

UNIVERSITATEA ECOLOGICĂ DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE ECOLOGIE ȘI PROTECȚIA MEDIULUI
Programul de studiu de master: Managementul resurselor
naturale

PREZENTAREA CURSULUI

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Titular de disciplină:
Conf. univ. dr. Florian GRIGORE - RĂDULESCU

Cursul este structurat după cum urmează:

1. Planul tematic al cursului:

1.	Probleme generale privind monitorizarea, exploatarea și protecția apelor subterane ❖ Termeni și definiții ❖ Caracteristici specifice apelor subterane; ❖ Apa subterană ca resursă și accesibilitatea acesteia
2.	Monitorizarea apelor subterane ❖ Noțiuni generale privind monitorizarea apelor subterane ❖ Monitorizarea apelor subterane în România
3.	Problematica utilizării corpurilor de apă subterană ca surse de apă potabilă ❖ Conținutul studiilor preliminare ❖ Stabilirea bilanțului global al acviferului ❖ Calculul resurselor exploatabile
4.	Proiectarea, execuția și exploatarea lucrărilor de captare a apelor subterane ❖ Elemente generale asupra captărilor ❖ Tipuri de captări ❖ Proiectarea lucrărilor de captare a apelor subterane ❖ Execuția lucrărilor de captare a apelor subterane ❖ Exploatarea captărilor
5.	Problematica poluării apelor subterane ❖ Generalități ❖ Mecanismul producerii poluării ❖ Vulnerabilitatea apelor subterane la poluare ❖ Metode de evaluare a vulnerabilității apelor subterane ❖ Autoepurarea apelor subterane ❖ Cazuri de poluare a apelor subterane
6.	Protecția calității surselor de apă subterană ❖ Protecția solului în coroborare cu protecția apei subterane ❖ Delimitarea zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică ❖ Rolul hidrogeologului în instituirea perimetrelor de protecție ❖ Tehnologii de depoluare a solurilor și a apelor freatice
7.	Problematica gestionării apelor subterane în cadrul reglementărilor legale de mediu din România ❖ Legislație cadru și specifică privind exploatarea apelor subterane

Bibliografie

1. PASCU, M., ROJANSCHI, V., GRIGORE, F., TEVI, G., *Managementul apelor subterane*, Editura Pro Universitaria, 2012.
2. SCRĂDEANU, D., GHEORGHE, A., *Hidrogeologie generală*, Editura Universității din București, 2007, București.
3. MĂNESCU, Alex., *Ingineria apelor subterane*, Editura Conspress, 2009
4. MARINOV, Anca Marina, DUMITRAN, Gabriela Elena, DIMINESCU Mihaela Amalia, *Monitorizarea apelor subterane și remedierea acviferelor*, Editura Politehnica Press, 2007
5. NICOLESCU, C-tin, *Tehnologii de depoluare a solurilor și apelor freatice*, Editura Universității Petrol - Gaze din Ploiești, 2008
6. CASTANY, G., *Prospecțiunea și exploatarea apelor subterane*, Editura Tehnică București, 1972.

2. Planul tematic al proiectelor:

1.	Exploatarea apei subterane <i>Studiu de caz prezentat de echipe formate din maxim 5 studenți privind realizarea/extinderea/modernizarea unei rețele de alimentare cu apă potabilă din surse subterane a unei localități</i>
2.	Impactul activităților antropice asupra apelor subterane <i>Studiu de caz prezentat de echipe formate din maxim 5 studenți privind poluarea generată de o activitate umană asupra apelor subterane</i>

Bibliografie

1. PASCU, M., ROJANSCHI, V., GRIGORE, F., TEVI, G., *Managementul apelor subterane*, Editura Pro Universitaria, 2012.
2. SCRĂDEANU, D., GHEORGHE, A., *Hidrogeologie generală*, Editura Universității din București, 2007, București.
3. MĂNESCU, Alex., *Ingineria apelor subterane*, Editura Conspress, 2009
4. MARINOV, Anca Marina, DUMITRAN, Gabriela Elena, DIMINESCU Mihaela Amalia, *Monitorizarea apelor subterane și remedierea acviferelor*, Editura Politehnica Press, 2007
5. NICOLESCU, C-tin, *Tehnologii de depoluare a solurilor și apelor freatice*, Editura Universității Petrol - Gaze din Ploiești, 2008
6. CASTANY, G., *Prospecțiunea și exploatarea apelor subterane*, Editura Tehnică București, 1972

Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Prezența la 50% din cursuri	Verificarea prezenței	10%
Proiect	Acuratețea ideilor prezentate în cadrul proiectelor; acuratețea și detalierea observațiilor, corelarea cu noțiunile teoretice, calitatea suportului ilustrativ	Punctaj întocmit pentru realizarea proiectelor	30%
Evaluare finală	Gradul de cunoaștere a problematicei apelor subterane, încadrarea în subiect, corectitudinea exprimării, capacitatea de a utiliza materialul bibliografic indicat	Examen scris	60%
Modalitatea de notare (calificativ sau notă): nota			
Standard minim de performanță: - cunoașterea importanței gestionării apelor subterane - capacitatea formulării unor obiective privind gestionarea apelor subterane; - elaborarea unui proiect privind gestionarea apelor subterane;			

Capitolul 1. Probleme generale privind monitorizarea, exploatarea și protecția apelor subterane în România	6
1.1. Termeni și definiții.....	6
1.2. Caracteristici specifice apelor subterane.....	9
1.3. Apa subterană ca resursă și accesibilitatea acesteia.....	10
1.4. Resursele de apă subterane din România.....	12
Capitolul 2. Monitorizarea apelor subterane	17
2.1. Noțiuni generale privind monitorizarea apelor subterane.....	17
2.1.1. Definirea monitoringului calității apelor subterane	19
2.1.2. Necesitatea monitorizării apelor subterane	20
2.1.3. Scopul monitorizării apelor subterane	21
2.1.4. Obiectivele monitorizării apelor subterane	21
2.1.5. Activitățile de monitoring	22
2.1.6. Tipuri de rețele de monitoring	22
2.1.7. Selectarea punctelor de prelevare și a densității rețelei	22
2.1.8. Frecvențe de prelevare	23
2.1.9. Metodele de monitoring a apelor subterane	23
2.2. Monitorizarea apelor subterane în România	25
2.2.1. Înregistrarea, centralizarea și prelucrarea măsurătorilor sistematice de nivel	28
2.2.2. Centralizarea și prelucrarea măsurătorilor sistematice de temperatură	30
2.2.3. Înregistrarea datelor legate de pompările experimentale	30
2.2.4. Centralizarea și prelucrarea datelor privind chimismul apelor subterane.....	34
Capitolul 3. Problematika utilizării corpurilor de apă subterană ca surse de apă potabilă.....	38
3.1. Conținutul studiilor preliminare.....	38
3.1.1. Aspecte geografice, morfologice, cantitative.....	38
3.1.2. Studii preliminare.....	41
3.1.3. Studii de tratabilitate a apelor subterane	44
3.1.4. Etape de promovare a investițiilor în utilizarea apelor subterane	45
3.2. Stabilirea bilanțului global al acviferului/sistemului acvifer	49
3.2.1. Generalități.....	49
3.2.2. Bilanțul apelor subterane	51
3.2.3. Rezervele de apă subterană	53
3.2.3.1. Refacerea rezervelor de ape subterane	55
3.2.3.2. Vârsta apelor subterane	55
3.2.4. Resursele de ape subterane	55
3.2.4.1. Calculul resurselor exploatabile din acviferele cu nivel liber.....	57
3.2.4.2. Calculul resurselor exploatabile din acviferele captive	57
Capitolul 4. Proiectarea, execuția și exploatarea lucrărilor de captare a apelor subterane în România	58
4.1. Elemente generale asupra captărilor	58
4.1.1. Consumul specific de apă în Europa.....	58
4.1.2. Situația captărilor de apă subterană în România.....	58
4.2. Tipuri de captări.....	59
4.3. Proiectarea lucrărilor de captare a apelor subterane	60
4.4. Execuția lucrărilor de captare a apelor subterane	64
4.5. Exploatarea captărilor	65

Capitolul 5. Problematika poluării apelor subterane.....	70
5.1. Generalități.....	70
5.2. Mecanismul producerii poluării.....	73
5.3. Vulnerabilitatea apelor subterane la poluare.....	81
5.3.1. Factori de primă importanță.....	87
5.3.2. Factori secundari.....	88
5.4. Metode de evaluare a vulnerabilității apelor subterane.....	89
5.4.1. Hărțile de vulnerabilitate.....	91
5.4.2. Cartografierea hărților de vulnerabilitate.....	96
5.4.3. Scopul hărților de vulnerabilitate.....	96
5.4.4. Limitele hărților de vulnerabilitate.....	97
5.4.5. Folosirea greșită a hărților de vulnerabilitate.....	98
5.4.6. Direcții în cartografierea vulnerabilității apelor subterane.....	99
5.5. Autoepurarea apelor subterane.....	100
5.6. Cazuri de poluare a apelor subterane în România.....	101
Capitolul 6. Protecția calității surselor de apă subterană.....	118
6.1. Protecția solului în coroborare cu protecția apei subterane.....	118
6.1.1. Generalități.....	118
6.1.2. Degradarea solului.....	119
6.1.3. Prevenirea poluării solului.....	120
6.1.4. Responsabilitatea protecției solului.....	122
6.1.5. Procese fizice și biochimice în roci.....	122
6.2. Delimitarea zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică.....	125
6.2.1. Criterii de delimitare a zonelor/perimetrelor de protecție.....	127
6.3. Rolul hidrogeologului în instituirea perimetrelor de protecție.....	132
6.4. Tehnologii de depoluare a solurilor și a apelor freatice.....	140
6.4.1. Măsuri cu caracter general.....	141
6.4.2. Măsuri specifice pentru combaterea și reducerea poluării apelor subterane.....	141
6.4.3. Alte metode de combatere a poluării apelor subterane.....	143
6.4.3.1. Măsuri de limitare a creșterii zonei poluate.....	143
6.4.3.2. Măsuri de refacere a zonei subterane poluate.....	143
6.4.4. Măsuri specifice pentru combaterea și reducerea poluării solului.....	151
6.4.5. Atenuarea naturală monitorizată.....	153
Capitolul 7 Problematika gestionării apelor subterane în cadrul reglementărilor legale de mediu din România.....	156
7.1. Problematika gestionării apelor subterane în cadrul reglementărilor legale de mediu din România în perioada 1990-2010.....	156
7.1.1. Elemente instituționale.....	158
7.1.2. Legislație-cadru privind protecția calității apelor subterane.....	160
7.1.3. Legislație secundară privind protecția calității apelor subterane.....	160
7.2. Legislația actuală din România privind apele subterane.....	161

Capitolul 1.

Probleme generale privind monitorizarea, exploatarea și protecția apelor subterane în România

1.1. Termeni și definiții

Preocuparea permanentă a specialiștilor în domeniul apelor subterane a determinat apariția unei noi terminologii. În acest context, sunt prezentate în continuare noțiuni, termeni și concepte cu explicațiile necesare din dorința de a oferi celor interesați de apele subterane posibilitatea cunoașterii cât mai corecte a conținutului noțiunilor pe care le folosesc.

Studii hidrogeologice nu se întocmesc numai pentru alimentări cu apă și pentru lucrări miniere, ci și pentru construcții civile, industriale, construcții hidrotehnice și lucrări de îmbunătățiri funciare, în special pentru irigații și drenaje, dar și pentru **protecția mediului**.

În același timp, necesitatea și obligativitatea de a proteja apele subterane au impus includerea unor noțiuni din alte discipline, așa cum sunt Pedologia, Geochimia, Protecția mediului și altele.

Trebuie subliniat faptul că hidrogeologia este o parte a geologiei, cu caracter dinamic, atât extern cât și intern, având ca obiect de studiu o substanță minerală - **apa** - ce constituie o rezervă regenerabilă și al cărei regim poate fi observat direct și permanent, timpul fiind un factor de prim ordin în *studiul regimului, exploatării, gospodăririi și protecției apelor subterane*.

APĂ SUBTERANĂ,

1. Apa acumulată și care curge prin porii, fisurile sau golurile rocilor. 2. Ansamblul apelor care circulă sau stagnează în formațiuni geologice. 3. Mineral lichid, în continuă mișcare, care curge prin roci, se pierde și se reface/regenerează.

Insuficienta definire a unei noțiuni conduce la crearea de confuzii prin folosirea lor și, ca urmare, o prezentare incorectă a unui aspect, a unei situații, a unui fenomen legat de *studiul, exploatarea, gospodărirea și protecția apelor subterane*.

Aceste aspecte au fost semnalate și de G. Castany și J. Margat (1977) care afirmă că „a fost pusă în evidență o diversitate destul de mare și unele confuzii”.

Este de remarcat că aceeași noțiune poate avea înțelesuri diferite în hidrogeologie, în hidrologie, în pedologie sau în irigații.

Față de afirmațiile de mai sus se dau câteva exemple:

- noțiunea (termenul) „pânză acviferă” este necorespunzător: el nu poate fi folosit corect, deoarece este utilizat atât pentru a desemna suprafața apelor cu nivel liber, cât și roca permeabilă care are rol de înmagazinare, dar și de mediu prin care apa subterană curge (într-un acvifer cu nivel liber);
- „nivelul stratului acvifer freatic” este definit ca suprafața superioară a stratului acvifer sub care terenul sau materialul parental este saturat cu apă, dar acest nivel este variabil, deoarece nivelul apelor freatice prezintă fluctuații importante în funcție de condițiile de alimentare și de regimul de exploatare al apelor;
- frecvent, se folosește noțiunea de nivel hidrostatic atât pentru apele subterane cu nivel liber, cât și pentru cele sub presiune. Se știe că apele subterane au o dinamică, în special cele cu nivel liber, și nivelul lor suferă fluctuații, deci nu poate fi vorba de nivel hidrostatic. Corect este: *nivelul apei subterane la data de.....* . Chiar alura hidroizohipselor arată că nu poate fi vorba de un nivel hidrostatic, hărțile hidrogeologice cu izolinii ale apelor subterane evidențiind caracterul dinamic al apelor subterane.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Este de observat că nu toate noțiunile sunt suficient de bine definite sau nu sunt definite în mod corespunzător. În acest sens apare întrebarea dacă unele noțiuni sau definiții nu trebuie reformulate sau chiar regândite.

Unele dicționare conțin definiții al căror conținut - din punct de vedere hidrogeologic - este insuficient, neclar definit sau greșit prezentat.

Pentru o mai bună înțelegere a definițiilor se vor prezenta în continuare conținutul unor noțiuni mai des folosite în conexiune cu subiectul abordat.

Acvifer înseamnă purtător de apă. Ca atare, nu se recomandă să se spună strat acvifer, ci numai acvifer. De reținut că toate acviferele sunt subterane și, de aceea, este suficient să se spună acvifer și nu acvifer subteran.

ACVIFER, 1. Termen comprehensiv semnificând o formațiune geologică purtătoare de apă. **2.** Formațiune geologică poroasă-fisurată, permeabilă, cu o zonă saturată, conductor suficient de bun al apei subterane, pentru a permite o curgere semnificativă a apei subterane și captarea unor debite apreciabile de apă. **3.** Strat sau strate subterane de roci geologice sau alte strate geologice cu o porozitate și o permeabilitate suficiente, astfel încât să permită fie o curgere semnificativă a apelor subterane, fie prelevarea unor cantități importante de ape subterane. **4.** Complex unic, constituit din două faze strâns legate între ele și în interacțiune: rezervorul - faza solidă (mediu poros sau fisurat), care constituie scheletul solid/cadru/ matricea, și apa subterană - faza lichidă - a cărei fracțiune liberă (gravitațională) alimentează izvoarele, râurile și captările. Uneori există și a treia fază - gazele - mai ales la apele minerale, în special la cele carbogazoase.

Caracteristica - fiecare dintre parametrii și datele tehnice utilizate pentru aprecierea și determinarea capacității, calității, eficacității de utilizare a unui sistem sau pentru individualizarea acestora în raport cu altele asemănătoare.

Debitul reprezintă atât cantitatea de apă ce a curs într-o perioadă de timp definită, cât și extragerea unei cantități de apă dintr-un acvifer, așa cum este debitul ce reprezintă componenta negativă a bilanțului de apă subterană.

Evoluția reprezintă transformare, dezvoltare, desfășurare, deci o serie de transformări succesive.

Fenomenul reprezintă orice schimbare care se produce într-un corp din natură și care ne este relevant prin simțurile/percepțiile noastre, ajutați sau nu de instrumente, și care crește/scade în intensitate. El mai este definit ca mulțimea ordonată a stărilor pe care le are un sistem fizico-chimic în momentele succesive ale unui interval de timp.

Gradientul definește variația unei mărimi pe unitatea de lungime.

Gradul este o noțiune ce se utilizează în multe domenii diferite (matematică, fizică, statistică, mediu etc.). În cazul de față, în afară de a preciza agresivitatea apei, este folosit și în sensul unei proporții în unele expresii: grad de saturare, grad de umiditate. El are valori cuprinse între 1 și 100, având semnificația unui procent.

Indicele este, în general, o expresie numerică ce caracterizează o situație, o stare mai mult sau mai puțin complexă, fără o măsură fizică anume și nici referindu-se la o scară de mărimi absolute. Poate avea sau nu o dimensiune. În hidrologie, reprezintă, în general, o cantitate (volum) raportat la o unitate de suprafață sau la o durată de timp definită. El mai este definit ca o caracteristică numerică a diferitelor fenomene, procese sau ansambluri de elemente, stabilită pe baza unor relații matematice.

Modelul este reprezentarea ideală a unui sistem real, redus la cel al proprietăților și caracteristicilor folosite într-un scop bine determinat, completat cu ipoteze coerente asupra necunoscutelor (model matematic, model hidraulic, model analogic).

Parametrul pune în evidență caracteristicile unui mediu sau ale unui domeniu, a căror valoare poate fi făcută variabilă, ținând seama de condițiile observate și de a adapta rezultatele calculelor la realitate. Nu poate fi folosit pentru toate mărimile fizice variabile în timp. Parametrul mai este definit ca mărime proprie a unui obiect, mecanism, sistem, fenomen, instalație și care servește la caracterizarea unor proprietăți ale acestora.

Perimetrul este conturul care delimitează o arie, un domeniu în proiecție orizontală.

Probabilitatea este definită ca o mulțime numerică, prin care se poate exprima caracterul aleatoriu al unui eveniment sau fenomen; ca definiție clasică, probabilitatea poate fi considerată ca posibilitatea realizării unui eveniment sub forma unui raport între numărul de cazuri favorabile și numărul de cazuri posibile.

Proгноza este o prevedere a desfășurării în timp a unui fenomen, a unui proces, bazată pe studiul împrejurărilor/cauzelor care îi determină apariția și evoluția. În altă definiție, prognoza este o prevedere a valorilor pe care le vor lua în viitor unele mărimi din prezent.

Regimul este definit ca ansamblul mărimilor variabile caracteristice, care, pentru un anumit timp, determină funcționarea unui sistem. El mai este definit ca o clasă de evoluții ale unui sistem fizic, determinată într-un interval de timp, practic limitat de un ansamblu de condiții externe invariabile.

Rezerva de apă subterană este întotdeauna conținută într-un acvifer.

Zona definește orice dimensiune a spațiului, fie în plan, fie în adâncime, caracterizată prin proprietăți comune sau care este domeniul de derulare a unor fenomene proprii, distincte în natura sau intensitatea lor de cele ce caracterizează diviziunile învecinate. În hidrogeologie, are mai mult înțelesul de sector, suprafață, fâșie, bandă; ea reprezintă și partea delimitată spațial, considerată după o secțiune verticală. Se folosește și în expresiile consacrate: zona de apel, zona de alimentare.

S-a considerat necesar și prezentarea altor aspecte întâlnite în activitatea hidrogeologică.

Se va reține că pluralul corect de la rocă este roci, nu roce, iar pluralul de la strat este strate, nu straturi (I. Atanasiu, 1947); strate de Sinaia, strate de Azuga, strate de Comarnic etc.

Solul, în accepțiunea geologică, este o rocă sedimentară reziduală, provenită din alterarea unei roci mamă, dar definițiile sunt diferite:

- pentru pedologi și agronomi, solul constituie mediul de viață al plantelor, având ca proprietate de bază fertilitatea (împreună cu atmosfera);
- geotehnicienii folosesc termenii de teren sau pământ de fundație;
- în Dicționarul explicativ al limbii române, pământul este definit fie ca sol, fie ca materia din care este alcătuită partea solidă a globului terestru.

Referindu-ne la constituția superioară a scoarței terestre, în care sunt cantonate apele subterane, se constată că nu întotdeauna se folosește noțiunea corespunzătoare: sol, rocă, teren sau pământ.

De multe ori, noțiunile de alimentare și realimentare se folosesc cu același înțeles, deși au conținuturi diferite: alimentarea este un proces natural, în timp ce realimentarea presupune o intervenție antropică.

ALIMENTAREA UNUI ACVIFER,

1. Aporturile externe de apă, de toate originile, într-un acvifer. 2. Componentă a bilanșului apei într-un acvifer: suma tuturor cantităților de apă ca aport natural sau introduse în mod artificial într-un acvifer, în timpul unei perioade de referință. 3. Completarea alimentării cu apă în zona de saturație sau adaos de apă în rezervorul subteran prin procese naturale sau metode artificiale. 4. Proces de completare sau adăugare a unei cantități de apă în acvifer. Sinonim aporturi/intrări de apă.

REALIMENTARE INDUSĂ/ PROVOCATĂ,

reacție provocată de o captare asupra unei limite de alimentare asupra acviferului exploatat, determinând un aflus suplimentar de apă, care compensează în regim permanent debitul de apă prelevat. Cel mai adesea, este efectul captărilor din acviferele aluvionare, care sunt în legătură directă cu rețeaua hidrografică.

Se folosește noțiunea de curgere pentru apele subterane, iar cea de scurgere pentru apele de suprafață continentale: regimul hidrologic este caracterizat prin scurgere medie, scurgere superficială, scurgere specifică, variația în timp a scurgerii anuale.

Un proces geologic este, în ultimă analiză, un proces fizic, chimic sau biologic, dar care devine proces geologic prin amploarea și durata lui, precum și prin faptul că se produce în scoarța Pământului (în domeniul continental sau marin) ori în interiorul Pământului (I. Atanasiu, 1947).

Noțiunea de puț se folosește în mod necorespunzător pentru a desemna un foraj hidrogeologic. În limba română, cuvântul puț are înțelesuri diferite: puț sătesc pentru alimentare cu

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

apă, puț de aeraj, puț absorbant, puț orb (de ecarisaj). În hidrogeologie se folosesc noțiunile puț cu diametru mare și puț cu drenuri radiale.

PUȚ,

1. Săpătură de la suprafața terenului, care pătrunde într-un acvifer, folosită pentru a scoate apa din ea sau pentru a acționa local asupra sarcinii hidraulice din acvifer ori pentru alte diferite scopuri. 2. Lucrare minieră sub forma unei coloane cilindrice sau prismatice, de dimensiuni variabile, având axa verticală, sprijinită sau consolidată, în scopul cercetării sau exploatării apelor subterane.

Deosebit de important este să se rețină că, apele subterane sunt ultimii „beneficiari” ai poluării aerului, apelor de suprafață și solului, iar momentul în care apar primele semne de poluare a apelor subterane este decalat în timp (uneori apar foarte târziu) față de data producerii poluării atmosferice sau pe suprafața pământului.

Poluarea apei subterane este asociată unei multitudini de aspecte neplăcute, cum ar fi: gustul, mirosul, culoarea, duritatea, existența unor organisme patogene sau a unor substanțe toxice, explozive ori inflamabile.

1.2. Caracteristici specifice apelor subterane

Sursele subterane sunt caracterizate, în general, printr-o mineralizare mai ridicată, conținutul în săruri minerale dizolvate fiind, în general, peste 400 mg/l și format, în principal, din bicarbonați, cloruri și sulfati de sodiu, potasiu, calciu și magneziu. Duritatea totală este cuprinsă, în general, între 10 și 20 grade G, fiind formată, în cea mai mare parte, din duritatea bicarbonată.

Concentrația ionilor de hidrogen (pH) se situează în jurul valorii neutre, fiind cuprinsă, în general, între 6,5 și 7,7.

Dintre gazele dizolvate predomină bioxidul de carbon liber, conținutul în oxigen fiind foarte scăzut (sub 3 mg O₂/l).

În funcție de compoziția mineralogică a zonelor străbătute, unele surse subterane conțin cantități însemnate de fier, mangan, hidrogen sulfurat și sulfuri, compuși ai azotului, etc.

S-a considerat a fi sugestivă prezentarea centralizată, pe câte o analiză generală (**tabelul 1.1**), a diferitelor categorii de apă întâlnite curent, și anume: apă distilată, apă de râu, apă de lac, apă subterană, apă din rețeaua de apă potabilă și apă minerală.

Compararea valorilor diferiților indici de calitate permite, chiar și unui nespecialist, evidențierea specificului diferitelor categorii de apă.

Caracteristicile fizico-chimice (tip) ale diferitelor surse de apă

Tabelul 1.1

Indicator	Unitatea de măsură	Apă distilată	Apă râu	Apă lac	Apă subterană	Apă potabilă	Apă minerală
Temperatură	°C	20	18	13,8	14	19	15
Turbiditate	grade Si O ₂	0	190	3,5	0,7	0	4
Culoare	mg Pt/l	0	17	35	0	0	0
pH	-	5,6	7,85	6,95	7,7	7,7	5,8
Reziduu fix	mg/l	15	325	124	429	235	2030
Suspensii	mg/l	0	395	9	0	1	10
Conductivitate	μS	20	488	231	593	348	3700
Alcalinitate „m”	mval/l	0,15	3,25	1,55	8,15	206	28,70
Alcalinitate „p”	mval/l	0	0,12	0	0	0	0
Duritate totală	grade	0	11,65	4,70	11,96	8,40	54,10
Duritate temporară	grade	0	9,18	4,34	11,96	5,77	54,10
Duritate permanentă	grade	0	2,47	0,36	0	2,63	0
O ₂ dizolvat	mg/l	1,80	8,96	9,66	1,26	7,20	-
Oxidabilitate	mgKMNO ₄ /l	1,58	48,33	28,77	15,24	5,69	8,80
CCO-Cr	mgO ₂ /l	1,30	26,80	9,06	4,04	2,40	9,70
CBO ₅	mgO ₂ /l	8,69	4,96	3,83	0,90	1,20	-
CO ₂ liber	mg/l	0	0	7,37	8,80	6,60	2970
Ca ²⁺	mg/l	0	56	21	39	48	242
Mg ²⁺	mg/l	0	17	8	28	7	88
Na ⁺ + K ⁺	mg/l	6	44	12	99	30	455
Fe ²⁺	mg/l	0	0	0	0,100	0	0

Indicator	Unitatea de măsură	Apă distilată	Apă râu	Apă lac	Apă subterană	Apă potabilă	Apă minerală
Fe total	mg/l	0	0,50	0,600	0,835	0,031	0,021
Mn	mg/l	0	0,025	0,025	0,100	0	0
Cl ⁻	mg/l	4	46	8	11	37	365
SO ₄ ²⁻	mg/l	0	60	19	6	50	5
HCO ₃ ⁻	mg/l	9	200	95	497	126	1750
CO ₃ ²⁻	mg/l	0	7	0	0	0	0
NH ₄ ⁺	mg/l	0,019	0,296	0,469	6,000	0,051	0,116
NO ₂ ⁻	mg/l	0,003	0,030	0,010	0,004	0	0,016
NO ₃ ⁻	mg/l	0	4,761	0,332	0,455	2,082	0,044
N total mineral	mg/l	0,016	1,314	0,443	5,125	0,510	0,105
PO ₄ ³⁻	mg/l	0,090	0,468	0,010	0,250	0,034	0
P total	mg/l	0,037	0,660	0,023	0,360	0,013	0
SiO ₂	mg/l	0,14	0,9	0,60	1,56	1,50	2,10
H ₂ S	mg/l	0	0	0	3,20	0	0
Fenoli	mg/l	0,0017	0,007	0	0	0,0086	0

1.3. Apa subterană ca resursă și accesibilitatea acesteia

Apele subterane, care prezintă interes pentru alimentarea cu apă, sunt de origine meteorică, ele reprezentând o etapă din ciclul hidrologic al apei în natură.

În timpul în care atmosfera și solul nu erau poluate, apele meteorice și cele de suprafață nu erau nici ele poluate și, ca urmare, nici apele subterane nu erau poluate.

În regim natural, existau ape subterane a căror mineralizare era determinată de natura rocilor ce constituie acviferul și de timpul de tranzit în subteran, dar nu existau modificări ale calității apelor din cauza intervenției omului.

Desigur, au existat întotdeauna factori de risc, așa cum erau closetele din gospodăriile individuale, care nu erau de tip fosă septică vidanabilă, depozitele de bălegar din apropierea puțurilor domestice, puțurile oarbe în care erau aruncate cadavrele de animale sau gropile în care era pusă la topit cânepa, situații care se mai întâlnesc și astăzi.

Pe măsura industrializării și a chimizării agriculturii, a început poluarea din ce în ce mai intensă a apelor: în prima fază, a apelor de suprafață, iar în faza a doua, a apelor subterane.

În același timp s-a modificat și compoziția apelor de precipitații, constatându-se apariția ploilor acide, ca urmare a noxelor degajate de industrie în atmosferă.

Dacă asupra apelor de suprafață poluate se poate interveni într-o manieră eficientă într-un timp mai mult sau mai puțin scurt, în cazul apelor subterane, poluarea este mult mai complexă și mai gravă, de foarte multe ori imposibil de remediat.

Deosebit de grav este faptul că și multe soluri - prin care se produce infiltrarea apelor de precipitații sau a celor din irigații - ele însele sunt poluate și poluarea apelor subterane se declanșează din momentul în care încep să se producă infiltrațiile.

Dacă nu se intervine în mod ferm, eficient și în timp îndelungat, apa subterană potabilă va fi din ce în ce mai puțină, mai rară și mai scumpă, iar criza de apă potabilă va fi una din cele mai grave din istoria omenirii, cu consecințe greu de prevăzut.

În prezentarea acestor considerente, se au în vedere următoarele aspecte:

- infiltrația și alimentarea acviferelor freatice (granulare, fisural - carstice);
- geochimia apelor subterane în regim natural, aspect din care se poate deduce complexitatea fenomenelor și proceselor fizico-chimice și biologice care determină caracterul apelor subterane, fenomene și procese mult mai complexe și mai grave în cazul factorilor și agenților poluanți. Cum infiltrațiile începe să se producă prin sol, pe suprafața de impluvium, se va acorda atenția corespunzătoare solului.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

În cazul în care precipitațiile au valoare mai mică decât capacitatea de infiltrație, apa este absorbită în teren și nu există șiroire.

Infiltrația este factorul cel mai important în hidrogeologie, dar și cel mai greu de evaluat, deoarece scapă măsurătorilor directe prin procedee simple (G. Castany).

Infiltrația deasupra unui prag pluviometric este în funcție de precipitații, iar pragul pluviometric este legat de evapotranspirația reală.

Capacitatea de câmp reprezintă volumul de apă pe care solul îl reține și de la care începe să se producă o curgere sub acțiunea gravitației.

Pluviometria are importanță deosebită, ea guvernând alimentarea în subteran:

- ploile de scurtă durată nu prezintă importanță deosebită pentru alimentarea acviferelor, importanță deosebită având șiroirea;
- mărimea ploilor zilnice: cu cât ploaia este mai de durată, fără a fi torențială și fără să se producă șiroire intensă, cu atât infiltrația este mai mare;
- în decursul unui an, mărimea și intensitatea ploilor variază: există perioade cu precipitații mai abundente și perioade cu precipitații mai reduse.

Există și o infiltrație continuă, care se datorează apelor de suprafață continentale cu regim permanent.

În timpul sezonului rece, infiltrația are valori minime sau este redusă.

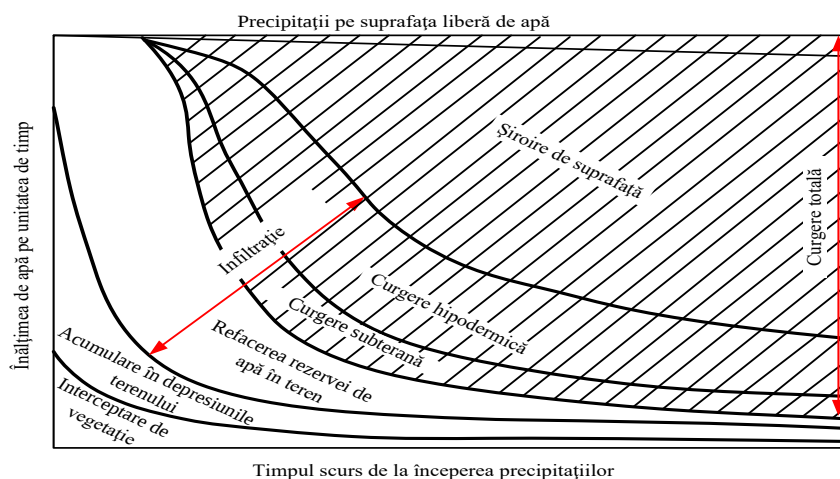


Figura 1.1 – Schema de repartiție a apelor de precipitații (după G. Castany)

În ceea ce privește separarea infiltrației de șiroire, aceasta este influențată de permeabilitatea terenului, de intensitatea și durata ploilor și rezistența la șiroire, întâmpinată la suprafața terenului (panta terenului, rugozitatea și gradul de acoperire cu vegetație).

Infiltrația reprezintă mișcarea apelor de la suprafața terenului și care pătrund în sol, străbaterea zonei nesaturate (cu subzonele de evaporație și tranziție) până la zona de saturație, iar mișcarea apei este predominant verticală.

Analizarea infiltrației evidențiază două aspecte:

- **capacitatea de infiltrație** sau **infiltrația potențială** reprezentând fluxul maximal de apă ce se poate infiltra traversând unitatea de suprafață a terenului sau reprezentând capacitatea maximă a unui anumit sol, într-o condiție dată de a absorbi apa de la suprafața terenului, dar numai în situația în care cantitatea de apă de la suprafața terenului este egală sau superioară capacității de infiltrare;
- **infiltrația efecă** este cantitatea de apă infiltrată de la suprafața terenului, care traversează zona nesaturată și ajunge efectiv la zona saturată: ea constituie fluxul de infiltrație și este componenta principală în bilanțul apelor subterane, cel mai greu de determinat.

La începutul ploii, capacitatea de infiltrare este relativ mare, dar, pe măsură ce umiditatea solului crește, capacitatea de infiltrație scade până la o valoare constantă, iar timpul în care se ajunge la o valoare constantă este variabil, de la minute la ore.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

În procesul de infiltrație, apa trece din subzona de evaporație în subzona de tranziție numai în condiția în care capacitatea zonei de evaporație a fost satisfăcută.

Grosimea zonei de tranziție este variabilă, putând depăși 100 m. Ea este mai mare în terenurile foarte permeabile decât în cele cu permeabilitate redusă.

Viteza de infiltrație a apei prin zona de tranziție este guvernată de permeabilitatea terenurilor și de sarcina hidraulică, iar timpul de ajungere la nivelul apei subterane este în funcție și de grosimea zonei de tranziție.

1.4. Resursele de apă subterane din România

Pe teritoriul României au fost identificate, delimitate și caracterizate 142 de corpuri de apă subterană (**figura 1.2**), dintre care 17 corpuri de apă subterană sunt transfrontaliere.

Resursele de apă subterană sunt caracterizate prin:

- resursa teoretică de 9,6 mld. m³ (reprezintă 7,13% din totalul resurselor de apă), din care ape freatice 4,7 mld. m³ și ape de adâncime 4,9 mld m³;
- resursa utilizabilă de 5,4 mld. m³.

Identificarea și delimitarea corpurilor de ape subterane s-a realizat ținându-se cont de următoarele criteriile de bază:

- geologic;
- hidrodinamic;
- starea corpului de apă:
 - calitativă
 - cantitativă.

Starea cantitativă este prezentată în **figura 1.3**.

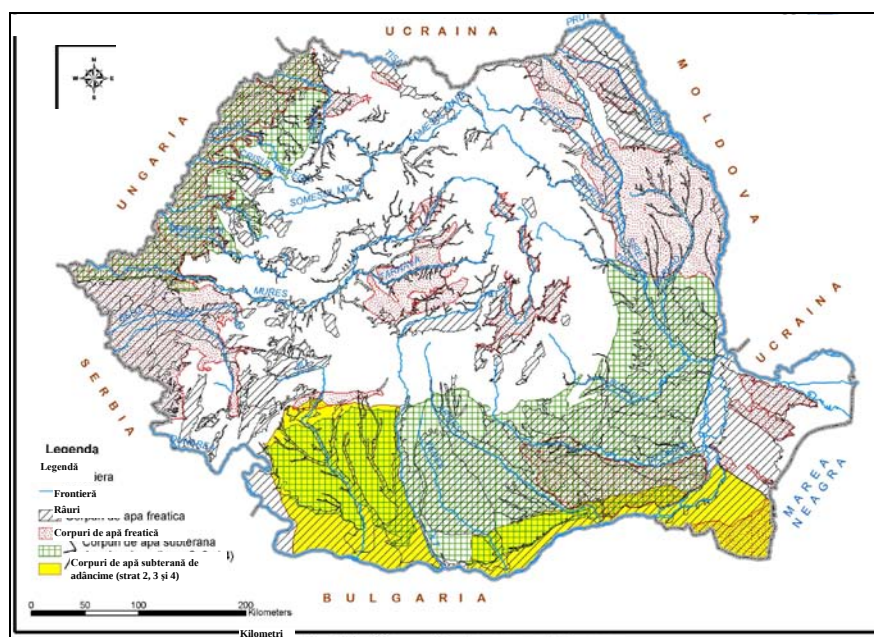


Figura 1.2 – Corpurile de apă subterană
(Planul Național de Management a apelor din România, 2009)

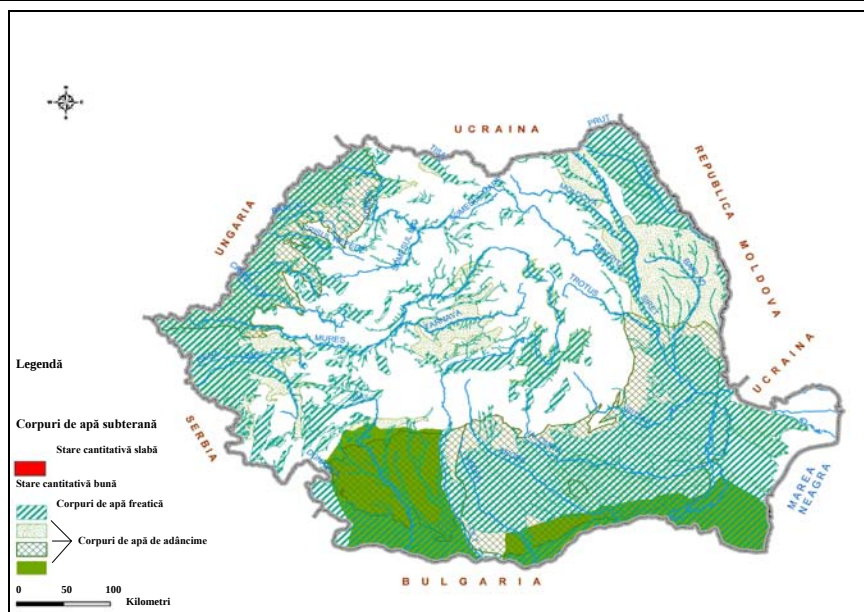


Figura 1.3 – Starea cantitativă a corpurilor de apă subterană
(Planul Național de Management a apelor din România, 2009)

Starea calitativă din punct de vedere chimic a corpurilor de apă subterană este prezentată în **figura 1.4.**

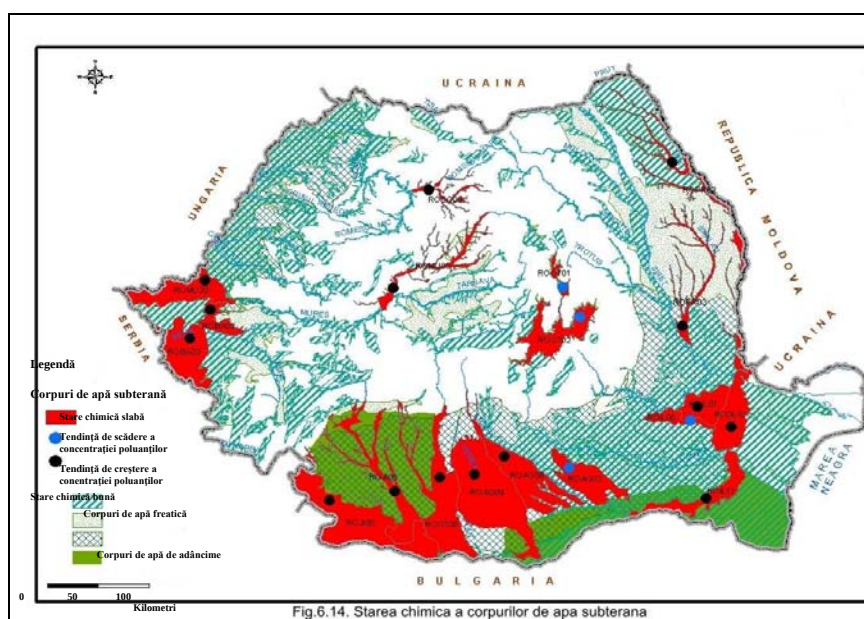


Figura 1.4 – Starea chimică a corpurilor de apă subterană
(Planul Național de Management a apelor din România, 2009)

Conform prevederilor Directivei-cadru 2000/60 /EC delimitarea corpurilor de apă subterană s-a făcut numai pentru zonele în care există acvifere semnificative ca importanță pentru alimentări cu apă, și anume debite exploatabile mai mari de 10 m³/zi.

România a stabilit acorduri bilaterale pentru 8 corpuri de apă subterană transfrontaliere cu:

- Ungaria pentru patru corpuri de apă subterană:
 - două în zona conului aluvionar al Someșului: ROSO01- Conul Someșului (Holocen și Pleistocen superior) și ROSO13 - Conul Someșului - (Pleistocen inferior);

- două în zona conului aluvionar al Mureșului: ROMU20 - Conul aluvial Mureș (Pleistocen superior - Holocen) și ROMU22 - Conul aluvial al Mureșului (Pleistocen inferior - mediu);
- Serbia pentru un corp de apă subterană (ROBA18 - Banat);
- Bulgaria pentru două corpuri de apă subterană (RODL04 – Sarmațian și RODL06 - Platforma Valahă);
- Republica Moldova pentru un corp de apă subterană (ROPR05 - Podișul Central Moldovenesc).

Aproximativ 73 % din corpurile de apă subterană sunt în interdependență cu corpurile de apă de suprafață localizate la nivelul a peste 280 de râuri.

1.5. Calitatea apelor subterane din România

Considerațiile prezentate în continuare se bazează pe Raportul „Apele Române” pe anul 2009 privind Gospodărirea apelor din România.

Pe baza implementării Directivei-cadru a Apei 2000/60/CEE, în România s-a realizat zonarea sistemelor acvifere cu nivel liber și a celor cu nivel sub presiune, fiind delimitate, descrise și caracterizate 142 corpuri de apă subterană, această grupare realizându-se și în scopuri manageriale.

Rețeaua de monitoring a corpurilor de apă subterană a fost proiectată cu scopul de a oferi o imagine generală coerentă și cuprinzătoare a stării calitative și cantitative a corpurilor de apă subterană în cadrul fiecărui bazin hidrografic și de a detecta prezența tendințelor de creștere, pe termen lung, a concentrațiilor poluanților din cauza activităților antropogene, conform „Planului național de protecție a apelor subterane împotriva poluării și deteriorării”, aprobat prin HG nr. 53 din 2009, prin transpunerea Directivei Parlamentului European și a Consiliului European 118/2006/CE privind protecția apelor subterane împotriva poluării și deteriorării (Directiva apelor subterane - DAS).

Conform Directivei-cadru Apa „**corpul de apă subterană**” este un volum distinct de ape subterane dintr-un acvifer sau mai multe acvifere semnificative ca importanță pentru alimentări cu apă, cu **debite exploatabile mai mari de 10 mc/zi**.

În regimul natural al apelor subterane au survenit o serie de modificări cantitative și calitative, din cauza executării unor lucrări hidroameliorative și hidrotehnice, inclusiv captări, precum și din cauza poluării, cu precădere în cazul apelor freatice.

Din punct de vedere cantitativ, conform anexei V din Directiva-cadru Apa, **starea bună a corpului de apă subterană** este atinsă atunci când nivelul apei subterane în corpul de apă subterană este astfel încât resursele de apă subterană disponibile nu sunt depășite de rata de captare medie anuală pe termen lung. Pentru evaluarea stării cantitative a corpurilor de apă subterană s-au utilizat recomandările ghidului european în domeniu, elaborat în cadrul *Strategiei comune de implementare a Directivei-cadru*, utilizându-se următoarele criterii:

- bilanțul hidric;
- conexiunea cu apele de suprafață;
- influența asupra ecosistemelor terestre dependente de apă subterană;
- intruziunea apei saline sau a altor intruziuni.

Prin aplicarea acestor criterii în evaluarea stării cantitative a corpurilor de apă subterană a rezultat faptul că toate cele 142 de corpuri de apă subterană delimitate pe teritoriul României prezintă o stare cantitativ bună.

Metodologia de evaluare a stării calitative (chimice) a corpurilor de apă subterană a urmat, în general, recomandările documentului *Îndrumar asupra stării apelor subterane și evaluării tendințelor*, realizat de Grupul de lucru C – apele subterane al Comisiei Europene.

Corpurile de apă subterană se clasifică în două clase: bună și slabă, atât pentru starea cantitativă, cât și pentru cea chimică. Pentru evaluarea stării chimice a apelor subterane, concentrațiile determinate în punctele de monitoring stabilite conform DCA se compară cu valorile

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

de prag (TV – threshold values) care sunt considerate astfel obiectivele vizate pentru o stare bună a corpului de apă subterană. Pentru nitrați (50 mg/l) și pesticide (0,1 µg/l individual și 0,5 µg/l total), sunt valori de prag stabilite în standardele europene, după cum fiecare țară membră și-a stabilit valorile de prag pentru celelalte substanțe poluante, având la bază valorile fondului natural (NBL).

La determinarea riscului din punct de vedere calitativ (ANAR) s-au avut în vedere următoarele:

- corpul este considerat la risc, în stare slabă, dacă este poluat în cel puțin 20% din numărul total al punctelor monitorizate;
- corpul se află în stare bună, dacă este total nepoluat sau dacă, din numărul punctelor monitorizate, numărul celor poluate este mai mic de 20%.

Valorile medii ale indicatorilor de calitate a apelor și a altor parametri de poluare au fost interpretați având ca reper valorile de prag determinate, pentru indicatorii: NO₂, NH₄, cloruri, sulfuri, plumb, cadmiu, mercur, arsen etc., după caz, pentru fiecare corp de apă în parte.

În cazul corpurilor de ape subterane nepoluate s-au evaluat presiunile antropice, astfel:

- dacă nu există surse de poluare atunci corpul nu este la risc;
- dacă există surse de poluare de la suprafață s-a evaluat gradul de protecție globală, prin luarea în considerare a celor doi parametri esențiali: litologia și infiltrația eficace.

În anul 2009 au fost monitorizate (de către structuri ale ANAR) un număr de 1977 puncte de monitorizare (foraje, izvoare, drenuri, fântâni) din 133 de corpuri de apă subterană din totalul celor 142 de corpuri.

Din totalul celor 1977 puncte de monitorizare, 1538 foraje aparțin rețelei naționale de hidrogeologie, 145 foraje de exploatare apă potabilă aparțin terților și 294 sunt foraje de urmărire a poluării amplasate în jurul marilor platforme industriale. Din cele 1538 de foraje din rețeaua națională, 76 sunt izvoare, 5 drenuri, 10 fântâni, 45 foraje de exploatare a apei potabile și 34 foraje de control al poluării aparținând rețelei.

Au mai fost monitorizate de către Direcțiile de Sănătate Publică județene un număr de 184 fântâni publice și private, precum și 30 de izvoare de captare apă potabilă din bazinul hidrografic Someș – Tisa și 35 fântâni din bazinul hidrografic Jiu.

În anul 2009, prin aplicarea metodologiei și criteriilor de evaluare a corpurilor de apă subterană agreată la nivel național, situația calitativă a celor 142 de corpuri de apă subterană se prezintă astfel:

- 109 corpuri se află în stare calitativ bună;
- 22 de corpuri de apă subterană se află în stare calitativ slabă;
- 11 corpuri de apă subterană se află în stare calitativ local slabă.

La o evaluare de ansamblu a informațiilor primite de la cele 11 Administrații Bazinale de Apă ale Administrației Naționale „Apele Române”, la evaluarea efectuată în toate bazinele hidrografice, pe corpuri de apă, se constată o situație critică a calității acviferului freatic din numeroase zone ale țării. Această stare critică este influențată puternic de impactul antropic exogen, chiar dacă în ultimii ani s-a redus semnificativ volumul producției industriale și al producției agrozootehnice, ceea a dus la scăderea cantităților de substanțe poluante evacuate în receptori naturali. Cu toate că au început să se pună în practică măsurile de epurare a apelor uzate, totuși calitatea apelor freatice a rămas încă necorespunzătoare, din cauza ritmului lent de autoepurare a acestora.

Din analiza datelor prelucrate în urma monitorizării parametrilor fizico-chimici la forajele situate în stratul freatic, cele mai multe depășiri s-au înregistrat la indicatorii: substanțe organice, azotați, azotiți, amoniu, cloruri, duritate totală, fier, fosfați, plumb, mangan, oxigen dizolvat, produse petroliere etc.

Majoritatea hidrostructurilor au suferit în timp procese de contaminare a apei cu azotați. În ceea ce privește contaminarea apelor subterane freatice cu azotați, depășiri ale concentrației admise la acest indicator s-au înregistrat în 207 foraje, ceea ce reprezintă cca 10,50% din totalul celor 1977 foraje monitorizate.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

De asemenea, majoritatea fântânilor monitorizate de Direcțiile de Sănătate Publică județene prezintă depășiri la aproape toată grupa de nutrienți, ceea ce reprezintă un real pericol pentru sănătatea populației majoritar rurală, impunându-se urgent luarea de măsuri în acest sens, de racordare a tuturor localităților la sistemul centralizat de alimentare cu apă potabilă.

Aprecierile experților de la Administrația Națională „Apele Române” explică contaminarea acviferului freatic cu azotați prin cauze multiple și cu un caracter cumulativ. Cele două surse majore, cu pondere importantă în contaminarea cu azotați sunt: spălarea permanentă a solului impregnat cu oxizi de azot de către precipitațiile atmosferice și apa de la irigații și apa de suprafață (râuri, lacuri) în care s-au evacuat ape uzate încărcate cu azotați.

La aceste două surse, ce au un caracter cvasipermanent, se adaugă sursele cu caracter aleatoriu generate de aplicarea îngrășămintelor chimice pe unele categorii de terenuri arabile. În aceste ultime zone concentrațiile azotaților se situează frecvent în jurul valorii de 100 mg/l, putând atinge valori și de peste 1.000 mg/l. De asemenea, se înregistrează depășiri foarte mari ale limitei admisibile a azotaților în forajele de control al poluării de pe platformele marilor combinate chimice și ale societăților farmaceutice (cât și ale fostelor combinate), dar aceste depășiri sunt în general punctiforme, întâlnite preponderent în incinta sau în zonele limitrofe acestora, care constituie totuși un pericol destul de serios de contaminare a acviferelor din zonă, având în vedere caracterul hidrodinamic și conductivitatea hidraulică a apei.

Exploatarea apei, în special pentru utilizări casnice și agricole, a contribuit la menținerea suprafețelor contaminate, în general în zona rurală.

Factorii poluatori majori care afectează calitatea apei subterane se pot grupa în următoarele categorii:

- produse petroliere;
- produse rezultate din procesele industriale;
- produse chimice (îngrășăminte, pesticide) utilizate în agricultură ce provoacă o poluare difuză greu de depistat și prevenit;
- produse menajere;
- produse rezultate din zootehnie;
- metale grele;
- radioactivitatea;
- necorelarea creșterii capacităților de producție și a dezvoltării urbane cu modernizarea lucrărilor de canalizare și realizarea stațiilor de epurare;
- exploatarea necorespunzătoare a stațiilor de epurare existente;
- lipsa unui sistem organizat de colectare, depozitare și gestionare a deșeurilor și a nămolurilor de la epurarea apelor industriale uzate.

În toate rapoartele se atrage atenția că poluarea freaticului are cel mai adesea un caracter ireversibil, cu grave consecințe asupra posibilităților de folosire a apei subterane în scopuri potabile sau pentru adăpatul animalelor.

Este cunoscut că activitățile de depoluare a solului și a apei din pânza freatică sunt procese complexe, costisitoare.

Protecția acestor surse de apă este o condiție ce se impune pentru conservarea acestei resurse strategice de apă.

Capitolul 2. Monitorizarea apelor subterane

2.1. Noțiuni generale privind monitorizarea apelor subterane

Începutul oricărei activități de protecția mediului dintr-o țară, ca politică de stat, coerentă și eficientă, se face cu organizarea și asigurarea funcționării *sistemului național de monitorizare integrată a calității mediului*.

Monitorizarea mediului - supravegherea, prognozarea, avertizarea și intervenția în vederea evaluării sistematice a dinamicii caracteristicilor calitative ale elementelor de mediu, în scopul cunoașterii stării de calitate și a semnificației ecologice a acestora, a evoluției și implicațiilor sociale ale schimbărilor produse, urmate de măsurile care se impun.

În ceea ce privește România, încă de la începutul perioadei când protecția mediului a devenit o preocupare primordială a statului, deci după 1989, a fost elaborată o concepție modernă de organizare a sistemului de monitoring, materializând cele două concepte actuale ce se cer:

- sistem integrat, pentru toți factorii de mediu;
- sistem global, pe diferite niveluri de agregare, inclusiv cu conectare la rețeaua mondială.

Directiva 2000/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei prin Articolul 8 „*Monitorizarea stării apelor de suprafață, a apelor subterane și a zonelor protejate*” stabilește ca statele membre să asigure programe de monitorizare a **stării chimice și cantitative a apelor subterane** cu scopul de a obține o viziune coerentă și completă asupra stării apelor subterane din cadrul fiecărui district hidrografic.

„District hidrografic”: înseamnă zona terestră și marină constituită din unul sau mai multe bazine hidrografice, precum și din apele subterane și apele de coastă asociate, identificată în conformitate cu articolul 3 alineatul (1) din Directiva 2000/60/CE ca fiind principala unitate pentru gestionarea bazinelor hidrografice.

Iar în anexa V a Directivei 2000/60/CE se indică faptul că informațiile furnizate de sistemul de monitoring al apelor subterane sunt necesare pentru:

- evaluarea stării cantitative a tuturor corpurilor sau grupurilor de corpuri de apă subterană (inclusiv evaluarea resurselor de apă subterană disponibile);
- estimarea direcției și a debitului din corpurile de apă subterană care traversează granițele Statelor Membre;
- validarea procedurii de evaluare a riscului;
- evaluarea tendințelor pe termen lung ale diversilor parametri cantitativi și calitativi, ca rezultat al schimbărilor condițiilor naturale și datorită activității antropice;
- stabilirea stării chimice pentru toate corpurile sau grupurile de corpuri de apă subterană identificate a fi la risc de a nu atinge starea bună;
- identificarea prezenței tendințelor importante și continue de creștere a concentrațiilor de poluanți;
- evaluarea schimbării (inversării) tendințelor în concentrația poluanților în apele subterane;
- stabilirea, proiectarea și evaluarea programului de măsuri.

În **figura 2.1** este prezentată schematic noțiunea de monitorizare, așa cum este ea definită în Directiva 2000/60/CE. Atât monitorizarea cantitativă cât și cea calitativă trebuie să răspundă la șase întrebări:

- ❖ de ce este necesară monitorizarea (scopul monitorizării)?
- ❖ cine face monitorizarea?
- ❖ unde trebuie făcută monitorizarea?
- ❖ ce mărimi sunt monitorizate?

- ❖ când trebuie făcută monitorizarea?
- ❖ ce tehnici și instrumente trebuie folosite pentru monitorizare?

Pentru fiecare întrebare sunt specificate (v. **fig.2.1**) succint, răspunsurile recomandate în Directiva 2000/60/CE.

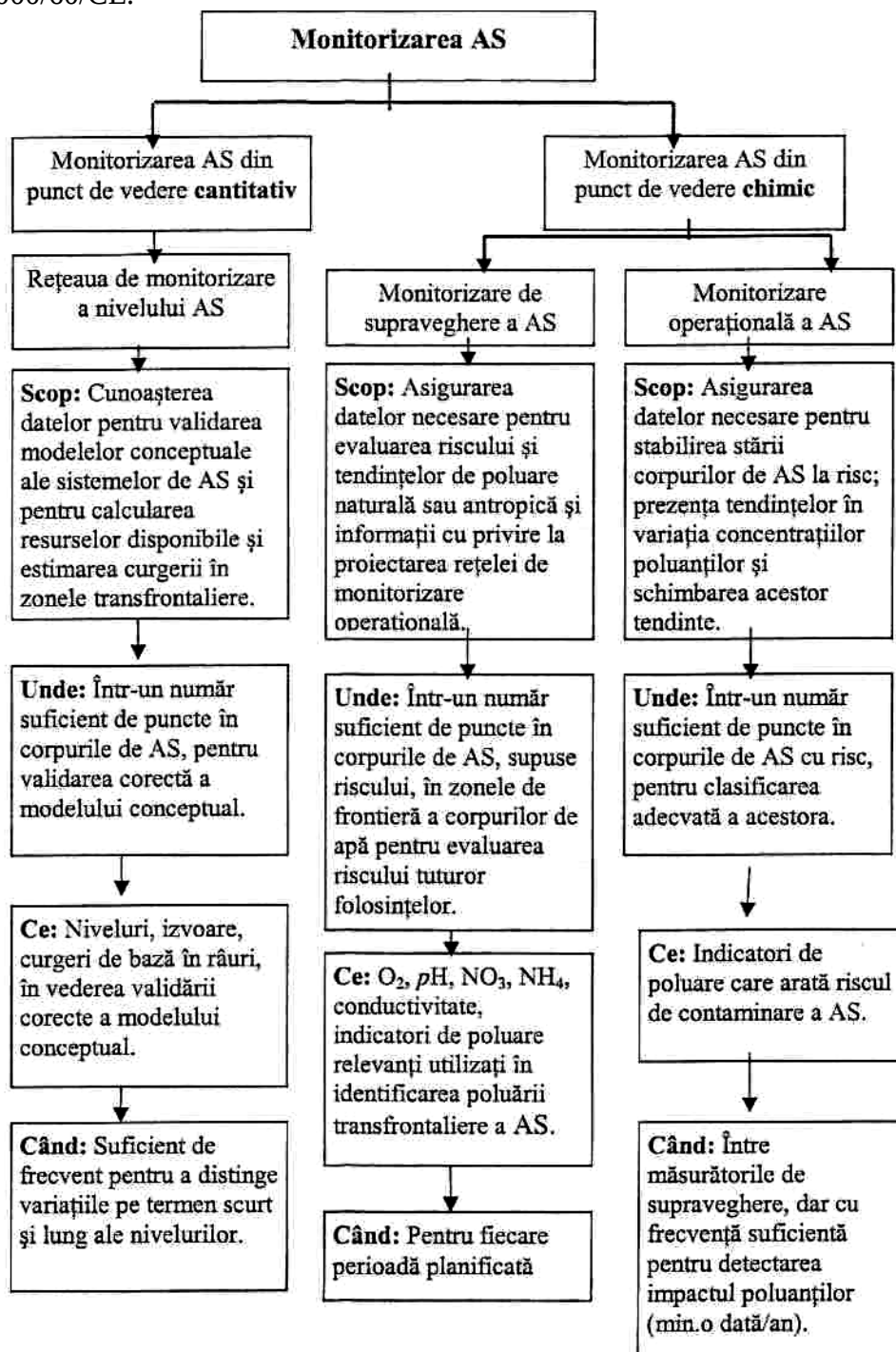


Fig. 2.1. Definirea monitorizării apelor subterane, în Directiva cadru a apei (AS – ape subterane)

2.1.1. Definirea monitoringului calității apelor subterane

Monitoringul calității apelor subterane este o activitate integrată de obținere și evaluare a informațiilor privind caracteristicile fizice, chimice și biologice ale apelor subterane.

Termenul de monitoring implică un concept mai larg decât cel de observație asupra mediului. Astfel, monitoringul trebuie să conțină un program fundamentat științific de observare continuă a aspectelor semnificative ale proceselor dinamice, o analiză și o explicare științifică a proceselor din trecut, care au dus la schimbarea stării **sistemului** și un model de prognoză a evoluției sistemului.

Prin sistem se poate înțelege un **corp de apă subterană** sau un sistem de **corpuri de apă subterană și sol**, aflate în conexiune.

Monitoringul proceselor de migrație a poluanților în sol și în apele subterane include:

- monitoringul stării actuale a resurselor de apă subterană în vederea asigurării unui obiectiv dat, în special asigurarea folosințelor de apă potabilă;
- monitoringul solului și al apei din sol pentru a stabili cea mai bună reprezentare a interacțiunii dintre acestea, în perioada de predicție;
- monitoringul surselor potențiale de contaminare a solului sau a apelor subterane;
- monitoring-ul evoluției cantitative a resurselor de apă subterană și al apei din sol.

Proiectarea sistemului de măsurători presupune alegerea unei localizări potrivite pentru punctele de observație, stabilirea unui program special de măsurare sau de prelevare a probelor și stabilirea mărimilor care urmează a fi măsurate. Aceste mărimi sunt stabilite pe baza unui model conceptual, ales pentru a reprezenta evoluția fenomenului de poluare, în zona analizată.

Pentru a concepe și a utiliza un model de predicție a calității apelor subterane, trebuie să cunoaștem în prealabil valorile concentrațiilor poluanților la intrarea în sistem (pe frontierele domeniului) și valorile inițiale în tot sistemul. De asemenea, trebuie să se aleagă un model matematic care să descrie evoluția poluării sistemului, iar concentrația poluantului din sistem trebuie măsurată corespunzător metodei alese, de determinare a parametrilor modelului. Validarea modelului de prognoză se va face pe baza unor măsurări de concentrație, efectuate în timp, în diferite puncte din sistem.

O bază de date privind calitatea apelor subterane, rezultată în urma monitorizării, trebuie structurată astfel încât să furnizeze informații calitative și cantitative necesare realizării unor modele matematice care să descrie comportarea în timp și spațiu a poluanților din acvifer (existenți sau potențiali).

Datele rezultate din monitorizare trebuie să conțină componente care au rolul să definească și să descrie calitativ și cantitativ acviferul sau bazinul hidrogeologic în care are loc poluarea și sursele de poluare existente sau potențiale din zona analizată.

Monitorizarea calității apelor subterane se face mult mai anevoios decât cea a apelor de suprafață. Prelevarea de probe din apa unui acvifer presupune existența unor *foraje de observație* sau de *exploatare (pompare)*.

Amplasarea acestora pe suprafața bazinului nu este întotdeauna cea mai potrivită pentru a obține informații optime privind evoluția fenomenului de poluare.

Unitățile industriale care poluează acviferul din zona în care își desfășoară activitatea, construiesc de obicei o rețea de foraje de observație atât pe platforma combinatului cât și în zona limitrofă.

Haldele industriale și depozitele de deșeuri menajere sunt de cele mai multe ori necontrolate din punctul de vedere al impactului asupra calității apelor subterane. Unele dintre ele sunt prevăzute cu aparate de măsură și control al calității levigatului și/sau cu foraje de observație în care se urmărește periodic concentrația diferiților poluanți.

Studiul calității apei subterane dintr-o așezare urbană trebuie să înceapă cu analiza posibilităților de folosire a acestei ape. Acest lucru presupune cunoașterea:

- caracteristicilor acviferului;
- locației puțurilor sau șirurilor de puțuri de captare;
- debitelor pompate din acvifer;

- calității apei pompate;
- posibilităților de folosire a apei pompate în funcție de calitatea ei;
- evoluției calității apei din acvifer în condițiile existenței unor surse de poluare.

Prin stație de monitorizare se înțelege unul sau mai multe foraje în care se măsoară cu o frecvență cunoscută calitatea apei (indicatori de calitate, concentrații ale diferitelor componente și temperatura) și nivelul suprafeței libere în acviferul freatic (sau nivelul piezometric în acviferul sub presiune). De asemenea, se pot face pompări experimentale pentru determinarea parametrilor hidrogeologici ai acviferului (conductivitatea hidraulică a acviferului sau transmisivitatea).

Stațiile de monitorizare pot fi stațiile hidrogeologice din *rețeaua hidrogeologică de bază*, sau foraje amenajate special pentru urmărirea comportării unui acvifer în jurul unei surse importante de poluare.

La analiza apelor subterane dintr-o zonă urbană, trebuie menționat faptul că studiul hidrogeologic și de poluare trebuie făcut având în vedere limitele de alimentare ale întregului bazin hidrogeologic.

Atât mișcarea apei cât și fenomenul de poluare vor fi influențate de condițiile de la limitele bazinului hidrogeologic, dar și de condițiile locale. Astfel, o poluare locală poate influența după un interval de timp calitatea apelor subterane sau a celor de suprafață, la mare distanță de sursa de poluare.

2.1.2. Necesitatea monitorizării apelor subterane

Abordarea unei probleme de poluare a apelor subterane (**fig. 2.2**) presupune o activitate de culegere și tratare a informațiilor, construirea și folosirea modelelor de prognoză, precum și verificarea modului în care se realizează această prognoză.

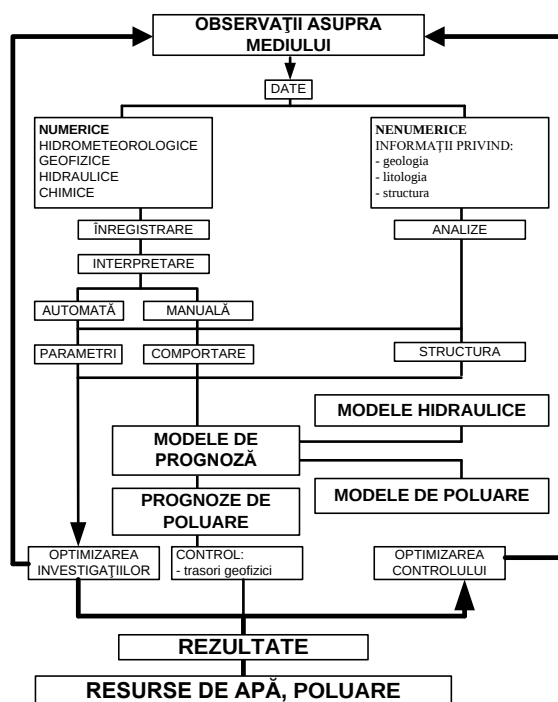


Fig. 2.2 – Abordarea unei probleme de poluare

Activitatea de culegere și tratare a informațiilor presupune identificarea sistemului, înregistrarea informațiilor numerice, structurarea informațiilor nenumерice (calitative), precum și optimizarea informațiilor și a controlului.

Un model de prognoză a poluării apelor subterane trebuie să înglobeze curgerea în mediu poros, în regim saturat și nesaturat, precum și modelarea matematică a dispersiei agenților poluanți în acest mediu.

Datorită interinfluenței dintre freatic și apele de suprafață există o interdependență și din punctul de vedere al calității apelor. Astfel, apele de suprafață reprezintă condiții de frontieră pentru domeniul freatic, atât din punct de vedere hidraulic, cât și din punctul de vedere al concentrației poluantului.

2.1.3. Scopul monitorizării apelor subterane

Monitoringul calității apelor reprezintă un element de bază în orice program de gospodărire a apelor. Managementul resurselor de apă necesită informații cu privire la:

- condițiile de calitate a apelor de suprafață și subterane la nivel național;
- unde, cum și de ce s-au modificat aceste condiții în timp?
- unde există probleme majore legate de calitatea apelor și care sunt cauzele apariției lor?
- existența unor programe care lucrează efectiv pentru prevenirea sau remedierea problemelor;
- respectarea standardelor și obiectivelor de calitate.

Scopul monitoringului calității apelor este acela de a răspunde la aceste întrebări și de a asigura supravegherea întregului ciclul *captare - tratare - distribuție - utilizare - evacuare*.

2.1.4. Obiectivele monitorizării apelor subterane

Obiectivele monitorizării sunt de a caracteriza condițiile de calitate ale mediului precum și tendințele acestora, de a aprecia fluxurile de apă și poluanți, de a compara valorile măsurate cu valorile admisibile și de a emite avertizări în situații de urgență. Aceste deziderate se pot atinge prin acțiuni precum:

- evaluarea stării de calitate (în timp și spațiu) și a tendințelor de evoluție;
- caracterizarea problemelor existente (permanente sau urgente);
- proiectarea și implementarea programelor/proiectelor (management, reglementări etc.);
- evaluarea eficienței programelor/proiectelor;
- răspunsul operativ la situații de urgență.

Pornind de la *obiectivele generale* ale activității de monitoring și ținând seama de problematica specifică apelor subterane, putem aminti următoarele *obiective specifice*:

- colectarea datelor de bază pentru scopuri generale de monitoring al calității apelor, în vederea realizării unei baze de date privind apele subterane. Acestea pot fi utilizate pentru elaborarea planurilor de protecție a calității apelor la nivel de bazin hidrografic, dar și pentru calculul bilanțului de apă;
- încadrarea în criterii și obiective de calitate a apei subterane, conform legislației naționale și internaționale;
- monitorizarea calității apei pompate din subteran și evaluarea impactului cauzat de sursele punctiforme și difuze de poluare;
- identificarea *ariilor fierbinți*, care necesită intervenții operative;
- modelarea proceselor de transport și descompunere a compușilor chimici în apele subterane.
- elaborarea de hărți legate de calitatea apelor subterane, în special cu scopul proiectării sistemelor de alarmare, în caz de poluare;
- monitorizarea efectului contactului dintre mineralele chimice naturale și apele subterane;
- monitorizarea mineralizării în roci cristaline și sedimente;
- monitorizarea influenței apei marine asupra calității apei subterane cu care vine în contact;
- evaluarea fluxurilor între apa de suprafață și apa subterană, respectiv între apa subterană și apa de mare;
- observarea efectelor globale cauzate de modificările climatice, ploile acide, impactul antropic la scară regională și internațională.

2.1.5. Activitățile de monitoring

Activitățile de monitoring constau în:

- identificarea problemelor de mediu;
- proiectarea și planificarea programelor de monitoring;
- selectarea indicatorilor de monitoring;
- stabilirea amplasărilor de puncte ale rețelei de monitoring;
- observații de teren, prelevare probe;
- analize de laborator;
- stocarea, manipularea și difuzarea datelor;
- interpretarea și evaluarea datelor pentru producerea de informații;
- raportarea și distribuirea rezultatelor de monitoring.

2.1.6. Tipuri de rețele de monitoring

În funcție de specificul rețelelor de monitoring al calității apelor subterane distingem:

- ❖ rețele de bază;
- ❖ rețele specifice;
- ❖ rețele temporale;
- ❖ rețele de monitoring cantitativ.

Rețelele de bază asigură informațiile generale privitoare la calitatea apei subterane, fiind organizate la nivel național, prin programe cu caracter permanent, pe o perioadă lungă de timp. Stațiile de referință pot fi incluse în aceste rețele.

