

CAPITOLUL NR. 4

Tehnologii moderne pentru tratarea și decontaminarea mediului terestru, acvatic și aerian (atmosferic). Evaluarea impactului lucrărilor de construcții asupra mediului

4.1 Tehnologii de tratare a solului contaminat

La începutul secolului XX, cercetările referitoare la solurile contaminate erau orientate spre îmbunătățirea fertilității solului și creșterii producției agricole, fără a fi luat în considerare pericolul pe care utilizarea irațională a îngrășămintelor îl are asupra remanenței și percolării substanței poluante în stratul de sol.

Până în anii '50, accentul cercetărilor a fost pe studiul diferite tipuri de microorganisme (fixatoare de azot, nitrificatoare, sulfo-oxidante) și relațiile dintre acestea și beneficiile pentru nutriția plantelor.

În anii '60, cercetările s-au axat pe corelațiile dintre transformările solului, populațiile microbiene și activitățile enzimactice pentru sporirea fertilității solului, întrucât necesarul de hrană al populației a cunoscut un trend ascendent și implicit era necesară sporirea producției agricole.

În anii '70 cercetările au urmat aceeași tendință, întrucât era necesară rezolvarea problemelor cu privire la asigurarea hranei (în acest sens au apărut primele experimente de inoculare a solului cu bacterii fixatoare de azot din genul *Azospirillum*).

După anii '70, a avut loc în microbiologia solului un salt de la aplicarea acestei științe în agricultură, la folosirea microorganismelor în decontaminarea mediului poluat, apărând necesitatea depoluării solurilor contaminate cu diverși produși chimici (fie ca rezultat al fertilizării excesive sau al unor accidente care au condus la deversări de substanțe periculoase pe sol și în mediul acvatic).

După anii '80, studiul proceselor de decontaminare a terenurilor poluate prinde din ce în ce mai mare amploare, punându-se bazele pe noțiunea de bioremediere. Începând cu anii '80, s-au realizat primele experimente de laborator în care au fost folosite tulpini de microorganisme cu abilități degradative ale compușilor organici.

Tehnologiile de remediere a terenurilor poluate pot fi clasificate funcție de diferite criterii:

- după criteriul temporal:
 - ✓ acțiuni inițiale - de izolare;
 - ✓ acțiuni finale - de depoluare propriu - zisă
- după natura proceselor prin care se realizează depoluarea:
 - ✓ metode fizice – bazate pe imobilizarea poluantului (prin etanșare, blocare hidraulică, stabilizare) sau pe extracția fizică a poluantului (prin excavare, spălare, pompare);
 - ✓ metode chimice – aplicate pentru separarea, eliminarea sau transformarea poluanților în compuși mai puțin toxici (extracție chimică, oxidare, reducere, precipitare);

- ✓ metode termice – proba contaminată este supusă unor temperaturi ridicate pentru ca poluantul să fie distrus sau imobilizat (incinerare);
- ✓ metode biologice – ce presupun acțiunea unor microorganisme specifice care să metabolizeze poluantul (bioreactoare, bioacumulare, bioventing, biosparging).
- după locul unde se realizează depoluarea:
 - ✓ tehnologii aplicabile "in situ" - pe amplasamentul poluat
 - ✓ tehnologii aplicabile "ex situ" - în afara amplasamentului poluat - acestea implică extragerea materialului poluat (sol, roca, apa subterană) și tratarea lui în instalații sau pe suprafețe special amenajate în limita perimetrului poluat sau în afara lui.

4.1.1 Tehnologii de remediere a solurilor, aplicate in situ

4.1.1.1 Remedierea biologică a solurilor in situ

Pornind de la activitățile degradative ale microorganismelor au fost elaborate numeroase tehnologii de depoluare, care sunt cuprinse generic în termenul de **bioremediere** [1] și care au aplicabilitate atât pentru decontaminarea unui substrat terestru, cât și a unui acvifer.

Bioremedierea este o tehnică de gestionare a deșeurilor care presupune utilizarea organismelor biologice (microorganisme, plante etc.) pentru curățarea solului și a apelor poluate. Această tehnică constă în adăugarea unor materiale în mediile poluate cu scopul de a provoca accelerarea procesului natural de biodegradare [2].

Bioremedierea reprezintă așadar utilizarea organismelor vii pentru a ameliora starea ecologică a unui substrat poluat sau degradat (zonă, teren, acvifer etc.) sau pentru a-l aduce la parametrii de calitate mai buni, nedăunători vieții, sau pentru a-l readuce la starea nepoluată.

