PROIECT

TEHNOLOGII DE DEPOLUARE A TERENURILOR

ETAPE PREMERGĂTOARE APLICĂRII TEHNOLOGIILOR DE DEPOLUARE A TERENURILOR

Trecerea efectivă la acţiuni de depoluare a solurilor nu se face în mod direct, sunt necesare o serie de etape premergătoare, în vederea analizării solului, punerii unui diagnostic, evaluării riscului pe care poluarea investigată îl reprezintă pentru persoanele de pe sit şi pentru mediul natural (ape de suprafaţă, subterane, sol, faună, atmosferă etc.). Dacă riscul este important, se ia decizia trecerii la lucrări de depoluare.

Astfel, trecerea la acțiuni de depoluare a solurilor presupune mai întâi parcurgerea unor etape premergătoare care analizează situl poluat.

Performanţele tehnice ale lucrărilor de depoluare sunt urmărite periodic întocmindu-se în final bilanţul poluării. Acest bilanţ ilustrează efectele depoluării şi permite aprecierea riscului rezidual. Dacă riscul rezidual continuă să se menţină la cote importante, atunci se ia decizia de reluare a lucrărilor de depoluare aplicate anterior sau de înlocuire a acestora cu altele mai performante. Există o metodologie de depoluare şi de abordare logică globală a tuturor siturilor contaminate. Avantajele acestei metodologii constau în analiza logică globală a tuturor siturilor contaminate, ierarhizarea acestora funcţie de gravitatea poluării şi trecerea la măsuri de reabilitare, în condiţii tehnico-economice avantajoase.

Aşadar, mai întâi se pune diagnosticul poluării sitului luat în studiu. Pe baza diagnosticului se trece la evaluarea riscului pe care îl reprezintă poluarea.

Riscul se referă atât la mediul natural (în cazul nostru solul) cât şi la populaţie, vegetaţie, etc.

1. *Diagnosticul poluării.*

Diagnosticul poluării constituie prima etapă în abordarea corectă a unui studiu de depoluare şi constă în analiza caracteristicilor de mediu ale sitului studiat. Investigaţiile necesare stabilirii diagnosticului unui sit vizează în principal solul, subsolul şi apa subterană, la care se adaugă uneori aerul, apele de suprafaţă, fauna, flora şi starea de sănătate a riveranilor.

Realizarea diagnosticului poluării se face în două faze:

- Faza I, sau ancheta documentară, care are menirea de a aduna toate informaţiile existente legate de poluarea sitului de-a lungul timpului;
- Faza II, sau studiu de teren, care cuprinde în principiu, prelevarea probelor de sol, apă precum şi analiza acestora pe teren şi în laboratoare specializate.

Sinteza rezultatelor obţinute şi interpretarea lor, face obiectul unui raport de expertiză a poluării, care este utilizat în etapa de evaluare a riscului. Uneori, în

practică, se solicită realizarea unei analize preliminare a riscului pe baza informaţiilor culese în faza documentară a diagnosticului, în scopul evitării unor cheltuieli nejustificate în faza a II.

a. Ancheta documentară:

- Se determină în primul rând tipul şi caracteristicile produselor cu potenţial de poluare, utilizate în procesele tehnologice derulate pe sit de-a lungul timpului;
- Se determină soarta deşeurilor provenite din fluxurile de fabricaţie (modul şi locul depozitării, eventualele precauţii luate şi eventualele accidente);
- Se folosesc documente reglementare (hotărâri de stat şi locale, eventuale studii de impact şi de risc etc.);
- Se folosesc documente cartografice (pt. localizarea geografică a sitului, a rezervoarelor cu produse toxice, zonele asfaltate, zonele decopertate, zonele acoperite cu vegetaţie, reţeaua de apă etc.);
- Se folosesc documente diverse: fotografii, rapoarte diverse, articole de presă.

Ancheta documentară cuprinde în mod obligatoriu o vizită detaliată a sitului şi se consemnează observaţii privitoare la starea sitului (gradul de curăţenie generală, prezenţa petelor pe sol, depozitele de deşeuri, starea rezervoarelor şi a reţelei de canalizare etc.). În timpul acestei vizite, se pot evalua în mod preliminar posibilităţile de prelevare a probelor, zonele cu riscuri potenţiale şi normele de securitate şi igienă care trebuie respectate.

b. Studiu de teren:

Principale etape ale studiului de teren sunt: măsurătorile directe pe sit, campania de prelevare a probelor, analiza de laborator iar în final, prezentarea şi interpretarea rezultatelor.

Măsurătorile directe pe sit: sunt rapide, mai ieftine decât măsurătorile clasice însă, cu un grad redus de precizie, dând rezultate globale. Pot fi de natură chimică, fizică sau biologică.

O altă categorie de măsurători directe pe sit, sunt măsurătorile care permit determinarea caracteristicilor hidrodinamice ale pânzei freatice: variaţiile nivelului hidrostatic, permeabilitatea rocilor din acvifer, sensul de curgere, debitul şi viteza apei subterane.

Campania de prelevare a probelor are ca obiectiv detalierea şi completarea informaţiilor obţinute prin mijloacele descrise anterior. Ea se execută după un plan detaliat de prelevare a probelor.

Pot fi trei modele principale de repartiţie a punctelor de prelevare a probelor de sol:

1. *Probarea concentrată* are punctele de prelevare a probelor concentrate într-o zonă redusă ca suprafaţă, zonă considerată critică.
2. *Probarea sistematică* realizată după o reţea regulată ce acoperă întreaga suprafaţă, are punctele de probare situate în centrul fiecărui ochi de reţea. Acest model este utilizat pentru determinarea existenţei unei poluări şi pentru

evidenţierea scăderii treptate a concentraţiei poluanţilor de la sursa de poluare spre periferie.