Rețelele specifice sunt construite pentru monitorizarea unor arii reprezentative, din punctul de vedere al surselor punctiforme de poluare, acționând ca stații de impact.

Rețelele temporale operează doar pe durata unui proiect și servesc la cercetări legate de transportul poluanților în subteran și calibrarea modelelor matematice aferente.

Rețelele de monitoring cantitativ servesc la interpretarea datelor legate de calitatea apelor subterane și permit evidențierea modificărilor induse de activitatea antropică sau cauzate de factorii naturali. Aceste rețele pot fi deservite de mai multe tipuri de stații (de bază, de nod, speciale, temporale).

2.1.7. Selectarea punctelor de prelevare și a densității rețelei

În realizarea sistemelor de monitoring integrat al calității apelor subterane (cantitativ și calitativ), spre deosebire de sistemele aferente apelor de suprafață, trebuie considerată dinamica lentă de deplasare a apelor subterane, timpii de retenție relativ mari și interdependențele dintre compoziția fizico-chimică a apei și a materialului acvifer.

Amplasarea puțurilor de observare depinde de strategia de diferențiere între poluarea difuză și cea punctiformă, dintre stațiile naționale și cele regionale și dintre rețelele principale/specifice/temporale.

Densitatea puțurilor de observare se alege ținându-se seama de dimensiunea și complexitatea geologică și hidrogeologică a ariei investigate, de dimensiunea principalelor acvifere, de utilizarea terenului adiacent ariei, de sistemele de monitoring existente, precum și de obiectivele și de costurile observației.

Proiectarea unei rețele trebuie să se realizeze urmărind condițiile:

- ❖ toate acviferele principale trebuie observate pe baza informațiilor geologice și a cunoștințelor privind resursele de apă subterană din zonă;
- ❖ distanța dintre puțurile de observare depinde de condițiile geologice, variind de la un acvifer la altul;
- ❖ monitorizarea acviferelor de suprafață și de adâncime, care sunt folosite pentru alimentările cu apă;
- ❖ folosirea puțurilor de observație existente în vederea diminuării costurilor de realizare a unei noi rețele.

Rețelele de supraveghere generală furnizează informații referitoare la calitatea generală a apelor subterane la nivel național și internațional și sunt organizate pe termen lung pentru analizele de tendință.

Criteriile de selecționare a amplasamentelor care urmează a fi testate în faza pilot de implementare a proiectului sunt următoarele:

- ❖ stațiile vor forma ca distribuție un pătrat sau o altă formă geometrică cu distanțe fixe între ele;
- ❖ stațiile trebuie amplasate în acviferele principale;
- ❖ alte stații, aferente unor acvifere importante din zonă, vor fi selecționate în baza reprezentativității acestora;
- ❖ stațiile de referință vor fi amplasate în zone neinfluențate de puțuri de pompare sau alte activități antropice.

Rețelele de impact monitorizează arii reprezentative din punctul de vedere al surselor de poluare.

Densitatea optimă a stațiilor se stabilește în funcție de tipul apei subterane și al zonei analizate.

2.1.8. Frecvențe de prelevare

Stabilirea frecvenței de monitorizare se face în funcție de scopul monitorizării. Frecvența de monitorizare va fi diferită în cazul rețelelor de bază, față de cazul rețelelor specifice, temporale sau de monitoring cantitativ. Este foarte important tipul de informație urmărit, variabilitatea calității și precizia rezultatelor. Frecvența de supraveghere este mai ridicată (6—8 ori/an) în primul an de exploatare de la proiectarea unei rețele. După cuantificarea caracteristicilor generale se poate stabili frecvența optimă, care poate diferi în funcție de adâncimea acviferului.

La rețelele generale de supraveghere, frecvența este de două probe pe an. În general, o prelevare trebuie efectuată la sfârșitul perioadei de infiltrare maximă când nivelurile apei subterane sunt ridicate, iar a doua prelevare să se facă în perioada cu niveluri minime ale stratului, respectiv în condiții de infiltrație minimă și captare maximă.

2.1.9. Metodele de monitoring a apelor subterane

În momentul actual, metodele de monitoring a apelor subterane sunt în continuă dezvoltare. Este important să se specifice metoda de monitoring, permițând astfel obținerea de informații cât mai precise legate de compoziții chimice de interes. Toate metodele utilizate în situații specifice trebuie atent documentate.

Compuși organici volatili și constituenții sensibili la schimbări de pH, potențial redox etc., necesită măsuri aparte în cadrul desfășurării acțiunilor de monitoring.

Prelevările și determinările analitice individuale conduc la rezultate care reflectă o stare instantanee a condițiilor hidrogeologice și chimice a amplasamentului monitorizat. În momentul în care rezultatele unor determinări succesive sunt corelate, se obține o mai bună înțelegere a naturii, extinderii și gradului de contaminare. Este important de înțeles că condițiile hidrogeologice și chimice sunt variabile în timp și spațiu și că acviferul este un mediu dinamic. Din acest motiv frecvența și distribuția punctelor de prelevare a probelor trebuie aleasă în așa fel încât să țină seama de distribuția în timp și spațiu a contaminanților prezenți în acvifer.

Fiecare probă de apă trebuie colectată astfel încât să asigure relevanța determinărilor analitice ulterioare. În același timp este necesară măsurarea precisă a nivelului hidrostatic, precum și determinarea parametrilor hidraulici, astfel încât rezultatele analizelor să poată fi interpretate în acord cu condițiile sistemului hidrogeologic.

Fiecare măsurătoare efectuată în teren și fiecare probă colectată pentru analize de laborator va caracteriza un punct discret din interiorul unei rețele de prelevare. Accentul este adesea pus numai pe controlul și pe asigurarea calității, pentru analiza ca atare. Este important de reținut că o astfel de abordare a problemei nu exclude necesitatea unei bune prelevări și determinări în etapa de teren.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Acuratețea fiecărei concentrații determinate reprezintă măsura în care aceasta se apropie de valoarea reală. Precizia este exprimată în mod normal ca o medie, rezultată dintr-un număr de determinări, comparată cu valoarea reală. În cazul probelor de mediu, unde valoarea reală nu este cunoscută în general, precizia este considerată o tendință stabilită prin tehnici standard. În general valori ale tendinței care se abat cu $\pm 20\%$ indică erori sistematice sau probleme apărute în timpul prelevării sau procedurii analitice.

Sensibilitatea unei analize este legată de limita de detecție a metodei utilizate. Această limită reprezintă concentrația minimă a unui component chimic care poate fi determinată într-o probă. În practică, este recomandat să se stabilească limita de detecție pentru un anumit component, la un nivel echivalent cu trei deviații standard deasupra pragului inferior, considerat din punct de vedere statistic ca valoare inexistentă.

Un rol esențial în obținerea unor rezultate corecte îl joacă asigurarea condițiilor de calitate a prelevării și a etapei analitice. În acest sens se urmărește eliminarea potențialelor surse de erori prin:

- calibrarea adecvată a echipamentului de prelevare și de determinare a anumitor parametri pe teren (unde este cazul);
- asigurarea unei prelevări relevante în acord cu selecția locațiilor, frecvența de prelevare și metodologia de colectare;
- folosirea metodologiei adecvate de tratare a probelor.

În **tabelul 2.1** sunt prezentate etapele principale ale prelevării și potențialele surse de erori asociate fiecărei etape.

Potențiale surse de eroare ce pot apărea în etapa de prelevare a probelor

Tabelul 2.1

ETAPA	SURSE DE EROARE
Stabilirea punctelor de recoltare a probelor	Amplasare sau construcție improprie a forajului, utilizarea unor materiale neadecvate
Determinarea parametrilor mediului	Defecțiuni ale instrumentelor, erori operaționale
Colectarea probelor	Erori operaționale, recoltare preferențială
Transferul, deplasarea probelor	Expunerea probelor, degazeificare, oxidare etc.
Determinări executate în teren	Defecțiuni ale instrumentelor, erori operaționale
Conservarea și stocarea probelor	Erori de conservare sau etichetare
Transportul probelor	Întârzieri, pierderi ale probelor

În etapa de analiză, procedurile de control al calității trebuie executate în paralel cu cele necesare obținerii efective a rezultatelor.

Elementele necesare pentru un control eficient al calității laboratorului sunt:

- calibrarea eficientă a instrumentelor, verificarea periodică a standardelor și a realizării parametrilor analitici (acuratețe și precizie) pentru toate procedurile;
- participarea la calibrări și studii interlaboratoare;
- înregistrarea, stocarea și corectarea eficientă a rezultatelor în funcție de parametrii analitici.

În **tabelul 2.2** sunt prezentate etapele principale ale analizelor de laborator și potențialele surse de erori asociate fiecărei etape.

Potențiale surse de eroare ce pot apărea în etapa analitică

Tabelul 2.2

ETAPA	SURSE DE EROARE
Probele provenite	Învechirea probelor, contaminări
Divizarea probei	Contaminări în laborator, manipulări sau etichetări incorecte,
Separare	Metodologie defectuoasă, defecțiuni ale instrumentelor, erori analitice
Analiză	Metodologie defectuoasă, defecțiuni ale instrumentelor, erori analitice
Raportarea la standarde	Utilizarea unor standarde învechite
Calcul	Erori de transcriere, editare, extrapolări sau intrapolări defectuoase
REZULTATE	Validarea și procesarea datelor

Obținerea unor probe de mediu care să caracterizeze obiectiv zona și elementele de interes este probabil cea mai dificilă sarcină. Din punct de vedere statistic o probă reprezentativă este un subset al unui set (populație) ce prezintă în medie caracteristicile setului. Presupunând că o probă de apă din acvifer este reprezentativă din acest punct de vedere, este important de știut în ce măsură ea furnizează informații precise asupra condițiilor *in situ* din timpul prelevării.

O prelevare de probe reprezentative este în general posibilă în cazul mediilor omogene sau al apelor de suprafață. Sursele de erori sau de variații în etapa de prelevare sau de analiză trebuie privite ca variabile independente.

Prelevarea reprezentativă a apelor subterane este limitată la probe discrete multiple, provenite din puncte stabilite, care pot reflecta cu acuratețe proprietățile medii ale sistemului probat.

2.2. Monitorizarea apelor subterane în România

În România există un sistem de urmărire a resurselor de apă și a calității acestora, care s-a dezvoltat în timp în funcție de creșterea necesarului de apă potabilă și de apariția unui număr mare de surse de poluare. Crearea și dezvoltarea sistemului de urmărire cantitativă și calitativă a apelor subterane s-a făcut continuu și a avut ca scop principal caracterizarea, pe baza valorilor măsurate, a stării reale a acviferelor din țara noastră.

Sistemul național de monitoring al cantității și calității apelor furnizează informațiile necesare pentru luarea deciziilor operative în domeniul gospodăririi apelor și pentru prevenirea și combaterea poluărilor accidentale, precum și pentru elaborarea *Planului de management și amenajare a bazinelor hidrografice*.

Instituțiile naționale care realizează monitoringul apelor subterane, în România, sunt *Administrația Națională Apele Române* (ANAR) și *Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor* (INHGA).

INHGA gestionează un volum important de date hidrogeologice. Baza de date a INHGA este constituită din stocarea în format electronic a tuturor informațiilor specifice cuprinse în *Arhivele naționale de date hidrologice și hidrogeologice*. Ea este parte integrantă a *Fondului Național de Date Hidrologice, Hidrogeologice și de Gospodărire a Apelor*, patrimoniu de interes național.

La baza obținerii datelor hidrologice și hidrogeologice stocate stau observațiile și măsurătorile de la stațiile hidrometrice, secțiuni satelit, izvoare, folosințe sistematice și expediționare, stații evaporimetrice, platforme și profiluri nivometrice, precum și foraje din cadrul rețelei naționale hidrologice și hidrogeologice.

Actualizarea și încărcarea datelor în baza de date hidrologice presupune:

- ❖ intrarea datelor în arhiva hidrologică și hidrogeologică din INHGA;
- ❖ încărcarea și validarea datelor;
- ❖ transferarea și stocarea datelor într-o bază de date relațională Oracle.

Datele stocate în baza de date sunt accesate și preluate controlat în vederea utilizării acestora atât în activitatea de cercetare din hidrologie și hidrogeologie, cât și în elaborarea prognozelor și diagnozelor hidrologice.

Dezvoltarea bazelor de date grafice, în format GIS, are drept scop final conectarea acestor informații cu cele din baza de date numerice de natură hidrologică și hidrogeologică.

În **tabelul 2.3** sunt prezentate toate caracteristicile fizico-chimice ale unei ape subterane, care se măsoară în forajele din rețeaua hidrogeologică națională.

Buletinul de analiză
Data executării analizei.....

.....
Stația hidrologică

BULETIN DE ANALIZĂ NR

Stația hidrogeologică.....

Puțul.....

Proba recoltată de

Obiectul analizei.....la data din punctul.....

Caracteristici				La recoltare				În laborator			
Aspect, culoare, miros și turbiditate											
Temperatura aerului °C											
Temperatura apei °C											
Adâncimea de recoltare a probei m											
Indice pH la 20 °C											
Hidrogen sulfurat H ₂ S mg/l											
Dioxid de carbon liber CO ₂ mg/l											
Oxygen dizolvat mg/l											
Conductibilitate electrică Ω ⁻¹ cm ⁻¹											
Radioactivitatea μCurie/1											
Cationi	mg/l	mval/l	%mval	Anioni	mg/l	mval/l	%mval				
Calciu Ca ²⁺				Azotați NO ₃ ⁻							
Magneziu Mg ²⁺				Azotiți NO ₂ ⁻							
Sodiu Na ⁺				Sulfați SO ₄ ²⁻							
Potasiu K ⁺				Bicarbonați HCO ₃ ⁻							
Amoniu NH ₄ ⁺				Carbonați CO ₃ ²⁻							
Fier Fe ³⁺				Cloruri Cl ⁻							
Mangan Mn ²⁺				Fosfați PO ₄ ³⁻							
Aluminiu Al ³⁺				Fluoruri F ⁻							
Plumb Pb ²⁺				Bromuri Br ⁻							
Cupru Cu ²⁺				Ioduri I ⁻							
Zinc Zn ²⁺				Se determină în cazul analizelor speciale							
TOTAL				TOTAL							
Reziduu fix la 105 °C mg/l				Duritate totală ⁰ germane							
Reziduu fix la 180 °C mg/l				Duritate permanentă ⁰ germane							
Rezistivitate la 20 °C cm				Duritate temporară ⁰ germane							
Substanțe organice (consum KMnO ₄) mg/l				SiO ₂ total mg/l							
Alcalinitate mval/1				Alcalinitate liberă P=				Alcalinitate totală m=			

Activitatea de cunoaștere a calității apelor subterane se desfășoară la nivelul marilor bazine hidrografice, pe unități morfologice, iar în cadrul acestora, pe structuri acvifere, prin intermediul stațiilor hidrogeologice, cuprinzând unul sau mai multe foraje de observație. Din **tabelul 2.4** se poate vedea repartitia forajelor hidrogeologice, de observație, din *rețeaua hidrogeologică națională*, corespunzătoare bazinelor hidrografice.

Detalierea activităților de monitorizare pe teritoriul României**Tabelul 2.4**

Bazin hidrografic	Date generale					Sistem de monitorizare integrat al apelor			
	Suprafață totală [km ²]	Lungimea rețelei hidrografice [km]	Populație [locuitori]	Volumul resurselor de apă de suprafață [mil. m ³]	Volumul resurselor de apă subterane [mil. m ³]	Număr de stații hidrometrice	Număr de foraje hidrogeologice	Număr de posturi pluviometrice	Număr de secțiuni de control al calității apei în râuri
Dobrogea - Litoral	5.480	834	680.000	1.617	201	47	118	28	14
Buzău - Ialomița	26.205	5.424	2.604.000	731,53	1.025	49	537	110	61
Argeș - Vedea	19.812	5.735	3.640.000	1.741,279	833	96	367	60	93
Olt	24.050	9.872	2.676.000	5.491	800	109	243	80	61
Jiu	18.975	5.884	1.638.944	2.109,5	400	93	485	87	56
Banat	18.320	6.296	3.640.000	1.000	500	86	519	58	40
Mureș	27.890	10.800	2.190.000	1.719	527	124	406	151	61
Crișuri	14.860	5.785	2.400.000	394,7	350,0	102	1.300	112	36
Someș - Tisa	22.380	7.828	2.090.000	6.580	470	95	255	136	68
Siret	42.890	15.157	2.792.407	1.955	700	205	567	109	92
Prut	20.680	7.778	1.821.000	961	60	85	209	108	8
Dunăre	11.021	773	339.686	357 + 20.000	51	34	62		23

Pentru monitorizarea acviferelor au fost create mai multe categorii de stații hidrogeologice:

- de ordinul I, amplasate în văile principalelor cursuri de apă și în apropierea lacurilor, care au ca specific urmărirea legăturii dintre apele subterane și cele de suprafață;
- de ordinul II, amplasate în zonele de interfluviu, de câmpie; care urmăresc regimul apelor subterane în legătură cu factorii climatici;
- stații amplasate în zonele de captare ale principalelor acvifere care urmăresc efectul pompărilor asupra regimului apelor subterane;
- stații experimentale care au destinații speciale, cum ar fi cercetarea apelor subterane sub aspectul bilanțului masic sau al propagării poluării;
- stații amplasate în jurul unor unități industriale importante.

Programul de măsurători în forajele rețelei hidrogeologice naționale constă din:

- ❖ măsurători ale nivelului apei, la 3 zile, 6 zile sau 15 zile în funcție de amplitudinea de variație a nivelului;
- ❖ măsurători de temperatură la 6 zile în foraje caracteristice;
- ❖ pompări experimentale realizate pentru determinarea caracteristicilor hidrogeologice ale straturilor;
- ❖ recoltări periodice de probe pentru determinarea proprietăților fizico-chimice ale apei;
- ❖ măsurători și observații periodice în forajele amplasate în jurul marilor surse de poluare, în fiecare bazin hidrografic.

În practică există un sistem unitar de centralizare și prelucrare a datelor provenite din rețeaua hidrogeologică de stat. Pe baza acestor date se realizează anualele hidrogeologice și studii privind regimul și resursele de ape subterane.

2.2.1. Înregistrarea, centralizarea și prelucrarea măsurătorilor sistematice de nivel

Măsurătorile sistematice de nivel sunt înregistrate de observatori în *Buletinele pentru înscrierea datelor hidrogeologice* care sunt tipărite în carnete (**tabelul 2.5**). Observatorul trebuie să specifice denumirea stației hidrologice, numele stației hidrogeologice, numărul puțului, anul și luna, adâncimea puțului în ultima zi de măsurare a fiecărei luni. În rubrica de observații se vor menționa diferitele situații speciale, ca de exemplu: secarea, colmatarea, deteriorarea, sau inundarea puțului, precum și inundarea terenului din jurul forajului etc.

Tabelul 2.5

Buletin pentru înscrierea datelor hidrogeologice

Stația hidrologică.....	Cursul de apă/Interfluviul.....
Stația hidrogeologică.....	Stația.....
	Puțul.....
	Anul.....
	Luna.....
	Înălțimea burlanului.....cm

Ziua	Ora	Nivelul apei față de reper [cm]	Temperatura apei [°C]	Nivel piezometric corectat [cm]	Nivel piezometric măsurat de la suprafața terenului [cm]	Temperatura corectată [°C]	Observații
3							
6							
9							
12							
15							
18							
21							
24							
27							
30							

Adâncimea puțului în ultima zi de măsurare.....m

Numele și prenumele observatorului.....

Satul.....Comuna.....

Județul.....Of. poștal.....Calculat de.....

Semnătura observatorului.....Verificat.....

.....Data.....

Personalul însărcinat cu controlul și centralizarea acestor date primare, verifică exactitatea datelor. Erorile de înscriere comise de observator în coloanele *Nivelul apei față de reper* și *Temperatura apei* se vor înscrie corectat în coloanele *Nivel piezometric corectat* și *Temperatura corectată*, de către personalul care verifică buletinele.

În cazul lipsei unor măsurători de nivel se analizează, de la caz la caz, posibilitatea obținerii unor valori prin diferite metode adecvate, cum sunt: interpolarea grafică, interpolarea analitică etc.

Datele înscrise în *Buletinele pentru înscrierea datelor hidrogeologice* se centralizează într-un format ca cel din **tabelul 2.6** și sunt incluse în baza de date a INHGA.

Prelucrarea măsurătorilor de nivel constă în determinarea:

- nivelurilor medii (lunare și anuale);
- niveluri maxime (lunare și anuale);
- niveluri minime (lunare și anuale).

Pentru măsurătorile efectuate în fiecare lună se extrag *minimele* și *maximele*, data la care s-au produs și se calculează sumele și *mediile lunare*.

Nivelul mediu lunar se calculează însumând toate valorile dintr-o lună și împărțind rezultatul la numărul măsurătorilor din luna respectivă.

Nivelul maxim și minim lunar se determină analizând comparativ valorile înscrise în centralizator.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Valoarea medie anuală a nivelului se obține însumând valorile medii lunare și împărțind rezultatul la numărul acestora. Valoarea maximă și minimă anuală a nivelului se determină prin compararea valorilor maxime și respectiv minime lunare.

Tabelul 2.6

Centralizatorul nivelurilor piezometrice [cm] pe anul.....

Stația hidrologică.....

Cursul de apă

Stația hidrogeologică.....

Interfluviul.....

	Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Iun.	Iul.	Aug.	Sept.	Nov.	Dec.
Stația hidrogeologică	Puțul.....										
3											
6											
9											
12											
15											
18											
21											
24											
27											
30											
Sume											
Medii											
Max.											
Ziua											
Min.											
Ziua											
Nivelul mediu anual											
Nivelul maxim anual	Produs la data:										
Nivelul minim anual	Produs la data:										
Completat	Calculat				Verificat						

Pe baza valorilor din Centralizatorul nivelurilor piezometrice se poate trasa graficul de variație în timp a nivelurilor (fig. 2.3).

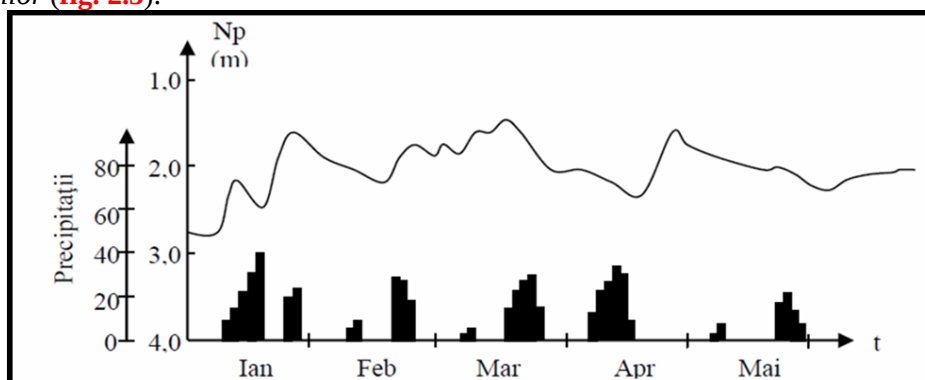


Fig. 2.3 – Graficul de variație în timp al nivelului și precipitațiilor

În vederea obținerii unor corelații, pe acest grafic se vor trece și variațiile în timp ale precipitațiilor și eventual ale nivelurilor apelor de suprafață din imediata vecinătate a punctului de observație.

2.2.2. Centralizarea și prelucrarea măsurătorilor sistematice de temperatură

Din datele măsurate și notate în *Buletinul pentru înscrierea datelor hidrogeologice* (v. **tabelul 2.5**) se realizează un *Tabel centralizator al temperaturilor apei subterane* (**tabelul 2.7**).

Tabelul 2.7

Tabel centralizator al temperaturilor apei subterane

Stația hidrologică.....

Cursul de apă

Stația hidrogeologică.....

Interfluviul.....

Puțul.....

Adâncimea scufundării termometrului de la suprafață	Luna Ziua	I	F	M	A	M	I	I	A	S	O	N	D
	3												
	9												
	15												
	21												
	27												
	Sume												
	Medii												
	Maxime												
	Minime												
Temperatura medie anuală													
Temperatura minimă anuală											la data		
Temperatura maximă anuală											la data		
Completat					Calculat				Verificat				

Pe baza datelor înscrise în centralizator se determină:

- temperaturile medii (lunare și anuale);
- temperaturile maxime (lunare și anuale);
- temperaturile minime (lunare și anuale).

În cazul lipsei unor măsurători ale temperaturilor în raport cu frecvența stabilită prin program se analizează de la caz la caz posibilitatea obținerii acestor valori prin metode adecvate.

Adâncimea la care s-au înregistrat măsurătorile de temperatură va fi specificată în rubrica respectivă a centralizatorului în **metri de la suprafața terenului**. Este recomandat ca această adâncime să fie aproximativ la mijlocul filtrului.

Calcularea temperaturilor medii lunare se va face prin însumarea valorilor din luna respectivă și împărțirea sumei la numărul lor.

Temperatura maximă și minimă anuală se va stabili comparând valorile maxime și respectiv minime lunare. Se vor înscrie în centralizator în rubricile respective, specificându-se data la care s-au produs (ziua și luna).

În tabelul centralizator trebuie specificat dacă șirurile de valori pentru care s-au calculat mediile, maximele și minimele lunare și anuale au fost complete sau au conținut valori obținute prin interpolare.

2.2.3. Înregistrarea datelor legate de pompările experimentale

Pompările experimentale urmăresc stabilirea unor relații între debitele pompate și denivelările înregistrate în forajul central și în cele de observație, relații care permit determinarea parametrilor hidrogeologici ai straturilor acvifere.

Prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor pompărilor experimentale se fac în funcție de regimul de mișcare al apei subterane.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Regimul permanent (stabilizat) presupune ca la pomparea unui debit constant nivelul apei din foraj să rămână fix, stabilizat (debitul care realimentează orizontul acvifer este egal cu debitul extras). Regimul permanent de mișcare este, practic, greu de realizat.

În cazul *regimului nepermanent*, când pomparea se prelungește, menținând un debit constant se observă că nivelul apei din foraj scade din ce în ce mai lent. Practic, nu este posibilă realizarea unui regim stabilizat, ci numai a unui regim cvasistabilizat de curgere, care evoluează din ce în ce mai lent.

Măsurătorile care se fac în vederea determinării parametrilor hidrogeologici ai acviferelor trebuie să țină seama de datele necesare calculelor, în funcție de metoda folosită.

La efectuarea unei pompări experimentale se înregistrează în documentația stației hidrogeologice toate datele referitoare la descrierea condițiilor în care s-a desfășurat pomparea precum și datele rezultate din măsurători. În **tabelul 2.8** sunt menționate datele ce trebuie măsurate în timpul desfășurării unei pompări experimentale, în regim permanent.

Tabelul 2.8

Pompare experimentală cu debit constant (în trepte)

Stația hidrologică..... Cursul de apă
Stația hidrogeologică..... Interfluviul.....

FIȘĂ CU REZULTATELE POMPĂRIILOR EXPERIMENTALE

Stația hidrogeologică..... Puțul.....
Adâncimea puțului pompat (m) înainte de deznisipare..... după deznisipare.....
Înălțimea burlanului deasupra solului (m)
Adâncimea nivelului piezometric inițial (N_{p1}) (m).....
Diametrul coloanei definitive (țoli).....
Diametrul coloanei filtrante (țoli)
Poziția filtrului.....
Lungimea filtrului (m)
Adâncimea patului stratului acvifer (m)
Adâncimea coperișului stratului acvifer (m).....
Înălțimea coloanei de apă - (H) (m)
Grosimea stratului purtător de apă - M (m)
Adâncimea piezometrelor (m): - Piezometrul I
- Piezometrul II
Diametrul piezometrelor (m): - Piezometrul I
- Piezometrul II
Distanța de la puțul pompat la: - Piezometrul I – x_1 (m).....
- Piezometrul II – x_2 (m).....
Deznisiparea a durat.....ore
La terminarea deznisipării s-au măsurat:
 $N_d = \dots\dots\dots$ m/s; $s = \dots\dots\dots$ m; $Q = \dots\dots\dots$ l/sec
Proba de apă a fost recoltată la data.....ora.....
și predată laboratorului.....la data.....
Pomparea s-a efectuat cu pompa.....având ϕ
La determinarea debitului s-a folosit.....având capacitatea del,
timpul s-a măsurat cu; nivelul s-a măsurat cu.....
Pomparea s-a executat întrepte:

Treapta de pompare	Ore pompate	Debit Q (l/sec)	Denivelarea s(m)	Debit specific Q/s (l/sec/m)	Temperatura apei ($^{\circ}$ C)
I					
II					
III					

După cum se vede în **tabelul 2.8**, pe lângă datele constructive ale forajului sunt înregistrate, pentru fiecare treaptă de pompare:

- durata pompării;
- debitul pompat;

- denivelarea din puțul pompat;
- debitul specific;
- temperatura apei.

Prin *denivelare* se înțelege distanța pe verticală între nivelul inițial din puț (înainte de începerea pompării) și nivelul cvasistabilizat, corespunzător debitului Q .

Prin *debit specific* se înțelege raportul dintre debitul pompat și denivelarea corespunzătoare aceluși debit.

Parametrii hidrogeologici care pot fi calculați cu datele măsurate în timpul pompărilor experimentale, în regim de echilibru, sunt:

- coeficientul de filtrație (conductivitatea hidraulică) K (m/zi);
- transmisivitatea T (m/zi);
- raza de influență, R (m).

Prelucrarea datelor din pompările experimentale, în regim permanent, presupune construirea graficelor de variație în timp ale debitului și nivelului cvasistabilizat (fig. 2.4) precum și a curbelor de indicație (fig. 2.5, 2.6).

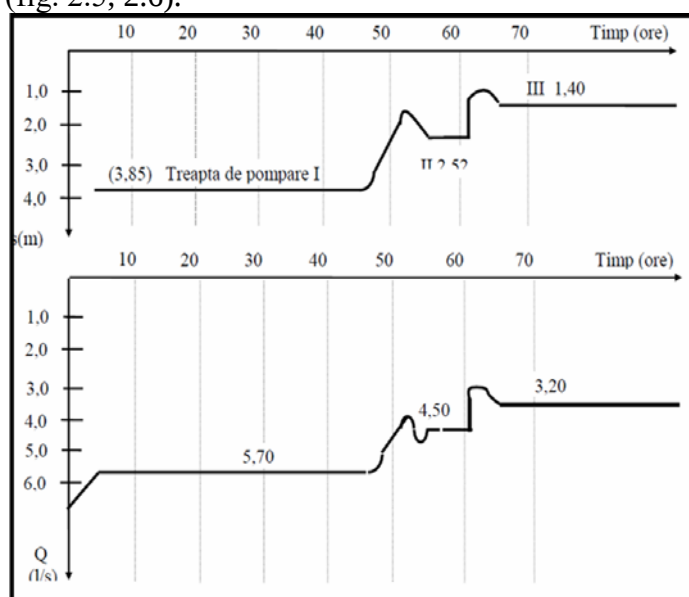


Fig. 2.4 Graficele de variație în timp, a nivelului și debitului cvasistabilizat

Curba de indicație reprezintă graficul variației debitului stabilizat în funcție de nivelul stabilizat într-un puț pompat și se mai numește și curba caracteristică a forajului.

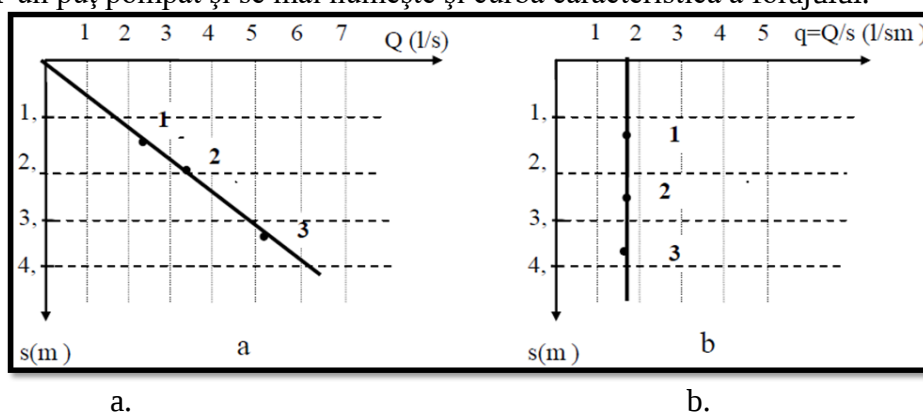


Fig. 2.5 Curba de indicație (a) și graficul denivelare-debit specific (b)
În cazul acviferului cu nivel liber

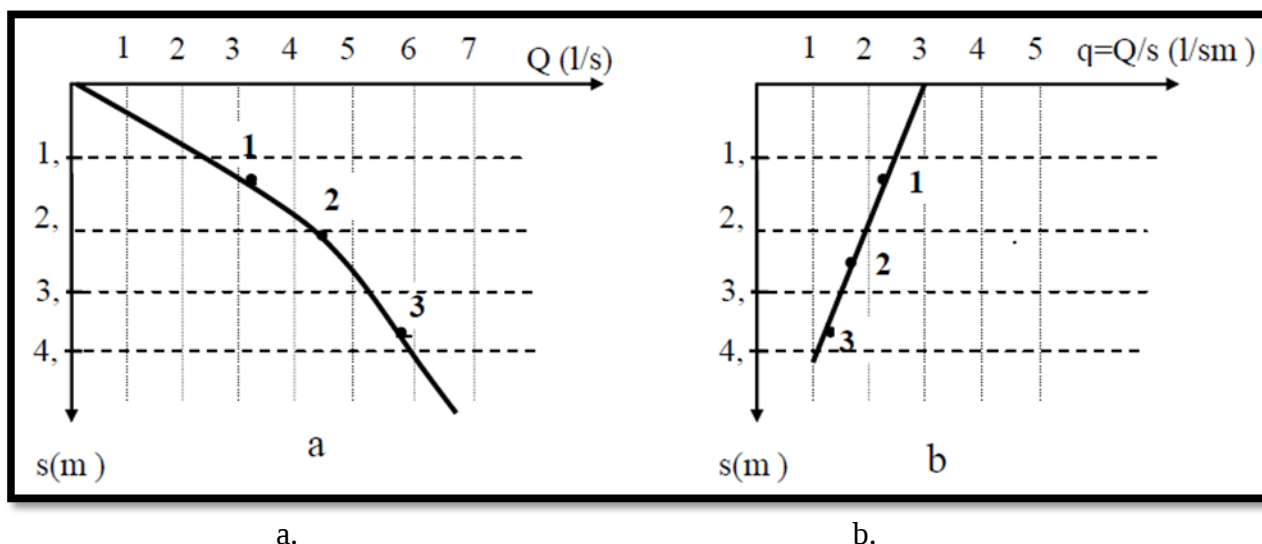


Fig. 2.6 Curba de indicație (a) și graficul de denivelare-debit specific (b) în cazul acviferului sub presiune

Tabelul 2.9 prezintă datele ce sunt măsurate și înregistrate în cazul pompărilor în regim tranzitoriu.

Tabelul 2.9

Pompare experimentală în regim nepermanent

Laborator ape subterane.....
Foraj.....

Cursul de apă.....
Interfluviul.....

FIȘĂ CU REZULTATELE POMPĂRIILOR EXPERIMENTALE

Stația hidrogeologică: Conțești

Puțul: 7

Distanța de la forajul pompat la piezometre $x_1 = 20$
 $x_2 = 50$

Nivelul piezometric inițial Np_i (m)

Data	Timpul de pompare - t		l/t l/s	Timpul de revenire - t' [sec]	$\frac{t}{t'}$	Nivel dinamic - N_d [m]	Denivelarea - s [m]			Debitul - Q		Denivelarea specifică m/l/sec	Obs.
	h min sec	sec					Foraj	Piezom. I	Piezom. II	l/sec	m ³ /zi		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Prelucrarea datelor obținute din pompările experimentale în regim tranzitoriu se face, în general, după două metode: Theis și Jacob.

Metoda lui Theis dă valoarea transmisivității absolute a acviferului, dar impune efectuarea la începutul pomparei a unor măsurători foarte frecvente.

Ea poate fi folosită și pentru foraje de observație situate la distanța $R < x < 2R$ față de forajul central (R este raza de influență a puțului de pompare).

Metoda lui Jacob pune în evidență schimbările de transmisivitate și reprezentarea sa grafică (sub forma unei drepte) permite, în anumite limite, prognoza comportării orizontului acvifer după perioada reală de pompare.

2.2.4. Centralizarea și prelucrarea datelor privind chimismul apelor subterane

Probele de apă prelevate din forajele de observație sau din cele de exploatare se analizează în laborator, iar rezultatele sunt înregistrate în *buletine de analiză* de tipul celui din **tabelul 2.3**. Aceste buletine se verifică sub aspectul corectitudinii conținutului. În acest sens se urmărește respectarea indicațiilor privind tipul analizei (obișnuită, specială etc.), exprimarea conținutului (anioni și cationi) în miligrame pe litru și milivali pe litru, precum și identificarea balanței ionice. Dacă eroarea este peste 3%, analiza trebuie considerată inexactă.

Datele fizico-chimice conținute în buletinul de analiză se înscriu în tabele centralizatoare de tipul celui prezentat în **tabelul 2.10**.

Tabelul 2.10

Centralizatorul analizelor fizico-chimice

Stația hidrologică _____

TABEL CENTRALIZATOR AL ANALIZELOR FIZICO-CHIMICE

Stația hidrogeologică _____

Unitate de ordinal _____

Nr. crt.	Stația hidrogeologică	Indicativul puțului	Nivelul apei la recoltare	Durata recoltării probei	Data executării analizelor	Temperatura apei °C	pH	Duritatea totală [°germane]	Reziduu fix la 105 °C [mg/l]	Substanțe organice [mg/l]	CO ₂ liber [mg/l]	SiO ₂ [mg/l]	H ₂ S [MG/L]	Alcalinitatea totală [mval/l]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Cationi <i>mg / l</i> <i>mval / l</i>													Mineralizarea totală [g/l]	Clasificarea apelor				Observații
Nr. crt.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Fe ³⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻		Pentru alimentări cu apă		Pentru irigații		
														Tipul apei după Schoeller	Potabilitate	Coefic. lui Priklonski	S.A.R.	
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33

Expresiile valorilor anionilor și cationilor se pun în centralizator sub formă de fracție: la numărător se trec cantitățile în miligrame pe litru, iar la numitor în milivali pe litru.

În rubrica „Nivelul apei de recoltare” se înscrie nivelul piezometric pentru probele recoltate în condiții statice și nivelul hidrodinamic pentru probele recoltate la pompare.

Prelucrarea datelor primare se face în funcție de domeniul în care sunt utilizate apele subterane și anume ca:

- apă potabilă;
- apă pentru irigații.

a. În cazul folosirii apelor subterane pentru alimentări cu apă

Se vor face determinări ale:

- mineralizării totale;
- durității totale;
- gradului de potabilitate;
- tipului de apă.

Mineralizarea totală se obține prin însumarea cationilor și anionilor.

Duritatea totală – este dată de conținutul total de ioni de calciu și magneziu.

Gradul de potabilitate se stabilește pe baza clasificării lui Schoeller redată grafic prin diagrame semilogaritmice.

Tipul apei - Schoeller a întocmit o schemă de clasificare a apelor freatice, care cuprinde *principalele tipuri de apă* în ordinea importanței lor.

Legat de *concentrația în Cl* - există următoarele tipuri de apă:

- *ape hiperclorurate*, unde $Cl > 700$ mg/l și ajunge aproape la saturație;
- *ape clorurate*, unde clorul este cuprins între 700 și 420 mg/l, conținutul în clor al acestor ape este apropiat de cel al apelor marine;
- *ape clorurate puternic*, unde Cl este cuprins între 420 și 140 mg/l;
- *ape clorurate medii*, în care Cl este cuprins între 140 și 40 mg/l, corespunzând limitei superioare de conținut în Cl a apei potabile;
- *ape oligoclorurate* - Cl variază între 40 și 15 mg/l;
- *ape clorurate normale* în care $Cl < 10$ mg/l. Majoritatea apelor subterane normale au un conținut scăzut în clor, în jur de 10 mg/l.

În funcție de *concentrația în sulfați* există următoarele tipuri de apă:

- ❖ *ape hipersulfurate*, unde $SO_4 > 2800$ mg/l. Apele cu acest conținut se apropie mult de conținutul în SO_4 al apelor marine;
- ❖ *ape sulfurate*, cu un conținut în SO_4 cuprins între 2800 și 1200 mg/l;
- ❖ *ape oligosulfurate* unde SO_4 variază între 1200 și 290 mg/l;
- ❖ *ape sulfurate normale*, care au un conținut de $SO_4 < 290$ mg/l, corespunzând apelor subterane normale.

În funcție de *concentrația în bicarbonați + carbonați* - există următoarele tipuri de ape:

- *ape hipercarbonatate*, care au un conținut de $HCO_3^- + CO_3^{2-} > 420$ mg/l;
- *ape carbonatate normale*, în care HCO_3^- și CO_3^{2-} au valori variabile între 420 și 120 mg/l;
- *ape hipocarbonatate* - cu un conținut de $HCO_3^- + CO_3^{2-} < 120$ mg/l.

În vederea aprecierii calității apelor subterane pentru *irigații* se determină coeficientul de irigație al lui Priklonski - K_a și raportul de adsorbție - S.A.R.

Coeficientul de irigație al lui Priklonski - K_a ține seama de concentrația sărurilor cu caracter nociv, din apele subterane folosite pentru irigații și anume: bicarbonații, clorurile și sulfații de sodiu.

Prin comparație cu coeficientul lui Priklonski apele subterane se pot clasifica astfel:

- $K_a > 18$ - ape foarte bune;
- $14 < K_a < 18$ - ape bune;
- $8 < K_a < 14$ - ape satisfăcătoare;
- $5 < K_a < 8$ - ape admisibile;
- $K_a < 5$ - ape nesatisfăcătoare.

7.2.5. Exemplu de sistem de monitorizare a calității apelor subterane în zona unui combinat chimic

Vom da în continuare un exemplu de monitorizare a unui areal aflat în apropierea unui combinat chimic care poluează apele subterane. În **figura 2.7** este prezentată, schematic, poziția diferitelor părți componente ale Combinatului S.C. Oltchim S.A., printre care și Uzinele Sodice Govora. Combinatul este un poluator cunoscut al zonei limitrofe.

Din punct de vedere al influenței acestui combinat asupra apelor subterane, cel mai mare impact îl au batalurile de reziduuri industriale și cele de șlamuri. În zona exterioară a batalurilor, calitatea apelor subterane freatice este grav afectată de poluarea complexă cu săruri de calciu, magneziu, sulfați, substanțe organice și metale grele (Pb și Hg).

Zonele haldelor de șlamuri și reziduuri industriale aparținând celor două combine Râmnicu - Vâlcea și Govora sunt surse permanente de poluare a apelor freatice din zonă și din aval de aceasta. Datorită realizării lacurilor de acumulare, drenajul apelor freatice spre râul Olt este mult diminuat, schimbându-se direcția de curgere a freaticului spre sud. Acest fapt expune poluării zonele paralele cu râul Olt și zonele dinspre S - V de acestea.

În cadrul S.C. Oltchim S.A. există foraje de control atât în perimetrul intrazuzinal cât și în cel periuzinal, care permit recoltarea și analizarea apei din pânza freatică. Amplasarea forajelor în cadrul combinatului este schematizată în **figura 2.7**. Aceste foraje de observație sunt folosite pentru realizarea monitorizării calității apei subterane în zona combinatului.

În aceeași figură este prezentată schema batalului de reziduuri organice din cadrul societății și poziționarea forajelor de observație a calității apei din freatic.

Batalul de reziduuri organice constituit din patru celule de depozitare, despărțite prin diguri de pământ, acoperite cu balast este înconjurat cu un ecran de etanșare încadrat în stratul impermeabil de argilă. Acest ecran are rolul de a opri curgerea poluanților spre acvifer.

Forajele amplasate de o parte și de alta a ecranului de etanșare permit recoltarea de probe de apă din freatic, în vederea controlului etanșeității ecranului de protecție.

Recoltarea de probe din forajele din zona societății se face trimestrial.

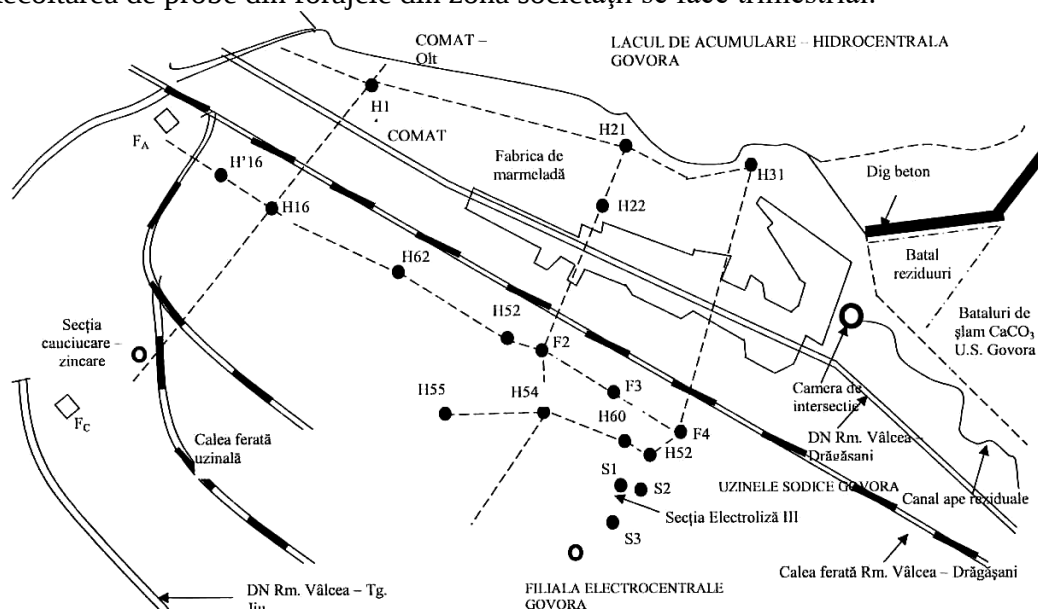


Fig.2.7. Poziția forajelor de observație pe platforma unui

Pentru fiecare foraj (v. figurile. 2.7 și 2.8) se măsoară adâncimea forajului și nivelul acviferului freatic față de suprafața solului, se fac observații privind starea forajelor și se recoltează probe de apă (din foraje și din fântânile din zona limitrofă). Pentru fiecare foraj se realizează *caracterizarea fizico-chimică a apei freatice*, care constă în determinarea pH-ului, alcalinității (mEq/l), concentrației de cloruri (mg/l), sulfati (mg/l), calciu (mg/l), sodiu (mg/l), magneziu (mg/l), reziduu filtrat (mg/l), amoniu (mg/l), HCO_3^- (mg/l), CCO - Cr (mg O_2 /l).

Din valorile măsurate trimestrial se face o medie anuală, corespunzătoare fiecărui foraj sau fântâni.

De asemenea, se determină concentrațiile unor impurificatori specifici, organici, ai apei freatice.

Pe baza valorilor măsurate se întocmesc grafice de evoluție a fiecărei substanțe poluante, pentru stabilirea tendinței de variație a concentrației acestora.

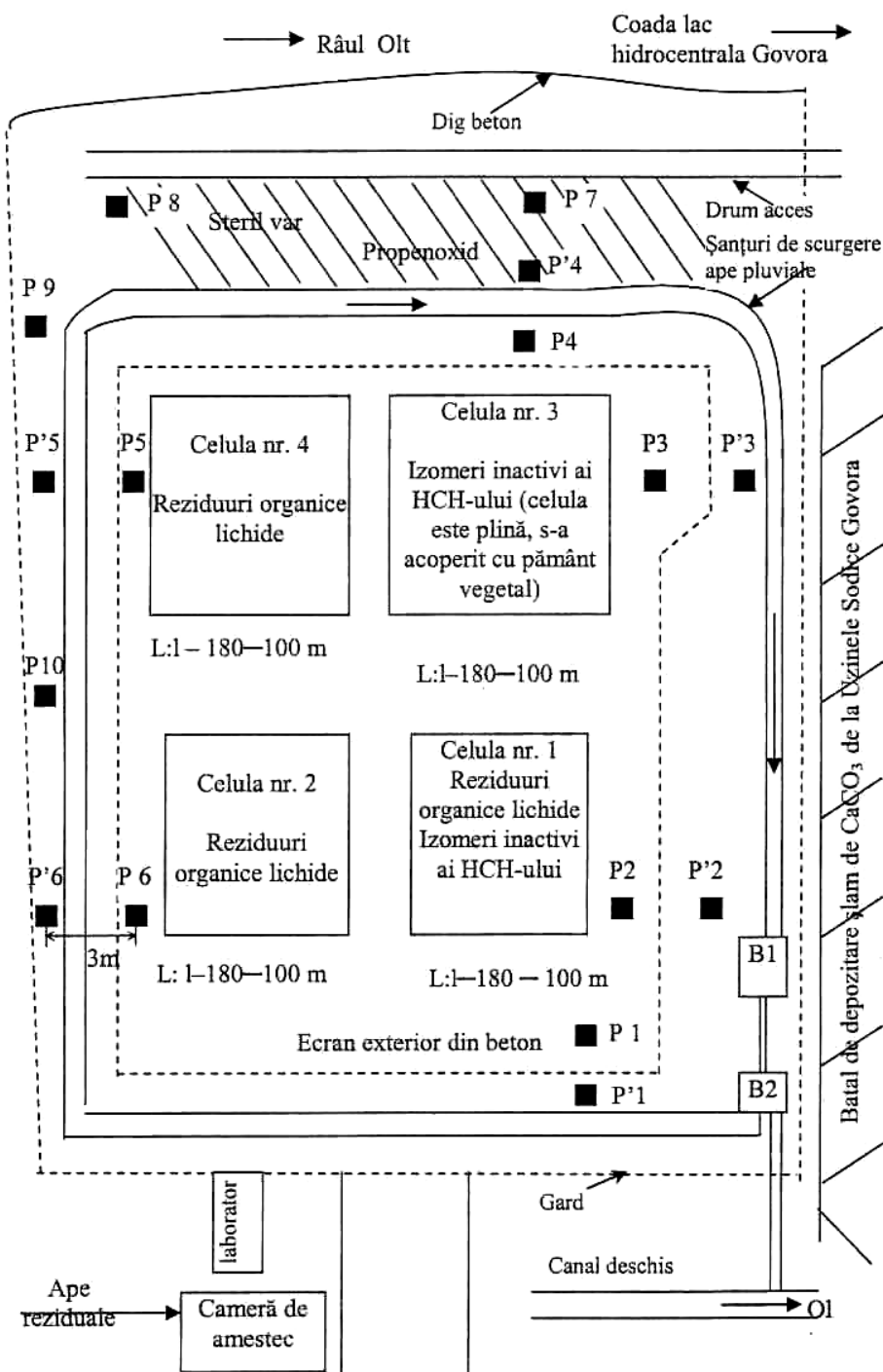


Fig.2.8. Schema amplasamentului batalului de reziduuri organice a S.C. OLTCHM S.A. Rm. Vâlcea

Aceste date pot servi, de asemenea, la realizarea unor modele de prognoză a evoluției poluării în zona combinatului sau în zonele limitrofe. Concluzia unui studiului mai vechi (2000) a fost aceea că o mare importanță în calibrarea modelului matematic (pentru analiza fenomenului de poluare, ținând seama de debitele de pompare la captările de apă din zonă) o au:

- aprecierea corectă a conductivității hidraulice a acviferului;
- determinarea direcției de curgere și a vitezei în acvifer (pe baza hărților cu hidroizohipse, deci pe baza unor măsurători de nivel în foraje de observație);
- caracterizarea sursei de poluare (dimensiuni, concentrații);
- cunoașterea regimului de exploatare a acviferului (debitele captărilor și poziția acestora).

Capitolul 3.
Problematica utilizării corpurilor de apă subterană
ca surse de apă potabilă

3.1. Conținutul studiilor preliminare

3.1.1. Aspecte geografice, morfologice, cantitative

În etapa de studiu preliminar, se face o inventariere a tuturor activităților ce se desfășoară în limitele sistemului acvifer, o atenție deosebită acordându-se condițiilor la limită ale sistemului acvifer și arealelor de alimentare în subteran. Inventarierea cuprinde și activitățile dezafectate (poluări istorice), care în timp pot produce poluarea apelor subterane.

O componentă importantă a studiilor preliminare o constituie reprezentarea cartografică a datelor geologice și hidrogeologice de care se dispune.

Pentru a se obține o imagine suficientă, care se permită întocmirea unui program de studii și cercetare pentru etapa următoare, studiul preliminar, întocmit pe baza datelor existente și a unei recunoașteri pe teren, obligatorie, va avea următorul cuprins:

- a) prezentarea amplasamentului obiectivului: localizare geografică, apartenența administrativă, căi de acces, cod bazin hidrografic;
- b) prezentarea condițiilor hidrometeorologice;
- c) prezentarea energiei de relief, indicii de fragmentare a reliefului, densitatea rețelei hidrografice;
- d) tipuri de relief și tipuri de rețele hidrografice în corelare cu structura geologică;
- e) identificarea formațiunilor litostratigrafice și a faciesurilor ce pot constitui sisteme acvifere, cu ajutorul hărților geologice și hidrogeologice la scările 1:200.000 sau 1:100.000;
- f) precizarea formațiunilor permeabile ce pot forma acvifere, marcându-se limitele lor, natura condițiilor la limită, relațiile cu rețeaua hidrografică, localizarea și structura lor, relațiile dintre formațiunile permeabile;
- g) hărți structurale cu hidroizohipse și izopachite - în măsura în care acestea există și sunt disponibile - care permit să se determine dimensiunile și volumul rezervorului;
- h) în cazul acviferelor fisurale, hărți de fisurare obținute prin analize structurale și aerofotograme, ele oferind o reprezentare grafică a structurii acviferului și a gradului de fisurare/fracturare al acestuia. De asemenea, rezultatele cercetărilor geofizice aduc informații suplimentare și precizări privind elementele structurale;
- i) hărți piezometrice, care sunt documente de bază pentru analiza condițiilor de înmagazinare și a funcției de conducere a acviferului, precum și asupra comportării hidrodinamice a lui. Hărțile piezometrice reprezintă sinteza cea mai importantă a studiului hidrogeologic, oferind informații asupra gradientilor și limitelor acviferului;
- j) analiza morfologică a suprafeței piezometrice, împreună cu elementele geologice ale acviferului/sistemului acvifer permit evidențierea heterogenității acviferului (alura și distanța dintre hidroizohipse) și analizarea distribuției spațiale a parametrilor hidrodinamici, iar analiza fluctuațiilor suprafeței piezometrice din acviferele cu nivel liber oferă informații asupra realimentării sau descărcării acviferului. Astfel de analize vor evidenția anumite situații specifice ce au consecințe asupra eficienței instalației. Se prezintă în **figura 3.1** un exemplu de afundare a conului de depresiune după oprirea pomparei;

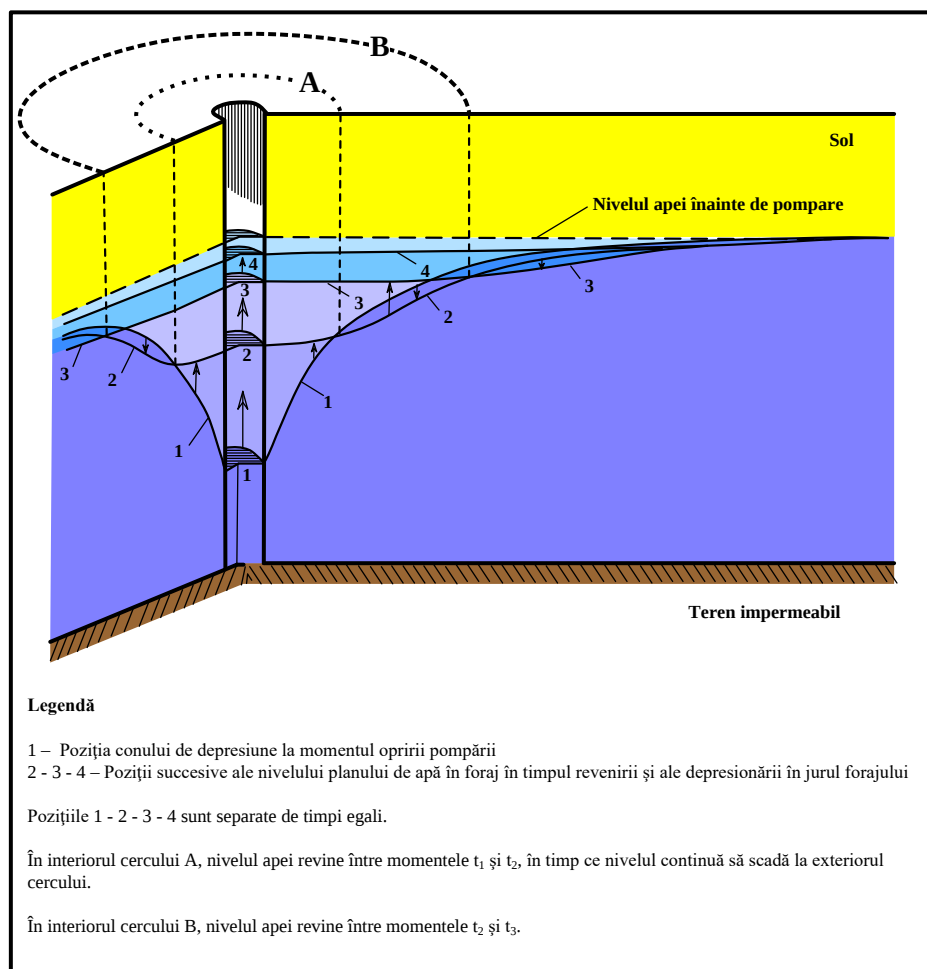


Figura 3.1 – Afundarea conului de depresiune după oprirea pomparei
(adaptare după J. Margat)

- k) hărți cu izofreate care pun în evidență importanța pe care poate să o prezinte zona nesaturată în aprecierea vulnerabilității la poluare a apelor subterane;
- l) hărțile de vulnerabilitate definesc clasele de vulnerabilitate a acviferelor la poluare, în funcție de gradul de permeabilitate și grosimea terenurilor de acoperire, de adâncimea la care se află acviferul/zona saturată, tipul și coeficientul de permeabilitate a acviferului, condițiile de alimentare, curgere și drenaj. Se pot face aprecieri asupra riscurilor potențiale de poluare a fronturilor de captare;
- m) bilanțul apelor subterane, care oferă informații asupra condițiilor la limită: debitele de intrare și debitele de ieșire, și ele sunt folositoare mai ales în cazul hidrostructurilor carstice, atât pentru a cunoaște condițiile de alimentare, cât și pentru a evalua debitul mediu al resurgențelor.

Vor putea fi realizate reprezentări grafice de tipul celor din **figurile 3.2, 3.3, 3.4**, ce vor sta la baza aprecierilor morfologice, spectrelor de curgere, aprecieri cantitative etc.

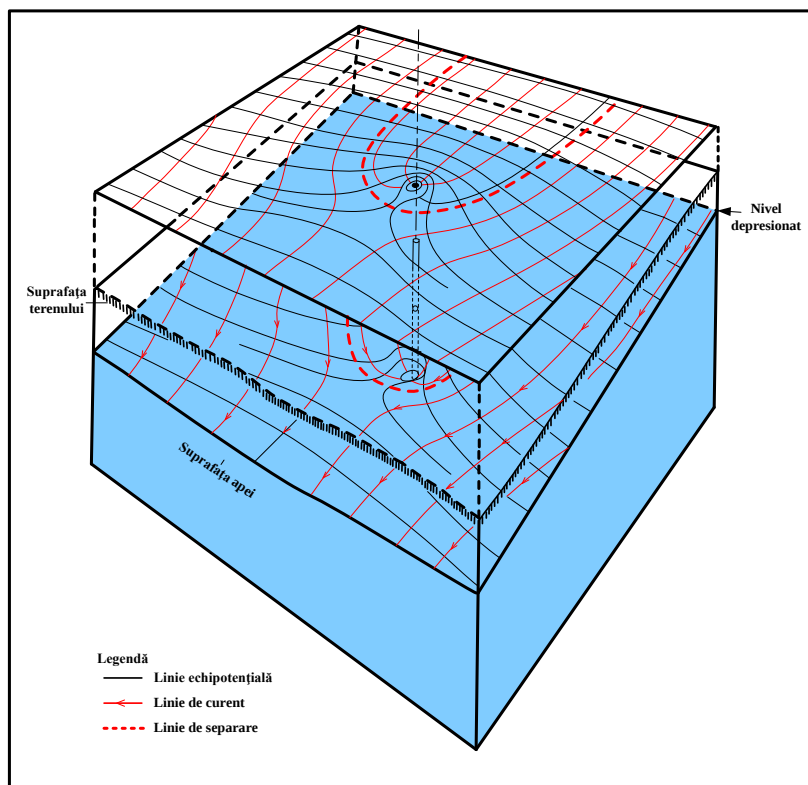


Figura 3.2 – Reprezentarea conului de depresiune. Proiecția echipotențialelor și a liniilor de curent în plan orizontal (după J. Margat)

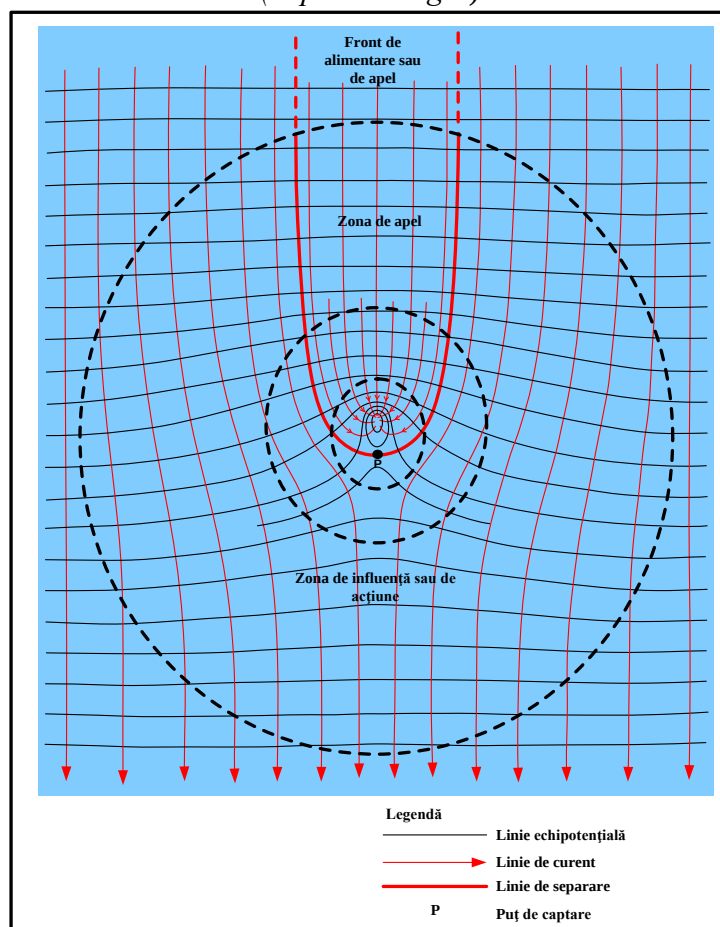


Figura 3.3 – Plan schematic al unui con de depresiune într-un acvifer, prin care apa curge, cu suprafața inițială a apei plană (după J. Margat)

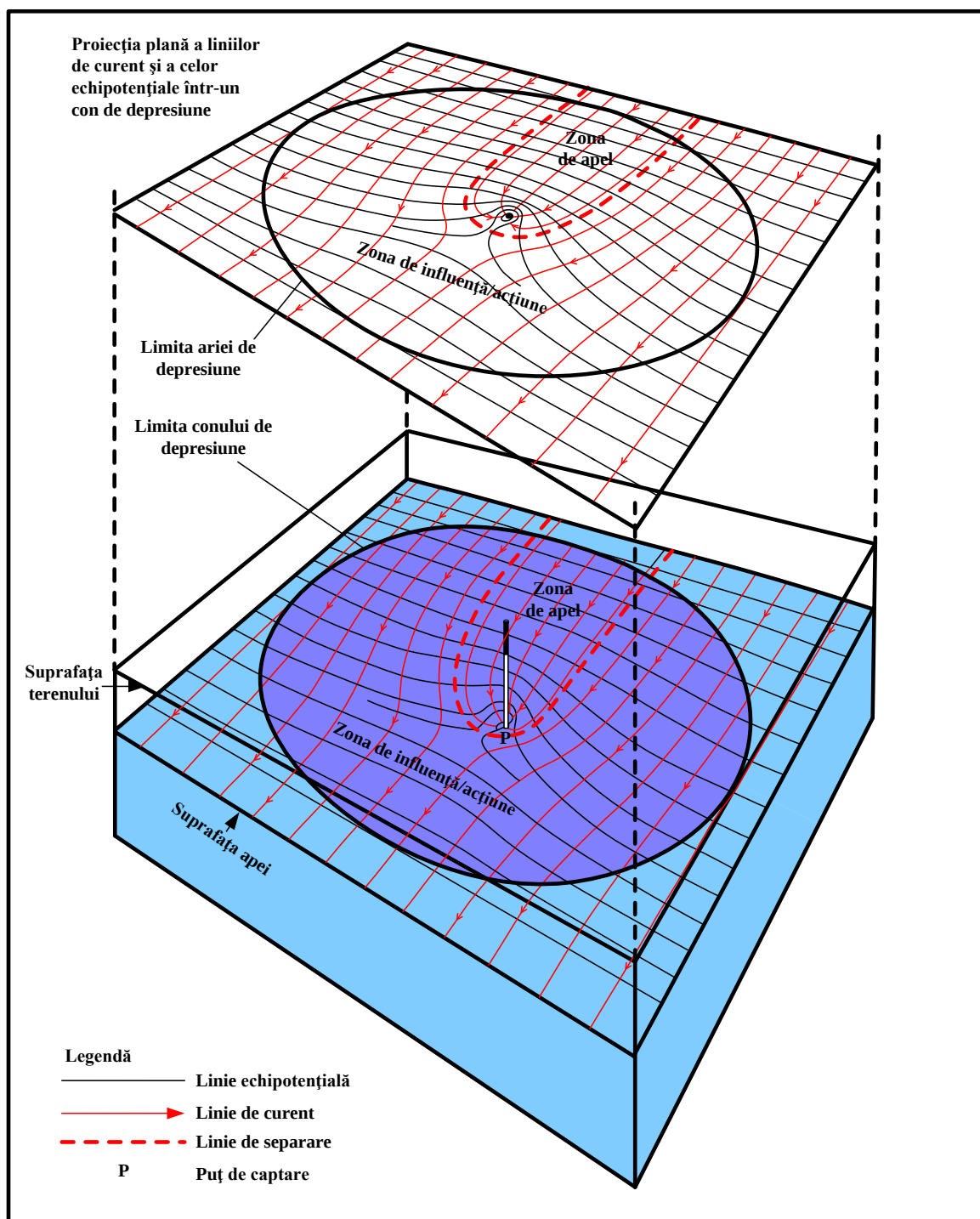


Figura 3.4 – Con de depresiune (în regim permanent)
(după B.R.G.M. – B. Genetier)

3.1.2. Studii preliminare

Problematika utilizării corpurilor de apă subterană ca surse de apă potabilă, în special în mediul rural, se supune prevederilor a două reglementări, și anume:

- Normativ pentru proiectarea construcțiilor de captare a apei (indicativ NP 028-98) întocmit de S.C. AquaProiect S.A.– București și aprobat prin Ordinul nr. 78/N din 13.10.1998 de MLPAT;
- Ghid de proiectare, execuție și exploatare a lucrărilor de alimentare cu apă și canalizare în mediul rural, aprobat de MTCT prin Ordinul nr. 161 din 15.02.2005.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Acțiunea de utilizare a corpurilor de apă subterană demarează printr-un set important de studii care au fost prezentate în linii mari anterior.

Acestea se referă la:

- studii geologice;
- studii hidrogeologice, hidrochimice, hidrobiologice și pentru determinarea radioactivității apei subterane;
- studii topografice;
- studii privind calitatea apei subterane;
- investigații geofizice;
- modelarea numerică a dinamicii apelor subterane;
- investigații geomorfologice,
- date climatice și meteorologice,
- investigații hidrologice;
- studii privind influența lucrărilor ingineresti asupra surselor de apă subterane;
- studii privind fiabilitatea captărilor existente;
- studii privind necesitatea și modul de instituire a zonelor de protecție a surselor de ape subterane;
- studii de evaluare a impactului lucrărilor și dimensiunii acestuia asupra mediului și a mediului asupra lucrărilor propuse.

În funcție de importanța captării de apă proiectantul poate renunța la unele studii dintre cele mai sus menționate.

Pe baza datelor, informațiilor, parametrilor furnizați de studiile și investigațiile menționate se poate realiza proiectarea captării apei subterane.

Proiectele captărilor de apă subterană trebuie să analizeze și să stabilească pe criterii tehnico-economice următoarele:

- alegerea tipului de captare;
- definitivarea amplasamentului;
- dimensionarea hidraulică a captării și a zonei de protecție sanitară;
- elemente constructive ale obiectelor captării;
- sistemul de colectare a apei și racordarea la aducțiune;
- instalațiile hidraulice, mecanice, electrice, de măsură și control, sistemul informațional;
- racordarea la sursele de alimentare cu energie electrică;
- instrucțiunile de exploatare a captării;
- costul investiției și costurile de exploatare raportate la debitul și volumele de apă ce se preiau din sursa subterană.