Bioremedierea este o tehnologie modernă de tratare a poluanților care utilizează factori biologici (microorganisme) pentru transformarea anumitor substanțe chimice în forme finale mai puțin nocive/periculoase, în mod ideal, la CO₂ și H₂O, care sunt netoxice și sunt eliberate în mediu fără a modifica substanțial echilibrul ecosistemelor [3]. Bioremedierea se bazează pe capacitatea unor compuși chimici de a fi biodegradați prin stimularea creșterii anumitor agenți microbieni care să utilizeze contaminanții drept sursă de hrană și energie. Printre contaminanții care sunt tratați prin bioremediere se numără petrolul și alte produse petroliere, solvenți și pesticide [4].

Tehnologiile de bioremediere cuprind procese cu un grad ridicat de complexitate, care necesită cunoștințe din domenii diverse, deoarece procesele impun:

- Cunoașterea mecanismelor de biodegradare ale substanței poluante,
- Cunoașterea efectului substanței poluante și a comportării sale în mediul poluat,
- Stabilirea speciilor de microorganisme care pot realiza metabolizarea poluantului respectiv.
- solide.

Avantajele bioremedierii [1]:

- Poate fi realizată pe sit („on site“)
- Eliminare permanentă a deșeurilor (limitarea problemelor de conformare pentru depozitele de deșeuri)
- Pozitivă din punct de vedere al acceptării publice
- Perturbare minimă a sitului
- Elimină costurile de transport și pentru conformare
- Poate fi combinată cu alte tehnologii de tratare.

Dezavantajele bioremedierii:

- Durata de timp îndelungat pentru tratamentul aplicat,
- Este necesar a nu fi împiedicat contactul poluant – microorganism,
- Poate crește mobilitatea poluanților în sol datorită circulației soluțiilor apoase prin profilul de sol,
- Datorită circulației soluțiilor apoase poate apărea poluarea pânzei freatice subterane, care ulterior necesită operații de tratare,
- Concentrațiile mari de metale grele, hidrocarburile cu lanț lung de carbon pot fi toxice pentru microorganismele folosite.

Principiile sunt comune pentru o serie de metode denumite în diverse moduri:

- **Bioremediere** – *Bioremediation*
- **Biostimulare** - *Biostimulation*
- **Bioventilare** – *Bioventing*
- **Biodestructurare** – *Biosparging*
- **Bioaugmentare** - *Bioaugmentation*

În practica bioremedierii sunt utilizate mai multe concepte, respectiv diferiți termeni care să reflecte procesul de bioremediere, funcție de tipul de acțiune a microorganismelor implicate în procesul de bioremediere: *biodegradare*, *biostimulare*, *bioaugmentare* (bioamplificare), *biorestaurare*.

Biotehnologiile joacă un important rol în desfășurarea proceselor de tratare a solurilor contaminate. Ca în cazul oricărui proces microbial, optimizarea condițiilor de mediu în cadrul bioremedierii reprezintă un obiectiv important întrucât activitățile microbiologică, fiziologică și biochimică sunt dirijate către biodegradarea compușilor care au poluat zona.

În funcție de multitudinea de factori care acționează, activitatea microorganismelor este variabilă, atât din punct de vedere biologic (alternanța fazelor vegetative cu fazele de latență), cât și din punct de vedere al activității metabolice și de nutriție.

Numeroase microorganisme din sol au capacitatea de a utiliza hidrocarburile gazoase, solide și lichide din seria alifatică și aromatică drept unică sursă de carbon și

energie, descompunându-le la compuși cu greutate moleculară mai mică, sau chiar la dioxid de carbon și apă.

Modificările acestor parametri dincolo de valorile optime pot modifica rata de creștere microbiană, precum și substraturile vizate și pot determina încetarea prematură și nereușita procesului de bioremediere.

Răspândite larg în mediile naturale și uneori semnificative numeric, microorganismele active atacă diferiți compuși, ca: petrolul, kerosenul, uleiurile minerale, parafina, gazul de iluminat, gazele de sondă, cauciucul natural și sintetic, uleiurile de răcire, suprafețele asfaltate, conductele subterane și cablurile electrice protejate de coroziune cu ajutorul materialelor impregnate cu parafină, elastomeri sau diferiți derivați ai hidrocarburilor.

Prezente în sol, în apele dulci și marine și în unele sedimente, într-o gamă largă de condiții de mediu, aceste microorganismele au capacitatea de a sintetiza un spectru larg de enzime care asigură degradarea hidrocarburilor individuale și potențialul de îndepărtare sau de conversie a țigăii din mediu.

