice SAR	mg/dm ³	0,1	9,6 S1,S2
Conținut în Na	mg/dm ³	6	406 S1,S2
pH		6,6	8 N,SA
II -după STAS 4706-88			
Calciu	mg/dm ³	20	50 C
Detergenți	mg/dm ³	0,13	0,46 C
Fenoli	mg/dm ³	0,2	0,23 NC
Fier total	mg/dm ³	0	1,1 C
Magneziu	mg/dm ³	50	66 C
III -alți indicatori			
Coefficientul Prikłonski		4,5	25 NS,B
% Na din suma cationilor		5,9	75 S,NS
Criteriul Kelley		0,1	4 NAS,ASS

Legenda:

I -după STAS 9450-88

C1 -clasa I de salinitate (reziduu mineral redus)

C2 -clasa II de salinitate (reziduu mineral moderat)

C3 -clasa III de salinitate (reziduu mineral ridicat)

C4 -clasa IV de salinitate (reziduu mineral foarte ridicat)

S1 -clasa I de alcalizare (potențial redus de alcalizare)

S2 -clasa II de alcalizare (potențial moderat de alcaliz.)

S3 -clasa III de alcalizare (potențial puternic de alcaliz.)

N -reacție neutră

SA -reacție slab alcalină

II -după STAS 4706-88

C -corespunzătoare pentru irigații

NC -necorespunzătoare pentru irigații

III -alți indicatori

NS -nesatisfăcătoare pentru irigații

S -satisfăcătoare pentru irigații

B -bună pentru irigații

NAS -nu alcalizează solul

AAS -alcalizează slab solul

ASS -alcalizează evident solul

Indici pedologici obținuți la profilele de sol din amenajarea de la COMITIM Voiteni

Varianta	Adâncimea (cm)	pH		Aprovizionarea cu humus (%)		Aprovizionarea cu azot total (%)		Aprovizionarea cu fosfor (ppm)		Aprovizionarea cu potasiu (ppm)	
		val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere
Nciritat	0- 25	5,90	slab acidă	2,70	medie	2,30	mijlocie	11,2	slabă	199	mijlocie
	25- 50	6,10	slab acidă	2,50	medie	2,20	mijlocie	6,6	foarte slabă	202	foarte bună
	50- 75	6,10	slab acidă					5,9	foarte slabă	192	mijlocie
	75-100	6,50	slab acidă					2,8	foarte slabă	197	mijlocie
Irigat cu apă uzată	0-25	7,30	slab bazică	2,90	medie	2,60	mijlocie	15,4	slabă	172	mijlocie
	25-50	7,10	neutră	2,50	medie	2,20	mijlocie	20,4	mijlocie	229	foarte bună
	50-75	7,20	neutră					19,6	mijlocie	204	foarte bună
	75-100	7,70	slab bazică					6,5	foarte slabă	203	foarte bună

Calitatea apei din amenajarea de la COMITIM Beregsău

Indicatori	UM	Evacuare stație de epurare		Bazin stocare -apă nediluată		Bazin de stocare -apă diluată				
		min.	max.	aprec.	min.	max.	aprec.	min.	max.	aprec.
I -după STAS 9450-88										
Reziduu salin	mg/dm ³	1.318	1.776	C3,C4	1.980	5.100	C4	1.330	2.160	C3,C4
Cloruri	mg/dm ³	150	184	C3	100	227	C2,C3	110	227	C2,C3
Sulfat	mg/dm ³	136	192	C2	0	423	C1,C3	0	523	C1,C3
Indice CSR	mg/dm ³	2,9	4,9	C4	1,7	10,1	C3,C4	1,7	10,9	C3,C4
Indice SAR	mg/dm ³	2,8	5,8	S2	1,1	13,7	S1,S3	1,0	14,9	S1,S3
Conținut în Na	mg/dm ³	220	910	S1,S3	41	780	S1,S3	49	740	S1,S3
pH		7,5	8,5	SA	7,4	8,5	SA	6,7	8,5	N,SA
II -după STAS 4706-88										
Calcium	mg/dm ³	110	128	C	40	90	C	46	90	C
Detergenți	mg/dm ³	0,07	0,11	C	0	1,7	C	0	2,3	C
Fenoli	mg/dm ³	0,24	0,69	NC	0,02	0,30	NC	0,01	0,10	C,NC
Fier total	mg/dm ³	0,7	3,2	C,NC	0	0	C	0	2	C
Magneziu	mg/dm ³	2	34	C	33	70	C	52	83	C
III -alți indicatori										
Coeșicientul Prikłonski		0,8	8,6	NS,S	1	14	NS,S	1,4	13	NS,S
% Na din suma cationilor		50	81	NS	18	83	NS	16	81	NS
Criteriul Kelley		1,2	6	ASS,AES	0,3	15	NAS,AES	0,3	5,7	NAS,AES