În baza studiilor menționate este posibilă dimensionarea hidraulică a captării, a zonei de protecție sanitară, precum și elementele constructive conform **figurilor 3.5, 3.6, 3.7.**

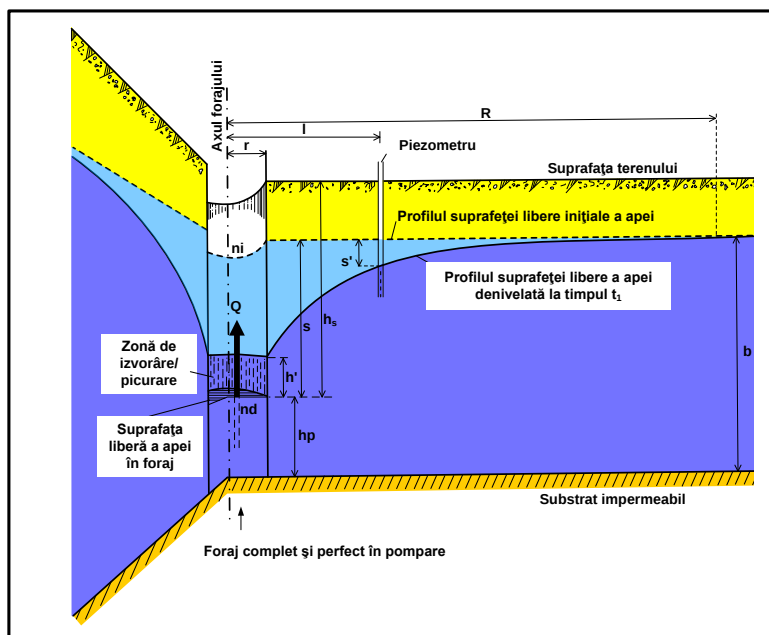


Figura 3.5 – Elemente hidraulice ale forajului în pompare:

Q = debit pompat; n_i = nivel inițial la t_0 ; n_d = nivel dinamic după o durată de pompare $t_1 - t_0$; h_s = adâncimea nivelului de apă în foraj;
 s = denivelarea în foraj la timpul t_1 (pierdere totală de sarcină); s' = denivelarea într-un piezometru la o distanță l la timpul t_1 ; h' = înălțimea de izvorâre/picurare;
 h_p = înălțimea/grosimea apei în foraj; R = raza de influență la timpul t_1 ;
 r = raza forajului; b = grosimea acviferului
 (după Andrée Lallemand Barrés și Jean Claude Roux)

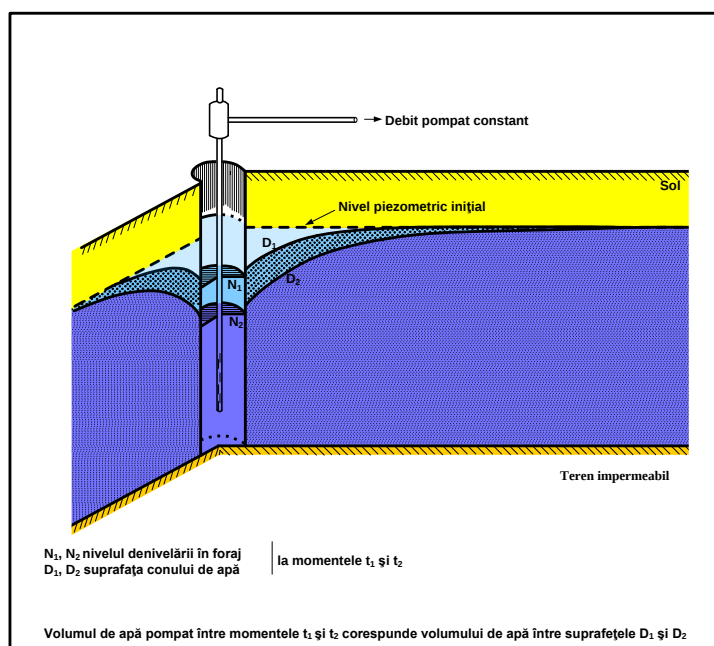


Figura 3.6 – Evoluția conului de denivelare la două momente
 (după J. Margat)

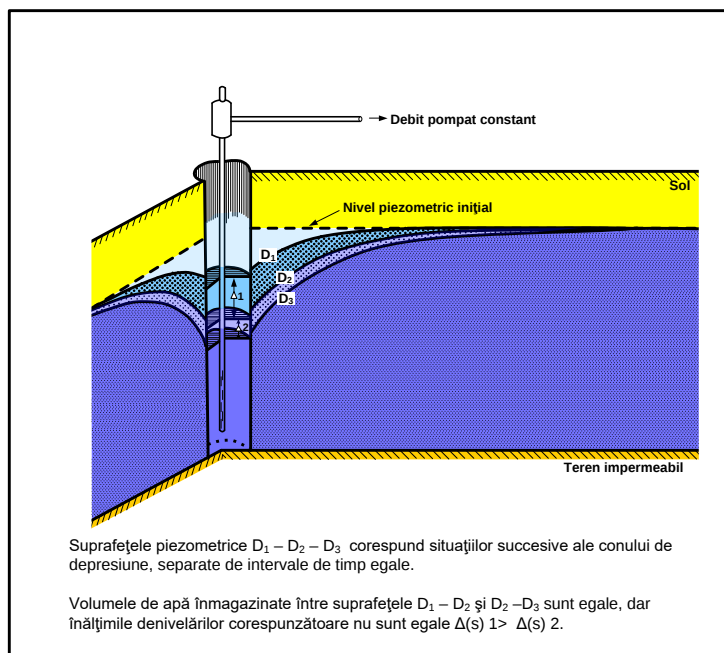


Figura 3.7 – Evoluția conului de denivelare la trei momente (după J. Margat)

3.1.3. Studii de tratabilitate a apelor subterane

În contextul multor studii la care se apelează pentru caracterizarea apelor subterane din diferite puncte de vedere se înscriu și studiile de tratabilitate.

Scopul general al studiilor de tratabilitate este acela de a determina în raport cu proprietățile apei brute și cu limitele indicatorilor de calitate impuse apei de alimentare (potabilă, industrială), tehnicile și fluxul tehnologic recomandat.

În cazul apelor subterane se au în vedere următoarele tehnici:

- *aerare*, urmărindu-se intensitatea și durata aerării, tipul de instalație, eficiența procesului în obținerea concentrației de oxigen necesară, consumuri energetice, alți parametri de dimensionare a compartimentelor de aerare;
- *tratare cu reactivi*, se stabilesc reactivii necesari, dozele necesare, condițiile de introducere, amestec, reacție cu apa de tratat;
- *precipitare/decantare*, în urma studiilor vor rezulta viteze și timpi de sedimentare, eficiența procesului;
- *filtrare*, se vor decide formele de filtrare, vitezele de filtrare, dimensiunile diferitelor componente, eficiența scontată a procesului;
- *oxidare*, în baza studiilor se vor recomanda: procedeul, reactivii, dozele, elementele de dimensionare a instalației;

Nivelul de efectuare a studiilor va consta din următoarele etape:

- recoltarea de probe semnificative de apă din strat, într-o cantitate care să asigure posibilitatea efectuării tuturor tipurilor de analize și încercări;
- efectuarea *in situ* și în laborator a analizelor necesare stabilirii indicatorilor de calitate semnificativi pentru apa respectivă;
- teste de laborator privind elementele menționate anterior;
- teste pilot pe instalații de mici dimensiuni, efectuate în amplasament pentru verificarea fluxului tehnologic în ansamblul schemei ce se intenționează a fi propusă.

Stabilirea fluxului tehnologic de ansamblu a tratării apei va ține seama de:

- condiții geomorfologice și specificul amplasamentului;
- optimizare din punct de vedere energetic, funcțional, tehnico-economic.

3.1.4. Etape de promovare a investițiilor în utilizarea apelor subterane

Activitățile de investiții noi, extinderi sau reabilitarea celor existente fac obiectul HG nr. 28 din 9.01.2008, publicată în MOF nr. 48/28.01.2008.

Conform acestei reglementări, etapele necesar a fi parcurse sunt:

- exprimarea necesității și includerea într-un Plan de realizare de documentații;
- realizarea studiului de fezabilitate (SPF);
- aprobarea studiului de fezabilitate și trecerea la faza următoare;
- realizarea studiului de fezabilitate (SF);
- aprobarea studiului de fezabilitate și trecerea la faza de obținere de fonduri;
- realizarea proiectului tehnic;
- realizarea detaliilor tehnice.

În cazul unor lucrări de intervenție, etapele menționate mai sus sunt precedate de o expertiză tehnică.

În **figurile 3.8 și 3.9** sunt prezentate conținutul-cadru al SPF și SF conform HG nr. 28 din 9.01.2008.

Conținutul-cadru al studiului de fezabilitate	
CAPITOLUL A: Piese scrise	
(1) Date generale:	
1. denumirea obiectivului de investiții;	
2. amplasamentul (județul, localitatea, strada, numărul);	
3. titularul investiției;	
4. beneficiarul investiției;	
5. laboratorul studiului.	
(2) Necesitatea și oportunitatea investiției	
1. necesitatea investiției:	
a) scurtă prezentare privind situația existentă, din care să rezulte necesitatea investiției;	
b) tabele, hărți, grafice, planșe desenate, fotografii etc. care să explice situația existentă și necesitatea investiției;	
c) deficiențele majore ale situației actuale privind necesarul de dezvoltare a zonei;	
d) prognoze pe termen mediu și lung;	
2. oportunitatea investiției:	
a) încadrarea obiectivului în politicile de investiții generale, sectoriale sau regionale;	
b) actele legislative care reglementează domeniul investiției, după caz;	
c) acorduri internaționale ale statului care obligă partea română la realizarea investiției, după caz.	
(3) Scenariile tehnico-economice prin care obiectivele proiectului de investiții pot fi atinse:	
1. scenarii propuse (minimum două);	
2. scenariul recomandat de către elaborator;	
3. avantajele scenariului recomandat.	
(4) Date privind amplasamentul și terenul pe care urmează să se amplaseze obiectivul de investiție	
Informații despre terenul din amplasament:	
1. situația juridică privind proprietatea asupra terenului care urmează a fi ocupat - definitiv și/sau temporar - de obiectivul de investiții;	
2. suprafața estimată a terenului;	
3. caracteristicile geofizice ale terenului din amplasament determinate în baza studiului geotehnic realizat special pentru obiectivul de investiții privind:	
a) zona seismică de calcul și perioada de colț;	
b) datele preliminare asupra naturii terenului de fundare și presiunea convențională;	
c) nivelul maxim al apelor freatice;	
4. studiile topografice preliminare;	
5. datele climatice ale zonei în care este situat amplasamentul.	
(5) Costul estimativ al investiției	
1. Cheltuieli pentru elaborarea documentației tehnico-economice:	
a) cheltuieli pentru elaborarea documentațiilor de proiectare (studiu de fezabilitate, studiu de fezabilitate, expertiză tehnică, proiect tehnic și detalii de execuție), după caz;	
b) cheltuieli pentru activitatea de consultanță și asistență tehnică;	
c) cheltuieli pentru obținerea avizelor și acordurilor de principiu necesare elaborării studiului de fezabilitate;	
d) cheltuieli pentru pregătirea documentelor privind aplicarea procedurii pentru atribuirea contractului de lucrări și a contractului de servicii de proiectare, urbanism, inginerie, alte servicii tehnice, conform prevederilor legale (instrucțiuni pentru ofertanți, publicitate, onorarii și cheltuieli de deplasare etc.).	
2. Valoarea totală estimată a investiției	
(6) Avize și acorduri de principiu, după caz	
CAPITOLUL B: Piese desenate:	
1. plan de amplasare în zonă (1:25.000 - 1:5.000);	
2. plan general (1:2.000 - 1:500).	

Figura 3.8 – Conținutul-cadru al studiului de fezabilitate

Conținutul - cadru al studiului de fezabilitate

CAPITOLUL A: Piese scrise

(1) Date generale:

1. denumirea obiectivului de investiții;
2. amplasamentul (județul, localitatea, strada, numărul);
3. titularul investiției;
4. beneficiarul investiției;
5. elaboratorul studiului.

(2) Informații generale privind proiectul

1. situația actuală și informații despre entitatea responsabilă cu implementarea proiectului;
2. descrierea investiției:
 - a) concluziile studiului de prefezabilitate sau ale planului detaliat de investiții pe termen lung (în cazul în care au fost elaborate în prealabil) privind situația actuală, necesitatea și oportunitatea promovării investiției, precum și scenariul tehnico-economic selectat;
 - b) scenariile tehnico-economice prin care obiectivele proiectului de investiții pot fi atinse (în cazul în care, anterior studiului de fezabilitate, nu a fost elaborat un studiu de prefezabilitate sau un plan detaliat de investiții pe termen lung):
 - scenarii propuse (minimum două);
 - scenariul recomandat de către elaborator;
 - avantajele scenariului recomandat;
 - c) descrierea constructivă, funcțională și tehnologică, după caz;

3. date tehnice ale investiției:

- a) zona și amplasamentul;
 - b) statutul juridic al terenului care urmează să fie ocupat;
 - c) situația ocupărilor definitive de teren: suprafața totală, reprezentând terenuri din intravilan/extravilan;
 - d) studii de teren:
 - studii topografice cuprinzând planuri topografice cu amplasamentele reperelor, liste cu repere în sistem de referință național;
 - studiu geotehnic cuprinzând planuri cu amplasamentul forajelor, fișelor complexe cu rezultatele determinărilor de laborator, analiza apei subterane, raportul geotehnic cu recomandările pentru fundare și consolidări;
 - alte studii de specialitate necesare, după caz;
 - e) caracteristicile principale ale construcțiilor din cadrul obiectivului de investiții, specifice domeniului de activitate, și variantele constructive de realizare a investiției, cu recomandarea variantei optime pentru aprobare;
 - f) situația existentă a utilităților și analiza de consum:
 - necesarul de utilități pentru varianta propusă promovării;
 - soluții tehnice de asigurare cu utilități;
 - g) concluziile evaluării impactului asupra mediului;
4. durata de realizare și etapele principale; graficul de realizare a investiției.

(3) Costurile estimative ale investiției

1. valoarea totală cu detalierea pe structura devizului general;
2. eșalonarea costurilor coroborate cu graficul de realizare a investiției.

(4) Analiza cost-beneficiu:

1. identificarea investiției și definirea obiectivelor, inclusiv specificarea perioadei de referință;
2. analiza opțiunilor¹⁾;
3. analiza financiară, inclusiv calcularea indicatorilor de performanță financiară: fluxul cumulat, valoarea actuală netă, rata internă de rentabilitate și raportul cost-beneficiu;
4. analiza economică²⁾, inclusiv calcularea indicatorilor de performanță economică: valoarea actuală netă, rata internă de rentabilitate și raportul cost-beneficiu;
5. analiza de sensibilitate;
6. analiza de risc.

¹⁾ Varianta zero (variantă fără investiție), varianta maximă (variantă cu investiție maximă), varianta medie (variantă cu investiție medie); se va preciza varianta selectată.

²⁾ Este obligatorie doar în cazul investițiilor publice majore.

Figura 3.9 – Conținutul-cadru al studiului de fezabilitate

- (5) Sursele de finanțare a investiției
Sursele de finanțare a investițiilor se constituie în conformitate cu legislația în vigoare și constau din fonduri proprii, credite bancare, fonduri de la bugetul de stat/bugetul local, credite externe garantate sau contractate de stat, fonduri externe nerambursabile și alte surse legal constituite.
- (6) Estimări privind forța de muncă ocupată prin realizarea investiției
1. număr de locuri de muncă create în faza de execuție;
2. număr de locuri de muncă create în faza de operare.
- (7) Principali indicatori tehnico-economici ai investiției
1. valoarea totală (INV), inclusiv TVA (mii lei)
(în prețuri - luna, anul, 1 euro = lei),
din care:
 - construcții-montaj (C+M);
2. eșalonarea investiției (INV/C+M):
 - anul I;
 - anul II
3. durata de realizare (luni);
4. capacități (în unități fizice și valorice);
5. alți indicatori specifici domeniului de activitate în care este realizată investiția, după caz.
- (8) Avize și acorduri de principiu
1. avizul beneficiarului de investiție privind necesitatea și oportunitatea investiției;
2. certificatul de urbanism;
3. avize de principiu privind asigurarea utilităților (energie termică și electrică, gaz metan, apă-canal, telecomunicații etc.);
4. acordul de mediu;
5. alte avize și acorduri de principiu specifice.
- CAPITOLUL B: Piese desenate:*
1. plan de amplasare în zonă (1:25000 - 1:5000);
2. plan general (1: 2000 - 1:500);
3. planuri și secțiuni generale de arhitectură, rezistență, instalații, inclusiv planuri de coordonare a tuturor specialităților ce concură la realizarea proiectului;
4. planuri speciale, profile longitudinale, profile transversale, după caz.

Figura 3.9 – Conținutul-cadru al studiului de fezabilitate (continuare)

În promovarea proiectelor este deosebit de important de a evalua cât mai aproape de realitate efortul financiar necesar.

Se realizează prin devizul de obiect și devizul general.

Structura devizului general trebuie să respecte structura din **figura 3.10**.

DEVIZ GENERAL						
privind cheltuielile necesare realizării..... *)						
în mii lei/mii euro la cursul..... lei/euro din data de						
*) Se înscrie denumirea obiectivului de investiție/lucrărilor de intervenție						
NOTĂ: În cazul lucrărilor de intervenții de natura consolidărilor la construcții existente și instalațiile aferente, precum și în cazul lucrărilor pentru prevenirea sau înlăturarea efectelor produse de acțiuni accidentale și/sau calamități naturale valoarea cheltuielilor aferente se va evidenția distinct în devizul general pe fiecare capitol/subcapitol de cheltuieli, atât în lei, cât și în euro.						
Nr. crt.	Denumirea capitolelor și subcapitolelor de cheltuieli	Valoare (fără TVA)		TVA	Valoare (inclusiv TVA)	
		Mii lei	Mii euro	Mii lei	Mii lei	Mii euro
1	2	3	4	5	6	7
	CAPITOLUL 1: Cheltuieli pentru obținerea și amenajarea terenului					
1.1	Obținerea terenului					
1.2	Amenajarea terenului					
1.3	Amenajări pentru protecția mediului și aducerea la starea inițială					
	TOTAL CAPITOL 1					
	CAPITOLUL 2: Cheltuieli pentru asigurarea utilităților necesare obiectivului					
	TOTAL CAPITOL 2					
	CAPITOLUL 3: Cheltuieli pentru proiectare și asistență tehnică					
3.1	Studii de teren					
3.2	Taxe pentru obținerea de avize, acorduri și autorizații					
3.3	Proiectare și inginerie					
3.4	Organizarea procedurilor de achiziție					
3.5	Consultanță					
3.6	Asistență tehnică					
	TOTAL CAPITOL 3					
	CAPITOLUL 4: Cheltuieli pentru investiția de bază					
4.1	Construcții și instalații					
4.2	Montaj utilaje tehnologice					
4.3	Utilaje, echipamente tehnologice și funcționale cu montaj					
4.4	Utilaje fără montaj și echipamente de transport					
4.5	Dotări					
4.6	Active necorporale					
	TOTAL CAPITOL 4					
	CAPITOLUL 5: Alte cheltuieli					
5.1	Organizare de șantier					
	5.1.1. Lucrări de construcții					
	5.1.2. Cheltuieli conexe organizării șantierului					
5.2	Comisioane, cote, taxe, costul creditului					
5.3	Cheltuieli diverse și neprevăzute					
	TOTAL CAPITOL 5					
	CAPITOLUL 6: Cheltuieli pentru probe tehnologice și teste și predare la beneficiar					
6.1	Pregătirea personalului de exploatare					
6.2	Probe tehnologice și teste					
	TOTAL CAPITOL 6					
	TOTAL GENERAL					
	Din care C+M					

Figura 3.10 – Conținutul devizului general

În ceea ce privește devizul obiectului, acesta trebuie să aibă structura recomandată în **figura 3.11.**

DEVIZUL obiectului..... ^{*)}						
în mii lei/mii euro la cursul lei/euro din data de						
Nr. crt.	Denumirea capitolelor și subcapitolelor de cheltuieli	Valoare (fără TVA)		TVA	Valoare (inclusiv TVA)	
		Mii lei	Mii euro		Mii lei	Mii euro
1	2	3	4	5	6	7
I.	LUCRĂRI DE CONSTRUCȚII					
1	Terasamente					
2	Construcții: rezistență (fundatii, structură de rezistență) și arhitectură (închideri exterioare, compartimentări, finisaje)					
3	Izolații					
4	Instalații electrice					
5	Instalații sanitare					
6	Instalații de încălzire, ventilare, climatizare, PSI, radio-tv, intranet					
7	Instalații de alimentare cu gaze naturale					
8	Instalații de telecomunicații					
	TOTAL I					
II.	MONTAJ					
	Montaj utilaje și echipamente tehnologice					
	TOTAL II					
III.	PROCURARE					
	Utilaje și echipamente tehnologice					
	Utilaje și echipamente de transport					
	Dotări					
	TOTAL III					
	TOTAL (TOTAL I + TOTAL II + TOTAL III)					

^{*)} Se înscrie denumirea obiectului.

Figura 3.11 – Conținutul devizului obiectului

3.2. Stabilirea bilanțului global al acviferului/sistemului acvifer

3.2.1. Generalități

Problema bilanțului apelor subterane nu este o problemă simplă, dat fiind că membrii/elementele ecuației de bilanț pot prezenta valori variabile. De aceea, se folosesc valori medii multianuale, dar și acestea pot prezenta mărimi diferite, în funcție de ciclul meteorologic în care s-au făcut măsurătorile pentru determinarea valorilor temperaturilor, precipitațiilor și evapotranspirației.

Ciclul brücknerian este un ciclu al schimbărilor climatice cu o periodicitate postulată de treizeci și cinci de ani, în decursul căreia apar alternanțe neregulate de răcire, perioade de precipitații abundente, temperaturi ridicate, perioade secetoase. Perioada de treizeci și cinci de ani este neregulată și există abateri de la valorile medii multianuale (pentru temperaturi <1°C, pentru precipitații între +9% și -8%). Ciclul a fost evidențiat de E. Brückner în 1890.

În plus, calculul evapotranspirației se poate face printr-una din formulele Thorntwhite, Turc, Coutagne, Penman, Blaney sau Criddle.

Precipitațiile reprezintă cantitatea totală de apă meteorică, lichidă sau solidă, care cade pe o suprafață orizontală determinată, denumită secțiune pluviometrică. Înălțimea de precipitații este înălțimea lamei de apă, care s-ar acumula pe o suprafață orizontală, dacă toate precipitațiile ar rămâne pe loc. Lama de apă căzută se exprimă în milimetri.

Evapotranspirația este un element important, dar și cel mai puțin cunoscut, ceea ce, de fapt, înseamnă că este și cel mai puțin sigur. În calcule se ia în considerare evapotranspirația reală, nu cea potențială. Evapotranspirația este suma tuturor pierderilor, prin transformarea apei în vaporii.

Evapotranspirația reală este legată de condițiile naturale de umiditate ale solului și de gradul de acoperire cu vegetație.

Evapotranspirația potențială reprezintă cantitatea de apă care s-ar pierde, dacă rezervele de apă ale solului ar fi suficiente pentru a compensa pierderile maxime.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Când umiditatea solului este suficientă, evapotranspirația reală este egală cu evapotranspirația potențială.

Infiltrația reprezintă cantitatea de apă care pătrunde în teren și care alimentează apele subterane, deosebindu-se apa de retenție, scurgerea hipodermică, scurgerea subterană. O singură fracțiune din precipitații alimentează apele subterane: este infiltrația eficace care asigură refacerea rezervelor și scurgerea subterană.

Pentru hidrogeologi, infiltrația este factorul cel mai important din ciclul apei, dar și cel mai greu de evaluat, deoarece scapă măsurătorilor directe prin metode simple.

Studiul variațiilor/fluctuațiilor suprafeței piezometrice într-un bazin hidrogeologic delimitat permite, cunoscând porozitatea eficace și debitul total al curgerii, să se evalueze infiltrația.

Variațiile nivelului piezometric dintr-un foraj - acviferul descărcându-se liber prin izvoare cu un debit cunoscut Q - sunt în funcție de infiltrația eficace.

Apa din precipitații, care scapă evapotranspirației și infiltrației, se scurge în rețeaua hidrografică: această fază este faza de scurgere și ea nu trebuie confundată cu șiroirea de suprafață.

Scurgerea este alimentată prin apele care scapă infiltrației profunde și evapotranspirației, la care se adaugă deversările din acviferele - de profunzime - care alimentează bazinul versant.

Șiroirea este cantitatea de apă care, în timpul unei precipitații, scapă infiltrației și evapotranspirației.

Este necesar ca, pentru înțelegerea relațiilor dintre apele de suprafață și cele subterane, să precizăm două dintre noțiunile folosite în mod curent:

- bazinul versant este o zonă de relief ale cărei ape de șiroire se scurg și se adună spre un colector unic;
- bazinul hidrogeologic este constituit dintr-un acvifer sau sistem acvifer, în care apele subterane se scurg spre același punct de descărcare sau grupe de puncte de descărcare; el este delimitat de linia de separare a apelor subterane. El condiționează scurgerea subterană și rezervele.

Bazinul versant și bazinul hidrogeologic nu prezintă aceleași limite. De aceea, nu este recomandabil a se analiza bilanțul și rezervele de ape subterane pe bazine hidrologice.

Densitatea rețelei hidrografice este în funcție de natura și structura terenului, ea fiind cu atât mai dezvoltată și complexă cu cât terenul este mai puțin permeabil și, ca urmare, șiroirea este mai intensă.

Principalii parametri ce caracterizează un bazin hidrografic sunt densitatea rețelei hidrografice și coeficientul de drenaj, care pot fi diferiți pe diferite sectoare ale aceluiași râu.

Debitul specific sau debitul modul este debitul scurs pe suprafața bazinului hidrografic - exprimată în km^2 - și exprimat în l/s/km^2 sau $\text{m}^3/\text{s/km}^2$, raportată la o unitate de timp determinată.

Componentele scurgerii sunt:

- precipitațiile căzute direct pe suprafața terenului - impluvium - sau pe suprafețele de apă libere;
- șiroirea;
- scurgerea hipodermică;
- scurgerea subterană.

După trecerea fazei de șiroire, rețeaua hidrografică este alimentată de scurgerea hipodermică și scurgerea subterană.

Deficitul de scurgere reprezintă diferența dintre cantitatea de apă căzută într-un bazin hidrografic și cantitatea de apă evacuată într-o secțiune, într-o perioadă de timp dată.

Factorii deficitului de curgere sunt:

- *meteorologici*: în special durata și intensitatea precipitațiilor;
- *geomorfologici*: densitatea rețelei hidrografice, energia de relief;
- *hidrogeologici*: permeabilitatea terenurilor și adâncimea acviferelor;
- *biologici* - grad de acoperire - inclusiv factori antropici prin realizarea de amenajări hidrotehnice.

3.2.2. Bilanțul apelor subterane

În momentul în care nivelul apei subterane scade în foraj în mod constant în timpul exploatarei (în condiția în care forajul nu este înnisipat și nici fantele filtrului nu sunt blocate), înseamnă că debitul exploatat este mai mare decât debitul de alimentare și forajul se află într-o stare/situație de *bilanț negativ*.

Această situație poate fi determinată fie de influența negativă a altor foraje din zonă care se află în exploatare - forajele interferându-se, fie din cauza unei insuficiente alimentări a acviferului, ca urmare a modificării condițiilor de alimentare la limita acviferului/sistemului acvifer.

G. Castany și J. Margat definesc astfel bilanțul apei dintr-un acvifer: valorile comparate ale cantităților de apă totale primite sau debitate de un acvifer sau un ansamblu de acvifere, definite pe o perioadă de timp determinate, exprimate printr-o ecuație, prin care se constată că suma algebrică a aporturilor - sau alimentarea acviferului - debitului global și a diferențelor de rezerve pentru aceeași perioadă de timp este nulă. În același timp, ei precizează - fără explicații - că *noțiunea de bilanț negativ este incorectă*.

Pedologii și inginerii de îmbunătățiri funciare folosesc noțiunea de bilanț al apei în sol, care este importantă pentru alimentarea apelor subterane din precipitații și din irigații. Bilanțul este suma comparată a cantităților totale de apă venite sau sustrate dintr-un sol - cu o zonă nesaturată, considerată ades unidimensională - pentru o durată de timp determinată, al cărui sold este/o diferență de rezerve în apă, diferență evaluată după conținutul în apă (profile de umiditate comparate).

Plecând de la aceste considerații, în cunoașterea și analizarea bilanțului apelor subterane, este necesar să se cunoască tipul de hidrostructură/acvifer și condițiile de alimentare la limită a unității hidrogeologice considerată.

Într-un anumit mod va fi analizat bilanțul apelor subterane pentru acviferele - cu nivel liber în zonele de interfluviu și în alt mod pentru acviferele aluvionare; într-un anumit mod va fi tratat bilanțul apelor carstice într-o hidrostructură cu regim fluviatil (izvoarele Cernei, Jaleș-Runcu-Vâlcea, Orlea-Izvarna, Bârza-Topleț) și altfel într-o hidrostructură carstică în zonă de platformă (Dobrogea de sud) mai ales când este afectată de numeroase accidente tectonice, mai ales dacă formează un acvifer multistrat, în care se apreciază că pot interveni și procese de drenanță.

Unul este bilanțul apelor cu nivel liber și altul este bilanțul apelor sub presiune.

În ceea ce privește bilanțul apelor juvenile sau al celor fosile, problema trebuie privită și analizată cu foarte mare prudență.

Referitor la rezultatele obținute, se recomandă să se evite acordarea unei prea mari încrederi cifrelor și estimărilor obținute, în lipsa unor date certe, verificate pe o perioadă îndelungată de timp.

Exploatarea rațională a resurselor de ape subterane se bazează pe stabilirea bilanțului global al acviferului/sistemului acvifer, în special pe refacerea rezervelor de ape subterane. Refacerea rezervelor este condiționată de alimentare și de timpul de curgere al apelor subterane de la zonele de infiltrare până la punctul/frontul de prelevare/exploatare. Acest timp este mai mult sau mai puțin îndelungat, până la mii de ani în cazul acviferelor profunde. Rezultă deci o cantitate și un timp de refacere a rezervelor.

Rezervele de ape subterane se refac prin aportul alimentării directe și indirecte, care compensează toate genurile de pierderi. Anual, un anumit volum de apă din acvifer/sistem acvifer este înlocuit/completat, volum ce este egal cu volumul mediu ce se pierde la emergente, cu rezerva reguloare medie sau cu infiltrația eficace medie.

Bilanțul global de apă are drept scop stabilirea unei balanțe între aporturi și pierderi, pe baza căreia se studiază variația rezervelor de apă, deci să se calculeze rezervele exploatabile.

Orice bilanț este valabil pentru o perioadă de timp bine determinată și la o unitate de volum precis determinată.

Perioada de referință a bilanțului anual este anul hidrologic, determinat prin studiul statistic al pluviometriei.

În acviferele cu nivel liber, suprafața piezometrică suferă, în condiții naturale, variații de nivel, ades importante, în legătură directă cu ritmul și cantitatea precipitațiilor și mărimea evapotranspirației reale.

Anul hidrologic, de fapt anul hidrogeologic, începe cu o suprafață piezometrică minimă și se termină cu suprafața piezometrică minimă următoare.

Anul hidrogeologic nu corespunde cu anul calendaristic - poate începe în orice lună a anului - și el poate să nu fie același pentru toate sistemele acvifere sau hidrostructuri. Durata anului hidrogeologic - 12 luni - nu este constantă în perioade succesive, el fiind uneori mai lung, așa cum este cazul regiunilor aride cu deficit de precipitații. Anul hidrogeologic poate fi mai lung sau mai scurt în funcție și de ciclul brücknerian.

Principalele elemente ale bilanțului global de apă sunt:

- precipitațiile – P;
- infiltrația eficace – Ie;
- evapotranspirația reală – Er;
- debitul de scurgere – Q;
- deficitul de scurgere – D;
- șiroirea de suprafață – S;
- variația rezervelor – dR.

După cum s-a mai menționat, evaluarea Ie este foarte greu de făcut, ea fiind în relație cu variațiile suprafeței piezometrice, care la rândul ei este în funcție de dR ale apelor subterane.

La întocmirea bilanțului apelor subterane nu se recomandă exprimarea valorilor prin regula treimilor sau sferturilor (1/3, 1/4 etc.), sau procentual (40%) deoarece elementele bilanțului prezintă dispersii în timp și spațiu.

Este necesar să se acorde o mare atenție elementelor de bază ale bilanțului, așa cum sunt precipitațiile și șiroirea.

Se recomandă, să se evite falsele precizii iluzorii ale cifrelor și estimărilor obținute: zecimalele vor fi șterse, iar unitățile se vor rotunji la zecimea superioară sau inferioară. De asemenea, este preferabil să se dea prioritate măsurătorilor directe în locul evaluărilor obținute prin formule empirice.

Exprimările vor fi în volume, în general m³/an.

În atenția întocmitorului studiului de bilanț va sta verificarea limitelor de erori de calcul ale principalelor elemente ale bilanțului.

Studierea sistemelor acvifere/hidrostructurilor permite să se cunoască limitele unității hidrogeologice considerate și să se confirme sau să se infirme concordanțele dintre bazinul hidrografic și bazinul/structura hidrogeologică, să se localizeze acviferele de la diferite adâncimi, relațiile dintre ele și relațiile cu apele de suprafață. De asemenea, permit cunoașterea comunicațiilor/relațiilor dintre diferite bazine și diferite hidrostructuri, în special în cazul apelor carstice azonale.

Pentru o perioadă foarte îndelungată de timp, balanța echilibrată are forma:

$$P = E + R + I \quad (3.1)$$

Infiltrația totală este dată de relația:

$$I = P - (E + R) \quad (3.2)$$

și ea se exprimă prin înălțimi de apă sau volume, dar niciodată prin procente.

Pentru o anumită perioadă hidrogeologică, trebuie să se țină seama de variația $\pm$ a rezervelor de apă de la începutul până la sfârșitul perioadei de timp considerată.

Acviferele profunde/de adâncime sunt în general sub presiune/captive, iar apa a fost înmagazinată în cantități mari, prin acumulare de-a lungul unor perioade de timp foarte lungi, secole și chiar milenii, ceea ce înseamnă că ciclul hidrogeologic al acviferelor profunde este mai lung decât cel al acviferelor freatiche - ca să nu mai spunem de cele carstice, de deasupra nivelului de bază - și nu mai este legat de ritmul climatic anual, chiar pe o perioadă îndelungată de timp.

Ciclul este de ordin geologic și apa subterană părăsește ciclul hidrologic pentru acea durată. În această situație, este evident că variațiile pluviometrice sunt de ordin paleoclimatic, așa cum este cazul marilor bazine hidrogeologice (Sahara, Dobrogea de sud).

Rezultă că variația rezervelor de apă din acviferele profunde are o durată mai mare decât perioada luată în considerare - în condițiile actuale - pentru stabilirea bilanțului.

La întocmirea bilanțului pentru acviferele freatice, trebuie să se ia în considerare faptul că unitatea de volum considerată nu este constantă, ca urmare a fluctuațiilor suprafeței piezometrice, fiind necesar să se țină seama de variația rezervei de ape subterane.

La acviferele freatice, principalele elemente ale bilanțului sunt:

- precipitațiile;
- infiltrația eficace;
- alimentarea din apele de suprafață sau irigații;
- alimentarea din alte acvifere/descărcări;
- evapotranspirația reală;
- debitele emergențelor de ape subterane;
- pierderile către alte acvifere;
- scurgerea de suprafață către alte bazine hidrografice;
- cantitățile/debitele de ape subterane exploatate;
- variația rezervelor de ape subterane.

Alimentarea directă cuprinde infiltrația eficace, guvernată de precipitațiile directe pe impluvium și infiltrațiile din apele de suprafață, iar în unele zone trebuie să se țină seama și de aporturile din irigații, care, nu în rare cazuri, sunt necontrolate (pierderile din canalele de irigații și din administrarea normei de udare), acest aspect reflectându-se atât în valoarea evapotranspirației, cât și a infiltrației eficace. În același timp, în zonele de irigații trebuie să se ia în considerare și evacuările/pierderile prin rețeaua de drenaj.

Se admite că pierderile din rețeaua de canale dintr-un sistem de irigații sunt de minimum 0% -, ajungând în unele situații la peste 60% din debitul tranzitat, fără a mai lua în calcul și pierderile care apar din administrarea necontrolată a debitelor de irigare.

Se va reține că evapotranspirația reală este principalul factor de pierdere a apei dintr-un acvifer cu nivel liber, în special în zonele de mari interfluvii pe care se practică irigații (Bărăgan, Dobrogea de sud și Podișul Babadag).

Este evident că este deosebire între bilanțul acviferelor freatice de pe interfluvii - pe care se practică sau nu irigații - și acviferele aluvionare.

Pentru bilanțul apelor din acviferele/sistemele carstice, trebuie să se aibă în vedere caracterul azonal al apelor carstice, mai ales în cazul aporturilor din alte bazine hidrografice (Jiul de vest - Cerna).

3.2.3. Rezervele de apă subterană

Rezerva de apă poate reprezenta:

- cantitatea/volumul de apă gravitațională conținută la un moment dat într-un acvifer;
- cantitatea/volumul de apă aflată la un moment dat în sol/teren într-un strat/orizont de grosime determinată, și exprimată în m^3/ha sau mm coloană de apă.

Rezervele de apă subterană reprezintă volumul de apă gravitațională - eliberabilă - înmagazinată într-o anumită perioadă sau într-un moment dat într-un acvifer sau rocă magazin. Rezervele sunt condiționate de structura geologică - care dă dimensiunile rezervorului -, apoi de porozitatea eficace/coeficientul de înmagazinare care exprimă volumul de apă liberă în acvifer. Rezervele depind de datele volumetrice ale acviferului și se exprimă în unități de volum, de regulă m^3 . Se consideră că este o noțiune cu sens static.

Resursa totală de apă subterană este definită ca volumul de apă care poate fi cedat dintr-un acvifer, utilizabil ca atare sau prin prelucrare în activitatea economică.

Resursele disponibile de ape subterane reprezintă rata medie anuală pe termen lung a realimentării totale a unui acvifer, mai puțin rata anuală pe termen lung a debitului necesar pentru atingerea obiectivelor de protecție a apelor și mediului acvatic pentru apele de suprafață asociate, pentru evitarea oricărei deteriorări importante a stării ecologice a unor astfel de ape, precum și pentru evitarea oricăror daune importante ale ecosistemelor terestre asociate.

Resursele reprezintă volumul de apă care poate fi extras dintr-un acvifer, deci volumul de apă exploatabilă. În momentul în care cantitatea de apă ce poate fi furnizată de acvifer depinde de volumul rezervelor, ea este limitată de condițiile tehnice și economice de exploatare, conservare și protejare a resurselor. Resursele sunt apreciate ca fiind o noțiune cu sens dinamic.

Volumul resurselor poate fi superior rezervelor dacă alimentarea acviferului/sistemului acvifer și permeabilitatea rocilor sunt ridicate: dacă resursele sunt mai mici, se ajunge la scăderea nivelului piezometric și a debitelor, ajungându-se la epuizarea rezervelor.

Resursele se exprimă în volume raportate la o anumită perioadă, de preferință un an m^3/an , m^3/zi (24 h), mai rar m^3/s .

Datele dimensionale ce caracterizează rezervele de ape subterane sunt:

- fixe: patul și terenul impermeabil în cazul acviferelor captive, coeficientul de înmagazinare;
- variabile: suprafața piezometrică în cazul acviferelor freatice.

Este obligatoriu să se facă deosebirea între acviferele captive și cele cu nivel liber.

În cazul acviferelor cu nivel liber, calculul rezervelor de apă constă - în principal - în studiul variațiilor suprafeței piezometrice. Variațiile sunt caracterizate de doi parametri variabili în timp:

- amplitudinea sau înălțimea de fluctuație dh ;
- perioada (de timp) limitată de două niveluri piezometrice minime.

Pentru a compensa variațiile anuale, calculele se fac pe baza datelor medii multianuale - 5 până la 10 ani - în general pe un an hidrogeologic mediu.

În cursul unui an hidrogeologic, suprafața piezometrică oscilează între un nivel minim și un nivel maxim și apoi revine la un nivel minim care nu este - în mod obligatoriu - de aceeași înălțime cu cel anterior. Cele două poziții extreme ale suprafeței piezometrice delimitează în acvifer un interval/tronson a cărui grosime este egală cu înălțimea/amplitudinea de fluctuație dh .

Pentru calculul rezervelor se iau în considerare suprafața piezometrică minimă, medie și suprafața piezometrică maximă medie, ele determinând înălțimea de fluctuație medie multianuală dh .

Volumul de apă astfel determinat reprezintă rezervele reglatoare medii.

În funcție de aceste delimitări, într-un acvifer cu nivel liber, se pot distinge:

- rezerve reglatoare/compensatoare;
- rezerve permanente;
- rezerve totale.

Rezervele reglatoare corespund volumului de apă liber cuprins în intervalul dintre două nivele piezometrice extreme - minim și maxim - în decursul anului hidrogeologic considerat.

Aceste rezerve sunt cele care alimentează și regularizează debitul apelor subterane în punctele naturale de descărcare. Pentru un acvifer compensat, ele sunt egale cu variația rezervei de ape subterane dW determinată prin bilanț (ca rezerve reglatoare) și sunt influențate/determinate mai ales de precipitații, evapotranspirația reală și infiltrația eficace. În condiții de echilibru, rezervele reglatoare/compensatoare sunt egale cu infiltrația eficace.

Rezervele permanente (de adâncime/seculare) reprezintă volumul de apă liberă cuprins în acvifer, volum delimitat în bază de patul impermeabil, iar la partea superioară de nivelul piezometric minim multianual. Acestea sunt rezervele permanente medii, al căror volum este considerat constant. Regimul lor este influențat numai în perioade de secetă îndelungată multianuală.

Rezervele totale (globale/potențiale) reprezintă volumul de apă liberă înmagazinată la o anumită dată în întregul acvifer cu nivel/liber. Dacă perioada de referință este media mai multor ani, se ia în considerare suprafața piezometrică medie maximă și se obțin rezerve totale medii.

În acviferele captive, suprafața piezometrică, fiind deasupra acoperișului impermeabil, fluctuațiile lui - în condiții de exploatare rațională - nu interesează acviferul/sistemul acvifer. Variațiile lui se traduc prin variațiile presiunii. În acviferele captive nu există rezerve reglatoare/compensatoare.

3.2.3.1. Refacerea rezervelor de ape subterane

Rezervele de ape subterane se refac prin aportul alimentării directe sau indirecte, care compensează toate pierderile. De aceea, în economia apelor subterane nu interesează valoarea globală a infiltrației I , ci numai infiltrația eficientă I_e , cea care trece din zona de aerare, după ce sunt satisfăcute necesitățile vegetației.

Annual, un anumit volum de apă din acvifer este înlocuit: el este egal cu debitul mediu la urgențe Q_e , cu rezervele reglatoare/compensatorii medii dW sau cu infiltrația eficientă medie I_e .

Indicele de refacere al rezervelor I_r este raportul între rezervele reglatoare/compensatorii medii și rezervele totale medii:

$$I_r = \frac{dW}{W_t} = \frac{Q_e}{W_t} = \frac{I_e}{W_t} \quad (3.3)$$

Durata refacerii este timpul necesar pentru reconstituirea rezervei totale medii, dacă ea ar fi fost epuizată:

$$\text{Durata refacerii} = \frac{W_t}{dW} = \frac{W_t}{Q_e} = \frac{W_t}{I_e} \quad (3.4)$$

Durata refacerii rezervelor depinde de timpul de curgere al apelor subterane în acvifere din zonele de alimentare în sectoarele de înmagazinare sau de exploatare. Timpul de curgere este foarte mare pentru acviferele captive. În zonele profunde, de mare adâncime - zone moarte -, refacerea este foarte slabă, dar niciodată nulă, având repercusiuni asupra geochimiei apelor.

3.2.3.2. Vârsta apelor subterane

Durata de refacere a rezervelor fiind mai mult sau mai puțin mare și foarte mare - pentru acviferele profunde - se poate vorbi de vârsta apelor subterane.

Noțiunea de vârstă a apelor subterane este dificil de precizat. Aceasta ar trebui să fie vârsta infiltrației în impluviumul din care ele provin.

Viteza de curgere a apelor subterane fiind foarte lentă, intervine un decalaj de timp important și variabil, în funcție de punctul de prelevare din acvifer.

Vârsta determinată prin metode de datare cu izotopi pe o probă este o vârstă relativă și în foarte rare cazuri vârstă absolută, iar vârsta variază cu adâncimea de prelevare pe verticala aceluiași acvifer/sistem acvifer.

Vârsta apelor subterane se determină mai ales prin studierea ^{14}C și ^3H , precum și ^{32}Si și ^{22}Na .

3.2.4. Resursele de ape subterane

Reprezintă volumul de apă disponibilă din rezerve și se exprimă în m^3 raportați la o anumită perioadă.

Aportul pe care îl primește un zăcămint de ape subterane variază de la un an la altul, în funcție de principalii factori ai bilanțului, în special de precipitații și evapotranspirație, deci de infiltrația eficientă.

Rezultă că rezervele sunt supuse fluctuațiilor multianuale, chiar dacă necesitățile sunt constante, de unde necesitatea regularizării resurselor prin prelevări din rezervele permanente, acesta fiind unul din argumentele pentru pozarea filtrelor la partea inferioară a acviferului, mai ales în cazul acviferelor cu nivel liber.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Resursele reglatoare se referă numai la acviferele cu nivel liber și sunt egale cu rezervele reglatoare medii, ele alimentând curgerea de bază și debitul minim al cursurilor de apă.

Resursele exploatabile reprezintă volumul de apă subterană disponibil din resursele reglatoare și din rezervele permanente, în scopul obținerii unui debit constant. În cazul acviferelor captive, prelevarea se face din rezervele permanente.

Calculul recurselor reglatoare/compensatoare se poate face prin una din următoarele metode:

A. - volumul de apă liberă înmagazinată în acvifer, în decursul perioadei de timp considerată și se poate efectua prin:

a - studiul fluctuațiilor suprafeței piezometrice, fiind necesar să se cunoască:

- suprafețele piezometrice medii minimale și maxime;
- porozitatea/coeficientul de înmagazinare;
- indicele de înmagazinare.

B. debitul de curgere. În condiții de echilibru, acviferul debitează în cursul anului hidrogeologic volumul de apă pe care-l primește ca alimentare: debitul total al acviferului este egal cu cantitatea cu care s-au mărit rezervele dQ , identic cu resursele reglatoare/compensatoare.

Coeficientul de curgere subterană C_w este dat de formula:

$$C_w = 0,001 \frac{Q}{P \times A} \quad (3.5)$$

Unde:

Q = debitul de curgere subterană în m^3/an ;

P = înălțimea anuală a precipitațiilor în mm/an ;

A = suprafața impluviumului acviferului în m^2 .

Valoarea obținută este relativă, deoarece A nu poate fi determinat cu precizie.

Calculul debitului de curgere după secțiunea transversală a acviferului se poate face cu ajutorul formulei Darcy, care este aplicabilă atunci când gradientul hidraulic este slab și acviferul omogen, folosindu-se una dintre formulele:

$$Q = K \times A \times I \quad (3.6)$$

$$Q = K \times H \times L \times I \quad (3.7)$$

$$Q = T \times L \times I \quad (3.8)$$

$$q = K \times H \times I \quad (3.9)$$

$$q = T \times I \quad (3.10)$$

Unde:

Q = debitul curgerii în m^3/s ;

q = debitul unitar, pe unitatea de secțiune în m^3/s ;

K = permeabilitatea în m/s ;

T = transmisivitatea în m^2/s ;

H = grosimea acviferului în m ;

L = lățimea secțiunii în m ;

I = gradientul hidraulic.

Dacă secțiunea nu este perpendiculară pe filetele lichide, se folosește ecuația:

$$Q = K \times H \times I \times \cos \alpha \quad (3.11)$$

Unde:

α - unghiul dintre secțiune și filet.

De foarte multe ori, grosimea H a acviferului variază în secțiunea de curgere studiată, putându-se folosi formula:

$$Q = K_m \times H_m \times L \times I_m \quad (3.12)$$

Unde:

m - reprezintă media valorilor.

3.2.4.1. Calculul resurselor exploatabile din acviferele cu nivel liber

Resursele exploatabile pot fi considerate ca fiind egale cu resursele reglatoare, ele fiind condiționate de:

- politica de gospodărire a apelor pe termen lung;
- posibilitățile de exploatare a acviferelor;
- tipul de structuri hidrogeologice:
 - adâncimea de zăcământ;
 - nivelul piezometric;
 - relațiile cu apele de suprafață și cu alte acvifere;
- parametrii hidrogeologici ai acviferului;
- parametrii curgerii apelor subterane către lucrările de captare;
- refacerea rezervelor, conservarea și protecția resurselor.

3.2.4.2. Calculul resurselor exploatabile din acviferele captive

Este mai complicat deoarece eliberarea apei se face prin decompresiunea sau detenta elastică a acviferelor, ritmul de refacere a rezervelor este redus, iar viteza de curgere a apelor subterane este redusă.

Data fiind mărimea rezervelor permanente - sute de milioane de m³ (Dobrogea de sud, Stratele de Frățești, Pietrișurile de Căndești), se comite eroarea de a se submina influența bilanțului asupra calculului resurselor exploatabile.

Scăderea presiunii într-un punct se extinde foarte repede pe o suprafață mare, de unde rezultă influența rapidă a forajelor asupra scăderii nivelului piezometric.

Dat fiind ritmul lent de refacere a rezervelor, exploatarea trebuie condusă cu moderație. Posibilitatea refacerii rezervelor este legată de depărtarea captărilor de zona de alimentare, iar viteza mică de curgere a apelor subterane profunde antrenează pierderi de sarcină în stratul acvifer, ceea ce reprezintă un factor limitativ al debitelor.

Capitolul 4.

Proiectarea, execuția și exploatarea lucrărilor de captare a apelor subterane în România

4.1. Elemente generale asupra captărilor

4.1.1. Consumul specific de apă în Europa

După concluziile Asociației General a Higieniștilor și Tehnicienilor Municipali (Franța), la un atelier de lucru din 1999, consumul domestic de apă nu se reduce. El rămâne aproape constant, la fel ca în Europa, și are valoarea de cca 150 l/om*zi.

Analiza consumului de apă pentru populație a condus la valorile în litri/ om*zi:

- 3-5 - consum vital;
- 20-25 - mediu rural, țări în curs de dezvoltare;
- 30-50 - centre rurale, țări în curs de dezvoltare;
- 100-150 - zone rurale în țări dezvoltate;
- 200-300 - centre urbane;
- 500-600 - aglomerări urbane importante.

O vedere generală asupra consumului specific de apă în Europa, dată de IWA (International Water Association), dă următoarele valori medii în l/om*zi:

- Suedia 175/350;
- Luxemburg 171/259;
- Olanda 159/195;
- Spania 158/217;
- Franța 146/211;
- Germania 146/196;
- Austria 131/271;
- Marea Britanie 132/267;
- Belgia 108/166.

Având ca referință standardul SR EN 805, preluat după standardul european similar, Anexa A - informativă „atunci când nu există informații mai bune, necesarul global poate fi cuprins între 150-250 l/om*zi, în funcție de condițiile sociale și climatice, în afara necesarului industrial specific. În anumite regiuni se constată consumuri care pot să atingă 450 l/om*zi; trebuie să se ia în considerare creșterile viitoare ale populației, cât și orice variație prevăzută a consumului pe cap de locuitor”.

În Austria se consideră ca normal, la sate, un consum specific de 80 l/om*zi, iar la orașe 120-180 l/om*zi; norma de 150 l/om*zi este, în mare, formată din băut-preparat hrana 5 l/om*zi, igiena corporală 45 l/om*zi, spălat 50 l/om*zi, WC 50 l/om*zi.

4.1.2. Situația captărilor de apă subterană în România

Conform datelor ANAR, în anul 2007 a fost prelevat și livrat către utilizatori un volum de 6,88 mld. mc din sursele de suprafață (inclusiv Dunăre) și subterane, din care 44 % din râuri interioare și 9% din sursele subterane (**figura 4.1**).

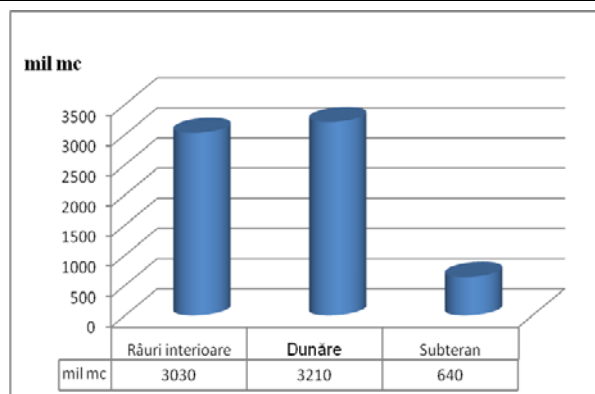


Figura 4.1 – Repartiția pe surse a volumelor de ape prelevate (ANAR, 2010)

Din sursele subterane a fost livrat un volum pentru:

- populație (prin gospodării comunale) de 408,17 milioane mc;
- industrie de 211,131 milioane mc;
- agricultură de 19,17 milioane mc (**figura 4.2**).

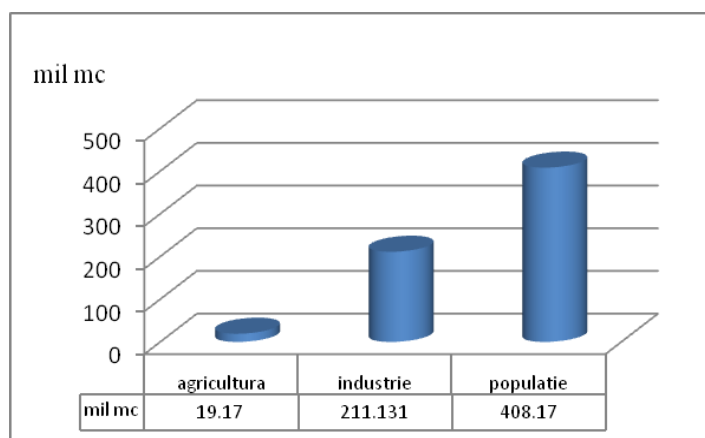


Figura 4.2 – Repartiția pe utilizatori a volumelor de apă livrate din surse subterane(ANAR, 2010)

4.2. Tipuri de captări

În cazul surselor de apă subterană, stratele sau cursurile de apă subterane, alimentate cu ape provenite din precipitații, din apele care se scurg la suprafață (râuri, pârâuri), din lacuri, din condensarea apelor provenite de la mari adâncimi (condensarea făcându-se în părțile superioare ale scoarței terestre) sau din ape infiltrate artificial, după modul lor de cantonare și scurgere pot fi:

- *strate acvifere freatice* în roci granulare, fără influența directă a unei ape de suprafață, alimentate din bazine subterane întinse sau sub influența directă a apelor de suprafață aflate în imediata lor apropiere, în care caz se mai numesc ape infiltrate prin maluri;
- *strate acvifere de mare adâncime*, în roci granulare sau în roci fisurate la adâncimi mari (60 – 500 m); de cele mai multe ori apa în aceste strate se află sub presiune, având un caracter ascensional sau artezian. Aceste strate sunt alimentate în general de la mari distanțe, din bazine hidrologice greu de determinat, prin aflorimentele formațiunilor geologice permeabile la suprafața bazinului;
- *strate acvifere îmbogățite* prin infiltrații artificiale;
- *izvoare provenite* din aflorimente de strate acvifere subterane sub nivelul lor piezometric.

Din alt punct de vedere, sistemele de captare a apei subterane se clasifică în funcție de poziția axului elementelor captării în trei tipuri:

- captări verticale:
 - puțuri săpate sau forate;
- captări orizontale:
 - drenuri, galerii și captări de izvoare;
- captări mixte:
 - puțuri verticale și cuplate cu drenuri radiale.

Captările subterane prin puțuri și drenuri se mai pot clasifica în: „perfecte” și „imperfecte”, după cum dispozitivul de captare este dispus pe toată grosimea stratului acvifer sau numai pe o parte din grosimea acestuia.

Captările orizontale pot fi:

- drenuri nevizitabile, realizate din tuburi perforate, cu diametrul sub 150 cm;
- drenuri vizitabile realizate din galerii permeabile vizitabile sau tuburi circulare perforate cu diametrul mai mare de 150 cm.

4.3. Proiectarea lucrărilor de captare a apelor subterane

În proiectarea propriu-zisă a captării problema principală o constituie cunoașterea parametrilor hidrogeologici. Întrucât studiul hidrogeologic este scump și poate dura mult, vor trebui exploatate toate datele existente în zonă. Existența unor fântâni în zonă sau foraje de control pentru calitatea apei vor trebui folosite la maximum pentru determinarea calității apei. Dacă apă este bună și datele de bază lipsesc total va trebui făcut un foraj de studiu, dar cu posibilitatea de a-l transforma în puț de exploatare. Vor trebui măsurate cel puțin valorile: grosimea stratului de apă (H-pentru strat freatic, M pentru strat sub presiune); K - coeficientul de permeabilitate Darcy, i - panta hidrolică a suprafeței stratului de apă freatic, curba puțului $q = f(s)$, natura stratului purtător de apă (d10, d60 etc.), poziția nivelului apei în strat, stratificația/litologia solului. Rezultatele studiului hidrogeologic, pentru o captare chiar de mărime mică, vor trebui avizate de o instituție autorizată, INMH etc.

Cu aceste valori se poate decide:

- tipul de captare (de obicei puț forat, dar se poate și dren, dacă stratul de apă este subțire $H = 2-3$ m și nu prea jos - max. 5-6 m);
- dimensiunea captării (pentru elemente suplimentare pot fi consultate STAS 1628 și NP 028/98):

a) pentru puțuri;

- lungimea frontului:

$$L = Q_i / H \times K \times i \quad (4.1)$$

- numărul de puțuri:

$$n = 1.2 \times Q_i / q_{\max} \quad (4.2)$$

$n > 2$;

- pentru $q_{\max}$;

- distanța între puțuri:

$$a = L / n \quad (4.3)$$

$a > 50$ m la puțuri în strat freatic;

- mărimea pompei de amplasat în puț $q_{\text{pompa}} < q_{\max, \text{puț}}$

- mărimea distanței de protecție sanitară, vezi HG 101/1995 - anexa IV.3;

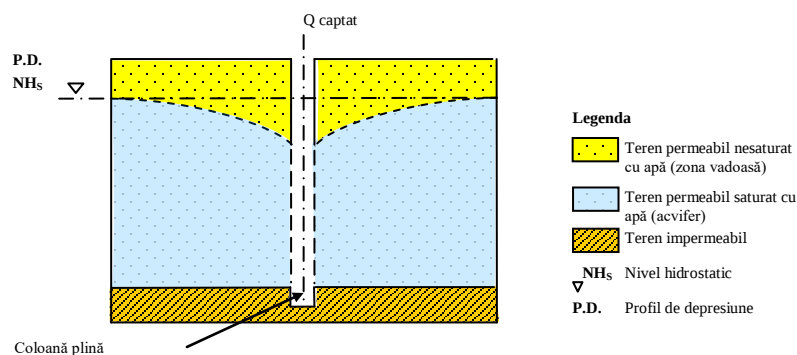


Figura 4.3 – Puț pentru un acvifer cu nivel liber

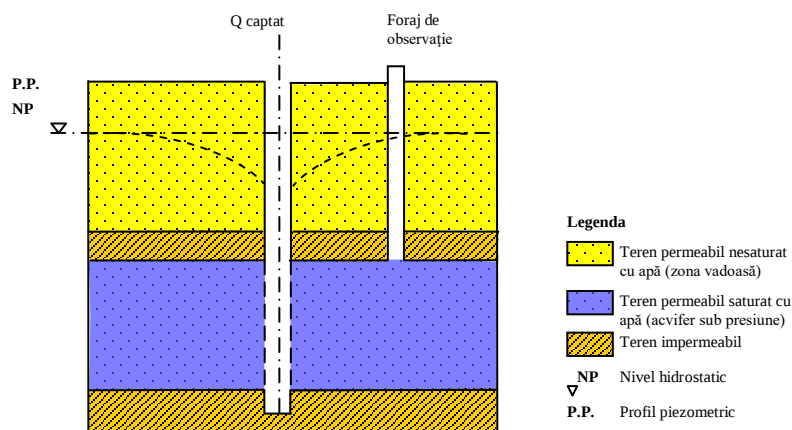


Figura 4.4 – Puț pentru un acvifer cu nivel sub presiune

b) pentru drenuri:

- lungime dren = $Q_i / H \times K \times I$;
- secțiune circulară dren, panta $i > 1\%$, grad de umplere maximum 0.5;
- distanța de protecție sanitară, minimum 50 m, vezi HG 101/95,
- dimensiunea puțului colector/stație de pompare; pentru a avea dimensiuni mici vor fi prevăzute pompe submersibile bine protejate contra antrenării nisipului, eventual acumulat în puț;

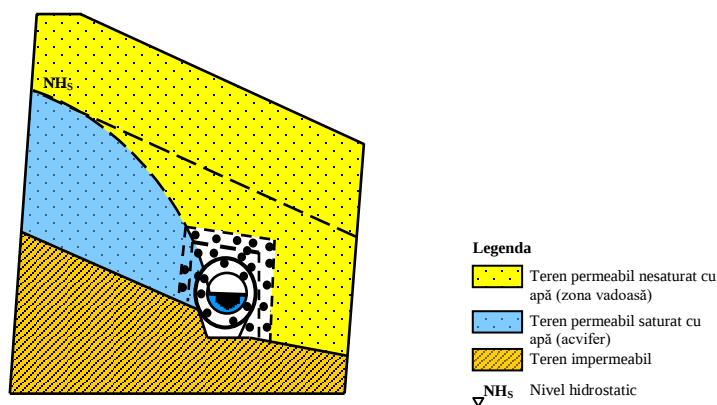


Figura 4.5 – Dren în strat acvifer cu nivel liber

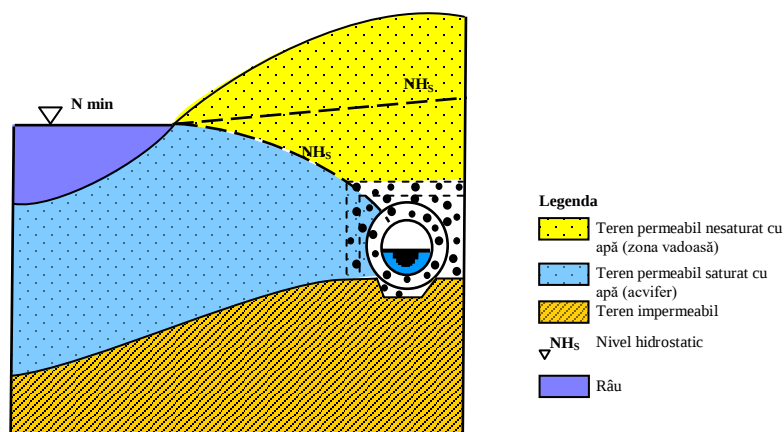


Figura 4.6 – Dren cu captare a apei infiltrate din râu

c) pentru izvoare:

- mărimea zonei de protecție sanitară (deoarece sunt izvoare mici se recomandă luarea în supraveghere a întregului bazin);
- mărimea camerelor de captare (circulabile, min. 2x1 m); tot debitul se captează; ce este suplimentar - periodic - se elimină prin preaplin;
- determinarea cotei reale de izvorâre, cota ce trebuie păstrată pe durata execuției și exploatării;
- alegerea tipului de cameră de captare, după tipul izvorului (ascendent, descendent), raportul debit maxim/debit minim, tipul apei (apă curată, apă cu Fe, Mn, CO₂ etc.);
- alegerea tipului de deversor pentru măsurarea cantității de apă captate;
- complexitatea lucrărilor captării depinde de mărimea izvorului: la izvoare mici, maximum 5 l/s, poate fi o singură cameră și un cămin pentru vanele conductei de captare și de golire, la izvoare mai mari pot fi 2-3 camere (captare, separare debite, camera vanelor);
- construcția va fi ventilată și închisă pentru accesul neautorizat;
- construcția va fi în zona neinundabilă;
- lucrările să poată fi executate fără periclitarea existenței izvorului.

Stabilirea elementelor constructive pentru puțuri:

- poziția pompei în puț; dacă stratul este subțire este preferabil ca pompa să fie așezată în piesa de fund, la partea de sus (sorul pompei va fi la limita cu stratul de bază); piesa de fund va avea o lungime suficient de mare pentru a nu permite nisipului acumulat să ajungă la pompă (minimum 1-2 m sub motorul pompei, spațiul de acumulare a nisipului = minimum 2 m);
- dimensiunea coloanei de filtru a puțului; diametrul să aibă cu 100 mm mai mult ca dimensiunea pompei; lungimea egală cu a stratului acvifer; trebuie să aibă coroană de pietriș și să fie făcută din material necorodabil cu minimum 10% goluri; la straturi uniforme, mici, se poate adopta soluția cu coloana de masă plastică;
- după realizare se deznisipează și se reface curba puțului $q = f(s)$ pentru a decide debitul real al puțurilor și care vor fi puțurile în funcțiune – pe baza materializării unor diagrame conform celor teoretice din **figurile 4.7, 4.8**.

În niciun caz puțurile nu vor fi legate direct la rețeaua de distribuție a consumatorului, ci numai printr-un rezervor tampon cu nivel liber.

Elementele constructive ale drenului:

- la dren este esențială realizarea filtrului invers; acesta va avea cel puțin 2 strate, cu grosime de minimum 10 cm fiecare;
- tubul de dren poate fi făcut din masă plastică din variantele ce se oferă pe piață; firma furnizoare va garanta că tubul rezistă la presiunea pământului la adâncimea de pozare; diametrul minim 20 cm; panta minimă a tubului 1%.

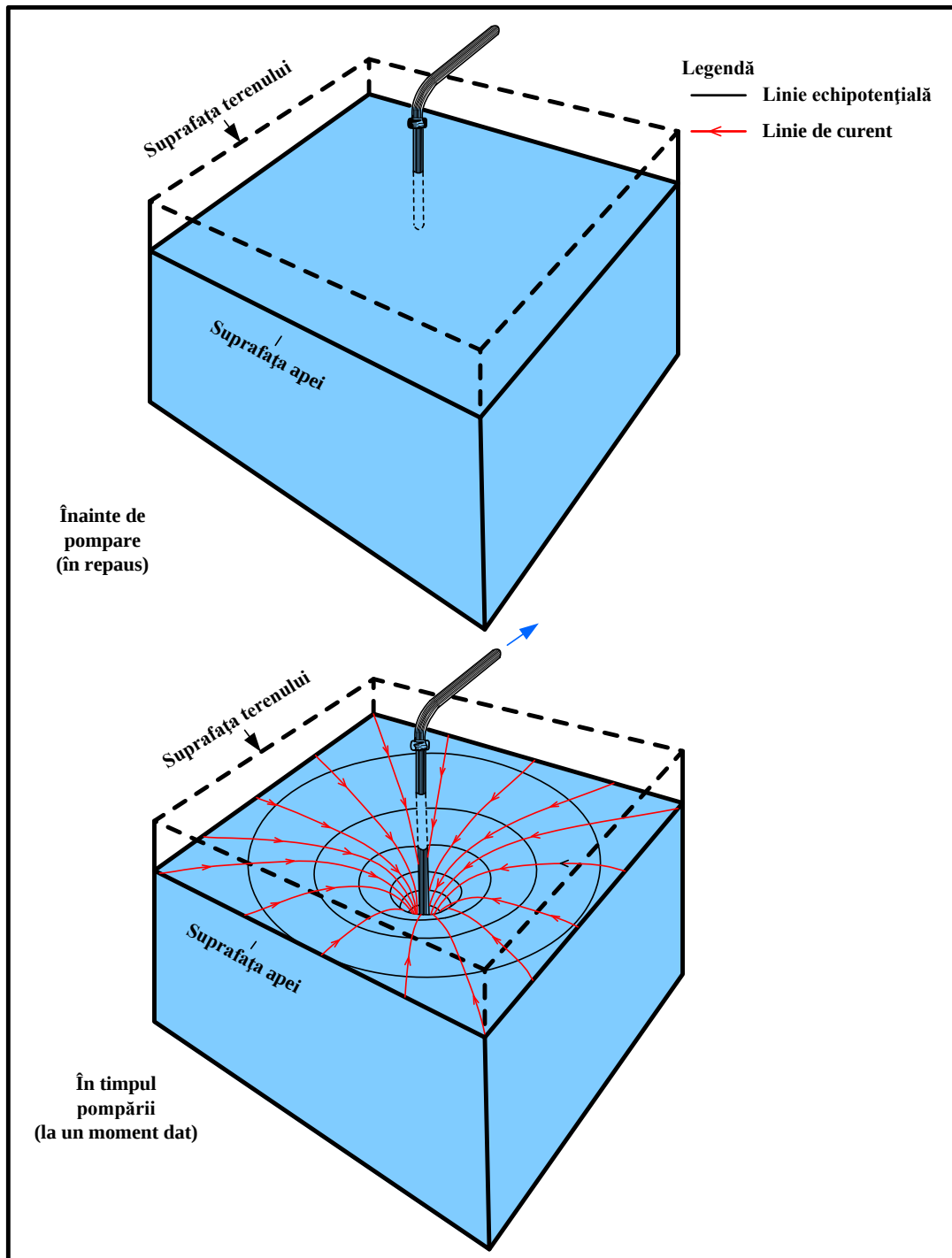


Figura 4.7 – Con de depresiune determinat de o pompare într-un acvifer fără dinamică semnificativă, cu suprafața inițială a apei orizontală. Scara înălțimilor exagerată în raport cu cea a lungimilor (după J. Margat)

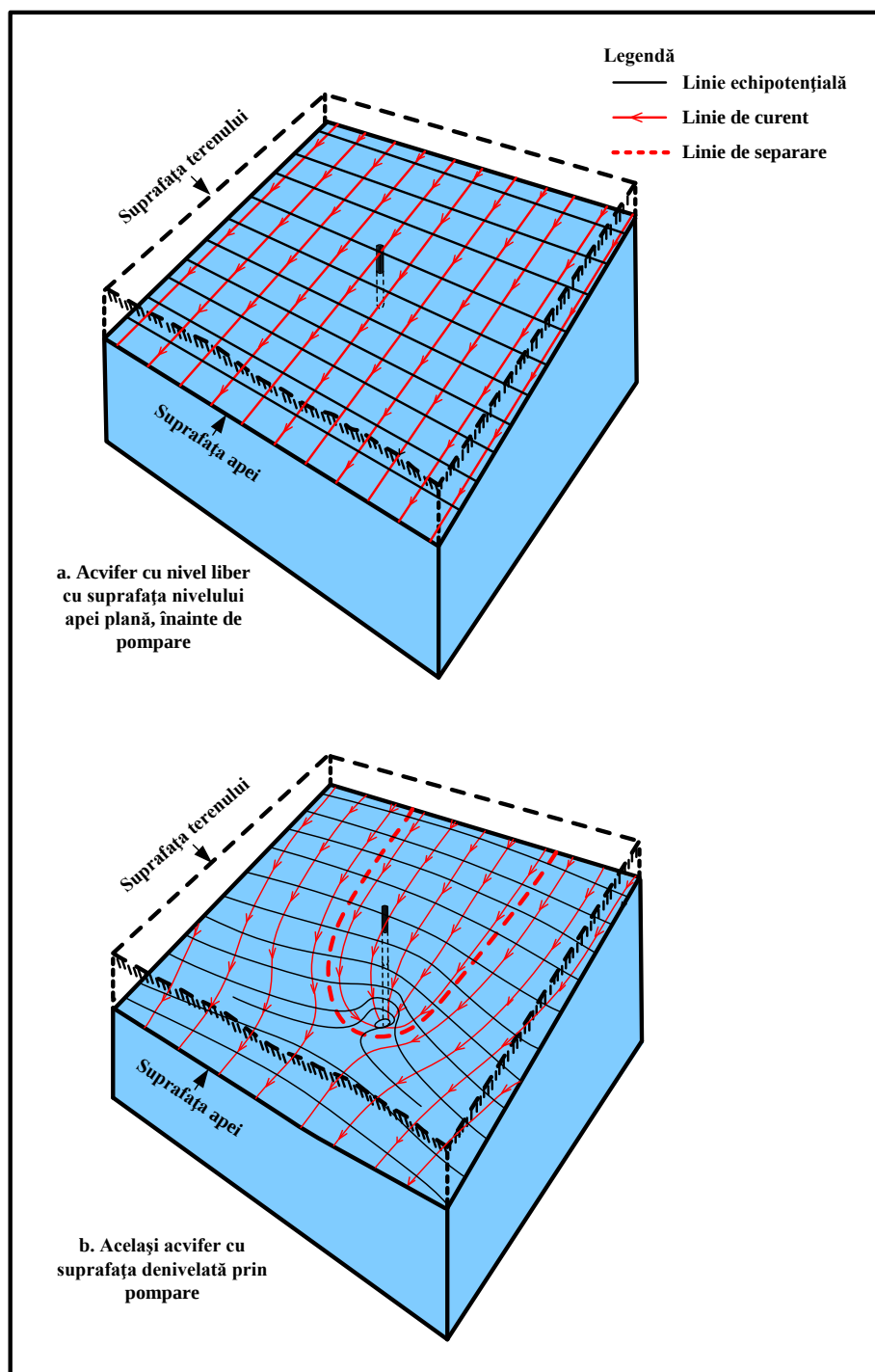


Figura 4.8 – Con de depresiune format prin pompare într-un acvifer caracterizat de o dinamică semnificativă a apei subterane (după J. Margat)

4.4. Execuția lucrărilor de captare a apelor subterane

În ceea ce privește execuția captării vor fi avute în vedere câteva recomandări generale, care în funcție de specificul local se vor detalia de comun acord de către proiectant și executantul lucrării - care trebuie să fie o firmă specializată.

