

THE RESEARCH OF HISTORICAL CONTAMINATED SITES WITH ORGANIC NATURE POLLUTANTS THAT ARE PLACED ON THE TERRACES FROM THE MIDDLE BASIN OF MUREȘ RIVER. CASE STUDY

Tiberiu Doru Cioban, PhD Student, "Babeș-Bolyai" University of Cluj-Napoca and Florica Silaghi, PhD Student, Technical University of Civil Engineering Bucharest

Abstract: The chaotic exploiting of Romania's natural resources, together with the inconsistent policies of empiric industrialization applied at national level before 1989, have boosted heavily polluting activities in mining, metallurgy, petrochemistry and energy industry. Following the conduct of activities in a complete contempt for the environment, the soil and underground environment were infested mainly with hydrocarbons, heavy metals, synthetic and natural organic compounds, etc., generating the appearance and expansion of contaminated sites that currently affect human health and the environment. The historic pollution of ground waters represents, at international level, an important issue in environmental policies, given that over 36% of individual catchments provide potable water under the potable rules, all the former large industrial sites generated serious pollution of layers aquifers. The methodology consisted in the charting of the meadow and terrace deposits of the Mures river, identifying the lithological types in mixed geological-geomorphological profiles of the physical and mechanical properties of the rock. Properties such as: structure, texture, granulometry, cohesion, porousness, hydraulic conductivity and permeability. We analysed the type of stored pollutants and their dynamic behaviour in the lithological horizons in respects to the geomorphological factors (the deposit's slope, the size of the pores), the flowing direction, the biodegradation, and the bioavailability of the pollutants. The results of the study confirm a relative correspondence between the structure and texture of the natural deposit and the storage index. For man-disturbed deposits, we found a random storage of the pollutants, which is an aspect that raises great technical problems in the decontamination, due to the pollutants'.

Key-words: natural resources, geomorphology, polluting activities, terrace deposits, permeability.

Introducere

Cărbunele a reprezentat primul combustibil utilizat în timpul revoluției industriale și a jucat un rol foarte însemnat în dezvoltarea marilor țări industrializate. În secolul XX întreaga civilizație și industrie s-au bazat pe energia furnizată de petrol. Rezervele de țiței au dus însă la conflicte internaționale, iar utilizarea lui a cauzat poluare și daune mediului înconjurător. Petrolul se compune, în principal, din hidrocarbonați, molecule formate din două elemente chimice, hidrogen și carbon alături de alte substanțe. Petrolul poate lua diferite forme, precum țițeiul lichid și gazele naturale sau o substanță groasă, vâscoasă, numită asfalt sau bitum. Țițeiul și gazele naturale, ca și cărbunii sunt substanțe organice, iar datorită originii lor sunt considerați combustibili fosili. Marea majoritate a geologilor apreciază că, formarea gazelor naturale în sudul Mării Nordului a demarat în perioada carboniferă când a început acumularea straturilor de cărbune din plantele moarte ale malștinilor. Stratul carbonifer s-a scufundat și a fost îngropat de straturi de roci la o adâncime de cca. 4 km sub sol, căldura scoarței terestre a provocat degajarea gazelor din cărbune prin rocile permeabile până când au întâlnit straturi

impermeabile caracteristice reliefului structurilor diapire și domurilor de sare, unde s-au acumulat în capcane.