3. *Probarea aleatorie* se caracterizează printr-o dispunere arbitrară a punctelor de prelevare, fără o regulă prealabilă.

Deşi probarea sistematică este cea mai adecvată, în practică se utilizează deseori o asociere a acestor modele iar numărul probelor prelevate este corelat cu mărimea suprafeţei investigate.

Prelevarea efectivă a probelor de sol se face în mod simplu cu ajutorul unui hârleţ sau cu lopata. Cantitatea prelevată este de 1-2 kg. Pentru prelevarea probelor din subsol se utilizează sondele manuale şi mecanice, precum şi excavatoarele cu cupă.

În cazul prelevării probelor de apă subterană, accesul la acvifer se face prin practicarea unor gropi sau tranşee, dacă pânza freatică este aproape de suprafaţă sau prin executarea unor foraje, dacă acviferul este în profunzime. Forajele tubate din care se pot preleva probe de apă subterană şi care sunt echipate cu dispozitive pentru măsurarea nivelului hidrostatic se numesc sonde de hidroobservaţii, sonde piezometrice sau mai simplu, piezometre. Pentru prelevarea probelor de apă subterană, în piezometre se introduc tuburi de prelevare, seringi şi pompe.

Pentru a evita impurificarea şi denaturarea probelor de sol şi apă în timpul prelevării, ambalării şi transportului, se recomandă:

- utilizarea unor ustensile de prelevare rezistente la agresivitatea fizică, chimică şi biologică a mediului supus probării;
- curăţirea acestor ustensile înaintea fiecărei prelevări;
- introducerea probelor prelevate în ambalaje curate, inerte la acţiunea poluanţilor şi bine închise pentru a evita pierderile de orice fel;
- transportul şi păstrarea probelor în incinte frigorifice, în care temperatura să fie de circa 4°C.

Analiza de laborator reprezintă o etapă esenţială a studiului de teren deoarece oglindeşte în mod realist gradul de poluare a mediului analizat. Principalele categorii de substanţe poluante analizate sunt: substanţe organice, substanţe anorganice, pH-ul, materiile solide în suspensie, consumul biochimic de oxigen la 5 zile etc.

Prezentarea şi interpretarea rezultatelor

Datele obţinute în urma investigaţiilor efectuate pe teren trebuie să fie sistematizate şi prezentate cel mai adesea sub formă de tabele însoţite de buletinele de analiză aferente. De asemenea, se pot utiliza hărţi prezentând dispunerea pe teren a zonelor poluate precum şi grafice cu evoluţia în timp a parametrilor măsuraţi.

Documentaţia întocmită în urma fazei diagnostic trebuie să fie clară astfel încât interpretarea datelor să se facă cu uşurinţă, fără riscul unor devieri de la realitate. Interpretarea trebuie să stabilească prezenţa, tipul, nivelul şi repartiţia poluării.

Deci, etapele care au loc înainte de începerea depoluării unui sit, sunt: o analiză documentară, urmată de studii de teren prin prelevare de probe, prin analize de laborator şi interpretare a rezultatelor.

PROIECT PRIVIND DECONTAMINAREA UNUI SOL PRIN SPĂLARE (SPĂLARE PRIN INUNDARE)

Inundarea în vederea spălării constă din realizarea la suprafața sitului poluat a unui strat de apă, de soluții sau solvenți, în grosime de 5 – 20 cm, care să asigure infiltrarea și menținerea unui curent descendent în vederea mobilizării și extracției din sol a substanțelor poluante.

În funcție de tipul de poluare, spălare se realizează cu ajutorul:

1. Apei naturale – în cazul poluării prin sărăturare, cu îngrășăminte chimice, cu pesticide obișnuite. Stratul de apă trebuie să aibă o înălțime de *20 cm.*

2. *Soluțiilor* conținând:

2.1. Soluții acide: - în cazul poluării solului cu metale grele. Principalii acizi folosiți sunt acidul clorhidric HCl, azotic HNO_3 și sulfuric H_2SO_4;

