



Universitatea Tehnică
de Construcții București

**UNIVERSITATEA TEHNICA DE CONSTRUCTII BUCURESTI
FACULTATEA DE HIDROTEHNICA
DEPARTAMENTUL DE HIDRAULICA SI PROTECTIA MEDIULUI**

SCOALA DOCTORALA

EVALUAREA POLUARII GENERATE DE DEPOZITELE DE DESEURI

Raport de cercetare nr. 3

Conducator de doctorat,
Prof. Univ. Dr. Ing. Ioan Bica

Student doctorand,
Ana Maria Laura Petruta

CUPRINS

1. METODE SI MODELE DE PRELEVARE PROBE DE SOL

1.1. Introducere

1.2. Tipuri de strategii pentru pozitionare puncte prelevare probe

1.3. Proceduri de calcul pentru stabilire numar puncte investigare

1.4. Concluzii

2 EVALUAREA RISCULUI ECOLOGIC SI AL SANATATII POPULATIEI

2.1. Introducere

2.2. Evaluare risc

2.3. Metode de caracterizare a evaluarii riscului

2.4. Modele de cuantificare a evaluarii riscului

2.5. Concluzii

3 STUDIUL DE CAZ

**Investigarea si evaluarea gradului de contaminare a amplasamentului „A”
poluat cu produse petroliere**

1. METODE SI MODELE DE PRELEVARE PROBE DE SOL

1.1. Introducere

Obiectivul planului de prelevare probe reprezinta stabilirea naturii si amplitudinii poluarii, pe orizontala si pe verticala.

Etapile premergatoare investigarii de teren sunt urmatoarele:

- Obținerea autorizațiilor necesare din partea tuturor autorizațiilor competente implicate la nivel de proiect pe raza județului unde se desfășoară acțiunea de investigare;
- Revizuirea planului de investigare preliminar, din faza de documentare de birou prin evaluarea vizuală a solului;
- Prezentare unor echipamente de prelevare probe specific aplicațiilor de mediu;
- Calibrarea echipamentelor de teren, dacă este cazul;
- Cunoașterea măsurilor de protecție a sănătății și securității muncii pe parcursul lucrărilor de investigare.

Strategia de prelevare a probelor va trebui cunoașterea detaliată a informațiilor istorice ale amplasamentului, dacă acestea există, cum ar fi: localizare, adâncime, tipul și sursa de contaminare, etc.

Un factor important care ajută la aplicarea modelului de esantionare este utilizarea metodelor indirecte de investigare (sondaje geofizice) și folosirea echipamentelor de măsură on site a contaminanților, măsurători analitice. Aceste aparate trebuie calibrate corespunzător și necesită personal specializat, prin care informațiile prelevate să fie interpretate conform specificațiilor și a constatărilor din teren.

Pasi urmăriti în realizarea evaluării contaminării pe un amplasament, conform literaturii de specialitate sunt [5]:

- determinarea hot spot-urilor;
- determinarea mediei aritmetice a concentrațiilor contaminanților;
- determinarea procentului prin care se prezintă gradul de contaminare al site-ului.

Programul de prelevare probe din cadrul etapei de investigare, în general, funcție de specificul fiecărui amplasament ar trebui să cuprindă următoarele [5]:

- probe de sol;
- probe de apă subterană;
- probe apă de suprafață și de sediment;
- probe de vapori din sol, dacă se dețin informații că sunt contaminanți volatili.

O etapă importantă care definește caracterizarea amplasamentului este alegerea metodei de investigare prin care să se poată determina zonele de unde se vor preleva probele, numărul acestora și la ce intervale de timp.

S-au studiat patru modele de amplasare a punctelor de prelevare specifice amplasamentelor contaminate de-a lungul timpului, dintre care cele mai importante sunt:

- modelul bazat pe judecată/obiectiv – judgemental
- modelul sistematic – systematic
- modelul stratificat – stratified
- modelul aleator - random

Pentru toate tehnicile de investigare este necesar să stabilească numărul de probe, tipul și poziționarea acestora care să permită identificarea contaminării cât mai detaliat, pe întreg amplasamentul.

1.2. Tipuri de strategii pentru pozitionare puncte prelevare probe

Prezentarea metodelor si modelelor de investigare este realizata in baza numeroaselor publicatii de specialitate cu caracter stiintific care stabilesc lini directoare privind metodele si modelele de amplasare a punctelor de prelevare probe pentru amplasamente contaminate.

In acest sens se mentioneaza principalele surse de specialitate:

➤ Pe site-ul U.S. EPA, se prezinta metodele de investigare agreate [5], prin care sunt detaliate metodele de investigare mentionate anterior.

a) Strategie pozitionare puncte de prelevare probe tip obiectiv bazata pe judecata (judgemental)

Punctele de prelevare ale planului de investigare sunt selectate pe baza cunostintelor anterioare din baza de date ale investigatorului privind zona, obiectele tehnologice si distributia probabila a contaminantilor pe amplasament, pete vizibile de poluare la suprafata.

Calitatea pozitionarii punctelor de prelevare depinde de experienta investigatorului si de disponibilitatea informatiilor istorice. Se mentioneaza ca acest model nu este folosit in cazul validarii contaminarii intregului amplasament.

b) Strategie pozitionare puncte de prelevare probe tip intamplator (random)

Punctele de prelevare sunt selectate aleator pe amplasament. Este util cand nu cunoastem nicio informatie despre amplasament sau posibila zona contaminata a acestuia.

Procesul intamplator asigura alegerea oricarei locatii de amplasare a punctelor de prelevare avand sansa egala pentru a fi selectata ca punct de investigare.

Nu se recomanda pentru determinarea hot spot-urilor deoarece este un model statistic impartial.

In cazul site-urilor contaminate de-a lungul timpului, aceasta strategie de pozitionare a punctelor de prelevare este foarte rar intalnita.

c) Strategie pozitionare puncte de prelevare probe tip sistematic (systematic)

Acest tip de investigare presupune o selectare in mod uniform si echidistant al pozitionarii punctelor de investigare. Nu sunt generate grupuri de puncte si este mult mai util comparativ cu strategia aleatoare.

Are forma unei grile, deseori de forma patrata. Metoda uzuala de stabilire a punctelor de prelevare probe sunt nodurile grilei, respectiv punctele de intersectie obtinute pe intrega grila.

Daca sunt constructii existente, punctele de intersectie pentru investigare se vor muta astfel incat sa permita executia acestora in teren.

d) Strategie pozitionare puncte de prelevare probe tip stratificat (stratified)

Primul pas intr-o astfel de strategie este impartirea in sub zone tinand seama de cateva aspecte: conditiile geologice, geografice, natura contaminantilor, sursa istorica de poluare de pe site.

Fiecare zona va fi tratata individual si cu o concentrare diferita a punctelor de prelevare probe din respectiva sub-zona. Acest model impune o analiza statistica complexa.

In absenta unor cerinte ale site-ului, tabelul 1.1 [5], [6] poate indruma la stabilirea numarului recomandat de puncte de prelevare probe pentru caracterizarea amplasamentului:

Tabel 1.1 Recomandarea numarului de puncte de investigare in functie de suprafata sitului

Dimensiune site (ha)	Nr.puncte prelevare probe	Diametru orientativ hot spot (m)
0,05	5	11,8
0,1	6	15,2
0,2	7	19,9
0,3	9	21,5
0,4	11	22,5
0,5	13	23,1
0,6	15	23,6
0,7	17	23,9
0,8	19	24,2
0,9	20	25,0
1,0	21	25,7
1,5	25	28,9
2,0	30	30,5
2,5	35	31,5
3,0	40	32,4
3,5	45	32,9
4,0	50	33,4
4,5	52	34,6
5,0	55	35,6

➤ In cadrul indrumatorului privind evaluarea si managementul site-urilor contaminate din Noua Zeelanda [5] sunt sugerate cateva linii generale:

- definirea zonei potential contaminate pe baza informatiilor istorice;
- adoptarea strategiilor de pozitionare a punctelor de prelevare probe de tip target - tinta, in zone unde se cunoaste existenta contaminarii, concentratia probabila a contaminantului si distributia spatiala a contaminarii;

Aceeasi publicatie prezinta diferentiat cele doua modele de investigare: sistematic (systematic) si target. Modelul de prelevare target este asemanator cu modelul obiectiv/bazat pe judecata (judgemental) definit prin alte cercetari in literatura de specialitate.

a) Strategia de prelevare de tip sistematic urmareste cateva puncte generale, astfel:

- utila in identificarea hot-spot-urilor in zone in care nu se asteapta a fi contaminate;
- estimeaza concentratiile medii in zona contaminata;
- de regula, se recomanda o distanta a grilei de 10 m – 30 m;
- poate avea un caracter flexibil, avand in vedere modificarea amplasarii pozitiei punctelor de prelevare datorita obstacolelor intalnite pe teren.

b) Strategia de prelevare de tip target, sau bazat pe judecata:

- modelul de pozitionare a punctelor de prelevare probe depinde in mare masura de gradul de cunoastere din informatiile istorice;
- in mod obisnuit, acest tip de strategie de prelevare este realizat in combinatie cu modelul sistematic;
- adancimea probelor de prelevare depinde de natura contaminantului si de locatia sursei de contaminare, astfel: in vecinatatea unor facilitati de suprafata, adancimea probelor se recomanda pana la 2 m si in zonele puternic contaminate se vor preleva probe netulburate astfel incat sa nu se contamineze apa subterana.

In cazul prelevarii probelor de apa subterana, se recomanda urmatoarele aspecte:

- numarul de probe si locatia de amplasare a acestora depind de complexitatea site-ului;
- pentru poluantii de tip LNAPL se va monitoriza concentratia de poluant pe diferite adancimi;
- in timpul investigatiilor preliminare se va avea in vedere selectarea unor puturi de monitorizare pentru a caracteriza acviferul.

Investigarea apei subterane, indiferent de metoda sau strategia de prelevare probe, va fi indreptata spre a determina adancimea apei, directia si viteza de miscare a acesteia, determinarea contaminarii care poate fi in apa subterana (atat on site cat si off site), tipul si forma contaminantilor (ex. LNAPL).

- Pe site-ul ministerului Mediului din Noua Zeelanda se prezinta trei categorii de strategii de stabilire a punctelor de prelevare a probelor:

a) Strategia de prelevare bazat pe judecata (judgemental)

Acest tip de model presupune cunoasterea informatiilor istorice despre amplasamentul contaminat (figura 1).

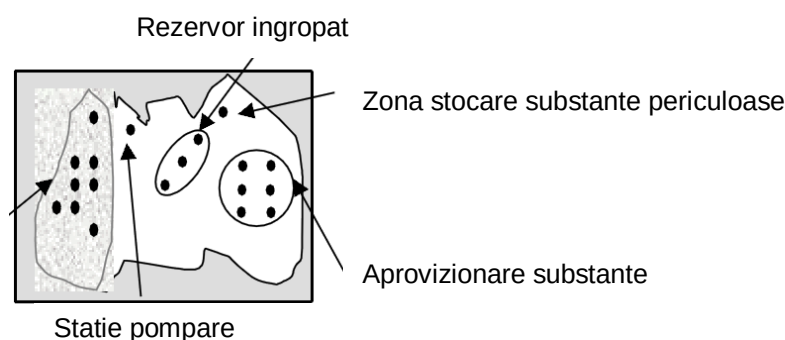


Figura 1 Model de prelevare probe de tip justificat [5]

Procedura de esantionare este cea mai utilizata metoda, cu atat mai mult in cazul fostelor amplasamente contaminate de mai mult timp (istoric).