Dintre recomandările generale pot fi reținute:

a) La captarea cu puțuri

- realizarea coroanei de pietriș; se va măsura riguros cât material granular este introdus în foraj pentru a avea garanția că tot golul dintre coloană și gaura forată în strat s-a umplut;
- realizarea deznisipării puțului, în poziție fixă a pompei sau folosind packerul; cantitatea de nisip scos și granulația va fi bine consemnată - va rămâne la cartea construcției;
- realizarea curbei de pompare, $q=f(s)$ și recalcularea debitului maxim al puțului; dacă acesta este mai mic decât valoarea proiectată se va schimba pompa;
- căminele puțurilor vor fi neinundabile și vor fi închise cu lacăt;
- se va da atenție specială alegerii tipului de coloană de filtru.

b) La captarea cu dren

Se va începe cu puțul colector, în sistem cheson; se poate săpa și direct la adâncimi până la 5-6 m, în funcție de natura terenului, nivelul apei, echipamentul de lucru; atenție la sprijinire și epuismment.

Se execută drenul începând cu tronsonul de lângă puțul colector, pentru a putea asigura epuismmentul prin puțul colector; se va respecta panta drenului pentru a avea gradul de umplere necesar la funcționare; tronsonul săpat nu se lasă deschis, ci se realizează drenul și filtrul invers; capătul liber al tubului (minimum 20 cm diametru) va fi tot timpul blocat cu un dop, acesta fiind scos numai în cazul prelungirii tubului.

După realizarea primului tronson se va urmări calitatea apei (apă limpede) pentru a verifica dacă filtrul invers funcționează bine (se așteaptă câteva ore înainte de verificare, pentru eliminarea pământului deranjat și spălarea materialului pus în operă).

După terminarea drenului (prin cămin) se verifică, folosind un fascicul de lumină, dacă drenul este întreg și nu a rămas blocat cu corpuri străine.

Cu pompa provizorie de epuismment se va verifica debitul drenului, denivelarea apei și calitatea apei; la un răspuns favorabil (debit, calitate apă) se verifică parametrii pentru echipare cu pompe definitive.

c) La captarea din izvor

La realizarea captării de izvor trebuie respectate următoarele reguli:

- materialele vor fi în concordanță cu calitatea apei; izvorul se captează pentru totdeauna și remedierile ulterioare sunt dificile;
- captarea se va face la locul real de izvorâre, într-un mod în care apa să fie împiedicată să găsească altă cale de curgere, cu ocolirea captării;
- metoda de execuție a lucrării se face astfel încât să nu se deterioreze calitatea curgerii (se păstrează nivelul natural de izvorâre) sau rocii;
- se captează tot debitul, excesul fiind evacuat separat din captare, controlat;
- dacă apa are elemente ce se depun la contactul cu atmosfera (Fe, Mn, duritate etc.), construcția va avea posibilitatea de intervenție pentru deblocare.

4.5. Exploatarea captărilor

La fel de importantă ca și fazele de studii, proiectare, execuție și poate în unele cazuri mai importantă este faza de exploatare a captărilor.

Din acest punct de vedere este de reținut:

a) La captarea cu puțuri

Captarea cu puțuri corect exploatată conduce la:

- un consum minim de energie;
- o durată mare de exploatare;
- întreținere ușoară a pompelor și o funcționare îndelungată a acestora. Cele mai importante măsuri de urmărit sunt:

- existența unui regulament de exploatare, clar, concret și actualizat; el trebuie să conțină detaliile de execuție a fiecărui puț, modul de echipare, pompa cu

- parametrii de lucru, ultima curbă de pompare a puțului, graficul deznisipării și rezultatul ultimei deznisipări, graficul de exploatare a puțului;
- dacă nu a fost echipat, puțul va fi echipat cu contor sau debitmetru;
 - verificarea debitului puțului se va face săptămânal; se va urmări ca în niciun caz debitul pompei să nu fie mai mare decât debitul maxim al puțului; cu această ocazie se va urmări și consumul de energie și se va verifica randamentul pompei (prin calcul);
 - scoaterea puțului din funcțiune se va face pe perioade relativ lungi de timp, săptămâni, atunci când nu este nevoie de apă; după primele 2-3 opriri se va verifica dacă la repornire se găsește nisip în apă; dacă se găsește și este în cantitate mare sau apare timp de câteva zile în apă, se va proceda la deznisiparea puțului; în niciun caz nu va fi folosit puțul, prin pompare intermitentă, pentru a compensa lipsa capacității de înmagazinare;
 - repunerea unui puț în funcțiune se va face astfel încât pompa să nu pompeze în niciun moment un debit mai mare ca debitul puțului (reglaj din vană);
 - se va verifica periodic nivelul nisipului în puț (piesa de fund), folosind o vergea metalică cu o rondea la capăt; când nisipul a ajuns la nivelul părții de jos a materialului (la pompe așezate în piesa de fund) la 50 cm sub cota stratului de bază, se va proceda la deznisiparea puțului;
 - este preferabil ca deznisiparea să fie făcută de o echipă specializată sau în orice caz cu asistență tehnică de calitate; există riscul pierderii puțului dacă operațiunile sunt greșit executate;
 - se va verifica starea gardului zonei de protecție, precum și starea zonei de observație; orice activitate de natură să ducă la deteriorarea calității apei în puțuri trebuie analizată și luate măsurile adecvate;
 - toate datele de exploatare vor fi notate adecvat într-un caiet al captării; în același caiet vor fi făcute mențiuni legate de starea climatică, regimul ploilor, rezultatul analizelor periodice asupra calității apei;
 - în mod normal cel puțin anual ar trebui verificată calitatea apei obținute și în orice caz după fiecare anomalie descoperită la consumatori (îmbolnăviri, apă tulbure etc.);
 - pompele vor fi scoase pentru verificare la recomandarea furnizorului; verificarea va fi făcută de personal calificat pentru tipul de pompe sau la reprezentanța firmei furnizoare/producătoare.

b) La captarea cu dren

Dacă este bine făcută, captarea cu dren este influențată numai de calitatea și cantitatea precipitațiilor colectate din bazinul de recepție.

De regulă trebuie urmărite cu atenție, săptămânal, următoarele:

- calitatea apei pompate; dacă are nisip (proba la pahar) se verifică din cămin în cămin unde este o defecțiune la filtrul invers; dacă se găsește zona cu defecțiune (căminul aval are apă cu nisip, căminul amonte nu are) se blochează drenul pe tronsonul cu avarie (dop în canalul aval al tronsonului); se va reduce debitul drenului, deci trebuie modificat și debitul pompei;
- se verifică, după ploi abundente în bazin sau secetă prelungită, modul de lucru al drenului prin măsurarea nivelului apei în tuburi și nivelul apei din puțul colector (sau pe deversorul montat la capătul aval al drenului), precum și debitul pompat; se poate stabili debitul real al drenului;
- se verifică starea suprafeței perimetrului de protecție (gard, denivelări neobișnuite etc.) precum și ce se întâmplă dincolo de gardul de protecție. Orice activitate anormală (vezi HG nr. 101) trebuie semnalată, analizată, găsită o soluție (folosirea de insecticide/erbicide, folosirea intensivă de îngrășăminte, accidente cu scăpare de combustibil lichid, depozitarea de gunoaie etc.);

- cel puțin de 2 ori pe an se va verifica starea de calitate a apei, de regulă prin laboratoare acreditate.
- c) La captarea izvorului
 - se va verifica starea zonei de protecție sanitară;
 - se va verifica săptămânal, în primul an, debitul izvorului, apoi lunar sau trimestrial;
 - se va verifica periodic calitatea apei pe loc (acceptarea de nisip, culoare, gust, depuneri etc.) și în laborator;
 - se va verifica dacă apar izvoare lângă construcția existentă; vor fi găsite măsuri pentru dirijarea lor la captările existente sau vor fi captate separat, pentru „a nu scăpa apă din izvor”;
 - în unele cazuri speciale (izvorul are apă temporară, dar apă bună), poate fi folosit numai izvorul oprind sursa de bază (apă de râu, tratată, pompată etc.), a cărei apă este mai scump de produs sau transportat, sau mai slabă calitativ.

Prescripțiile menționate precizează că pentru fazele preliminare de abordare a problematicii utilizării apei subterane ca sursă de alimentare cu apă a populației în sistem centralizat, pot fi reținute valori limită ale parametrilor de dimensionare:

- valoarea coeficientului de permeabilitate, Darcy, $k = 10 - 500 \text{ m/zi}$; Măsurarea permeabilității în funcție de anumite condiții locale specifice sau scopului urmărit se poate face prin:
 - încercarea de permeabilitate Lefranc prin injectare cu o instalație prezentată în **figura 4.9**; Se măsoară debitul de apă injectat;

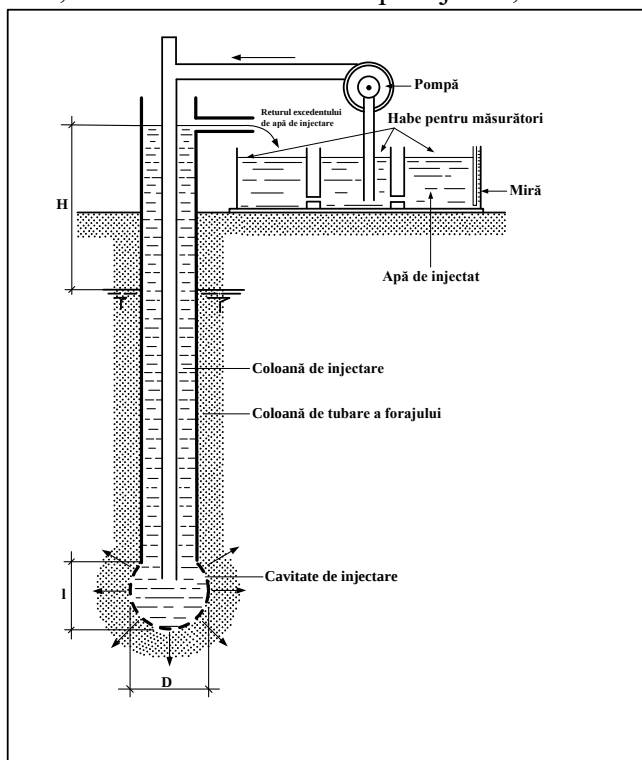


Figura 4.9 – Încercare de permeabilitate Lefranc prin injectare
(din Maurice Cassan)

- încercare Lugeon prin care se măsoară debitul de injectare necesar pentru menținerea unei presiuni constante – instalația este prezentată în **figura 4.10**;

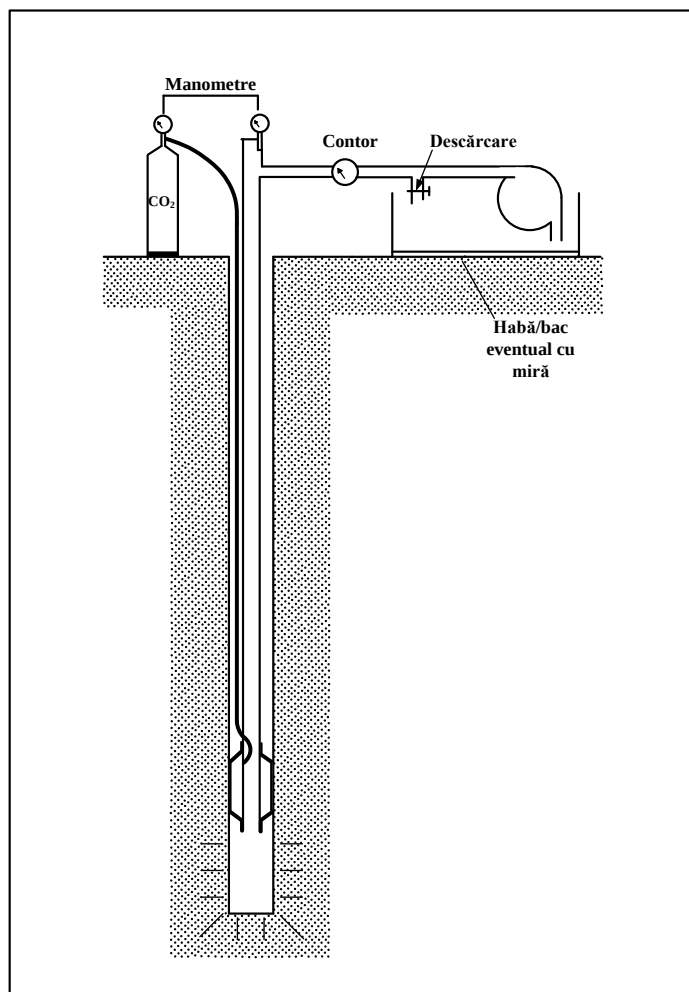


Figura 4.10 – Schema unei încercări Lugeon în roci fisurate

- valoarea vitezei maxime admisibile de neînnisipare;
- $v_a = k^{1/2}/15$ (m/s), unde k este exprimat în m/s;
- procentul minim de goluri în coloana de filtru = 10%;
- denivelarea maximă în puț nu va depăși jumătate din grosimea stratului de apă ($H/2$);
- diametrul coloanei de filtru (puț, la puțurile de mare adâncime, sub presiune), minimum 150 mm; cu minimum 100 mm mai mare decât diametrul pompei submersibile;
- grosimea coroanei de pietriș de lângă coloana puțului, minimum 100 mm;
- distanța între două puțuri vecine, min. 50 m (strat freatic), 100-150 m pentru straturi cu apă la peste 50 m adâncime;
- lungimea piesei de fund, a decantorului, minimum 2 m; când pompa este amplasată la partea de jos a puțului, decantorul se lungește cu minimum lungimea pompei și motorului;
- numărul minim de puțuri, $n=2$;
- numărul puțurilor de rezervă, 20 %;
- viteza apei pe sistemul de colectare a apei, 0,4 - 0,8 m/s la sistemul cu sifonare, 0,4 - 1,0 m/s la sistemul cu pompe în puț;
- diametrul minim al tubului de dren, 20 cm;
- dimensiunea minimă a unui strat din filtrul invers -10 cm;
- raportul între diametrele particulelor stratelor vecine din filtrul invers, $D_i/D_{i+1} = 4$;
- mărimea diametrului gurii de acces în cămine, 80 cm;
- capacul căminelor la puțuri și drenuri va fi cu cel puțin 50 cm peste teren sau peste nivelul apei de inundație;

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

- mărimea zonei de protecție sanitară, minimum:
 - la puțuri de mare adâncime, peste 50 m, 20 m;
 - la puțuri cu apă până la 50 m, 50 m amonte și 20 m aval;
 - la dren distanța amonte se calculează pentru un timp de parcurgere al apei de minimum 20 zile; în aval, 20 m.

În unele cazuri se poate apela la îmbogățirea artificială a straturilor de apă subterană. În cazul unor straturi de apă subterană sărace sau al căror debit a scăzut în timp din anumite motive se poate trece la îmbogățirea artificială a stratului subteran prin infiltrații cu apă de suprafață decantată în prealabil.

Infiltrațiile se pot face prin puțuri de infiltrație și mai frecvent prin bazine de infiltrație, amplasate la distanțe de 50 m sau mai mari de linia captării (**figura 4.11**).

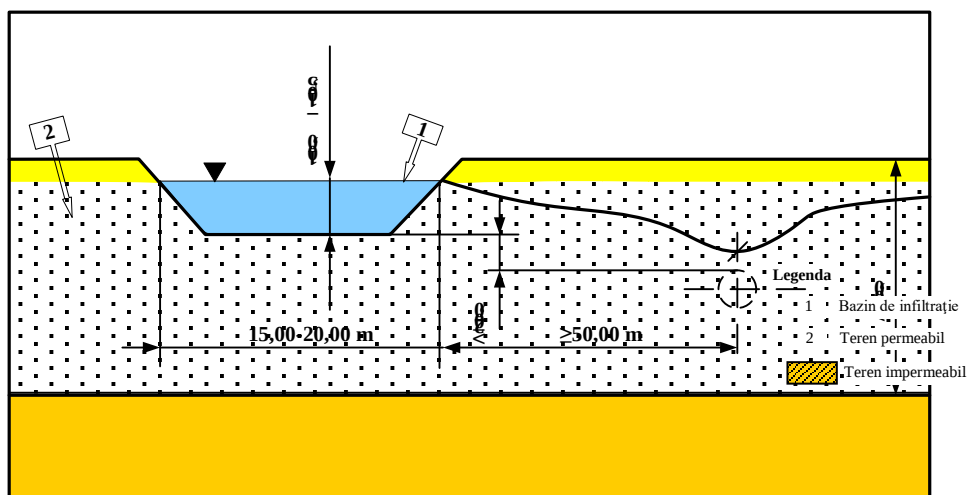


Figura 4.11 – Bazin de infiltrație

Bazinele de infiltrație 1, se amenajează pe stratul permeabil al acviferului 2, ca filtre lente cu grosimi de strat de nisip filtrant de circa 50 cm, cu granulozitatea 0,5 – 1,5, mm. Ele se calculează pentru viteze de 1,00 – 2,40 m/zi și au un strat de apă gros de 1,00-1,50 m. Lățimea bazinului poate fi de 15 – 20 m. Bazinele de infiltrație se întrețin periodic, ca și filtrele prin curățirea stratului superficial de nisip pe o grosime de circa 2 cm. Calculul infiltrației artificiale se face cu formulele utilizate pentru infiltrația apei prin malurile râurilor spre captările paralele cu malul.

Capitolul 5.

Problematica poluării apelor subterane

5.1. Generalități

Apa reprezintă o substanță naturală absolut indispensabilă vieții oamenilor, iar problema calității ei este de primă importanță și de urgență zero, deoarece apa este unul din principalii factori ce condiționează dezvoltarea societății în viitorul apropiat.

Calitatea apei devine o dimensiune a apei (Mc Gaubeg 1968) și noi am adăuga cea mai importantă dimensiune a ei.

Noțiunea de apă poluată este relativă și ea se definește în raport cu calitatea apei necesară consumatorului, calitate precizată prin acte normative cu caracter obligatoriu, dar, de obicei, se referă la apa potabilă.

Trebuie făcută distincția dintre apa necorespunzătoare de a fi folosită într-un anumit scop și apa poluată: apa potabilă nu este o apă poluată, dar ea poate fi necorespunzătoare pentru a fi folosită în industria medicamentelor.

Apa multor izvoare din zona de fliș sau din formațiunile lagunare poate fi necorespunzătoare pentru anumite folosințe, dar ele nu sunt poluate. O serie de ape minerale medicinale au un grad de mineralizare ridicat: ele nu sunt potabile, dar sunt folosite în scopuri terapeutice.

Poluarea este o problemă interdisciplinară și foarte complexă. În același timp, nicio definiție nu poate fi universal aplicată în orice situație.

W.H. Walker (1969) definește poluarea apelor subterane ca o stricăre a calității apei prin chimicale, căldură sau bacterii până la un grad la care nu este în mod necesar riscant pentru sănătatea publică, dar nu trebuie să aibă efecte negative pentru folosințe domestice, ferme, municipale sau industriale. Termenul contaminare denotă deteriorarea calității apei printr-o poluare chimică sau bacteriologică până la un grad care determină un pericol pentru sănătatea publică prin otrăvire sau răspândirea bolilor.

J.J. Fried (1975) dă următoarea definiție: o modificare a proprietăților fizice, chimice și biologice ale apei, restrângând sau împiedicând folosirea ei în diferite scopuri, acolo unde ea are importanța ei normală.

Trebuie făcută deosebirea între contaminant și contaminare - pe de o parte - și poluant și poluare - pe de altă parte.

Freeze și Cherry (1979) afirmă: orice soluție introdusă în mediului hidrologic, ca rezultat al activității omenești, este considerată contaminant, indiferent dacă ea crește sau nu concentrația nivelului încât să producă o degradare a calității apei. Termenul de poluare este rezervat situației în care concentrația contaminantului atinge un nivel considerat ca neacceptat.

Whitehead și Lack (1982) definesc poluarea astfel: orice modificare naturală (?) sau artificială, care, direct sau indirect, schimbă calitatea apei subterane și deranjează sau distruge echilibrul ecosistemului și resurselor naturale, încât:

- cauzează riscuri sănătății publice;
- scade din înlesniri, eficiența și bunăstarea omului și a comunității;
- împiedică folosirea utilă a apei.

În California, în 1950, legea definea contaminarea ca stricarea calității apei prin apele reziduale/de canalizare și deșeuri industriale, cauzând în prezent riscuri pentru sănătatea populației sau orice alt efect echivalent.

În ceea ce privește sursele de poluare, acestea pot fi punctuale și difuze.

Sursele de poluare punctuale pot fi cunoscute și monitorizate:

- urbane: ape menajere, ape pluviale, pierderi din rețelele de canalizare, infiltrări din depozitele de gunoaie, iar la țară din closetele cu fund pierdut, depozite de bălegar;
- industriale: ape uzate de pe platformele combinatelor chimice, petrochimice, pierderi din

conducte de hidrocarburi, evacuări sub formă de gaze sau pulbere, exploatări miniere și stații de preparare a minereurilor și spălare a cărbunelui, bazine de șlam, halde de steril etc., ele putând fi organice, anorganice, termice și radioactive;

- deșeuri pe suprafața terenului în zone impermeabile:
 - descărcarea necontrolată a poluanților;
 - aruncarea deșeurilor de care nu se poate scăpa;
 - deșeuri de la amplasamentele drenate în mod special:
 - materiale solide de la șantierul de construcții, cariere și mine;
 - pierderi din rezervoarele fisurate;
 - evacuarea apelor de mină (poluanți dizolvați);
- descărcări ilegale: golirea vidanjelor.

Poluările difuze sunt cel mai greu de controlat:

- descărcări accidentale, neprevăzute în timp și spațiu;
- agricolă: infiltrări și șiroiri pe suprafețe cultivate, irigații, pășuni, îngrășăminte chimice, produse fitosanitare;
- ape subterane contaminate și drenaje naturale;
- sedimente remaniate;
- precipitații contaminate și poluanți atmosferici.

Natura poluanților poate fi:

- fizică: căldura, substanțe în suspensie, radioactivitate;
- chimică: săruri minerale, metale grele, pesticide, detergenți, hidrocarburi, îngrășăminte chimice;
- organică: microorganisme, virusuri, bacterii.

În funcție de timp, poluarea poate fi:

- permanentă - cronică, pierderi din platformele industriale;
- sezonieră, chimizarea agriculturii;
- accidentală, spargerea unor conducte.

În privința originii poluării, aceasta poate fi:

- urbană: ape menajere, ape pluviale, pierderi din rețeaua de canalizare, infiltrări din depozitele de gunoarie;
- industrială: ape uzate, infiltrări din halde, pierderi din conducte de hidrocarburi și derivate, pierderi sub formă de gaze sau pulberi, bazine de șlam și de decantare;
- agricolă: infiltrări și șiroiri pe suprafețele cultivate, irigații, pășuni, îngrășăminte chimice, produse fitosanitare.

Un agent poluator degradează calitatea apelor subterane, nu o alterează.

Cei mai importanți factori de poluare a apelor subterane sunt:

- haldele de steril și zgură;
- uzinele de preparare a minereurilor;
- stațiile de spălare a cărbunelui;
- pierderile de pe platformele combinatelor chimice și petrochimice;
- evacuările de ape uzate de la unitățile spitalicești, în special cele TBC sau boli infecțioase;
- platformele industriale siderurgice și cocso-chimice;
- industria de prelucrare a lemnului;
- industria alimentară;
- pierderile din rețelele de canalizare de orice tip;
- pierderile din rețelele de transport ale petrolului și produselor derivate;
- pierderile din rețelele de termoficare;
- uzine nucleare;
- centrale nucleare;
- centrale termice;
- chimizarea agriculturii;

- căi navigabile interioare;
- turismul;
- unități militare și industria militară.

Principalii poluanți ai apelor subterane sunt de natură chimică microbiologică.

Poluanții chimici sau minerali cei mai cunoscuți sunt:

- compușii azotului - cei mai frecvenți: nitrați și nitriți, în special din cauza substanțelor folosite în agricultură, dar există și cauze locale, în special în zonele urbanizate, cu rețea densă de canalizare, din care se produc pierderi;
- sulfatii rezultați din activități industriale;
- clorurile legate de faciesurile chiar slab salifere;
- cianurile care sunt foarte toxice în cantități foarte mici, rezultate de la cocserii, siderurgie, petrochimie, stații de flotație pentru aur, uzine de preparare a altor minereuri, deversarea lor fiind interzisă;
- metalele grele rezultate din diferite procese industriale:
 - Fe, Cu, Zn, ale căror efecte toxice nu sunt suficient de bine cunoscute;
 - Cr, recunoscut ca fiind cancerigen;
 - Pb provenit din ape uzate și din țevile de plumb, el provocând saturnismul;
 - As, Se, cu efecte toxice foarte ridicate;
 - Cd, de asemenea, cu toxicitate ridicată;
 - Hg, cel mai toxic dintre ele.

În general, micropoluanții metalici au fost identificați în apropierea zonelor de activitate industrială și minieră.

Poluanții organici cel mai frecvent întâlniți sunt:

- Pesticidele, a căror evoluție în sol nu este prea bine cunoscută;
- fenolii și difenolii, care se degradează destul de repede în apă și în sol;
- polifenolii care provin din descompunerea materiilor vegetale și accidental din reziduuri industriale;
- hidrocarburile și derivatele lor în zonele platformelor petrochimice și din pierderile din conductele de transport;
- compuși organohalogeni – volatili – puși în evidență în apele subterane din zonele urbane și industrializate ca urmare a pierderilor industriale. Sunt substanțe foarte stabile, rezistente la biodegradare și slab reținute de sol și în zona nesaturată.

Captările contaminate cu poluanți organici trebuie închise definitiv. Costurile depoluării sunt foarte mari și nu duc la rezultate eficiente, recomandându-se, în acest caz, executarea de noi fronturi de captare a apelor subterane, cimentarea vechilor foraje și construirea de alte rețele de distribuție a apei.

Foarte periculoși sunt și poluanții microbiologici. Bacteriile, virusurile și alți agenți patogeni întâlniți în apele subterane provin din pierderile din canalizări, haznale cu fund pierdut, descărcări de vidanaje și ape uzate, ferme zootehnice, substanțe ce fermentează, deversări de ape uzate în apele de suprafață, mocirle, bălți.

În mediul carstic, aruncările de gunoaie, cadavre de animale în avene și în alte depresiuni carstice sunt sursa unor mari cantități de germeni de naturi diferite.

Supraviețuirea bacteriilor și virusurilor este în funcție de diferite influențe biologice, chimice sau fizice, care pot condiționa procesele de reducere a poluării bacteriologice în spațiu și în timp în sol, în zona nesaturată și în apa subterană.

În general, se consideră că bacteriile alohtone ajunse în apa subterană pot trăi între câteva zile și câteva luni. În ceea ce privește bacteriile și virusurile - după natura lor -, aceștia descresc exponențial în funcție de timp.

5.2. Mecanismul producerii poluării

Mecanismul producerii poluării este diferit în funcție de tipul de acvifer.

În **acviferele cu nivel liber**, poluarea se produce direct de la suprafața terenului și poluanții ajung la suprafața apei subterane parcurgând următorul traseu:

- solul, de diferite tipuri;
- zona nesaturată, cuprinsă între suprafața terenului și suprafața apei, cu grosime ce poate ajunge până la câteva zeci de metri, constituită din diferite tipuri de roci cu porozități, permeabilități și dispersivități diferite, ce condiționează timpul de tranzit de la câteva zile la câțiva ani. În mediul nesaturat, predomină transferurile după componenta verticală (infiltrația);
- zona saturată, ce constituie acviferul propriu-zis, în care transferurile sunt predominant laterale - după componenta orizontală -, după direcția generală de curgere a apelor subterane.

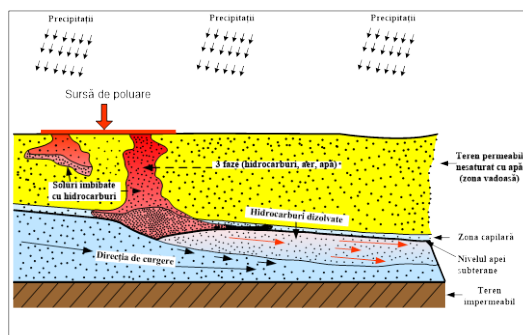


Figura 5.1 – Mecanismul de transport al hidrocarburilor după deversare
(adaptare după Concawe din Andrée Lallemand Barrés
și Jean Claude Roux)

În **acviferele captive, sub presiune**, poluarea nu se poate produce decât prin injectarea voită a deșeurilor lichide prin foraje (interzisă prin Legea apelor nr. 107/1996) sau prin punerea în comunicare a acviferelor superioare poluate cu acviferele inferioare, în cazul forajelor prost săpate și prost echipate (neînchiderea și necimentarea acviferelor poluate, așa cum este cazul Pietrișurilor de Colentina, Nisipurilor de Mostiștea și Stratelor de Frătești).

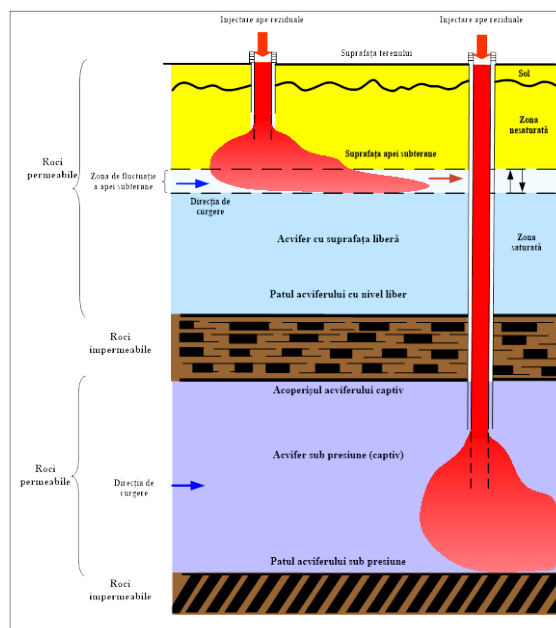


Figura 5.2 – Schematizarea mecanismelor de poluare în acviferele cu nivel liber
și în acviferele sub presiune (adaptare după Andrée Lallemand Barrés și
Jean Claude Roux)

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Într-un **acvifer carstic**, poluarea se produce prin avenuri, doline, suprafețe depresionare, prin intermediul zonei nesaturate.

Timpul de tranzit al poluantului este determinat de timpul necesar unui poluant pentru ca să se deplaseze de la punctul de intrare în acvifer până la sosirea la punctul de captare, luând în considerare și timpul în care s-a străbătut solul și zona nesaturată.

Timpul de parcurs al poluantului este un criteriu esențial în stabilirea zonelor/perimetrelor de protecție al apelor subterane și al captărilor.

Acest criteriu mai cuprinde convecția (mișcarea fluidului în mediul permeabil continuu, în condiții ideale), dispersia și interacțiunea solid - particule - soluție.

Convecția este factorul predominant în zonele de captare a apelor subterane, în care vitezele de curgere sunt foarte mari, iar în zonele cu viteze mici este importantă dispersia.

În interiorul zonei de alimentare a captării se pot defini curbe de egal timp de transfer: izocronele.

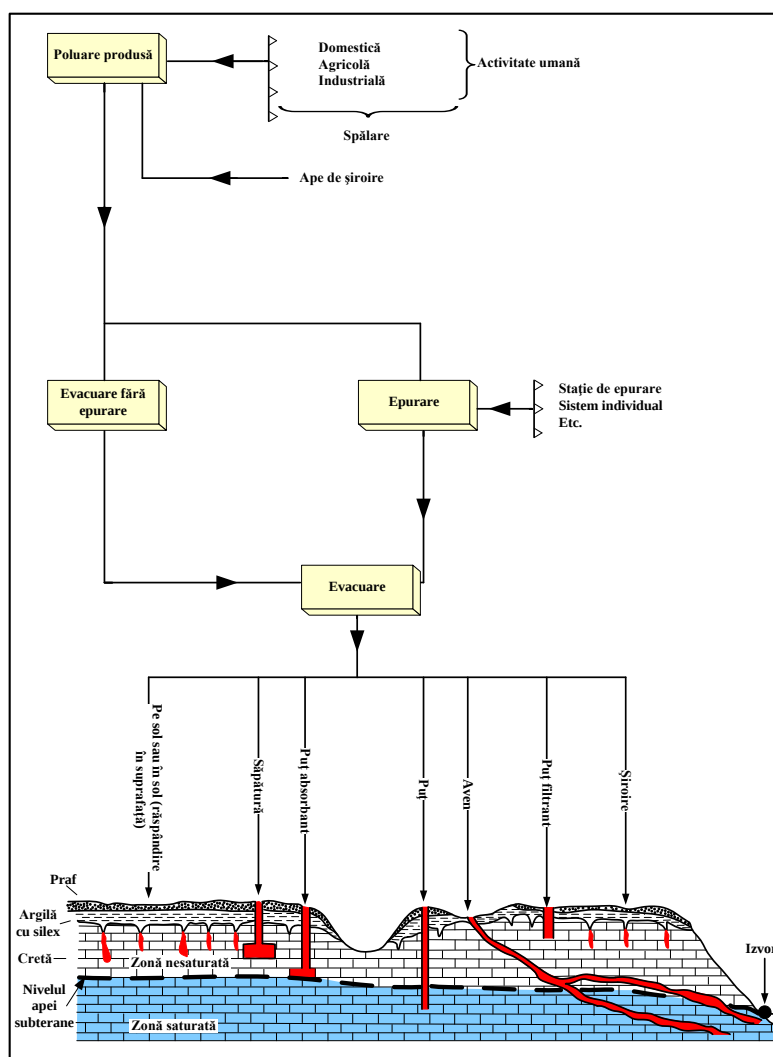


Figura 5.3 – Mecanisme de poluare în mediul fisurat
(adaptare după Andrée Lallemant Barrés și
Jean Claude Roux)

Cu cât zona de transfer a poluantului este mai mare, cu atât protecția captării este mai bună.

Rezultă că distanța obligatorie între captare și limita perimetrului/zonă de protecție sanitară, va fi diferită în funcție de timpul de convecție/rezidență/transfer:

- timp de convecție = durata ce separă momentul introducerii unei particule de apă într-un punct dat al unui circuit într-un acvifer de momentul reapariției sau prelevării lui în alt timp.

Considerând distanța drept criteriu de protecție a apelor subterane, se ia în considerare raza sau distanța măsurată între foraj și un punct de referință, dar nu ține seama de procesele de curgere și de transfer ale poluantului (așa cum este cazul relației dintre fântâni/puturi sătești și distanța față de closetele cu fund pierdut, grajduri sau depozitele de bălegar la țară). Este un criteriu arbitrar, greu de susținut științific.

Dacă se iau în considerare condițiile la limita sistemului acvifer, adică alimentarea la limită, se vor avea în vedere caracteristicile fizice, morfologice și geologice, care influențează curgerea, limitele putând fi reprezentate printr-un canal, un curs de apă, o cumpănă de ape sau limita sistemului acvifer.

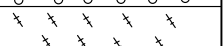
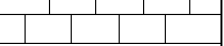
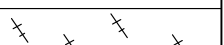
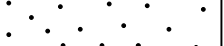
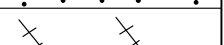
Puterea relativă de răspândire	Natura acviferului și reprezentarea grafică	
Mare	Carst	
	Pietriș grosier	
	Indice de fisurare mare	
Medie	Indice de carstifiere scăzut	
	Pietriș mijlociu	
	Indice de fisurare mediu	
Redusă	Sedimente cu granulozitate fină	
	Indice de fisurare redus	
Impermeabil		

Figura 5.4 – Răspândirea potențială a poluantului în interiorul sistemelor acvifere în funcție de natura acestora (după National Rivers Authority 1992 din R. Aldwell și Al. Zaporozec)

În zona de alimentare presupusă/considerată și pe toată suprafața de impluvium, se procedează la inventarierea surselor potențiale de poluare ale sistemului acvifer și ale forajelor în exploatare, inclusiv a lucrărilor dezafectate.

Istoricul activității omenești, industriale și agricole din zonele de alimentare în subteran, vechile depozite, depozitele neautorizate de produse toxice și stațiile de epurare trebuie cunoscute, deoarece acestea pot contamina cu întârziere acviferele profunde, aparent protejate.

De asemenea, trebuie cunoscut planul și gradul de ocupare a terenurilor.

În analiza pericolului de poluare a apelor subterane, trebuie să se aibă în vedere:

- timpul de transfer al poluantului până la captare;
- timpul necesar pentru ca să se producă dispersia, degradarea sau fixarea substanțelor poluante, deosebindu-se infiltrația verticală - prin acoperișul acviferului în zona nesaturată - și curgerea prin acvifer, sub un anumit gradient.

Caracteristicile hidrogeologice ale acviferului și riscurile poluării apelor subterane și vulnerabilitatea la poluare a apelor subterane nu trebuie separate niciodată.

În analiza vulnerabilității la poluare a apelor subterane și a pericolului de poluare a lor, o problemă importantă, care trebuie luată în considerare, este capacitatea mediului de a primi poluanți, mediul fiind afectat de:

- diluția și dispersia din interiorul zonei/perimetrului;
- reacțiile dintre poluanți;
- interacțiunile chimice și biologice cu mediul înconjurător în timpul transportului.

Poluarea apelor subterane este mai gravă decât poluarea apelor de suprafață, datorită:

- reacțiilor geochimice complexe și mecanismelor de transport în subteran ale apelor de suprafață;
- timpul necesar pentru ca poluarea venită de la suprafață să fie detectată;

- timpul mare necesar pentru ca poluanții să fie spălați de apele subterane, pentru revenirea la condițiile anterioare, uneori imposibil de realizat;
- costurile mari pentru refacerea sistemului acvifer/aducerea lui la condițiile anterioare.

Cele mai periculoase substanțe poluante prezente în apele subterane sunt cele relativ solubile, nevolatile și nedegradabile (substanțe organice refractare), foarte multe dintre ele fiind toxice, aspect agravat și prin faptul că, prin oxidarea materiilor organice, se eliberează metale grele.

Extinderea frontului de poluare în acvifer este în funcție de curgerea naturală a apei, fapt ce implică antrenarea agentului poluant prin convecție, și de variația vitezelor, care se traduce printr-o dispersie longitudinală și transversală a frontului în timpul propagării lui. Coeficientul de dispersie depinde de caracteristicile structurale și texturale ale acviferului și de viteza de curgere a apei.

În ceea ce privește poluanții minerali, concentrația lor depinde de gradul lor de solubilitate.

Solubilitatea metalelor grele este controlată, în general, de anionii cei mai abundenți în apele subterane, iar mobilitatea lor depinde de solubilitatea hidroxizilor lor, de carbonați, sulfati, cloruri, sulfuri. Solubilitatea anumitor metale grele este puternic influențată de pH-ul, rH-ul apei și de oxigenarea ei.

Solubilitatea poate fi modificată prin formarea de complexe cu substanțe organice, așa cum sunt acizii humici, iar complexii insolubili formați pot fixa cationii în mod ireversibil.

Cationii pot fi fixați prin procesele de precipitare, variațiile de pH, rH și de temperatură care antrenează precipitarea anumitor compuși.

Metalele, sub formă de ioni, vor fi reținute prin schimb de ioni sau prin adsorbție de către argile, acizi humici, hidroxizii din sol și din zona nesaturată.

Reacțiile de adsorbție - desorbție - în granulele constituate ale acviferului determină o întârziere în transferul poluantului, aspect ce poate fi considerat ca factor de întârziere, corespunzând raportului vitezei medii a apei la viteza medie de transfer a poluantului.

Solubilitatea poluanților, așa cum sunt clorurile, nitrații și sulfatii, nu este un factor limitant al concentrației lor.

Fixarea anionilor în sol este mai redusă decât a cationilor, rezultând un excedent de azot nitric, care se va găsi disponibil în sol și care va ajunge în apele subterane, mai ales în lunile cu exces de precipitații și irigații intense, perioade în care se produce realimentarea acviferelor.

Timpii de transfer al poluanților în acviferele granulare/poroase sunt mari/îndelungate.

Intensitatea și mărimea degradării nitraților prin denitrificare, în cuprinsul zonei nesaturate, sunt procese care nu sunt prea bine cunoscute.

Substanțele organice polare sunt menținute în soluție sub formă moleculară prin legături de hidrogen. Cele nepolare sunt în general mai puțin solubile și formează o fază nemiscibilă cu apa.

Substanțele organice pot să dispară în sol și în apele subterane astfel:

- prin reacții chimice, care conduc la compuși/produse netoxice;
- prin degradare de către microorganisme.

Tipul de transformare a substanțelor organice poate fi de detoxicare, degradare, dar și de activare.

Detoxicarea constă în pierderea caracterului toxic al poluantului.

Prin degradare, un produs complex se transformă în produși simpli, procesul fiind mai lent în apele subterane decât în sol sau în zona nesaturată.

Adsorbția privește în general hidrocarburile halogene și alți compuși organici nepolari. Procesul este deosebit de grav și periculos, deoarece poluează faza solidă a acviferului/granulele.

Hidrocarburile nemiscibile care au ajuns în apele subterane se deplasează la suprafața acestora dacă sunt mai ușoare sau vor impregna faza solidă a acviferului, dacă sunt mai dense decât apa, aspect de asemenea grav și periculos.

Mișcarea hidrocarburilor dizolvate în apă este guvernată de mediul hidrogeologic (vezi **figura 5.1**), fiind posibile mai multe situații:

- petrolul nu se infiltrează întotdeauna până la suprafața apei, dar apa care percolează solul, care se infiltrează, dizolvă anumiți componenți ai petrolului, în zona nesaturată, și îi transportă în acvifer;

- masa de petrol ajunge în apă și petrolul se dizolvă;
- urmare a variației nivelului piezometric, o parte din petrol rămâne în zona de saturație a acviferului cu nivel liber.

Transferul bacteriilor și virusurilor în sol este guvernat de filtrare și adsorbție.

Procesul de filtrare într-un acvifer constituit din pietriș și nisip nu este eficient, având în vedere diametrele mici ale bacteriilor și virusurilor în raport cu diametrul porilor dintre granule.

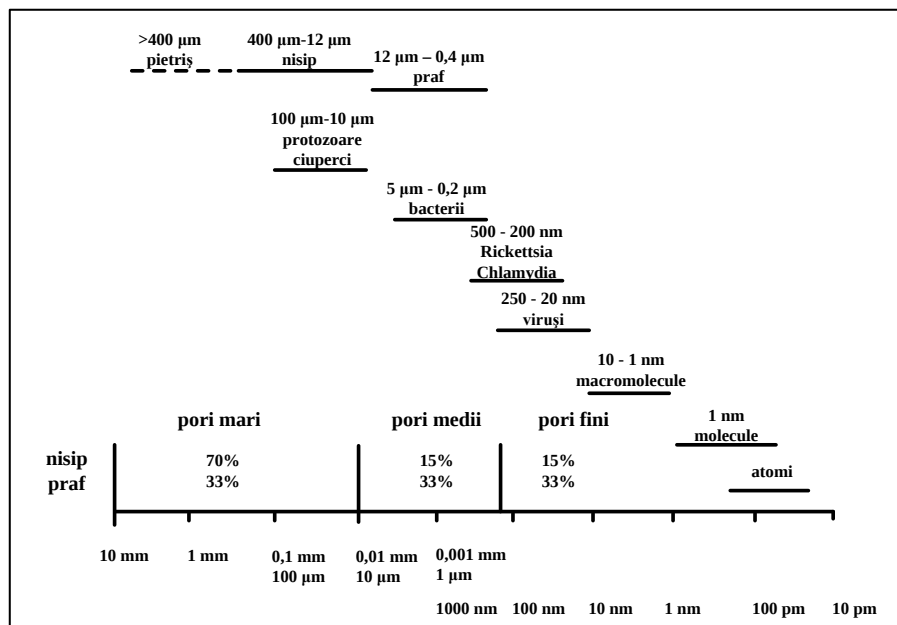


Figura 5.5 – Comparație între mărimea bacteriilor, virusurilor și moleculelor cu diametrele echivalente ale porilor (după Matthes din Andrée Lallemand Barrés și Jean Claude Roux)

În acvifer, procesul de filtrare este legat de viteza de curgere și de direcția de curgere.

Adsorbția virusurilor și bacteriilor se face în câteva ore. Virusurile sunt mai puternic, mai eficient adsorbite de argilele coloidale decât de nisipuri. Adsorbția crește atunci când pH-ul scade, iar conținutul în cationi scade mobilitatea virusurilor.

Conținutul în materii organice al unui sol are influență asupra adsorbției virusurilor. Virusurile nu sunt fixate de o manieră ireversibilă: variația pH-ului și o ploaie puternică îi pot pune în stare de libertate (situație ce poate fi interpretată ca o poluare accidentală, dar fără nicio legătură cu cauzele poluării accidentale).

Percolarea depinde de forța ionică a mediului, cum ar fi variațiile datorită ploilor.

Gradul de saturare a solului este un factor important: se admite că nu se mai găsesc virusuri după percolare prin 0,4 m de sol nesaturat, dar într-un sol saturat se regăsesc 1/10.000 virusuri după un transfer de 1,60 m. Această situație arată că trebuie dată o importanță deosebită variațiilor nivelului apelor subterane și realimentării acviferelor din apele de suprafață.

Sucesiunea ciclurilor precipitații - secetă are rol în inactivarea/inerția virusurilor, putând imprima același aspect de poluare accidentală, dar, în cazul realimentării din apele de suprafață, poate fi o cauză accidentală.

Distanța parcursă de bacterii în mediul saturat, în diferite tipuri de acvifere, este în funcție de viteza de curgere, situația cea mai defavorabilă fiind în cazul acviferelor fisural-carstice.

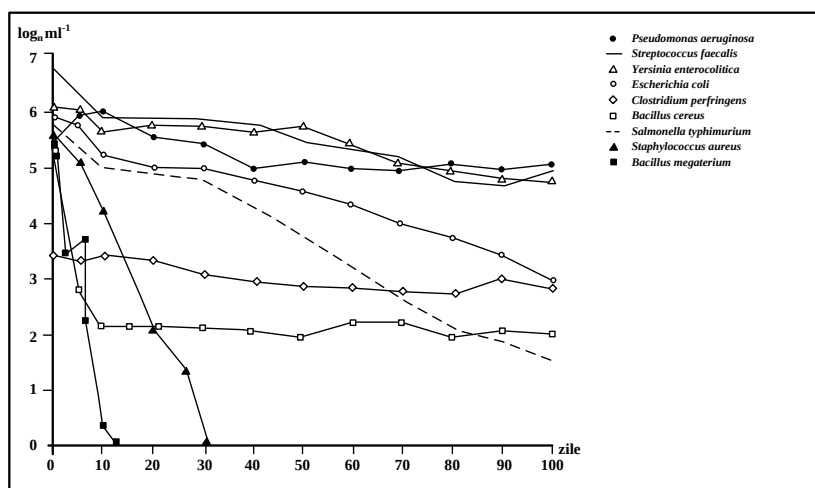


Figura 5.6 – Persistența bacteriilor în apa subterană limpede (după Filip și alții 1983, din J. Vrba și E. Adar)

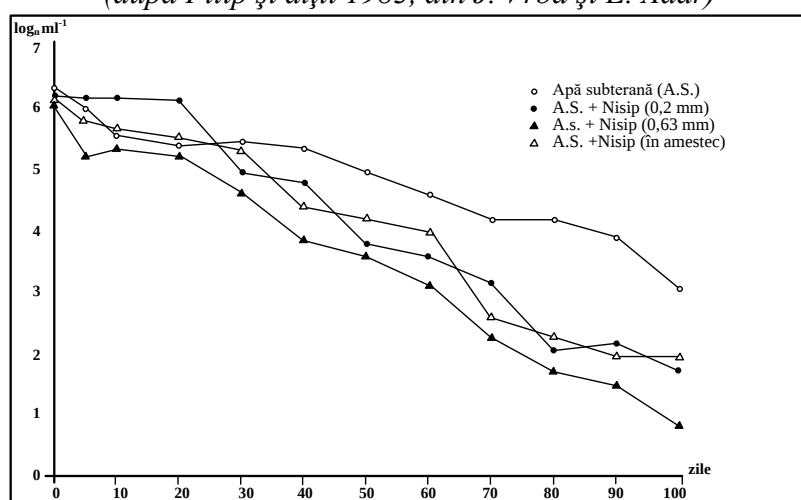


Figura 5.7 – Persistența *Escherichia coli* în apa subterană ce conține substanțe solide (după Filip și alții 1983, din J. Vrba și E. Adar)

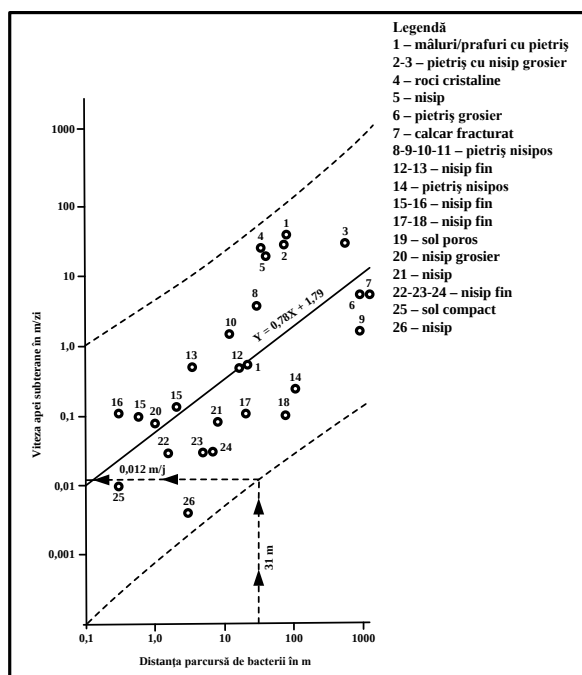


Figura 5.8 – Distanța parcursă de bacterii în mediul saturat (după Mac Ginnis 1983, din Andrée Lallemand Barrés și Jean Claude Roux)

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Problema poluării apelor carstice este mai dificilă și mai complicată, atât din cauza caracterului azonal al apelor carstice, cât și din cauza modului de producere a infiltrațiilor/alimentării în subteran: punctual, prin puncte hidrivore, sau difuz, pe o suprafață mai mare ori pe un sector de curs de apă de suprafață.

În același timp, ca urmare a debitelor mai mari la punctul/zona de resurgență/exurgență decât cele din zona de alimentare în subteran, rezultă că sistemul acvifer carstic este alimentat în subteran și pe alte căi, din alte zone carstice decât cele cunoscute. Ca exemple se pot cita:

- pierderile din bazinul Jiului de vest, amonte de Câmpușel, care apar la izvoarele Cernei;
- pierderile din platoul Domogled (deasupra comunei Pecinișca), ce apar la resurgențele Bârza-Toplet;
- pierderile din Motru Sec, ce reapar la izvoarele Bulba, de la Baia de Aramă;
- pierderile de pe Sușița și Scoaba Alunoasă, afluenți pe dreapta ai Sohodolului, care sunt captate la resurgențele Runcu - Jaleș și Vâlceaua;
- pierderile de la Fundătura - Federi, ce reapar în peștera Șura Mare de la Ohaba Ponor.

Un caz aparte îl constituie megahidrostructura Dobrogei de sud, în care sistemul acvifer Juristic superior - Cretacic inferior este alimentat dinspre sud, din Platforma Prebalcanică din Bulgaria. Cercetările efectuate de Dr. A. Țenu și colaboratorii din INMH au pus în evidență poluarea apelor din acest sistem acvifer cu nitrați ce vin dinspre Bulgaria.

În general, poluarea apelor carstice se datorează introducerii/pătrunderii în subteran a produselor antropogene și industriale, prin supraexploatarea acviferelor carstice din zonele litorale și mai puțin prin interacțiunea dintre rocă sau sedimentele depuse în golurile sau lacurile carstice subterane și apă.

În analizarea aspectelor privind poluarea apelor carstice, trebuie să se țină seama de următoarele aspecte:

- care sunt poluanții specifici prezenți în zonele de alimentare a sistemului hidrocarstic, cantitățile în care se găsesc, sursele de poluare și distribuția lor spațială și temporală (turism, topirea cânepii, tipul de combustibili folosiți la fabricarea varului, avenele/dolinele în care se aruncă animale moarte, numărul și amplasarea stânelor și sălașelor de vite/odăile, aruncarea gunoaielor și resturilor menajere în depresiunile carstice, folosirea îngrășămintelor chimice și a produselor fitosanitare în agricultură și silvicultură;
- efectele acestor poluanți;
- puterea de epurare aproape inexistentă în sistemele hidrocarstice;
- tendința de concentrare a poluanților și efectele ce pot rezulta; cauzele producerii unor modificări;
- cât de mult pot fi modificate/controlate aceste intrări;
- concentrări, tendințe, prin ce mijloace și cu ce costuri.

Alte aspecte, nu mai puțin importante, în studierea poluării apelor carstice sunt:

- în multe zone/suprafețe, grosimea solului este mică și de multe ori solul lipsește, rezultând o slabă filtrare a apelor și o rapidă infiltrare a apelor de la suprafața terenului în profunzime;
- lipsa unei zone nesaturate granulare, care să permită o filtrare naturală - o autopurificare - a apelor prin procese și fenomene fizico-chimice și biologice;
- diametrele și dimensiunile golurilor sunt mari, pantele sunt mari și apa curge cu viteze mari. Apele poluate parcurg distanțe mari de la punctul/zona de insurgență până la reparația lor nu numai în zile, ci chiar în ore (platoul Domogled-resurgența Bârza-Toplet), timp insuficient pentru ca să se producă procese de autopurificare biologică;
- din cauza frecvenței, a multitudinii și a mării răspândiri în tot masivul carstic a fisurilor și interconexiunilor dintre ele, este posibilă o poluare a apelor carstice dinspre suprafață, chiar la o distanță mică de emergență.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Aceste particularități, la care se adaugă și caracteristicile acviferelor din zonele litorale (intruziuni de ape marine) sau prezența acviferelor de mică adâncime, conduc la evidențierea faptului că acviferele carstice sunt mai vulnerabile și supuse unei poluări mult mai grave decât acviferele granulare.

Depresiunile carstice sunt folosite ca gropi de gunoi, mai ales pentru cele provenite din activitățile domestice, inclusiv cele de la grajduri și fermele zootehnice. La acestea se adaugă și closetele, care sunt de tip fose cu fund pierdut. Se ignoră faptul că aruncarea gunoaielor în depresiunile carstice de la suprafața terenului este ca și cum ar fi aruncate direct în apă.

Sursele de poluare a apelor carstice pot fi:

- surse care influențează numai apele carstice, așa cum sunt puțurile absorbante sau depresiunile de gunoaie/reziduuri din depresiunile carstice;
- surse de diferite origini: fose septice sanitare, gropile de gunoi și rețelele de canalizare de orice tip, activitățile agricole și cele de drenare a apelor, cele mai multe descărcări fiind ilegale;
- vechi gropi de gunoi și reziduuri din depresiunile carstice, care astăzi pot fi astupate și nivelate; acestea trebuie să fie identificate;
- surse de poluare existente în apropierea sistemelor hidrocarstice: intruziuni de ape marine în zonele litorale (în cazul supraexploatarei apelor carstice continentale din zonele limitrofe litoralului), prezența stânelor sau a sălașelor/odăilor în apropierea punctelor de urgență, în sectoarele de infiltrații difuze sau în apropierea resurgențelor/exurgențelor;
- turismul din zonele carstice este un factor de poluare ce devine din ce în ce mai agresiv.

Pentru aprecierea gradului de intensitate a poluării apelor carstice, este necesar:

- monitorizarea lor: măsurători și observații standardizate asupra mediului;
- cercetarea lor: programe intensive de scurtă durată, cu scopul de a observa și de a măsura în mod detaliat mediul, în conformitate cu scopul urmărit;
- supravegherea sistemului hidrocarstic: observații specifice permanente și măsurători ale mediului, în special controlul punctelor critice de poluare.

În ceea ce privește managementul mediului, sunt de reținut două aspecte:

- monitorizarea poluanților în diferite zone ale mediului din cuprinsul dezvoltării hidrostructurii carstice;
- monitorizarea efectelor poluanților asupra ecosistemului natural și a biosului asociat.

Cea mai eficientă metodă de monitorizare este metoda monitorizării sedimentelor și a apei, sedimentele putând arăta eventuale faze anterioare de poluare din sistemul hidrocarstic.

Este de reținut că sistemul acvatic - în general -, și deci și cel hidrocarstic, are o dinamică fizică, chimică și biologică.

În timpul mișcării apei prin acvifer, compoziția chimică a acesteia se modifică gradat, datorită dizolvării mineralelor, reacțiilor chimice cu particulele solide, cu lichidele și cu gazele cu care se află în contact pe parcursul ciclului hidrologic, reacții determinate de pH, rH, forța ionică și procese microbiologice.

Limita de separare dintre apele subterane este neclară/vagă, ea variind spațial și temporal: apele subterane ajung la suprafață și invers, ele aparținând aceluiași sistem hidrocarstic.

Poluarea apelor carstice este mai gravă decât în cazul apelor subterane din acviferele carstice și o prognoză asupra lor este mai greu de făcut, deoarece:

- timpul pentru detectarea poluării nu este suficient de mare pentru alertare și luarea de măsuri corespunzătoare;
- este necesar un timp destul de mare pentru ca poluantul să fie îndepărtat/spălat, pentru ca să se revină la condițiile/situația anterioară;
- reacțiile geochimice complexe care se produc și mecanismele de transport ale apelor carstice nu sunt întotdeauna bine cunoscute;
- cele mai periculoase substanțe organice prezente în apele carstice sunt cele relativ solubile, nevolatile și nedegradabile. Multe dintre ele sunt toxice, deoarece, în timpul proceselor fizico-chimice care se produc, ele pot include metale grele.

Principalele probleme referitoare la prezența poluanților în sedimentele din sistemele hidrocarstice sunt:

- disponibilitatea potențială a poluanților din sedimente pentru viața acvatică cavernicolă: biodisponibilitatea;
- dacă, în ce măsură și în ce condiții este posibilă remobilizarea poluanților.

Una dintre problemele dificile este măsurarea și evaluarea substanțelor toxice, a poluanților din sedimente și din apă, deoarece poluanții apar rareori singuri. Cel mai adesea, se constată o combinație a diferiților poluanți și în cantități diferite.

Aceste combinații pot genera efecte sinergice sau antagoniste asupra organismelor acvatice, efecte ce variază mult, în funcție de susceptibilitatea sau toleranța speciilor la poluare. Este totuși de reținut că analizele celor mai mulți dintre poluanții toxici sunt efectuate pentru fiecare compus toxic în parte, fără o evaluare a efectelor combinate ale poluanților.

Un alt aspect important este durata influenței poluanților asupra organismelor acvatice și a sănătății umane și problema efectelor pe termen scurt și pe termen lung.

O atenție deosebită trebuie acordată captărilor de ape carstice - respectiv sistemelor hidrocarstice - ce alimentează orașele Craiova, Tg. Jiu, Hunedoara, Orșova, Băile Herculane, Oravița, Constanța, Tulcea, a localității Ciclova Montană, precum și zăcămintului de ape minerale carbogazoase de la Borsec, unde stațiunea balneară este dezvoltată deasupra hidrostructurii carstice.

5.3. Vulnerabilitatea apelor subterane la poluare

Vulnerabilitatea apelor subterane la poluare este o proprietate/caracteristică relativă, nemăsurabilă, necuantificabilă și adimensională.

Ea este o proprietate intrinsecă a sistemului de ape subterane și depinde de sensibilitatea sistemului, precum și de influența impacturilor antropice și naturale.

Unul dintre conceptele fundamentale ale vulnerabilității apelor subterane la poluare este acela că unele suprafețe de teren au un rol mai mult sau mai puțin important în poluarea apelor subterane.

Vulnerabilitatea la poluare a acviferelor este determinată/condiționată de mai mulți factori:

- capacitatea/puterea filtrantă a acviferului, variabilă în funcție de granulometrie și în funcție de gradul de fisurare, mai ales în acviferele carstice, slabă – aproape inexistent[;
- grosimea nesaturată a acviferului, în care apele se infiltrează sub influența componentei verticale, la acviferele cu nivel liber;
- viteza de curgere a apelor subterane, care determină fenomenele de diluție și fixarea anumitor produși poluanți. Ea este redusă în acviferele granulare și foarte mare în acviferele carstice: aceeași cantitate de apă poate avea nevoie de un an pentru a străbate o distanță în mediul granular, iar în acviferele carstice câteva zile (infiltrațiile din Jiul de vest până la izbulul Cernei, infiltrațiile din Motru Sec până la izvoarele Bulba - Baia de Aramă) sau câteva ore (insurgența din platoul Domogled la resurgența Bârza - Topleț, într-o structură tectonică complicată: Pânza Getică – Parautohton - Autohtonul Danubian). În acviferele carstice, poluarea avansează rapid, pe distanțe foarte mari;
- protecția naturală a acviferului: un acoperiș impermeabil sau slab permeabil poate acționa ca un ecran protector față de poluarea de la suprafață. Cunoscând profilul detaliat al terenurilor în zona nesaturată, respectiv structura și proprietățile solurilor, se pot aprecia capacitățile de dispersare și de epurare ale acoperișurilor acviferelor, vizavi de un aport descendent de apă (infiltrații din precipitații, irigații, topirea zăpezilor, pierderi din rețelele de canalizare sau de pe platformele industriale);
- tipul de acvifer:
 - *cu nivel liber*: dacă nu există un acoperiș slab permeabil, acviferul este foarte vulnerabil la poluare (acoperiș constituit din loess sau nisip de dune - mai ales în zonele în care se practică irigațiile -, aluviunile din albia majoră);

- *captive*, sub presiune, uneori la mare adâncime, beneficiind de o protecție naturală. În aceste acvifere, poluarea se poate produce doar prin injectarea voluntară prin puțuri absorbante (aspect reglementat prin Legea apelor nr. 107/1996, cu modificările și completările ulterioare sau prin punerea în comunicare a diferitelor acvifere, în foraje săpate și echipate necorespunzător.

Vulnerabilitatea naturală sau intrinsecă este înțeleasă numai ca funcție a factorilor hidrogeologici: caracteristicile hidrogeologice ale unui acvifer, natura formațiunilor acoperitoare și natura geologică (faciesul hidrogeologic).

Aprecierea vulnerabilității la poluare a apelor subterane presupune și o evaluare de reducere a potențialului de poluare. Unele minerale, ce intră în alcătuirea solului sau constituie partea solidă a sistemului acvifer, au o anumită capacitate de a reține unii poluanți și de a reduce concentrația acestora. Această capacitate de „curățare/epurare” a mediului este denumită „capacitate de atenuare” și ea pune în evidență disponibilitatea intrinsecă a rocilor acoperitoare și a celor ce constituie sistemul acvifer de a adsorbi, de a dispersa ori de a întârzia poluarea printr-o serie de procese fizico-chimice și biologice, care se produc în întreg sistemul acvifer.

Apele de suprafață, cele mai susceptibile a fi poluate, poluează la rândul lor apele subterane, mai ales pe cele din acviferele aluvionare, acviferele freatice și acviferele carstice.

Deși procesele naturale pot reduce în mod substanțial poluarea apelor subterane, mulți poluanți rămân practic neschimbați după intrarea în sistemul acvifer, unde efectul lor nociv poate persista ani, decenii sau secole, deoarece timpul mediu de rămânere în subteran a apelor se măsoară în ani. Adesea, este nevoie de perioade lungi de timp pentru ca poluanții să fie îndepărtați din acvifer și, ca urmare, unele acvifere sau părți din sistemul acvifer pot fi compromise și nu mai pot fi curățate și recuperate.

Este de reținut că vulnerabilitatea la poluare a apelor subterane este analizată cu precădere în cazul acviferelor cu nivel liber și al celor carstice, dar și apele subterane de adâncime medie pot fi vulnerabile la poluare, așa cum sunt nisipurile de Mostiștea sau creta senoniană din Dobrogea de sud.

Principalele criterii luate în considerare la aprecierea vulnerabilității intrinseci a apelor subterane sunt alimentarea acviferului, proprietățile rocilor și caracteristicile zonelor nesaturate, iar în secundar relieful, relațiile dintre apele de suprafață și cele subterane, precum și natura patului acviferului.

Vulnerabilitatea „specifică” reprezintă pericolul la care este supus sistemul de ape subterane la poluare.

În aprecierea acestei vulnerabilități, o mare importanță o au:

- timpul în care poluantul străbate zona nesaturată;
- timpul de rezidență în sistemul acvifer (timp de convecție);
- capacitatea de atenuare a solului și a rocilor ce constituie sistemul acvifer, în raport cu proprietățile fiecărui poluant.

Noțiunea de vulnerabilitate cuprinde atât aspecte calitative – poluarea, cât și cantitative (supraexploatarea). Practic, sunt greu de separat aspectele cantitative de cele calitative ale vulnerabilității apelor subterane, deoarece o supraexploatare poate atrage o modificare a compoziției chimice a apei, dar, de obicei, se face referire numai la aspectul calitativ.

Unele metale, prezente în apele subterane, provin din procese naturale, dar multe din metalele grele provin din activitatea antropică. Cele mai importante căi prin care metalele grele ajung în apele subterane sunt precipitațiile și spălarea solului, precum și pierderile de pe platformele industriale.

Compușii chimici organici, care intră în ciclul geochimic și poluează apele subterane, provin din diferite surse, cei mai răspândiți fiind hidrocarburile halogene. Acestea provin din activitatea industrială, din apele reziduale ale așezărilor umane și din deșeuri lichide industriale, din fosele

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

septice cu fund pierdut, din împrăștierea chimicalelor în agricultură și silvicultură, precum și din depozitele de gunoaie, acestea din urmă fiind o cauză frecventă de poluare a apelor subterane.

Compușii organici se dizolvă în funcție de gradul lor de solubilitate în apă.

Fluidele organice nemiscibile ajung pe suprafața terenului prin avarierea rezervoarelor, iar în sol atât prin avarierea rezervoarelor, cât și prin pierderi din conducte și pot forma faze organice separate în mișcare, în funcție de proprietățile lor fizice. Unele dintre ele ajung în contact direct cu apele subterane sau sunt aduse de apele de infiltrație.

În sistemul acvifer, unele au o mobilitate mai mare decât apa (gazolina, benzenul), iar altele au mobilitate mai mică (motorina, păcura). Unele sunt mai ușoare decât apa și plutesc pe suprafața apei.

Se constată că poluarea cu acești compuși se produce din ce în ce mai des și mai grav.

CO₂ și SO₂ sunt compuși solubili în apele de precipitații - ploi acide - și sunt introduși prin infiltrare în apele subterane.

Împrăștierea de sare pe drumuri determină creșterea locală a salinității apelor subterane.

Poluarea apelor subterane cu bacterii patogene este la originea unor mari epidemii determinate de apa de calitate necorespunzătoare din punct de vedere bacteriologic. Această situație este constatată mai ales în cazul surselor de apă de mică adâncime, precum și în cazul forajelor pentru alimentare cu apă incorect proiectate, săpate, echipate și cimentate necorespunzător pentru închiderea acviferelor poluate, situate deasupra orizonturilor acvifere propuse pentru captare și puse în exploatare.

Pericolul de poluare a apelor subterane depinde mai ales de atenuarea puterii agentului poluator de la sursa de contaminare până în acvifer. Atenuarea se poate produce în sol, în zona nesaturată și în sistemul acvifer, ea fiind determinată de varietatea reacțiilor chimice și a proceselor fizice și biologice.

În acest sens, este necesară cunoașterea rezistenței și mobilității poluanților. Rolul proceselor de atenuare în sol și în zona nesaturată este minim, atunci când poluanții sunt rezistenți și au mobilitate mare, vulnerabilitatea acviferului depinzând de grosimea și de permeabilitatea lui (timpul în care poluantul rămâne în acvifer). Acviferul trebuie să facă față poluanților persistenți, propria vulnerabilitate depinzând în special de volumul de apă înmagazinat și de realimentarea lui efectivă. Grosimea acviferului și permeabilitatea lui controlează diluarea poluantului persistent în apele subterane, diluarea fiind un important proces posibil de atenuare a poluării în sistemul acvifer.

Principalele procese geochimice care modifică concentrația poluanților în apele subterane sunt adsorbția, desorbția, solubilizarea, precipitarea, oxidarea - reducerea și alte procese complexe.

Adsorbția - desorbția este un proces legat de echilibrul dintre cantitatea limită de substanță într-un absorbant și cantitatea din aceeași substanță în soluție. Rocile cu cel mai mare potențial de adsorbție sunt cele ce conțin minerale argiloase, zeoliți, hidroxizi de Fe și Mn, hidrați de Al și substanțe organice. Procesul de adsorbție - desorbție este reversibil, el fiind un factor de întârziere în propagarea poluanților.

Concentrația poluanților solubili în apele subterane este în funcție de procesele de dizolvare, degradare și hidroliză. Puterea de dizolvare a apelor subterane este mărită/crescută de acizi organici și anorganici și de creșterea temperaturii.

Solubilizarea și precipitarea sunt controlate adesea de pH și rH.

În timpul parcursului subteran, substanțele dizolvate în apa subterană pot precipita dacă evaporația și transpirația cresc concentrația substanțelor peste limitele de saturare (fenomenele de salinizare a solurilor).

Efectul precipitării este important pentru fixarea multor metale grele și a substanțelor radioactive în subteran, în special prin hidrații de Fe și Mn.

Substanțele a căror solubilitate depinde de pH și rH pot precipita atunci când vin în contact cu apele subterane ce au pH și rH diferite. Mai mult, rH se poate schimba în timpul parcursului apelor subterane.

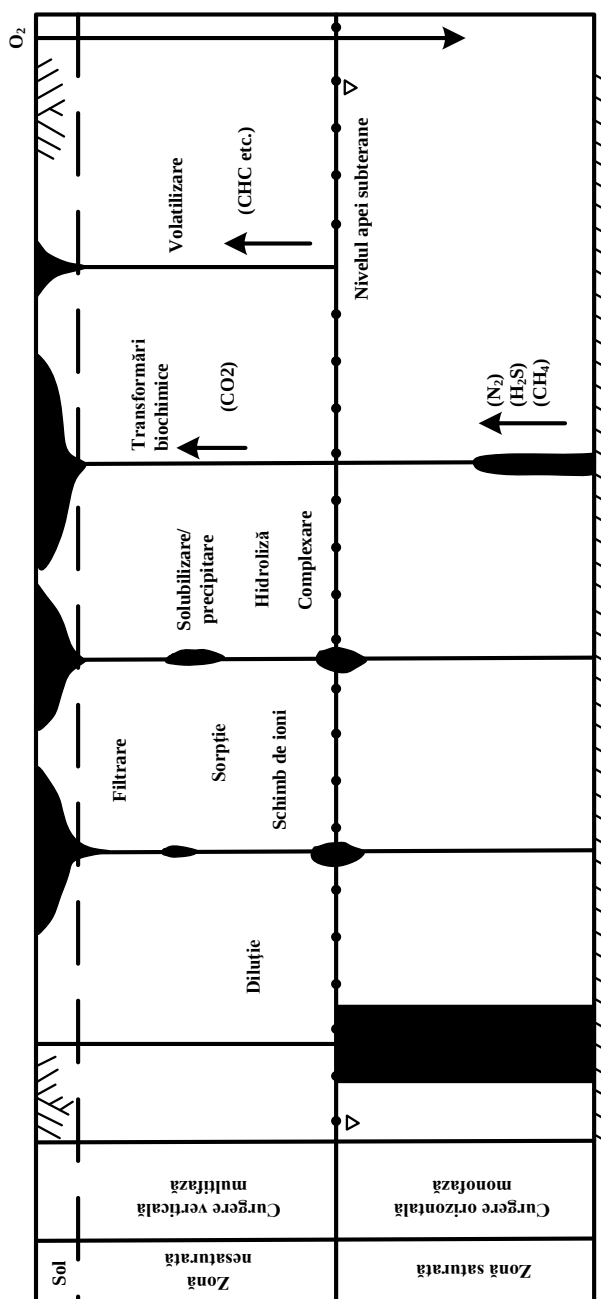


Figura 5.9 – Procese ce determină micșorarea poluării în sistemele de apă subterană. Grosimile corespunzătoare liniilor arată importanța relativă a proceselor din teren atât deasupra cât și sub nivelul apei subterane (după Foster modificat de Golwer, din Georg Mathess și John C. Miller)

În zonele de reducere precipită multe metale grele.