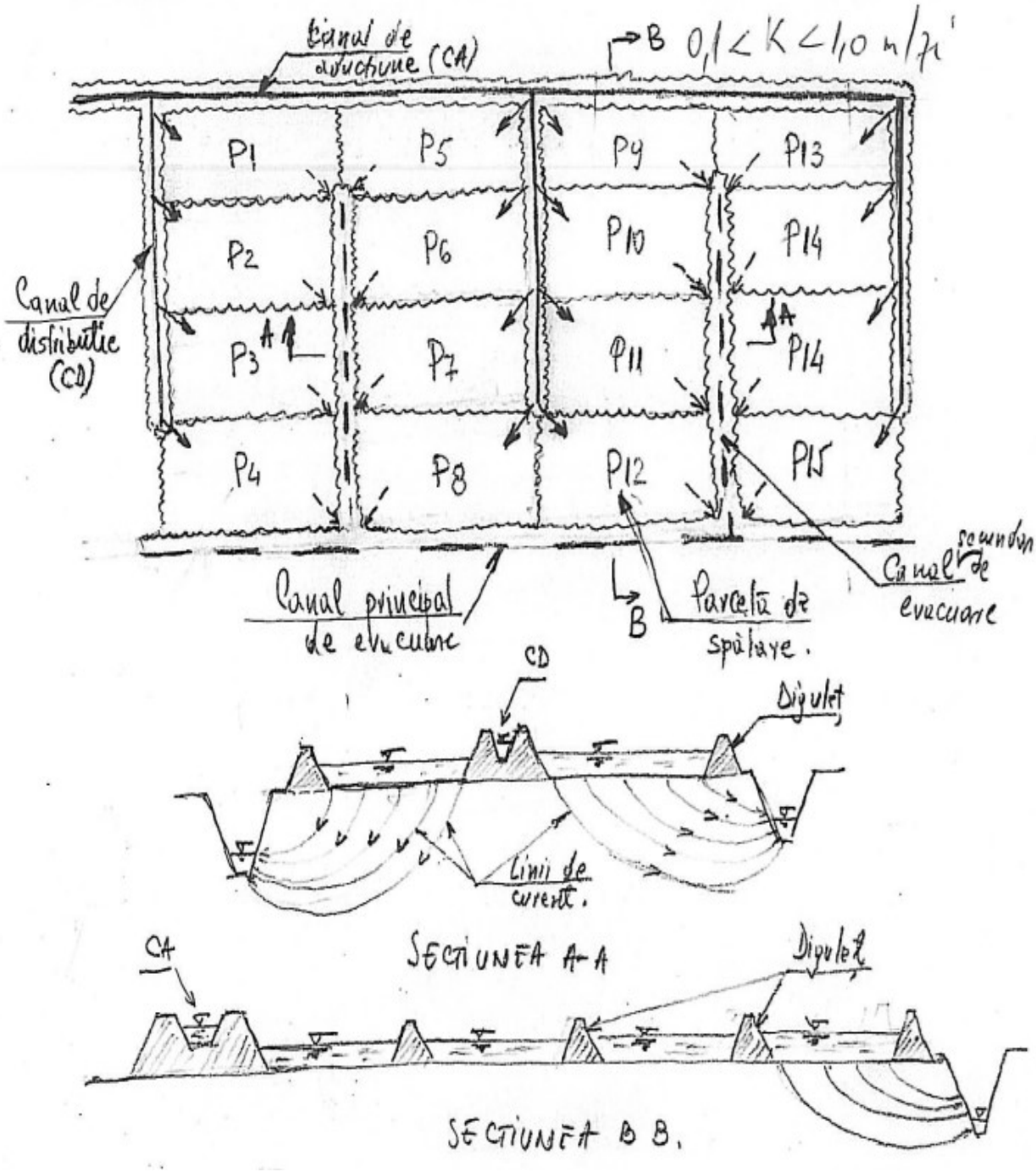
2.2. Soluții bazice: - în cazul poluării solului cu cianuri, amine, eteri, fenoli etc. Reactivul cel mai utilizat este soda caustică NaOH.

Stratul de soluție trebuie să aibă o înălțime de 10 cm

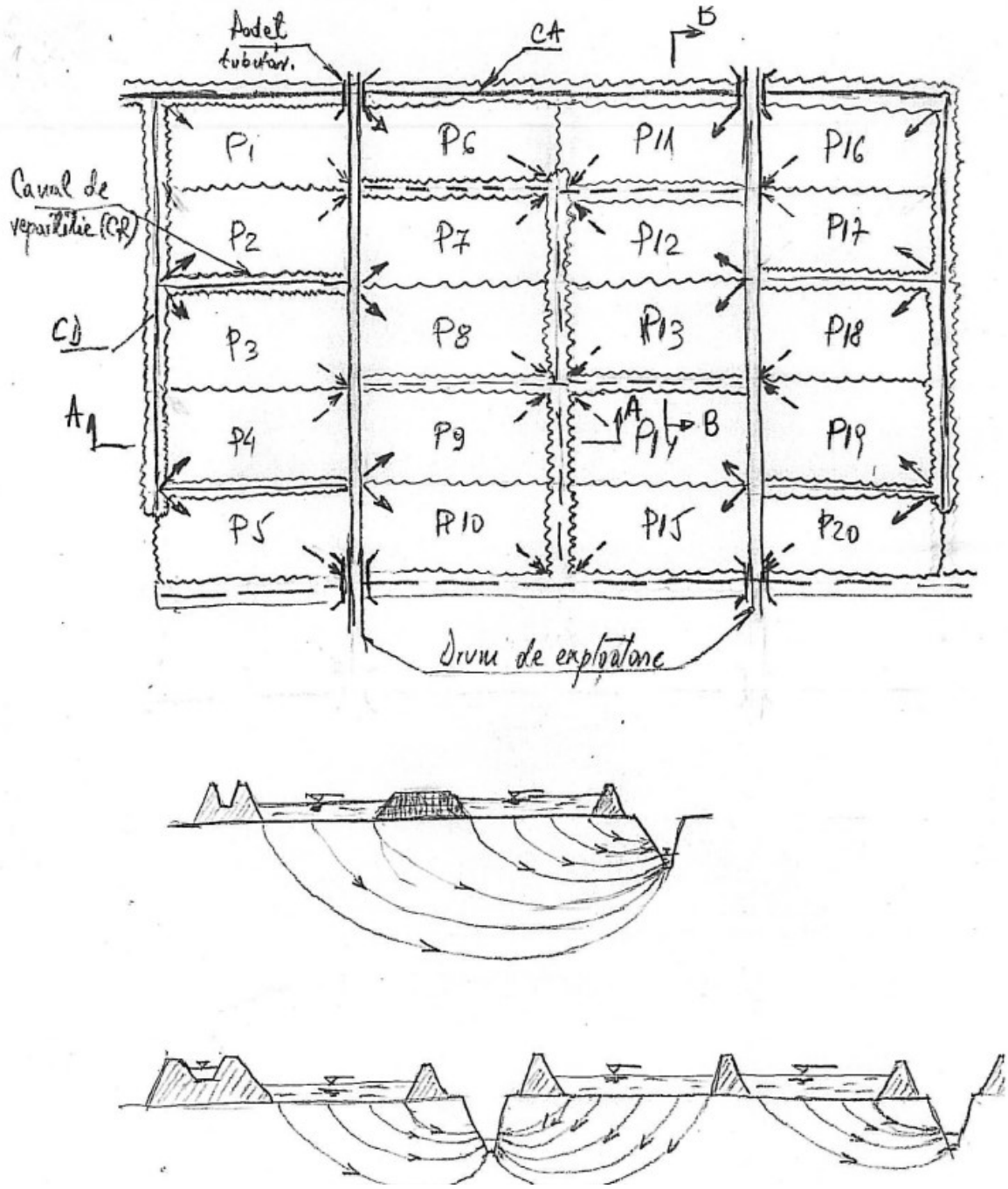
3. *Solvenților* - în cazul poluării cu hidrocarburi grele, gudroane, hidrocarburi aromatice policiclice, policlordifenil şi pesticide organice. Stratul de solvent trebuie să aibă o înălțime de *5 cm*.