Locatia acestor puncte de prelevare probe este stabilita pe baza informatiilor istorice despre sursa de contaminare a amplasamentului/ site-ului si poate fi folosit pentru:

- Confirmarea prezentei substantelor poluante pe site in baza activitatilor desfasurate istoric;
- Confirmarea prezentei unui nivel de contaminare peste limita admisibila pentru site-ul specific (ex. prag de interventie, conform specificatiilor reglementarilor in vigoare din Romania);
- Furnizarea informatiilor viitoare pentru a se stabili viitoare date pentru validarea gradului de contaminare si finalizarea investigatiilor detaliate pe amplasament.

Avantajul acestui tip de strategie este costul mult mai redus fata de proiectarea unui model statistic de amplasare a punctelor de prelevare probe si poate fi usor de implementat.

Limitarea majora a strategiei bazate pe judecata este baza de date istorice ale site-ului.

Tipul obiectiv de strategie nu poate fi utilizat pentru validarea contaminarii de pe un site, de aceea se recomanda continuarea amplasarii punctelor de prelevare probe de natura statistica.

b) Strategia de prelevare tip sistematic

Planul permite pozitionarea punctelor de prelevare la intervale egale ca distanta, prima locatie a punctului de investigare este la intamplare pentru a reduce subiectivismul (US EPA, 2002) (figura 2).

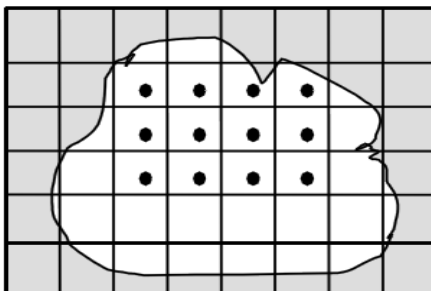


Figura 2 Model de prelevare probe de tip sistematic [5]

Strategia are la baza un model de grila pentru a defini amplasarea punctelor de prelevare a probelor de pe amplasamentul contaminat. Se porneste de la distante egale pentru realizarea grilei pe toata suprafata amplasamentului cu pozitia primei locatii de prelevare proba in mod aleator.

Forma punctelor de prelevare pentru aceste grile este triunghiulara, dreptunghiulara sau in zig-zag alese pe baza dimensiunii site-ului si a datelor despre marimea/ geometria hot spot-urilor.

Principalul dezavantaj este numarul mare de prelevari de probe si implicit costurile.

c) Strategia de prelevare tip stratificat

Zona amplasamentului este impartita in subzone cu pozitionare puncte probe in fiecare dintre aceste zone (figura 3).

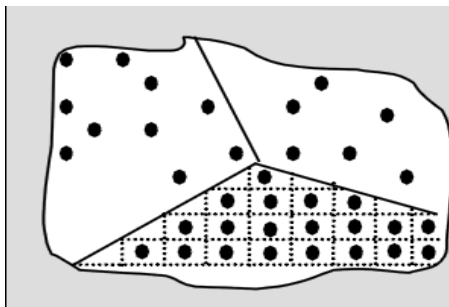


Figura 3 Model de prelevare probe de tip stratificat [5]

Acest tip de strategie presupune impartirea amplasamentului in trei sub zone cu densitate si pozitionare diferita a punctelor de prelevare probe. Cauza impartirii in cele 3 zone depinde in principal de comportamentul contaminantului.

Numarul punctelor de prelevare a probelor din fiecare sub zona este conditionat de dimensiunea acesteia precum si de:

- Caracteristicile geologice
- Constructiile sau activitatea existenta pe amplasament;
- Istoricul site-ului;
- Distributia verticala sau orizontala a contaminantului;
- Dezvoltarea viitoare a fiecărei subzone.

Strategia de pozitionare a punctelor de prelevare probe de tip stratificat este des intalnita cand suprafete amplasamentelor sunt mari si complexe sau cand se poate anticipa nivelul de contaminare pe amplasament (avand la baza datele istorice).

1.3. Proceduri de calcul pentru stabilire numar puncte investigare

Metodele de investigare prezentate prin [5], descriu liniile directoare privind strategiile de amplasare a punctelor de investigare prezentate cat si diferite proceduri pentru identificarea hot spot-urilor.

i. Procedura pentru determinarea numarului de puncte de prelevare necesar pentru detectia unui hot spot, are ca referinta [6].

Metoda presupune detectarea unui hot spot folosind metoda grila de impartire a amplasamentului. Relatiile de calcul sunt relativ simple, dificultatea o reprezinta alegerea parametrilor de calcul. Cu ajutorul primei relatii de calcul se va determina schema de prelevare calculand marimea grilei pornind de la marimea zonei de hot-spot definit prin raza sa. A doua relatie de calcul (n) determina numarul puturilor de monitorizare

Mod de calcul:

$$G = R / 0.59$$

$$n = A / G^2$$

SIMBOL	EXPLICATIE
n	numarul necesar de puturi sau puncte de prelevare
A	aria amplasamentului, (m ²)
G	distanța dintre doua puncte de prelevare, marimea grilei, (m)
R	raza celui mai mic hot spot, subiectul acestei actiuni (m)
0.59	factor rezultat din probabilitatea de predictie (in cazul de fata 95%) , avand o forma circulara a zonei contaminate (hot-spot)

Procedura:

-determinarea razei unui hot spot, R

-calculul dimensiunii grilei, G

-determinarea numarului de puncte de prelevare sau puturi, n, necesar pentru identificarea contaminantului.

Nota: Cu cat raza hot spot mai mare cu atat distanta dintre grila este mai mare si numarul de foraje este mai mic.

Stabilirea numarului de puturi, pentru anumite cazuri ideale, se mai poate face folosind date de baza, referitoare la marimea zonei contaminate (hot-spot) (ME, 2011):

Tabel 1.2 Puncte de prelevare probe functie de suprafata zonei

Diametru hot-spot care poate fi detectat cu un grad de incredere de 95%	Marimea grilei G (m)	Suprafata zonei A (m ²)	Numar minim de puncte de prelevare N
11.8	10.0	500	5
15.2	12.9	1000	6
21.5	18.2	3000	9
23.1	19.6	5000	13
30.5	25.8	20,000	30
35.6	30.2	50,000	55

ii. O alta procedura este determinarea numarului de puncte de prelevare necesar pentru detectia concentratiei medii, are ca referinta [6].

Metoda de determinare a numarului de puncte de prelevare probe este o metoda de validare, unde concentratia medie si abaterea standard pot fi estimate pentru rezultatele initiale.

Mod de calcul:

$$n = (6.2 \times \sigma^2) / (c_s - \mu)$$

SIMBOL EXPLICATIE

n	numarul necesar de puturi sau puncte de prelevare
σ	estimarea deviatiei standard, (mg/kg)
μ	estimarea concentratiei medii, (mg/kg)
c_s	concentratia limita, acceptabila (mg/kg)

Procedura:

1. se estimeaza μ pe baza datelor din investigatiile anterioare;
2. estimarea σ pe baza datelor prelevare initial; cand nu sunt date disponibile se calculeaza astfel:

- estimarea celor mai mici concentratii din zona investigata, c_L
- estimarea celor mai mari concentratii din zona investigata, c_H
- ecuatia de calcul: $\sigma = (c_H - c_L) / 6$

3. determinarea concentratiei maxim admisibile;
4. aplicarea modului de calcul, conform formulei.

1.4. Concluzii

Pe baza informatiilor prezentate detaliat dar si a altor articole stiintifice privind metodele de pozitionare a punctelor de prelevare probe pe un amplasament specific se poate prezinta o analiza critica a acestor modele de investigare a amplasamentului din punct de vedere a aplicabilitatii, avantajelor, dezavantajelor si limitarilor acestor metode de investigare.

a) Aplicabilitate

METODA DE INVESTIGARE BAZATA PE JUDECATA

- confirma contaminarea pe un amplasament, in urma activitatii istorice desfasurate;
- furnizeaza informatii ulterioare pentru faza de investigare detaliata;
- de regula se utilizeaza impreuna cu metoda de investigare sistematica pentru a valida contaminarea pe un amplasament;
- aplicabil pentru amplasamente despre care se cunosc informatii anterioare privind posibile accidente sau foste facilitati potential poluatoare (rezervoare inmagazinare, decantare, depozite deseuri) etc.; inclusiv contaminarea vizuala de la suprafata solului, pot determina pozitionarea punctelor de prelevare probe.

METODA DE INVESTIGARE SISTEMATICA

- detecteaza hot-spot-urile sau zone puternic poluate validand amplasamentul ca fiind contaminat, inclusiv in situatiile in care se identifica hot spoturi in zone in care nu se astepta;
- utilizare in situatia unor informatii limitate despre contaminarea site-ului;
- estimare concentratii medii ale contaminantilor;
- caracterizarea generala a site-ului in absenta unor informatii adecvate despre istoria

acestua (de regula, distante între puncte de 10- 30 m, dar depinde de facilitățile de pe amplasament și de caracteristicile acestuia).

METODA DE INVESTIGARE STRATIFICATA

- model de esantionare potrivit pe site-uri mari cu o distribuție complexă a contaminanților;
- cunoașterea în detaliu a amplasamentului cât și a datelor istorice ale acestuia;
- corelarea situației privind stratificarea straturilor: în cazul existenței argilei se poate corela cu cantitatea de contaminant ajuns în sol;
- divizarea site-ului de investigat funcție de nivelul de contaminare așteptat și de caracteristicile acestuia.

METODA DE INVESTIGARE ALEATOARE

- evaluarea unor valori medii ale caracteristicilor substanțelor poluante
- se folosesc cu rezultate bune în condițiile unei contaminări omogene
- se pot aplica în prima parte sau ultima parte a prelevărilor de probe.

b) Avantaje

METODA DE INVESTIGARE BAZATA PE JUDECATA

- caracter selectiv;
- eficiența și ușor de implementat;
- prelevare probe din surse cunoscute a fi contaminate;
- limitare costurile inutile de esantionare aleatorii;
- costuri mai mici comparativ cu modelele statistice și selective.

METODA DE INVESTIGARE SISTEMATICA

- practică și ușor de utilizat pentru sondajul locațiilor de prelevare comparativ model aleator;
- permite identificarea hot spot-urilor;
- nu generează grupuri de puncte de prelevare;
- caracterizează situl în ansamblu, în lipsa unor informații despre istoricul activității desfășurate;
- metoda probabilistică;
- utilitate când se cunoaște că posibilă contaminare poate migra în orice loc din site;
- validează contaminarea site-ului reducând subiectivismul metodei.

METODA DE INVESTIGARE STRATIFICATA

- metoda probabilistică;
- ușor de utilizat;
- precizie mult mai mare a estimării valorii medii a concentrațiilor de poluanți, comparativ cu metoda aleatorie;
- site-urile de studiu mai apropiate se pot grupa pentru a minimiza timpul de investigare și costurile aferente;
- limitarea probelor funcție de cunoașterea datelor despre amplasament.

METODA DE INVESTIGARE ALEATOARE

- protejează împotriva situațiilor subiective, garantând alegerea unor esantioane aleatorii, dacă nu se cunosc date istorice despre amplasament;
- modalitate de alegere a esantioanelor este simplă, fără calcule inițiale;

- usor de inteles si de implementat.

c) Dezavantaje

METODA DE INVESTIGARE BAZATA PE JUDECATA

- caracter partinitor, subiectiv;
- poate introduce erori datorita structurii modelului;
- calitate rezultate functie de experienta personalului de investigare si de cunoasterea informatiilor despre amplasament.