Țițeiul era cunoscut pe teritoriul României încă din secolul I î.Hr., de când datează obiectele descoperite în cadrul cetății dacice de la Poiana (Nicorești, Galați): podoabe din smoală întărită și acoperită cu un strat subțire de argint[Balan]. Prima rafinărie de petrol din lume a fost construită în România, în 1856, la periferia orașului Ploiești. După descoperirea făcută de Ignacy Lukasiewicz (1822-1882) privind rafinarea benzinei din țiței, substanțele petrochimice reprezintă esența și seva civilizației moderne. Combustibilii, derivați ai țițeiului, au făcut posibilă crearea și funcționarea sistemului de transport la nivel mondial, caracteristica cea mai remarcabilă a vieții moderne, comerțul cu aceste mărfuri, este la ora actuală, cu adevărat global și extrem de complex. Light Non-Aqueous Phase Liquids (LNAPLs)-substanțe organice de tipul benzinei, motorinei sau alt combustibil pe bază de petrol, uleiuri uzate și țiței, sunt relativ insolubile în apă și puțin nemiscibile cu apa și au o densitate mai mică decât cea a apei ($< 1 \text{ g / cm}^3$). Contaminări ale factorilor biotici și/sau abiotici de mediu cu substanțe din categoria LNAPLs sunt comune activităților de producție, depozitare, manipulare derivate din petrol la rafinării, terminale vrac de produs, benzinarii, aeroporturi și baze militare. LNAPLs, odată ajunse în mediul subteran, sunt dificil de evaluat și foarte greu de recuperat, indiferent că se găsesc în fază liberă sau lichidă a hidrocarburilor, devenind astfel o sursă generatoare de risc asociat, pe termen lung, prin diferite căi de expunere a receptorilor biotici la influențe nocive (de exemplu, vapori, a apelor subterane, și contaminarea solului) sau la risc acut (de exemplu, condiții explozive).

Studiul de față s-a derulat în sectorul mijlociu, cel subcarpatic și de podiș, între Deda și Alba Iulia, integrat în zona centrală a Depresiunii Transilvaniei a bazinului râului Mureș, arteră hidrografică mediană ce delimitează spre nord subunitatea morfologică a Câmpiei Transilvaniei, iar spre sud Dealurile Târnavelor, Podișul Hârtibaciului și Secașelor (Fig.1). Utilizarea sistemelor informaționale geografice GIS și a imaginilor satelitare de înaltă rezoluțietip LIDAR, a permis prin procedee de hardware, software și cartări de teren realizarea analizei geomorfologice complexe, pe baza datelor raster, vectoriale, de tip grilă sau TIN asupra regiunii.

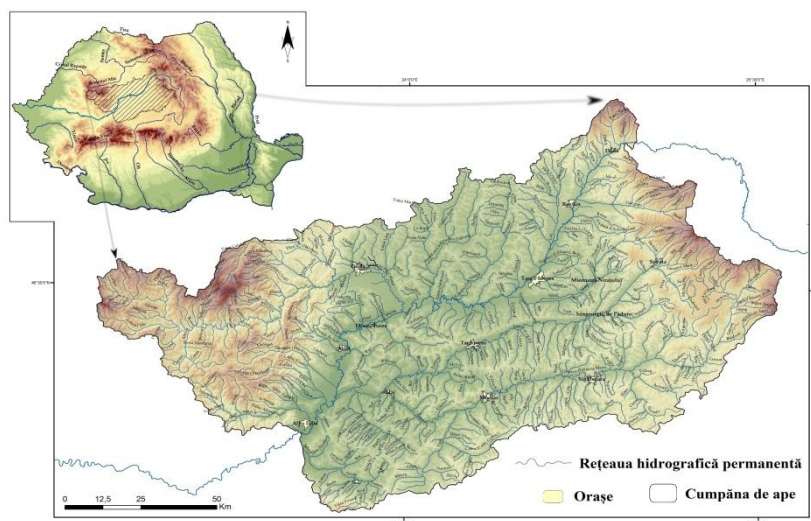


Fig. 1 Poziția și limitele fizico-geografice a arealului studiat.

Unitățile de relief ce se suprapun bazinului hidrografic al Mureșului superior și mijlociu, până la confluență cu Sebeșul, sunt reprezentate de un sector montan, ce include o arie depresionară, Depresiunea Giurgeului, flancată la est de Munții Giurgeului și Masivul Ditrau, iar la vest de munții vulcanici ai Gurghiului și Harghitei și defileul Toplita-Deda, ce corespunde bazinului superior. Urmează un sector subcarpatic, în contact cu fațada vestică a munților vulcanici, format din dealuri și depresiuni submontane (Dealurile Bistriței și Gurghiului, Depresiunea și Dealurile Reghinului), respectiv o arie joasă, depresionară, asociată bazinului mijlociu, în care aflorează depozite badeniene și sarmațiene, la nivelul complexelor interfluviale și de versant și depozite pleistocen - holocene la nivelul depozitelor de albie și terase fluviale, cu o granulometrie diferențiată de la 0,005-70 mm (Fig.1).