Compușii organici primari sunt descompuși de microorganisme. Reacțiile au loc atât în mediul aerob, cât și, mai slab, în mediul anaerob. Reacțiile microbiene sunt determinate de către microorganismele autohtone adaptate condițiilor de mediu subterane locale. Orice creștere a substanțelor organice ce pot asigura hrana - printr-o apă poluată - va determina o creștere a densității populației microbiene.

Numărul poluanților potențiali a crescut foarte mult în ultimele decade și nu pot fi monitorizați toți poluanții peste tot.

Zonele cele mai vulnerabile la poluare sunt acelea în care poluarea și transportul agentului poluant se fac repede, iar atenuarea poluării este redusă.

În procesul de poluare, acviferul este pasiv, el fiind agresat de agenții poluanți.

Infiltrarea poluanților și intensitatea proceselor care au loc în subteran se produc în condiții variate, mai ales în zona solului și în special în subzona radiculară (în sol având loc cele mai multe și mai intense procese naturale), precum și în zona în care se resimte evapotranspirația.

Argilele de tip montmorillonitic au o mare capacitate de schimb cationic, spre deosebire de cele de tip caolinit - halloisit, care au capacitatea de schimb cationic redusă.

Principala însușire a argilei solului este de a fixa cationii (Ca, Mg, Na, K) care îmbracă particula coloidală de argilă, dar legăturile sunt destul de slabe, pentru ca, în anumite condiții, bazele să se desprindă și să treacă în soluție.

Împreună cu humusul, argila formează în sol un complex care are însușiri de adsorbție, fiind numit complexul de adsorbție al solului, în el producându-se cele mai însemnate reacții din sol.

Humusul din sol poate lega adsorbativ cationii într-un grad mai mare decât argilele.

Hidroxizii de Fe și Al au însușirea de a lega adsorbativ anionii, în special cei ai acidului fosforic.

În prezența CO_2 , SO_4H_2 , HNO_3 , H_3PO_4 și a altor acizi, bazele liberate, care nu sunt adsorbite de complexul sol sau de plante, formează săruri de solubilități diferite, sunt levigate din orizonturile superioare ale solului în ordinea solubilității lor și pot fi antrenate în apele de adâncime ce se infiltrează.

Se constată că solul are o capacitate de reținere complexă: fizică, fizico-chimică (adsorbția și schimbul de cationi), chimică și biologică.

Apa în sol există - într-o prezentare generală - sub formă de apă higroscopică, apă peliculară, apă capilară, apă gravitațională și apă freatică, fiecare din aceste forme având un anumit rol în producerea de procese fizico-chimice (dezagregări, dispersări, hidratări, reacții chimice și cu influențe asupra microorganismelor și bacteriilor din sol).

În urma ploilor de scurtă durată, apa pătrunde până la 10-20 cm, în funcție de cantitatea de apă căzută. În urma perioadelor ploioase - inclusiv irigațiile - și în urma topirii zăpezilor, apa poate pătrunde până la adâncimi de 20 m, până la acviferele cu nivel liber al apei, în funcție de grosimea zonei nesaturate. Apa care nu este reținută de plante poate coborî, în unele situații, cu aproximativ 2 m/an.

În zona nesaturată a acviferului au loc o serie de reacții naturale fizice, chimice și biologice, care sunt adesea ele cauza schimbării condiției/stabilității fizico-chimice a poluantului. Principalele reacții și procese geochimice care au loc în această zonă sunt adsorbția - desorbția, solubilizarea - precipitarea, oxidarea - reducerea, iar cele fizice sunt advecția - dispersia, întârzierea și filtrația, iar cele biochimice sunt descompunerea organică și sinteza celulară a microorganismelor, procese biochimice ca filtrația și transportul agenților patogeni.

Zona nesaturată are un rol foarte important în întârzierea poluanților, până când aceștia ajung la nivelul apei subterane. Multe procese au loc în zona nesaturată, cele mai importante fiind solubilitatea, diluția și dispersia hidrodinamică.

Principalele caracteristici ce definesc vulnerabilitatea apelor subterane sunt proprietățile solului, ale zonei nesaturate și ale sistemului acvifer, precum și mărimea/valoarea realimentării apelor subterane.

Un sistem acvifer este vulnerabil atât la procesele climatice, cât și la alte procese și fenomene naturale.

În analizarea vulnerabilității apelor subterane, se admite premisa că mediul fizic natural poate asigura un anumit grad de protecție a apelor subterane față de poluanții ce afectează suprafața terenului. Componentii mineralogici și organici ai terenului pot acționa ca un filtru natural pentru a opri poluanții. Apa ce se infiltrează de la suprafața terenului poate fi poluată, dar purificată/epurată în mod natural până la un anumit grad, în timp ce percolează solul și alte roci cu granulozitate fină din zona nesaturată.

Gradul de atenuare a poluării la care se ajunge între sursa poluantă și până la nivelul apei subterane determină/reprezintă potențialul relativ pentru poluarea apelor subterane.

Capacitatea de atenuare - de purificare - din rocile subiacente suprafeței terenului constă în interacțiunea numeroaselor procese fizico-chimice și biologice care au loc în sistemul sol - rocă -

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

apă și influențate în mod semnificativ de mecanismul de transport în soluție, precum și de condițiile hidrogeologice.

Potențialul de protecție naturală este limitat și foarte variabil: caracteristicile diferitelor unități ale mediului fizic sau capacitățile diferite de atenuare a poluării, oferă posibilitatea de a identifica suprafețele care sunt mai mult sau mai puțin sensibile la poluare, din cauza formațiunilor acoperitoare ale sistemului acvifer.

Este necesar să fie luate în considerare impactul potențial al specificului de folosire al terenurilor precum și cel al poluanților care influențează în mod negativ - în spațiu și timp - posibilitatea de folosire a resurselor de ape subterane. În acest sens se poate folosi conceptul de vulnerabilitate specifică sau integrată.

Terenurile au o anumită capacitate de a reține unii poluanți sau să reducă concentrația lor. Această capacitate de retenție este o componentă foarte importantă în aprecierea mărimii, vulnerabilității la poluare a sistemului acvifer. Nu se poate vorbi/discuta despre sensibilitatea hidrogeologică la poluare, fără o evaluare a potențialului de atenuare a (capacității) poluantului.

Toate apele subterane conțin substanțe dizolvate; au caracteristici fizice precum mirosul, gustul și temperatura și, uneori, conțin în mod natural organisme biologice, cum sunt bacteriile.

Calitatea naturală a apelor subterane depinde mai ales de mediul fizic, de originea și mișcarea apei, așa după cum a afirmat Pliniu cel Bătrân în aforismul lui „Tale sunt aquae qui terram per quam fluunt”.

În decursul mișcării apei într-un ciclu hidrologic, diferite procese fizice, chimice și biologice determină modificarea calităților primare ale apelor subterane din cauza reacțiilor din sol, din zona nesaturată, cu rocile ce constituie acviferul și cu materiile organice.

Modificările calităților apelor subterane sunt determinate, direct sau indirect, de procesele naturale și de activitatea antropică.

Apele subterane sunt degradate dacă parametrii lor calitativi - admiși printr-un act normativ - s-au modificat peste limitele variațiilor naturale sau admise, prin introducerea sau îndepărtarea anumitor substanțe ce se găseau în mod natural în componența apelor. Degradarea apelor subterane poate determina nefolosirea lor în anumite scopuri, dar ea nu poate fi - în mod obligatoriu - dăunătoare sănătății.

Proгноza efectelor antropice presupune cunoașterea adâncimii nivelului apei subterane, a gradientului hidraulic, a distanței de la punctul de intrare a poluantului până la punctul/frontul de captare și proprietățile rocilor prin care s-a infiltrat și curge poluantul, cum sunt capacitatea de adsorbție și conductivitatea hidraulică.

Mișcarea în subteran a oricărui poluant este influențată de gradul de umiditate și bilanțul apei în zona nesaturată, de gradientul hidraulic și bilanțul apei în zona saturată.

În zona saturată, au loc multe procese, între care solubilizarea, diluția și dispersia hidrodinamică sunt cele mai importante în micșorarea agresivității poluantului.

Advecția este mișcarea poluantului determinată de curgerea apei subterane. Soluțiile sau poluanții care nu reacționează între ei sau cu componenții minerali ai acviferului sunt transportați cu viteza medie de curgere a apei subterane.

Viteza de curgere a apei subterane în acvifere poroase este cuprinsă între mai puțin de 1 mm/zi până la mai mulți m/zi, dar în mod obișnuit este de mai puțin 1 m/zi. Viteze mai mari de 10 m/zi se realizează în acviferele cu granulație grosieră și cu gradienti hidraulici mari.

În acviferele fisurate, viteza apelor subterane este cuprinsă între 0,3 m/zi și până la 8000 m/zi, iar în cele carstice până la 26.000 m/zi. Răspândirea poluanților în rocile puternic fisurate și în acviferele carstice este mult mai rapidă decât în rocile poroase, necimentate. Marile goluri interstițiale ale acviferelor constituite din roci fracturate oferă condiții de transport subteran al suspensiilor, în special microorganisme, virusuri și substanțe ce produc turbiditatea apelor.

În mediul poros natural există tendința ca apa să devieze de la o anumită direcție de curgere. Din cauza vitezelor de curgere diferite, fluidele miscibile se dispersează treptat în toată secțiunea de curgere în care au fost introduse. Fenomenul este cunoscut ca dispersie hidrodinamică și se manifestă atât în direcția de curgere, cât și lateral.

Nu se cunoaște rolul tortuozității, ca fenomen ce determină lungirea traiectoriilor reale ale particulelor de apă în mișcare, în semnificația ei cinematică exprimând efectele dispersive ale mediului asupra distribuției aleatorii a vitezelor particulare reale.

Apa subterană poluată poate fi diluată amestecându-se cu apa subterană curată și, datorită dispersiei hidrodinamice, apa poluată poate reveni la o concentrație normală a mineralizării.

Alt proces ce guvernează migrarea poluanților este întârzierea. În timpul parcursului subteran, un număr de procese fizice și chimice încetinesc mișcarea soluției. Din acest punct de vedere, soluțiile sunt conservative și evolutive.

Soluțiile conservative nu reacționează cu constituenții mineralogici ai rocilor sau cu apa de constituție. Cele evolutive/reactive pot suferi schimbări chimice sau biologice.

Întârzierea - stricto sensu - este efectul unor procese succesive de adsorbție -desorbție, care întârzie transportul poluantului față de curgerea apei subterane. În sens mai larg, întârzierea poate fi determinată de diluție, filtrare, reacțiile chimice și modificările biochimice.

Filtrarea se produce în sol și în rocă și ea este un proces fizico-chimic complex: oprirea mecanică a particulelor mai mari în porii acviferului și adsorbția particulelor mici în suspensie, în apă, la suprafața particulelor acviferului, determinând sedimentarea lor.

Pentru virusuri, este foarte importantă difuziunea, efectul ei crescând cu scăderea dimensiunilor particulelor din mediul străbătut.

Gazele, în mișcarea lor, străbat două interfețe:

- una care separă zona nesaturată de atmosferă;
- una care separă zona nesaturată de apele subterane.

În zona nesaturată și în cea saturată, mișcarea gazelor se datorează difuziunii, combinată în zona nesaturată cu variațiile de temperatură și modificările de presiune, iar în zona saturată este sub influența dispersiei curgerii.

Agenții patogeni sunt antrenați (descendent) în apele subterane și în curgerea lor. Se admite că în acvifere, în condiții de mediu nefavorabile, efectele antagoniste ale organismelor autohtone din apele subterane pot elimina germenii, dacă aceștia rămân mult timp în apele subterane.

Distanța parcursă de bacterii și virusuri în zona saturată este determinată în special de viteza de curgere a apelor subterane.

La evaluarea vulnerabilității apelor subterane, factorii poluanți pot avea pondere deosebită, în funcție de importanța acordată.

5.3.1. Factori de primă importanță

a. Realimentarea

Este cantitatea de apă care trece prin zona nesaturată și ajunge la acvifer într-o perioadă de timp determinată. În mod obișnuit, se face referire la valoarea anuală a realimentării. Mărimea și calitatea realimentării influențează în mod semnificativ procesele fizico-chimice din sistemul rocă - apă subterană.

Realimentarea este un factor de prim ordin, care trebuie luat în considerare întotdeauna, atunci când se evaluează vulnerabilitatea apelor subterane.

Realimentarea poate fi evaluată prin măsurători pe teren sau din ecuația de bilanț (cu gradul de certitudine pe care-1 poate oferi), în acest caz luându-se în considerare precipitațiile, temperatura, șiroirea și evapotranspirația. Ea mai este definită și ca o restaurare a capacității unui acvifer.

Deși vulnerabilitatea se referă în special la acviferele cu nivel liber, nu trebuie uitat că alimentarea acviferelor de profunzime/sub presiune se face prin intermediul acviferelor cu nivel liber, același sistem acvifer trecând de la condiția de acvifer cu nivel liber la condiția de acvifer sub presiune, în anumite condiții structurale date.

b. Solul

Este un factor principal în evaluarea vulnerabilității apelor subterane. Cei mai importanți parametri care se iau în considerare sunt: textura, structura, grosimea, conținutul în substanțe organice și minerale argiloase. De asemenea, se ia în considerare gradul de umiditate a solului.

Solul poate fi continuu, dar spațial prezintă variații, uneori mari, ale proprietăților fizico-chimice și biologice. El are o importantă funcție de atenuare a poluării și are un rol deosebit atunci când se folosesc chimicale în agricultură.

Funcția solului este de a asigura o filtrare protectivă naturală în întârzierea și degradarea poluanților, dar ea poate fi deteriorată ușor, fapt ce are influență asupra calității apelor subterane.

În evaluarea proprietăților solului, trebuie să se aibă în vedere dacă el se află în condiții naturale sau se află sub presiunea activității antropice.

c. Zona nesaturată

Importanța ei este deosebită în protecția apelor subterane, mai ales în regiunile de deal și de munte, în care profilul solului nu este bine dezvoltat. Caracterul zonei nesaturate și potențialul capacității ei de atenuare/epurare determină în mod decisiv gradul de vulnerabilitate a apelor subterane. Dacă zona este constituită din roci cu permeabilități reduse, acestea creează strate barieră pentru acviferele de sub ele și reduc semnificativ vulnerabilitatea lor.

Cei mai importanți parametri în aprecierea rolului zonei nesaturate sunt grosimea, litologia și permeabilitatea.

Grosimea zonei nesaturate depinde de poziția nivelului apei freatice, care variază adesea, fiind necesară analizarea variațiilor de nivel. Grosimea minimă a zonei nesaturate este dată de cel mai înalt nivel al apei subterane înregistrat/cunoscut. Suplimentar, se ia în considerare gradul de umiditate a zonei nesaturate.

d. Zona saturată

Reprezintă un sistem heterogen, a cărui vulnerabilitate variază în timp și spațiu. Vulnerabilitatea trebuie diferențiată:

- orizontal - în zonele de alimentare și descărcare;
- vertical - în subzona de oxidare, neutră, reducerea sistemului de curgere variind local sau regional și cu adâncimea (de suprafață/de profunzime).

Condițiile de zăcământ - acvifer liber, semicaptiv sau captiv - au importanță în evaluarea vulnerabilității acviferelor.

Cei mai importanți parametri ai unui acvifer pentru evaluarea vulnerabilității apelor subterane sunt natura acviferului, geometria lui, porozitatea, permeabilitatea, proprietățile de înmagazinare, transmisivitatea și direcția de curgere în subteran, permeabilitatea având un rol decisiv.

La aprecierea vulnerabilității specifice se iau în considerare și parametrii dinamici și variabili. De asemenea, se ia în considerare timpul de trecere prin zona nesaturată și timpul de rezidență în acvifer.

Cel mai important parametru în aprecierea vulnerabilității specifice este capacitatea de atenuare a solului în zona nesaturată și cea a acviferului în raport cu proprietățile fiecărui poluant. Capacitatea de atenuare poate crește sau scădea cu timpul.

5.3.2. Factori secundari

Printre cei mai importanți factori secundari se menționează energia de relief și gradul de fragmentare a reliefului, densitatea și tipul rețelei hidrografice, regimul apelor de suprafață, gradul de acoperire a terenului și substratul acviferului.

Aprecierea importanței lor variază în spațiu, ei influențând mărimea suprafeței de alimentare, valoarea infiltrațiilor din apele de suprafață în acviferele de mică adâncime, contactul apelor subterane cu substratul privind capacitatea de schimb de ioni.

5.4. Metode de evaluare a vulnerabilității apelor subterane

Parametrii și metodele pe baza cărora se fac evaluări asupra vulnerabilității sistemului acvifer sunt proprietățile solului, caracteristicile hidrogeologice ale zonelor nesaturate și saturate, realimentarea efectivă, adâncimea nivelului apei și permeabilitatea acviferelor.

Metodele și tehnicile folosite pentru evaluarea vulnerabilității apelor subterane la poluare variază în funcție de caracteristicile geologice, morfologice și hidrometeorologice ale zonei studiate, scopul studiului, cantitatea și calitatea datelor disponibile. Gradul de acuratețe al aprecierii vulnerabilității apelor subterane la poluare este în funcție de cantitatea și calitatea datelor de care se dispune la momentul întocmirii documentației.

Metodele cele mai des folosite sunt:

- *metode hidrogeologice*, corespunzătoare pentru suprafețe mari, cu mare varietate a condițiilor naturale: se compară suprafața analizată cu acele criterii apreciate că pot constitui condiții de vulnerabilitate a apelor subterane;
- *metoda parametrică*, ce cuprinde sistemul matricial: sistemul evaluării/ clasificării și sistematizării punctelor considerate. Operația preliminară începe cu o selectare a parametrilor luați în considerare ca fiind reprezentativi pentru evaluarea vulnerabilității apelor subterane. Fiecare dintre parametrii reținuți este ordonat și apoi subdivizat într-o ierarhizare discretă. Fiecare interval primește o valoare ce reflectă gradul relativ de vulnerabilitate și punctele evaluate (cu aceeași valoare) sunt însumate. Rezultatul numeric final este împărțit în zone reprezentative, ce exprimă gradul de vulnerabilitate relativă. Metoda are dezavantajul că este scumpă;
- *modele de relații analoage și numerice* bazate pe simboluri matematice, rezultate din indexul de vulnerabilitate. Această metodă este folosită numai pentru evaluarea anumitor vulnerabilități specifice.

Evaluarea vulnerabilității trebuie să se bazeze mai degrabă pe cunoașterea condițiilor hidrogeologice decât pe metode generale sau evaluări/prelucrări automate. O combinație între modele de simulare a acviferului și sistemul de informații geografice oferă avantaje deosebite în aprecierea vulnerabilității.

Evaluarea vulnerabilității presupune buna cunoaștere a datelor hidrogeologice și hidrochimice, precum și localizarea potențialelor surse de contaminare.

Mărimea/riscul vulnerabilității la poluare a apelor subterane a fost folosit - uneori în mod greșit - în scopul supravegherii potențialului de poluare a acviferelor.

Mărimea vulnerabilității este dată, în general, de cartarea/cunoașterea potențialului de contaminare a mediului, folosind mai mulți factori pentru evaluarea potențialului de poluare.

Gradul de încredere al aprecierilor depinde de cantitatea și calitatea datelor reprezentative și de gradul de încredere pe care-l conferă acestea, dar aceste date nu sunt întotdeauna disponibile. Cu cât sunt mai puține date și informații asupra sistemului acvifer, cu atât este mai relativă aprecierea asupra vulnerabilității apelor subterane.

Selectarea metodelor de evaluare și necesitățile de date sunt în funcție de aprecierea și criteriile cerute de utilizator. Vulnerabilitatea este cerută cel mai adesea în termeni de calitate a apei și aprecierea se face pentru acviferul cel mai apropiat de suprafața terenului. Aprecieri asupra acviferelor de adâncime se cer mai puțin, dar cazul Stratelor de Frățești și acviferelor din Dobrogea de sud merită o atenție specială.

Toate apele subterane - poate cu excepția celor juvenile și a celor fosile, care nu sunt cuprinse în ciclul hidrologic - sunt vulnerabile în diferite grade. Dar, așa cum s-a menționat anterior, apele pot fi vulnerabile la poluare și ca urmare a unei execuții necorespunzătoare a forajelor hidrogeologice, în special prin neînchiderea eficientă a orizonturilor superioare, deja poluate.

În scopul aprecierii vulnerabilității la poluare a apelor subterane pot fi folosiți izotopii naturali/de mediu ^{18}O , ^2H , ^3H , ^{13}C , ^{34}S și ^{14}N pentru determinarea originii, vârstei și timpului de rezidență în acvifer a apelor subterane (A. Țenu și colab. pentru acviferele din Dobrogea de sud).

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Cele mai importante criterii luate în considerare în aprecierea vulnerabilității specifice a apelor subterane sunt impactul antropic, modul de utilizare a terenului și densitatea populației. Este o diferență fundamentală între terenul supus presiunii antropice (agricultură, industrie, depozite, așezări umane) și terenurile în regim natural (păduri, terenuri necultivate, zone nepopulate). Cu cât este mai mare densitatea populației pe unitatea de suprafață, cu atât este mai mare pericolul potențial și cel real de poluare a sistemelor acvifere.

Evaluarea vulnerabilității apelor subterane se face de la caz la caz, luându-se în considerare proprietățile fizice și chimice ale fiecărui poluant, tipul sursei de poluare (punctual/difuză), cantitatea, calitatea și timpul de folosire a poluantului. Această evaluare este mai ușor de făcut pe suprafețe mici decât pe suprafețe mari.

Aprecierea vulnerabilității sistemelor acvifere necesită o bună cunoaștere a datelor hidrogeologice, hidrochimice, a poluanților, precum și localizarea punctelor/zonelor potențiale de poluare. Adunarea acestor date poate fi scumpă și grea. De aceea, este recomandabil să se folosească datele disponibile, făcându-se un minim efort pentru obținerea de date noi.

În anexa 2.12 sunt prezentate datele necesare pentru aprecierea vulnerabilității apelor subterane și cartografierea lor.

Informațiile absolut necesare pentru aprecierea vulnerabilității sunt:

- *Orohidrografie*: altitudine, morfologie, energie de relief, gradul de fragmentare a reliefului, suprafața bazinelor hidrografice, lungimea rețelelor hidrografice, densitatea rețelei hidrografice, alunecări de teren;
- *Climatologie*: precipitații medii multianuale, temperaturi medii multianuale, evapotranspirația valori medii multianuale, durata înghețului, precipitații maxime/24 h, intervale de secetă;
- *Hidrologie*: debitul scurgerii fluviale, analiza hidrografului, scurgerea de bază, valoarea scurgerii, schimburi de apă cu sistemele acvifere, amenajări hidrotehnice;
- *Soluri*: grosime, structură, textură, compoziție mineralogică, proprietăți fizice și chimice, porozitate, permeabilitate, umiditate, capacitate de infiltrare, regimul apelor din sol, curgerea subhipodermică;
- *Pătura vegetală*: folosirea terenului, grad de acoperire, tip de vegetație, zone silvice, zone agricole, zone pomicole, zone viticole, poluanți potențiali.

Hidrogeologie

- *Zona nesaturată*: adâncime până la nivelul apei, litostratigrafie, geometrie, grad de carstificare, porozitate efectivă, grad de saturare a depozitelor superficiale, permeabilitatea verticală efectivă, viteza efectivă de curgere, valoarea infiltrației, realimentarea netă/eficace;
- *Zona saturată*: litostratigrafie, structură geologică, geometrie, porozitate efectivă, tip de permeabilitate (primară/secundară), transmisivitate, înmagazinare, conductivitate hidraulică a acviferului, tip de acvifer (cu nivel liber, semicaptiv, captiv), variațiile nivelului piezometric, gradienti hidraulici, direcții de curgere, viteza efectivă de curgere, cumpăna de ape subterane, schimburi de apă cu apele de suprafață sau acviferele adiacente, drenanțe, ape cu caracter azonal.

Chimie

- *Hidrochimie*: proprietățile fizico-chimice ale apelor de suprafață și subterane, trasori chimici, conținutul izotopic, vârsta și timpul de rezidență a apelor în acvifer, mărimi/cantități caracteristice, distribuția calitativă a apelor de suprafață și subterane.
- *Proprietățile poluanților*: modificări în calitatea apelor, poluanți prezenți/identificați și proprietățile lor fizico-chimice, concentrații, timp de înjumătățire, persistență, mobilitate, dispersivitate, capacitate de schimb cationic.

Poluarea biologică

- *Folosirea apelor*: puncte de descărcare (izvoare, foraje, drenuri) și precizarea punctelor de extragere a apei, surse de suprafață și subterane, distribuție, folosințe, debite și denivelări la pompări și recomandate în exploatare irigații, lucrări de desecare/asecare/drenaj, localizarea și mărirea infiltrațiilor de realimentare a sistemului.
- *Impactul antropic asupra mediului*: mărirea suprafețelor urbane, amplasarea și tipul platformelor industriale, surse de poluare existente și potențiale, puncte/zone potențiale de pătrundere a poluantului (gropi de gunoi), obiectivele principale ale protecției apelor subterane.

Folosirea teledetecției

Prin folosirea teledetecției, se pot obține informații privind:

- răspândirea zonelor cu valoare mare a drenajului vertical (permeabilitate mare, limitată sau limita de separare zero);
- localizarea zonelor permanent umede (adâncimi mici până la nivelul apei subterane, pierderile/aporturile importante din apele de suprafață în acviferele subiacente sau limitrofe);
- descărcările de ape termale în mediile acvatice continentale, lacustre și marine;
- modul de folosire a terenurilor, care permite să se evalueze existența surselor potențiale de poluare (substanțe pentru chimizarea agriculturii, pierderi/evacuări de ape de pe platformele industriale);
- natura acoperișului vegetal (care este în funcție și de natura formațiunilor subiacente);
- analiza texturii solului pusă în evidență prin analiza spectrală integrală (analiza pe grupe) și analiza morfologică;
- complexe hidrogeologice și identificarea caracteristicilor acestora.

5.4.1. Hărțile de vulnerabilitate

După J. Margat, vulnerabilitatea la poluare este în funcție de condițiile hidrogeologice și ea poate fi apreciată pe baza hărților întocmite în acest scop, protecția apelor subterane fiind diferită de la o zonă la alta: unele zone sunt mai vulnerabile decât altele, fiecare având alt potențial/sensibilitate de poluare.

Hărțile de vulnerabilitate a apelor subterane sunt folosite în scopuri de protecție și gospodărire rațională a apelor subterane și pentru luarea de decizii la orice nivel de conducere.

O primă utilizare a hărților este în gospodărirea resurselor de ape subterane și luarea de decizii privind folosirea terenurilor și protecția apelor subterane. Ele sunt analizate împreună cu cele privind utilizarea terenurilor, calitatea apelor subterane și inventarul surselor de poluare.

Scopul hărților de vulnerabilitate este acela de a arăta riscul la poluare al apelor subterane. De aceea, ele trebuie să conțină informații/date care să permită luarea de decizii privind protecția apelor subterane și a terenurilor, precum și un prim diagnostic asupra impactului poluărilor accidentale. De aceea, toate elementele trebuie cartografiate pe o singură hartă. Hărțile arată sursele potențiale de poluare a apelor subterane și de aceea ele sunt absolut necesare.

Scara hărților se alege în funcție de scopul urmărit, caracterul și complexitatea hidrogeologică, precum și în funcție de gradul de precizie a datelor necesare pentru rezolvarea problemei.

Harta de vulnerabilitate nu este statică, ci dinamică.

Redactarea hărților de vulnerabilitate presupune o evaluare preliminară, cât mai apropiată de realitate, a numărului, răspândirii și a calității datelor disponibile ce pot fi măsurate. Evaluarea situației existente determină scara și legenda hărții.

În acest sens, este necesară corelarea a trei aspecte importante:

- densitatea punctelor cercetate/luate în considerare;
- volumul informațiilor certe pentru fiecare punct;

- scara aleasă pentru redactarea hărții.

Se va reține că folosirea de date incerte, neverificate conduce la concluzii eronate, cu consecințe grave asupra calității apelor subterane.

Scara hărții determină gradul de precizie și gradul de generalizare a datelor și a valorilor parametrilor cartografați. Ea determină, grafic, reprezentarea vulnerabilității.

Pe hărți trebuie consemnată natura petrografică a rocilor din întreg sistemul acvifer, nu numai a acviferului, deoarece ele au rol în definirea potențialului de poluare.

Pentru fiecare tip de acvifer se menționează natura petrografică, permeabilitatea, direcția și viteza de curgere a apelor subterane.

Pe hartă se mai consemnează punctele/zonile de alimentare, suprafețele irigate, arealele în care acviferele sunt acoperite de strate permeabile sau semipermeabile.

Este recomandabil ca, pe hărți speciale, să fie înscrise caracteristicile terenurilor din zona nesaturată și cea saturată, cu referire la comportarea lor față de percolarea poluanților.

În acest sens, harta trebuie:

- să ofere o informare cantitativă cât mai precisă asupra sensibilității acviferului la impactul antropic;
- să ofere o comparare a sensibilității relative a acviferului la impactul antropic;
- să ofere o comparare a sensibilității relative între diferite zone ale sistemului acvifer;
- să folosească toate datele disponibile și corecte pentru o cât mai bună interpretare;
- să permită luarea de decizii.

Harta vulnerabilității apelor subterane evidențiază zone și diferite grade de vulnerabilitate, dar ele nu reprezintă valori absolute. Ea oferă, mai mult sau mai puțin subiectiv, o privire asupra capacității mediului subteran de a proteja calitatea apelor subterane. Ea are un caracter subiectiv, deoarece conținutul lor trebuie să răspundă cererilor sau criteriilor avute în vedere de cel care folosește harta: harta va prezenta zone cu potențiale diferite pentru scopul și folosința propusă.

Hărțile de vulnerabilitate sunt un instrument de lucru pentru profesioniști în scopul aprecierii potențialului de vulnerabilitate local și regional, să identifice suprafețele susceptibile a fi poluate și să conducă spre aprecierea gradului relativ de preocupare și efort necesar pentru o evaluare cât mai corectă a situației și a măsurilor ce se impun a fi luate pentru ameliorarea și remedierea aspectelor legate de poluarea sistemelor acvifere.

Ele trebuie să arate în care zone apele subterane au probleme și care zone trebuie studiate în mod special. În același timp, ele pot fi folosite pentru proiectarea rețelei de foraje hidrogeologice de supraveghere și alertă, precum și pentru evaluarea pericolului de poluare și a intensității poluării.

Se precizează că pentru rețeaua de supraveghere a apelor subterane - execuție, întreținere și exploatare - sunt necesare resurse financiare importante.

Hărțile de vulnerabilitate nu reprezintă elemente ale sistemului de ape subterane, ci caracteristicile acestor elemente și sensibilitatea lor la poluarea apelor subterane, zonarea lor în funcție de potențialul lor diferit pentru anumite scopuri și folosințe. Valoarea lor este în funcție de timp, fiind necesar să fie reactualizate în conformitate cu modificările ce apar în regimul apelor subterane, de natura și locul activităților antropice.

Hărțile de vulnerabilitate se întocmesc pentru situația existentă, dar cu consecințe pentru un viitor mai mult sau mai puțin apropiat.

Cantitatea, calitatea și distribuția datelor de bază determină gradul de evaluare a vulnerabilității apelor subterane. Există o strânsă corelare între densitatea punctelor de observație, valoarea datelor obținute și orice punct măsurat și scara la care se întocmește harta.

Înainte de a se alege metoda de evaluare a vulnerabilității apelor subterane, trebuie verificat gradul de încredere al datelor primare. O atenție deosebită trebuie acordată concordanței datelor ce vor fi cartografiate.

Se pot întocmi mai multe hărți ce cuprind caracteristici individuale ale unor indicatori sau parametri ai acestora, putându-se obține o hartă compusă/atlas a vulnerabilității.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Suprapunerea datelor individuale se poate realiza folosindu-se și computerele, pe baza diferitelor programe existente (ARC/INFO, ERDAS).

Scopul hărților este de a-i informa pe gestionarii resurselor de apă, pe proiectanți și pe factorii de decizie și control asupra riscului de poluare și de prevenire a poluării.

De asemenea, pot fi folosite pentru educarea oamenilor asupra necesității protecției apelor subterane, ca parte a sistemului ecologic și în interesul sănătății lor.

Limitele de folosire a hărților sunt determinate mai ales de lipsa de date reprezentative - cantitativ și calitativ - și a corelării lor cu scara hărții întocmite, de o insuficientă descriere a condițiilor naturale (în special geologic și hidrogeologic), lipsa unei metodologii acceptate, limitele de verificare și control al evaluării poluării, datorită timpului îndelungat în care se produc procesele implicate în vulnerabilitatea apelor subterane.

Harta de vulnerabilitate trebuie să fie însoțită de o prezentare a premiselor de la care s-a plecat la întocmirea hărții și a metodologiei folosite pentru întocmirea hărții, precum și precizarea gradului de certitudine a datelor prezentate. De cea mai mare importanță este gradul de credibilitate a datelor prezentate, chiar dacă ele nu sunt prea numeroase, dar, în orice caz, harta nu poate înlocui studiile necesare ce trebuie executate în acest scop pe teren.

Harta trebuie să aibă o bună legendă explicativă și un text explicativ corespunzător, nu trebuie să fie prea încărcată sau prea sofisticată, pentru a nu da naștere la interpretări greșite.

În acest sens, este necesar:

- recunoașterea și acceptarea definiției: ce se înțelege prin vulnerabilitate spre a se evita confuziile;
- acordul asupra unei acceptări generale a cartografierii vulnerabilității și a consecvenței în folosirea metodelor și simbolurilor ce reprezintă vulnerabilitatea pe hărți, pentru facilitarea interpretării, și stabilirea standardelor pentru simbolurile ce vor fi cartografiate, conținutului hărții și formatului hărții;
- verificarea gradului de certitudine al hărților de vulnerabilitate, atât pentru situația de la o anumită dată, cât și - în limite acceptabile - a prognozei pentru o anumită perioadă.

Datele cartografiate pe o hartă de vulnerabilitate sunt de două categorii:

A - datele legate de vulnerabilitatea intrinsecă a apelor subterane:

- natura și grosimea formațiunilor ce acoperă acviferul, deosebindu-se cinci clase de vulnerabilitate: foarte mare, mare, medie, mică și foarte mică;
- tipurile de sol și informații asupra intervalului/grosimii acviferului nesaturat;

B - datele ce se referă la potențialul de poluare și are în vedere natura zonei nesaturate din acvifer. Această informație este deosebit de importantă (mai ales la acviferele în rețea), ele reprezentând clasa de vulnerabilitate.

Hărțile sunt completate cu secțiuni, grafice, tabele, diagrame etc.

Hărțile de vulnerabilitate ale apelor subterane nu reprezintă un panaceu, ci ele reprezintă punctul de plecare pentru întocmirea programelor de protecție a apelor subterane.

Ele se întocmesc plecând de la o hartă hidrogeologică, dar diferă de aceasta, ele fiind interpretative și folosesc pentru orientarea studiilor și măsurărilor ce trebuie efectuate. Informațiile hidrogeologice sunt esențiale pentru protecția efectivă și supravegherea calității apelor.

Hărțile de vulnerabilitate oferă numai o imagine generală, și nu detalii ce pot fi folosite în scopul soluționării problemelor/cauzelor apărute, iar o interpretare greșită a lor poate conduce la luarea unor decizii eronate privind protecția apelor subterane. De aceea, ele trebuie să conțină precizări privind limitele de folosire a lor, precum și recomandări cum trebuie folosite.

Transformarea hărții hidrogeologice în hartă a vulnerabilității apelor subterane se face cu ajutorul legendei:

- legenda trebuie să fie clară, concisă și cuprinzătoare;
- simbolurile folosite trebuie să evidențieze vulnerabilitatea, folosind analogiile cartografice;
- legenda să fie conform Legendei Internaționale pentru hărțile hidrogeologice (UNESCO 1970).

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Fiecare caz de vulnerabilitate este specific și cere o abordare corespunzătoare. Hidrogeologul hotărăște ce tip de hartă și ce scară a hărții sunt recomandate pentru scopul urmărit.

Hărțile de vulnerabilitate a apelor subterane se bazează pe:

- adâncimea nivelului apei subterane;
- permeabilitatea depozitelor acoperitoare;
- relațiile dintre apele de suprafață și cele subterane;
- mărimea vitezei de curgere a apelor subterane, dar ele nu fac referire la migrarea poluantului de la suprafața terenului spre apele subterane.

Situațiile hidrogeologice sunt atât de diverse, încât este dificil să se încerce o standardizare corespunzătoare a cartografierii vulnerabilității acviferelor, dar este important să fie acceptate definițiile care evidențiază cel mai bine diferitele condiții și situații spre a se evita ambiguitățile și confuziile.

Un exemplu în acest sens poate fi spectrul de curgere în cazul unui foraj în pompă, foraj situat în apropierea unui râu (**figura 5.10**).

După cum s-a menționat anterior, hărțile de vulnerabilitate a apelor subterane sunt întocmite prin interpretarea hărților hidrogeologice, dar ele nu conțin elemente referitoare la sistemul de ape subterane, ci numai caracteristici specifice ale elementelor ce definesc vulnerabilitatea apelor subterane.

Principalele atribute ale unei hărți de vulnerabilitate sunt:

- să nu fie complicată, să conțină numai datele strict necesare;
- datele conținute să fie suficiente;
- să fie ușor citită și repede înțeleasă.

Cartografierea vulnerabilității la poluare a apelor subterane este tehnica de a cuantifica valoarea vulnerabilității, în măsura în care datele disponibile permit o cuantificare.

Hărțile de vulnerabilitate nu pot fi întocmite fără a fi luați în considerare factori individuali, pentru a se determina omogenitatea zonei studiate și capacitatea acestora de atenuare a poluanților.

Harta vulnerabilității intrinseci se bazează pe evaluarea factorilor naturali, așa cum sunt solurile, zona nesaturată, proprietățile acviferului, mărimea realimentării.

O hartă a vulnerabilității intrinseci evidențiază modificările riscului pe o singură suprafață: un risc - o hartă pentru un singur scop. O etapă, o fază mai avansată - un risc, o hartă pentru mai multe scopuri - este o hartă a vulnerabilității specifice, care evidențiază atât potențialul sistemului sol - zonă nesaturată - sistem acvifer la poluare, cât și localizarea surselor existente și potențiale de poluare.

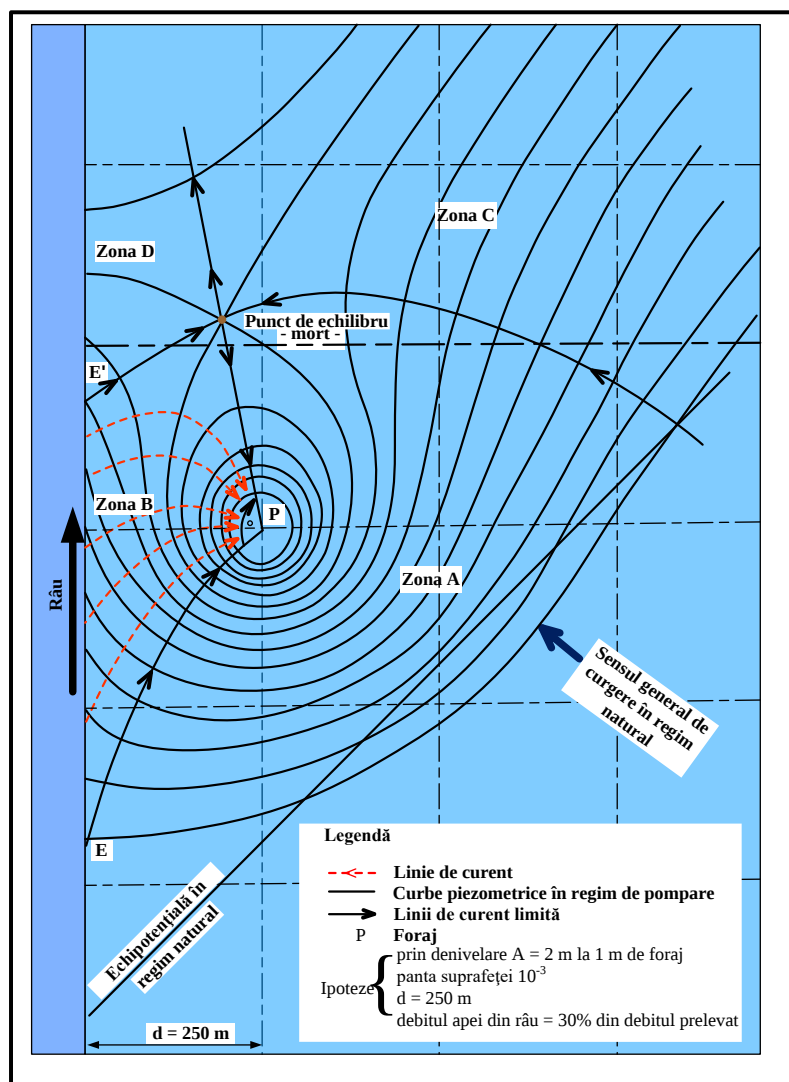


Figura 5.10 – Foraj în pompă în apropierea unui râu
(din Andrée Lallemand Barrés și Jean Claude Roux)

Pe o hartă a vulnerabilității trebuie marcate/consemnate obiectivele ce trebuie protejate.

Unele date cartografiate pe harta de vulnerabilitate nu se modifică/schimbă în timp în mod natural (litologie, structură geologică), dar activitatea antropică poate produce unele modificări (platforme industriale, săpături, cariere, exploatări miniere, gropi de gunoi, derivații și modificări în regimul apelor de suprafață, introducerea irigațiilor) și ele nu trebuie să lipsească de pe hartă, care, permanent, trebuie ținută la zi.

Se precizează: hărțile de vulnerabilitate nu sunt statice, ci sunt hărți dinamice.

Etapele de întocmire a hărților de vulnerabilitate sunt următoarele:

Etapa I

1. adunarea și selectarea datelor topografice, litostratigrafice și structurale și întocmirea hărții de bază în funcție de omogenitatea hidrostructurilor/sistemelor acvifere;
2. întocmirea hărții/calcurilor transparente ale solului și formațiunilor acoperitoare, o atenție deosebită acordându-se naturii litologice a lor, grosimii și permeabilității lor;
3. desenarea calcurilor cu densitatea rețelei hidrografice;
4. identificarea suprafețelor similare omogene prin suprapunerea celor trei hărți menționate anterior.

Etapa II - pentru fiecare suprafață omogenă

5. întocmirea hărții/calcurilor cu adâncimea nivelului apei, pe baza nivelurilor medii înregistrate;

6. redactarea hărții/calcurilor cu caracteristicile hidrogeologice ale acviferului, la nivelul de detaliu și precizie al datelor disponibile;
7. realizarea hărții de realimentare;
8. identificarea zonelor omogene din punct de vedere al vulnerabilității intrinseci, rezultate din suprapunerea hărților de la punctele 5, 6, 7 peste harta din etapa I.

Etapă III - pentru întreaga zonă

9. realizarea hărții/calcurilor cu caracteristicile hidrodinamice ale acviferului și geometria lui (direcții de curgere, cumpăna de ape, limite potențiale de alimentare);
10. realizarea hărții/calcurilor cu sursele de poluare existente și potențiale, zone de intrare existente și potențiale ale poluantului, obiective avute în vedere pentru protecție;
11. întocmirea hărții de vulnerabilitate specifică prin suprapunerea hărților de la 9 și 10 peste harta 8 din etapa II.

Pe harta primară, de bază, se suprapun calcurile transparente, care prezintă situația la zi a tuturor modificărilor.

Metodologia cea mai folosită este cea a mai multor hărți transparente suprapuse, fiind posibil să se selecteze grupe și subgrupe de informații din datele disponibile, pentru aprecierea vulnerabilității intrinseci.

De asemenea, poate fi folosită metoda G.I.S.

Metodologia de cartografiere este generală și ea se aplică de la caz la caz, reținându-se parametrii cei mai importanți pentru fiecare situație.

5.4.2. Cartografierea hărților de vulnerabilitate

Până în prezent nu s-a reușit o coordonare și o standardizare privind cartografierea hărților de vulnerabilitate.

Pentru fiecare grad de vulnerabilitate se realizează o legendă cu simboluri diferite pentru hartă și secțiuni, folosindu-se foarte mult culorile.

Legenda trebuie să evidențieze:

- condițiile de poluare a acviferelor - surse de poluare;
- punctele fierbinți de poluare concentrată;
- folosirea pământului și poluarea difuză prin agricultură;
- calitatea apelor subterane și răspândirea lor;
- densitatea rețelei hidrografice;
- principalii parametri hidrogeologici (curbe izofreat și hidroizohipse, condiții la limită, direcții, de curgere și gradienti).

Intensitatea culorilor arată gradul sau riscul de poluare, iar hărțile trebuie să fie însoțite în mod obligatoriu de un text explicativ.

5.4.3. Scopul hărților de vulnerabilitate

Hărțile de vulnerabilitate a apelor subterane sunt hărți importante, deoarece ele prezintă cantitativ sau calitativ anumite caracteristici/parametri ai mediului subteran, permițând să se aprecieze vulnerabilitatea la poluare a apelor subterane.

Principalul lor scop este să servească drept ghid pentru zonarea/delimitarea folosirii terenurilor și dezvoltarea politicii și strategiei de supraveghere și protecție a apelor subterane.

Aprecierea vulnerabilității constituie primul și cel mai important pas în protecția apelor subterane, surse potențiale pentru alimentare cu apă potabilă.

Ele sunt documente importante și pentru monitorizarea mediului, dar ele nu trebuie folosite peste limitele pe care le au fiecare dintre ele.

Unul din conceptele fundamentale ale vulnerabilității apelor subterane este acela că unele suprafețe de teren contribuie ușor la poluarea apelor subterane, iar altele mai puțin.

Această apreciere este reprezentată cartografic pe hărți, care pun în evidență zone neomogene, cu diferite grade de vulnerabilitate. Deosebirea dintre zone este arbitrară, deoarece hărțile evidențiază numai vulnerabilitatea relativă a unor suprafețe față de altele și nu prezintă valori absolute.

La întocmirea hărților de vulnerabilitate trebuie avut în vedere că aprecierea vulnerabilității și cartografierea datelor ce o definesc trebuie corelate cu alte activități cum ar fi recoltarea de probe de apă pentru analizarea lor în scopul cunoașterii calității apei, analiza riscului asupra sănătății oamenilor, precum și a mediului. Procedând în acest mod, pe baza datelor oferite de hartă, pot fi luate unele decizii pentru viitor, dacă și unde cercetarea apelor subterane ridică mai multe probleme privind protecția lor.

Harta vulnerabilității poate fi folosită/interpretată împreună cu cea a folosirii/amenajării teritoriului, a calității apelor subterane, a poluării surselor și aprecierea resurselor financiare și umane pentru remedierea situațiilor, în zonele cele mai vulnerabile, mai expuse poluării.

Toate datele cartografiate au ca scop întocmirea programului de protecție a apelor subterane, iar scopul final este controlul impactului antropic și concentrarea eforturilor în folosirea terenurilor și reducerea poluării existente sau potențiale la surse.

Cea mai mare importanță a acestor hărți este aceea că ele pot fi folosite din primele faze de gospodărire, politică și nivele operaționale pentru luarea deciziilor privind supravegherea și protecția apelor subterane și îi pot ajuta pe proiectanți și legislatori să se informeze pentru a lua decizii privind amenajarea și folosirea teritoriului, precum și protecția calității apelor. Pe baza datelor pe care le oferă hărțile, se pot stabili priorități în dezvoltarea regională.

Harta vulnerabilității este o parte importantă în stabilirea țărilor politicii de protecție a apelor subterane și vine în ajutorul celor care iau decizii în aprecierea eforturilor ce trebuie făcute pentru evitarea riscurilor de vulnerabilitate și de a analiza eforturile societății în a preveni problemele ce pot să apară, legat de protecția apelor subterane.

Dacă activitățile poluante nu pot fi înlăturate, atunci este necesar să fie căutate alte amplasamente, în care potențialul de deteriorare a mediului este mai mic sau acceptabil.

Hărțile de vulnerabilitate pot fi folosite pentru educarea și pregătirea celor ce se ocupă de gospodărirea apelor, a legislatorilor și a factorilor de decizie în protecția apelor subterane și prevenirea poluării. Ele pot fi folosite și pentru educarea populației, explicându-se ce înseamnă vulnerabilitatea la poluare.

Hărțile trebuie să fie ușor lizibile, să aibă o legendă explicativă și note explicative ce pot fi ușor înțelese, ele fiind întocmite în scopuri practice. Nu trebuie să fie sofisticate și nici supraîncărcate, deoarece devin greu de înțeles sau chiar greșit interpretate.

Pentru o bună înțelegere, hărțile trebuie să evidențieze situația poluării atât spațial, cât și temporal.

5.4.4. Limitele hărților de vulnerabilitate

O lipsă importantă a lor este determinată de cantitatea și calitatea datelor necesare pentru realizarea unei hărți reprezentative. Utilitatea hărții este în funcție de scara și data la care a fost întocmită. Scara hărții determină precizia datelor, gradul de sintetizare și valoarea parametrilor înscrși pe ea. În acest sens, este de mare importanță pregătirea și experiența celui care întocmește harta.

Scopul hărților își are limitele lui, deoarece mediul fizic - complicat și heterogen - nu poate fi prezentat cu acuratețe, fiind folosită extrapolarea, plecând de la un număr restrâns de puncte de observație. Hărțile hidrogeologice prezintă caracteristici generale, dar ele sunt destul de departe de informațiile necesare și, de aceea, de multe ori ele sunt necorespunzătoare acestui scop. Ca urmare, hărțile de vulnerabilitate bazate numai pe hărțile hidrogeologice sunt necorespunzătoare din cauza limitării posibilităților de prezentare și a datelor insuficiente pe care acestea le conțin.

Un rol important îl are intuiția/puterea de analiză/priceperea celui care întocmește harta, în aprecierea vulnerabilității acviferului față de fiecare poluant, în încercarea de a defini clasa de vulnerabilitate.

În general, autorii sunt de acord care parametri sunt importanți, dar nu acceptă o metodologie pentru combinarea acestor parametri în afirmarea vulnerabilității. După cum s-a mai menționat, nici terminologia și nici criteriile de apreciere nu sunt standardizate. Chiar dacă se pleacă de la aceleași date primare, autorii pot ajunge la concluzii diferite, încă nu s-a definitivat o metodologie pentru întocmirea hărților de vulnerabilitate privind parametrii ce trebuie înscrși pe hartă, nici sinteza/comasarea lor și nici clasele sau categoriile de vulnerabilitate. De aceea, hărțile existente nu pot fi comparate între ele, deoarece fiecare dintre ele reflectă nota de subiectivism a autorului.

În ceea ce privește timpul în care se produc procesele implicate în aprecierea vulnerabilității apelor subterane este - adesea - atât de mare încât posibilitățile de verificare a aprecierii vulnerabilității sunt reduse, fiind foarte greu să se reconstituie poziția originală a suprafeței poluate.

Aprecierea vulnerabilității privește atât acviferele poluate, cât și cele nepoluate: orice informație privind un acvifer poluat poate fi folosită pentru aprecierea vulnerabilității unui acvifer nepoluat.

Aprecierea vulnerabilității este de multe ori subiectivă, nu bazată pe calcule și de aceea este puțin probabil ca aceeași metodă să fie folosită în situații diferite.

Este o realitate dureroasă că, de foarte multe ori, verificarea și validarea hărților de vulnerabilitate nu se poate face decât după ce poluarea a ajuns în acvifer sau la captare.

5.4.5. Folosirea greșită a hărților de vulnerabilitate

Folosirea hărților de vulnerabilitate este condiționată de o deficiență în sinteza datelor mai multor factori și agenți poluanți: valoarea datelor și scara hărții sunt într-un echilibru delicat/precar și orice încercare de a modifica acest echilibru va conduce la erori grave.

Cea mai gravă greșeală posibilă este încercarea de extrapolare a informațiilor existente, pentru o situație dată, la scară regională.

Fiecare tip de hartă de vulnerabilitate trebuie folosită numai pentru scopul în care a fost întocmită.

O hartă generală a vulnerabilității intrinseci a principalelor sisteme acvifere este corespunzătoare spre a fi folosită la scară regională.

O hartă a vulnerabilității nu poate fi folosită ca înlocuitor al studiilor necesare pe teren. Ea oferă numai informații preliminare asupra potențialului de vulnerabilitate a zonei, fiind necesară efectuarea de studii de teren.

Cel mai mare paradox în folosirea hărților de vulnerabilitate este acela că, în ciuda limitărilor tehnico-științifice pe care le prezintă, ele au multe întrebuniări. Ele oferă informații folositoare, asupra limitării și agresiunii mediului, pe care trebuie să se sprijine reglementările în gospodărirea rațională a resurselor de ape subterane. Pe termen lung, hărțile evidențiază limitele lor de reprezentativitate/încredere și criteriile în funcție de care ele trebuie îmbunătățite: scara, premisele și datele folosite, inclusiv generalizarea sau lipsa verificării datelor folosite.

Harta trebuie să evidențieze, în afara premiselor de la care s-a plecat la întocmirea ei, și gradul de încredere cât mai mare pe care poate să-l prezinte.

Este obligatoriu ca neconcordanțele/incertitudinile care apar pe hartă să fie făcute cunoscute utilizatorilor hărților, privind limitele de reprezentare și de încredere ale hărților, precum și scopul pentru care au fost întocmite hărțile, scopul în care pot fi folosite și că harta este însoțită de un text explicativ suficient, în care sunt prezentate premisele de la care s-a plecat, metodologia de întocmire a hărții și gradul de încredere al informațiilor prezentate: cu precizarea propriilor limite, orice hartă de vulnerabilitate poate fi folosită, chiar dacă se bazează pe date insuficiente.

O mare greșeală este folosirea hărților de vulnerabilitate la amplasarea forajelor, fără a avea capacitatea de a înțelege condițiile hidrogeologice, vulnerabilitatea apelor subterane la impactul antropic și înțelegerea conceptului de vulnerabilitate.

Pentru a evita folosirea greșită a hărților de vulnerabilitate este obligatorie informarea potențialilor utilizatori privind limitele în care pot fi folosite hărțile și că ele nu pot cuprinde toate avertismentele necesare sau dorite. Textul ce explică limitele hărților, modul de interpretare și de folosire a lor trebuie să însoțească fiecare hartă.

În scopul de a se evita utilizarea greșită a lor, este absolut necesară reactualizarea lor în timp util, pe baza noilor informații și date apărute.

Harta de vulnerabilitate nu este un document final, ci un document viu, dinamic, care se reactualizează în timp, tinzând spre forma cea mai bună de reprezentare și de apropiere de realitatea momentului pentru care a fost întocmită.

De aceea, este necesară reactualizarea hărților, în scopul de a crește gradul potențial de folosire a lor și spre a evita o interpretare depășită/greșită a lor.

5.4.6. Direcții în cartografierea vulnerabilității apelor subterane

Hărțile de vulnerabilitate a apelor subterane clasifică suprafețele de teren după criterii în funcție de care apele subterane pot fi vulnerabile la activitățile antropice.

Vulnerabilitatea poate fi relativă, cantitativ imprecisă și subiectivă.

În general, au fost întocmite hărți în care vulnerabilitatea apelor subterane era legată de prezența surselor de poluare din zonă, dar ele erau departe de scopul urmărit și nu era evidențiat gradul de risc legat de fiecare poluant.

Deoarece, în ultimul timp, problema protecției apelor subterane a devenit o problemă foarte importantă și prioritară, este necesar să se facă și o evaluare cantitativă a riscului de poluare a sistemelor acvifere.

În acest sens este necesară:

- precizarea, recunoașterea generală și acceptarea definiției de vulnerabilitate;
- acceptarea necesității cartografierii vulnerabilității și consecvență în folosirea metodelor și a simbolurilor de reprezentare a vulnerabilității pe hărți;
- verificarea gradului de încredere al hărților de vulnerabilitate.

În precizarea noțiunii de vulnerabilitate este necesar ca, în definiția de susceptibilitate intrinsecă a unui acvifer la impactul antropic, să fie inclus și potențialul poluanților importanți/cei mai periculoși, potențial ce depinde de tipul sursei de poluare și de modul de eliberare a poluantului, natura lui, cantitatea și durata emisiei/pierderii.

Premisele luate în considerare la întocmirea hărților de vulnerabilitate se referă la informațiile existente asupra proprietăților solului, a rocilor din zona nesaturată și a celor ce constituie acviferul, adâncimea până la nivelul apei (nivelul mediu multianual) și până la substratul impermeabil, dar nu sunt luate în considerare aspectele dinamice ale vulnerabilității, așa cum sunt mărimea și frecvența variațiilor de nivel a apelor subterane, direcția și viteza de curgere a apelor subterane.

Este greu să fie comparate două hărți care au fost întocmite plecând de la premise diferite și folosind metode de cartografiere necomparabile.

Se recomandă standardizarea scărilor, pentru a fi posibilă compararea hărților întocmite de diferite organisme. Mărirea sau micșorarea hărților prin fotografiere sau alte procedee tehnice nu este recomandabilă, deoarece prin mărire nu se obțin detalii suficiente și precise, iar prin reducere se obține o hartă greu descifrabilă, greu de citit.

În ceea ce privește verificarea gradului de încredere, într-un interval de timp scurt, nu se poate testa/aprecia validitatea hărților de vulnerabilitate, timpul având un rol important în producerea poluării și avansarea/dispersarea poluanților în sistemele acvifere.

5.5. Autoepurarea apelor subterane

W. Rehse a propus o metodă empirică de calcul al puterii de epurare a terenurilor în timpul transferului unui poluant de la suprafața terenului până în acvifer, în prima parte a transferului prin circulație verticală până în acvifer și apoi în direcția (cvasi) orizontală în acvifer până la punctul de captare.

Diferitele tipuri de roci sedimentare ce pot fi întâlnite sunt clasificate în funcție de granulometrie, definindu-se grosimile de teren necesare, în condiții nesaturate, pentru o epurare a apelor poluate, deasupra acviferului.

Pentru acvifer, s-au considerat patru categorii de roci sedimentare, determinându-se o lungime de traseu, în funcție de viteza efectivă, pentru a obține o bună epurare.

Fiecare tip de rocă este caracterizată printr-un index:

$$I = \frac{l}{H}$$

unde: H = grosimea în metri a tronsonului vertical.

$$I = \frac{l}{L}$$

unde: L = lungimea în metri a parcursului orizontal în acvifer.

Capacitatea de epurare a terenurilor se calculează astfel:

$$PET = PEV + PEO$$

unde:

PET = capacitatea de epurare totală în timpul parcursului;

PEV = capacitatea de epurare în parcursul vertical;

PEO = capacitatea de epurare în parcursul orizontal.

Epurarea este totală dacă $PET = 1$.

În parcursul vertical, capacitatea de epurare este egală cu:

$$PEV = H_1 I_1 + H_2 I_2 + H_3 I_3 + \dots$$

unde: H_1, H_2, H_3 - grosimile diferitelor tipuri de roci întâlnite;

Dacă $PEV \geq 1$, epurarea este totală în stratele de deasupra acviferului și în această situație nu ar mai fi necesară instituirea perimetrului/zonă de protecție.

Dacă $PEV < 1$, epurarea nu este totală și ea trebuie urmărită în acvifer, în timpul parcursului orizontal.

Atunci, $PEO = 1 - PEV$ = puterea de epurare în acvifer.

Distanța L necesară a fi parcursă orizontal pentru o epurare totală va fi:

$$L = \frac{PEO}{I}$$

Unde:

I - indexul corespunzător materialului acviferului.

În acest caz, L ar corespunde limitei zonei/perimetrului de protecție sanitară în regim sever.

Dacă nu există terenuri care să protejeze acviferul, epurarea se face numai orizontal (acviferele aluvionare, infiltrațiile prin mal și drenurile din aluviuni).

5.6. Cazuri de poluare a apelor subterane în România

În România, problema poluării apelor subterane nu este de dată recentă și primele studii au fost efectuate în ISPIF, studii ce au avut ca obiect atât protecția apelor subterane potabile, a apelor minerale, cât și a apelor subterane din incinta sau din apropierea marilor platforme industriale, în special a celor chimice și a celor petrochimice.

Ca exemple, cităm:

- platforma chimică Turnu Măgurele, apele subterane din zonele limitrofe platformei fiind poluate;
- conul de dejecție al Prahovei, din cauza rafinăriilor din zonă, mai ales platforma petrochimică Brazi;
- izvoarele 4 și 5 de la Sângeorz, care erau poluate cu *Escherichia coli*, din cauza canalizării defecte de deasupra lor;
- izvorul Boholt, care fiind captat în aluviunile pârâului Boholt era întotdeauna poluat la apele mari ale pârâului;
- captarea Gherăești pentru alimentarea cu apă a municipiului Bacău, din cauza combinatelor industriale de pe râul Bistrița, din amonte de captare;
- vechea captare a municipiului Târgu Jiu în aluviunile Jiului, din cauza prafului de cărbune adus de apele Jiului de la stațiile de spălare a cărbunelui din bazinul Petroșani.

Primele studii pentru instituirea perimetrelor de protecție hidrogeologică au fost efectuate în cadrul ISPIF (ISP) în anul 1966 pentru Băile Tinca și Felix - 1 Mai.

În România, rocile carbonatate ocupă o suprafață de 4400 km², ele fiind dezvoltate mai ales în Carpații Meridionali, Carpații Apuseni, Dobrogea și Carpații Orientali.

Cu excepția Dobrogei, toate celelalte unități structurale se află situate în zone cu precipitații cuprinse între 1000 - 1200 mm/an și cu valori reduse ale evapotranspirației, dar cu energie mare de relief, fiind posibilă apariția unor resurgente cu debite importante de apă, de ordinul a 3 m³/s.

Debitele mari și calitățile fizico-chimice și biologice corespunzătoare ale apelor carstice au atras atenția hidrogeologilor și ele au început să fie cercetate după un program complex: cartări geomorfologice, geologice, hidrogeologice, măsurători hidrologice și înregistrări meteorologice, marcări cu trăsori radioactivi și determinarea izotopilor de mediu.

Fiind folosite în special pentru alimentarea cu apă a centrelor populate, s-a acordat o atenție deosebită protecției, calitative și cantitative, a apelor carstice.

Cazurile de poluare a apelor subterane, ce sunt prezentate în continuare, se bazează pe studii și evaluări făcute cu precădere și în mod sistematic până în 1989. După 1990 nu au fost luate măsuri de reabilitare. Mai mult decât atât, activitățile de monitorizare s-au diminuat considerabil, până la dispariție în unele zone.

Deși simple la prima vedere, problemele de hidrogeologie carstică ridică unele aspecte deosebit de complicate, determinate de caracterul azonal al apelor carstice, precum și de poziția lor la limita dintre apele subterane și apele de suprafață. Determinarea condițiilor la limită ale unui bazin sau ale unei structuri hidrocarstice conduc în final la delimitarea și orizontarea formațiunilor carbonatate carstificate, împreună cu toate implicațiile structural-tectonice.

În ceea ce privește determinarea parametrilor hidrogeologici ai structurilor acvifere carstice, metodele de cercetare sunt deosebite în funcție de faza de evoluție a hidrostructurii.

În zonele montane și de orogen, apele carstice se găsesc uneori la adâncimi mari, iar pentru zonele de litoral apare problema contactului apă dulce/apă sărată. În aceste condițiuni, hidrogeologul trebuie să găsească o adâncime mai mică a apei carstice, realizându-se o exploatare economică a lor, iar în al doilea caz, de a menține cota de exploatare la o înălțime suficientă spre a evita impurificarea cu ape marine.

O atenție deosebită trebuie acordată amplasării forajelor pe structuri hidrocarstice, deoarece nu există niciun criteriu sigur de amplasare care să asigure succesul, fără executarea de lucrări speciale. Criteriile de amplasare variază în funcție de importanța pe care fiecare hidrogeolog o

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

acordă diferiților factori care l-au determinat să aleagă amplasamentul (inclusiv metodele de cercetare geofizică).

Principalele jaloane care definesc metodologia de cercetare a apelor carstice sunt rezultatul activității de cercetare a apelor carstice în cadrul ISPIF.

Prima problemă importantă este cea a cunoașterii condițiilor genetice de formare și de apariție a carstului, în care se analizează factorii litologici, stratigrafici, tectonici, morfologici și climatici care au avut rol în apariția și evoluția fenomenelor carstice.

În al doilea rând, trebuie cunoscută morfologia carstică, exogenă, care are influență asupra dezvoltării rețelei hidrografice epigee precum și determinarea condițiilor de infiltrație.

Condițiile de circulație hipogee sunt determinate de morfologia endocarstică, care are un rol important în alegerea metodei de cercetare a apelor carstice.

Este necesar să se cunoască tipurile de carst, caracteristicile și evoluția hidrografiei carstice, ajungându-se astfel la cunoașterea evoluției paleocarstice, care prezintă un interes deosebit.

Tipurile de acvifere carstice sunt definite atât de condițiile morfostructurale cât și de faza de evoluție hidrocarstică, ce determină zonalitatea verticală în carst.

Suprafața mare ocupată de calcare în Dobrogea, Carpații Meridionali, Carpații Apuseni și mai puțin în Carpații Orientali, în condiții morfo-tectonice și de alimentare - descărcare diferite, impun metodologii de cercetare a apelor carstice în funcție de tipul hidrocarstic.

A. Zonarea principalelor acumulări de apă subterană din România în raport cu vulnerabilitatea la poluare

Marea dezvoltare a industriei până în 1990, fără o strategie de a se asigura cel mai bun compromis între necesitățile de apă și protecția mediului - respectiv a apelor subterane - a condus la amplasarea necorespunzătoare a unor platforme industriale, care poluează foarte intens apele subterane, având ca rezultat compromiterea parțială sau totală a unor acvifere sau sisteme acvifere, deteriorarea calității apelor subterane având de cele mai multe ori caracter ireversibil.

Folosirea în agricultură a unor mari cantități de îngrășăminte azotoase, pesticide, dezvoltarea sistemelor de irigații fără a se lua în considerare influențele negative asupra acviferelor freatice și de medie adâncime, au condus la situații deosebit de grave, cum este caracterul nepotabil al apelor freatice, mai ales în Câmpia Română și în Câmpia de Vest.

Trebuie combătută părerea greșită că protecția apelor subterane reprezintă o investiție neproductivă, ajungându-se la situația că se adoptă pseudosoluții, paliative și sancțiuni simbolice, fără consecințe practice pozitive.

Se disting șapte zone cu grade de vulnerabilitate diferite:

- a) vulnerabilitate imediată - cvasiinstantanee: zonele de pășunat și terasele anumitor râuri ce cantonează acvifere freatice, în general neprotejate de un acoperiș relativ impermeabil, propagarea poluării fiind favorizată de marea permeabilitate a acviferelor:
 - râul Moldova în aval de Gura Humorului;
 - râul Bistrița în aval de Piatra Neamț: de aceea captarea de la Gherăești pentru alimentarea cu apă a municipiului Bacău este afectată de poluare;
- b) sectoare cu mare vulnerabilitate:
 - calcarele sarmațiene din Dobrogea de sud;
 - calcarele mezozoice din zonele Caragea - Dermen - Cișmea - Basarabi;
 - conul aluvionar Putna, inclusiv Pietrișurile de Căndești;
 - pajiștile din lunca râului Siret în aval de Adjud;
 - conul aluvionar Prahova – Teleajen;
- c) sectoare cu vulnerabilitate medie, care au un acoperiș gros de câțiva metri, constituit din argile relativ impermeabile sau se constată existența mai multor intercalații argiloase, cu permeabilități foarte reduse: apariția fenomenelor de poluare și propagarea lor în timp fiind mai dificilă:
 - conul aluvionar al Crișului Alb;

- conul aluvionar al Mureșului;
 - lunca și terasele Ialomiței;
 - Someșul în aval de confluența Someșului Mic - Someșul Mare;
 - Someșul Mic în aval de Cluj;
- d) sectoare puțin vulnerabile, în care acoperișul acviferului este relativ gros, asigurând o protecție destul de eficientă a acviferelor, dar poluarea de la suprafață este posibilă fie din cauza forajelor și puțurilor abandonate și necimentate, fie din cauza fenomenelor de drenanță:
- Stratele de Frătești;
 - Nisipurile de Mostiștea – parțial;
- e) sectoare nevulnerabile la poluare (A) - acvifere de profunzime. Acviferele, în general, nu sunt vulnerabile la poluare, cu excepția unei posibile poluări la limitele acviferelor, poluare care se propagă lateral, în timp îndelungat:
- Zona Băicoi - Bănești - Filipești;
 - Zona Sadu - Curtișoara (Gorj);
 - Rovinari;
 - Moșnița - Lugoj;
- f) sectoare nevulnerabile la poluare (B):
- acviferul din Pannonianul Câmpiei de Vest;
 - mari sectoare din nordul și centrul Podișului Moldovenesc, mare parte din Transilvania, cu excepția acviferelor freatice, dar în general aceste acumulări nu sunt importante;
- g) sectoare poluate de factori naturali:
- ape nepotabile, în special din cauza clorurilor, cum sunt zone din Câmpia Brăilei, în partea de sud-est a conului aluvionar Buzău (Călmățui - Sărata) și în platoul Transilvaniei.

B. Tipuri de impacturi ale activității industriale asupra resurselor de ape subterane în România

Până în 1990, apele subterane au fost intens exploatate, ca urmare a industrializării forțate din România:

- amplasarea unităților industriale în zona cu vulnerabilitate ridicată a apelor;
- folosirea de tehnologii ce necesită mari cantități de apă și evacuează o mare cantitate de poluanți;
- gospodărirea necorespunzătoare a depozitării, circulației și descărcării substanțelor poluante;
- lipsa de interes privind combaterea pierderilor de pe platformele industriale;
- insuficienta supraveghere a apelor subterane și o legislație prea îngăduitoare privind penalizarea agenților ce produc poluări.

Au fost evidențiate următoarele tipuri de impact asupra apelor subterane:

a) tipuri de impact cantitativ:

- scăderea nivelului apelor subterane;
- creșterea nivelului apelor subterane;
- subsidența acviferului;
- blocarea acviferului;

b) tipuri de impact calitativ:

- poluarea cu produse petroliere;
- poluare chimică organică;
- poluare chimică anorganică;
- poluare cu metale grele;

c) impactul industrial rezultă din:

- industria minieră (cărbuni, aur, sare, balastiere);
- industria extractivă fluide (petrol și gaze);

- industria petrochimică;
- centrale electrice (hidrocentrale, centrale termice și nucleare);
- industria metalurgică și prelucrătoare;
- industria chimică;
- industria alimentară și prelucrarea laptelui;
- industria celulozei și hârtiei.