METODA DE INVESTIGARE SISTEMATICA

- numarul mare al punctelor de prelevare.
- o metoda costisitoare, datorita, uneori, a prelevarilor suplimentare;
- se pot modifica punctele de prelevare datorita facilitatilor supratereane si subterane

METODA DE INVESTIGARE STRATIFICATA

- necesita o analiza statistica complexa
- metoda costisitoare.

METODA DE INVESTIGARE ALEATOARE

- rezultatele nu sunt la fel de reprezentative, precum celelalte metode de esantionare

d) Limitari

METODA DE INVESTIGARE BAZATA PE JUDECATA

- cunoastere prealabila a site-ului;
- nu este o metoda statistica;
- necesita personal specializat;
- specific amplasamentelor cu poluare de-a lungul timpului (istorica);
- validarea datelor depind de gradul de cunoastere al site-ului si de pregatirea profesionala a investigatorului;
- metoda nu se recomanda ca model de validare a contaminarii pe un amplasament.

METODA DE INVESTIGARE SISTEMATICA

- nu poate fi la fel de exacta ca metoda bazata pe judecata sau stratificata, daca informarea prealabila nu este disponibila;
- personal calificat pentru realizarea planului de investigare si pentru interpretarea datelor.

METODA DE INVESTIGARE STRATIFICATA

- personal calificat pentru realizarea planului de investigare si pentru interpretarea datelor;
- cunoasterea informatiilor despre amplasament si a istoricului datelor de contaminare.

METODA DE INVESTIGARE ALEATOARE

- nu prezinta o distributie uniforma a punctelor de prelevare probe;
- exista posibilitatea neidentificarii hot spot urilor sau a formelor/ marimii si concentratiilor zonelor contaminate

2 EVALUAREA RISCULUI ECOLOGIC SI AL SANATATII POPULATIEI

2.1. Introducere

Poluarea solului si a apei subterane datorita deversarilor accidentale de produse periculoase determina o problema a mediului si a sanatatii pentru toate tarile. Este nevoie de strategii pentru a cuantifica si remedia poluarea si in acest sens multe state au dezvoltat sau sunt in curs de dezvoltare a procedurilor de evaluare si management al riscului pentru aceste site-uri contaminate. [5].

Evaluarea riscului se realizeaza atunci când un site se dovedeste a fi poluat semnificativ, respectiv concentratiile substantelor chimice specifice site-ului sunt mai mari decât concentratiile maxim admisibile pentru tipul de folosinta al site-ului, conform reglementarilor legislatiei in vigoare. Evaluarea riscului se prezinta sub forma studiului de evaluare a riscului solicitat la cererea autoritatii competente.

La nivel national, conform Ordinului Ministerului Apelor, Padurilor si Protectiei Mediului nr. 184/1997, evaluarea riscului este de doua tipuri:

- Evaluari ale sanatatii;
- Evaluari ecologice.

Obiectivul general al evaluarii riscului este de a controla riscurile provenite de la un amplasament, prin identificarea (Ordin 184/1997):

- agentilor poluanti sau a pericolelor cele mai importante;
- resurselor si receptorilor expusi riscului;
- mecanismelor prin care se realizeaza riscul;
- riscurilor importante care apar pe amplasament;
- masurilor generale necesare pentru a reduce gradul de risc la un "nivel acceptabil".

Evaluarea riscului, se poate defini ca proces de estimare a potentialului impact a substantelor chimice asupra ecosistemelor si/sau asupra populatiei, pe baza unor conditii specifice (Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand, 1999).

In cadrul acestei proceduri este necesar sa se realizeze o legatura complexa intre **sursa** (poluanti specifici sau presupusi a exista pe amplasament) – **cale** (calea prin care substantele toxice ajung la receptor si au efecte daunatoare) – **receptor** (tinta, asupra careia actioneaza efectele daunatoare: fiinte umane, animale, plante, resurse de apa etc).

Un agent toxic, la o concentratie specifica, administrat pe o perioada de timp reprezinta o sursa. De principiu daca concentratiile poluantilor, respectiv a agentilor chimici de referinta (COC) sunt sub limitele legale, actiunile suplimentare de remediere/decontaminare nu mai sunt necesare.

Calea/ caile de expunere implica transportul contaminantului prin intermediul mijlocului de expunere, apa subterana, aer, sol.

Literatura de specialitate prezinta trei cai de risc:

-ingestie/inhalare, contact dermal sau contact direct si/sau indirect si percolare/solubilizare poluanti in apa subterana.

Receptorii sau tintele se pot clasifica in receptori umani care adesea, in cadrul soft-urilor de specialitate sunt defalcati pe grupe de vârsta (copii, adult), receptor ecologic poate fi animal sau populatie vegetala si receptor fizic cum ar fi limita de proprietate, etc.

Evaluarea riscului, in concordanta cu legislatia in vigoare, reprezinta analiza probabilitatii si gravitatea principalelor componente ale impactului asupra mediului.

2.2. Evaluare risc

Procedurile de evaluare a riscului sunt într-o continua dezvoltare și acesta depinde de doi factori:

- analiza contaminanților de pe site, respectiv identificarea și analiza poluantului și impactul asupra sănătății populației, asupra resurselor de apă și a altor receptori ai mediului înconjurător;

- relația dintre sol-apă contaminată.

Poluarea solului și a apei subterane nu poate fi descrisă de un set de parametri fixi, iar în timp parametrii se pot degrada, dispersa și transforma (Risk assessment for contaminated sites in Europe, chapter 9).

Evaluarea riscului se poate realiza atât cantitativ cât și calitativ, iar stabilirea datelor necesare pentru aceste evaluări trebuie să permită o investigație fie cât mai detaliată pe site-ul contaminat și să evalueze complet toate informațiile obținute din teren, prezente și istorice.

Influența cea mai mare raportată la procesul de evaluare a riscului este Centrul de Cercetare Națională din S.U.A. (U.S. National Research Council, NRC), care descrie procedura în 4 etape esențiale (Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe, 1998):

- Identificarea hazardului – identificarea poluatorilor, care pot cauza efecte adverse;
- Relația sursă (doză) – răspuns – estimarea relației între gradul de expunere și efectul obținut (sau evaluarea toxicității);
- Evaluarea expunerii – estimarea intensității, frecvența și durata de expunere la substanțe periculoase;
- Caracterizarea riscului – concluzia persoanelor de specialitate, care ar trebui să cuprindă o descriere a distribuției riscului asupra receptorilor expuși.

Factorii de mediu la nivelul contaminării istorice a depozitelor de produse periculoase sunt solul/ subsolul și apa subterană.

Stabilirea concentrațiilor maxim admisibile pentru factorul de mediu **SOL**, pentru tipul de folosință sensibilă sau mai puțin sensibilă, aplicabil substanțelor poluante periculoase se evaluează prin Ordin nr. 756/1997 pentru aprobarea reglementării privind evaluarea poluării mediului.

În cazul factorului de mediu **APA SUBTERANĂ**, stabilirea concentrațiilor maxim admisibile aplicabile substanțelor poluante periculoase se prezintă H.G. nr. 53/2009 pentru aprobarea Planului național de protecție a apelor subterane împotriva poluării și deteriorării completat și modificat prin H.G.449/2013.

Gradul de risc depinde de identificarea factorilor de risc, natura impactului asupra receptorului și de probabilitatea manifestării lui.

Prin intermediul DEFRA, 2002 (Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK) se prezintă pași implicați pentru cuantificarea evaluării riscului pe un site specific:

- a. definirea modelului conceptual;
- b. colectarea caracteristicilor expunerii umane și a datelor despre transportul contaminanților;
- c. stabilirea concentrațiilor de contaminanți din sol pe baza investigațiilor;
- d. modelarea cantitativă a expunerii;
- e. compararea expunerii umane cu valori limită asupra sănătății;
- f. evaluarea riscului asupra sănătății populației atunci când se depășesc valorile admisibile.

Prin etapa de investigație se vor avea în vedere metodele specifice de mediu pentru prelevare a probelor astfel încât prin analize să identifice substanțele chimice periculoase sau potențial periculoase prezente pe amplasament.

Se colecteaza probe de sol, aer, apa subterana, sedimente, de pe site si/sau din jurul amplasamentului.

In scopul intelegerii etapei de identificare a hazardelor s-au analizat mai multe depozitele de produse petroliere contaminate istoric.

Pentru a facilita cunoasterea pericolelor este necesar sa se prezinte obiectivul de activitate: - aprovizionarea/ depozitarea/ comercializarea, in decursul timpului, de benzina de diferite tipuri, motorina, combustibil lichizi usori (CLU), ulei, butelii GPL (gaz petrolier lichefiat).

Prezentarea obiectivului de activitate permite identificarea acestor hazarde existente in cadrul depozitului de produse petroliere in urma activitatii istorice desfasurate:

- aprovizionarea (pe cale ferata sau rutiera) si descarcarea in rezervoarele de depozitare a produselor petroliere provenite de la rafinariile din tara;
- stocarea/ depozitarea produselor petroliere in rezervoare de depozitare (inclusiv a uleiurilor uzate, slam);
- incarcare in autocisterne in rampa auto a produselor petroliere stocate in rezervoarele de inmagazinare in vederea comercializarii prin statii de distributie;
- ocazional, erau activitati de etilare benzina, aprovizionare/ depozitare produse secundare hidrocarburi: parafina, unsori si imbidonare uleiuri minerale.

Incinta depozitelor de produse periculoase a fost ocupata de:

- constructii specifice obiectivului de activitate;
- retele edilitare si de combustibil;
- platforme betonate;
- spatii verzi.

Cauzele declansatoare privind sursa potentiala de poluare din timpul activitatii desfasurate pe amplasament au fost impartite in trei categorii [16]:

Cauze tehnice	- pierderi pe traseul conductelor tehnologice subterane sau supraterane prin imbinarile tronsoanelor de conducta, a armaturilor si a fisurilor; - deteriorarea retelelor de transport in timp, in primul rand din cauza chimismului apelor vehiculate (agresivitatea supra conductelor functie de temperatura apelor evacuate); - scurgeri de produse petroliere din rezervoarele de inmagazinare in perioada umplerii cat si in perioada de stationare; - pierderi de produse petroliere la nivelul facilitatilor de incarcare/descarcare pentru autocisterne, vagoane-cisterna si nave-cisterna; - imbinarile de la nivelul rampei de cale ferata de descarcare a vagoanelor cisterne; - defectiuni instalatii tehnologice care pot produce pierderi de produs petrolier ca urmare a reviziilor si reparatiilor neefectuate la termene sau superficial; - lipsa sau deteriorarea sistemului de retinere a eventualelor scurgeri accidentale.
Cauze umane	- manipularea produselor petroliere, in cazul:incarcarii/descarcarii produse petroliere; actiunea de golire si curatare a rezervoarelor si a instalatiilor tehnologice de inmagazinare a produselor petroliere; - in perioada de dezafectare, demolare a instalatiilor tehnologice.
Cauze naturale	- natura mediului subteran poate favoriza contaminare rapid prin alcatuirea litologica si caracteristicile hidrogeologice.

2.3. Metode de caracterizare a evaluării riscului

Prin aplicarea unui model de evaluare a riscului asupra sănătății populației pentru un anumit amplasament, ținând cont de specificitățile acestuia, se poate evalua cât mai complex și detaliat efectele riscului manifestate la nivelul populației și a mediului [6].

Calea de expunere este o componentă importantă în evaluarea riscului asupra sănătății umane și a mediului. Calea sau căile de expunere implică transportul contaminanților prin intermediul unui mijloc de expunere, transferându-i de la sursă la receptor sau receptori.