În perioada 1927-1931, când în România s-a executat primul carotaj mecanic, prima forare prin împușcare de coloană și prima injecție de gaze în zăcămintul Dacian din Moreni se puneau bazele strategiei de aprovizionare a comunităților locale cu produse petroliere, carburanți, etc. Soluția propusă spre implementare a constat în construcția unei salbe de depozite în orase și comunele mari care să deservească populația de pe o rază de cca. 25-35 Km. Aceste depozite urmau să fie aprovizionate cu carburanți și produse de rafinare conexe, în regim vagonabil pe cale ferată, transvazate în rezervoare de stocare sub și supraterane și, ulterior cu cisterne pe cale rutieră să ajungă în benzinării și la alte puncte de distribuție. Sistemul, în timp, a fost mereu îmbunătățit, dar și-a păstrat până în prezent structura și interdependența elementelor de bază care-l definesc, producția, transportul, stocarea și distribuția de carburanți. În ultima perioadă când, raționamentele economice și necesitatea respectării legislației privind protecția mediului, au impus o nouă abordare, multe din depozitele de carburanți la nivel comunitar și/sau privat au fost desființate în detrimentul transportului rutier extins de la locații mult îndepărtate. Desființarea acestor surse punctuale, dar aproape continue de poluare au fost oarecum benefice pentru factorii biotici și abiotici de mediu, dar neecologizarea acestor suprafețe a generat existența așa numitelor „*site-uri contaminate istoric*” cu produse chimice de natură organică. România conștientizând riscurile potențiale care decurg din activitățile antropice, cu posibil impact semnificativ asupra sănătății umane, a calității solurilor, apelor subterane și apelor de suprafață, ecosistemelor etc., la nivelul anilor 2007-2008 s-a realizat un prim inventar al siturilor contaminate/potențial contaminate. Acestea au fost identificate de Agenția Națională de Protecție a Mediului, prin unitățile din subordine, pe baza analizei documentațiilor care au stat la baza emiterii actelor de reglementare, un număr de 1.682 de situri contaminate/potențial contaminate, reprezentând zone în care s-au desfășurat, în principal, activități miniere și metalurgice, petroliere, chimice, alte activități industriale la scară mare sau la scară mică. (http://www.mmediu.ro/beta/wp-content/uploads/2013/10/2013-10-29_strategie.pdf)

În perioada de funcționare, pentru a putea executa activitatea conform fluxului tehnologic proiectat și implementat, aproape toți titularii de activitate respectiv, agenții economici specializați au construit și exploatat pe locația, de acum a fostelor depozite de produse petroliere o serie de active reprezentate de clădiri și construcții auxiliare (clădire depozit, remiza PSI, magazii, stații de pompe, platforme tehnologice și alte active, dotări specifice-rezervoare de stocare produs sub și supraterane, magazii de uleiuri, bazine și separatoare, etc. În prezent, pe acest gen de site-uri contaminate nu există construcții, utilaje,

echipamente, etc., toate acestea au fost dezafectate, demolate, uneori chiar abandonate de proprietari.

În vederea cuantificării riscului de impact asupra factorilor de mediu și stării de sănătate a populației se procedează la identificarea și estimarea pericolelor datorate prezentei substantelor contaminante pe amplasamentele supuse studiului, percepute prin prisma specificului activității posibil/probabil poluante desfășurate, pe perioada mai multor decenii, de către proprietar, incluzând identificarea pericolelor, marimea efectelor, probabilitatea unei manifestări și calculul riscului bazat pe cuantificarea importanței pericolelor și consecințele pentru persoane și/sau mediu afectat. Algoritmul de calcul, modelare și cuantificare a riscurilor trebuie conceput, implementat și realizat analizând mai mulți factori (Cioban și al):