În timp ce în ecosistemele nepoluate numărul microorganismelor care utilizează hidrocarburi poate reprezenta doar 0,1% din total, în cele poluate poate ajunge până la 100% din numărul microorganismelor viabile. Aceasta se datorează faptului că în mediile cu niveluri înalte de poluare are loc modificarea compoziției în specii microbiene prin eliminarea acelor sensibile la poluant [12]. Potențialul de biodegradare poate fi de asemenea limitat de către toxicitatea poluanților. Unele specii pot să-și elaboreze sisteme de apărare celulară, ceea ce le permite să tolereze concentrațiile mari de contaminanți toxici.

Conceptul de biodegradare presupune de fapt o conlucrare a proceselor de descompunere a unor constituenți naturali sau sintetici, prin activarea unor tulpini de microorganismele specializate, naturale sau introduse în acel mediu, având drept rezultat produși finali utili sau netoxici din punct de vedere al impactului asupra mediului. Așadar biodegradarea presupune ruperea unui compus sau a unei substanțe toxice, sub acțiunea unor microorganismele.

Biostimularea este metoda prin care populațiile de microorganismele, naturale sau introduse în sol, sunt stimulate prin adaosuri de nutrienți sau alte lucrări de pregătire a unei zone, în scopul orientării activității microbiene din sol în direcția scopului propus, respectiv pentru decontaminarea zonei poluate.

Prin această practică se asigură creșterea vitezei proceselor naturale de remediere, realizabilă prin schimbarea unor parametri ambientali: umiditate, pH, concentrație de O₂.

Biorestaurarea este restaurarea stării originale sau a unei stări apropiate de cea originală prin utilizarea de microorganismele vii.

Așa cum spuneam, ținând cont de locul unde se efectuează depoluarea, bioremedierea poate fi realizată *in situ* sau *ex situ*.

Bioremedierea *in situ* înseamnă tratarea la fața locului a habitatelor afectate (în cazul de față solurile).

Bioremedierea *in situ* (ISB) este utilizarea de microorganismele pentru a degrada contaminanții pe loc („*in situ*”) în scopul producerii unor compuși finali nepericuloși.

Eficacitatea bioremedierii *in situ* este bună în anumite condiții:

- umiditatea crescută a solului 25 % - 85 %;
- pH –ul relativ neutru al solului 6,5 - 8,5;
- temperatura relativ ridicată 15 - 45 °C.

Avantajele bioremedierii *in situ*:

- Tehnică mai puțin costisitoare, apele subterane contaminate și solul pot fi tratate simultan, ceea ce reprezintă un avantaj din punct de vedere al costurilor,
- Mai eficientă față de metodele standard de pompare și tratare pentru tratarea acviferelor și a solurilor contaminate cu solvenți clorurați, hidrocarburi petroliere, metale grele,
- Amplasamentul relativ nederanjat, permite tratarea solului fără excavarea și transportarea acestuia, ceea ce nu deranjează activitățile desfășurate pe situl respectiv,
- Distrugerea completă a contaminanților,
- Riscuri mai mici pentru muncitorii de pe amplasament,
- Costuri mai scăzute pentru instalații și operare,
- Generarea unei cantități mai mici de emisii gazoase și de deșeuri

Bioremedierea *ex situ* înseamnă tratarea solurilor contaminate în afara sitului lor natural, în laborator, în modele experimentale, bioreactoare, în care se pot crea condiții favorabile pentru creșterea randamentului degradării controlate a poluanților [1].

Opțiunea pentru o soluție de remediere "*in situ*" sau "*ex situ*" depinde de natura poluării și condițiile fiecărui amplasament: tratamentele "*ex situ*" sunt preferabile în cazul când este necesară o remediere rapidă și prevenirea procesului de migrare a poluanților spre un receptor sensibil precum un acvifer utilizat în scop potabil.

Există tehnologii care se pretează atât la aplicarea "*in situ*", cât și "*ex situ*", opțiunea depinzând de condițiile amplasamentului, disponibilitatea materialelor necesare și costuri.

Tehnologiile de remediere a solului care se pot aplica *in situ* sunt următoarele:

- bioaugmentarea;
- bioventilare;
- biosparging;
- fitoremediere;
- spălarea solurilor.

Bioaugmentarea

Bioaugmentarea (bioamplificarea) este metoda prin care sunt adăugate organisme vii specifice pe un sit sau pe un material pentru a realiza un anumit efect de

bioremediere dorit [4]. Este o metodă sensibilă, întrucât se injectează microorganisme specializate în decontaminarea anumitor compuși toxici/poluanți.