Există trei scheme de amenajare a terenului în scopul creării condițiilor de spălare prin inundare.

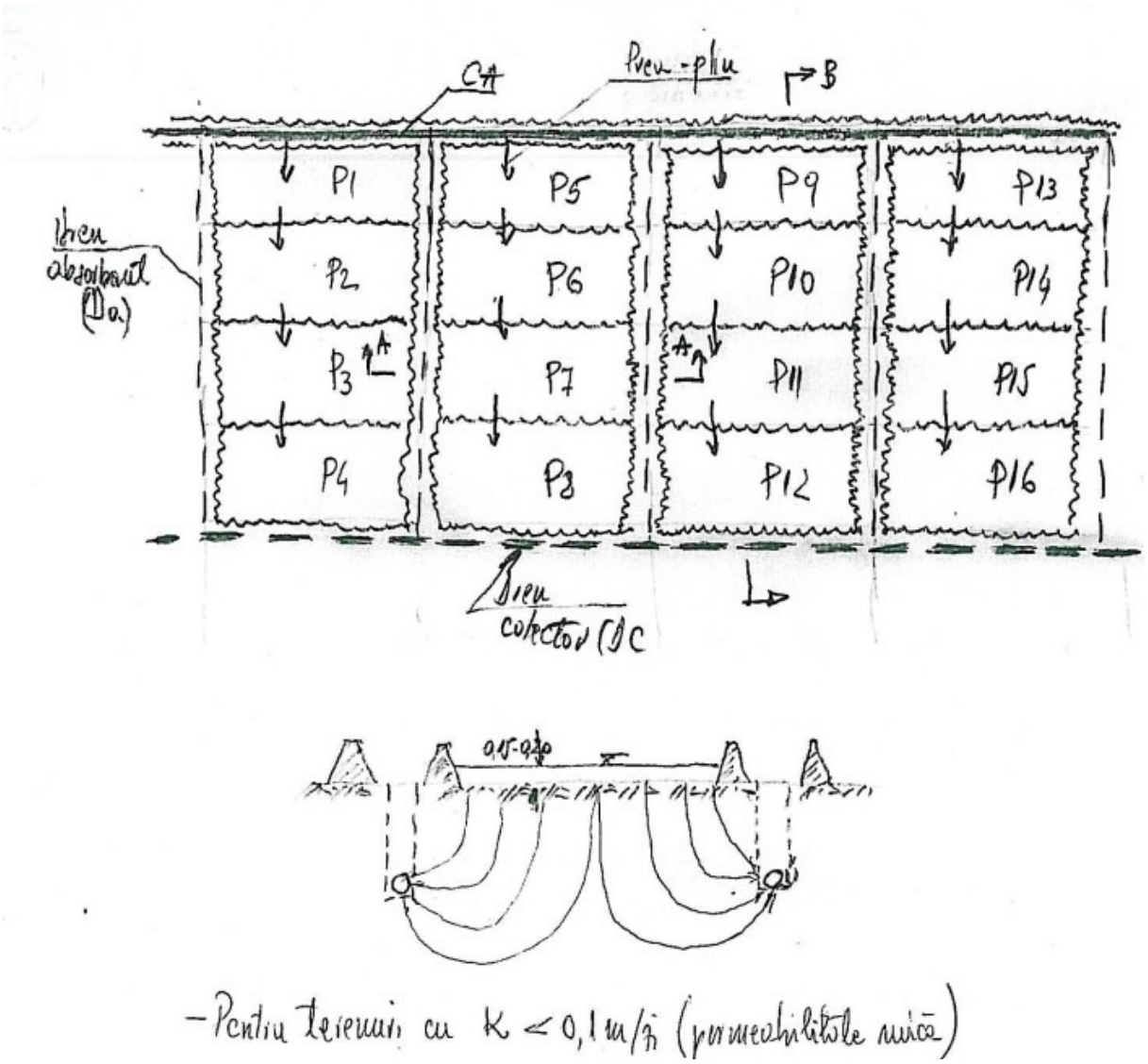
Schema de amenajare utilizată va fi schema 1 (grupa 1) și schema 2 (grupa 2) cu lungimea parcelei (L), lățimea parcelei (l) și înălțimea stratului de apă, soluție sau solvent (h) corespunzătoare numărului de ordine.