√ *specificul activității de bază* (depozitarea și comercializarea en gros și en detail a benzinei de diverse tipuri, motorinei, combustibilului lichid ușor (CLU), combustibil de tip „P” și a diverselor tipuri de ulei;

√ *caracteristicile tehnice* ale fostei investiții (suprafața totală a terenului, din care suprafața construită, regim de înălțime, suprafață platforme betonate- căi de acces, suprafață spații verzi, locuri de parcare, etc;

√ *componentele tehnologice* cu posibil impact asupra deteriorării stării factorilor de mediu (separator produse petroliere, rezervoare de stoc, magazie ulei și ulei uzat, casa de pompe combustibili cu anexe, casa pompe ulei, rețele tehnologice, conducte de goliri, transvazări și aerisiri, guri de decarcare carburanți, stații pompare, linie CF, pod basculă, stație condensatori);

√ *folosirea și exploatarea rețelilor de utilități* branșarea și alimentarea cu energie electrică, gaze naturale, apă-canal;

√ *funcționarea și exploatarea defectuasă* (vulnerabilitățile create de vechimea echipamentelor/ instalațiilor);

√ *specificul hidrogeologic al site-ului;*

√ *posibile modalități de poluare punctuală* a factorilor de mediu prin scurgeri accidentale datorate: eventualelor imperfecțiuni ale pereților rezervoarelor de stocare produse petroliere, eventuale neetanșeități ale conductelor tehnologice;

√ *infiltrarea apelor uzate* provenite de pe platforma depozitului;

√ *depozitarea necontrolată a deșeurilor;*

√ *dispunerea față de zona rezidențială*

Urmare a desfășurării activității, în profund dispreț cu mediul înconjurător, solul și mediul subteran au fost infestate, în principal, cu hidrocarburi, metale grele, substanțe organice naturale și sintetice s. a., generând în timp apariția și extinderea site-urilor contaminate care afectează și în prezent sănătatea oamenilor și mediul. România a trecut în ultimele două decenii printr-o tranziție majoră, în care multe dintre companiile și industriile active în perioada socialistă s-au închis sau au fost restructurate, cuplată cu scăderea capacității de a remedia siturile contaminate în scopul reutilizării lor. Pentru rezolvarea problemelor legate de poluare, apreciem că este necesară elaborarea unui document cadru care să ofere o privire de ansamblu asupra principiilor și procedurilor ce vor trebui aplicate pentru a afla dacă un teren prezintă sau nu riscuri inacceptabile pentru sănătatea umană și mediu. Documentul la care se face referire, încă nu există, autoritatea central de protecție a

mediului respectiv, Agenția Națională de Protecție a Mediului face încercări timide de a finaliza lista acestor site-uri contaminate istoric și, implicit de mai mulți ani încearcă să impună Strategia Națională și Planul Național de Acțiune pentru Gestionarea Siturilor Contaminate din România. Faptul că acest demers, deși început de prin anul 2007 încă nu s-a finalizat arată limitele în care politicile privind mediul se aplică în țara noastră, creează disconfort și lipsă de predictibilitate în rândul autorităților locale, agenților economici proprietari de situri contaminate care au în intenție întreprinderea de măsuri de decontaminare și redarea circuitului natural a acestor suprafețe afectate de poluare.

În demersul de a reda circuitului aceste terenuri, proprietarul, autoritatea de mediu, teritorial competentă, investitorii, experții și contractorii este imperios necesar să adopte și să parcurgă o procedură unanim acceptată de toți cei implicați și, cel mai important lucru, să aibă ca finalitate găsirea unei soluții BANTEC care să asigure reintegrarea deplină a terenului în circuitul natural al zonei din care el face parte integrantă.

Acțiunea de reabilitare și reintegrare a suprafețelor poluate presupune aplicarea unui set de măsuri menite să asigure reușita operațiunii astfel: planificare strategică, implementare și monitorizare, elaborarea planului de recalificare a terenului afectat, gestiunea deșeurilor periculoase și nepericuloase, strategia de remediere, evaluarea riscului, investigații preliminare și detaliate, finanțare, evaluarea socio-economică, etc..