Indicatori	UM	Păraul Ier		Fântână		Fotraj	
		min.	aprec.	min.	aprec.	min.	aprec.
I - după STAS 9450-88							
Reziduu salin	mg/dm ³	652	1.550 C3,C4	1.120	1.470 C3	652	1.200 C3
Cloruri	mg/dm ³	54	144 C2,C3	146	213 C3	20	82 C1,C2
Sulfatți	mg/dm ³	0	333 C1,C3	0	0 C1	0	740 C1,C3
Indice CSR	mg/dm ³	1,6	5,3 C3,C4	2	2,6 C4	1,9	13,3 C3,C4
Indice SAR	mg/dm ³	0,9	6,5 S1,S2	1,5	2,4 S1	1,4	18,4 S1,S3
Conținut în Na	mg/dm ³	47	380 S1,S3	71	138 S1	68	690 S1,S3
pH		7,3	8,5 SA	7,9	7,9 SA	7	8,1 N,SA
II - după STAS 4706-88							
Calciu	mg/dm ³	62	100 C	76	110 C	50	100 C
Detergenți	mg/dm ³	0	1,1 C	0	0 C	0	0,06 C
Fenoli	mg/dm ³	0,02	0,2 C,NC	0,01	0,05 C,NC	0	0 C
Fier total	mg/dm ³	0,2	6,6 C,NC	0	0 C	0	0,2 C
Magneziu	mg/dm ³	43	106 C	61	82 C	15	43 C
III - alți indicatori							
Coefficientul Priklonski		3,5	21 NS,B	9,6	14 S	4,9	15 NS,S
% Na din suma cationilor		23	58 NS	31	40 NS	32	87 NS
Criteriul Kelley		0,3	1,6 NAS,ASS	0,5	0,7 NAS	0,5	8,3 NAS,AES

24.

Indicatori	UM	Apă uzată în diluție cu apă curată						Precipitații	
		1:1		1:2		1:3		val.	aprec.
		val.	aprec.	val.	aprec.	val.	aprec.		
I -după STAS 9450-88									
Reziduu salin	mg/dm ³	2.520	C4	1.830	C4	1.500	C3	300	C2
Cloruri	mg/dm ³	99	C2	69	C2	44	C2	43	C2
Sulfatați	mg/dm ³	0	C1	0	C1	0	C1	0	C1
Indice CSR	mg/dm ³	2,6	C4	2,7	C4	1,1	C4	1,1	C2
Indice SAR	mg/dm ³	2,4	S1	2,5	S1	0,1	S1	0,1	S1
Conținut în Na	mg/dm ³	100	S1	94	S1	4	S1	4	S1
pH		7,6	SA	7,0	SA	7	SA	7	N
II -după STAS 4706-88									
Calciu	mg/dm ³	36	C	42	C	35	C	35	C
Detergenți	mg/dm ³	0,5	C	0,4	C	0	C	0	C
Fenoli	mg/dm ³	0,2	NC	0,12	NC	0,08	NC	0	C
Fier total	mg/dm ³	0	C	0	C	0	C	0	C
Magneziu	mg/dm ³	58	C	38	C	15	C	15	C
III -alți indicatori									
Coefficienul Priklonski		9,8	NS,S	9,2	S	48	S	48	B
% Na din suma cationilor		38	NS	41	NS	6	NS	6	S
Criteriul Kelley		1,1	ASS	1,2	ASS	0,1	ASS	0,1	NAS

Indici pedologici obținuți la profilele de sol din amenajarea de la COMTIM Beregsău

Varianta	Adâncimea (cm)	pH		Aprovizionarea cu humus (%)		Aprovizionarea cu azot total (%)		Aprovizionarea cu fosfor (ppm)		Aprovizionarea cu potasiu (ppm)	
		val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere	val.	apreciere
Neirigat	0-25	7,80	slab alcalină	3,20	bună	0,150	mijlocie	4,2	foarte slabă	111	mijlocie
	25-50	7,30	slab alcalină	2,80	medie	0,141	mijlocie	3,6	foarte slabă	147	bună
	50-75	7,30	slab alcalină					3,0	foarte slabă	124	mijlocie
	75-100	7,90	slab alcalină					5,5	foarte slabă	103	mijlocie
Irigat cu apă curată	0-25	6,90	neutră	3,20	bună	0,156	normală	26,4	mijlocie	174	bună
	25-50	7,05	neutră	2,76	medie	0,133	mijlocie	3,6	foarte slabă	153	bună
	50-75	7,10	neutră					4,9	foarte slabă	150	bună
	75-100	7,20	neutră					8,8	slabă	129	mijlocie
Irigat cu apă uzată	0-25	7,85	slab alcalină	2,96	medie	0,146	mijlocie	56,9	bună	214	foarte bună
	25-50	7,85	slab alcalină	2,60	medie	0,125	mijlocie	18,3	mijlocie	163	bună
	50-75	7,80	slab alcalină					11,6	slabă	113	mijlocie
	75-100	8,10	slab alcalină					6,2	foarte slabă	79	mijlocie