Schema 1 *cu inundare independentă a parcelelor de spălare şi evacuare prin canale*



Schema 2 *cu inundare independentă a parcelelor de spălare, evacuare prin canale și drumuri de acces la parcele*



Schema 3 *cu inundarea în lanţ a parcelelor și evacuarea prin drenuri*

Calculul cotei de nivelare a terenului

În vederea spălării solului este necesar ca terenul să fie nivelat. Nivelarea pentru spălare este întotdeauna orizontală. În acest fel, la suprafața terenului, pe întregul sit poluat se va realiza o spălare uniformă, datorată faptului că stratul de apă, soluție sau solvent este constant.

Calculul nivelării presupune determinarea cotelor de teren din colțul fiecărei parcele în parte. Cota de teren se stabilește prin interpolare față de punctele de cote cunoscute ale terenului aflate în apropiere.

Cota de nivelare se calculează astfel:

$$CN = \sum_{i=1,j=1}^{m,n} \left(CT^{i,j} \cdot p^{i,j}\right) / \sum_{i=1,j=1}^{m,n} p^{i,j}$$

în care: i- număr de linie;

j- număr de coloană;

pi,j- ponderea punctului de pe linia i și coloana j.

Ponderea reprezintă suprafața pe care o influențează cota unui punct, astfel, ponderea punctului de pe colț, P_C=1, ponderea punctului de margine, P_{MAR}=2, iar ponderea punctului de mijloc, P_{MIJ}=4.

Se va reprezenta grafic, schema de amenajare cu cotele de teren în fiecare colț al parcelei apoi se va determina cota de nivelare.

Dimensionarea rețelei de aducțiune, distribuție și a rețelei de evacuare

I. 2 etape:

1. Umplerea parcelelor – cu apă, soluție sau solvent;

2. Acoperire pierderi prin infiltrație.

II. Determinare debitului

1. $Q_u^I = \frac{V_u^I}{T_u^I} = \sum_{i=1}^{n} S_p \cdot h / T_u^I$ *(m^3/s)* ;

Tu=8h=28800s;

h=10cm=0,1m;

*QuI=(L*l*16)*h / Tu* (m^3/s)

2. QuII:

a. Acoperire infiltrație prin depoluare;

b. Acoperire pierderi prin diguri:

$Q_a^{II} = V_{inf} \cdot \sum_{i=1}^{n} S_p / T$ *(m^3/s);*

Vinf = 70 m^3/ha;

T = 1 zi = 86400s;

$Q_{bII} = q_{spec} \cdot L_T^{D,C}$ (l/zi) ;

q_{spec} = 10 l/zi ;

LTD,C = (L*4)+(l*4)+(L*4)+(l*4)+(l*3*2)+(l*3*2)

QT = QaII+ QbII *(m^3/s)*

III. Dimensionarea canalului de alimentare și a canalului de evacuare

$Q = AC\sqrt{RI}$;

$Q/\sqrt{I} = AC\sqrt{R}$;

Se impun b si H = 0,1-1 astfel încât Knec să fie egal cu Kef.

$A = H(b+m_2*H)$

$P = b+2*H*\sqrt{1+m_2^2}$

$R = A/P$

$C = 1/n *R\ 1/6$

$n = 0,013$

$m_2 = 2,0$

$Knec = QuI/\sqrt{I}$

$Kef = AC\sqrt{R}$

Rezultatele se exprimă tabelar pentru fiecare secțiune în parte.

Întocmirea profilului longitudinal și a secțiunii transversale prin rețeaua de alimentare

Prin profil longitudinal se înțelege reprezentarea grafică a elementelor canalului pe axul acestuia.

Prin secțiune transversală se înțelege reprezentarea grafică a formei canalului, reprezentat de o tăietură perpendiculară pe ax.

La întocmirea profilului longitudinal se parcurg următoarele etape:

1. Se consideră un sistem de axe de coordonate în care pe abscisă se reprezintă lungimile și pe ordonată cotele exprimate în metri;

2. Se reprezintă linia terenului pe toată lungimea canalului de aducțiune (CN);

3. Se reprezintă linia luciului apei, soluției sau solventului din fiecare parcelă în parte (h);

4. Se reprezintă pentru fiecare punct în parte poziția nivelului apei în canalul care distribuie apa în parcelă;

Se calculează cota comandă luciu apă (CCL) astfel:

$CCLCA_1 = CN+h+\Delta h_1+ICD_3 \cdot ICD_3 \cdot 3+ \Delta h_2+ICA \cdot LCA \cdot 4$;

$CCLCA_2 = CN+h+\Delta h_1+ICD_3 \cdot ICD_3 \cdot 3+ \Delta h_2+ICA \cdot LCA \cdot 3;$

$CCLCA_3 = CN+h+\Delta h_1+ICD_3 \cdot ICD_3 \cdot 3+ \Delta h_2+ICA \cdot LCA \cdot 2;$

$CCLCA_4 = CN+h+\Delta h_1+ICD_3 \cdot ICD_3 \cdot 3+ \Delta h_2+ICA \cdot LCA \cdot 1;$

$CCLCA_5 = CN+h+\Delta h_1+ICD_3 \cdot ICD_3 \cdot 3+ \Delta h_2.$

- h este stratul de apă, soluție sau solvent: 10 cm = 0,1 m;
- Δh reprezintă diferența de nivel, are următoarele valori: Δh_1 = 5 cm = 0,05 m și Δh_2 = 10 cm = 0,1 m.