Procedura pentru domeniul de investigare clasică, intruzivă presupune studiul excavației (gropii), execuția de foraje tubulare cu fereastră de prelevare, execuția forajelor de prelevare și instalarea puțurilor de monitorizare a apelor subterane.

Șanțuri de investigare se realizează în limitele amplasamentului, în împrejurimi și în părțile unde, după îndeplinirea formalităților, posibilitatea existenței construcțiilor subterane nu poate fi exclusă printr-un șanț de investigare realizat cu ajutorul unui instrument manual de excavare, de nu mai puțin de 0.5 mp și adânc de maxim 1.2 m.

Gropile de sondare vor fi excavate până la adâncimile solicitate de un utilaj standard, de principiu pe roți, fără lanț de tractare pentru a evita deteriorări majore ale recoltelor și suprafețelor. Cu ajutorul buldoexcavatorului se va efectua operațiunea de săpare manuală a forajelor de testare în limita următoarelor dimensiuni: adâncime 1,2 m, lățime 1m și lungime de aproximativ 3 m (Fig 2; 3). Vegetația, fâneața existentă va fi tăiată și îndepărtată sub forma de rulouri, iar suprafața solului (humusul) va fi îndepărtată și păstrată separat de materialul excavat.



Fig. 2 Prelevare probe groapă sondare



Fig. 3 Execuție șanț de investigare

Foraj tubular cu fereastră este recomandat a fi folosit în zonele în care accesul utilajelor grele este îngreunat, limitat sau chiat interzis și investigațiile asupra subsolului se impun a fi executate cu un echipament de foraj tubular cu fereastră, portabil pentru a foră sonde de diametru mic, cca. 2 inci (Fig. 4; 5), în vederea prelevării de probe de sol și a instala puțuri de monitorizare până la 5 m sub nivelul solului sau mai adânc.



Fig.4 Prelevare probe sapa tip side window



Fig.5 Sapa foraj tubular cu fereastră

Forajele de prelevare trebuie executate folosind fie percuție cu cablu / ciocan sapă/ melc-sneck cu cupa/ fie o metoda rotativă ori alte tehnici adecvate de forare. Forarea gaurilor pentru recuperarea carotei vor fi executate cu echipament de foraj adecvat tractor, unitate rotativă de forare montată pe glisieră sau pe remorcă care să permită forarea în mod continuu la adâncimi până la aproape 10 cm de recuperarea carotei, cu un diametru efectiv al gaurii de forare de minim 220 mm (Fig. 6; 7). Pentru a evita contaminarea încrucișată, de-a lungul găurii de sonda se va utiliza o carcasă exterioară temporară.



Fig.6 Prelevare probe sol tulburate



Fig.7 Sapa rotativă de foraj tip sneck

În cadrul procesului de prelevare a probelor se întocmește și utilizează o documentație care cuprinde, printe altele: *Registrul de stratificație* și *Registrul Recuperare Carote* unde, înregistrarea tuturor straturilor de sedimente întâlnite și a adâncimilor la care se schimbă straturile va fi făcută după standarde românești și/sau internaționale de clasificare a solului. Solul și stratul de roca vor fi înregistrate, pe teren, imediat după recuperarea carotei din cuva