Bioaugmentarea unui sol implică în mod normal percolarea sau injectarea apelor subterane sau apelor necontaminate amestecate cu nutrienți și saturate cu oxigen dizolvat. Uneori se pot adăuga microorganisme aclimatizate (bio-augmentare) și / sau alte surse de oxigen cum ar fi apa oxigenată. Irigarea prin infiltrații cu pulverizare se folosește regulat la solurile contaminate la mică adâncime, iar sondele de injecție pentru solurile contaminate în adâncime [5].

Sporirea oxigenului se poate realiza ori prin barbotarea de aer sub masa de apă sau circulara apei oxigenate (H_2O_2) prin toată pânza freatică din zona contaminată. Barbotarea de aer sub masa de apă crește concentrația de oxigen din pânza freatică și mărește rata de degradare biologică a poluanților organici cu ajutorul microorganismelor care apar natural.

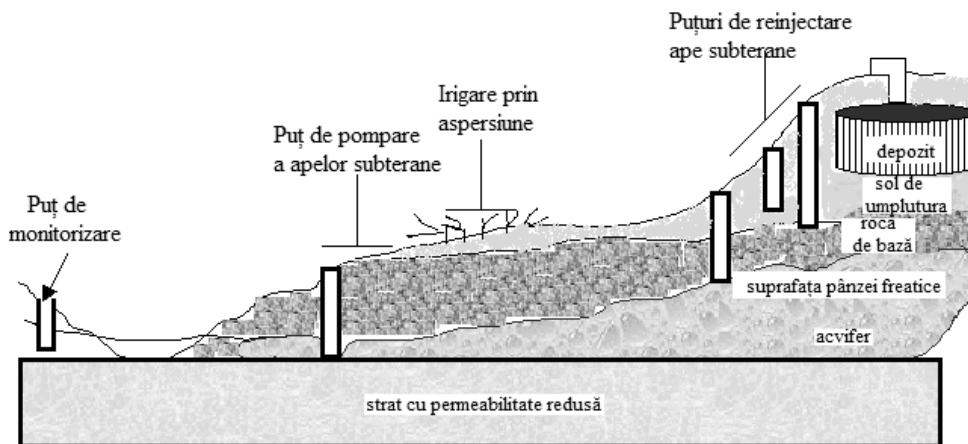


Figura 4.1.1.1. Schema unui proces de bioaugmentare a solului contaminat [5]

Procedura nu este dificilă iar implementarea unor puțuri de injecție nu este atât de costisitoare, ceea ce face ca această tehnologie de bioremediere să fie folosită cu succes.

Aplicabilitatea bioaugmentării:

- decontaminarea siturilor poluate cu compuși organici volatili (VOC) – benzen, formaldehidă, și semivolatili (SVOC) nehalogenați – ftalați, bisfenoli, combustibili.

Limitări ale bioaugmentării:

- natura substratului: un substrat eterogen (argila) nu va facilita pătrunderea soluției de spălare, astfel că zonele cu permeabilitate crescută vor fi mai rapid decontaminate.
- injectarea cu nitrați în pânza freatică este foarte strictă întrucât există instituite zone vulnerabile la poluarea cu nitrați a apelor freatice,

- barbotarea cu aer sporește presiunea în zonele nesaturate, vaporii se pot acumula în bazine care constituie în general zone de presiune scăzută.

Bioventilarea

Tehnologiile de extracție a vaporilor din sol au fost folosite eficient în reducerea concentrațiilor de compuși organici volatili (COV) și anumiți compuși organici semivolatili (SCOV) rezultați din rezervoarele de înmagazinare subterană a produselor petroliere. Extracția de vapori din sol are, în general mai mult succes atunci când este aplicată produselor petroliere mai ușor volatile, cum este benzina. Motorina, uleiurile și kerosenul, care sunt mai puțin volatile decât benzina, nu sunt ușor de tratat prin tehnologii de extracție a vaporilor, dar pot fi adecvate pentru îndepărtarea prin **bioventilare**. Indicator important al volatilității unui constituent este constanta definită prin legea lui Henry. Constanta legii lui Henry este *coeficientul de partiționare* care se referă la concentrația unui element constitutiv dizolvat în apă, la presiunea sa parțială în fază de vapori în condiții de echilibru. Aceasta descrie tendința relativă pentru un constituent dizolvat de a ajunge la echilibru între faza de vapori și faza dizolvată. Prin urmare, legea constantă Henry este o măsură a gradului în care elementele constitutive care sunt dizolvate în umiditatea solului (sau a apelor subterane) vor trece în stare de vapori pentru a fi îndepărtate prin procedee de extracție de vapori. De obicei procedeele de extracție a vaporilor nu au succes atunci când sunt aplicate pentru extracția uleiurilor lubrifiante, care sunt non-volatile, dar aceste uleiuri pot fi îndepărtate prin bioventilare.