5. Se trasează o dreaptă a cărei pantă este egală cu panta canalului reprezentat (canalul de alimentare) astfel încât cel puțin într-un punct această dreaptă să treacă printr-o cotă de comandă iar în rest să fie deasupra cotelor de comandă. Aceasta reprezintă linia luciului apei în canalul de alimentare;

6. Se trasează o dreaptă paralelă cu linia luciului apei dar mai jos sau la o distanță egală cu adâncimea apei în canalul de aducțiune. Aceasta reprezintă linia fundului canalului;

7. Se trasează o dreaptă paralelă cu linia luciului apei și deasupra acesteia la o distanță hs. Aceasta reprezintă linia coronamentului;

8. Se calculează secțiunea canalului și volumul parțial și cumulat al acestuia.

Se va reprezenta grafic profilul longitudinal și respectiv, secțiunea transversală prin canalul de aducțiune CA și canalul de distribuție CD_3.

Întocmirea profilului longitudinal și a secțiunii transversal prin rețeaua de evacuare

La întocmirea profilului longitudinal prin canalul de evacuare se parcurg următoarele etape:

1. Se consideră un sistem de axe de coordonate în care pe abscisă se reprezintă lungimile și pe ordonată cotele exprimate în metri (idem rețeaua de alimentare);

2. Se reprezintă linia terenului pe toată lungimea canalului de evacuare (CN);

3. În cel puțin 3 puncte din profil se determină poziția stratului impermeabil (cotă strat impermeabil) astfel: CN – Himp;

Pentru punctul 1 Himp = 2,35+0,05·n = 2,35+0,05*13 = 3,0

punctul 3 Himp = 2,35+0,01·n = 2,35+0,01*13 = 2,48

punctual 5 Himp= 2,35+0,03*n=2,35+0,03*13=2,74

4. Se trasează o dreaptă cu panta canalului de evacuare astfel încât cel puțin o dată să intercepteze stratul impermeabil iar în rest să fie mai jos decât acesta. Aceasta reprezintă linia fundului canalului;

5. Se trasează o dreaptă paralelă cu linia fundului canalului la distanța He. Aceasta reprezintă linia luciului apei;

Deci, cota luciu apa CL = CF+He

He=h reprezintă stratul de apă, soluție sau solvent

6. Se calculează secțiunea canalului și volumul parțial și cumulat al acestuia.

Secțiunea medie se determină cu formula generală:

$S = h(b+mh)$

Adică: $S = (CN-CF)\cdot[b+m_2\cdot(CN-CF)]$

Se va reprezenta grafic profilul longitudinal și respectiv, secțiunea transversală prin canalul de evacuare principal CPE și canalul de evacuare secundar CSE.

Evaluarea volumului de lucrări

Evaluarea constă în determinarea volumului de terasamente pentru realizarea amenajării.

Există 2 tipuri de volume:

- ***Volumul de umplutură*** – este compus din volumul necesar execuției digurilor (V_U^D), a canalului de aducțiune (V_U^{CA}) și a canalelor de distribuție (V_U^{CD}).

Astfel, $$V_U = V_U^D + V_U^{CA} + V_U^{CD} \text{ (m}^3\text{)}$$

Volumul necesar execuției digurilor (V_U^D) se calculează astfel:

$$V_U^D = S_D \cdot L_D \text{ (m}^3\text{)}$$

în care: S_D este suprafața digurilor iar L_D lungimea digurilor

$$S_D = \frac{(B+b)\cdot h}{2} = \frac{(4,4+4)\cdot 1,6}{2} = 6,72 \text{ (m}^2\text{)}$$

b = a = 4 m a – lățimea la coronament a digului

B = 4,4 m

h = 1,6 m

- ***Volumul de săpătură*** – este compus din volumul rezultat pentru realizarea canalului principal de evacuare (V_S^{CPE}) și a canalelor secundare de evacuare (V_S^{CSE}).

Astfel,

$$V_S = V_S^{CPE} + V_S^{CSE} \ (\mathbf{m^3})$$

Volumul rezultat din execuția canalului principal de evacuare (V_S^{CPE}) se va prelua din profilul longitudinal întocmit anterior.

Volumul rezultat din execuția canalului secundar de evacuare (V_S^{CSE}) se calculează astfel:

$$V_S^{CSE} = V_S^{CSE1} + V_S^{CSE2} \ (m^3)$$

V_S^{CSE1} se preia din profilul longitudinal întocmit în etapa anterioară.

Se consideră că cele două canale de evacuare sunt egale.

Calculul necesarului de apă, soluție sau solvent pentru decontaminarea solului

În vederea determinării necesarului de apă, soluție sau solvent pentru decontaminarea solului se parcurg două etape:

1. Calculul volumului total de apă, soluție sau solvent pentru decontaminarea solului;
2. Stabilirea modului de repartiție în timp a acestor volume de apă.

1. Se realizează utilizând următoarea ecuație:

$$Ms = 10000 \cdot H \cdot \alpha \cdot \frac{C_i}{C_{admis}} \ (m^3/ha) \qquad (1)$$

în care: H – grosimea stratului de sol contaminat; $H = 1{,}1 + 0{,}07 \cdot 13$ = 2,01 (m); (2)

α – coeficient a cărui valoare variază în funcție de textura solului, tipul de poluant precum și de tipul de lichid folosit pentru decontaminare; (α = 0.7 pentru soluție sau solvent)

C_i- concentrația poluantului în sol în momentul inițial;

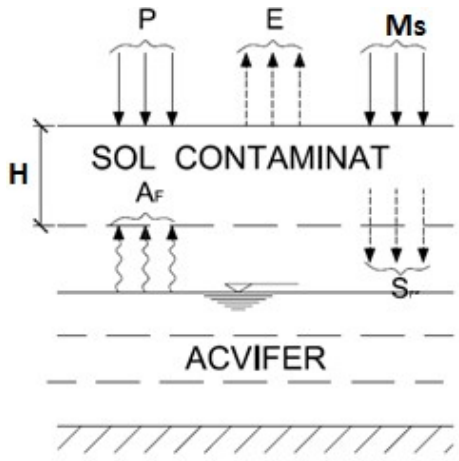
C_{admis}- concentrația admisibilă a contaminantului în sol; (C_{admis}=1)

$$\frac{c_i}{c_{admis}} = 2{,}5 + 0{,}15 \cdot 13 \qquad (3)$$

10000 – coeficient pentru obținerea rezultatelor în m^3/ha.