instalației de foraj, menționându-se date cu privire la densitatea relativă, culoare, condiții de umiditate, dimensiunea particulelor, precum și alte particularități determinante precum prezenta materialelor organice, supradimensionarea materiei și fundamentul suprafețelor plane în vederea calificării din punct de vedere geologic a solului; *Registrul adâncimilor de penetrare* redă o înregistrare fidelă a ratei de progres, a carotelor furnizate la finalizarea fiecărei găuri de sondă. După ce observațiile de pe teren sunt complete, inclusiv examinarea amplasamentului, colectarea probelor și fotografierea de documentare, carotele de sol/roca vor fi ambulate în recipient special amenajate și vor fi expediate laboratorului pentru analize granulometrice, fizice, chimice și microbiologice. În general probele de sol din carotele de foraj și gropile de sondare trebuie colectate la adâncimi mici ale subsolului, în cadrul perimetrului contaminat sau până la adâncimi de aprox. 0 - 5 m sub pamant în intervale de aproximativ 1 m și la interfața cu apele subterane, în vecinătatea modificărilor de stratificație relevante sau în locurile în care contaminarea este evidentă, cel puțin 2 eșantioane sub limita inferioară de contaminare și din stratul impermeabil respectiv, culcușul acviferului. Probele de sol vor fi păstrate în borcane / fiole de sticlă, eprubete sintetice sau pungi de plastic corespunzătoare, furnizate de laborator, utilizând instrumente specializate de unică folosință și/sau decontaminate în prealabil (lopeți, mistrii) și mănuși de nitril de unică folosință.

Un eșantion de apă subterană se va colecta după instalarea puțului de monitorizare și înainte de eșantionarea prin purjare și/sau prin pompare cu ajutorul unui recipient (bailer) din polietilenă de unică folosință sau reutilizabil din oțel inoxidabil, coborând ușor recipientul sub nivelul apei, ridicându-l apoi din puț și turnând conținutul direct în recipientul pregătit de laboratorul acreditat. După prelevarea inițială puțurile vor fi purjate și eșantionate cu o pompă cu debit mic (eșantionare prin pompare). Eșantionarea la debit mic presupune colectarea a 0,1 litri /minut până la 0,5 litri / minut în funcție de debitul puțului.

Pentru a asigura colectarea unor eșantioane reprezentative, parametrii calitativi ai apei (oxigen dizolvat, potențialul de reducere a oxigenului, conductivitatea, pH-ul și temperatura) vor fi monitorizați și lăsați să se stabilizeze în timpul procesului de purjare, înainte de colectarea eșantioanelor. Purjarea va continua până când se întrunesc trei condiții (Fig.9): 1) este evacuat un volum de apă egal cu de trei ori volumul tubulaturii, 2) apa devine limpede și 3) parametrii calitativi ai apei (turbiditate, temperatură, pH, conductivitate electrică, potențialul de reducere de oxigen, salinitatea și oxigenul dizolvat) au ajuns în stare de echilibru – atunci când parametrii calitativi ai apei respectiv temperatura, pH, și conductivitatea specifică sunt stabili în trei determinări succesive la următoarele valori: temperature $\pm 1^{\circ}$ Celsius, pH $\pm 0,1$ unități; conductivitatea specifică ± 5 procente, turbiditatea mai mică de 40 NTU (Nephelometric Turbidity Units).