C. Problemele poluării apelor subterane pe platformele industriale

Industria petrochimică este cea care poluează cel mai mult și cel mai grav apele subterane.

La punerea în funcțiune a obiectivelor industriale calitatea apelor subterane era bună și suprafața liberă a apelor subterane era scăzută. În timp, s-a constatat o creștere a nivelului apelor subterane și o degradare continuă a calității lor.

Cauzele principale ale acestor schimbări negative ale regimului apelor freatice sunt:

- pierderile inevitabile de ape și produse petroliere din instalațiile tehnologice, conducte, rezervoare, linii de triaj, stații de tratare a apei, indisciplina tehnologică;
- folosirea altor canale pentru transportul fluidelor decât cele proiectate;
- absența stațiilor de tratare a apelor uzate de pe platformele industriale;
- absența măsurilor de protecție împotriva poluării solului și a apelor subterane.

Problemele de protecție a mediului au fost neglijate.

Prin drenarea apelor provenite din pierderile din canalizări, s-a reușit stabilizarea nivelelor apelor subterane.

Frontul de apă subterană poluată se extindea spre aval, pe direcția de curgere a apelor subterane, depășind limitele platformelor industriale, uneori mai mulți kilometri.

La Brazi, la suprafața apei freatice, s-a format un strat de petrol cu grosimi până la 5 m, reprezentând un volum de 11 km³, din care 3,5 km³ în limitele platformei industriale.

La Săvinești și Roznov, poluarea cu NH₄ a ajuns la 3800 mg/l pe mai mulți kilometri în aval de uzine.

Poluarea apelor subterane din zonele platformelor industriale se produce încet în timp și spațiu, greu de sesizat în primele etape de producere a poluării.

Poluarea produce efecte negative persistente, uneori greu de remediat. Dacă sursele de poluare sunt complet eliminate, refacerea calității inițiale a solului și apelor subterane este o acțiune care necesită un timp foarte mare.

Produsele poluante au diferite caracteristici în funcție de procesele și instalațiile de pe platformele industriale.

În rafinarea produselor petroliere, în schele și în depozitele de produse petroliere, poluanții ajunși pe teren au - în prima fază - migrație verticală și apoi, prin franjurile capilare, ajung la suprafața apei freatice. Poluantul nemiscibil cu apa, având greutate specifică mică, se deplasează apoi orizontal prin acvifer.

Dacă poluanții sunt miscibili cu apa, ei sunt răspândiți în apa subterană prin convecție, dispersie și difuzie, astfel încât zona poluată poate atinge dimensiuni foarte mari. Substanțe miscibile cu apa sunt fenoli, cloruri, sulfati, partea solubilă din hidrocarburi.

Se menționează că numai la două platforme industriale - Midia și Corabia - au fost prevăzute în proiect măsuri de protecție a apelor subterane. La Midia, măsurile de protecție au fost impuse de organele de avizare și ele au fost realizate.

La unele platforme industriale poluarea apelor subterane s-a produs cu amploare, intensitate și efecte diferite, fiind specifice fiecărui amplasament. Măsurile de protecție ce trebuie luate sunt scumpe și greu de realizat, din cauza aglomerării instalațiilor și rețelilor tehnologice de pe platforme, iar pentru realizarea lucrărilor de protecție se impune oprirea funcționării instalațiilor pe timpul executării lucrărilor de intervenție.

În prezent, problemele respective sunt diminuate din cauza reducerii dramatice a activității industriale. Se mai poate vorbi de o poluare remanentă.

D. Poluarea apelor subterane la Combinatul Petrochimic Borzești

Pe platforma petrochimică Borzești funcționează trei unități de producție:

- fabrica de cauciuc;
- rafinăria;
- uzina chimică.

Apele subterane nu sunt poluate în același mod în amplasamentele celor trei unități, poluarea fiind în funcție de procesele tehnologice specifice.

În aprecierea modului și a gradului de poluare, au fost luate în considerare rețelele de canalizare și transport al produselor chimice, funcționarea instalațiilor, stațiile de epurare din cuprinsul fiecărei unități.

S-au controlat variația nivelului apelor subterane din fiecare unitate, modul de colectare a poluanților, spre a nu se răspândi dincolo de limitele fiecărei unități industriale și gradul de poluare al apelor subterane din fiecare incintă.

La rafinărie, nivelul apelor subterane se află la adâncimea de 2,5 m, iar produsele petroliere formează un strat de 0,67 m la suprafața apei, ajungând să polueze o suprafață de 3,5 km.

În zona uzinei chimice, nivelul apei subterane ajunge la o adâncime mai mică de 2 m, producându-se o poluare importantă, determinată de modul de funcționare a instalațiilor.

E. Poluarea apelor subterane cu produse petroliere în zona Ploiești

În zona Ploiești se află rafinăriile Brazi, Astra, Teleajen, Vega și nenumărate conducte de transport al petrolului și al produselor rafinate, toate situate pe conul aluvionar Prahova - Teleajen (una din cele 10 mari hidrostructuri din România).

Conul aluvionar are o suprafață de 1000 km, nivelul apelor freatice se află la adâncimi cuprinse între 3 - 10 m, iar capacitatea totală a sistemului acvifer este de 3,5 m/s, din care se exploatează 3 m³/s.

Condițiile tehnico-industriale și cele hidrogeologice au impus o metodologie complexă de cercetare a poluării apelor subterane din zonă.

Au fost identificate următoarele tipuri de surse de poluare:

- permanente, concentrate, de durată: 6 mari obiective: rafinării, triaje, depozite;
- pierderi sistematice din procese tehnologice, transport, rezervoare;
- pierderi din conducte;
- pierderi accidentale.

În aprecierea particularităților zonale ale parametrilor hidrodinamici, s-au luat în considerare:

a) suprafețele poluate

- o suprafață cu poluare intensă, din care poluantul poate fi recuperat;
- o suprafață cu poluare moderată, din care poluantul nu poate fi recuperat, cu formă alungită în direcția de curgere a apelor freatice, ocupând o suprafață de 37 km²;

b) zona de contaminare cu poluant, în care poluantul are grosimi cuprinse între 0,3-5 m, grosimile fiind variabile în timp și spațiu, în funcție de variațiile nivelului apei subterane, care poate fi de ± 5 m, în funcție de condițiile geomorfologice și hidrogeologice;

c) regimul de migrare a frontului de captare, care avansează în timp cu viteze de 50 - 200 m/an.

Cele mai importante efecte ale poluării sunt:

- poluarea apelor acviferului freatic ce constituie frontul de captare Tătărani –Teleajen, fiind poluată 35% din lungimea frontului;
- poluarea apelor acviferului freatic în zonele Tătărani – Bărcănești – Brazi – Bătești – Ploiești – Rafinăria Teleajen – Rafinăria Astra și Rafinăria Vega;
- poluarea apelor de suprafață ale pâraului Dâmbu de către rafinăria Vega;
- poluarea solului și a terenurilor agricole în apropiere de Brazi, în perioadele în care nivelul apelor subterane este ridicat.

Pentru ameliorarea situației s-au propus:

- diminuarea pierderilor prin diferite soluții tehnice;
- recuperarea poluanților din apa freatică prin diferite sisteme;
- măsuri educative de prevenire și adoptarea unei legislații corespunzătoare, inclusiv pregătirea personalului;
- oprirea avansării frontului printr-un sistem ecranare - recuperare;
- realizarea unei rețele de piezometre de observații și efectuarea de studii de prognoză pe baza datelor obținute.

F. Poluarea solului și apei în zona Videle – Poeni

Cele mai grave poluări sunt cele cauzate de produse petroliere apă sărată, care au determinat poluarea apelor de suprafață.

Exploatarea petroliere din zonă au impact negativ asupra mediului: terenurile agricole, apele de suprafață și cele subterane au fost grav poluate.

În exploatarea prin injecție, se recirculă permanent un volum foarte mare de apă 15,2 - 30 mil.m³/zi (176 - 350 l/s) din care:

- 75% se introduc în zăcământ 11,4 - 22,5 mil.m³/zi;
- 25% se tratează în stația de epurare, 3,8 - 7,5 mil.m³/zi, și apoi apa este introdusă în circuitul hidrologic natural, dar în zonă nu există stații de epurare și apa excedentară, neintrodusă în zăcământ, ajunge pe terenurile agricole și forestiere, precum și în apele de suprafață și cele subterane.

Sursele de poluare identificate sunt:

- pierderile de poluanți din zona petrolieră prin diguri, infiltrații în timpul injecțiilor cu apă sărată;
- pierderi accidentale din conductele de transport de suprafață și subterane sau în timpul intervențiilor tehnice;
- pierderile din rezervoare.

Poluarea solului afectează în total 529 ha, cu trupuri cuprinse între 0,01 - 10 ha. Din suprafața totală, 52% este poluată cu apă sărată, apă sărată în combinație cu alte produse petroliere 44%, iar cu produse petroliere numai 4%;

Poluarea apelor de suprafață se produce prin evacuarea în rețeaua hidrografică a lichidelor în caz de avarii, din rețelele de transport, din rezervoare și prin spălarea de către precipitații a terenurilor poluate. Se constată că văile au porțiuni mlăștinoase, în care se găsesc produse petroliere (fenoli, produse organice, apă sărată).

Poluarea apelor subterane este o consecință a poluării solului și a apelor de suprafață. Stratul acoperitor nesaturat al acviferului freatic, cu grosimi de 2 - 5 m, favorizează poluarea cu apă sărată și produse petroliere, constatându-se o deteriorare a calităților organoleptice ale apelor subterane (gust, miros, exces de cloruri).

Poluarea a acționat și asupra altor factori de mediu și implicit și asupra omului.

Fenomenul de poluare crescând cu timpul, a fost necesar să se ia urgent măsuri pentru a preveni, limita și elimina procesul de degradare:

- diminuarea surselor de poluare;
- evacuarea controlată a apei sărate;
- un bun management al activităților;
- scurtarea traseelor conductelor de transport;
- reducerea pierderilor de poluanți din instalațiile tehnologice și din rezervoare;
- măsuri de îmbunătățiri funciare.

În condițiile actuale, sursele de apă freatică nu mai pot fi folosite pentru spălarea solului deoarece sunt poluate, ci numai sursele de medie și mare adâncime, care pot asigura 3-6 l/s/f.

Pentru remedierea situației, este necesar a fi asigurate lucrări pedoameliorative importante:

- asigurarea unui regim de curgere natural pe văile din zonă;
- ameliorarea condițiilor de curgere pe văi;

- curățirea patului și malurilor râurilor de produsele petroliere;
- soluții pentru reabilitarea amenajărilor hidrotehnice existente pe cursul văilor;
- realizarea de sisteme de control și urmărire a poluării și verificarea soluțiilor propuse.

G. Riscul deteriorării calității resurselor de apă din sistemul acvifer al stratelor de Frățești din zona București

Din cauza apropierii Stratelor de Frățești în partea de sud a Bucureștiului de acviferele superioare poluate și din cauza permeabilității mai mari a depozitelor intermediare marno-argiloase în anumite sectoare, se poate ajunge, sub influența depresionării generate de o exploatare intensivă, la deteriorarea calității apei subterane, mai ales din stratul A, cel mai apropiat de suprafața terenului, prin amestecare cu apele poluate rezultate din activitățile urbane, industriale și agricole.

Pietrișurile de Colentina, ce se găsesc la adâncimi de 3 - 17 m până la 10 - 28 m, au grosimi de 3 - 15 m, fiind în contact cu aluviunile Dâmboviței și ale Colentinei.

Nisipurile de Mostiștea, situate la adâncimi de 30 - 35 m până la 35 - 40 m, au grosimi de 5 - 20 m.

Uneori, Pietrișurile de Colentina stau direct peste Nisipurile de Mostiștea.

Orizonturile A, B, și C din Stratele de Frățești au grosimi de 30 - 35 m, fiind separate de strate argiloase cu grosimi de 5 - 40 m.

În nord, sistemul acvifer al Stratelor de Frățești ajunge până la 250 - 450 m adâncime, iar spre sud ajunge până la 60 - 170 m adâncime. Spre vest, spre Neajlov, structura se ridică, astfel încât stratul A și chiar stratul B sunt în contact cu aluviunile râului Neajlov, în sectorul inferior al lui, până la confluența Neajlov - Argeș.

Complexul marnos, care separă Nisipurile de Mostiștea de sistemul acvifer al Stratelor de Frățești ajunge până la 190 m grosime la Otopeni și la 40 m la Jilava. Orizonturile nisipoase din complexul marnos reprezintă 10 - 30%, ajungând până la 45%.

Acviferul freatic din Pietrișurile de Colentina este exploatat cu cca 300 l/s, apele au o direcție de curgere NV-SE, suprafața piezometrică este situată între cotele 90-60, acviferul fiind drenat de văile Colentina și Dâmbovița.

În acviferul mediu - al Nisipurilor de Mostiștea - apele se află sub presiune, nivelul piezometric este situat între cotele +85 – +55, apele au o direcție de curgere NV-SE și se exploatează cca 400 l/s.

Alimentarea Stratelor de Frățești se realizează din precipitații și din rețeaua hidrografică, în zona de aflorare din avantfosa subcarpatică și din precipitații în partea meridională a Platformei Moesice, în zonele unde sistemul acvifer se află în apropierea suprafeței terenului.

În zona București, orizontul A, exploatat cu cca 120 l/s, are un con de depresiune ce ajunge la cota minimă +12,5 (1994).

Orizontul B are suprafața piezometrică minimă de 29,5 m și era exploatat cu 400 l/s (1994).

Orizontul C are o piezometrie asemănătoare cu cea a stratului B și este exploatat cu cca 100 l/s (1994).

Acviferul freatic este în general nepotabil, apele având duritate totală peste limitele admisibile și depășind limitele admisibile și pentru reziduu sec, NO_2^- , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , NO_3^- .

Apa din Nisipurile de Mostiștea este mai bună, dar se constată o depășire a durității totale a reziduuului sec, Mn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , NO_2^- .

Apa din Stratele de Frățești prezintă depășiri la NO_2^- , Fe^{2+} , Mg^{2+} iar stratele B și C mai conțin și H_2S .

Orizontul A este cel mai apropiat de Nisipurile de Mostiștea și de Pietrișurile de Colentina, care conțin ape poluate.

Compoziția chimică a apelor din Stratele de Frățești arată că acestea au o origine comună. Ele prezintă un grad mare de echilibru, reacția lor cu mineralele acviferului fiind destul de slabă. Conținutul în ioni de Na^+ în raport cu cei de Ca^{2+} și Mg^{2+} rezultă din schimbul de ioni care se

produce pe tot parcursul subteran al apei, pe o direcție NV - SE, din zona de alimentare până în zona București (n.a. deși structura se afundă SE - NV).

Exploatarea intensivă a stratului A în zona București, reflectată în piezometria lui, determină modificări ale compoziției chimice ale apei din acest strat, comparativ cu cea a apei din stratul B, mai puțin exploatat.

În stratul B, Na^+ prezintă o tendință de creștere pe direcția generală de curgere NV - SE, spre deosebire de stratul A, a cărui tendință de creștere a acestui indicator este pe direcția SV - NE.

Această situație - în partea de sud a Bucureștiului - se poate explica prin atragerea unor ape mai tinere prin drenanță descendentă și mai ales printr-un aflux posibil din aluviunile Neajlovului, din precipitații și din irigațiile de la sud de București sau din sistemul acvifer cel mai apropiat de suprafața terenului.

În zona de depresionare maximă a nivelului piezometric din stratul A, chimismul apelor poate conduce la concluzia că este posibilă atragerea anumitor ape prin drenanță, din Nisipurile de Mostiștea sau din stratul B, dar grosimea mare a complexului marnos 60 - 80 m, între Nisipurile de Mostiștea și stratul A, arată că este posibil mai degrabă un transfer din stratul B în stratul A, decât din Nisipurile de Mostiștea.

Datele hidrochimice și cele izotopice pun în evidență, în partea de sud a Bucureștiului, pentru stratul A, un amestec de ape vechi cu ape noi, care nu prezintă o poluare evidentă. Se admite că apa mai tânără ar putea fi atrasă prin drenanță descendentă, dar mai ales prin aflux din zona de la sud de București, unde alimentarea stratului A se realizează prin precipitații, irigații și posibil din aluviunile Neajlovului, care prezintă riscul de poluare cel mai mare.

Vârsta apelor din stratul A - în sectorul sudic este apreciată între 15.400 - 17.800 ani, existând și un amestec de ape vechi cu ape tinere, dar în sectorul nordic vârsta este de 31.000 ani, deci numai apă veche, vârsta fiind determinată pe bază de izotopi radioactivi naturali.

În partea centrală a Bucureștiului, zona de depresionare maximă a suprafeței piezometrice din orizontul/stratul A, alimentarea se face prin drenanță, dar nu pot fi cuantificate componentele ascendentă și descendentă: se apreciază că predomină componenta ascendentă.

În partea de nord a Bucureștiului, riscul poluării prin drenanță descendentă este minimal.

H. Impactul drenajului minier asupra acviferului Dacian inferior în județul Gorj

Exploatarea sistemului de drenaj minier din județul Gorj a determinat scăderea cantitativă și degradarea resurselor de ape subterane din zonele limitrofe zonei drenate.

S-a modificat regimul hidric al sistemelor acvifere pliocene, s-au produs modificări geomorfologice, s-au executat fronturi de captare a apelor subterane pentru alimentarea cu apă a localităților, au fost influențate activitățile agricole și industriale, iar echilibrul chimic al apelor subterane s-a deteriorat din cauza poluanților menajeri, industriali și agricoli.

La scară regională, s-au separat acvifere multistrat pe fiecare interval stratigrafic, de la sisteme acvifere cu nivel liber până la acvifere sub presiune.

Curgerea apelor subterane este orientată spre zonele de drenaj natural din sudul Olteniei.

Frecvențele variații de facies se repercutează asupra variabilității parametrilor hidrogeologici.

Rezultatele cercetărilor efectuate au evidențiat următoarele aspecte hidrochimice:

- *un regim natural*: tendința de creștere a reziduului fix cu adâncimea structurii;
- *un regim modificat*: sistemul de drenaj al carierei Roșia de Jiu atrage ape cu concentrație ridicată.

S-a constatat că, pe o zonă mare, calitatea apelor subterane s-a deteriorat, ceea ce a condus la necesitatea tratării apelor subterane înainte de folosirea lor.

Apele subterane din zona cercetată sunt supuse impactului antropic din cauza activităților miniere, care determină poluarea directă prin emisii nocive, substanțe chimice, reziduuri petroliere, pesticide, excavații, tranșe de desecare și puțuri/foraje.

Exploatarea cărbunelui a modificat regimul hidric și de calitate al apelor, în condiții de drenaj forțat, pentru a se asigura exploatarea cărbunelui în condiții de maximă securitate.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

La o exploatare în care drenajul este asigurat prin 57 foraje, din care se pompează 61.500 m³/zi (710 l/s), cu denivelări de 95 - 100 m, acviferul își pierde caracterul artezian, fapt ce conduce la accentuarea fenomenelor de percolație spre acvifer, în zonele de alimentare a lui.

După executarea forajelor de drenaj sau a celor de alimentare cu apă și punerea lor în exploatare, gradientii hidraulici s-au modificat în mod semnificativ.

Prin exploatare intensivă, suprafața piezometrică s-a depresionat, constatându-se o extensie regională a ei sub influența sistemului de drenaj.

Prin simulare, în cariere, pentru intervalul 1984-1993, s-a pus în evidență un transfer din acviferul inferior spre cel superior, ca efect al denivelării determinate de drenajul din cariera Roșia de Jiu. În faza preliminară, cele două acvifere din zonă aveau aceeași sarcină piezometrică și deci nu exista un transfer pe verticală.

În zona de aflorare a Dacianului inferior, exista riscul de poluare a apei înmagazinate, dar au început să apară semne de poluare și în sistemele acvifere de profunzime.

Într-o apreciere globală, calitatea apelor din acviferul Dacianului inferior este conformă cu normele de potabilitate, cu excepția unor zone în care NH₄ și materiile organice au un conținut mai mare, care depășește prevederile normativelor de calitate ale apelor potabile.

Intensificarea drenajului în cariera Roșia de Jiu a condus la valori mai mari atât pentru debitele de intrare, cât și pentru debitele de ieșire, debite incluse în bilanțul global, dar și creșterea conținutului în materii organice, aceasta datorându-se aportului apelor de suprafață.

Acolo unde este prezent NH₄, debitele la ieșire sunt mai mari decât debitele de intrare, acest fapt arătând că el provine din sistemul acvifer.

Materiile organice sunt de trei ori mai mari la intrare decât la ieșire.

Debitele de ieșire rămân încă mari, ceea ce arată pierderi mari din apele de suprafață în subteran.

I. Impactul antropic asupra regimului nivelurilor freatice din Câmpia Română

În Câmpia Română, irigațiile s-au dezvoltat pe suprafețe mari, iar din cauza exploatării neraționale în unele sisteme, s-a constatat un impact mare asupra mediului.

Regimul natural al apelor din Câmpia Română prezintă oscilații sezoniere, anuale și plurianuale, în funcție de periodicitatea factorilor climatologici și hidrologici, în corelare cu condițiile geomorfologice.

În regim natural, neinfluențat de lucrările hidroameliorative, se deosebesc mai multe tipuri de regim hidrogeologic al apelor freatice:

- regim activ, în luncile inundabile, terase inferioare și câmpii de divagare, acviferele sunt constituite din depozite grosiere, nivelurile apelor subterane se găsesc între 0,0 - 5,0 m, nivelurile sunt dinamice cu amplitudini sezoniere variabile 0,5 - 4,0, dar nivelurile revin repede la cotele minime de etiaj;
- regim moderat, prezent pe interfluvii, în zonele centrale ale conurilor aluviale, terase superioare extinse sau zone cu adâncimi mari ale nivelului apelor subterane 5,0 - 10,0 m, frecvența variațiilor este mai redusă, nivelurile apelor freatice evoluează ciclic, sezonier și plurianual, în funcție de anii secetoși și de anii ploioși, amplitudinile sezoniere ale apelor freatice sunt de 1,0 - 2,0 m, cele plurianuale pot depăși 10,0 m, iar cele minime anuale 2,0 - 5,0 m, în raport cu amplitudinile sezoniere;
- regimul lent a fost evidențiat în zonele periferice ale câmpiilor interfluviale și terasele vechi ale Dunării; nivelul apelor subterane se află la adâncimi mai mari 10,0 - 20,0 m, sub o cuvertură loessoidă ce are grosimi cuprinse între 10,0 - 50,0 m, variațiile sezoniere fiind slabe sau lipsă, amplitudinile variațiilor sezoniere depășind rar 0,5 m, iar cele plurianuale au 2,0 - 5,0 m. Fazele plurianuale din perioada de studii se caracterizează astfel:
 - 1964- 1965 – minime;
 - 1966 - 1967 – creșteri locale moderate;
 - 1968 – descreștere;

- 1969 - 1973 – creșteri excepționale;
- 1973 - 1979 – descreșteri regionale accentuate;
- 1979 - 1982 – maxim regional mai mic decât în 1969 - 1973;
- după 1982 – scădere sistematică cu creșteri locale moderate în 1984 și în 1986; din 1990 creșteri moderate (1994).

Analiza condițiilor hidrogeologice a evidențiat două categorii de factori ce influențează regimul apelor freatice:

- acumularea de rezerve de apă în acvifer și creșterea nivelului apelor freatice: încărcare/alimentare;
- pierderi de rezerve: scăderea nivelelor apelor freatice ca urmare a descărcării, având caractere deosebite:
 - local, zonal sau regional;
 - periodic, intermitent sau accidental.

Alimentarea artificială este determinată de irigații, care s-au dezvoltat în perioada 1965-1970, acoperind o suprafață de 1.700.000 ha.

Perturbările regimului nivelului apelor subterane au început să se producă după 1 - 3 ani de la intrarea în exploatare a sistemelor de irigații și ele s-au manifestat prin creșteri sistematice ale nivelurilor de ape subterane în profilul/aspectul multianual.

În zonele supraalimentate, creșterile de nivel ale apelor freatice au avut caracter remanent, iar revenirea nivelurilor s-a produs la cote superioare, comparativ cu regimul natural și uneori la adâncime mică.

Mărima creșterilor de nivel este cuprinsă între 1 – 10 m.

Modificările sunt mai mari și mai evidente în zonele în care tipul de regim este moderat și lent, zone care sunt defavorabile descărcării acviferelor: debitul de deflux/ieșire nu compensează supraalimentarea. În plus, zonele aval ale interfluviilor sunt caracterizate și printr-o mare rezistență hidraulică a acviferelor, acestea având permeabilități reduse.

Este de semnalat suprapunerea dezvoltării marilor sisteme de irigații cu fazele multianuale de creștere excepțională 1969 - 1973 și 1980 - 1982, la care se adaugă fragmentarea mică de relief, respectiv un drenaj insuficient.

S-au constatat și alte fenomene negative: înmlăștiniri, salinizări și îndulcirea lacurilor terapeutice, tasări ale construcțiilor.

Descărcările artificiale sunt determinate de scăderea nivelului de etiaj al râului Argeș, ca urmare a construirii de baraje în partea superioară a bazinului hidrografic Argeș, precum și a derivațiilor executate.

În zonele conurilor aluvionare, scăderea nivelului apelor subterane este determinată de supraexploatarea acviferelor prin foraje pentru alimentare cu apă.

J. Impactul poluării în conul de dejecție al Ozanei

Captările din conul de dejecție al Ozanei sunt constituite din:

- drenul captării vechi - 300 l/s;
- drenul captării noi - 1.200 l/s;
- captarea Zvorănești - 250 l/s.

Începând din anul 1982, analizele fizico-chimice și bacteriologice efectuate asupra probelor de apă recoltate din aceste captări arată o degradare a calității apelor, poluarea datorându-se:

- pierderilor de ape uzate din canalizarea urbană Tg. Neamț;
- apelor evacuate de industrie, ape care nu au fost epurate;
- apelor de precipitații care spală suprafețe urbane, industriale și agricole.

Problema cea mai gravă o prezintă substanțele greu degradabile.

Studiile și cercetările efectuate au arătat că vulnerabilitatea acviferului freatic este totală, fapt ce impune luarea de măsuri corespunzătoare:

- reevaluarea gradului de poluare zonală;
- interzicerea depozitării reziduurilor animale la complexe zootehnice;

- interzicerea deversării, apelor neepurate;
- restricții în chimizarea agriculturii;
- realizarea unei rețele de foraje de supraveghere și recoltare de probe de apă pentru analize fizico-chimice și bacteriologice;
- controlul permanent și sistematic din partea Agenției de Mediu.

K. Poluarea acviferelor carstice

În Munții Apuseni, în zonele cu activități miniere, agricole, domestice și turistice, există serioase probleme privind poluarea apelor carstice.

Cercetările efectuate au pus în evidență următoarele aspecte:

- poluarea bacteriologică, în zone nepopulate, din cauza produselor organice naturale, care au caracter temporal și local, în timpul activității pastorale;
- poluare din cauza activităților gospodărești și agricole, permanente din cauza evacuării apelor din gospodării, care fac apele carstice necorespunzătoare pentru scopuri potabile;
- activitatea minieră de la exploatarea de bauxită, argile refractare, calcare și dolomite, minereuri complexe la care se folosesc explozivi cu compuși nitrici și produse petroliere, precum și compușii chimici de la stațiile de preparare a minereurilor.

L. Analiza sistemică în evaluarea vulnerabilității la poluare a sistemelor carstice din Munții Vâlcăni

În acviferele carstice, procesul de autopurificare este net influențat de specificitățile/particularitățile carstului, fiind cunoscute cinci aspecte care împiedică o autopurificare eficientă:

- suprafața disponibilă pentru colonii de microorganisme și pentru schimbul ionic (adsorbție) este mai redusă în calcarele fisurate decât în rocile poroase;
- infiltrarea rapidă scade contribuția evaporației la eliminarea substanțelor volatile și a solvenților;
- filtrarea fizică în rocile cu permeabilitate secundară ridicată este mult mai redusă;
- existența unui tranzit direct pentru anumite substanțe poluante în interiorul sistemului carstic, favorizat de regimul turbulent asociat conductelor carstice, fapt ce împiedică sedimentarea acestora;
- mecanismele naturale de distrugere (pentru bacterii și viruși), care depind de timp, sunt cu atât mai puțin eficiente cu cât viteza de curgere este mai mare.

Studiul curbilor de recesiune a permis o cunoaștere a carstului înecat, precum și caracterizarea diferitelor moduri de infiltrare.

Sistemul Jaleș - Vâlceaua prezintă o pierdere rapidă a rezervelor și un volum dinamic redus. Sistemul este influențat de șiroirea de suprafață. Importanța carstului înecat este redusă, constatându-se o golire rapidă a rezervelor.

Coeficientul de secare α 0,002 - 0,008 arată că sistemul trece de la un comportament carstic la altul și corespunde unor pierderi către un alt sistem acvifer situat în aval, acviferul miocen.

Apa poate rămâne în subteran până la doi ani, fapt explicat prin existența de rezerve importante, în afara anilor deficitari în precipitații. Rupturile care apar se datoresc ciclurilor secetoase anterioare, ca și unei pierderi în perioade mai mult sau mai puțin secetoase în timpul perioadei de descreștere principală, care precede ruptura.

În sistemul Izvarna descreșterile arată răspunsul unei componente superficiale, în timp ce secarea interesează mai ales răspunsul unei componente profunde a sistemului. Anumite anomalii observate pe curbele de recesiune (variații bruște și ruperea valorilor debitului) conduc la ideea că sursa Izvarna este preaplinul componente profunde.

Valorile volumului dinamic, care sunt considerabile, rămân întotdeauna incerte.

Partea superioară a acviferului permite o scurgere rapidă fără rezerve, partea profundă având rezerve mari, din care rezultă caracterul ei inertial.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Seceta contribuie la ruperea valorilor debitului, accentuând degradarea rezervelor. Apariția rupturii de debit este legată de două cicluri secetoase, separate de un interval ce nu depășește doi ani.

Componenta principală a curgerii reprezintă preaplinul unei structuri profunde cu o putere regularizatoare mare și un comportament necarstic. Această componentă va fi foarte puțin influențată de o poluare fizică și, într-o primă etapă, chiar de o poluare chimică. În cazul unei poluări accidentale, această componentă poate suferi influențe.

Componenta secundară arată un nivel de drenare mai mare cu o extensie redusă și în consecință cu o contribuție neglijabilă la debitul sursei. Relația aproape instantanee între intrări și această componentă a debitului arată un grad ridicat de vulnerabilitate la poluare.

M. Impactul poluării asupra calității apelor subterane în Dobrogea de sud

Acviferul Barremian - Jurassic conține ape de foarte bună calitate. Cercetările efectuate au pus în evidență următoarele aspecte deosebite:

- creșterea continuă spre sud - spre zona de alimentare - a conținutului de NO_3 , în apele din acviferul Barremian - Jurassic;
- existența de poluări accidentale în acviferul Sarmațian, care a evidențiat o poluare punctiformă 25-30% din punctele de eșantionare.

Cercetările efectuate s-au axat pe:

- existența unor factori perturbatori asupra cantității și calității regimului natural al apelor subterane (canalul Dunăre - Marea Neagră, canalul Poarta Albă - Midia, centrala nucleară electrică Cernavodă, irigațiile, chimizarea agriculturii etc.);
- monitorizarea izotopică accentuată - în ultimii 20 ani - privind modificarea modelului hidrodynamic regional, în special variațiile vârstelor și vitezelor;
- marea extindere a zonei de realimentare a acviferului Barremian - Jurassic, care este în afara granițelor țării și care nu poate fi supravegheată,

Sistemul de monitorizare a calității apelor subterane se referă la:

- monitorizarea acviferelor Barremian - Jurassic și Sarmațian și a corelărilor între ele;
- rețeaua/sistemele locale cu componente de poluare și prelevare de probe de apă pentru analizare 1-2/an;
- selectarea forajelor și izvoarelor la care se vor face pompări experimentale și măsurători de debite, pentru cunoașterea comportării în timp a acviferelor.

Rezultatele obținute după primul an de monitorizare au permis formularea unor concluzii:

- zonele de alimentare Gârlița, Băneasa, Dobromir prezintă ape subterane puternic bicarbonatate, ca și la Negru Vodă, Adamclisi și Alimanu;
- clorul predomină la Oltina, ca urmare a unei dinamici reduse și a realimentării limitate;
- zona Tortomanu - Medgidia - Poarta Albă ca și subzona Independența - Plopeni - Cobadin conțin ape subterane cu caracter bicarbonatat în zonele de alimentare și modificări în timp ale chimismului și din cauza, în secundar, a transmisivității reduse;
- o zonă cu conținut ridicat de clor este cea din sudul horstului Tuzla-Topraisar, unde, fără îndoială, apele de adâncime ajung până în Sarmațian, fapt evidențiat prin cercetările pe bază de izotopi;
- transmisivitatea redusă din zona Negru Vodă - Cobadin contribuie la reducerea zonei de alimentare din apropierea zonei de drenare Mangalia.

Asupra indicatorilor specifici de poluare se pot face următoarele aprecieri privind situația regională:

- NH_4 de origine organică a fost evidențiat în apele freatice și în Sarmațian. În forajele săpate în Barremian - Jurassic, el apare din cauza impurificării/poluării chiar în zonele de protecție sanitară;
- NO_3^- arată o impurificare anorganică, cauzată de fertilizatorii din agricultură și din depozitele de bălegar.

Acviferul de adâncime este mai puțin afectat de poluare.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

O atenție deosebită trebuie acordată acviferului din Sarmațian din zona Amzacea și din partea de sud-vest a Dobrogei, unde valorile poluării ajung până la 30% din probele analizate.

NO₃⁻ crește de la Siutghiol - Constanța spre sud, spre zona de alimentare din sud -vest, spre granița cu Bulgaria, ajungând de la sub 1 mg/l până la 35 - 40 mg/l (Băneasa, Dobromiru, Gârlița) și 61 mg/l la Independența.

În ceea ce privește compușii toxici prezenți în apele cantonate în Barremian - Juristic, situația regională era următoarea:

- pesticide 7 componenți, sub limita admisă de standardele românești;
- erbicide 6 componenți, prezentând valori diferite în funcție de adâncimea acviferului, dar afectând mai mult Sarmațianul de mică adâncime;
- bicarbonați halogenați 6 componenți, în general sub limita admisă, dar conținut mai mare în Sarmațian.

N. Vulnerabilitatea la poluare a sistemului acvifer carstic din Dobrogea de sud

Alimentarea cu apă subterană a litoralului românesc este asigurată cca 70% din acviferul carstic bistrat Sarmațian - Cretacic inferior și Juristic superior cu un debit disponibil de 12 - 14 m³/s.

Sistemul acvifer este în legătură hidrolică cu canalul Dunăre - Marea Neagră, cu sistemul de irigații și cu lacurile din zona litorală.

Evaluarea corectă a vulnerabilității la poluare a sistemului acvifer constituie o problemă esențială pentru gospodărirea apelor subterane pe termen îndelungat.

Acviferul Cretacic inferior - Juristic superior prezintă continuitate hidrodynamică, cu excepția blocului Lazu - Straja - Topraisar - Tuzla.

Acviferul de adâncime

Formațiunile carbonatate Juristic superior - Cretacic inferior sunt adesea fisurate, formând un acvifer în rețea în partea sudică a zonei, fisurația scăzând treptat spre Ostrov - Cernavodă și spre Mangalia, dar mai fisurat spre nord - est înspre Siutghiol.

Deși zona este afectată de importante falii verticale, hidrodynamic acviferul este continuu, dar în zona Lazu - Straja - Topraisar - Tuzla continuitatea este întreruptă din cauza horstului.

Permeabilitatea este rezultatul evoluției geologice și paleogeografice a blocurilor tectonice, conductivitatea hidrolică fiind diferită, atât vertical, cât și orizontal.

Valorile parametrilor hidrolici sunt relativ uniforme în fiecare bloc.

Realimentarea acviferului de adâncime se face mai ales din Platforma Prebalcanică și cea Moesică, din zonele adiacente din sud-vest și vest.

Suprafața apei - nivelul piezometric - este continuă și curgerea generală este în concordanță cu structura locală și generală, precum și cu condițiile hidrogeologice.

Gradientul hidrolic este mai mic de 0,5‰.

Direcția principală de curgere este mai ales de la sud spre nord și în secundar spre est, spre litoral.

Descărcarea acviferului de adâncime se face mai ales spre Marea Neagră, prin intermediul lacului Siutghiol și a bălții nord Mangalia.

Acviferul Sarmațian

În jumătatea estică și în partea de sud a Dobrogei, Sarmațianul nu are mai mult de 300 m grosime, iar prezența acviferului este determinată de existența în bază a cretei senoniene. Acviferul este alimentat din precipitații și din irigații și se descarcă în Marea Neagră prin intermediul lacurilor litorale.

În zona de coastă nord Mangalia, relațiile hidrolice Eocen - Sarmațian cu calcarele cretacice sunt directe sau pe falii.

Relația hidrolică dintre cele două sisteme acvifere este rezultatul proceselor carstice active, în special în ultima perioadă de timp, când nivelul mării era cu 80 m mai scăzut decât cel de azi.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Apele sunt de tip calcic bicarbonat cu mineralizare în jur de 1 g/l, dar spre litoral devin clorosodice, mineralizarea fiind în jur de 4 g/l, iar în zona Mangalia apele devin sulfuroase.

O. Cercetări prin electrometrie pentru ape subterane pe litoralul Mării Negre în zona Neptun - Costinești

Din cauza secetei și a realizării canalului Dunăre - Marea Neagră, regimul de exploatare a apei potabile în localitățile litoralului a fost perturbat.

În aceste condiții, se impune a fi luată în considerare problema unor noi captări precum și a unui sistem corespunzător pentru a urmări dinamica apelor subterane.

Exploatarea necontrolată a apei potabile, prin pompare, la Costinești, a condus la avansarea unei pene de apă sărată în interiorul litoralului, evidențiată prin valorile rezistivităților aparente.

Zona Neptun

Până la 3 km în interiorul continentului, contaminarea/poluarea cu apă marină este practic neglijabilă. Valorile rezistivităților în Sarmațian se datoresc mai ales gradului de saturare a zonelor fisurate (acvifer în rețea).

Compararea rezultatelor forajelor cu cele ale măsurătorilor electrometrice arată că orizonturile acvifere din Sarmațian sunt situate la adâncimi cuprinse între 30 - 50 m.

Interpretarea rezultatelor măsurătorilor electrometrice au pus în evidență unele falii, care permit o circulație activă a apelor subterane din zona centrală către zonele adiacente, unde acviferul este bine dezvoltat.

Forajele executate în zonele favorabile - evidențiate prin cercetări electrometrice - au dat debite cuprinse între 19 - 33 l/s.

Zona Costinești

Și în această zonă, exploatarea necontrolată a apei subterane a ridicat aceeași problemă: contaminarea acviferelor cantonate în Sarmațian cu apă marină, frontul de captare al apelor subterane aflându-se la o distanță de 1,5 km de linia țărmului; exploatarea este în funcțiune de mult timp.

Cele mai mici valori ale rezistivității se află în imediata apropiere a forajelor în exploatare, unde concentrația în săruri are cea mai mare valoare.

Rezultatele cercetărilor electrometrice și analizarea rezistivităților arată că este posibilă poluarea cu apă sărată a acviferelor sarmațiene, după un sistem de falii paralele cu linia litoralului.

P. Sistemul național de monitorizare a apelor subterane

Existența unui Sistem Național de Monitorizare a apelor subterane (activitate redusă în ultimii ani) a permis precizarea următoarelor considerații:

- consumul zilnic, de apă potabilă este mai mare în mediul rural decât în cel urban;
- resursele de ape subterane sunt limitate calitativ și cantitativ și ele nu pot fi folosite decât în măsura refacerii lor cantitativ și calitativ;
- impactul cantitativ și calitativ pe care-l suferă apele de mică adâncime se datorează activităților din agricultură, din industria extractivă, de pe platformele industriale, gradului de urbanizare, modificării regimului hidrochimic al apelor de suprafață și regimului hidrologic al lor;
- au fost identificate zone punctuale de poluare termică, chimică, bacteriană și mixtă, cu tendință de dezvoltare;
- exploatarea intensă a unor surse conduce la o poluare intensă a lor, fiind necesare tehnologii complicate și scumpe pentru refacerea calității naturale a apelor.

Una din problemele principale este exploatarea în regim continuu, cunoașterea calității substanței resurselor, identificarea surselor de poluare a acviferelor și întocmirea strategiilor pe termen lung.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Exista o rețea de supraveghere constituită din 6000 foraje. În prezent, la nivel național, numărul secțiunilor (forajelor/izvoarelor) monitorizate din punct de vedere calitativ în programul operațional este de 1753 (1707 foraje, 46 izvoare).

Observațiile efectuate au permis întocmirea Anuarului calității apelor subterane, deosebindu-se două sisteme de monitorizare:

- sistemul cadru de monitorizare a apelor subterane;
- sistemul de monitorizare a impactului asupra apelor subterane, care sunt interdependente.

Forajele de monitorizare a impactului „poluării” sunt amplasate în arealele cu cele mai importante surse de poluare a apelor subterane. Ele arată intensitatea și tipul de poluare, iar pe baza rezultatelor obținute se propun măsurile corespunzătoare de protecție a apelor subterane, inclusiv eliminarea surselor de poluare.

Pentru apele de mică adâncime, a fost studiată evoluția și prognoza calității apelor subterane freatice, urmând să se asigure organizarea activității de monitorizare cantitativ și calitativ a acviferelor și resurselor.

Se propune structurarea unei noi activități, în sensul intercalibrării informațiilor din teren a subsistemului de ape subterane, informații ce se referă la:

- șiroirea apelor de suprafață;
- apele stagnante;
- subsistemul solului;
- sursele de poluare,

fapt ce ar permite o mai bună cunoaștere a evoluției dinamice a calității apelor subterane, stabilirea relațiilor de interdependență cantitativă și calitativă din circuitul apei.

Acviferul este constituit ca un sistem deschis, care nu primește numai energie și substanțe din alte componente ale mediului, dar în el au loc noi procese de formare calitativă a apei. Această apă este răspândită într-o multitudine de forme și situații calitative noi, în toate componentele mediului.

Dinamica apei trebuie monitorizată integral, în corelare cu celelalte componente ale mediului: aer, apă, sol, acoperiș vegetal și activitate antropică, fiind necesară adoptarea unor noi metode de management și interpretare.

Este necesar să se asigure măsuri profilactice atât la nivelul resurselor de ape freatice, cât și la nivelul componentelor de mediu menționate.

Caracteristicile geografice și geomorfologice, gradul diferit de urbanizare al fiecărei zone, ca și marea eterogenitate litologică a acviferului și a rocilor din fundament necesită programe diferite și o nouă politică a protecției mediului, avându-se în vedere și eficiența economică.

La nivelul anului 1994 s-a considerat necesară întocmirea unui set de instrucțiuni hidrogeologice de investigare și echipamente de control automat, monitorizare integrată zonală în vederea:

- monitorizării apelor freatice în zonele urbane; fenomenele de agresivitate și variația nivelului apelor subterane;
- monitorizarea apelor freatice în zonele rurale, mai ales în sate, ca ape potabile, poluarea bacteriană fiind aspectul cel mai grav;
- monitorizarea apelor de adâncime pe cele mai importante structuri ale țării.

Q. Managementul resurselor de ape subterane luând în considerare poluarea globală din cauza activităților industriale și agricole

Cele mai multe orașe se confruntă cu numeroase greutăți din cauza neasigurării necesităților de apă potabilă și industrială, deoarece s-a ignorat condiția de echilibru dintre necesități și disponibilități, fapt ce a impus realizarea de noi captări, cu consumuri de energie și cu distanțe mari de transport.

Bistrița-Năsăud, Botoșani, Târgu Mureș, parțial Iași și Vaslui sunt câteva din marile centre urbane care nu dispun de importante resurse de ape subterane.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

În județele Bacău și Maramureș, poluarea a afectat grav atât acviferele freatice, cât și cele de medie adâncime.

Fenomene grave de poluare au fost semnalate în județele Prahova, Brașov, Neamț, Suceava, Bihor.

Captările de ape subterane, cele mai importante la nivelul anului 1994, reprezentau 83 m³/s, adică 21,4% din resursele totale de ape subterane ale României apreciate la 398 m³/s.

Nu au fost luate în considerare captările mici, în total 100 m³/s, adică 25% din resursele totale.

Analiza repartiției debitelor de ape subterane exploatate, pe captări

Tabelul 5.1

Număr captări	%	l/s/captare
267	41,9	5-50
168	27,9	50-100
102	16,1	100-200
73	11,5	200-500
17	2,6	> 500

Situația este incompletă din cauza numărului mare de foraje executate fără aprobări.

Principalele tipuri de captări au fost:

- cca 10.000 foraje cu adâncimi până la 700 m;
- 55 captări orizontale;
- 70 izvoare și grupuri de izvoare.

În funcție de adâncime, situația s-a prezentat astfel:

- acviferele freatice asigurau 43% din debitul total;
- acviferele de adâncime medie, 33,2% din debitul total;
- acviferele de mare adâncime, 19% din debitul total;
- izvoarele, 4,8% din debitul total.

Pe folosințe, situația s-a prezentat după cum urmează:

- potabilitate, 54% din debitul captat;
- industrie, 35,7% din debitul total;
- agricultură, 10,3% din debitul total;

În strategia de management al resurselor subterane, trebuie luat în considerare gradul de poluare al resurselor exploatate sau în perspectivă.

Folosirea pe scară mare și irațională a chimicalelor în agricultură, care ajung repede în acviferele cu nivel liber, datorită mai ales irigațiilor, are efect deosebit de periculos asupra apelor subterane freatice mai ales în Câmpia Română, Podișul Moldovenesc, Podișul Transilvaniei și în Dobrogea.

Zona Constanța are probleme grave cu poluarea captărilor din zona Litoral - Sud: în acviferele sarmațiene au fost depășite limitele excepționale de NO₃ și NO₂.

Acviferele cu nivel liber cele mai poluate

Tabelul 5.2

Județ	%
Giurgiu	40,8
Ialomița	43,8
Sălaj	46,9
Dolj	33,4
Buzău	34,8
Botoșani	60,0
Brăila	62,3

Alte zone și acvifere poluate, la nivelul anului 1994, au fost:

- acviferul aluvionar al râului Bistrița, în aval de Piatra Neamț este poluat de platformele industriale din Piatra Neamț, Săvinești, Roznov;
- conul aluvionar al Prahovei cu produse petroliere și chimice;
- în județul Maramureș exploatarea miniere și stațiile de preparare poluează 52% din apele freatice;
- în județul Dolj praful de cărbune poluează 32% din acviferele aluvionare;
- pietrișurile de Colentina sunt poluate de activitățile de pe platformele industriale;
- Colorom Codlea polua nu numai freaticul, dar a început și poluarea acviferelor de adâncime;
- combinatele chimice Govora, Făgăraș - Victoria și Ocna Mureș sunt surse de poluare ale apelor subterane din zonele limitrofe și în aval de ele;
- în bazinul Arieș, exploatarea miniere și flotațiile reprezintă un potențial pericol de poluare al captărilor de apă din lunca Arieșului pentru Turda și Câmpia Turzii.

Surse de poluare a acviferelor freatice au mai fost evidențiate și în bazinele hidrografice Crișuri, Mureș, Olt și Trotuș.

În România, la nivelul anului 1994, acviferele freatice erau poluate cca 38%, situație foarte gravă, fapt care trebuia să constituie un grav semnal de alarmă.

Gradul de poluare a acviferelor de medie și mare adâncime s-a prezentat astfel: zona Brăila 38%; zona Prahova 38%; zona Călărași 30%; zona Ialomița 24%.

O situație gravă era prezentată de apele de medie adâncime de la Arad, analizele chimice efectuate punând în evidență depășirea limitelor de azotați și amoniu.

Pe întreg teritoriul României, apele din acviferele poluate de medie și mare adâncime au reprezentat 8,3% din total, adică 18,5 m³/s.

Date recente, *Raportul anual privind starea mediului în România pe anul 2009*, actualizează considerentele de mai sus.

Astfel, din cele 1977 foraje menționate, la 207 foraje se constată procese semnificative de contaminare cu azotați. Ca exemplu se dau câteva situații din trei bazine hidrografice.

În anul 2009, cele mai mari concentrații de azotați s-au înregistrat în **bazinul hidrografic Mureș**, la forajele amplasate pe corpul de apă ROMU03, între care: Cristești F3 (528,35 mg/l), Cristești F4 (2.165,15 mg/l), Cuci F1 (101,14 mg/l), Zăul de Câmpie F1 (78,94 mg/l), precum și în toate cele 14 foraje de control al poluării de pe platforma industrială a societății Azomureș (valoarea maximă de 71.666 mg/l la F27 și minimă de 7.110 mg/l la Fc1); în **bazinul hidrografic Crișuri**, în cele 14 foraje ce aparțin de corpul ROCRO (valoarea maximă de 699,13 mg/l la Bocsig F5 și minimă de 78,64 mg/l la Girișu de Criș F1); în **spațiul hidrografic Banat**, la forajele: Receaș F1 (1607 mg/l), Giarmata F1 (229,9 mg/l), Fibiș F1 (128,1 mg/l), Masloc F1 (93 mg/l) Bencecu de Sus (162,1 mg/l) Fiscut F1 (95,08 mg/l).

Acvifere puternic contaminate cu azotați sunt concentrate, în special, în jurul principalelor platforme industriale: S.C. Azomureș Târgu Mureș, S.C. Fibrex și S.C. Gaproco Săvinești, S.C. Carom și RAFO Onești, S.C. Vrancart Adjud, S.C. Azochim Roznov, S.C. Antibiotice Iași, S.C. Doljchim Craiova, S.C. Oltchim Râmnicu Vâlcea și în zona fostelor combinate chimice, acviferele astfel contaminate fiind de tip insular.

Pentru o nouă strategie de management se propun următoarele măsuri:

- continuarea evaluării resurselor;
- folosirea resurselor subterane doar în scopuri de potabilitate, sau în industria alimentară;
- noi captări de ape subterane și optimizarea celor existente;
- coroborarea cu planul general de gospodărire a apelor;
- găsirea de noi soluții pentru creșterea debitelor la captările existente;
- măsuri ferme contra poluării;
- pentru noi captări să fie luate în considerare acvifere de medie și mare adâncime

Eliminarea consumului industrial de ape subterane, va crea un disponibil important de ape subterane în scopuri de potabilitate.

Capitolul 6.

Protecția calității surselor de apă subterană

6.1. Protecția solului în coroborare cu protecția apei subterane

6.1.1. Generalități

Prin poziția, natura și rolul său, solul este un component al biosferei și produs al interacțiunii dintre mediul biotic și abiotic, reprezentând o zonă specifică de concentrare a organismelor vii, a energiei acestora, produse ale metabolismului și descompunerilor. Solul și vegetația acoperă scoarța terestră, formează o unitate inseparabilă, sistemul pedoecologic mondial, sistem în care planta și solul activează împreună.

Organismele (plantele, animalele, microorganismele) și solurile se întrepătrund și se intercondiționează în sisteme complicate ecologice (biocenoze) care se schimbă în funcție de dinamica și caracteristicile fizice ale mediului fizico-geografic.

Solul – component al ecosistemelor terestre – are multiple funcții:

- principal mijloc de producție vegetală;
- sursă de elemente nutritive;
- resursă energetică reînnoibilă.

Solul, ca unul dintre cele mai importante componente ale biosferei, a fost supus, din cele mai vechi timpuri, poluării. Poluarea solului, ca și a mediului înconjurător, în ansamblu, a crescut odată cu creșterea populației și cu activitatea economică.

Degradarea solului se manifestă, atât prin degradarea parametrilor cantitativi, cât și prin deteriorarea parametrilor calitativi.

Astfel, solurile sunt supuse, mai ales în țările dezvoltate, la o gamă variată de impacturi tot mai intense, care provoacă sau intensifică fenomene și procese dăunătoare calității lor. Pentru țara noastră, sunt de menționat: eroziunea și scurgerile de sol, alunecările de teren, salinizarea, alcalinizarea și acidificarea solurilor, compactarea stratului accesibil rădăcinilor plantelor, mai ales cel imediat de sub stratul arat, dezechilibre de nutriție în sol, poluarea chimică sau biologică datorită diverselor activități socio-economice, excavări de terenuri, acoperirea solului cu diverse materiale (deponii, halde de fosfogips de la fabricile de îngrășăminte cu fosfor, alte deșeuri și reziduuri solide sau lichide, inclusiv dejecții), distrugerea completă a solului prin lucrări miniere la exploatarea de balast, gropi de împrumut etc.

Toate acestea constituie, de fapt, „poluarea solului”, cunoscând că, în concepția ecologică modernă, *poluarea solului înseamnă orice acțiune care produce dereglarea funcționării normale a solului ca suport și mediu de viață* (mai ales pentru plantele terestre superioare) *în cadrul diferitelor ecosisteme naturale sau create de om* (antropice), dereglarea manifestată prin degradarea fizică, chimică sau biologică a solului, ori apariția în sol a unor caracteristici care reflectă deprecierea fertilității sale, respectiv reducerea capacității bioproductive, atât din punct de vedere calitativ, cât și/sau cantitativ.

Totuși, noțiunea de „poluare a solului” trebuie altfel înțeleasă decât poluarea aerului sau a apelor. În cazul aerului și apelor, fiind componente mai simple și omogene, poluarea înseamnă pătrunderea în masa lor a unor substanțe sau elemente cu influență nocivă (poluantă) care le fac improprie sănătății omului, mediului înconjurător. Prin înlăturarea poluantului sau prin măsuri de epurare și curățire, compoziția aerului și apei revine mai repede la starea inițială, naturală. Nu aceeași situație se întâlnește în cazul solului, care este o componentă complexă, unde factorii constituenți se află într-un echilibru realizat și ajuns la un anumit grad, într-o perioadă îndelungată de timp. Dacă prin poluare se degradează acest echilibru, el nu se poate reface așa repede (ca în cazul apei și aerului) prin înlăturarea cauzei. Pe lângă aceasta, prin noțiunea de poluare a solului se înțelege nu numai pătrunderea unor elemente din afară, cum se întâmplă la aer și apă, ci și deranjarea unui component al solului care atrage după sine afectarea fertilității solului, funcționarea

normală a acestuia. Astfel, solul poate fi supus unor fenomene ce afectează toate funcțiunile sale: fizice, fizico-chimice, chimice, biologice și biochimice. Un exemplu concludent este eroziunea, care este însă considerată o consecință a mai multor cauze care au precedat-o. De asemenea, numeroase alte cauze duc la scăderea fertilității, respectiv la poluarea solului: aciditatea pronunțată, sărăturarea, distrugerea structurii, compactarea cu mașinile și tractoarele, excesul de umiditate, reducerea humusului, dereglarea regimului nutritiv etc.

În ansamblu, solul, din punct de vedere fizic, poate fi considerat ca un sistem heterogen polifazic (faza solidă, faza lichidă, faza gazoasă) dispers, structurat și poros.

Din punct de vedere al factorului apă, solul poate fi considerat ca un rezervor natural de apă supusă consumului intern din sol pentru asigurarea funcțiilor ecologice ale solului, dar și extrageri de apă pentru nevoile umane. Funcția ecologică a apei din sol se materializează prin:

- solubilizarea substanțelor generatoare de anioni și cationi;
- facilitarea schimbului de cationi între complexul adsorbativ și soluția solului;
- asigurarea difuziei ionilor din soluție spre rădăcinile absorbante;
- asigurarea deplasării ionilor și a substanțelor solubilizate, în general, spre rădăcinile plantelor;
- înlesnirea pătrunderii ionilor în rădăcini și a transportului lor prin vasele conducătoare ale plantelor spre frunze;
- asigurarea microorganismelor din sol cu apa necesară funcțiilor lor vitale, microorganisme care au un rol deosebit în modificarea substanțelor nutritive.

6.1.2. Degradarea solului

Solul este o resursă esențial neregenerabilă (ritmul de degradare este rapid, iar procesele de formare și regenerare sunt extrem de încete) și un sistem foarte dinamic. În cursul ultimelor decade, procesele de degradare a solului s-au întesit semnificativ.

Este necesar să se asigure utilizarea durabilă a solului pentru păstrarea funcțiilor lui, pentru prevenirea amenințărilor împotriva lui și diminuarea efectelor acestora.

Solul trebuie folosit într-o manieră durabilă, în interesul generațiilor viitoare.

Solul se află sub o presiune crescândă mărită de activitatea umană, așa cum sunt practicile agricole și silvice necorespunzătoare, dezvoltarea industrială și urbană, turismul. Aceste activități afectează negativ capacitatea solului de a îndeplini totalitatea funcțiilor. Degradarea solului are impact puternic și asupra regimului și calității apelor de suprafață și subterane.

Amenințările cu care se confruntă solul sunt: eroziunea, degradarea și scăderea materiei organice, poluarea, sărăturarea, compactarea (scăderea gradului de afânare-reducerea permeabilității) scoaterea din circuitul agricol, pierderea biodiversității, alunecările de teren și inundațiile.

Degradarea solului reprezintă un risc potențial grav, cu consecințe iremediabile, fiind necesară adoptarea și punerea în practică a unor măsuri specifice de utilizare și protejare a solului. Propunerile legislative pentru prevenirea amenințărilor asupra solului trebuie să cuprindă toate obiectivele și mijloacele de atingere/rezolvare a acestora. În acest sens, sunt necesare:

- conservarea funcțiilor solului, pentru prevenirea degradării lui, micșorarea efectelor degradării, refacerea solurilor degradate;
- aplicarea unor măsuri asupra proceselor de degradare a solului, în vederea protejării funcțiilor lui;
- luarea de măsuri de precauție de către utilizatorii solului, pentru a preveni deteriorarea funcțiilor lui și pentru a se asigura cât mai multe funcții ale solului;
- identificarea zonelor cu risc la eroziune, de degradare a materiei organice, sărăturarea, compactarea, identificarea alunecărilor de teren și stabilirea unui program de măsuri;
- măsuri pentru limitarea introducerii în sol a substanțelor periculoase și să se evite acumularea lor în sol, la concentrații la care acestea alterează funcțiile solului și deteriorează calitatea apelor infiltrare;

- întocmirea unui inventar al zonelor contaminate, un raport al stării solului și stabilirea unei strategii de remediere a situației din zonele poluate identificate.

Degradarea solului poate avea consecințe transfrontaliere: apele subterane pot fi poluate din cealaltă parte a frontierei (Dobrogea de sud).

Degradarea solului afectează alți factori de mediu (apa, schimbări climatice).

În problema poluării solului, se constată că nu există un obiectiv de conservare extinsă a funcțiilor solului.

Programul pentru protecția solului și conservarea funcțiilor lui trebuie să țină seama de specificul local și regional, în ceea ce privește variabilitatea solului, utilizarea terenului și condițiile locale climatologice.

Degradarea solului și îmbunătățirile aduse lui au un impact major asupra protecției apelor de suprafață și a celor subterane.

Regional, există deosebiri între tipurile de sol determinate de structura, starea fizică, chimică și biologică, fiind necesare soluții specifice diferențiate.

În unele situații (exces de umiditate), trebuie să fie prevăzute soluții constructive/tehnici de drenaj, care să asigure păstrarea funcțiilor solului (pe cât posibil).

Anumite procese de degradare a solului, așa cum sunt eroziunea, descompunerea materiei organice, compactarea, sărăturarea și alunecările de teren se produc numai în zone cu mare risc pentru procesele/fenomenele respective. Aceste zone trebuie identificate și este necesară elaborarea unei metodologii, în care să fie evidențiați factorii care conduc la astfel de procese de degradare, iar în aceste zone să fie luate măsuri de prevenire a degradării solului și de a păstra funcțiile lui.

6.1.3. Prevenirea poluării solului

Având în vedere importanța factorului sol și a relației cu apa din sol și cu corpurile de apă subterană, prevenirea și combaterea poluării solului capătă o importanță deosebită în condițiile multiplicării manifestărilor și formelor de poluare a solului.

La baza acestor măsuri și acțiuni stau norme tehnice de protecție a calității solului.

Normele tehnice de protecție a calității solului se referă la prevenirea poluării solului din cauza:

- degradării stării fizice;
- acidifierii, ca urmare a aplicării unor îngrășăminte chimice cu potențial de acidifiere;
- dereglării regimului de nutriție din sol (exces sau carență);
- eroziunii;
- excesului de apă;
- sărăturării secundare;
- poluării chimice, biologice și radioactive.

Se insistă asupra elementelor legate de poluarea din cauza sărăturării secundare și poluării chimice, biologice și radioactive care pot avea impact negativ semnificativ asupra corpurilor de apă subterană.

Cu privire la prevenirea poluării solului prin sărăturare secundară, prin apa de irigație în cadrul sistemelor de irigație, se au în vedere următoarele:

- menținerea nivelului apei freatice mineralizate la adâncimile minime, în funcție de zona climatică, prin:
 - asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj;
 - reducerea pierderilor de apă din rețeaua de irigare;
 - prevenirea stagnării îndelungate a apei pe teren;
- prevenirea ridicării gradului de mineralizare a apelor freatice la niveluri dăunătoare calității solului prin:
 - asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj în vederea colectării și evacuării apelor mineralizate și a soluțiilor saline din sol și a înlocuirii lor treptate cu apele de spălare sau de irigație mai puțin mineralizate;

- irigații de spălare, în partea a doua a perioadei de vegetație (la prășitoare), sau spălări profilactice, aplicate special, în afara perioadei de vegetație, atunci când, în anumite puncte ale teritoriului, gradul de mineralizare a apei freatice depășește limitele arătate mai înainte;
- prevenirea sărăturării secundare a solurilor din cauza creșterii conținutului de săruri ușor solubile pe profilul solului la niveluri și adâncimi dăunătoare calității solului prin:
 - asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj pentru a favoriza circulația descendentă a soluțiilor saline de sol și îndepărtarea din sol a sărurilor solubile, odată cu apele de evacuare;
 - irigații de spălare, în partea a doua a perioadei de vegetație (la prășitoare), sau spălări profilactice, aplicate special, în afara perioadei de vegetație, atunci când, în anumite puncte ale teritoriului, conținutul de săruri pe profilul solului depășește limitele arătate;
- folosirea la irigat a apei de calitate, ținând seama de însușirea solului, culturile agricole și faza de vegetație;
- organizarea sistemului de monitoring cu privire la calitatea solurilor și situația hidrogeologică în punctele reprezentative, pentru prevenirea sărăturării secundare a solurilor din jurul perimetrelor irigate și acumulărilor de apă, în luncile râurilor cu regim barat, prin determinarea periodică, în stațiuni pedohidrogeologice, a gradului de mineralizare a apelor freatice și de sărăturare a solurilor, prognozarea evoluției intensității și naturii proceselor dăunătoare calității solului, avertizarea asupra arealelor cu pericol potențial și indicarea măsurilor de prevenire și combatere a fenomenelor și proceselor dăunătoare;
- reducerea la minimum a pierderilor de apă în sistemele de irigație;
- prevenirea formării crustei la suprafața solului prin executarea lucrărilor necesare la culturile prășitoare, ca mijloc de evitare și reducere la minimum a evaporării apei capilar-ascendente din sol;
- asigurarea acoperirii cât mai îndelungate a solului cu un covor vegetal dens sau resturi vegetale, pentru reducerea la minimum a evaporării apei direct de la suprafața solului;
- asigurarea, cu sprijinului unităților județene de specialitate (oficiile județene de studii pedologice și agrochimice), a sistemului de monitoring privind calitatea solurilor și apei freatice.

Cu privire la prevenirea poluării chimice, biologice și radioactive a solului, se au în vedere:

- aplicarea, ca îngrășământ sau amendament pentru sol, a oricăror deșeuri, reziduuri sau dejecții, solide ori lichide, provenite de la oricare activitate social-economică, numai în conformitate cu recomandările și instrucțiunile emise de organele autorizate care, totodată, trebuie să aibă în vedere prevenirea poluării solului prin carențe sau excese de macro și/sau microelemente nutritive pentru plantele cultivate sau spontane și sporirea cantitativă și calitativă a producției vegetale agricole;
- folosirea ca pesticide numai a produselor aprobate de organele autorizate, cu aplicarea acestora sub supravegherea riguroasă a organelor de specialitate, conform indicațiilor acestora, și ținerea la zi, pe parcele și culturi, a evidenței tratamentelor aplicate, astfel încât metodele de folosire a pesticidelor, precum și cantitățile aplicate, să nu aibă ca efect, imediat sau de lungă durată, poluarea solului, acumularea în sol de reziduuri dăunătoare vieții din sol, florei și faunei, mediului înconjurător în ansamblu;
- depozitarea, aruncarea, deversarea sau împrăștierea unor materii utile, a deșeurilor reziduurilor și dejecțiilor încă nevalorificate și a căror degajare necontrolată poate periclita calitatea solului sau a altor componente ale mediului înconjurător.

Precizăm că prin toate aceste măsuri înglobate într-un Plan la nivel național de protecție a solului se va asigura și protecția corpurilor de apă subterană folosite ca sursă de alimentare cu apă potabilă industrială sau în agrozootehnie.

6.1.4. Responsabilitatea protecției solului

Problematica responsabilității protecției solului, deosebit de complexă și dezbătută, abordată în context global la nivelul protecției mediului este tratată în Directiva 2004/35/CE din 21 aprilie 2004 privind „Răspunderea pentru mediul înconjurător în legătură cu prevenirea și repararea daunelor aduse mediului”.

Responsabilitatea este tratată mai ales din punctul de vedere juridic al instituțiilor implicate într-o astfel de activitate:

- deținător;
- poluator;
- constatatator;
- evaluator etc.

Directiva insistă asupra unor aspecte care indirect fac trimitere și spre corpurile de apă:

- acțiuni de prevenire;
- acțiuni de reparare;
- determinarea măsurilor de reparare;
- costuri de prevenire și reparare;
- autorități competente.

6.1.5. Procese fizice și biochimice în roci

Efecte fizice

Principalele procese se datorează presiunii și densității.

Presiunea are importanță atunci când presiunea apelor reziduale/poluante este mai mare decât presiunea apei din teren/acvifer.

Presiunea crește odată cu creșterea conținutului de săruri dizolvate: o soluție cu 65.000 ppm are o densitate de 1,05, iar presiunea crește cu 0,102 bar/m.

Porozitatea și permeabilitatea determină capacitatea terenului/acviferului de a permite pătrunderea apelor reziduale/poluante, fiind vorba mai ales de permeabilitatea verticală a terenurilor.

Temperatura acviferului și a apelor reziduale/poluante are importanță deosebită, după cum urmează:

- reacțiile chimice cresc temperatura;
- vâscozitatea scade cu creșterea temperaturii.

Vâscozitatea influențează viteza de curgere a apelor reziduale/poluante. Cu creșterea temperaturii scade vâscozitatea și crește viteza de curgere, iar creșterea conținutului de săruri determină creșterea vâscozității și scăderea vitezei de curgere.

Între 20°C și 60°C, vâscozitatea se reduce la jumătate, în condițiile în care conținutul în săruri rămâne același.

Presiunea nu are o influență deosebită asupra vâscozității apelor.

Densitatea lichidelor crește proporțional cu presiunea și scade odată cu creșterea temperaturii. Asemenea influențe au un efect redus asupra apelor dulci (potabile):

- densitatea apei potabile 100 mg/l = 1,09 g/cm³ la 15°C;
- densitatea apei cu mineralizare 165.000 mg/l = 1,1 g/cm³ la 15°C.

Problema densității prezintă interes atunci când este de așteptat să se producă dispersii și amestecuri.

Coeficientul de dispersie este invers proporțional cu temperatura, porozitatea și forma granulelor.

Reacții chimice

Principalele cauze ale modificărilor chimice ale apelor naturale sunt: gradul de compactare a terenului/rocilor, reacțiile dintre mineralele rocilor, substanțele organice, apa din porii

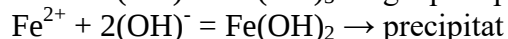
Problemele gestionării resurselor de ape subterane

rocilor/acviferului, filtrația datorită sarcinilor electrice ale particulelor argiloase, sorbția, schimbul de baze și reacțiile biochimice.

Se admite că, între apele reziduale/poluate, teren/acvifer, în funcție de temperatură, pH și potențialul redox, se pot produce următoarele reacții:

- descompunerea/alterarea rocilor, în special a celor carbonatate sub influența acizilor, a particulelor argiloase, de către acizii organici, și a silicaților (mai ales feldspatii și silica amorfa) de către bazele puternice, ce au un pH mai mare de 11;
- atacul rocii sau al mineralelor componente, ca de exemplu pirita (FeS_2) de către O_2 din apele reziduale/poluate, rezultând precipitat de Fe(OH)_2 sau Fe(OH)_3 . Reacții asemănătoare se pot produce cu apariția Ca^{2+} disponibil din $\text{Ca(SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- schimb de cationi de ex.: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ din apele reziduale/poluate cu H^+ din mineralele argiloase; Ca^{2+} și Mg^{2+} din apele reziduale poluate cu Na^+ din mineralele argiloase. În general, cationii schimbabili sunt Ca^{2+} din argilele ce conțin carbonați și H^+ din argilele ce nu conțin carbonați;
- sorbția, de exemplu Sr^{2+} și Cs^+ de către mineralele argiloase (ex. vermiculit). Sorbția Cu^{2+} în caolinit, illit și montmorillonit crește cu creșterea pH-ului, ca și sorbția Cu^{2+} în oxizii ferici și Zn^{2+} în mineralele argiloase. Reacțiile de mai înainte se pot produce și în cazul altor minerale;
- procese metasomactice, ca de exemplu reacțiile fosfaților din apele reziduale/poluate cu CaCO_3 și Al cu compuși ce conțin Fe, cu particularitatea de întârziere în zonele ce conțin argile și cu o mai mare eliminare a fosfaților;
- reacțiile redox privesc mai ales compușii sulfului și ai azotului, în special sub influența microorganismelor (bacteriilor).

Permeabilitatea poate fi redusă în prezența apelor reziduale/poluate ce conțin metale. Complicații pot să apară în special în acviferele cu mediu reducător și pH ridicat, acestea favorizând formarea precipitatelor de sulfuri metalice și hidroxizi metalici și, ca urmare, scăderea permeabilității rocii ca rezultat al cimentării porilor. Au fost evidențiate unele reacții chimice între soluțiile reziduale/poluate (în special cele cu un conținut de $\text{FeCl}_2 + \text{HCl}$ sau $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) și acviferele constituite din roci carbonatate sau gresii calcaroase. În prima fază, permeabilitatea crește prin dizolvarea rocii H_2O , CO_2 și CaCl_2 fiind rezultatele reacției, dar, în faza următoare, când pH-ul crește, porii rocii ajung să fie cimentați ca rezultat al precipitării Fe(OH)_3 :



Reacțiile acidului sulfuric cu carbonații conduc la reprecipitarea Ca sub formă de CaSO_4 sau $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. În apele reziduale/poluate bogate în Fe, Fe(OH)_3 , precipitarea sub formă de gel este posibilă cu creșterea pH-ului.

Cimentarea spațiilor porilor poate fi evitată prin prezența/introducerea unor lichide reziduale/poluate cu aciditate scăzută. Rocile cu permeabilitate fisurală sunt mai potrivite pentru injecții decât cele cu permeabilitate poroasă, datorită unei suprafețe mai mici și unui timp mai scurt de tranzit disponibil pentru reacțiile care au loc între apele reziduale/poluate și matricea acviferului.