Înlocuind în ecuația (1) s-a obținut: M_S = 8050,05 m^3/ha

2. Se ține cont de profilul hidrogeologic prin terenul pe care îl avem de amenajat.



Intrări și ieșiri de apă din sol

Intrările și ieșirile de apă din stratul H sunt:

- ***Intrări***: precipitații (P), norma de spălare (M_S) și aport freatic (AF);
- ***Ieșiri:*** evaporația (E) și percolația (S).

Putem scrie următoarea ecuație între intrările și ieșirile de apă din sol:

$$P + M_S + AF = E + S \qquad (m^3/ha) \qquad (4)$$

Această ecuație se realizează în intervalul de timp Δt.

Ecuația (1) ar putea fi scrisă și în următoarea formă:

$$R_i + P + M_S + AF = E + S + R_f \qquad (m^3/ha) \qquad (5)$$

în care: R_i – rezerva inițială aflată în sol;

R_f – rezerva finală din sol.

Precipitațiile se calculează cu ecuația:

$$P = P1 - 0{,}45 \cdot 13 \qquad (6)$$

P1 precipitațiile inițiale pentru fiecare lună în parte se prezintă în tab.1.

Tabel 1.

Valori precipitații inițiale

Precipitații inițiale (P1)											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9,68	3,04	7,52	57,60	7,92	80,28	94,56	24,72	46,68	20,40	59,16	27,12

Temperatura medie lunară se calculează cu ecuația:

$$T = T1 + 0{,}15 \cdot 13 \qquad (7)$$

în care: T1 temperatura medie lunară inițială (tab.2.)

Tabel 2.

Valori temperaturi medii lunare inițiale

Temperaturi medii lunare inițiale (T1)											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-4,10	-4,2	4,62	6,83	12,08	16,07	22,68	25,20	17,64	11,66	5,46	-1,05

Aportul freatic (AF) are valoare de 310 m^3/ha

Evaporația potențială (Ep) se calculează cu următoarea relație:

$$Ep = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T}{I}\right)^a \quad (m^3/ha) \qquad (8)$$

în care: I este indice termic anual; I=Σi

i – indice termic lunar; se calculează astfel: $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1{,}514}$ (9)

$$a = 6{,}75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7{,}7 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0{,}01792 \cdot I + 0{,}49239 \qquad (10)$$

Evaporația potențială va avea valori negative atunci când temperatura medie lunară este negativă.

Coeficientul de latitudine (Kl) are valorile prezentate în tabelul nr.3.

Tabel 3.

Valori coeficient latitudine (Kl)

Coeficient latitudine (Kl)											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73

Evaporația reală (Er) se calculează cu următoarea relație:

$Er = Ep \cdot Kl$ (m^3/ha) (11)

Rezerva maximă de apă din sol (Rmax) se calculează cu următoarea ecuație:

$Rmax = 100 \cdot \rho_a \cdot H \cdot CC$ (m^3/ha) (12)

în care: CC este capacitatea pentru apă în câmp a solului; CC=30%;

H – grosimea stratului de sol contaminat calculat anterior (vezi ec.2);

ρ_a - densitatea aparentă; $\rho_a = 1{,}35$ (g/cm^3)

Rezerva inițială de apă din sol (Ri) se calculează cu următoarea ecuație:

$Ri = \frac{Rmax}{2}$ (m^3/ha) (13)

Rezerva finală de apă din sol (Rf) se calculează cu următoarea ecuație:

$Rf - Ri + P + AF - Er$ (m^3/ha) (14)

în care: Ri, P, AF și Er au fost calculate anterior.

Percolația (S) se calculează astfel:

$S = Rf - Ri$ (m^3/ha) (15)

în care: Rf și Ri reprezintă rezerva finală respectiv, inițială de apă din sol.

Norma de spălare (N) se calculează cu relația:

$N = Rf + S$ (m^3/ha) (16)

Rezultatele obținute se vor prezinta într-un tabel de forma identica cu tab.4

Tabel 4

Intrările și ieșirile de apă din sol

Luna/Element	U.M.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Precipitații(P)	m^3/ha											
Temperaturi medii lunare(T)	°C											
Aport freatic (AF)	m^3/ha											
Evaporație potențială (Ep)	m^3/ha											
Coeficient de latitudine(K1)	m^3/ha											
Evaporație reală(Er)	m^3/ha											
Rezervă maximă(Rmax)	m^3/ha											
Rezervă inițială (Ri)	m^3/ha											
Rezervă finală(Rf)	m^3/ha											
Percolație(S)	m^3/ha											
Norma lunară de spălare(N)	m^3/ha											

Calculul dinamicii cantității de poluant de pe profilul solului sub influența spălării

Fie un profil hidrogeologic prin terenul ce urmează a fi decontaminat. Se observă grosimea stratului afectat de poluare (H) precum și intrările și ieșirile de apă din sol.

Putem scrie următoarea ecuație între intrările și ieșirile de apă din sol:

$$P + M_S + AF = E + S \quad (m^3/ha) \qquad (1)$$

Această ecuație se realizează în intervalul de timp Δt.