Fig.8 Recoltare hidrocarburi în stare liberă



Fig.9 Purjare puț monitorizare

Adâncimea până la apa subterană va fi determinată cu ajutorul unei sonde de interfata sau al unui alt dispozitiv adecvat. Sonda va fi coborâtă în puțul de monitorizare până la detectarea unui semnal auditiv. Sunetul continuu indică prezența produsului în stare liberă, iar sunetul intermitent indică prezența apei subterane (adâncimea până la petrol (DTO – Depth to Oil), adâncimea până la apă (DTW - Depth to Water) și grosimea petrolului (OT - Oil Thickness)) Înainte de eșantionare se va determina grosimea petrolului cu ajutorul unei sonde electronice pentru interfața petrol – apă, determinându-se DTO și DTW. Diferența dintre cele două valori reprezintă grosimea măsurată (aparentă) a petrolului. Datorită presiunii capilare a solului, a fluctuațiilor nivelului apei și a altor factori există adesea o diferență semnificativă între grosimea efectivă a petrolului în stare liberă pe suprafața apei freatice și grosimea măsurată în puțul care penetrează petrolul în stare liberă. În general, grosimea efectivă în sol este mult mai mică decât grosimea măsurată în puț (respectiv în puț există o supra-acumulare(Fig.8). Prin urmare, în general grosimea efectivă nu poate fi măsurată direct, însă ea poate fi estimată folosind diverse procedee precum testul de lăcarit (bail-down). Datele testului de pompare vor fi analizate cu ajutorul metodologiei prezentate de Hoelting „Hydrogeologie”, Enke Verlag Stuttgart 1992. Pe scurt, întrucât se cunoaște volumul de apă per unitatea de înălțime a apei din coloana montantă, datele privind refacerea nivelului de apă pot fi utilizate pentru a se determina volumul de apă reintrat în puț per incrementul de timp t după oprirea pomparei, obținându-se debitul de refacere Q , în l/s. De asemenea se va determina modificarea nivelului de apă s pentru fiecare increment de timp t . Apoi datele vor fi trasate grafic cu s/Q pe ordonata Y (scala aritmetică) și timpul scurs de la începerea pomparei pe abscisa X (minute). Va fi trasată o linie dreaptă ideală prin secțiunea corespunzătoare și se vor calcula permisivitatea T și conductivitatea hidraulică k cu ajutorul următoarei formule: $T = 0,183 / \Delta(s/Q)$ unde $T = m^2/s$ și $\Delta s/Q =$ modificarea per ciclu de registru și $k = T / M$ (m/s) unde M reprezintă grosimea acviferului așa cum este prezentată de Schafer, 1980, deoarece nivelul apei din puț $n1$,u este coborât sub fundul coloanei montante iar filtrul, dacă există, nu este uscat, efectele apei depozitate în gaura de puț sunt neglijabile. În plus, prezența limitelor acviferului din apropiere poate fi detectată după forma graficului de refacere. Testul de pompare la debit constant poate fi implementat pentru a se obține determinări mai exacte ale parametrilor (de ex. conductivitate hidraulică, permisivitate, coeficientul de stocare) și pentru a permite identificarea limitelor hidraulice (de ex. reîncărcare, impermeabil, canal, etc.). Selecția metodei de analiză a testului de pompare se va face pe baza examinării informațiilor

legate de timp / scădere de nivel. Totuși analiza testului va include de obicei următoarele: Metode analitice standard pentru acvifere cu întindere infinită (respectiv Theis, Jacob, Theis recovery, Newman, Walton, Newman, Walton, etc.) și alte metode analitice clasice și premise.

Forajele executate pentru investigarea site-ului se pot exploata și ca puțuri de injectie (Fig.11) create pentru a furniza rate optime de curent de aer la adancimile maxime sub suprafața saturată pentru a atinge o raza de influență maximă și pentru a aborda întreaga zona saturată din stratul impactat de nisip și pietrisuri. Tot din foraje de investigare se pot construi și puturi de extracție concepute pentru a atinge rate optime de extracție în condiții geologice specifice amplasamentului (Fig.10).