Reacțiile dintre HCl cu acviferele ce conțin ape saline creează adesea probleme, în cazul H_2SO_4 , mai ales în prezența Fe. Reacțiile apelor reziduale poluate ce conțin H_2SO_4 pot conduce la rezultate comparabile cu cele ce conțin HCl.

Acizii organici complecși au o putere de dizolvare de 5 la 75 ori mai mare decât apa distilată.

Soluțiile ce au un pH ridicat determină alterarea/degradarea rocilor, mai ales în cazul gresiilor argiloase.

Se cunoaște că permeabilitatea rocilor argiloase și a celor acviclude poate crește în cazul apelor reziduale/poluate cu temperaturi ridicate și cu un nivel ridicat de substanțe dizolvate, în stare ionică.

Filtrarea prin membrane/ecrane este un alt proces important ce are loc în subteran între apele reziduale/poluate și terenurile/rocile străbătute, care conțin minerale argiloase. Forțele electrostatice

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

ale argilei și prezența cherogenului fac posibil procesul de filtrare, care este influențat de următorii factori: temperatură, presiune și concentrația chimică a apelor reziduale/poluete.

Permeabilitatea argilelor este în funcție de salinitatea, compoziția chimică și temperatura apelor reziduale/poluete. Ea poate crește în timp cu creșterea în cloruri a apelor reziduale/poluete. Când argilele vin în contact cu ape reziduale/poluete, ce au salinitate redusă, mineralele argiloase au tendința de a-și rearanja rețeaua cristalină pentru a primi și de a absorbi în plus apă pe suprafața mineralelor. Această nouă rețea cristalină poate micșora permeabilitatea argilelor. Argilele au, în plus, cationi schimbabili. Capacitatea lor scăzută de schimb de ioni este limitată doar la ionul OH^- .

Un rol important îl au substanțele organice dispersate, care nu pot fi extrase. Aminoacizii pot favoriza schimburile de anioni în combinație cu cherogenul. Totuși, cu creșterea temperaturii, aceste efecte catalitice se pot reduce.

În afară de influența temperaturii și a presiunii, permeabilitatea membranelor/ecranelor argiloase la substanțele chimice depinde și de următoarele condiții: solubilitatea substanțelor chimice în cauză, disocierea, sorbția non-ionică, sorbția preferențială a schimburilor de cationi bivalenți, filtrarea diferitelor substanțe disociate, influența greutății atomice (în procesele de transport) și pH-ul.

Disocierea este importantă în legătură cu procesele menționate anterior. O mare disociere a substanțelor evidențiază o puternică tendință de a trece prin membrane/ecrane. Pe de altă parte, sorbția non-ionică are importanță minimă.

O puternică afinitate de sorbție a elementelor bivalente poate fi observată la argile. În timpul traversării membranelor/ecranelor, este evidentă o preferință deosebită a Ca^{2+} față de Na^+ . Dar, în interiorul aceluiași grup de elemente, ce au aceleași valențe, se constată o afinitate de sorbție a Na^+ față de Li^+ , Ca^{2+} față de Sr^{2+} .

Printre halogeni, gradul de trecere prin membrane/ecrane argiloase scade de la clor la fluor: $\text{Cl} > \text{Br} > \text{J} > \text{F}$.

Procesele declanșate de temperaturi determină mărirea disocierii și a descompunerii substanțelor organice având ca urmare modificarea proprietăților cherogenului, reducerea capacității de schimb a argilelor și metamorfozarea mineralelor argiloase în varietăți mai stabile, cu o capacitate de schimb ionic mai scăzută.

Osmoza inversă și filtrarea sunt procese comune în legătură cu schimbările în concentrație, în timpul formării conținutului de săruri al soluțiilor. Acești termeni au importanță în efectele filtrării prin membrane/ecrane. Dar și difuzia moleculară și termală, precum și separarea gravitațională a ionilor sunt factori importanți. Efectul osmozei poate conduce la creșterea presiunii care se manifestă împotriva gradientului de presiune al fluidelor introduse în teren.

Reacții biochimice

Tipul și intensitatea reacțiilor produse de componenții biologici variază în funcție de compoziția și calitatea apelor reziduale/poluete.

Numai organismele inferioare precum fungii (ciupercile) și bacteriile sunt capabile să trăiască la adâncimi mari, până la sute de metri: 10 până la 1000 de microorganisme/mililitru trăiesc în apele subterane nepoluete.

Bacteriile pot rezista/supraviețui la presiuni foarte mari (până la 400.000 kPa) și la temperaturi de 75°C - 80°C.

Sub condiții oligotrofe, bacteriile și virușii pot supraviețui în sistemele acvifere mai multe luni. Distrugerea bacteriilor este accelerată de temperaturi ridicate (37°C) și valori ale pH-ului în jur de 7, un conținut scăzut de oxigen și un conținut ridicat de substanțe organice dizolvate. Persistența bacteriilor este în funcție de condițiile fizice, chimice și biologice.

Existența microorganismelor subterane este posibilă atunci când în mod natural multe sisteme de nonechilibru-oxidare-reducere sunt folosite de diferite tipuri de microorganisme pentru producerea de energie (respirație), cu folosirea intensă a acțiunii enzimelor ce au rol de catalizator. În mod deosebit, sunt accentuate următoarele procese: purificare/curățire în cazul în care lichidele reziduale/poluete cuprind acele substanțe, sunt transformate în produse de descompunere

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

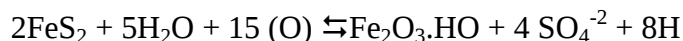
inofensive, cuprinzând substanțe patogene), transformarea ciclică a compușilor carbonului, azotului, fosforului și sulfurului, descompunerea chimică a poluanților cum sunt pesticidele, erbicidele, detergenții și alți compuși sintetici.

În apele reziduale/poluante, frecvent pot să se producă următoarele procese de transformare:

substanță organică redusă + NO₃ - $\frac{\text{denitrificare}}{\text{bacterii}}$ oxidarea substanțelor organice + 0,5N₂ + OH⁻.

Azotații, al căror conținut ridicat este dăunător în apa potabilă, sunt reduși în azot.

Bacteriile desulfurizante sunt deosebit de importante, mai ales când este prezentă sulfura de fier:



În condiții anaerobe, această ecuație de transformare poate fi controlată cantitativ de *Thiobacillus thiooxidans*. Această reacție nu poate avea loc în acviferele de adâncime acoperite de strate impermeabile, din cauza cantității reduse de oxigen. Condiții favorabile sunt realizate atunci când apele reziduale/poluante conțin oxigen sau când sistemul acvifer nu este acoperit de strate impermeabile (apele carstice).

Se cunoaște transformarea CO₂ în CH₄ în instalațiile de fermentare: fermentarea este influențată de CO₂ dizolvat, care este sursă de oxigen pentru oxidarea anaerobică a substanțelor organice de către bacterii în depozitele de deșeuri.

Ca urmare a pericolului polimerizării în roca ce primește apele reziduale/poluante, se constată o reducere a permeabilității.

Interacțiunea dintre apele reziduale/poluante și rocă

Este necesar să fie determinată compoziția apelor reziduale/poluante în macrocomponenți (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cl, HCO₃, CO₂, SO₄NO₃), metale grele, pH, conductivitate, alcalinitate, mineralizare totală, consum de oxigen chimic și biochimic, precum și gaze (O₂, CO₂, H₂S). Apele trebuie tratate pentru a fi neutralizate, distilate, evaporate, supuse electrodiálizei, schimburilor de ioni, precipitărilor chimice, oxidărilor chimice, adsorbției carbonului activ (liber).

Proprietățile fizice, chimice și biologice ale apelor reziduale/poluante influențează compatibilitatea și interactivitatea cu terenul/roca gazdă/acviferul. În acest sens, trebuie să fie cunoscute volumul de apă, greutatea specifică, temperatura, vâscozitatea, conținutul în suspensii solide, granulometria, pH-ul, conductivitatea, compoziția chimică și biologică, conținutul de gaze, puterea de coroziune.

Temperatura influențează amploarea reacțiilor, vâscozitatea, coroziunea și activitatea biologică.

6.2. Delimitarea zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică

Zona de apel a captării și zona de protecție sanitară a sursei nu sunt determinate decât pentru un anumit debit de exploatare, precizat ca debit optim de exploatare. Dacă se dispune de date suficiente și sigure, se pot calcula zonele de apel pentru diferite debite de exploatare.

În analizarea condițiilor tehnico-economice, legate de instituirea zonelor de protecție sanitară și a perimetrelor de protecție hidrogeologică a fronturilor de captare a apelor subterane potabile, trebuie luate în considerare și următoarele aspecte:

- costurile necesare pentru delimitarea zonelor de protecție;
- costurile de servitute impuse în interiorul perimetrelor, având în vedere importanța captării și amploarea ei: urbană, rurală, intravilană sau extravilană.

Criteriile de ordin economic și administrativ nu sunt de competența hidrogeologului, ele revenind instituțiilor și autorităților abilitate în acest sens. De aceea, este necesară colaborarea între toți factorii interesați și de decizie încă din prima fază de proiectare, prezența hidrogeologului fiind absolut obligatorie.

Executarea pompărilor experimentale în trepte de debit este obligatorie, respectându-se metodologia standard de executare a pompărilor și a revenirilor.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Executarea pompărilor și interpretarea rezultatelor obținute permite evaluarea complexului sistem acvifer/foraj de captare (Q_s , pierderi de sarcină, productivitate/debit optim de exploatare), iar prin pompările de durată (prin calcularea T și S) se pot studia particularitățile acviferului (condiții la limită, heterogenitatea și eventualele fenomene de drenanță).

În cazul anumitor hidrostructuri sau sisteme acvifere, nu este posibil întotdeauna să se răspundă unor probleme:

- influența frontului de captare asupra unor foraje apropiate;
- influența debitelor pompate asupra regimului general al sistemului acvifer (Stratele de Frățești, Dobrogea de sud);
- timpul de transfer al poluantului, fiind necesar să se apeleze la modele hidrodinamice, care permit rezolvarea unei serii de aspecte:
 - reprezentarea grafică a zonelor din care sunt atrase apele către frontul de captare;
 - interacțiunea dintre foraje;
 - bilanțul acviferelor/hidrostructurii/sistemului acvifer.

Credibilitatea rezultatelor este în funcție de calitatea informațiilor de care s-a dispus și au fost folosite, precum și de credibilitatea/logica ipotezelor luate în considerare pentru simplificarea unei situații cunoscute, cât și pentru o situație pentru care nu există informații.

Inconvenientul modelelor hidrodinamice este acela că ele nu sunt ieftine.

Prin captarea și exploatarea apelor subterane prin foraje sau puțuri cu diametru mare se realizează o deturnare, cel puțin locală, de la direcția de curgere naturală a lor.

În cazul izvoarelor, galeriilor și drenurilor, apa ajunge gravitațional în lucrările de captare, dar și în cazul galeriilor și drenurilor se poate produce, în apropierea acestor lucrări de captare, o modificare a direcției de curgere naturală.

La forajele în pompare, dimensiunile conului de depresiune din zona de apel și din zona de influență variază în funcție de debitul pompat. De aceea, în studiile ce se întocmesc pentru stabilirea zonelor de protecție sanitară, este necesar ca zonele de influență să fie cunoscute.

Zona de apel are o importanță deosebită, deoarece poluanții care ajung în această zonă pot fi atrași către forajul în pompare.

În analizarea condițiilor de exploatare optimă și de protecție împotriva poluării este obligatoriu să se cunoască și să se studieze calitatea apelor captate, analizele efectuându-se în conformitate cu STAS 1342-91 și cu Legea apei potabile nr. 458/2002.

Se vor executa cel puțin două analize, care pot arăta dacă sunt variații ale proprietăților fizico-chimice și conținutului bacteriologic și se pot obține astfel informații asupra vulnerabilității apei/acviferului la poluare, pentru a se putea stabili un program de urmărire periodică a parametrilor considerați a fi dăunători, care pot deteriora calitatea apei și care pot avea influențe negative asupra celor ce folosesc apa captată.

Dacă pentru acviferele de adâncime sub presiune (considerând că forajele au fost săpate, echipate și cimentate în mod corespunzător, pentru izolarea orizonturilor acvifere poluate sau vulnerabile la poluare) analizele se pot executa la intervale mai mari de timp, pentru forajele din aluviuni, captările de izvoare descendente și drenuri de coastă sau în aluviuni, precum și pentru acviferele carstic-fisurale, frecvența analizelor trebuie să fie mai mare.

Pentru izvoare, trebuie cunoscute debitele istorice și efectuate, în mod obligatoriu, măsurători de debite cel puțin un an hidrologic, iar probele de apă pentru analize complete se vor preleva în toate perioadele climatice caracteristice (la debite maxime, medii și minime, după precipitații abundente, la topirea zăpezilor, în perioadele de secetă de vară și de iarnă). De asemenea, se vor face măsurători de temperatură și ale rezistivității apei.

Trebuie să se rețină că un asemenea program - adaptat condițiilor specifice - poate fi necesar și pentru celelalte tipuri de captări menționate.

Calitatea apelor subterane poate fi cunoscută ca urmare a captării lor, fiind posibil să se recolteze probe de apă, în cele mai bune condiții, din locurile și adâncimile stabilite prin planul de

supraveghere aprobat. În acest mod, există posibilitatea unui control sigur și eficient al calității apei exploatate.

Calitativ, se pot deosebi următoarele categorii de ape:

- de bună calitate, în zonele montane și masivele vechi, ele fiind agresive și feruginoase în formațiile cristaline și rocile silicioase, ca și în aluviunile fluviale și fluvioglaciare din aceste zone;
- de calitate medie (necesitând în unele cazuri tratare) sunt cele mai răspândite în bazinele sedimentare și în aluviunile văilor ce le străbat;
- din acviferele carbonatate, care necesită și ele uneori o tratare;
- din aluviuni și unele acvifere nisipoase, necesitând uneori deferizare;
- de calitate necorespunzătoare (sărate sau selenitoase), localizate în acvifere sedimentare în facies lagunar, cele care suferă influența apelor marine sau apele subterane al căror nivel se ridică până la adâncimea critică de sărăturare;
- din acvifere profunde, ce pot conține ape dulci până la adâncimi mari (Stratele de Frățești, Pietrișurile de Cândești, Depresiunea Bârsei la rama cu Munții Perșani).

Această clasificare nu are decât un caracter general, ea nefiind limitativă sau determinată de criterii foarte precise. Ea poate fi folosită ca un criteriu de apreciere la interpretarea hidrogeologică a hărților geologice.

6.2.1. Criterii de delimitare a zonelor/perimetrelor de protecție

Valorile atribuite acestor criterii reprezintă limite deasupra sau sub care orice apreciere luată în considerare încetează să mai ofere gradul de protecție necesar apelor subterane, în special celor captate pentru alimentarea cu apă potabilă a oamenilor.

În H.G.nr. 930/2005 sunt precizate următoarele criterii hidrogeologice pentru dimensionarea zonelor/perimetrelor de protecție:

- condițiile la limită ale acviferului sau sistemului acvifer;
- capacitatea de epurare asigurată de formațiunile acoperitoare (sol și zona nesaturată);
- timpul de tranzit și viteza reală de curgere în acvifer;
- extinderea ariei în care se înregistrează scăderi ale nivelurilor apelor subterane în timpul exploatării;
- distanța limitelor de protecție rezultată din calcule hidrodinamice.

Scopul urmărit prin cunoașterea/precizarea acestor criterii poate fi:

- delimitarea unei zone ce asigură un timp suficient de intervenție în caz de poluare, pentru a evita poluarea captării (printr-o rețea de foraje de observație și control). În acest caz, criteriul este timpul de tranziție, care trebuie să asigure posibilitatea de a se interveni radical asupra sursei de poluare (cauza poluării). În cazul în care poluarea se produce la suprafața terenului, timpul de transfer cuprinde și timpul de migrare prin sol și prin zona nesaturată (infiltrația), în zona saturată (percolare), și timpul de migrare orizontală (viteza de migrare spre captare). Acesta este timpul de convecție;
- delimitarea unei zone/perimetru prin traversarea căreia concentrația poluantului va fi micșorată înainte de a ajunge la captare. În acest caz, se ia în considerare capacitatea/puterea de epurare a solului și a zonei nesaturate. Un poluant deversat la suprafața terenului va traversa solul și zona nesaturată, în care pot interveni mecanisme de adsorbție, filtrare, biodegradare ce vor reduce concentrația poluantului până la momentul în care acesta va atinge nivelul apei subterane, după care se mai poate produce o diluare în sistemul acvifer (situație ce poate fi întâlnită în zonele în care se practică chimizarea agriculturii și irigațiile);
- amenajarea unei zone/perimetru de protecție în jurul unui domeniu, ce cuprinde o mare parte din zona de apel, criteriul luat în considerare fiind denivelarea pentru debitul de exploatare recomandat;

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

- protecția întregii arii de alimentare a captării, considerând drept criterii limitele de curgere - condițiile de alimentare la limită a acviferului/sistemului acvifer, criteriu aplicat mai ales hidrostructurilor cu extindere nu prea mare. Considerarea acestui criteriu nu trebuie să conducă la o supraprotecție a acviferelor.

În alegerea criteriilor de stabilire a zonelor de protecție se va avea în vedere variabilitatea condițiilor hidrogeologice și posibilitățile de folosire a dotărilor existente. Pentru o cât mai bună eficiență, se recomandă să se țină seama de mai multe criterii.

În același timp, se va reține că fiecare hidrostructură, sistem acvifer sau acvifer, fiecare foraj prezintă caractere și particularități proprii.

Principalele criterii ce trebuie avute în vedere la stabilirea zonelor/perimetrelor de protecție sunt:

- timpul de transfer al poluantului până la captare;
- timpul necesar să se producă dispersia, degradarea sau fixarea substanțelor poluante, deosebindu-se infiltrația pe verticală și curgerea prin acvifer, cu pante hidraulice și viteze variabile.

În aprecierea puterii de epurare a terenurilor, se estimează măsura în care un poluant deversat la suprafața terenului își va scădea concentrația după un parcurs vertical (infiltrația) până la suprafața apei și apoi pe parcurs orizontal (viteza de migrare), până la punctul de prelevare.

Puterea de epurare a diferitelor tipuri de roci este legată direct de permeabilitatea rocilor și de puterea de retenție a constituenților rocilor, inclusiv de grosimea stratului acoperitor (în calcule nu se iau în considerare primii 4 metri, deoarece până la această adâncime se execută lucrări de terasamente și hidroedilitare).

Zona de apel a captării poate fi determinată grafic, folosindu-se metodologia clasică de cercetare: existența unui piezometru și executarea de pompări experimentale în mai multe trepte în forajul în exploatare/centrul.

Se trasează curbele de egală denivelare, în funcție de debitul considerat. Plecând de la valorile sarcinii hidraulice (cotele nivelelor piezometrice în diferite puncte) se construiește suprafața piezometrică denivelată - rezultată din pompare - și se trasează liniile de curent ce vor fi deduse și care permit definirea zonei de apel a forajului.

Limita zonei/perimetrului de protecție cu regim sever poate fi stabilită prin calcularea unui timp de tranzit de 20 zile, timp minim necesar eliminării unei poluări bacteriologice și suficient ca să permită o intervenție în caz de poluare chimică.

În cazul unui acvifer alimentat prin infiltrații prin mal, este necesar să se cunoască mărimea alimentării cu apă din cursul de suprafață și timpul de transfer între mal și punctul de prelevare: aceste valori depind de debitul pompat, distanța de la punctul de prelevare la cursul de apă și de viteza de curgere laterală.

În cazul drenurilor din aluviuni sau de la baza versantului, a izvoarelor - în funcție de tipul de izvor - instituirea zonelor/perimetrelor de protecție prezintă particularități de la caz la caz.

Dimensiunile zonelor/perimetrelor de protecție sunt foarte variabile, ele fiind în funcție de structura geologică și de condițiile de alimentare (la limitele acviferului).

Pentru protecția captării și a acviferului exploatat, HG nr. 930/2005 prevede o serie de interdicții, acestea fiind necesare spre a se asigura eficacitatea protecției și ele sunt impuse în situația în care alte soluții tehnice sau reglementări nu permit să se asigure protecția captării.

Interdicțiile și reglementările propuse de hidrogeolog trebuie să fie credibile și justificate tehnic și să fie limitate numai la activitățile legate direct de riscul poluării, ceea ce înseamnă să se caute cel mai bun raport cost/eficacitate.

În evaluarea costurilor, trebuie să se țină seama de:

- costurile directe ale colectivității ce folosește captarea (beneficiarul): avize, autorizații, cumpărare sau schimb de terenuri, împrejmuirea terenului, plata apei consumate;
- costurile corespunzătoare suprimării sau reducerii surselor de poluare (dar, conform OUG nr. 195 din 2005 privind protecția mediului, poluatorul plătește);

- impactul economic al interdicțiilor și reglementărilor specifice, ceea ce este destul de dificil de evaluat, deoarece depășește posibilitățile beneficiarului în compensarea acestor servituți. Este necesar să se găsească un compromis între activitatea economică existentă în jurul captării și protecția resurselor exploatate pentru alimentare cu apă.

Protecția captărilor de apă și a acviferelor se realizează prin instituirea zonelor și perimetrelor de protecție, având ca scop ferirea punctelor de prelevare a apei de riscurile de poluare susceptibile de a rezulta mai ales din prezența instalațiilor și a rețelelor hidroedilitare amplasate în apropierea acestora.

Este posibil să existe mai multe soluții pentru alimentarea cu apă a aceleiași colectivități, alegându-se soluția care asigură apa de cea mai bună calitate, cu costurile cele mai mici și cele mai mici pierderi pentru economia locală.

Tehnic, principiul de bază este: cea mai mare sau cea mai mică viteză a relației hidrogeologice de la zonele sau punctul de infiltrație și punctul de prelevare care trebuie protejat.

Nu apropierea zonei este cea care trebuie considerată în mod obligatoriu ca factor determinant, ci mai degrabă natura terenului și permeabilitatea lui, așa cum sunt prezentate de hidrogeolog în studiul întocmit în acest scop.

Pentru zona de protecție sanitară cu regim sever - zona I - trebuie să fie asigurată o durată de parcurgere de minimum 20 zile pentru orice picătură de apă presupusă a fi contaminată, care s-ar infiltra la limita acestei zone și ar ajunge la locul de captare a apei. Această distanță va fi de minimum 50 m în amonte și de 20 m în aval de captare, iar lateral 30 m.

Zona de protecție sanitară cu regim de restricție - zona II - va fi astfel dimensionată încât să asigure protecția față de protecția bacteriană și impurificarea chimică, luând în considerare o durată de 50 zile pentru parcurgerea distanței de la punctul de infiltrație până la limita zonei de protecție sanitară în regim sever - zona I.

Dimensionarea perimetrului de protecție hidrogeologică - zona III – asigură suprafața în interiorul căreia este interzisă executarea oricăror lucrări care ar putea să înrăutățească/degradeze regimul și calitatea apelor subterane pentru alimentarea cu apă, îmbuteliere sau a substanțelor minerale terapeutice.

În funcție de extinderea areală mare a sistemului acvifer/hidrostructurii, de grosimea solului și a zonei nesaturate, precum și de vitezele de curgere a apei în acvifer, perimetrul de protecție hidrogeologică se subîmparte în zonele IIIA și IIIB.

Aceste precizări se referă la acviferele cu nivel liber și la cele situate la adâncime mică.

Pentru acviferele de adâncime - peste 50 m adâncime - la care depozitele acoperitoare ale acviferelor conferă o protecție naturală împotriva agenților poluanți și în vecinătatea lucrărilor de captare s-au luat toate măsurile pentru evitarea contaminării/impurificării/poluării apelor subterane, protecția sanitară se realizează numai prin instituirea zonei de protecție sanitară în regim sever - zona I - cu dimensiunile menționate anterior.

În cazul acviferelor de adâncime, o atenție deosebită trebuie acordată izolării perfecte a acviferelor superioare, care nu sunt captate din cauza faptului că sunt necorespunzătoare calitativ sau chiar poluate.

Interdicțiile impuse în zonele de protecție sunt diferite în funcție de zona de protecție.

În zona de protecție IIIB -, cea mai îndepărtată de punctul de prelevare a apei subterane, sunt interzise următoarele activități:

- evacuarea de ape pluviale din zone urbane sau din zone de trafic rutier;
- amplasarea de centrale nucleare sau de unități care evacuează ape radioactive;
- amplasarea de unități industriale care evacuează ape cu risc mare de poluare, precum rafinării, industrie siderurgică, industrie chimică, pielărie, uzine militare, dacă apele evacuate din acestea nu sunt în totalitate epurate;
- depozitarea, staționarea sau introducerea în subteran a substanțelor radioactive sau a altor substanțe poluante provenite din activitatea industrială ca: fenoli, gudroane, detergenți, substanțe fitosanitare, petrol și reziduuri de petrol, uleiuri, combustibili lichizi, coloranți, cianuri, metale toxice etc.;

- efectuarea de irigații cu ape uzate, neepurate sau insuficient epurate.

În zona IIIA sunt interzise:

- toate activitățile menționate ca restricții pentru zona IIIB;
- amplasarea de unități zootehnice, abatoare;
- depozitarea pe sol și întrebuințarea de stimulenți de creștere, substanțe fitosanitare pentru protecția plantelor și luptă împotriva dăunătorilor în agricultură și silvicultură;
- amplasarea de stații de epurare și infiltrare de ape reziduale (puțuri absorbante);
- amplasarea de locuințe, spitale, stațiuni turistice, chiar dacă dispun de canalizare, dacă apele reziduale nu sunt epurate în totalitate și evacuate din zona IIIA de protecție în condiții de deplină siguranță;
- depozitarea de substanțe poluante - cu excepția depozitelor de combustibili pentru încălzirea locuințelor și pentru unitățile agricole, cu condiția respectării măsurilor de siguranță pentru prevenirea poluării, amplasarea de puncte de transfer și comercializare a combustibililor lichizi sau a oricăror substanțe poluante ce pot vicia calitatea apelor subterane;
- amplasarea de aeroporturi, unități militare și efectuarea de manevre militare;
- amplasarea de platforme de gunoi, containere cu deșeuri, cimitire de mașini,
- vidanjarea cisternelor ce transportă ape fecaloid – menajere;
- infiltrarea sau injectarea de ape de răcire;
- executarea de decopertări prin care stratul acoperitor protector al acviferului este decopertat, amplasarea de cimitire umane sau pentru animale;
- amplasarea de triaje de căi ferate;
- executarea de foraje și lucrări miniere pentru prospecțiuni, explorări și exploatare pentru petrol, gaze, ape minerale, sare, substanțe radioactive fără avizul autorității competente de mediu (Ordinul nr. 662/2006 MMGA).

Pentru zona II de protecție sanitară, cu regim de restricție, sunt prevăzute următoarele interdicții:

- terenurile din această zonă pot fi exploatate agricol pentru orice fel de culturi, dar cu interzicerea:
 - utilizării îngrășămintelor naturale;
 - utilizării substanțelor fitofarmaceutice care nu se degradează într-un timp mai scurt de 10 zile,
 - irigații cu ape uzate, chiar complet epurate, crescătoriilor de animale și depozitării de gunoaie animale;
- pe terenurile din zona II mai sunt interzise:
 - toate activitățile menționate ca restricții pentru zonele IIIB și IIIA de protecție;
 - executarea de construcții pentru activități industriale și agricole precum grajduri, silozuri de cereale, depozite de îngrășăminte și de substanțe fitosanitare etc.;
 - amplasarea de șantiere de construcții și depozite de materiale aferente construcțiilor;
 - amplasarea de căi rutiere, linii de garare, parcuri și alte unități de transport de mărfuri;
 - amplasarea de campinguri, terenuri de sport, stranduri;
 - spălarea mașinilor și efectuarea schimburilor de ulei;
 - balastiere, exploatare de turbă, cariere de piatră și orice alte lucrări prin care se diminuează grosimea stratului acoperitor;
 - realizarea de activități miniere, prin care se îndepărtează stratul protector al acviferului, producerea de explozii ce produc fisuri sau se creează posibilitatea acumulării de apă;

- pășunatul animalelor și însilozarea nutrețurilor, folosirea îngrășămintelor naturale sau de sinteză, precum și depozitarea lor în spații deschise, unde pot fi spălate de precipitații, fiind posibilă infiltrarea lor în subteran;
- amplasarea de sere;
- depozitarea de carburanți, lubrifianți, combustibili solizi (lemne și cărbune);
- transportul pe conducte de ape uzate și substanțe poluante de orice natură;
- amplasarea de bazine pentru ape reziduale, puțuri absorbante, haznale cu fund pierdut;
- executarea de lucrări de canalizare și drenaje;
- amplasarea de iazuri piscicole.

Pentru zona I - perimetru de protecție sanitară cu regim sever - în afara interdicțiilor menționate pentru celelalte zone, se mai prevăd următoarele interdicții:

- amplasarea de construcții sau amenajări care nu sunt legate direct de exploatarea sursei și a instalațiilor;
- efectuarea de explozii și excavații de orice fel;
- depozitarea de materiale, cu excepția celor strict necesare exploatarea sursei și a instalațiilor, luându-se toate măsurile necesare pentru a preveni pătrunderea în sol a oricăror substanțe impurificatoare/poluante;
- traversarea zonei de sisteme de canalizare pentru ape uzate, cu excepția celor ce colectează apa din jurul obiectivului protejat, luându-se măsuri de asigurarea etanșeității sistemelor de canalizare.

Pentru sursele existente în exploatare și pentru cazuri bine justificate, se admit derogări pentru zona II - perimetru de protecție sanitară cu regim de restricție - cu obligativitatea de:

- asigurare cu sisteme de canalizare complet etanșe a clădirilor de locuit și a obiectivelor social-economice și culturale;
- desființarea puțurilor absorbante, a haznalelor și closetelor cu fund pierdut.

Derogările se dau de către Inspectoratele de poliție sanitară și medicină preventivă, pe baza documentației hidrogeologice prezentate de beneficiarul sursei sau concesionarul sursei.

Se va reține că fiecare caz de protecție a unei captări este un unicat, condiționat de vulnerabilitatea acviferului la poluare, de riscurile poluării cronice/permanente și de timpul de transfer al poluantului în subteran.

Calitatea apelor subterane captate nu poate fi garantată numai prin simplul fapt că s-au instituit perimetre de protecție.

Riscurile contaminării/poluării nu sunt neglijabile și de aceea este necesar și obligatoriu să se execute controale periodice asupra captării și frontului de captare prin realizarea unui sistem de supraveghere și alertă, în zona amonte (hidraulic) a punctului de prelevare a apei, în scopul detectării poluării înainte ca ea să ajungă la punctul de prelevare (Ordinul nr. 661/2006, H.G. nr. 351/2005, OUG nr. 152/2005).

Pentru asigurarea folosirii raționale și a protecției resurselor de apă împotriva supraexploatării și poluării apelor subterane, proiectantul va avea în vedere amplasarea și executarea, în interiorul zonelor de protecție, de foraje de control și observație stabilindu-se un program de observații și măsurători privind evoluția nivelului apelor subterane și prelevarea de probe de apă pentru analize fizico-chimice.

Șeful de proiect trebuie avertizat asupra necesității de a se executa o rețea de foraje hidrogeologice de observație/alertă și de a se întocmi un plan de intervenție în caz de poluare accidentală, precum și asupra necesității de a fi prevăzute surse de înlocuire.

Rețeaua de supraveghere se amplasează pe liniile de curent ale apei subterane către captare, la o distanță suficientă de aceasta pentru a dispune de timpul necesar de intervenție, între detectarea poluantului și sosirea lui la punctul de prelevare a apei.

Probele de apă pentru analiză se recoltează cu o frecvență regulată, analizându-se acei indicatori care pot proveni de la industriile, depozitele sau stațiile de epurare ce sunt situate în zonele de alimentare în subteran și care pot prezenta riscuri de poluare.

Este recomandabil ca poluarea să fie detectată chiar de la origine, la locul de producere.

De aceea, este obligatorie realizarea unei rețele de foraje de control, care sunt în sarcina celor ce sunt răspunzători de producerea poluării, conform principiului: poluatorul plătește.

Pentru prevenirea riscului de poluare la punctul de prelevare a apei subterane, pe baza datelor/informațiilor din rețeaua de foraje de supraveghere, se întocmește un plan de intervenții privind combaterea poluării.

Planul se reactualizează permanent, în funcție de datele obținute din rețeaua de supraveghere.

La întocmirea planului de intervenție trebuie să se cunoască zonele de risc, să fie puse în funcțiune măsurile de protecție, să se stabilească momentul în care se declanșează alerta, să fie precizate dispozitivele de urgență ce trebuie puse în funcțiune, să se stabilească și să se efectueze lucrările ce au drept scop limitarea extinderii poluării, până la dispariția ei (Ordinul nr. 638/420/420 din 2005).

În situația în care poluarea nu a fost detectată din timp și apa a ajuns în rețeaua de distribuție, este necesar să se pună în aplicare prevederile planului de siguranță, fiind posibile următoarele situații:

- mărirea debitului la sursele nepoluate;
- punerea în exploatare a captărilor de rezervă;
- folosirea conexiunilor existente în rețeaua de alimentare cu apă potabilă;
- distribuirea apei prin cisterne.

O situație deosebită o reprezintă captările și puțurile sătești inundate, în acest caz fiind necesar să se efectueze următoarele operații:

- deznisiparea, pomparea și dezinfectarea forajelor și a puțurilor;
- spălarea și dezinfectarea drenurilor;
- repomparea forajelor și puțurilor după dezinfectarea lor.

6.3. Rolul hidrogeologului în instituirea perimetrelor de protecție

Stabilirea perimetrelor de protecție la noile captări de ape subterane și revizuirea perimetrelor de protecție ale captărilor de apă existente sunt obligații ce revin celor ce exploatează sursele de apă subterană.

Perimetrele de protecție trebuie să asigure o siguranță maximă pentru protecția apelor subterane folosite pentru alimentarea cu apă a oamenilor, în industria alimentară și industria farmaceutică.

În vederea stabilirii perimetrelor de protecție și a materializării lor pe teren, este necesară întocmirea unei documentații hidrogeologice corespunzătoare, pe baza datelor existente și - în caz de necesitate - pe baza unor lucrări suplimentare absolut necesare (deznisipări, pompări experimentale, recoltări de probe de apă din sursele captate și efectuarea de analize de apă fizico-chimice și bacteriologice, cimentări de foraje abandonate, executarea de piezometre/foraje de observație), în scopul de a se putea aprecia riscul poluării.

Beneficiarul și autoritățile competente în aprobarea perimetrelor de protecție sanitară și hidrogeologică trebuie să dispună de o documentație hidrogeologică bine argumentată, pentru instituirea perimetrelor de protecție.

În acest sens, trebuie cunoscute criteriile necesar a fi luate în considerare pentru dimensionarea perimetrelor de protecție sanitară și hidrogeologică, precum și natura studiilor ce trebuie executate pentru a obține un minimum de date necesare întocmirii documentației.

Stabilirea limitelor perimetrelor de protecție sanitară și hidrogeologică nu poate fi făcută decât de hidrogeolog, studiul hidrogeologic fiind documentul tehnico-științific pe baza căruia se iau deciziile de stabilire a limitelor de protecție.

Principiul de bază, care definește stabilirea limitelor perimetrelor de protecție, este cunoașterea condițiilor hidrogeologice dintre punctul/zona de infiltrare și punctul/frontul de

prelevare a apelor subterane care trebuie protejate, deoarece zona din apropierea captării nu este în mod obligatoriu factor determinant, așa cum ar fi faciesul hidrogeologic.

Prin facies hidrogeologic înțelegem totalitatea proprietăților fizico-mecanice ale unei roci sau unui strat care îi determină permeabilitatea și a constituției fizico-chimice-mineralogice, care îi determină tipul și gradul de mineralizare. Într-un acvifer, și mai ales într-un sistem acvifer, faciesul hidrogeologic este limitat spațial fie din cauza schimbării faciesului geologic (variații de facies orizontale sau verticale), fie din cauza condițiilor structural-tectonice.

Studiul hidrogeologic trebuie să prezinte natura stratelor traversate de ape pe parcursul lor subteran: solul și zona nesaturată, nu numai acviferul până la lucrarea de captare a apelor subterane, fapt ce permite să se facă aprecieri asupra gradului de epurare pe care-l poate suferi apa în parcursul ei subteran, și de a face recomandări privind oportunitatea și necesitatea tratării apei subterane înainte de darea ei în consum.

De aceea, este absolut necesar ca hidrogeologul să cunoască atât zona captării, cât și zona presupusă de producere a infiltrațiilor (suprafața de impluvium, alimentare pe capetele de strat, infiltrații prin mal, puncte/zona hidrivore).

Studiul hidrogeologic va cuprinde informații privind:

- originea apelor propuse a fi captate (infiltrații din precipitații, din irigații, infiltrații prin mal, alimentare pe capete de strat din aluviuni, pierderi din apele de suprafață prin puncte hidrivore sau infiltrații difuze, descărcări din subteran din alte acvifere);
- contaminările/poluările la care acestea pot fi supuse (pierderi în zonele platformelor industriale, pierderi din conducte sau rețele hidroedilitare, depozite de gunoarie și dejecții, chimizarea agriculturii, depozitarea necorespunzătoare a unor substanțe toxice, closete cu fund pierdut, puțuri absorbante sau de ecarisaj);
- măsuri de protecție ce trebuie adoptate pentru a preveni producerea poluării (gropi și depozite ecologice, dezafectarea sau oprirea unor activități, repararea conductelor, reducerea volumului de substanțe chimice în agricultură, fose septice vidanjabile, dezinfectarea și cimentarea forajelor abandonate, a puțurilor absorbante și a celor de ecarisaj etc.).

Activitatea hidrogeologului trebuie să înceapă de la primele faze de proiectare, fie că este vorba de planuri de sistematizare (PUG-PUZ), fie că este vorba de studii de fezabilitate pentru diferite investiții, la care se are în vedere folosirea apelor subterane. Obligatorietatea prezenței hidrogeologului se referă la alimentările cu apă centralizate, extinderea sau modificarea captărilor existente, deoarece el este cel care întocmește documentațiile hidrogeologice pentru obținerea avizelor și autorizațiilor din partea ANAR, precum și pentru notificarea începerii lucrărilor de captare a apelor subterane.

Din primele faze de cercetare, hidrogeologul trebuie să evidențieze condițiile la limită ale acviferului/sistemului acvifer luat în considerare, adică să arate zona din care se poate produce alimentarea în subteran.

Încă din faza de studiu preliminar, hidrogeologul va trata aspectele hidrogeologice, fizico-chimice și bacteriologice cu gradul de precizie pe care i-l conferă datele de care dispune, aspecte ce permit să se aprecieze vulnerabilitatea la poluare a acviferului/sistemului acvifer.

În această fază de studiu preliminar, hidrogeologul va purta discuții cu reprezentanții autorității publice locale, cu beneficiarul sau concesionarul captării, evidențiindu-se obiectivele de calitate și de protecție a apelor subterane, având drept scop cunoașterea impactului economic al servituților și evitarea unor situații neconforme, cum ar fi regimul juridic al terenurilor pe care vor fi amplasate forajele și avizul nefavorabil referitor la punerea în exploatare a captării.

Aproape întotdeauna se poate căuta și găsi o soluție optimă de compromis între diferitele situații și interese existente.

Este datoria hidrogeologului să recomande din această fază de studiu preliminar efectuarea de lucrări și studii pe care le consideră necesare sau să propună variante de amplasament, care, în condiții hidrogeologice acceptabile, pot situa viitoarea captare într-o zonă mai bine protejată, de comun acord cu agronomii, silvicultorii, urbanisții, economiștii etc.

În cazul captărilor existente, se pot întâlni două situații:

- datele existente sunt suficiente pentru întocmirea documentației hidrogeologice și ale cărei concluzii să permită propunerea instituirii perimetrelor/zonelor de protecție;
- datele disponibile sunt insuficiente și în acest caz se întocmește un studiu hidrogeologic preliminar, propunându-se un program suplimentar de studii, care să ofere datele necesare întocmirii unui studiu hidrogeologic definitiv și ale cărui concluzii să permită propunerea instituirii perimetrelor/zonelor de protecție.

Studiul hidrogeologic definitiv trebuie să conțină toate datele necesare identificării captării, caracteristicile tehnice și parametrii hidrogeologici ai acesteia, informații asupra vulnerabilității la poluare a acviferului/sistemului acvifer exploatat și a captării, prezentarea perimetrelor/zonelor de protecție și reglementările sau interdicțiile propuse în interiorul acestor perimetre/zone, având, în general, următorul cuprins:

- a) Situația captării
 - amplasament, sat, comună, județ, drumuri de acces;
 - bazin hidrografic, cod;
 - coordonate și cota la sol;
 - date orohidrografice și geomorfologice, cadrul natural;
 - inundabilitatea amplasamentului captării;
 - date climatologice;
- b) Informații generale asupra captării
 - beneficiar;
 - concesionar;
 - localități deservite în cazul alimentărilor cu apă zonal-regional;
 - necesitățile de apă;
 - alte captări existente și debite exploatate;
- c) Considerații geologice și pedologice
 - cadrul geologic general (litologie, stratigrafie, elemente structural-tectonice ce definesc hidrostructura/sistemul acvifer);
 - prezentarea detaliată litostratigrafică zonală și a acviferelor exploatate;
 - litologia, grosimea, extinderea și permeabilitatea formațiunilor acoperitoare ale acviferului/sistemului acvifer și date pedologice privind solul și zona nesaturată;
- d) Considerații hidrogeologice
 - natura acviferului captat. Hidrostructura/sistemul acvifer din care face parte;
 - tipul de acvifer, tip de permeabilitate;
 - litologia acoperișului și a patului acviferului. Grosimea acviferului sau a orizonturilor acvifere, în cazul unui acvifer multistrat;
 - adâncimea nivelului piezometric și variațiile multianuale;
 - relațiile cu apele de suprafață în cazul captărilor prin infiltrații prin mâl, evaluarea gradului de colmatare a malurilor;
 - relațiile apelor carstice cu apele de suprafață;
 - piezometrie, viteze și sensul de curgere;
 - rezultatele marcărilor cu trasori;
 - caracteristici hidrodinamice;
 - rezultatele pompărilor experimentale;
 - zona de apel și zona de influență a forajului/forajelor;
 - zona de alimentare în cazul izvoarelor, în funcție de tipul de izvor.

Studiile hidrogeologice vor permite, după mai multe etape de pompări experimentale, în funcție de specificul local evidențierea unor diagrame ca cel din **figurile 6.1, 6.2, 6.3, 6.4**.

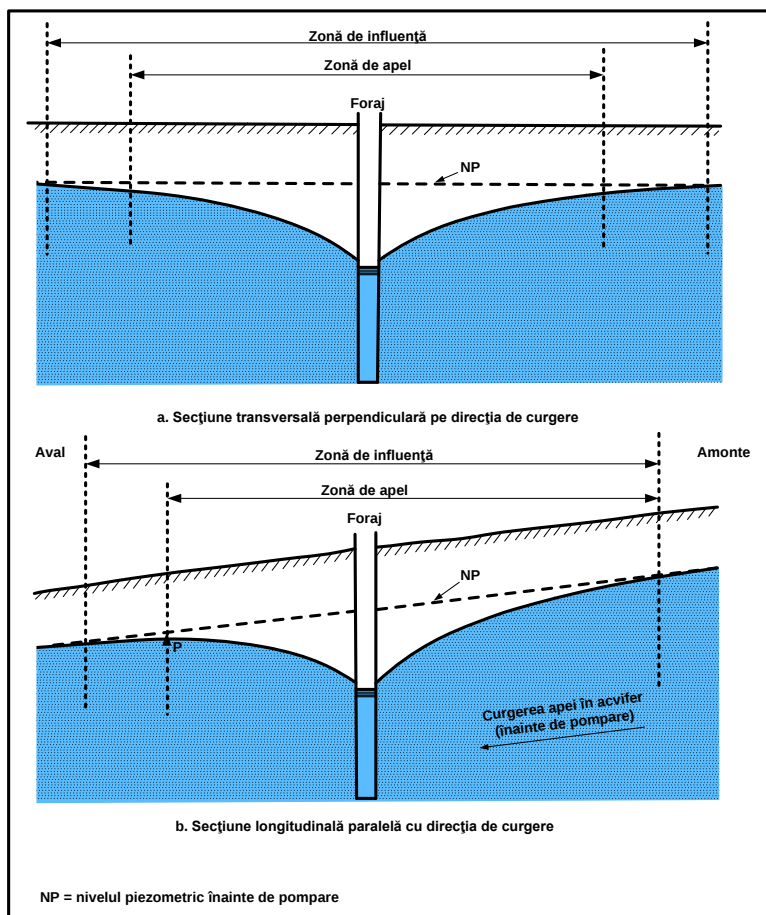


Figura 6.1 – Secțiuni prin conul de denivelare (adaptare după J. Margat)

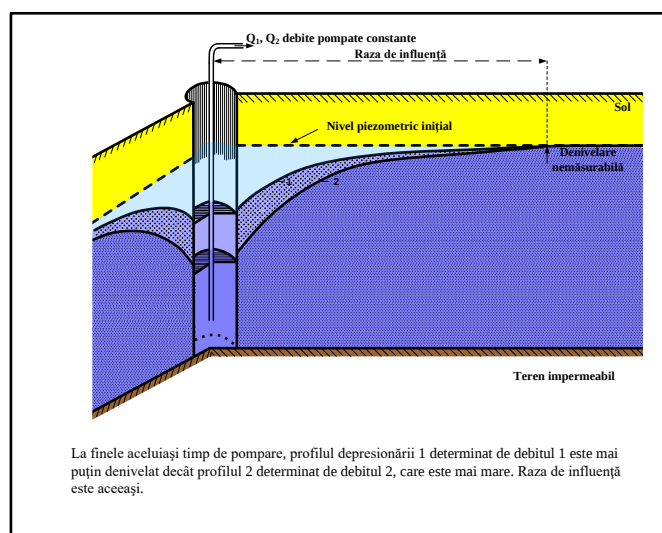


Figura 6.2 – Raza de influență nu depinde de debitul pompat (după J. Margat)

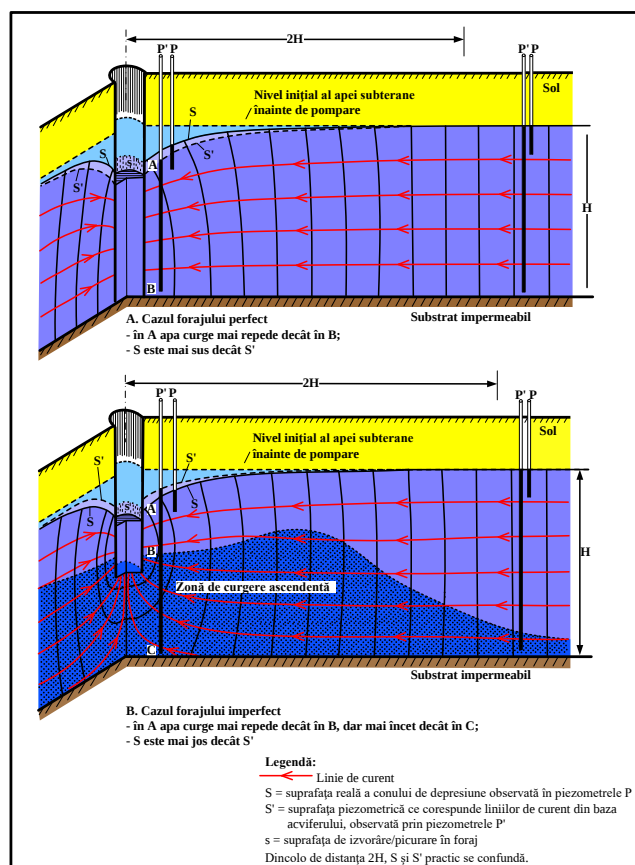


Figura 6.3 – Tipuri de curgere în cazul forajului perfect și al forajului imperfect

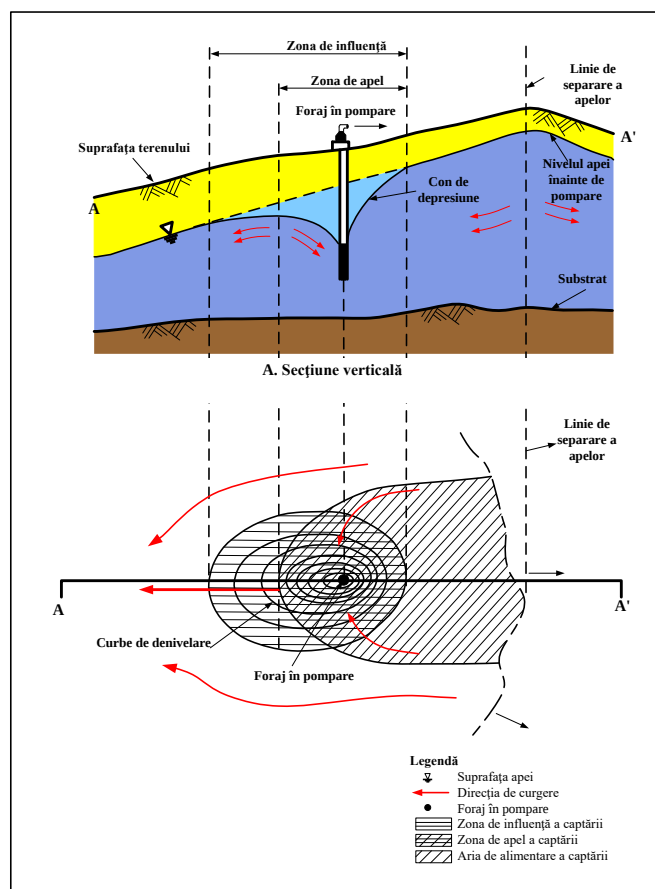


Figura 6.4 – Schema influenței unei pompări în mediul poros
 (după Andrée Lallemand Barrés și Jean Claude Roux)

- e) Caracteristicile tehnice ale captării
 - data execuției lucrării: început-terminat;
 - tip de captare - descrierea captării: număr de foraje, mod de echipare, cabine de protecție, caracteristicile dresului, tipul de captare a izvorului;
 - rezultatele pompărilor experimentale sau al măsurătorilor de debit la izvoare și la drenuri;
 - echipamente hidromecanice și mod de exploatare, debite de exploatare zilnice, medii și maxime;
- f) Considerații asupra calității apei
 - rezultatele analizelor fizico-chimice și bacteriologice ale analizării probelor de apă recoltate din foraje/izvoare/drenuri înainte de punere în exploatare;
 - rezultatele analizelor fizico-chimice și bacteriologice efectuate în decursul timpului la captările în exploatare și comentarii asupra variațiilor principalilor indicatori ce condiționează calitatea apei potabile;
 - pentru captările noi:
 - o analiză înainte de începerea pompărilor experimentale (după deznisipare);
 - o analiză la terminarea pompărilor experimentale;
 - o analiză înainte de punerea în exploatare a lucrărilor de captare (analize complete fizico-chimice și bacteriologice);
 - recomandări privind frecvența analizelor, cu precizarea indicatorilor ce trebuie controlați și analizați în mod special;
 - evaluarea cauzelor probabile ale poluării.
- g) Mediul înconjurător și vulnerabilitatea apelor subterane
 - descrierea mediului: fizico-geografic, soluri, vegetație;
 - inventarierea surselor de poluare potențiale:
 - actuale și istorice;
 - permanente sau periodice:
 - irigații;
 - căi navigabile interioare;
 - rețele hidroedilitare;
 - gropi de gunoi și fose septice;
 - stații de epurare;
 - platforme industriale;
 - pierderi din conducte de transport al petrolului și produselor derivate;
 - evaluarea riscului de poluare accidentală;
 - risc de inundabilitate;
 - rezultatele marcărilor cu trasori, legat de sursele de poluare, în special în cazul apelor carstice;
 - comentarii asupra vulnerabilității captării, având în vedere caracteristicile acviferului/sistemului acvifer, gradul de protecție naturală a lui și sursele de poluare inventariate;
- h) Delimitarea perimetrelor/zonelor de protecție
 - caracteristicile perimetrelor/zonelor din:
 - zona de protecție sanitară cu regim sever;
 - zona de protecție sanitară cu regim de restricție;
 - perimetrul de protecție hidrogeologică: zonele A și B;
 - dimensiunile, suprafețele și limitele zonelor/perimetrelor propuse;
 - criteriile luate în considerare la delimitare - cf. HG nr. 930 din 2005 - și metoda folosită pentru delimitarea lor.

Se recomandă ca limitele să corespundă, pe cât posibil, cu limite planimetrice bine precizate sau naturale: cursuri de apă, liziere de păduri, canale, căi ferate, șosele etc.

- i) Recomandări

Recomandările trebuie făcute clar și precis, pentru a nu permite interpretări și speculații:

- legat de protecția acviferului/sistemului acvifer: perimetrul de protecție hidrogeologică are rolul de a asigura protecția față de orice substanță greu degradabilă sau nedegradabilă, precum și refacerea debitului prelevat prin captare, în funcție de tipul de acvifer și de modul de alimentare în subteran:
 - infiltrații prin mal: acvifere aluvionare;
 - acvifere situate pe interfluvii și de platformă (cu suprafață de impluvium mare sau zone în care se practică irigații);
 - acvifere carstice;
 - acvifere de adâncime: monoclin, sinclinale etc.;
 - grosimea formațiunilor acoperitoare;
- legat de protecția captării:
 - zona de protecție sanitară cu regim sever, care asigură timpul de tranzit al unei particule de apă activă hidrodynamic, luând în considerare parametrii hidrogeologici ai acviferului/sistemului acvifer, pentru o durată de parcurs de 20 zile al particulei de apă: minimum 50 m amonte și 20 m **în** aval de captare pe direcția cursului apei subterane și 30 m lateral;
 - zona cu regim de restricție, care asigură protecția față de contaminarea bacteriană și impurificarea chimică, luând în considerare o durată de 50 zile pentru parcurgerea distanței de la punctul de infiltrare până la limita zonei de protecție sanitară, cu regim sever;
 - perimetrul de protecție hidrogeologică asigură condițiile de realimentare la limita acviferului/sistemului acvifer, dar în cazul unor hidrostructuri cu extindere foarte mare (stratele de Frătești, pietrișurile de Cândești, acviferul de profunzime din Dobrogea de sud sau al unor hidrostructuri traversate de mai multe cursuri de apă de suprafață care le alimentează, așa cum sunt marile conuri de dejecție) este dificil să se stabilească limitele lui.

Este necesar să se facă distincție între captările existente și cele în perspectivă.

La stabilirea limitelor și suprafețelor zonelor și perimetrelor de protecție, trebuie să se țină seama de regimul juridic al terenurilor, spre a se evita contestațiile și cererile de despăgubire nejustificate.

j) Rețeaua de control și alertă

- propuneri pentru executarea de foraje de alertă;
- precizarea frecvenței de recoltare a probelor de apă pentru analizare și natura analizelor;
- precizarea modului de supraveghere a instalațiilor, cu recoltarea corespunzătoare a probelor de apă pentru analize;

k) Anexe

- harta zonei sc. 1:25.000 plan de situație cu amplasamentul captării;
- harta geologică a zonei sc. 1:50.000 -1:100.000;
- secțiuni geologice în zone în care se instituie perimetrele de protecție;
- harta hidrogeologică, la scara 1:50.000;
- secțiuni hidrogeologice – în **figurile 6.5, 6.6** sunt prezentate spre exemplificare astfel de prezentări secțiuni și profile ce vor face parte din dosarul tehnic;
- hărți piezometrice: scara în funcție de densitatea forajelor;
- tabele cu date climatologice;
- tabele și grafice de corelare a rezultatelor pompărilor experimentale;
- schițele de echipare a forajelor;
- buletine de analize fizico-chimice și bacteriologice, centralizator de analize, grafice de variații Schoeller-Berkalof.

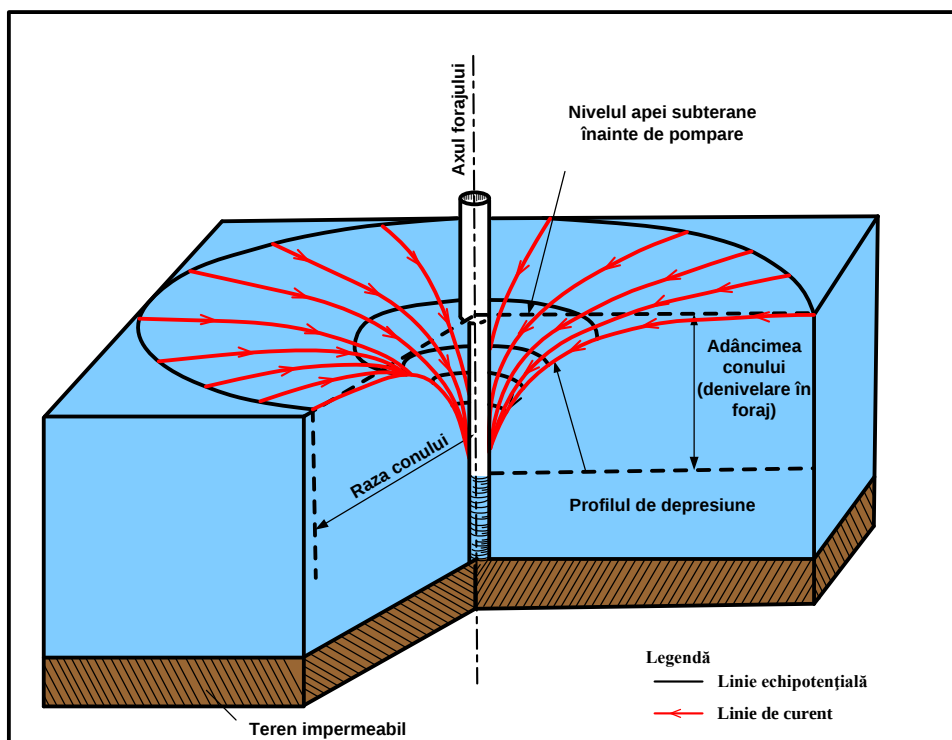


Figura 6.5 – Secțiune într-un con de depresiune (la un moment dat) (după J. Margat)

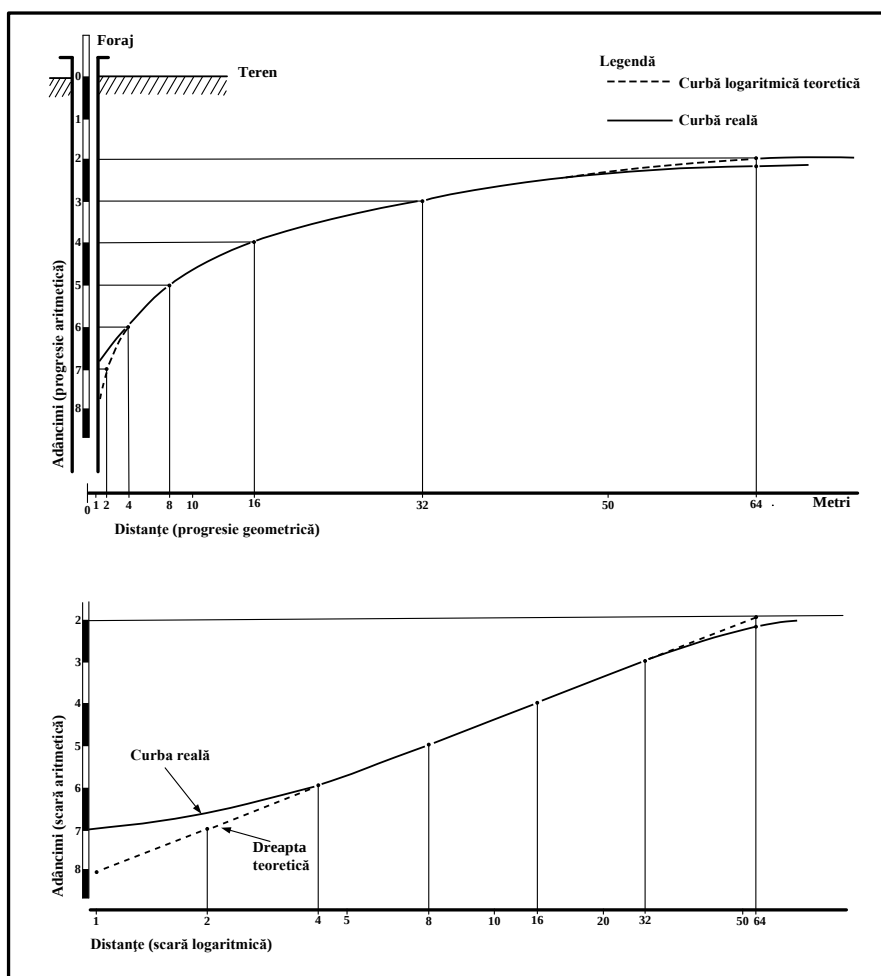


Figura 6.6 – Profilul conului de depresiune (după J. Margat)

Se constată că documentația hidrogeologică pentru instituirea zonelor și a perimetrelor de protecție este mai complicată în cazul acviferelor cu nivel liber, a celor ce se alimentează prin infiltrații prin mal sau al sistemelor acvifere carstice, decât pentru cele de profunzime, la care, de foarte multe ori, poluarea apelor exploatate sau a acviferului/sistemului acvifer se produce din cauza unei execuții necorespunzătoare și a echipării greșite a forajelor (folosirea de apă poluată pentru pregătirea noroiului de foraj, neînchiderea prin cimentare necorespunzătoare a orizonturilor superioare poluate sau ce conțin ape sub limitele impuse de standarde, străpungerea unor orizonturi acvifere situate la adâncimi mai mari, care au mineralizare ridicată și temperaturi de asemenea ridicate, nedezinfectarea forajelor înainte de punerea lor în exploatare, supraexploatarea unor orizonturi și apariția fenomenului de drenanță etc.).

Dar, în același timp, trebuie să se țină seama de faptul că apele de profunzime - cu excepția celor juvenile și a celor fosile - provin tot din apele de suprafață, iar exploatarea lor modifică regimul hidrogeologic natural, cu toate consecințele ce decurg din această nouă situație: scăderi de presiune, modificarea calității apelor, extinderea zonei de apel în caz de supraexploatare.

Trebuie, de asemenea, să se țină seama de faptul că în foarte multe situații și de foarte multe ori poluarea este și în funcție de timp, aspect care este neglijat sau nu este înțeles.

6.4. Tehnologii de depoluare a solurilor și a apelor freatice

Un prim pas în vederea selectării unor soluții de combatere a poluării îl reprezintă o foarte bună cunoaștere a sursei. Prevenirea și combaterea poluării nu este posibilă fără adoptarea unor măsuri ce au drept scop reducerea pierderilor de apă și de produse poluante pe platformele industriale.

Dintre acestea putem aminti:

- execuția unor rețele de distribuție a apei cât mai etanșe, cu poziționare și îmbinări bine executate, din materiale rezistente la acțiunea agresivă a substanțelor cu care vin în contact;
- realizarea rampelor de gunoi, a batalurilor și haldelor, a stațiilor de epurare finală și a stațiilor locale de corectare a calității apelor, în condiții de siguranță.

După cum s-a mai menționat, plecând de la ideea că realizarea unor rețele și instalații perfect etanșe este imposibilă, este necesară adoptarea unor măsuri de evidențiere mai ușoară și de captare imediată, controlată, a pierderilor:

- realizarea unor funduri duble pentru rezervoare sau a saltelelor drenante care să permită colectarea pierderilor;
- ridicarea rețelelor de conducte pe chituci pentru înlesnirea observării și remedierii neetanșeităților.

Protecția mediului și în particular protecția solului și a apelor subterane trebuie să fie parte integrantă a procesului de producție, preocupare indispensabilă pentru funcționarea oricărei activități.

Studiul de impact asupra mediului al oricărei activități generatoare de impact trebuie întocmit și actualizat ori de câte ori este necesar, iar cheltuielile necesare pentru remedieri și despăgubiri vor trebui suportate de poluatori.

Soluțiile specifice de prevenire și combatere sunt condiționate de mai multe elemente:

- condițiile hidrogeologice ale amplasamentului: stratificație, coeficienți de conductivitate hidraulică, grosimea și niveluri ale apelor subterane, variații de nivel etc.;
- natura substanțelor poluante: grad de periculozitate, grad de solubilitate în apă, densitate, măsura în care pot suferi procese de oxidare, reducere, biodegradare, diluție etc.;
- momentul la care se propun măsurile: poluarea a avut sau nu loc, gradul de extindere a poluării etc.;
- măsura în care lucrările limitează poluarea la un anumit perimetru controlabil sau trebuie dezvoltate mai larg, în localități, terenuri proprietate privată etc.;

- fundamentarea soluțiilor prin studii de teren suficient de extinse, ca și prin studii de laborator pentru anumite elemente specifice;
- fiecare amplasament constituie o problemă unică prin caracteristicile constructive, caracteristicile terenului și ale sursei de poluare, deci soluțiile nu pot fi decât particulare.

6.4.1. Măsurile cu caracter general

Avizele și acordurile de mediu reprezintă un instrument pentru ca asemenea măsuri să fie prevăzute, să fie bine fundamentate și eficiente.

Printre măsurile de combatere a poluării solului se numără:

- impermeabilizarea gropilor de gunoi menajer, a haldelor de deșeuri industriale, a bătărilor de produse petroliere folosind procedeele uzuale: geotextile, geomembrane, ecrane impermeabile din beton, bentonită etc.;
- promovarea unor tehnologii care să producă un minim de reziduuri care să poată fi eliminate fără poluarea mediului;
- monitorizarea continuă a surselor potențiale de poluare a solului și apelor subterane.

Instituirea zonelor de protecție sanitară în jurul captărilor de ape subterane este o măsură menită să protejeze populația, dar trebuie impusă și pentru a proteja resursele de apă subterană. În forma sa actuală normativul prevede instituirea a trei zone: de protecție cu regim sever, de restricție și de atenționare. Elementul important din punct de vedere al protecției apelor subterane îl constituie zona de atenționare, care se extinde pe aproape toată suprafața bazinului hidrografic.

Cunoscând sursele potențiale de poluare, specifice fiecărui caz concret, pot fi recomandate măsurile generale adecvate, aplicabile încă din faza de construcție sau de exploatare, care să reducă riscurile și consecințele poluării.

6.4.2. Măsurile specifice pentru combaterea și reducerea poluării apelor subterane

Sisteme de drenaj

a. Puțuri

Soluția de drenaj cu puțuri este recomandată în cazul acviferelor cu grosimi mari, astfel încât dintr-un puț să se poată extrage, fără pericol de înnisipare, un debit suficient de mare pentru a crea gradientii hidraulici necesari și raze de influență cât mai mari.

Soluția reprezintă o bună variantă pentru rețelele și construcțiile deja existente. În funcție de rezultatele obținute se poate avea în vedere îndesirea rețelei de puțuri. Această soluție este indicată pe platformele industriale în funcțiune, cu o densitate ridicată a instalațiilor și a construcțiilor.

În funcție de proprietățile substanțelor poluante și de condițiile hidrogeologice se pot utiliza următoarele variante:

În cazul poluanților miscibili cu apa, puțurile de extracție se pot amplasa în zonele cu concentrații mari sau sub forma unor șiruri de puțuri, de regulă la limita din aval a platformei industriale. Denivelările formate modifică spectrul hidrodinamic, pana de poluant fiind astfel izolată și captată. În puțurile de injecție se poate introduce apă, fie pentru creșterea diluțiilor, fie pentru controlul gradientilor, sau abur și solvenți care să ~~ajute~~ ajute la antrenarea mai rapidă a contaminanților.

În cazul poluanților nemiscibili cu apa și cu densități mai mici decât aceasta (hidrocarburile), din puțuri se extrage un amestec de apă și poluant care apoi se separă. Se pot folosi în puțurile respective două pompe, una care are sorbul în stratul de poluant și celălalt care extrage apa.

b. Drenuri

Folosirea drenurilor este în general recomandată în cazul straturilor acvifere cu grosimi mici și cu adâncimi mici ale nivelului hidrostatic. Această soluție permite un mai bun control al nivelelor apei, iar pericolul de colmatare este mai redus decât în cazul puțurilor, deoarece debitele specifice captate sunt mai mici. Execuția drenurilor necesită spații mai mari, dar poate fi făcută etapizat.

În funcție de suprafața supusă protecției sistemele de drenaj se pot amplasa în anumite poziții (în aval, perimetral sau sistematic – pe întreaga suprafață). Determinarea poziției optime se face prin calcule de prognoză asupra nivelurilor apei subterane, pentru diferite amplasamente ale lucrărilor, diferite procente de pierderi estimate din debitele vehiculate, în funcție de adâncimea apei subterane.

Din cauza dificultăților de ordin tehnic și organizatoric pe care le presupune executarea unei rețele de drenuri pe o platformă industrială sau în zonele urbane, precum și a costurilor foarte ridicate, s-a extins în ultimii ani utilizarea forajului orizontal dirijat.

Procedeul de foraj orizontal dirijat cuprinde două etape tehnologice consecutive:

- etapa inițială, a *forajului pilot*, cuprinde forarea terenului, presarea laterală a materialului grosier și fixarea acestuia în pereți prin crusta fluidului de foraj utilizat, spălarea și evacuarea materialului fin odată cu suspensia de bentonită;
- etapa finală, a *forajului de lărgire*, cuprinde retragerea la punctul inițial, de plecare, a tijelor de forare, la care se atașează un dispozitiv lărgitor concomitent cu introducerea și pozarea obiectivelor dorite.

Instalarea conductelor orizontale prin tehnologia forajului direcțional prezintă o serie de avantaje din care amintim:

- elimină transportul și depozitarea materialului rezultat în urma folosirii procedeelor tradiționale de pozare;
- permite instalarea conductelor și cablurilor în orice anotimp;
- asigură pozarea obiectivelor subterane pe orice tip de teren;
- structura solului deasupra zonei forate nu este modificată;
- funcționează eficient în zone saturate și nesaturate din orice tip de teren;
- este adaptabil pentru orice condiții de poluare și aplicabil la recuperarea oricărui tip de poluant de interes economic;
- se pot executa forări în curbă care pot ajunge în centrul zonei contaminate, este posibilă decontaminarea precisă și completă prin folosirea filtrelor și a dispozitivelor de scurgere și aspirare;
- asigură o rentabilizare mare economică prin reducerea costurilor datorită vitezei mari de construcție;
- subtraversarea rutelor de circulație nu implică întreruperea traficului.

Este necesară o bună cunoaștere a caracteristicilor terenului pentru stabilirea tipului de aparatură și de conducte.

Una dintre aplicațiile forajului dirijat este amplasarea conductelor filtrante. Prin această tehnică poate fi drenată apa, produsele petroliere, gaze, vapori.

Domeniile în care se poate aplica această tehnică sunt:

- combaterea poluării subterane în zona de impact a depozitelor de deșeuri;
- recuperarea produselor petroliere, infiltrate în subteran, din zona rafinăriilor, a conductelor uzate etc.;
- puțuri de apă executate în condiții hidrogeologice mai dificile;
- foraje de extracție a gazelor și petrolului;
- conducte marine.

6.4.3. Alte metode de combatere a poluării apelor subterane

6.4.3.1. Măsuri de limitare a creșterii zonei poluate

Ecranarea prin pereți etanși

Această metodă este folosită în cazul în care zona contaminată nu este foarte extinsă. Principiul metodei este acela de a separa curentul subteran de zona contaminată. Pereții vor fi încastrați în roca impermeabilă.

În cazul poluării cu substanțe nemiscibile cu apa, cu densitate mai mică, ecranul poate fi astfel construit încât să rețină numai poluanții aflați la suprafața apei freatice.

Existența acestor pereți modifică la nivel local spectrul hidrodinamic, determinând o creștere de niveluri în amonte și o scădere în aval de incinta închisă.