Elementele de caracterizare a căilor de expunere, prezentate în literatura de specialitate, sunt: concentrația contaminanților la factorilor de mediu, calea de patrundere, frecvența, durata și doza aplicată și/sau absorbită [6].

Ghidul privind evaluarea și managementul siturilor contaminate din Australia și Noua Zeelandă, clasifică căile de expunere a populației astfel [6]:

- ingestia de sol contaminat;
- inhalare particule de praf contaminat;
- contact dermic;
- ingestia de legume, plante contaminate, apă de suprafață sau apă subterană.

În cadrul [5], [6] solul contaminat poate ajunge la nivelul organismului uman prin 3 căi:

- ingerarea solului, afectează, în special, copii care intra în contact cu solul contaminat atunci când se joacă;
- inhalarea particulelor de sol/praf în timpul mobilizării solului (ex. în timpul lucrărilor în agricultură, excavatii);
- contact dermic, absorbție.

Alte căi de impact al solului contaminat cu efectele asupra sănătății populației și a mediului sunt mobilizarea contaminanților de la nivelul solului în corpurile de apă (subterană, preponderent).

Un studiu de specialitate [5] prezintă principalele căi de expunere pentru receptori reprezentativi (tabel 2.1.), astfel:

Tabel 2.1 Căi de expunere pentru receptori reprezentativi

Principalele căi de expunere	Receptori rezidențiali		Receptori industriali	
	Suprafața solului	Mediul subteran	Suprafața solului	Mediul subteran
Ingestie sol contaminat	✓		✓	
Consum de produse contaminate	✓			
Absorbție prin piele	✓		✓	
Inhalare vapori		✓		✓
Inhalare particule de praf	✓		✓	

Căile de expunere pentru principalele produse petroliere sunt prezentate în rapoartele de specialitate ale Agenției pentru Protecția Mediului din S.U.A. în acord cu următoarea clasificare (tabel 2.2):

Tabel 1.2 Căi de expunere pentru principalele produse petroliere

Poluantul	Calea de expunere
THP (total hidrocarburi petroliere)	Ingerare*, inhalare**, absorbție prin piele***
BENZEN	Ingerare*, inhalare vapori**, absorbție prin piele***,

TOLUEN	contact dermic si/sau contact la nivelul ochilor Ingerare*, inhalare vapori**, absorbtie prin piele***, contact dermic si/sau contact la nivelul ochilor
ETILBENZEN	Ingerare*, inhalare vapori**, contact dermic si/sau contact la nivelul ochilor
XILEN	Ingerare*, inhalare vapori**, absorbtie prin piele***, contact dermic si/sau contact la nivelul ochilor
MTBE	Inhalare vapori**, absorbtie prin piele***, contact dermic si/sau cu ochii

* Ingerarea: consum de produse contaminate/apa care provine de pe soluri contaminate cu produse petroliere

**Inhalarea: inspirarea aerului/prafului contaminat, vaporilor apei contaminate

***Absorbtie:contactul dermic cu contaminatii din sol, apa, aer, imersie in apa contaminata.

Evaluarea gradului de toxicitate reprezinta identificarea efectelor directe sau indirecte pe care substantele periculoase le pot avea asupra sanatatii populatiei. Stabilind toxicitatea unei substante, se poate cunoaste relatia intre doza unei substante chimice si raspuns, mai precis, efectul avut asupra sanatatii receptorului sau receptorilor, tinand cont si de caile de expunere care au favorizat acesta legatura.

Efectele asupra sanatatii receptorului, se definesc prin reglementari, dar in special la nivel international, se ia in considerare riscul cancerigen si riscul necancerigen. Conform Agentiei pentru Protectia Mediului S.U.A., s-a mentionat ca efectele produselor periculoase au efecte tartive si efecte imediate [79].

Potrivit aceleiasi surse [79], substantele principale specifice industriei petrochimice si analizate in cadrul acestei lucrari (tabel 2.3.) prin analize de sol si apa subterana sunt:

Tabel 2.2 Caracterul potential cancerigen/necancerigen al poluantilor din industria petrochimica

Poluant	Potential Cancerigen	Potential necancerigen
THP		✓
BENZEN	✓	✓
TOLUEN		✓
ETILBENZEN		✓
XILEN		✓
MTBE	✓	✓
PLUMB		✓

2.4. Modele de cuantificare a evaluarii riscului

Pentru a evalua riscul in cazul solului contaminat, este important sa se determine [5]:

- daca exista receptori umani on-site si off-site (ex. muncitori part-time, full-time, muncitori care isi vor desfasura activitatea in perioada desfasurarii lucrarilor, lucratori in timpul mentenantei, zona rezidentiala, recreativa)
- extinderea contaminatilor on-site dar si in afara amplasamentului;
- migrarea sau infiltrarea contaminatilor din sol in apa subterana.

Evaluarea riscului asupra sanatatii umane si a mediului se poate realiza atat calitativ cat si cantitativ. Indiferent de metoda aleasa, caracterizarea riscului implica evaluarea expunerii (probabilitatea pericolului) si a toxicitatii (gravitatea).

Au fost identificate 17 modele de evaluare a riscului la nivel european cat si mondial (tabel 2.4.), conform cercetarilor Cheng&Nathanail, 2009, in care datele de intrare si scenariile considerate sunt diferite de la un model la altul (Poggio et al., 2008).

Tabel 2.3 Modele de evaluare a riscului identificate in literatura de specialitate (Cheng&Nathanail, 2009)

Model	Dezvoltator
CETOX - human	DHI Water and Environment and Danish Toxicological Centre, Danemarca
CLEA 2002	DEFRA Agentia de Protectie a Mediului din Marea Britanie
CSOIL	RIVM, Olanda
JAGG	Danemarca
LUR	LABEIN Technological Centre, Spania
Fara nume	INERIS, Franta
Fara nume	Kemakta Konsult AB, Suedia
RBCA Toolkit	ASTM, SUA
Report 4639	Suedia
RISC	SUA
RISC-HUMAN	Van Hall Instituut, Olanda
Risc Assistant	Hampshire Research Institute, SUA
ROME	ANPA, Italia
SFT 99:06	Norvegia
SNIFFER	Land Quality Management, Marea Britanie
UMS	Germania
Vlier -Humaan	VITO, Belgia

Cuantificarea riscului cancerigen

Valoarea acceptabila pentru riscul cancerigen porneste de la 1×10^{-6} , respectiv un caz de imbolnavire la 1.000.000 persoane in timpul vietii. Abordarea riscului cancerigen reprezinta estimarea probabilistica ca receptorul sa se imbolnaveasca de cancer in timpul vietii ca urmare a expunerii la substantele chimice periculoase.

Toleranta teoretica in decursul vietii pentru situarile contaminate pentru riscul cancerigen, este cuprinsa intre 10^{-4} si 10^{-6} (Olanda si Danemarca). In cazul Germaniei, Italiei, precum si a Australiei, Noua Zeelanda si S.U.A. valoarea riscului cancerigen este de 10^{-5} [4], [5].

Pentru a cuantifica riscul cancerigen, Departamentul IOWA [5], a definit urmatoarea formula generala:

$$\text{Risc} = f(\text{Doza} \ \& \ \text{Toxicitate})$$

Doza este definita prin cantitatea substantei la care este expus un individ (pentru riscul cancerigen aceasta este dependenta de greutate si varsta aceatui) si de perioada de timp in care o persoana este expusa riscului (indicatorul uzual este de 70 ani). Unitatea de masura a dozei este mg/kg per zi.

In teza pentru evaluarea riscului se foloseste softul RBCAToolkit ale carui facilitati sunt prezentate in continuare.

Formula de calcul a dozei:

$$\text{Doza} = (C \times ER \times EF \times ED \times CF) / BW / At_c \times 365 \text{ zile, unde:}$$

SIMBOL	EXPLICATIE
C	concentratia substantei (mg/kg)
ER	rata de expunere a unei persoane pe zi (ora/eventiment)
EF	frecventa de expunere a unei persoane intr-un an (zi/an)
ED	durata de expunere (an)
CF	factor de conversie, functie de factorul de mediu (sol, apa, aer)
BW	greutatea corporala a unei persoane adult/copil (kg)
Atc	perioada medie de expunere la riscului cancerigen (70 ani)

Toxicitatea depinde de doza specifica fiecarei substante pentru a avea un efect advers. Factorul de toxicitate pentru evaluarea riscului cancerigen este factorul de panta (SF), utilizat pentru estimarea riscului prin expunere orala (ingestia si inhalare).

Cuantificarea riscului necancerigen

Toleranta teoretica pentru riscul necancerigen este egala sau mai mica de valoarea 1. Daca indicele valorii de risc necancerigen este mai mare de valoarea 1, exista risc asupra sanatatii populatiei, expunerea la contaminanti este acuta sau cronica. In functie de metoda de cuantificare a riscului, se considera ca expunerea acuta este pe termen scurt, putand fi considerata de la 2 saptamani, iar expunerea cronica este pe o perioada mai lunga, considerata incepand de la 1 an sau mai multi.

Relatiile de calcul utilizate in softul RBCA Toolkit [5] pentru stabilirea si cuantificarea riscului necancerigen, sunt similare cu riscul cancerigen.

Formula de calcul a dozei:

$$\text{Doza} = (C \times ER \times EF \times ED \times CF) / BW / At_n \times 365 \text{ zile}$$

SIMBOL	EXPLICATIE
C	concentratia substantei (mg/kg)
ER	rata de expunere a unei persoane pe zi (ora/eveniment)
EF	frecventa de expunere a unei persoane intr-un an (zi/an)
ED	durata de expunere (an)
CF	factor de conversie, functie de factorul de mediu (sol, apa, aer)
BW	greutatea corporala a unei persoane adult/copil (kg)
ATn	perioada medie de expunere la riscului necancerigen (durata de expunere variaza functie de calea de expunere)

Toxicitatea pentru riscul necancerigen depinde de doza, stabilita prin standarde; in cazul ingestiei de apa sau/si sol, factorul de toxicitate definind doza de referinta pentru substanta poluanta (RfD).

2.5 Concluzii

Evaluarea riscului asupra sanatatii populatiei poate fi definit asemenea unei caracterizari a efectelor potential adverse la expunerea populatiei la hazarduri, iar evaluarea riscului ecologic se poate defini asemenea unui proces de estimare a impactului potential a agentilor chimici sau fizici asupra unui sistem ecologic (Markus & Mc Bratney, 2001). Modele de evaluare a riscului implica urmarirea elementelor cuprinse in modelul conceptual al amplasamentului, transportul si migrarea contaminantilor, nivelul de expunere in vederea evaluarii cantitative si calitative a riscului asupra receptorilor.

In cadrul procedurii de evaluare a riscului este necesar sa se realizeze o legatura complexa intre **sursa** (poluanti specifici sau presupusi a exista pe amplasament) – **cale** (calea prin care substantele toxice ajung la receptor si au efecte daunatoare) – **receptor** (tinta, asupra careia actioneaza efectele daunatoare: fiinte umane, animale, plante, resurse de apa etc).

Un agent toxic, la o concentratie specifica, administrat pe o perioada de timp reprezinta o sursa. De principiu daca concentratiile poluantilor, respectiv a agentilor chimici de referinta (COC) sunt sub limitele legale, actiunile suplimentare de remediere/decontaminare nu mai sunt necesare.

Calea/ caile de expunere implica transportul contaminantului prin intermediul mijlocului de expunere, apa subterana, aer, sol.

Literatura de specialitate prezinta trei cai de risc:

-ingestie/inhalare, contact dermal sau contact direct si/sau indirect si percolare/ solubilizare poluanti in apa subterana.