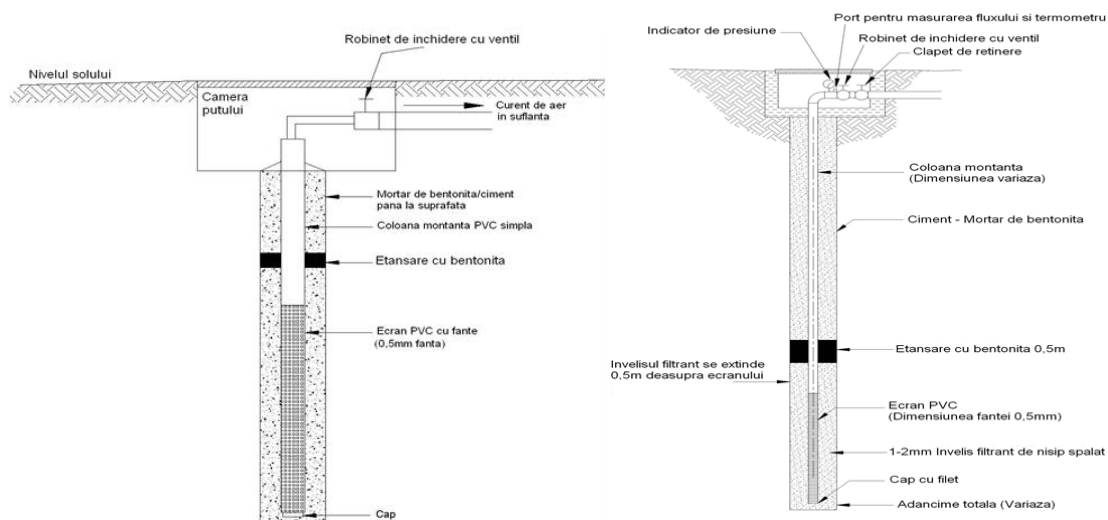


Fig.10 Schemă puț extracție vapori din sol Fig.11 Schemă puț injectie cu aer in-situ

Concluzii :

Analzând mecanismul complicat și foarte costisitor de investigare prin metode clasice a siteurilor contaminate istoric cu substanțe chimice de natură organică, se impune să se dezvolte aspecte mai puțin cunoscute și foarte rar aplicate de specialiștii din România, și nu numai, legate de procesul complex de investigare non-invazivă a amplasamentelor considerate și/sau încadrate de autorități ca site-uri contaminate istoric cu substanțe chimice de natură organică. Strategia de aplicare a investigațiilor non-intruzive nu diferă substanțial față de modalitatea de pregătire a efectuării investigațiilor clasice penetrante. În ambele situații, se impune realizarea de analize pertinente și atente evaluări a obiectivelor de cercetare prestabilite anterior aplicării unei anumite tehnici de investigare. Prin urmare, nevoile modelului conceptual ar trebui să fie de interes major atunci când sunt planificate investigații de orice fel.

BIBLIOGRAFIE:

Bălan, Șt.; Mihăilescu, N. Șt. - Istoria științei și tehnicii în România, date cronologice, „Academia Română” Publishing House, București, p. 21, 1985.
 Bear J., Dynamics of Fluids in Porous media, Dover Pu, New York, pp. 27-52, 2013.

- Cioban T., History and status of geographical research on the Transylvanian Depression terraces. *Studie of Literature, Discourse and Multicultural Dialogue*, Editura Arhipelag XXI Press, Tîrgu Mureş, pp. 202-213, 2014 C.W.
- Constantin M. Boncu, Contribuții la istoria petrolului românesc, „Academia Republicii Socialiste România” Publishing House, p. 90-93.,1971.
- Cunningham, JA, Rahme, H., Hopkins, GD, Lebron, C., Reinhard, M. Enhanced in situ bioremediation of BTEX-contaminated groundwater by combined injection of nitrate and sulfate. *Environ. Sci. Technol.* 35, 1663-1670, (2001).
- David I., Carabet A., Sumalan I., Nitusca A. Transportul poluanților prin medii fluide , Editura Universității “Politehnica” din Timișoara, 1996.
- Eve Riser-R, Remediation of petroleum contaminated soils:biological, physical and chemical processes, Lewis Publishers, Washington DC, pp78-113, 1998
- Fetter C., W., Contaminant Hydrogeology , Mcmillan Publishing Company , New York , ISBN – 13 : 9781577665830 , ISBN: 157766583X, 1993
- Freeze R.A., J.A. Cherry (1979) – Groundwater , Prentice-Hall , Englewood Cliffs , New Jersey, ISBN – 10: 0133653129 | ISBN-13: 9780133653120, 1979.
- Kruseman, G.P.; de Ridder, N.A. (1990) „Analysis and Evaluation of Pumping Test Data” (2 ed.). Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation
- Irimuş, I. A., Vescan, I., Man, T., Tehnici de cartografiere, monitoring si analiza G.I.S., „Casa Cărții de Știință” Publishing House, Cluj-Napoca, Romania, 2008.
- Irimus, I.A, Relieful pe domuri si cute diapire din Depresiunea Transilvaniei. „Presa Universitara Clujeana” Publishing House, Cluj-Napoca, Romania, 1998
- www.mmediu.ro/beta/wp-content/uploads/2013/10/2013-10-29_strategie.pdf