O variantă a acestei soluții o reprezintă realizarea unui ecran impermeabil care oprește deplasarea curentului de apă subteran și, în consecință, a poluantului. În amonte de acest ecran se dispune un șir de puțuri care vor capta apa contaminată care ulterior va fi tratată. Apa tratată va fi injectată în acvifer printr-un al doilea sistem de puțuri situate în aval de ecran.

Pentru construcția acestor ecrane subterane se folosesc: bentonita, betonul, betonul în amestec cu polimeri, în funcție de compatibilitatea acestor materiale cu substanțele poluante.

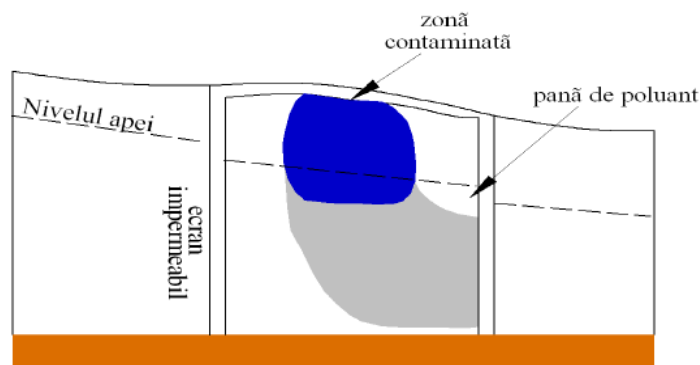


Figura 6.7 - Schema generală a unui sistem de izolare a zonei poluate

Izolarea hidraulică

O altă metodă de izolare a unei zone contaminate o constituie amplasarea unui puț de extracție în aval de această zonă. Prin denivelarea pe care o realizează acest puț se modifică spectrul hidrodinamic, limitându-se avansarea frontului poluat.

Folosirea unei perechi de puțuri (extracție – injecție) constituie o soluție mai sigură. Este o soluție frecventă, aplicată în special în cazul poluării unor zone cu extindere redusă. Principiul acestei metode este crearea și menținerea unui curent subteran cu circuit închis care să nu permită propagarea poluantului în exteriorul liniilor de curent marginale.

Această izolare este realizată cu ajutorul unor perechi de puțuri de extracție – injecție. Iau astfel naștere niște linii de curent închise determinate de acțiunea grupurilor de foraje. Amplasarea puțurilor se face astfel încât linia formată de ele să fie paralelă cu direcția generală de curgere a apelor subterane. Puțul de injecție va fi amplasat în amonte de zona poluată, iar puțul de extracție în aval de aceasta.

6.4.3.2. Măsuri de refacere a zonei subterane poluate

Metodele de refacere ex situ constau în pomparea apei subterane poluate din subsol către suprafață, tratarea acesteia într-o stație de tratare și apoi reinjectarea ei în acvifer sau descărcarea într-un emisar de suprafață (**figura 6.8**).

Cel mai des utilizate metode ex situ sunt: excavarea și înlăturarea solului, incinerarea acestuia, încorporarea în asfalt și spălarea solului. În cazul poluanților dizolvați metoda de

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

recuperare care se aplică cel mai des este pomparea. Un caz aparte îl reprezintă poluanții insolubili, dintre care cei mai frecvenți sunt constituenții din produsele petroliere. În acest caz, la suprafața apei se formează o peliculă mobilă de hidrocarburi care se va deplasa în funcție de pantă. Recuperarea acestor produse se realizează prin pompare. Pentru a asigura gradientul hidraulic, necesar accesului compușilor petrolieri în zona de extracție, este nevoie de scăderea presiunii la suprafața apelor subterane. Tratarea acestor ape se face separat pentru poluanții anorganici și organici. Astfel, pentru poluanții anorganici (metale) se face o precipitare, prin adăugare de CaCO_3 și o eliminare prin aerare, în timp ce pentru poluanții de natură organică este necesară o barbotare cu aer.

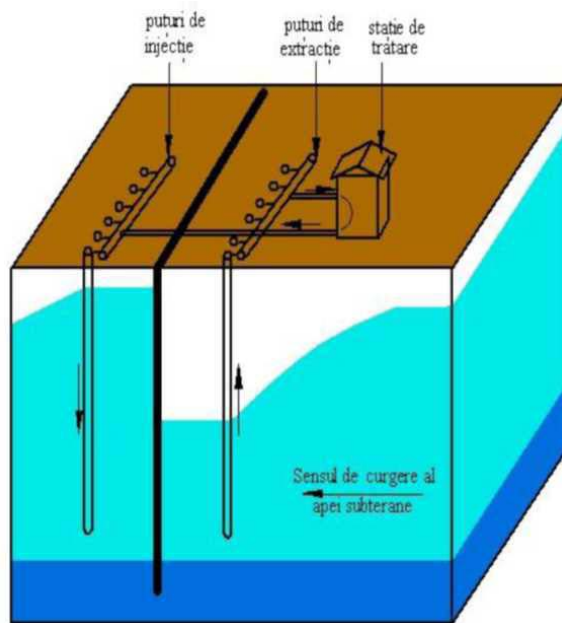


Figura 6.8 - Schema generală a unui sistem de tratare

După cum a mai fost menționat, în subteran au loc o serie fenomene fizico-chimice care întârzie și reduc poluarea (sorbția, biodegradarea, reacțiile de oxido-reducere, precipitarea).

Metodele precizate în continuare se bazează pe astfel de fenomene, ele favorizând condițiile în care acestea se produc mai eficient.

Metodele de refacere in situ sunt acele metode de tratare a apei subterane poluate în care nu este necesară pomparea acestora la suprafața solului. Aceste metode pot fi: metode termice, bariere reactive, sisteme de aspirație a vaporilor din subteran, metode chimice, bioremediere, bioventilare și barbotare cu aer. În cele ce urmează vom prezenta pe scurt principiul fiecărei metode de tratare

a. Metode termice

Prin injectarea aburilor, introducerea conductelor de apă caldă sau prin unde radio se ridică temperatura mediului poros. Astfel unii poluanți sunt remobilizați și trec în forme mai ușor de recuperat, prin modificarea solubilității și vâscozității.

Un dezavantaj al acestor metode este prețul de cost ridicat, precum și posibilitatea distrugerii unor microorganisme din sol, cu efecte negative asupra conținutului de substanță humică din sol.

Injectarea aburului este o metodă eficientă de recuperare a poluanților organici volatili, semivolatili și a celor insolubili care au o densitate mai mare decât apa (**figura 6.9**). Această tehnologie de remediere cuprinde un sistem de generare și injectare a aburului în subteran, unul de recuperare a vaporilor și un altul de colectare și tratare a poluantului condensat rezultat.

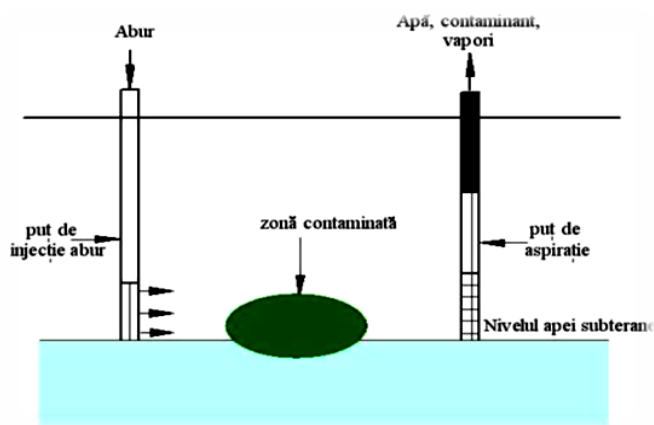


Figura 6.9 - Schema de tratare prin injectarea de abur

Încălzirea electrică constă în creșterea temperaturii pământurilor argiloase sau a celor fin granulate neargiloase, prin instalarea în mediul subteran a unei rețele de cabluri electrice. Acestea au rolul de a vaporiza apa și poluanții, pe care ulterior îi putem recupera cu ajutorul sistemelor de vacuum.

Încălzirea prin unde radio constă în introducerea în mediul subteran, a energiei necesare amplificării mișcării moleculelor și creșterii temperaturii. În urma aplicării acestui procedeu, apa atinge punctul de fierbere, ceea ce permite recuperarea rapidă a compușilor poluanți cu puncte de fierbere mai ridicate decât ea. Recuperarea acestor compuși se realizează ca și în cazul încălzirii electrice cu ajutorul sistemelor de vacuum.

b. Bariere reactive

Constituie o metodă pasivă de remediere a calității apelor subterane, care implică amplasarea în avalul penei de poluant, a unui sistem care controlează și depoluează curentul subteran. Metoda barierelor reactive are avantajul că elimină necesitatea pompării la suprafață a apelor poluate. Aceste bariere reactive constau fie în *ecrane impermeabile cu porți de tratare*, fie în *ecrane permeabile reactive*.

Ecranele impermeabile cu porți de tratare, **figura 6.10**, sunt alcătuite din pereți subterani cu permeabilitate mică, al căror rol este de a conduce curentul de apă subterană către o poartă cu permeabilitate mare (uneori chiar mai mare decât permeabilitatea stratului acvifer). În cazul utilizării acestor ecrane, în zona porții sunt amplasate celule cu substanțe chimice care neutralizează poluanții, care mai apoi sunt transportați de către apele subterane.

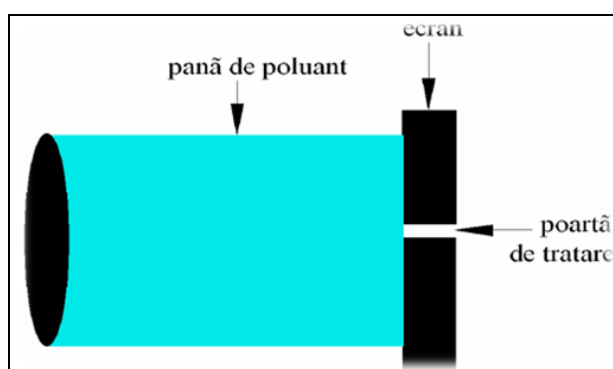


Figura 6.10 - Ecran impermeabil cu porți de tratare cu fantă unică

Ecrane permeabile reactive sunt construite din materiale permeabile care reacționează cu substanțele chimice poluante, refăcând calitatea apei fără să modifice structura apei subterane (**figura 6.11**). Aceste ecrane au avantajul de a permite tratarea apelor subterane de-a lungul întregii lor lungimi.

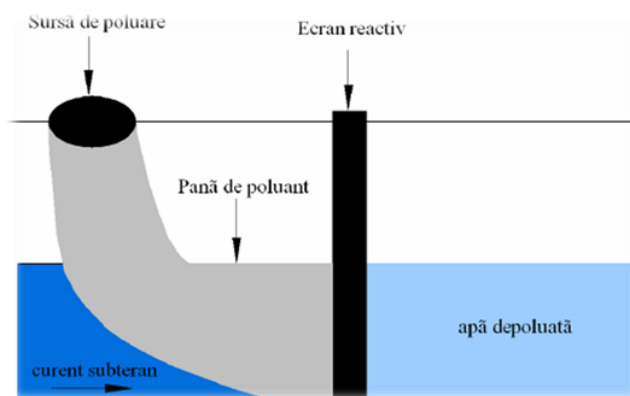


Figura 6.11 - Ecran permeabil reactiv

c. Sistemele de aspirație a vaporilor din subteran

Constituie o soluție de recuperare a compușilor organici volatili și semivolatili, care se aplică în zona nesaturată (**figura 6.12**). Acest procedeu constă în introducerea unui curent de aer în mediul poros, prin intermediul căruia se vor transporta vaporii de poluant din porii mediului sau lichidul din acești pori.

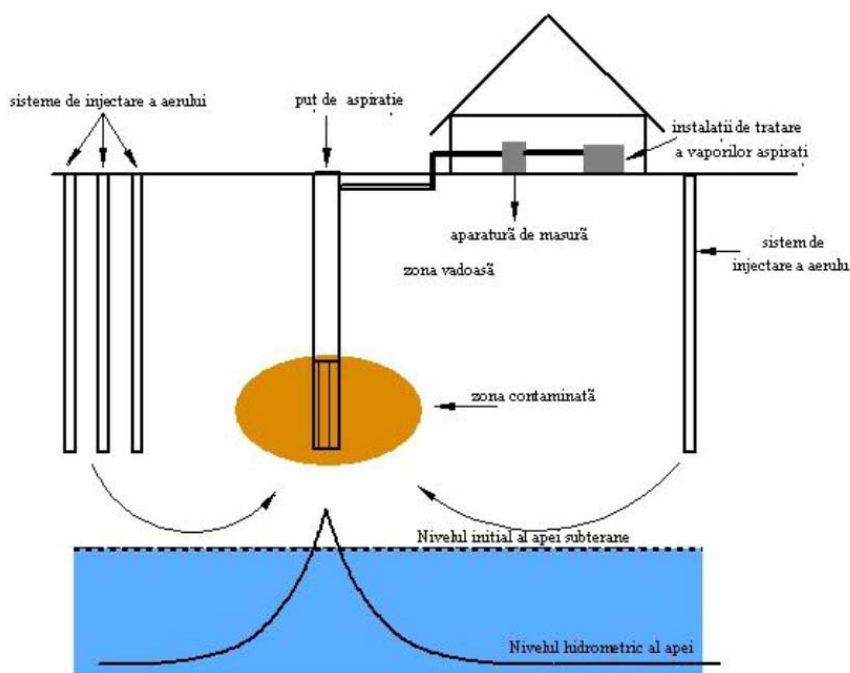


Figura 6.12 - Schema generală a sistemelor de aspirație a vaporilor din subteran

Cele mai utilizate echipamente în sistemele de aspirație a vaporilor din zona subterană sunt: puțurile sau drenurile de aspirație, sistemele pentru injectarea aerului în subteran, membranele de impermeabilizare, echipamentele de vacuum, conductele de transport, aparatura de măsură și control și instalațiile de tratare a vaporilor aspirați.

Poluanții aflați în zone cu permeabilitate mai mică, nu pot fi îndepărtați prin procese specifice advecției. Astfel, dacă poluantul se află într-o zonă stagnantă, vaporii acestui poluant pot difuza în curentul de aer înainte ca ei să fie transportați.

d. Metode chimice

Constau în introducerea în subteran a unor substanțe care reacționează cu poluanții. Astfel, pot fi inițiate reacții de oxidare sau reducere a unor poluanți. Oxidarea se poate realiza în prezența

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

ozonului, permanganatului de potasiu sau a hidrogenului, iar reducerea, în prezența dioxidului de sulf, sulfiților, fierului metalic, zincului și sulfatului feros.

Asocierea acestor metode cu tratarea biologică duce la o mărire a eficienței lor. Acestea se aplica mai ales în zona vadoasă.

Degradarea și imobilizarea poluanților (figura 6.13) se realizează prin utilizarea unor substanțe chimice care, prin intermediul proceselor de oxidare și reducere, transformă poluanții din mediul subteran în poluanți netoxici.

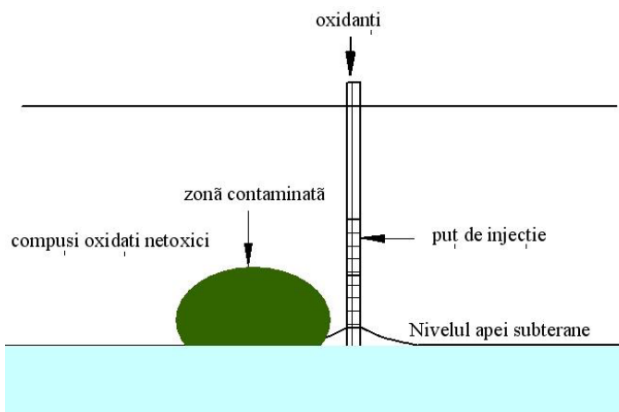


Figura 6.13 - Schema de principiu a degradării și imobilizării poluanților

Extragerea poluanților din subteran prin intermediul spălării.

Se utilizează pentru depoluarea solului și antrenarea poluanților către lucrările de captare. Se introduc astfel substanțe care reduc tensiunile de la interfața apă-poluant, măresc solubilitatea poluanților și micșorează vâscozitatea, favorizând recuperarea poluanților cu ajutorul puțurilor și drenurilor de captare. Astfel, se folosesc metanolul, acetonele sau detergenții.

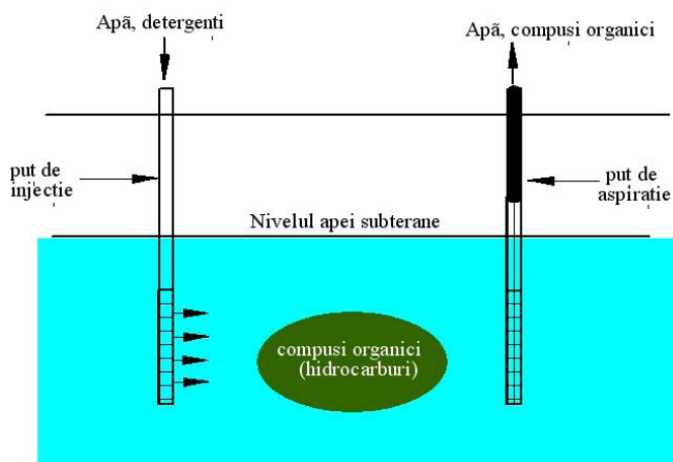


Figura 6.14 - Schema de principiu a spălării poluanților

e. Bioremedierea

Acest complex de procedee are drept principiu general transformarea poluanților organici în urma activității microorganismelor, în substanțe inofensive. Procesul poate fi accelerat prin introducerea de oxigen, nutrienți, microorganisme etc.

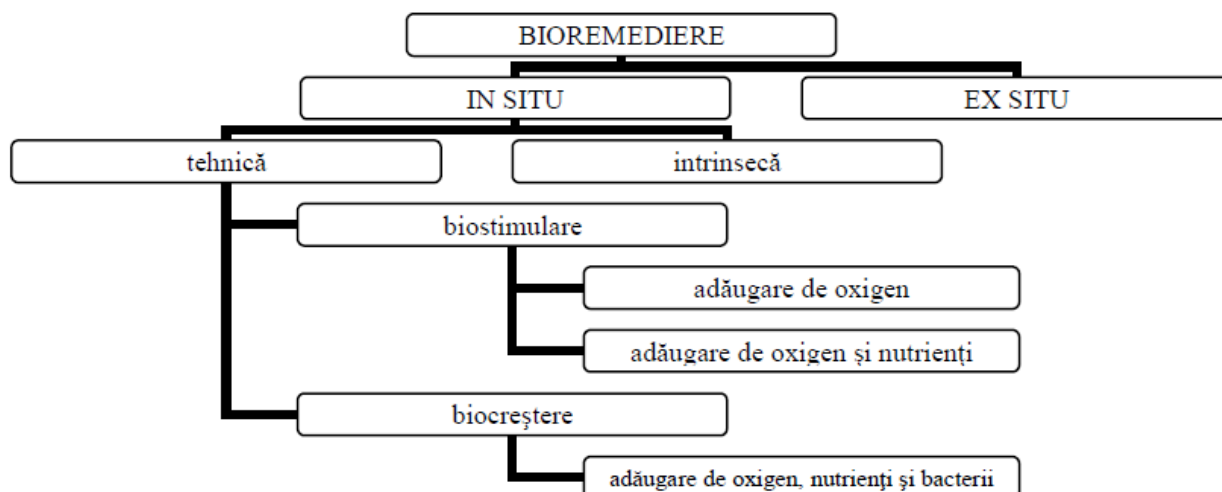


Figura 6.15 - Tipuri de bioremediere

f. Bioventilarea

Este o metodă care constă în degradarea poluanților organici adsorbiți pe materialul solid al mediului poros cu ajutorul microorganismelor (**figura 6.16**).

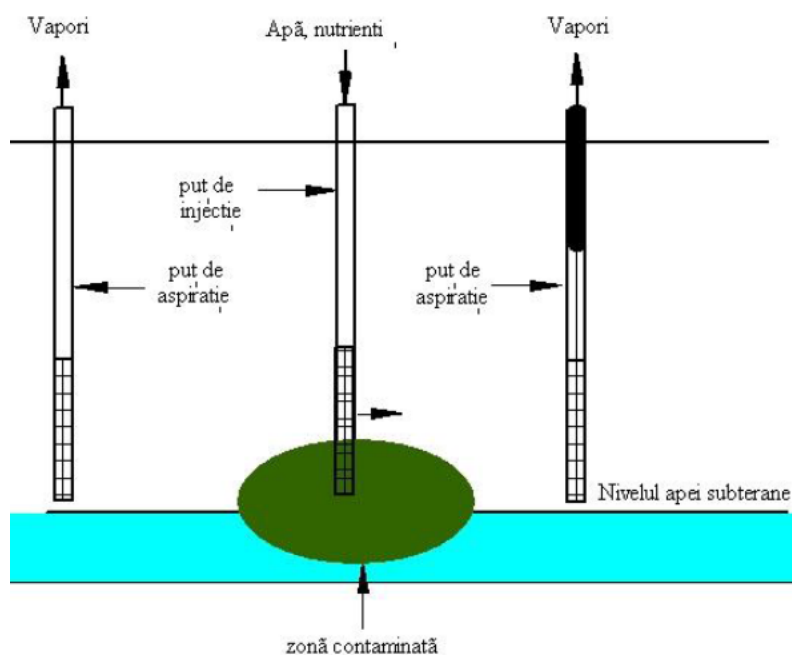


Figura 6.16 - Schema de principiu a bioventilării

Acest procedeu de depoluare are drept țintă înlăturarea produșilor organici, însă la deplasarea vaporilor în zona biologic activă, aceștia degradează și compuși organici volatili.

Procesul de bioventilare stimulează biodegradarea hidrocarburilor prin injectarea aerului și nutrienților, și asigură intensificarea activității microorganismelor existente în mediul subteran.

Avantajul acestei metode constă în faptul că în puțurile de injecție se utilizează aer, pentru care solul are o permeabilitate mai mare decât pentru apă.

g. Biobarbotarea cu aer

Este un procedeu care presupune injectarea aerului, cu scopul de a antrena și transporta compușii chimici poluanți la suprafață (**figura 6.17**).

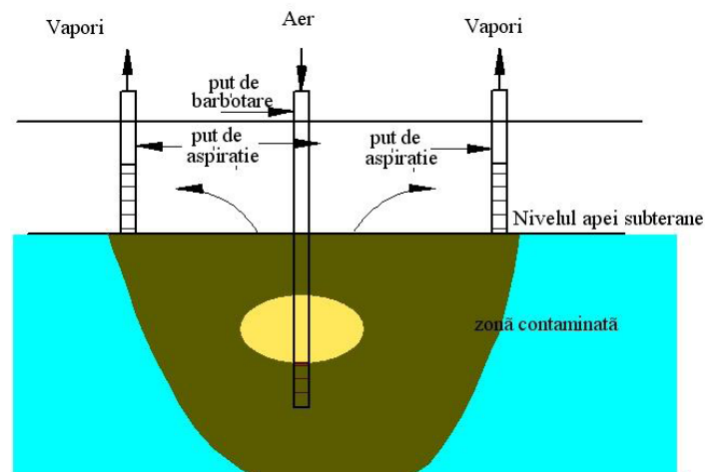


Figura 6.17 - Schema de principiu a barbotării

Bulele de aer introduse în timpul procesului de barbotare determină trecerea poluanților din faza dizolvată în faza de vapori, de unde sunt apoi extrași cu ajutorul puțurilor de aspirație. Această metodă de tratare permite controlul deplasării penei de poluant în mediul subteran, limitând astfel răspândirea poluantului. Această tehnică de remediere este foarte eficientă în cazul compușilor organici volatili, precum: benzen, toluen, etilbenzen și xilen.

Menționăm că există și alte metode de refacere in situ, însă care sunt mai puțin utilizate, precum: vitrificarea, spălarea solului și fotoremedierea.

Considerații de proiectare a sistemelor de bioremediere

Proiectarea sistemelor de bioremediere necesită existența acceptorilor mobili, a nutrienților și a microorganismelor. Astfel de proiecte pot avea diverse configurații. De exemplu, tratamentul solurilor contaminate în zona vadoasă constă în puțuri de bioventilație care asigură oxigenul și o serie de galerii de infiltrație și/sau puțuri de injecție, necesare pentru drenarea apei așa cum se vede și în **figura 6.18**.

Puțurile de bioventilație realizează circulația aerului prin zonele nesaturate, fie prin intermediul procesului de aerare fie prin injectarea directă de aer la presiune scăzută și debit mic. În tratarea solurilor din zona vadoasă este utilizat ca acceptor oxigenul. În cometabolism, odată cu aerul este injectat gazul metan, care are rolul de remediere a hidrocarburilor clorinate. În cazurile în care se dorește producerea de azot, odată cu aerul se introduce și protoxid de azot.

Sistemul de bioremediere in situ pentru tratarea apelor subterane contaminate constă, în general, într-o schemă care combină puțurile de injecție cu galeriile de infiltrație și puțurile de recuperare, așa cum se vede și în **figura 6.18**.

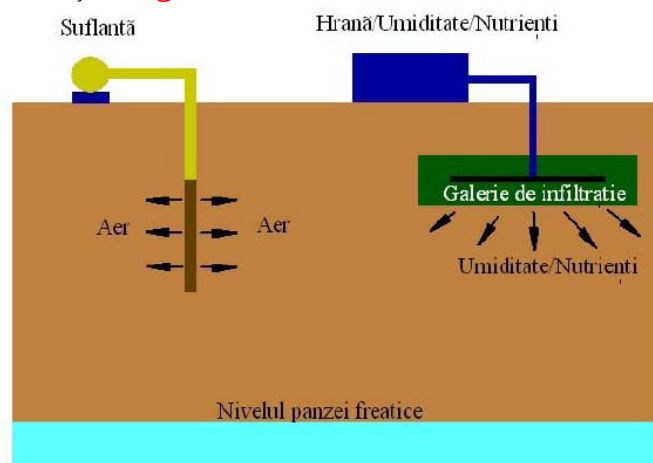


Figura 6.18 - Sistem tipic de bioremediere pentru zona vadoasă

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Acest sistem se bazează pe procesul de bioactivitate din zona vadoasă. În acest caz, oxigenul ajunge în zona contaminată prin puțurile de injecție. Acțiunea combinată de injectare și extracție ajută la circulația oxigenului dizolvat și a nutrienților prin această zonă.

Procesul de pompare a apelor subterane oferă un mecanism de transport oxigenului dizolvat și nutrienților și asigură totodată controlul și capturarea contaminantului.

Un sistem alternativ folosește combinația dintre puțurile de barbotare a aerului, galeriile de infiltrație și puțurile de extracție, așa cum este ilustrat în **figura 6.19**.

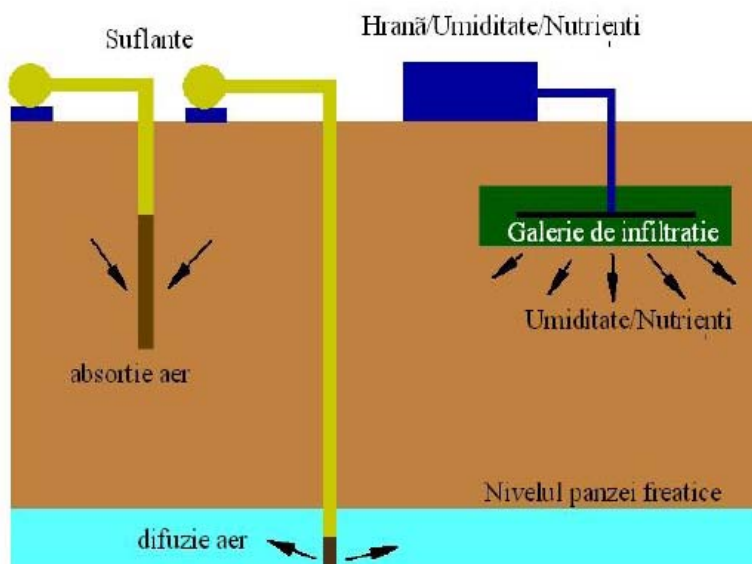


Figura 6.19 - Sisteme de injecție și recuperare

De asemenea, pot fi adoptate și variații ale acestor sisteme, și anume, sistemele care utilizează biobarbotarea, adică injectarea aerului la o presiune mică (**figura 6.20**).

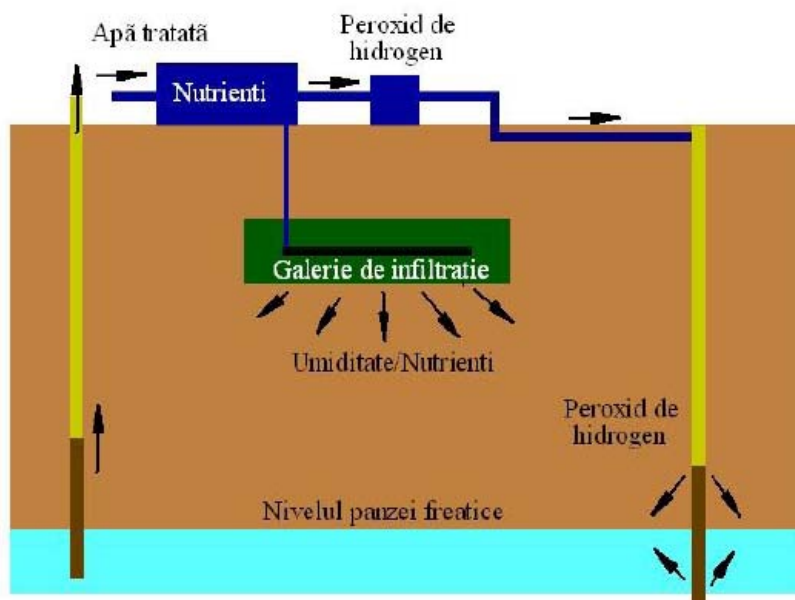


Figura 6.20- Sistem de bioremediere in situ a apelor subterane.

Bioremedierea este utilizată și pentru sistemele de înfrânare, acesta fiind un tratament pasiv alternativ și avantajos în zonele în care condițiile nu justifică remedierea activă a apelor subterane. Un sistem de bioînfrânare tipic constă dintr-o serie de puțuri proiectate pentru a crea o bio-barieră. Oxigenul și nutrienții aduși la nivelul barierei creează un bioreactor in situ, care determină activitatea și dezvoltarea bacteriilor.

În funcție de condițiile zonei (adâncimea canalului sau chimia apelor subterane) pot fi folosiți și acceptori anaerobi. Pentru prevenirea migrării poluantului în afara zonei se utilizează o barieră, plasată perpendicular pe direcția de scurgere a apei și într-un spațiu aflat în pantă.

Principalul obiectiv al sistemului de bioremediere este crearea unui mediu favorabil pentru dezvoltarea microorganismelor care degradează contaminanții. În principal, prin proiectarea unui sistem de bioremediere se înțelege aprovizionarea microorganismelor cu acceptori și nutrienți, iar în funcție de utilizarea sistemului proiectat pentru sol sau ape subterane pot fi folosite mecanisme diferite.

Pentru sistemul aerob, sistemul trebuie să furnizeze cantități suficiente de oxigen în subsol. Această alimentare cu oxigen se poate realiza prin sisteme fixe sau mijloace chimice.

Sistemele fixe sunt sistemele care presupun furnizarea aerului în stare gazoasă sau lichidă prin mijloace mecanice, injectarea apei aerate sau bioventilație.

6.4.4. Măsurile specifice pentru combaterea și reducerea poluării solului

Din punctul de vedere al protecției mediului, sistemul sol – acvifer este abordat în general în mod integrat, mare parte din sursele de poluare și substanțele poluante fiind comune. Cu toate acestea, măsurile de reducere a poluării și de remediere a calității sunt în general specifice. Această specificitate este determinată în primul rând de o trăsătură fundamental diferită ce caracterizează cele două medii – **mobilitatea**.

În timp ce apa subterană este caracterizată de o dinamică foarte accentuată, putând atinge viteze de zeci sau chiar sute de metri pe zi (în funcție de conductivitatea hidraulică a mediului poros și de gradientul hidraulic), solul este un mediu fără o dinamică evidentă în spațiu.

Din cauza acestei diferențe, majoritatea tehnicilor de remediere a calității și de reducere a gradului de contaminare sunt bazate pe principii diferite. După cum a fost arătat, majoritatea soluțiilor ce vizează apa subterană se bazează tocmai pe caracterul său dinamic, pe capacitatea sa de a se deplasa, în virtutea existenței unor gradienti hidraulici. Metodele de remediere se bazează în general pe bariere, pompări, drenuri care modificau spectrul hidrodinamic, în scopul izolării, volumului de apă contaminat și evacuării acestuia către o stație de epurare. La modul general, aceste metode ar putea fi considerate *metode dinamice*. Alături de acestea mai există unele tehnici al căror principiu de acțiune nu este bazat în așa mare măsură pe dinamica acviferului. Acestea sunt metodele chimice, biochimice și biologice (inducerea unor procese de oxidare, reducere, precum și bioremediere în sens mai larg). Unele din aceste metode, ca principiu, pot fi aplicate și pentru remedierea calității solului.

Principalele metode de remediere a calității solului pot fi grupate astfel: *remediere biologică* (fitoremediere, utilizarea bacteriilor etc.), aplicabilă pentru gudroane, hidrocarburi, pesticide, fenoli, cetone, esteri, metale grele etc.; *remedierea electrocinetică*, aplicabilă în principal în cazul metalelor grele; remedierea prin *curățare cu ajutorul gazelor*, folosită pentru solvenți organici, solvenți clorurați.

Datorită metodelor foarte numeroase de remediere a solului, selectate în primul rând în funcție de natura poluantului, vor fi prezentate în continuare numai cele utilizate în cazul contaminării cu metale grele.

Fitoremedierea

Unele specii de plante tolerează concentrații mari de metale în sol, mai mult, înmagazinează în țesuturile lor aceste metale (*fitoextracție*). Utilizarea acestor plante pe zone extinse presupune o infrastructură agricolă, iar timpul necesar decontaminării este de obicei de ordinul ani – zeci de ani.

Fitoremedierea ca măsură de curățare a solului este eficientă dacă grosimea solului contaminat nu depășește 0,9 – 1 m și nivelul hidrostatic nu are o adâncime mai mare de 3 - 4 m. Acest tip de remediere se poate aplica cu succes în cazul solurilor cu o contaminare moderată, pe arii extinse.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Pentru ca o specie de plante să poată fi folosită în fitoremedierea solurilor contaminate cu metale, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să aibă capacitatea de a extrage metalele din sol;
- să producă suficientă biomasă, care să înmagazineze o cantitate cât mai mare de metale;
- să nu înmagazineze metalele predominant în sistemul radicular, din cauza costurilor și problemelor legate de recoltare;
- dacă este posibil, specia să aibă o selectivitate pentru anumite metale, extrăgându-le preferențial pe cele cu grad mai mare de toxicitate.

Produsele finale ale acestei tehnici sunt plantele, ușor de întreținut și de recoltat, cu o biomasă bogată, conținând un procentaj ridicat de metale grele.

Cel mai comun procedeu de tratare a masei vegetale îmbogățită în metale grele este *incinerarea controlată*. În urma acesteia rezultă o cenușă bogată în metale grele. În prezent se studiază posibilitatea de recuperare a metalelor din aceste produse de ardere.

Calculule specialiștilor (Ekkehard Petzold, Eva M. Lüring, Fred J.A. Daniels, 2000) au arătat că, pentru unele terenuri, plantele au nevoie de mai mult de 100 ani pentru reducerea concentrației de metale până la un nivel acceptabil. Un avantaj al acestei metode este și costul redus pe care-l presupune. Costurile totale estimate pentru fitoextracție sunt de cca 150.000 – 200.000 \$/ha sau cca 80 – 100\$/m³ de sol contaminat.

O categorie de fitoremediere ce se poate aplica în mod eficient pentru decontaminarea apelor subterane este *rizofiltrarea*. Acest tip de fitoremediere se poate desfășura *in situ* - o condiție este localizarea apei subterane în rizosferă. O altă variantă este pomparea apei subterane contaminate într-un teren cu un bogat sistem radicular. Acesta oferă o arie extinsă de absorbție a metalelor din sol și apă.

Această metodă prezintă și unele limitări de care trebuie să se țină seama în momentul în care se optează pentru utilizarea ei:

- intervalul lung de timp necesar pentru remediere;
- tratament limitat la o grosime de 1 m de sol contaminat și o adâncime a nivelului hidrostatic de 3 – 4 m;
- condițiile climatice sau hidrologice ale zonei pot reduce rata de creștere a plantelor utilizate;
- necesitatea modificării suprafeței supuse tratamentului în vederea prevenirii inundațiilor sau eroziunii;
- elementele contaminante pot pătrunde în lanțul trofic prin intermediul animalelor sau insectelor ce se hrănesc cu masa vegetală;
- necesitatea utilizării amendamentelor de sol pentru facilitarea desfacerii legăturilor dintre elemente și particulele de sol.

Remediarea electrocinetică a solurilor contaminate cu metale grele

Tehnica de remediere electrocinetică este o metodă relativ nouă de tratament a solurilor contaminate. Ea constă în îndepărtarea contaminanților (metale grele) prin introducerea unui curent electric în mediul poros (având chiar permeabilitate scăzută). Domeniul de aplicare a acestei tehnici este limitat din cauza costurilor destul de ridicate determinate de consumul ridicat de curent.

În practică există unele căi ce cresc eficiența acestui proces electrocinetic. Dintre acestea amintim: aplicarea unor membrane de schimb ionic, pretratarea chimică a solului poluat. Când această pretratare este aplicată, solul este amestecat cu o soluție apoasă și apoi este introdus într-un container protejat în care este amplasat un șir de electrozi. Dacă se urmărește înlăturarea metalelor grele din sol, în faza de pretratare, în acesta se adaugă acizi anorganici.

În etapa următoare, prin introducerea unui curent electric, metalele sunt înlăturate din sol prin migrare către electrozi. În practică s-a observat că se poate obține o reducere a consumului de curent dacă această metodă se combină cu o spălare prealabilă a solului cu o cantitate mare de apă.

Datorită variabilității foarte mari a caracteristicilor sursei de poluare și a zonei poluate, tehnicile de remediere și de combatere sunt foarte numeroase. În cele mai multe situații se folosesc

metode combinate în scopul adaptării efortului de îndepărtare a agentului contaminant sau de reducere a concentrației sale la particularitățile fiecărui caz.

Remediarea calității solurilor prin spălare cu soluții acide

Metalele grele pot fi îndepărtate din sol prin spălare cu o soluție de clorură de calciu acidifiată. Această soluție este recomandată în cazul solurilor cu textură fină.

Extracția chimică poate fi un tratament eficient în vederea înlăturării definitive a metalelor grele din solurile contaminate. Principalii reactivi folosiți sunt acizii și compușii chelatici (Papassiopi et al. 1998 și 1999).

Din cauza utilizării unor soluții acide, această tehnică nu este utilă decât în cazul solurilor cu un conținut scăzut de carbonat de calciu.

Inactivarea metalelor din sol prin utilizarea zeoliților naturali

Unele tehnici de remediere (schimbarea solului vegetal, bioremedierea, utilizarea procedeeleor de curățare, spălare cu agenți chimici) pot presupune costuri însemnate sau chiar modificarea caracterelor orizonturilor de sol. O metodă care nu prezintă aceste neajunsuri ar putea fi utilizarea zeoliților naturali, datorită capacității lor remarcabile de schimb ionic. Astfel, unii zeoliți naturali sau modificați pot absorbi metalele din sol (în special Pb și Cd) fără a afecta fertilitatea solului. Elementele de care depinde comportamentul acestui grup de minerale în acțiunea lor de remediere sunt pH-ul, concentrațiile inițiale ale contaminanților, eventualele tehnici de pretratament utilizate, dimensiunile granulelor de zeoliți folosite etc.

În fiecare caz, metodele enumerate se fundamentează în urma unor testări riguroase de laborator și utilizării unor stații pilot care să reproducă cât mai fidel detaliile zonei contaminate. Această etapă este justificată de faptul că, datorită multitudinii elementelor definitorii (condiții geomorfologice, geologice, pedologice, climatice, caractere ale sursei de poluare etc.), fiecare scenariu are un caracter particular, iar abordarea sa se face în funcție de aceste particularități.

6.4.5. Atenuarea naturală monitorizată

O altă variantă de reducere a poluării solului și apelor subterane tot mai frecvent acceptată și promovată la nivel mondial este atenuarea naturală monitorizată (ANM).

E.P.A. definește ANM ca *o diversitate de procese fizice, chimice și biologice care, în condiții favorabile, fără intervenția umană, reduc masa, toxicitatea, mobilitatea, volumul sau concentrația poluantului, în terenuri sau ape subterane.*

Aceste procese, desfășurate *in situ*, includ biodegradarea, dispersia, diluția, sorbția, volatilizarea, stabilizarea chimică sau biologică, transformarea sau distrugerea poluantului.

În multe cazuri fezabilitatea strategiei de ANM depinde de scopul final: mai strict – reducerea poluantului până la concentrațiile maxime admise; sau mai puțin strict – prevenirea extinderii penei de poluant.

Inițial (1995) ANM a fost folosită ca soluție de remediere pentru poluarea cu benzen, toluen, etilbenzen, xilen. Mai recent (2000) ANM a fost propusă pentru solvenți clorurați, *metale grele*, radionuclizi și alți contaminanți pentru care experiența și gradul de cunoaștere a detaliilor este mult mai redus.

Succesul ANM depinde atât de natura poluantului, cât și de condițiile zonei studiate. Se recomandă ca nivelul de investigare în vederea adoptării ANM să fie adaptat complexității pedologice, hidrogeologice și naturii contaminantului. Mediile mai complexe necesită un grad mai ridicat de cunoaștere, necesar și în situația în care atenuarea naturală se desfășoară doar în condiții specifice.

Condițiile geochemice favorizează atenuarea naturală a unor poluanți și o defavorizează pe alții. Mai mult, aceste condiții pot varia în subteran în timp și spațiu.

Adoptarea unei decizii privind alegerea unei anume metode de remediere trebuie să țină seama de următoarele etape:

- identificarea tuturor poluanților prezenți în zonă;
- evaluarea riscului pentru mediu și populație luând în considerare toți poluanții;
- investigarea spectrului hidrodinamic al curgerii subterane;
- estimarea volumului poluanților din zonă;
- analiza proceselor fizice, chimice sau biochimice de degradare sau atenuare a poluanților;
- calcularea duratei proceselor de remediere pentru toate metodele propuse;
- analiza cost-eficiență pentru toate metodele propuse;
- investigarea reacției sociale pentru metodele propuse;
- alegerea și aplicarea metodei de remediere potrivite.

Identificarea contaminanților

Poluanții din zona studiată trebuie corect identificați în vederea stabilirii metodelor de degradare sau atenuare și evaluării riscului pentru populație și mediu. ANM nu trebuie aplicată în cazul existenței unor contaminanți nedefiniți.

Identificarea acestor contaminanți se face prin prelevarea și analiza unor probe selecționate relevant.

Evaluarea riscului

Un factor foarte important în procesul de alegere a unei metode de remediere este evaluarea riscului pentru populație, plante, animale, precum și pentru alte elemente ale mediului. În această etapă trebuie identificate toate posibilele medii de transport. Contaminantul poate precipita în sol, dar există și posibilitatea transformării sale într-o stare de agregare mai mobilă (din lichid sau solid în gaz). În această situație, condițiile de dispersie a poluantului se schimbă radical, ele devenind direct dependente de temperatură, precipitații, regimul vânturilor etc.

Evaluarea riscului implică analiza mai multor scenarii. Pentru fiecare din aceste cazuri trebuie știut dacă există un impact negativ asupra mediului și populației. Dacă acest impact există, trebuie prevăzută extinderea și probabilitatea sa. În final vor fi aplicate doar metodele complet sigure din acest punct de vedere.

Dispersia contaminantului

Structura geologică a zonei este esențială pentru dispersia contaminantului. În unele cazuri compușii chimici se pot propaga foarte repede, iar în alte cazuri ei pot stagna timp îndelungat.

Diferite tipuri de contaminanți pot avea diferite tipuri de dispersie, ei pot fi solubili sau insolubili în apă, pot avea densitate mai mare sau mai mică. În majoritatea cazurilor mediul în care se află poluanții este apa subterană. Pentru obținerea oricăror informații referitoare la intensitatea procesului de dispersie este necesară cunoașterea structurii hidrogeologice a zonei. Pe baza acestor informații se poate evalua distribuția poluantului după un interval de timp sau în cât timp acesta ajunge în receptorii naturali.

Aplicarea ANM se bazează pe o caracterizare detaliată a zonei. Această etapă a investigațiilor poate fi costisitoare, dar realizarea unui model adecvat nu este posibilă în lipsa datelor.

Pana de poluant trebuie monitorizată în scopul evaluării unui eventual proces de atenuare. Această dispersie trebuie controlată deoarece ea poate conduce substanțele contaminante în receptori ce trebuie protejați. În acest caz, ANM nu poate fi o strategie eficientă.

Volumul contaminantului prezent în zonă

Adesea metoda de remediere aleasă este determinată de concentrația contaminanților. Uneori suprafața poluată sau concentrația poluantului sunt atât de mari încât nicio metodă de remediere activă nu poate fi aplicată sub aspectul cost-eficiență. În general ANM este o metodă care reduce concentrația contaminantului treptat, în timp destul de îndelungat. În timpul procesului de remediere, trebuie urmărită scăderea concentrației contaminantului. În unele situații se pot observa creșteri ale acestei concentrații fără un motiv aparent. În aceste cazuri se pot aplica metode

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

alternative de remediere. În afara biodegradării, o serie de alte procese determină reducerea concentrației (sorbția, diluția etc.), dar este necesară investigarea impactul acestora asupra potențialilor receptori.

Durata proceselor de remediere

În unele cazuri nu este important intervalul de timp în care se produce decontaminarea unei zone. Dar în situațiile în care destinația ulterioară a zonei (terenuri pentru construcții noi, parcuri etc.) reclamă o perioadă limitată dedicată remedierii, ANM nu poate constitui o metodă acceptabilă din cauza timpului îndelungat pe care-l presupune.

Prođuși finali și produși intermediari

În general atenuarea naturală determină transformarea substanțelor toxice în alți compuși. Acești produși finali, în mod frecvent, nu sunt nocivi pentru om și mediu. Totuși, se poate întâmpla ca ei să nu fie total lipsiți de nocivitate, dar dacă aceasta este mai redusă decât cea a substanțelor inițiale, se poate considera că procesul de atenuare este eficient.

O altă problemă este cea a eventualilor produși intermediari care pot fi mai nocivi decât cei inițiali. Datorită acestei situații, este necesar ca evaluarea riscului să țină seama de toate aceste elemente.

În unele cazuri un compus chimic, nociv, în urma atenuării naturale, se poate transforma într-o substanță nouă, despre care nu există suficiente informații referitoare la gradul său de risc asupra mediului. Astfel de cazuri nu pot face obiectul ANM.

Atenuarea naturală a poluanților anorganici

În principiu, procesul de atenuare naturală poate fi aplicat și poluanților anorganici (ex. metale grele) cu toate că ei, spre deosebire de poluanții organici, nu pot fi descompuși chimic sau biologic. În anumite condiții metalele grele pot fi imobilizate și, în consecință, disponibilitatea lor pentru procesele de transport în subteran este foarte redusă. Procesele geochimice majore ce contribuie la fixarea și localizarea poluanților sunt: sorbția și precipitarea.

Procesele de imobilizare a metalelor grele în sol/sedimente pot fi mediate de activitatea microbiană.

Reacțiile de sorbție ale unor metale dizolvate (Cu, Co, Ni, Zn etc.) depind de condițiile de pH. Aceste reacții sunt reversibile, rezultând o remobilizare a metalelor în momentul scăderii pH. Creșterea pH determină precipitarea Al la suprafața fragmentelor mediului ce formează acviferul.

Astfel, în unele cazuri ce pot fi selecționate după criteriile enunțate mai sus ANM poate fi utilizată cu succes în cazul solurilor sau apelor subterane contaminate cu metale grele.

Un element decisiv în alegerea atenuării naturale ca mijloc de remediere îl constituie măsurile de control al sursei. Aceste măsuri presupun îndepărtarea, tratamentul sau izolarea sursei. O altă etapă importantă este cea a monitorizării proceselor ce au loc. Aceasta este necesară pentru a determina dacă procesul de atenuare naturală se desfășoară după modelul presupus, asigurând perspectivele scontate pentru populație și pentru mediu.

O grupă importantă de remedii sunt cele tangențiale ANM. Acestea constituie tehnologii, procese sau tehnici de remediere, de siguranță, pentru cazul în care ANM nu este eficientă.

ANM poate fi folosită în multe cazuri. Ea necesită o monitorizare eficientă și alegerea unor remedii tangențiale potrivite. Decontaminarea nu este încheiată până când nu au fost atinse obiectivele formulate în etapa de fundamentare a metodei.

Capitolul 7

Problematica gestionării apelor subterane în cadrul reglementărilor legale de mediu din România

7.1. Problematica gestionării apelor subterane în cadrul reglementărilor legale de mediu din România în perioada 1990-2010

În ultimii 20 de ani în România a avut loc o activitate deosebit de intensă și complexă de promovări legislative ce au vizat toate sectoarele vieții politice, economice sau sociale.

O atenție deosebită s-a acordat domeniilor de utilizare a resurselor naturale, inclusiv resursele de apă.

În acest context, analiza evoluției legislației privind apele subterane constituie un prilej de identificare a conceptelor de ansamblu, dar și a modului de evidențiere a importanței asigurării protecției calității acestor corpuri de apă, cu rol strategic în ansamblul serviciilor de apă asigurate populației.

Respectând cerințele durabilității, după 1990, în zona elaborării setului legislativ a existat o activitate intensă concretizată prin 236 de reglementări, dintre care în 2010 erau în vigoare 162. Ansamblul acestor reglementări este prezentat în **tabelul 7.1**.

Reglementări privind apele subterane în perioada 1990 – 2010

Tabelul 7.1

Nr. crt.	Reglementare	Total în vigoare	Total abrogate	Prezentate în lucrare
1.	Legi	29	9	5
2.	Ordonanțe de urgență ale Guvernului	11	2	4
3.	Ordonanțe ale Guvernului	3	2	1
4.	Hotărâri de Guvern	44	16	14
5.	Ordine ale ministerului de resort	52	33	8
6.	Acte normative comunitare	23	12	-
Total		162	74	32

De atras atenția că, în baza practicii legislative din România, aceste reglementări legale sunt de natura unor legi, ordonanțe de urgență ale Guvernului, ordonanțe de Guvern, hotărâri de Guvern sau ordine de ministru.

Menționăm că aici nu au fost incluse standardele specifice activității.

Este de remarcat că principalele acte de reglementare din legislația românească au ca punct de plecare două directive ale Comunității Europene (**tabelul 7.2**):

- Directiva 2000/60/CE privind „Stabilirea unui cadru de politică comunitară în domeniul apei”;
- Directiva 2006/118/CE privind „Protecția apelor subterane împotriva poluării și a deteriorării”.

Matricea reglementărilor vizând componente ale utilizării durabile a surselor de apă

Tabelul 7.2

Norme europene	Legislație românească	Strategii Politici	Instituții	Management	Proiectare/ Construcție	Exploatare/ Explorare	Calitate	Economic
Directiva 2000/60/CE din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei		X		X			X	

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Norme europene	Legislație românească	Strategii Politici	Instituții	Management	Proiectare/ Construcție	Exploatare/ Explorare	Calitate	Economic
Directiva 2006/118/CE din 12 decembrie 2006 privind protecția apelor subterane împotriva poluării și a deteriorării				X			X	
	1. Legea apelor nr. 107 din 25 septembrie 1996	X	X	X			X	X
	2. Ordinul ministrului nr. 78/N din 13.10.1998 pentru aprobarea Normativului pentru proiectarea construcțiilor de captare a apei Indicativ NP 028-98				X	X	X	
	3. Hotărârea Guvernului nr. 472 din 9 iunie 2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă						X	
	4. Legea nr. 458 din 8 iulie 2002 privind calitatea apei potabile	X	X				X	
	5. Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 107 din 5 septembrie 2002 privind înființarea Administrației Naționale "Apele Române"		X	X				X
	6. Legea minelor nr. 85 din 18 martie 2003					X	X	
	7. Hotărârea Guvernului nr. 898 din 10 iunie 2004 pentru aprobarea Instrucțiunilor privind exploatarea apelor subterane și a zonelor de interfață dintre apele dulci și cele sărate				X	X	X	
	8. Hotărârea Guvernului nr. 930 din 11 august 2005 pentru aprobarea Normelor speciale privind caracterul și mărimea zonelor de protecție sanitară și hidrogeologică		X			X	X	
	9. Legea nr. 265 din 2006 pentru aprobarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 195 din 22 decembrie 2005 privind protecția mediului	X					X	
	10. Legea nr. 51 din 8 martie 2006 a serviciilor comunitare de utilități publice		X		X			X
	11. Legea nr. 241 din 22 iunie 2006 privind serviciul de alimentare cu apă și de canalizare		X	X			X	X
	12. Hotărârea Guvernului nr. 328 din 31 martie 2010 privind reactualizarea cuantumului contribuțiilor specifice de gospodărire a resurselor de apă, a tarifelor și a penalităților cu indicele de inflație			X				X

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Ansamblul legislației menționate reglementează diferitele aspecte ale gestiunii integrate a resurselor de apă, inclusiv a celor subterane:

- strategia și politica domeniului cu racordare la cea comunitară și cu ansamblul economiei românești;
- instituțiile menite să aplice, să controleze modul de aplicare a prevederilor legislative;
- managementul durabil al acestor resurse, având un rol vital în viața unei națiuni;
- proiectarea, execuția, explorarea, exploatarea resurselor de apă subterană;
- protecția, conservarea, asigurarea calității acestei resurse strategice;
- aspectele economice care să asigure accesibilitatea populației la sursă, dar și acoperirea costurilor impuse de punerea în valoare a resursei.

Matricea din **tabelul 7.2**, organizată pe identificarea principalelor 12 reglementări în vigoare și a obiectivului la care se referă, indică o repartitie uniformă a acestora pe aspectele ce determină gestiunea durabilă a corpurilor de apă subterană.

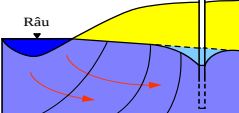
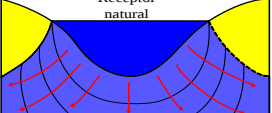
7.1.1. Elemente instituționale

Analiza evoluției legislative se apreciază că este necesar a fi abordată având în vedere și instituțiile ce urmează să organizeze, să răspundă, să coordoneze, să aplice și să controleze aplicarea legislației respective.

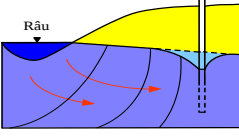
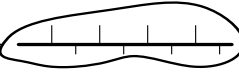
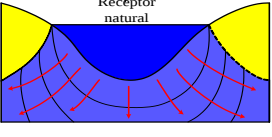
Tabloul complet al instituțiilor implicate în raport cu atribuțiile și răspunderile în utilizarea durabilă a apei, inclusiv apă subterană, este prezentat în **tabelul 7.3**.

Matricea atribuțiilor și răspunderilor în utilizarea durabilă a apei

Tabelul 7.3

Activități Componente	CAPTARE	UTILIZARE	EVACUARE	OBSERVAȚII
				
A. Strategie/ Politică	♦ Ministerul Mediului și Pădurilor	♦ Administrația publică locală	♦ Ministerul Mediului și Pădurilor	♦ Strategia națională în domeniul protecției mediului ♦ Plan de management a bazinelor hidrografice ♦ Plan de amenajare a bazinelor hidrografice
B. Instituții	♦ Administrația Națională „Apele Române”	♦ Direcția de Sănătate Publică ♦ Agenția de Protecția Mediului ♦ Operatori de servicii de alimentare cu apă ♦ Protecția Consumatorului	♦ Administrația Națională „Apele Române” ♦ Garda de Mediu	♦ Monitorizare ♦ Verificare ♦ Inspecție
C. Management	♦ Administrația Națională „Apele Române”	♦ Operatori de servicii de alimentare cu apă ♦ Agenți economici	♦ Administrația Națională „Apele Române” ♦ Operatori de servicii de alimentare cu apă	♦ Aviz de gospodărire a apelor ♦ Autorizație de gospodărire a apelor ♦ Contract
D. Proiectare/ construcție/ consultanță	♦ Universități ♦ Firme de proiectare/ consultanță ♦ Firme de foraje	♦ Universități ♦ Firme de proiectare/consultanță ♦ Firme de foraje	♦ Universități ♦ Firme de proiectare/ consultanță ♦ Firme de foraje	♦ Studii de fezabilitate (SPF) ♦ Studii de fezabilitate (SF) ♦ Proiect tehnic și detalii de execuție ♦ Realizare investiții

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Activități Componente	CAPTARE	UTILIZARE	EVACUARE	OBSERVAȚII
				
E. Exploatare/ explorare	Operatori de servicii de alimentare cu apă	- Operatori de servicii de alimentare cu apă - Firme de consultanță - Firme de foraj	- Operatori de servicii de alimentare cu apă și canalizare - Firme de consultanță - Firme de foraj	- Foraje de observație - Monitorizare
F. Calitate	- Operatori de servicii de alimentare cu apă - Administrația Națională „Apele Române” - Direcția de Sănătate Publică - Agenția de Protecția Mediului	- Operatori de servicii de alimentare cu apă - Administrația Națională „Apele Române” - Direcția de Sănătate Publică	- Operatori de servicii de alimentare cu apă și canalizare - Administrația Națională „Apele Române” - Agenția de Protecția Mediului	- Zone de protecție sanitară - Buletine de analiză - Monitorizare
G. Economic	- Administrația Națională „Apele Române” - Operatori de servicii de alimentare cu apă	- Administrația publică locală - Operatori de servicii de alimentare cu apă	- Administrația Națională „Apele Române” - Operatori de servicii de alimentare cu apă și canalizare	- Tarife - Facturare - Penalizare - Contracte
H. Educație/ formare personal de specialitate	- Universități - Asociații profesionale - Centre de formare profesională	- Universități - Asociații profesionale - Centre de formare profesională	- Universități - Asociații profesionale - Centre de formare profesională	- Personal de exploatare - Management

Matricea respectivă este organizată pe principalele activități specifice unui sistem centralizat de apă/canal, și anume:

- captare;
- utilizare;
- evacuare.

Instituțiile implicate sunt nominalizate în funcție de principalele componente ale funcționării sectorului apei la nivel național. Printre alte componente, menționăm:

- strategia și politica sectorului;
- consultanță, proiectare, execuție;
- explorare, exploatare;
- educație.

Se atrage atenția asupra importanței acordate problematicei calității apei, inclusiv cea a apei subterane.

Astfel, se remarcă din matricea anterioară instituțiile implicate în conservarea, asigurarea, monitorizarea calității apelor subterane, fie la captare, fie la distribuție/utilizare sau la evacuare în urma folosirii.

Un rol predominant îl au operatorii de alimentare cu apă, care asigură derularea serviciului de apă/canal, și Direcțiile de Sănătate Publică, care controlează modul în care se respectă conformarea cu indicatorii potabili.

Instrumentele de bază în realizarea dezideratului de mai sus sunt:

- realizarea zonelor de protecție sanitară, instituite prin colaborarea Administrației Naționale „Apele Române”, administrațiilor locale și operatorilor de apă;
- realizarea periodică a buletinelor de analiză prin implicarea laboratoarelor de specialitate de la Direcțiile de Sănătate Publică și de la operatorii de apă;
- întocmirea și realizarea unui plan de monitoring al calității sursei și al apei în secțiunile principale ale Sistemului Centralizat de Apă/Canal. Sistemul de monitoring se va

concretiza prin rețeaua locală și națională de laboratoare acreditate, sistemul de asigurare a calității și sistemul de control al calității la nivelul fiecărui laborator.

7.1.2. Legislație-cadru privind protecția calității apelor subterane

În ceea ce privește gestiunea durabilă a apelor în România reglementarea cea mai importantă este Legea apelor nr. 107 din 25 septembrie 1996, cu modificările și completările ulterioare, ce trebuie coroborată cu Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 195 din 22 decembrie 2005 privind protecția mediului, aprobată prin Legea nr. 265 din 29 iunie 2006, cu modificările și completările ulterioare.

Din conținutul reglementărilor legale menționate se desprind anumite prevederi care se consideră ca fiind deosebit de importante:

- apele subterane, corespunzătoare calitativ, sunt destinate, în primul rând, alimentării cu apă a populației și animalelor, precum și asigurării igienei și sănătății populației. Aceste ape pot fi utilizate și în alte scopuri, numai în baza autorizației de gospodărire a apelor;
- prevenirea sau eliminare aportului de poluanți în apele subterane, pentru a reduce progresiv poluarea tuturor corpurilor de ape subterane, în scopul realizării unei stări bune a apelor subterane, până la sfârșitul anului 2015;
- protecția, îmbunătățirea și refacerea tuturor corpurilor de ape subterane și asigurarea unui echilibru între debitul prelevat și reîncărcarea apelor subterane, cu scopul realizării unei stări bune a apelor subterane, până la sfârșitul anului 2015;
- schemele directoare și programele de măsuri se elaborează și se actualizează, conform Metodologiei și a Instrucțiunilor tehnice pentru elaborarea schemelor directoare aprobate prin Ordinul ministrului nr. 1258 din 2006, de către Administrația Națională „Apele Române”, se avizează de către Comitetele de bazin, la propunerea autorității publice centrale din domeniul apelor, și se aprobă prin hotărâre a Guvernului.

7.1.3. Legislație secundară privind protecția calității apelor subterane

Precizăm că schema directoare de amenajare și management al bazinului hidrografic este instrumentul de planificare în domeniul apelor pe bazin hidrografic, alcătuită din două părți: Planul de amenajare a bazinului hidrografic (PABH) și Planul de management al bazinului hidrografic (PMBH), **figura 7.1**.

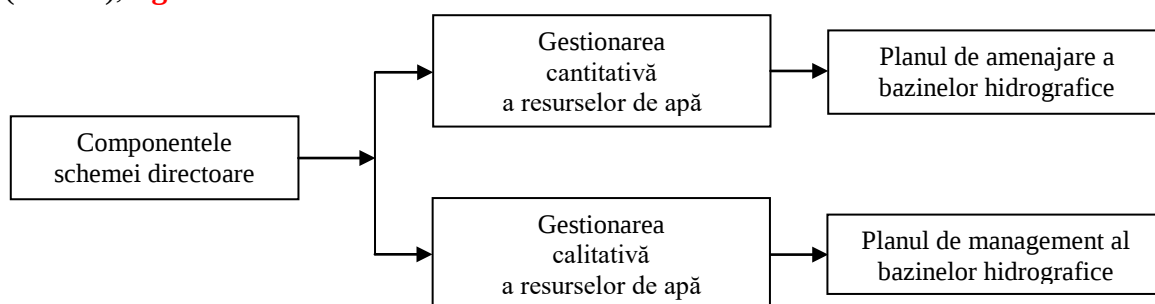


Figura 7.1 – Componentele schemei directoare

În baza acestor documentații, până în prezent, s-a realizat identificarea și delimitarea corpurilor de apă subterană, utilizându-se următoarele criterii: geologic, hidrodinamic, starea calitativă și cantitativă a corpului de apă.

Delimitarea corpurilor de apă subterană s-a făcut numai pentru zonele în care există acvifere semnificative ca importanță pentru alimentări cu apă, și anume debite exploatabile mai mari de 10 m³/zi.

Pe teritoriul României au fost delimitate 129 corpuri de apă subterană, din care 19 sunt transfrontaliere. Pentru apele subterane au fost identificate 20 corpuri de apă la risc de modificare a cantității și calității.

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Corpurile de apă subterană se află la risc datorită unor surse istorice reprezentate de unități sau complexe agrozootehnice care și-au încetat sau redus activitatea și surse actuale situate de regulă în zonele vulnerabile.

Resursele de apă subterană sunt caracterizate prin:

- resursa teoretică de 9,6 mld m³ (reprezintă 7,13% din totalul resurselor de apă), din care ape freatice 4,7 mld m³ și ape de adâncime 4,9 mld m³;
- resursa utilizabilă de 5,4 mld m³.

7.2. Legislația actuală din România privind apele subterane

S-a considerat necesară prezentarea unor extrase din legislația română în vigoare, referitor la apele subterane sau cu trimitere la apele subterane, în scopul de a pune la îndemâna celor interesați posibilitatea de a lua cunoștință și de a utiliza legislația, pentru a face corelarea între actele normative și pentru a evita confuziile provenite din necunoașterea legislației, cu atât mai mult cu cât nu există o culegere de acte normative privind apele subterane.

În continuare sunt prezentate în sinteză reglementările din **tabelul 7.4**.

Reglementări în domeniul apelor subterane

Tabelul 7.4

Nr. crt.	Reglementare
1.	Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 195/2005 privind protecția mediului, cu modificările și completările ulterioare
2.	Legea apelor nr. 107 din 25 septembrie 1996, cu modificările și completările ulterioare
3.	Legea minelor nr. 85 din 18 martie 2003, cu modificările și completările ulterioare
4.	Ordinul nr. 662 din 28 iunie 2006 privind aprobarea Procedurii și a competențelor de emitere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor
5.	Ordinul nr. 661 din 28 iunie 2006 privind aprobarea Normativului de conținut al documentațiilor tehnice de fundamentare necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor
6.	Hotărârea Guvernului nr. 445 din 8 aprilie 2009 privind evaluarea impactului anumitor proiecte publice și private asupra mediului
7.	Legea nr. 458 din 8 iulie 2002 privind calitatea apei potabile, cu modificările și completările ulterioare
8.	Ordinul nr. 184 din 21 septembrie 1997 pentru aprobarea Procedurii de realizare a bilanțurilor de mediu
9.	S.R. 1628-1/1995 Alimentări cu apă. Surse de apă subterană. Investigații, studii de teren și cercetări de laborator
10.	Ordinul nr. 78/N din 13.10.1998 pentru aprobarea Normativului pentru proiectarea construcțiilor de captare a apei Indicativ NP 028-98
11.	Ordinul nr. 87 din 20 mai 2008 pentru aprobarea Instrucțiunilor tehnice privind clasificarea și evaluarea resurselor/rezervelor de apă minerală naturală, apa minerală terapeutică, apa geotermală, gazele care le însoțesc și de gaze necombustibile, cu modificările și completările ulterioare
12.	Hotărârea Guvernului nr. 472 din 9 iunie 2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă
13.	Legea nr. 241 din 22 iunie 2006 serviciului de alimentare cu apă și de canalizare
14.	Hotărârea Guvernului nr. 351 din 21 aprilie 2005 privind aprobarea Programului de măsuri împotriva poluării cu substanțe chimice
15.	Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 152 din 10 noiembrie 2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării, cu modificările și completările ulterioare

Problemele gestionării resurselor de ape subterane

Nr. crt.	Reglementare
16.	Hotărârea Guvernului nr. 349 din 21 aprilie 2005 privind depozitarea deșeurilor
17.	Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 202 din 18 decembrie 2002 privind gospodărirea integrată a zonei costiere
18.	Hotărârea Guvernului nr. 898 din 10 iunie 2004 pentru aprobarea Instrucțiunilor privind exploatarea apelor subterane și a zonelor de interfață dintre apele dulci și cele sărate
19.	Ordinul nr. 638 din 12 mai 2005 pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea situațiilor de urgență generate de inundații, fenomene meteorologice periculoase, accidente la construcții hidrotehnice și poluări accidentale
20.	Ordonanța Guvernului nr. 21 din 30 ianuarie 2002 privind gospodărirea localităților urbane și rurale
21.	Ordinul nr. 1671 din 25 octombrie 2007 pentru aprobarea Regulamentului privind organizarea activității de atestare a instituțiilor publice sau private specializate în elaborarea documentațiilor pentru fundamentarea solicitării avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor
22.	Hotărârea Guvernului nr. 1635 din 29 decembrie 2009 privind organizarea și funcționarea Ministerului Mediului și Pădurilor, cu modificările și completările ulterioare
23.	Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 107 din 5 septembrie 2002 privind înființarea Administrației Naționale „Apele Române”, cu modificările și completările ulterioare
24.	Hotărârea Guvernului nr. 1419 din 18 noiembrie 2009 privind organizarea și funcționarea Agenției Naționale pentru Resurse Minerale
25.	Hotărârea Guvernului nr. 1399 din 10 noiembrie 2005 pentru aprobarea Regulamentului de organizare și funcționare a Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare în Domeniul Geologiei, Geofizicii, Geochimiei și Teledetecției - I.G.R. București
26.	Hotărârea Guvernului nr. 1.401 din 10 noiembrie 2005 pentru aprobarea Regulamentului de organizare și funcționare a Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare - I.N.C.D.T.I.M. Cluj-Napoca
27.	Hotărârea Guvernului nr. 459 din 19 mai 2005 privind reorganizarea și funcționarea Agenției Naționale pentru Protecția Mediului
28.	Hotărârea Guvernului nr. 112 din 18 februarie 2009 privind organizarea și funcționarea Gărzii Naționale de Mediu, cu modificările și completările ulterioare
29.	Ordinul nr. 663 din 26 iulie 2005 privind aprobarea Regulamentului de organizare și funcționare a Comitetului Național pentru Programul Hidrologic Internațional și a componenței acestuia
30.	Legea nr. 86 din 10 mai 2000 pentru ratificarea Convenției privind accesul la informație, participarea publicului la luarea deciziei și accesul la justiție în probleme de mediu, semnată la Aarhus la 25 iunie 1998, cu modificările și completările ulterioare
31.	Ordinul nr. 31 din 13 ianuarie 2006 privind aprobarea Manualului pentru modernizarea și dezvoltarea Sistemului de Monitoring Integrat al Apelor din România (SMIAR)
32.	Hotărârea Guvernului nr. 210 din 28 februarie 2007 pentru modificarea și completarea unor acte normative care transpun acquis-ul comunitar în domeniul protecției mediului
33.	Hotărârea Guvernului nr. 1408 din 19 noiembrie 2007 privind modalitățile de investigare și evaluare a poluării solului și subsolului
34.	Hotărârea Guvernului nr. 1403 din 19 noiembrie 2007 privind refacerea zonelor în care solul, subsolul și ecosistemele terestre au fost afectate

ABROGAT(Ă)	ÎN VIGOARE
ORDIN nr.1.671 /2007 al ministrului mediului și dezvoltării durabile pentru aprobarea <i>Regulamentului privind organizarea activității de atestare a instituțiilor publice sau private specializate în elaborarea documentațiilor pentru fundamentarea solicitării avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor</i>	ORDIN nr.3.298 din 28 august 2012 al ministrului mediului și pădurilor pentru aprobarea Regulamentului privind organizarea activității de atestare a instituțiilor publice sau private specializate în elaborarea documentațiilor pentru fundamentarea solicitării avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor
ORDIN nr. 1.241/2003 pentru aprobarea Procedurii de modificare sau de retragere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor	ORDIN nr.15/2006 pentru aprobarea Procedurii de suspendare temporară a autorizației de gospodărire a apelor și a Procedurii de modificare sau de retragere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor
ORDIN nr. 661/2006 privind aprobarea Normativului de conținut al documentațiilor tehnice de fundamentare necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor	ORDIN nr.799 din 6 februarie 2012 al ministrului mediului și pădurilor privind aprobarea Normativului de conținut al documentațiilor tehnice de fundamentare necesare obținerii avizului de gospodărire a apelor și a autorizației de gospodărire a apelor
O. nr.1.141/2002 al ministrului apelor și protecției mediului pentru aprobarea Procedurii și a competențelor de emitere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor	ORDIN nr. 662/2006 privind aprobarea Procedurii și a competențelor de emitere a avizelor și autorizațiilor de gospodărire a apelor