Receptorii sau tintele se pot clasifica in receptori umani care adesea, in cadrul soft-urilor de specialitate sunt defalcati pe grupe de vârsta (copii, adult), receptor ecologic poate fi animal sau populatie vegetala si receptor fizic cum ar fi limita de proprietate, etc.

3 STUDIUL DE CAZ

Investigarea si evaluarea gradului de contaminare a amplasamentului „A” poluat cu produse petroliere.

3.1 Descriere amplasament

Studiul de caz este realizat pentru un amplasament pe care s-au desfasurat activitati de inmagazinare, depozitare si distributie produse petroliere.

Amplasamentul A este pozitionat in intravilanul unei localitati, in zona industriala, avand ca vecinatati atat zone rezidentiale, in amonte si aval, cat si zone comerciale, in partea de nord si sud (figura 4).

Obiectivul de activitate principal al depozitului a fost aprovizionarea prin mijloace de transport feroviare si rutiere, inmagazinarea in rezervoare verticale si orizontale, supraterane si subterane precum si comercializarea produselor petroliere (de tipul benzinei, motorinei, ulei). Pentru a asigura desfasurarea intregii activitati, amplasamentul a dispus de urmatoarele facilitati: in principal, constructii specifice: rampa de incarcare/ descarcare pentru a asigura transvazarea produselor, rezervoare de stocare, statii de pompare, decantor sau separator de produse petroliere, conducte de transport intre obiectele tehnologice, retele edilitare, spatii de depozitare si stocare produse, platforma betonata, constructii administrative, spatii verzi.

3.2 Date geologice

Din punct de vedere geomorfologic, amplasamentul este situat intr-o zona de terasa, in apropiere de contactul acesteia cu zona de lunca.

In zona amplasamentului, terenul prezinta o usoara panta care descreste de la vest spre est (altitudinea in zona de interes cuprinsa intre 100 mdMN si cota 97.50 mdMN), dupa care urmeaza un taluz cu o inaltime de aproximativ 7.00 m care face legatura cu zona de lunca. In aceasta zona panta terenului este mult mai lina de la cota 90 mdMN la cota 89 mdMN. O caracteristica a zonei este data de rupturile de panta care face trecerea de la folosinta industriala la zona rezidentiala din aval de amplasamentul A.

Cu ocazia studiilor de specialitate, din punct de vedere geologic, zona de terasa este alcatuita la suprafata terenului de un strat de umplutura cu o grosime de 0.50 m sub care se dezvolta o formatiune semicoeziva alcatuita in principal din prafuri nisipoase argiloase in care se intalnesc lentile de nisipuri argiloase. Aceasta formatiune prezinta o grosime importanta de aproximativ 10 m. Sub acest strat se dezvolta formatiunea rocii de baza, impermeabila, constituita din argile marnoase.

In zona de lunca se dezvolta la suprafata terenului un strat de pamant vegetal sub care apare formatiunea semicoeziva alcatuita in principal din prafuri nisipoase argiloase cu o

grosime de aproximativ 2.50 m. Sub acest strat se dezvoltă formațiunea rocii de bază alcătuită din argile marnoase.

3.3 Date hidrogeologice

Din punct de vedere, hidrogeologic, se remarcă prezenta unui acvifer freatic cu nivel liber cantonat în formațiunile semicoezive. Nivelul apei freatice în zona de terasă se află la adâncimi de aproximativ 4.50 m, iar în zona de lunca se află la adâncimi de 1.60 m. Alimentația acviferului freatic se realizează în special din precipitații. În perioadele cu precipitații intense se remarcă prezenta la baza taluzului terasei a unor izvoare. Măsurătorile efectuate în foraje au permis, prin interpolarea valorilor de nivel hidrostatic determinarea direcției de curgere generală a acviferului freatic de la vest spre est precum și valori cuprinse între 0.02 - 0.021 pentru gradientul hidrolic al acviferului freatic.

Clima este temperat continentală, cu temperaturi medii de aproximativ 9.8°C, precipitații medii anuale sunt de 450-500 mm. Direcția vântului predominantă este de la Vest, Vest- Est, Est-Sud.

3.4 Descrierea investigațiilor

Informațiile cunoscute au permis elaborarea unui plan de investigație preliminar al solului, subsolului la nivelul amplasamentului, raportându-se la potențialele surse de poluare și la zonele vizibile a fi contaminate, aplicând în acest caz metoda de investigație de tip obiectiv sau justificat. În cadrul acestui plan au fost incluse 5 foraje de investigație sol cu adâncimea de 5 m, executate conform plan de situație investigație preliminară (figura 4).

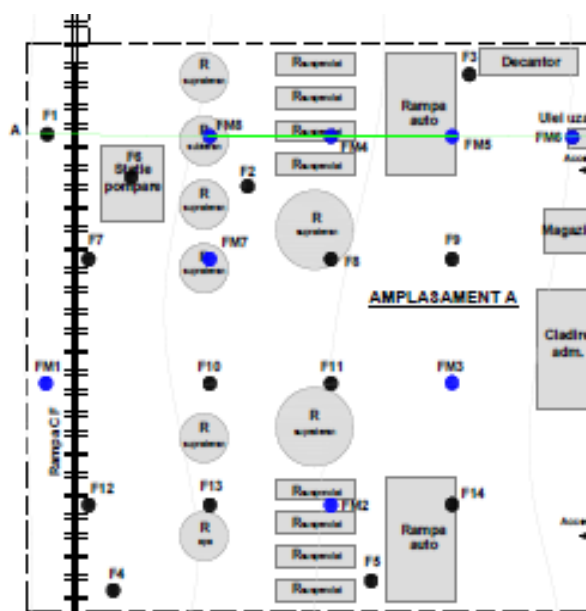
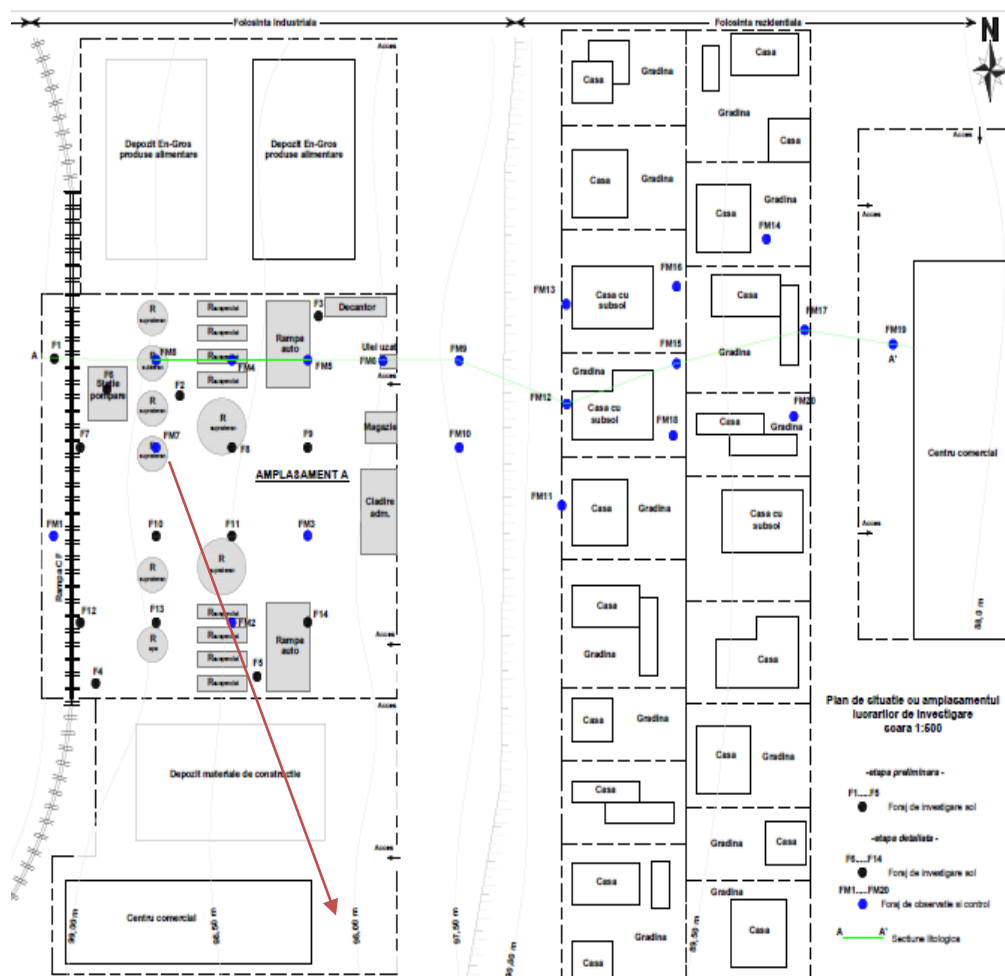


Figura 4 Planul de investigare al amplasamentului A

S-au folosit metodele directe de investigare, foraje de investigare sol/subsol au fost executate hidraulic, in sistem uscat, cu tubaj de protecție. Pentru a identifica utilitățile, evitand in mare parte situatia de a strapunge conducte, cabluri ingropate, s-a folosit metoda de

investigare indirecta, electromagnetica atat in zona amplasamentului cat si ulterior in zona rezidentiala.

Forajele de investigare sol au fost amplasate in zona constructiilor cu potential de poluare si cu un acces facil. Acestea au fost amplasate in zona rampei de cale ferata (F1, F4), in zona rezervoarelor amplasate in partea nordica a amplasamentului (F2), zona decantorului - rampa incarcare auto (F3) si zona de rezervoare sud - linie rampa incarcare auto (F5).

Din aceste foraje au fost prelevate probe de sol si proba de apa subterana (forajul F3). Probele de sol si apa au fost transportate pentru analiza concentratiilor de poluanti in sol si apa subterana pentru hidrocarburile alifatice totale (THP) si hidrocarburi aromatice volatile (benzen, toluen, etilbenzen, xilen). Rezultatele analizelor de laborator, raportandu-ne la prevederile Ordinului 756/1997 privind evaluarea poluarii mediului, folosind ca limita concentratia pragului de interventie pentru "folosinta mai putin sensibila".

S-a evidentiat si conturat imaginea unei contaminari semnificative a solului cu total hidrocarburi din petrol, THP, in probele prelevate din partea nordica a amplasamentului, in zona rezervoarelor (F2) si rampa incarcare auto, decantor (F3); in cazul probei de apa freatica, nu s-a identificat depasirea pragului de alerta pentru indicatorul THP si benzen. Probele de sol au fost prelevate de la adancimi de 0.30 m, 1.0 m si apoi din metru in metru pana la o adancime de 5.0m, functie si de contaminarea identificata organoleptic.

Existenta poluarii mediului subteran, generata de activitatea desfasurata pe amplasament, cunoscuta in baza etapei de investigare preliminara, si cunoscand ca apa subterana in aval este contaminata in baza irizatiilor si a mirosului de produs petrolier, a fost luata decizia de a realiza o investigare detaliata atat la nivelul amplasamentului cat si in aval, pe directia de curgere a apei freatice. In tot acest timp, a fost realizata si faza de demolare a facilitatilor existente pe amplasamentul A.

3.5. Investigarea si evaluarea detaliata a amplasamentului (etapa a-II-a)

Investigarea detaliata a urmarit detalierea pe verticala si orizontala a poluarii solului si a apei freatice in toata zona potential contaminata si contaminata, delimitarea in spatiu a acesteia functie de adancime, identificarea naturii si intensitatii poluarii, legatura intre poluanti si structura mediului geologic, caile de migrare si transport a poluarii, evaluarea riscului.