Plecând de la această ecuație putem scrie ecuația de bilanț a poluanților din sol după cum urmează:

$$P_{CP}^{P} + M_S \cdot C_{MS}^{P} + A_F \cdot C_{AF}^{P} = E \cdot C_E^{P} + S \cdot C_S^{P} \qquad (2)$$

Ecuația (2) poate fi transformată în următoarea formă:

$$(P + M_S + A_F - E) \cdot C_{MP}^{P} = S \cdot C_S^{P} \pm \Delta p \qquad (3)$$

$$C_{MP}^{P} = \frac{P_{CP}^{P} + M_S \cdot C_{MS}^{P} + A_F \cdot C_{AF}^{P} - E \cdot C_E^{P}}{P + M_S + A_F - E} \qquad (4)$$

în care: C_{MP}^{P} este concentrația medie ponderată în poluant;

$\pm\Delta p$ creșterea/descreșterea cantității de poluant din sol în perioada Δt.

Dacă se consideră faptul că din punct de vedere fizic, din cantitatea totală de apă care pătrunde în sol, o parte ”l”, reușește să atingă nivelul maxim de concentrație în poluant a solului, iar o parte ”1-l”, trece prin sol fără nici un efect de spălare, vom putea scrie pentru concentrația poluant a apei de percolație următoarea ecuație:

$$C_S^{P} = l \cdot C_m^{P} + (1 - l) \cdot C_{MP}^{P} \qquad (5)$$

în care: l este factor de eficiență al spălării, are valori în funcție de textura solului și de tipul de poluant; pentru textură grosieră l = 0,2; pentru textură medie l = 0,1 și pentru textură fină l = 0,03

C_m^{P} – concentrația medie în poluant în perioada de bilanț Δp

$$C_{MP}^{P} = \frac{P_{med}}{R_m} \qquad (6)$$

$$P_{med} = \frac{P1 + P2}{2} \qquad (7)$$

în care: P1 este cantitatea de poluant aflată în sol la începutul perioadei de bilanț, la începutul lunii;

P2 – cantitatea de poluant aflată în sol la sfârșitul lunii.

P_{med} mai poate fi scris astfel:

$$P_{med} = P1 \pm \frac{1}{2} \cdot \Delta_p \qquad (8)$$

$$\rightarrow \qquad C_m^P = \frac{P1 \pm 0{,}5 \cdot \Delta_p}{R_m} \quad (9)$$

Înlocuim ec. (9) în ec. (5) și rezultă:

$$\rightarrow \qquad C_S^P = l \cdot \frac{P1 \pm 0{,}5 \cdot \Delta p}{R_m} + (1 - l) \cdot C_{MP}^P \qquad (10)$$

Înlocuim ec. (3) în ec. (10) și rezultă:

$$\rightarrow \ (P + M_S + A_F - E) \cdot C_{MP}^P = S \cdot \left[l \cdot \frac{P1 + 0{,}5 \cdot \Delta p}{R_m} + (1 - l) \cdot C_{MP}^P \right] \pm \Delta p \quad (11)$$

$$\pm 0{,}5 \cdot S \cdot \frac{\Delta p}{R_m} \pm \Delta p = -(P + M_S + A_F - E) \cdot C_{MP}^P + S \cdot l \cdot \frac{P1}{R_m} + S \cdot (1 - l) \cdot C_{MP}^P$$

→ Ecuația creșterii/descreșterii cantității de poluant de pe profilul de sol sub influența apelor care intră și se infiltrează în sol:

$$\Delta p = -\frac{(P + M_S + A_F - E) \cdot C_{MP}^P + S \cdot l \cdot \frac{P_1}{R_m} + S \cdot (1 - l) \cdot C_{MP}^P}{0{,}5 \cdot S \cdot \frac{1}{R_m} + 1} \qquad (11)$$

$$\rightarrow \Delta p = -\frac{S \cdot l \cdot \frac{P1}{R_m} + S \cdot (1 - l) \cdot C_{MP}^P}{0{,}5 \cdot S \cdot \frac{1}{R_m} \ | \ 1}$$

Considerăm $C_{MP}^P = 0 \rightarrow \Delta p = -\frac{S \cdot l \cdot \frac{P1}{R_m}}{0{,}5 \cdot S \cdot \frac{1}{R_m} + 1}$ (12)

Percolația (S), rezerva inițială (Ri) și rezerva finală (Rf) s-au preluat din etapa anterioară a proiectului.

Rezerva medie (Rm) se calculează cu ecuația:

$$R_m = \frac{R_f + R_i}{2} \qquad (13)$$

în care: Ri și Rf sunt rezerva inițială și respectiv, finală aflată anterior.

Factorul de spălare (l) va fi considerat: l = 0,03 (pentru sol cu textură fină)

Se calculează apoi, cantitatea inițială de poluant P1, pentru prima lună (luna ianuarie – I).

Cantitatea finală de poluant (P2) se calculează cu relația:

$$P2 = P1 \pm \Delta p$$

Δp se calculează cu ecuația (12).

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr.5.

Tabel 5.

Calculul dinamicii cantității de poluant de pe profilul solului sub influența spălării

Nr. Crt.	Luna/Element	U.M.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anual
1	Precipitații(P)	m^3/ha													
2	Rezervă inițială (Ri)	m^3/ha													
3	Rezervă finală(Rf)	m^3/ha													
4	Rezervă medie (Rm)	m^3/ha													
5	Cantitatea inițială de poluant(P1)	-													
6	Factor de spălare(I)	-													
7	$\pm\Delta p$	-													
8	Cantitatea finală de poluant (P2)	-													