Forajele utilizate (forajele de observatie si control, piezometrele) au fost pozitionate in mod sistematic, la o distanta de aproximativ 25 m intre aceasta atat in interior cat si in exteriorul amplasamentului (figura 4).

Forajele de investigare au fost executate hidraulic cu percutie, in sistem uscat, cu tubaj de protectie. Modalitatea de executie a forajelor a fost aleasa astfel incat sa nu permita contaminarea intre diverse intervale de adancime iar probelor prelevate de sol sa fie cat mai reprezentative.

Un numar de 20 din forajele de investigare au fost transformate in piezometre prin introducerea unor coloane de PVC pline si filtrante, coroana de pietris margaritar, bentonita, dala de beton in care a fost incastrata coloana de protectie si capacul acesteia.

Forajele de observatie si control au fost dimensionate astfel incat nivelul de fluctuatie a apei freatice sa se afle tot timpul in coloana filtranta pentru a permite masurarea grosimii fazei libere.

In exteriorul amplasamentului, lucrarile de investigare au fost realizate in zonele cu probabilitatea de poluare a solului si apei subterane, luand in considerare si caracteristicile tipului de poluant si informatiile din faza de interpretare date. Totodata este necesar ca tina seama si de accesibilitatea personalului, a utilajelor in vederea executiei acestor lucrari.

Forajele au fost amplasate in zona rampei (liniei) CF (FM1, F7, F12, F4), zona rezervoarelor nordice (FM8, F2, FM4, FM7, F8, F9), rampa (linie) auto (FM5), statie de

pompare (F3), depozit ulei uzat (FM6), zona central (F10, F11, FM3), zona rezervoare sudice (F13, FM2), rampa auto sudica (F14), intre amplasament si zona rezidentiala (FM9, FM10), zona rezidentiala (FM11÷FM20). Probele de sol au fost prelevate de la adancimi de 0.30m, 1.0 m si apoi din metru in metru pana la o adancime de 5.0m, functie si de contaminarea identificata organoleptic.

Toate informatiile privind caracterizarea conditiilor mediului subteran si a contaminarii amplasamentului au servit la realizarea profilului hidrogeologic al amplasamentului (figura 5).

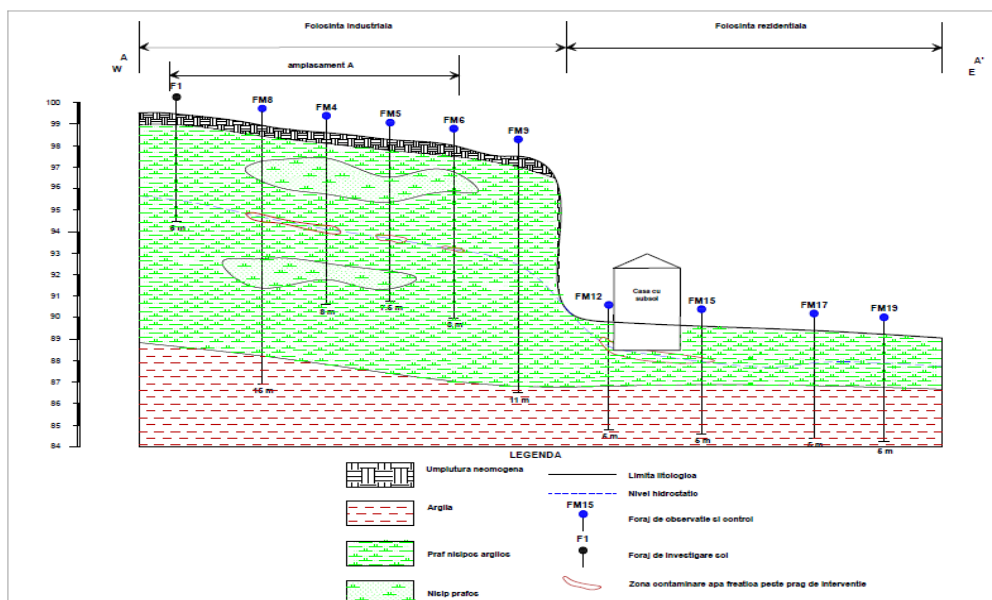


Figura 5 Profil hidrogeologic amplasament A

În urma analizării datelor existente și a metodologiei de amplasare a lucrărilor de investigare a rezultat necesitatea executiei unui număr de 34 de foraje de investigare din care 20 de foraje vor fi transformate în foraje de observație și control (piezometre), din care se vor preleva probe de sol și apă, se vor efectua teste in situ în piezometre pentru a determina parametri hidrogeologici.

Pentru determinarea acestor parametri în care se afla cantonat acviferul freatic, în patru foraje de observație și control au fost executate pompari experimentale, în 3 trepte crescătoare de debit, măsurându-se nivelul hidrostatic, debitul, nivelul hidrodynamic și timpul. Pe baza rezultatelor pompariilor experimentale, a fost determinată conductivitatea hidraulică (tabel 3.1):

Tabel 3.1 Valori ale conductivității hidraulice
Indicativ foraj de observație și control

FM	Conductivitate hidraulică k (cm/s)
FM4	3.2×10^{-3}
FM6	5.1×10^{-3}
FM12	1.1×10^{-3}
FM15	7.9×10^{-2}

Viteza de curgere a acviferului variază cu conductivitatea hidraulică iar în procesul de cuantificare a riscului, valoarea vitezei de curgere calculată cu formula lui Darcy este de $1.1E-4$ cm/s.

Directia de curgere preponderanta este vest-est, insa exista si variatii locale date de prezenta cladirilor din zona rezidentiala, de caracteristicile fizice ale solului care dreneaza apa pe directii secundare orientate aleatoriu (figura 6)

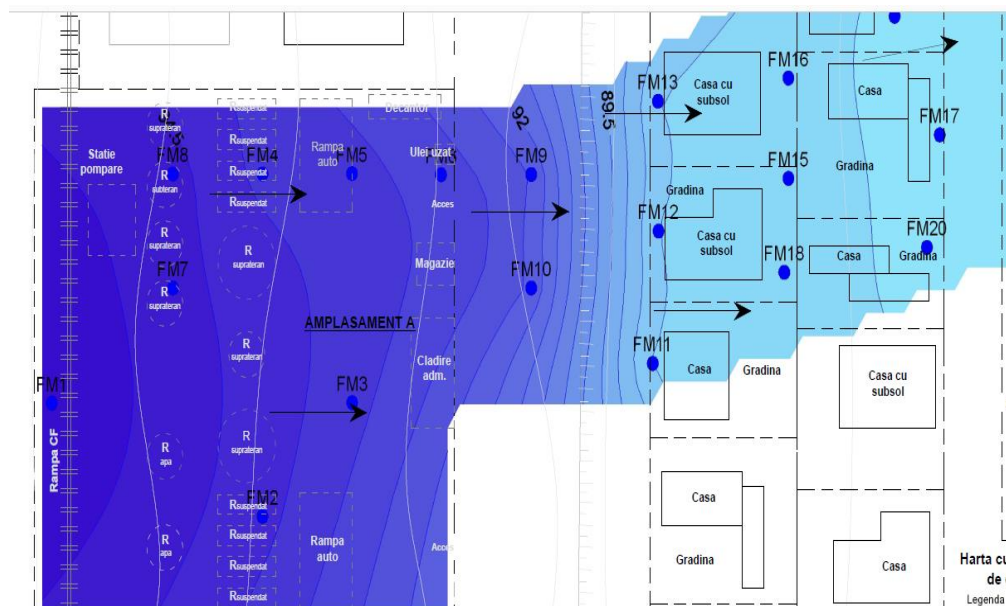


Figura 6 Directia de curgere a apei subterane in zona amplasamentului

Rezultatele analizelor de laborator pe probele de sol si pentru etapa de investigare detaliata s-au raportat la prevederile Ordinului nr. 756 din 3 noiembrie 1997 privind evaluarea poluarii mediului emis de Ministerul Apelor, Padurilor si Protectiei Mediului. S-a folosit ca limita concentratia pragurilor de interventie pentru soluri "cu folosinta mai putin sensibila" luandu-se in considerare si dezvoltarea viitoare a amplasamentului (in concordanta cu zona industriala a depozitului). In cazul rezultatelor analizelor de laborator pe probele de apa subterana, s-a avut in vedere compararea cu valorile de prag din Hotararea nr. 449/2013 privind modificarea si completarea anexei la Hotararea Guvernului nr. 53/2009 pentru aprobarea Planului national de protectie a apelor subterane impotriva poluarii si deteriorarii.

Probele de sol si apa au fost transportate in laboratorul de mediu, analizandu-se concentratiile de poluanti in sol si apa subterana pentru hidrocarburile alifactice totale (THP), hidrocarburi aromatice volatile (benzen, toluen, etilbenzen, xilen), hidrocarburi aromatice policiclice (PAH), fenoli, plumb, bio-eteri precum MTBE (metil-tert-butil-eter), ETBE (etil-tert-butil-eter) si TAME (tert-amil-metil-eter).

3.6 Rezultatele investigarii de teren

In figura 7 se prezenta valorile concentratiilor THP raportate la pragul de alerta si pragul de interventie pentru folosinte mai putin sensibile la nivelul tuturor forajelor de investigare.

In cazul forajelor executate in zona rezidentiala analizele de laborator pe probele de sol pentru concentratii de total hidrocarburi din petrol se incadreaza in domeniul valorilor normale sau sub pragul de alerta.

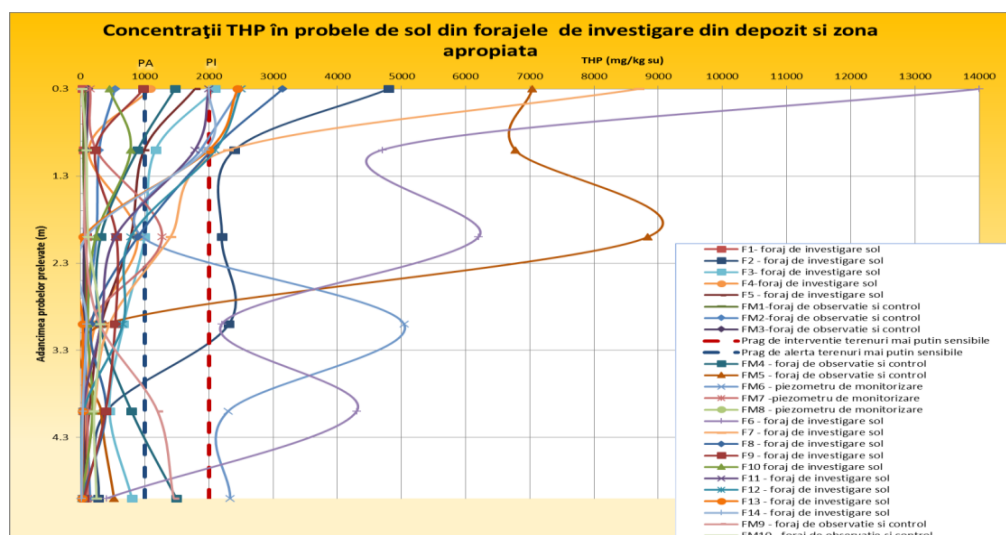


Figura 7 Concentrații THP în probele de sol din forajele de investigare din depozit/ amplasament și zona apropiată

Rezultatele analizelor de laborator au fost introduse în programul de specialitate Surfer, care a modelat distribuția contaminării solului cu produse petroliere la diverse adâncimi, evidențiindu-se următoarele aspecte:

la adâncimea de 0,30 m (figura 8)

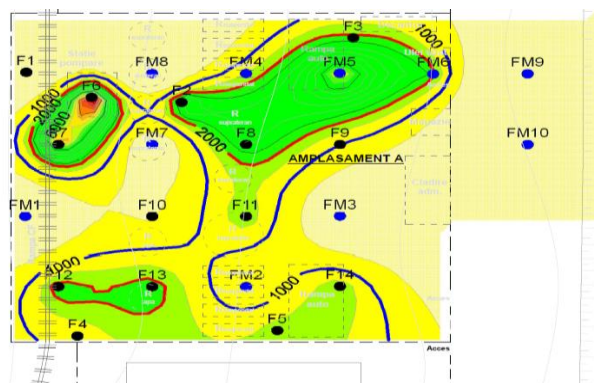


Figura 8 Izolinii contaminare pentru adâncimea de 0.3 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula următoarele observații:

- contaminare cu THP peste pragul de intervenție (2000 mg/kg s.u.) pentru folosințe mai puțin sensibile în zona fostelor construcții: stație pompare (F6), rampa CF (F7), rezervoare (F2, F8) și rampa auto (F3, FM5) din zona nordică a amplasamentului, zona de depozitare ulei uzat (FM6) și pe o suprafață mică în zona unui rezervor (F12, F13) din partea de sud;
- contaminare cu THP peste pragul de alertă (1000 mg/kg s.u.) pentru folosința mai puțin sensibile în zona fostelor construcții: stație pompare (F6), rampa CF (F7), rezervoare și rampa auto atât din zona sudică (F4, F12, F13, F5, F14) centrală (F11) cât și nordică (F2, FM4, F8, F9, FM5, F3) a amplasamentului, decantor, zona de depozitare ulei uzat (FM6).

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula următoarea observație:

- în această zonă rezidențială valorile de THP au arătat încadrarea acestora în valorile normale.

la adancimea de 1,00 m (figura 9)

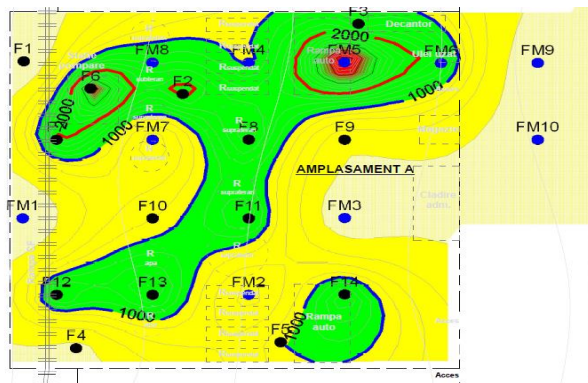


Figura 9 Izolinii contaminare pentru adancimea de 1.0 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula urmatoarele observatii:

- contaminare cu THP peste pragul de interventie (2000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii: statie pompare (F6) si rampa auto (FM5) din partea nordica a amplasamentului;
- contaminare cu THP peste pragul de alerta (1000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor facilitati: statie pompare (F6), punctual rampa CF (F7), rezervoare si rampa auto atat din zona sudica (F12, F13, F14), centrala (F11) cat si nordica (F2, FM8, F8, FM4, FM5) a amplasamentului, decantor (F3) si zona de depozitare ulei uzat (FM6).

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula urmatoarea observatie:

- in aceasta zona valorile de THP determinate in analizele de laborator au aratat incadrarea acestora in valorile normale.

la adancimea de 2,00 m (figura 10)

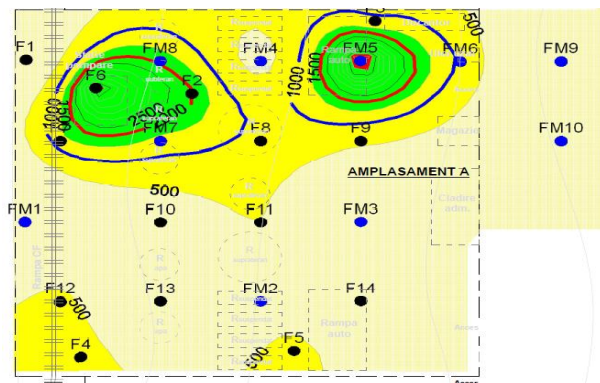


Figura 10 Izolinii contaminare pentru adancimea de 2.0 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula urmatoarele observatii:

- contaminare cu THP peste pragul de interventie (2000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii: statie pompare (F6), rezervoare (F2) si rampa auto (FM5) din partea nordica a amplasamentului;
- contaminare cu THP peste pragul de alerta (1000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii: statie pompare (F6), punctual rampa CF (F7), rezervoare (FM7, F2, FM8) si rampa auto (FM5)

din zona nordica a amplasamentului, parte din decantor (F3) si zona de depozitare ulei uzat (FM6).

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula urmatoarea observatie:

- in aceasta zona valorile de THP au aratat incadrarea acestora in valorile normale.

la adancimea de 3,00 m (figura 11)

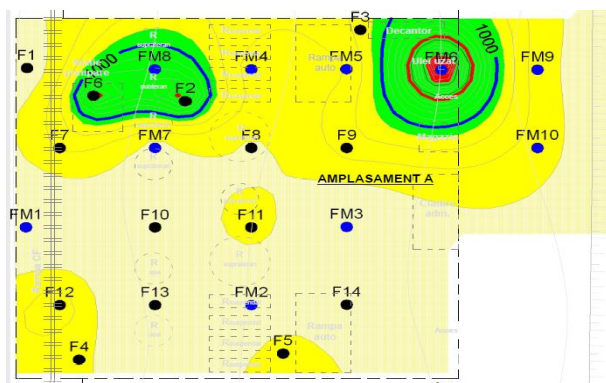


Figura 11 Izolinii contaminare pentru adancimea de 3.0 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula urmatoarele observatii:

- contaminare cu THP peste pragul de interventie (2000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona de depozitare a uleiului uzat (FM6);
- contaminare cu THP peste pragul de alerta (1000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona statie pompare (F6), rezervoare din zona nordica (FM8, F2) a amplasamentului si zona de depozitare ulei uzat (FM6).

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula urmatoarea observatie:

- in aceasta zona valorile de THP au aratat incadrarea acestora in valorile normale.

la adancimea de 4,00 m (figura 12)

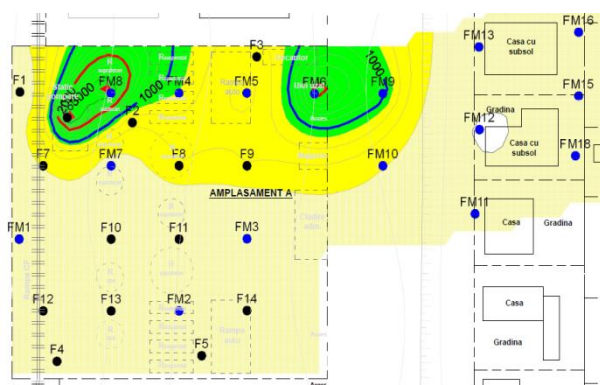


Figura 12 Izolinii contaminare pentru adancimea de 4.0 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula urmatoarele observatii:

- contaminare cu THP peste pragul de interventie (2000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii: statie pompare (F6),

rezervoare (FM8) din partea nordica a amplasamentului si zona de depozitare a uleiului uzat (FM6);

- contaminare cu THP peste pragul de alerta (1000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii: statie pompare (F6), rezervoare din zona nordica a amplasamentului (FM8), puctual decantor si zona de depozitare ulei uzat.

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula urmatoarea observatie:

- in aceasta zona valorile de THP au aratat incadrarea acestora in valorile normale.

la adancimea de 5,00 m (figura 13)

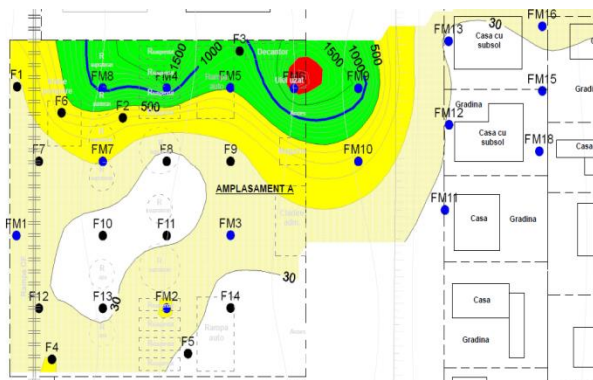


Figura 13 Izolinii contaminare pentru adancimea de 5.0 m

Pentru zona din interiorul amplasamentului se pot formula urmatoarele observatii:

- contaminare cu THP peste pragul de interventie (2000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona de depozitare a uleiului uzat (FM6);
- contaminare cu THP peste pragul de alerta (1000 mg/kg s.u.) pentru folosinta mai putin sensibile in zona fostelor constructii cu potential de poluare: rezervoare din zona nordica a amplasamentului (FM8, FM4), decantor si zona de depozitare ulei uzat (FM6);

Pentru zona din exteriorul amplasamentului se poate formula urmatoarea observatie:

- in aceasta zona valorile de THP determinate in analizele de laborator au aratat incadrarea acestora in valorile normale.

Cauzele potential generatoare de poluare la nivelul amplasamentului A sunt:

- pentru sol:
 - neetanseitatea peretilor rezervoarelor de inmagazinare produse petroliere;
 - neetanseitati ale conductelor tehnologice si in zona fitingurilor statiei de pompare;
 - deversari accidentale in timpul functionarii obiectelor tehnologice;
 - actiunea de manipulare si de transport a produselor in cadrul amplasamentului;
- pentru apa subterana:
 - percolarea produselor de la suprafata solului sau din subsol (fisuri, scurgeri de la nivelul conductelor ingropate).

Din forajele de observatie si control (piezometre) a apei freatiche au fost prelevate probe de apa prin pompare care au fost transportate la laboratorul de mediu analizandu-se concentratiile de THP si benzen.

Determinarea analitica, prelucrarea datelor rezultate au pus in evidenta contaminarea solului la adancimea de 4m ÷ 5 m fiind astfel posibil transportul poluantilor identificati spre apa subterana prin procesul de percolare.

Rezultatele analizelor de laborator au aratat contaminarea apei freatiche atat in zona amplasamentului cat si aval de acesta in zona rezidentiala in sensul de curgere a apei freatiche. Valorile THP in apa subterana peste pragul de interventie (0,60 mg/l) s-au identificat in forajele de observatie si control FM8 si FM4 (zona rezervoare din nordul amplasamentului), FM5 (rampa auto), FM6 (zona depozitare ulei uzat) si FM12 din zona rezidentiala. Valorile THP in apa subterana peste pragul de alerta (0,10 mg/l) s-au identificat in majoritatea forajelor de observatie si control cu exceptia celor amplasate in partea sud a amplasamentului (FM1, FM2 si FM3), F3 cat si cele din zona rezidentiala FM14 si FM19.

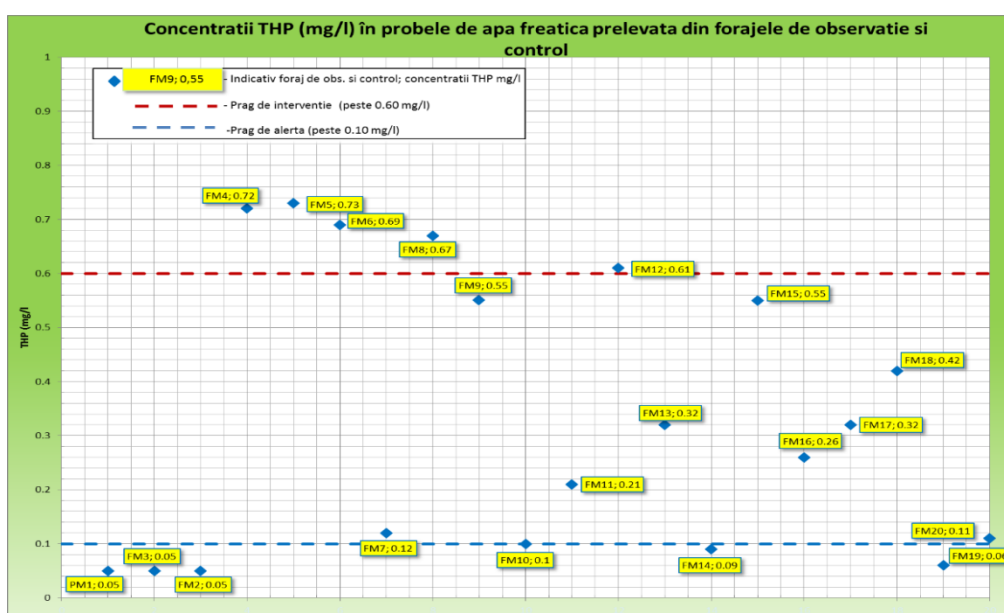


Figura 14 Concentratii THP in probele de apa freatica prelevata din forajele de observatie si control

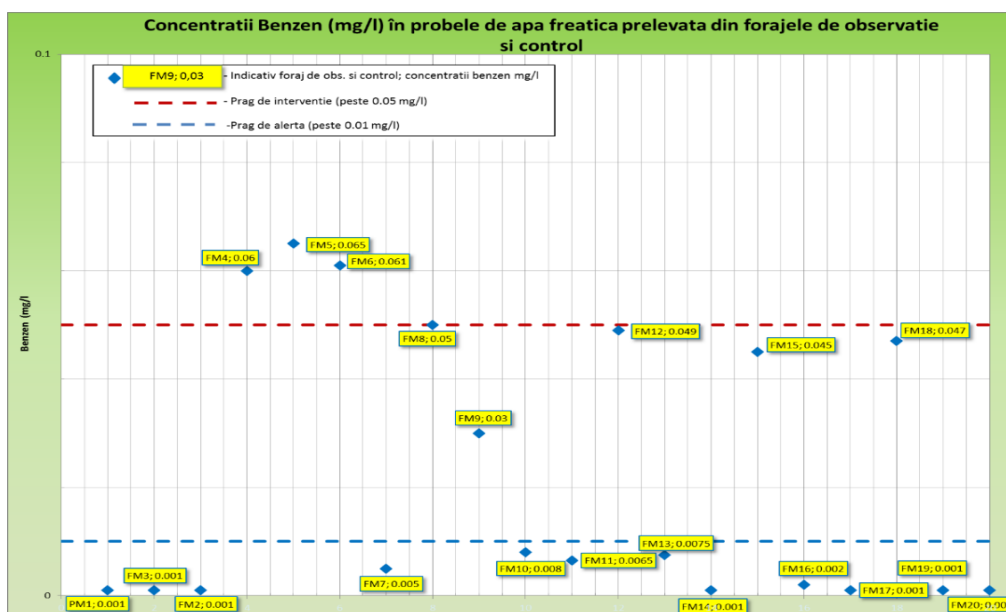
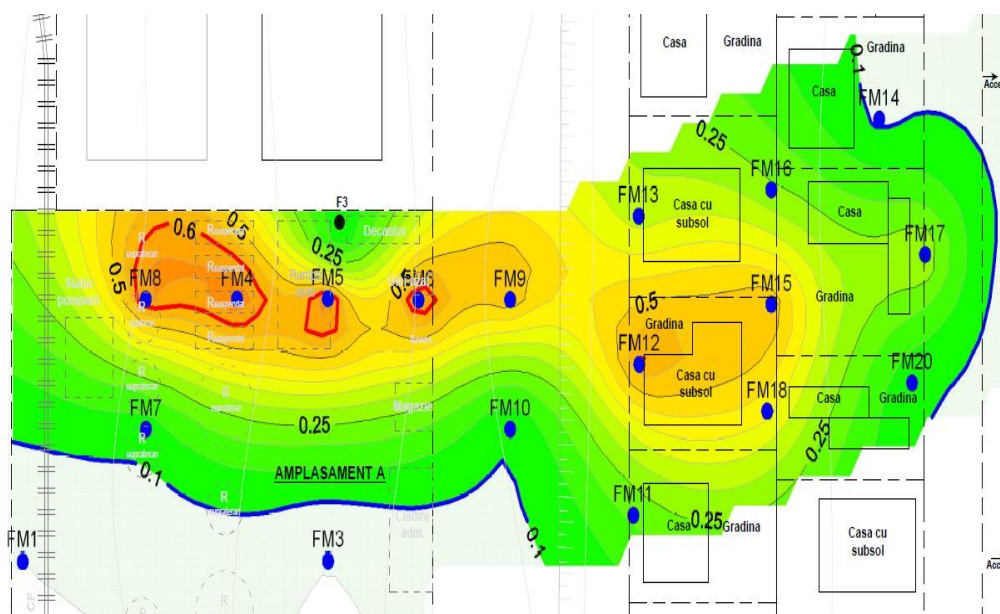


Figura 15 Concentratiile benzen in probele de apa freatica prelevata din forajele de observatie si control

Forma izoconcentratiilor cu THP in apa subterana evidenziaza infiltrarea poluantului in zona nordica a amplasamentului si migrarea acestuia in sensul directiei de curgere a apei freatice si o extindere a penei de poluant pana in zona rezidentiala (figura 16).



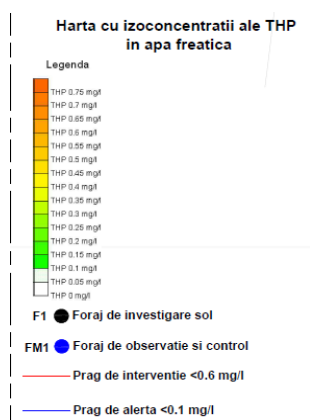


Figura 16 Distributia contaminarii cu THP in apa subterana

Dintre indicatorii BTEX, valorile rezultate in urma analizelor de laborator au aratat depasirea pragului de interventie pentru benzen (peste 0,05 mg/l) in forajele de observatie si control FM4 (zona rezervoare din nordul amplasamentului), FM5 (rampa auto) si FM6 (zona depozitare ulei uzat) si in zona rezidentiala intre forajele de observatie si control FM12, FM15 si FM18. Valorile de benzen in apa subterana peste pragul de alerta (peste 0,01 mg/l) s-au identificat in mai multe foraje de observatie si control cu exceptia celor amplasate in partea centrala si de sud a amplasamentului (FM1, FM2, FM3 si FM7), F3 cat si cele din zona rezidentiala FM10, FM11, FM13, FM14, FM16, FM17, FM20 si FM19.

In concluzie se poate observa ca la nivelul mediului geologic, poluantii organici sunt de tipul compusilor BTEX (hidrocarburi aromatice), respectiv benzen si THP (hidrocarburilor alifatic).

Concluzii

Contaminarea solului pe teritoriul amplasamentului afecteaza o suprafata de aproximativ 5890 m² (cca. 34 % din suprafata totala a amplasamentului) si un volum de sol contaminat estimat de aproximativ 29450 m³. Pe baza analizelor de sol efectuate pentru indicatorii THP si BTEX a rezultat o poluare semnificativa cu produse petroliere pana la adancimea de 5 m in zona de rezervoare, zona de incarcare/descarcare produse petroliere, depozitare ulei uzat.

Analizele apei subterane a evidentiat o poluare semnificativa cu produse petroliere (THP, benzen) la nivelul amplasamentului, iar aceasta contaminare migreaza si in afara amplasamentului, spre zona rezidentiala.

Contaminarea acviferului pe teritoriul amplasamentului acopera o suprafata de aproximativ 10.602 m² (cca. 61 % din suprafata totala a amplasamentului).

In concluzie, cele mai contaminate zone prin prezenta compusilor THP si BTEX (benzen), sunt zona rezervoare, rampa auto, zona fostei rampe CF si zona depozitului de ulei uzat, atat pentru factorul de mediu sol cat si pentru apa subterana.

Tinand cont ca s-a identificat o poluare semnificativa la nivelul amplasamentului se va realiza un studio de evaluare a riscului a solului si a apei subterane asupra sanatatii populatiei cu ajutorul softului de specialitate RBCA Toolkit in vederea asigurarii masurilor de gestionare si remediere a amplasamentului.

BIBLIOGRAFIE

1. Agentia Nationala pentru Protectia Mediului, *Raport anual privind starea mediului in Romania-anul 2019*, Bucuresti, 2020.
2. Agentia Nationala pentru Protectia Mediului, *Raport anual privind starea mediului in Romania, anul 2018*, Bucuresti, 2019.
3. Agentia Nationala pentru Protectia Mediului, *Raport anual privind starea mediului in Romania, anul 2017*, Bucuresti, 2018.
4. Ana Paya Perez, Natalia Rodriguez Eugenio, JRC Technical Reports, 2018.
5. ANZECC/NHMRC, *Guidelines for assessing and managing petroleum hydrocarbon contaminated sites in New Zealand*. Ministry for the Environment New Zealand, 1992.
6. ANZECC, *Guidelines for the assessment of on-site containment of contaminated soil*. Australia and New Zealand Environment and Conservation Council, 1999.
7. Alexander, M., *Bioavailability and overestimation of risk from environmental. Pollutants*. Environ Sci Technol 34:4259-4265, 2000.
8. Altfelder. S, Streck. T., Richter. J. *Non-singular sorption of organic compounds in soil: the role of slow kinetics*. J Environ Qual 29:917-925, 2000.
9. ASTM E-1739-95 *Standard pentru Actiunea Corectiva a Riscului*.
10. ASTM E-2081-00 *Standard pentru Actiunea Corectiva a Riscului (Standard for Guide for Risk-Based Corrective Action)*.
11. Bedient, Ph., s.a., *Groundwater Contamination. Transport and Remediation*, Prentice Hall, New Jersey, 1994.
12. Beniamin, J., Mason, Ph.D., *Preparation of soil sampling protocols: sampling techniques and strategies*, Environmental Research Center, University of Nevada –Las Vegas, EPA/600/R-92/128, iulie 1992.
13. Bica, I., *Metodologia privind regulile si sursele de finantare stabilite/ identificate pentru aplicarea principiului „poluatorul plateste”, dar si pentru stabilirea cu precizie a datei pana la care statul este responsabil pentru poluarea solului, subsolului si a apei subterane, pentru stabilirea procentului de acoperire de catre stat a costurilor privind remedierea siturilor contaminate, respectiv pentru decontarea activitatilor de remediere a siturilor contaminate*.
14. Bica, I., *Plan de actiune pentru apa subterana – recomandari privind pragurile de alerta si cele de interventie pentru toate tipurile de apa subterana*.
15. Bica, I., *Poluarea acviferelor. Tehnici de remediere*. Editura HGA, Bucuresti, 1998.
16. Bica I., *Remedierea siturilor contaminate*. Editura Orizonturi Universitare, Timisoara, 2014.
17. Bilantul de mediu Rosia Poieni- nivel I si II, intocmit de Unitatea de Suport pentru Integritate.
18. Blaga, G., Filipov, F., Udrescu, S., Rusu, I., Vasile D., *Pedologie*. Editura AcademicPres, Cluj Napoca, 2005.