Extracția vaporilor din sol este o tehnologie bine cunoscută și eficientă atunci când se aplică în soluri permeabile, dar nu are aceeași eficiență în soluri impermeabile, în special cele care conțin cantități semnificative de nămol și argilă. Această tehnică de bioventilare funcționează ca o buclă închisă, printr-un proces de recirculare a aerului cald în zona de vados (nesaturată). Deoarece nu există emisii externe, nu este necesară autorizație pentru evacuările de aer. Aerul cald emis de o suflanta este injectat direct în solul impermeabil, care produce desicarea solului (scăderea umidității). Se cunoaște că permeabilitatea solului este dependentă de gradul său de umiditate. Din solul uscat apoi sunt ușor desorbiți compușii săi organici volatili, care sunt colectați prin intermediul unui sistem convențional de extracție a vaporilor de sol. Vaporii din sistemul de extracție a solului, trec apoi printr-un sistem de cărbune activ și vor fi recirculați prin suflantă. Căldura de comprimare a aerului care curge prin suflantă creează aerul cald care este introdus înapoi în zona contaminată, zona de tratament. Avantajul sistemului închis de extracție a vaporilor prin această buclă de recirculare este faptul că solurile deshidratate sunt mult mai permeabile.

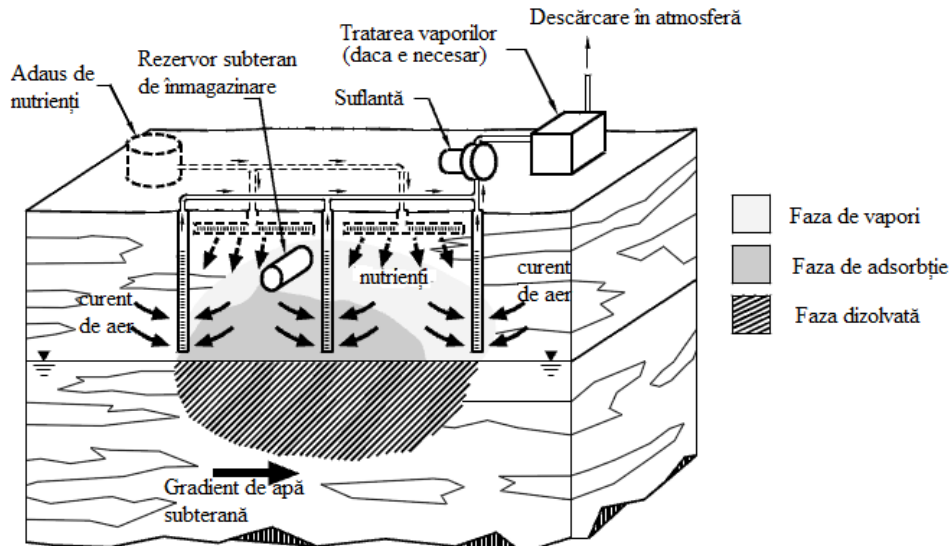


Figura 4.1.1.2. Schema unui proces de decontaminare prin bioventilare [2]

Bioventilarea este o tehnologie care stimulează biodegradarea naturală *in situ* a oricărui compus degradabil aerob prin furnizarea de oxigen microorganismelor existente în sol.

Față de extragerea vaporilor prin aspirație, bioventilarea folosește fluxuri slabe de aer pentru a furniza oxigen suficient doar pentru susținerea activității microbiene.

Oxigenul este cel mai adesea aplicat prin injecție directă în poluanții reziduali din sol.

Aplicabilitate:

- este o tehnologie de decontaminare cu efect pe termen mediu și lung,
- remedierea solurilor contaminate cu hidrocarburi petroliere, solvenți neclorurați, pesticide, conservanți ai lemnului și alți compuși organici.

Limitări:

- vaporii se pot aduna în bazine aflate în raza de influență a sondelor de injecție cu aer, ceea ce determină necesitatea aspirării aerului de lângă structură, respectiv este necesară monitorizarea gazelor reziduale la suprafața solului.
 - umiditatea solului este factor limitativ al biodegradării și implicit determină eficiența bioventilării.

Biosparging

Tehnologia presupune injecția de aer sau oxigen printr-un sol / acvifer contaminat pentru a îndepărta compușii organici volatili (COV) și semivolatili

(SCOV) prin volatilizare. Aerul injectat ajută la spălarea contaminanților în zona nesaturată pentru tratament.

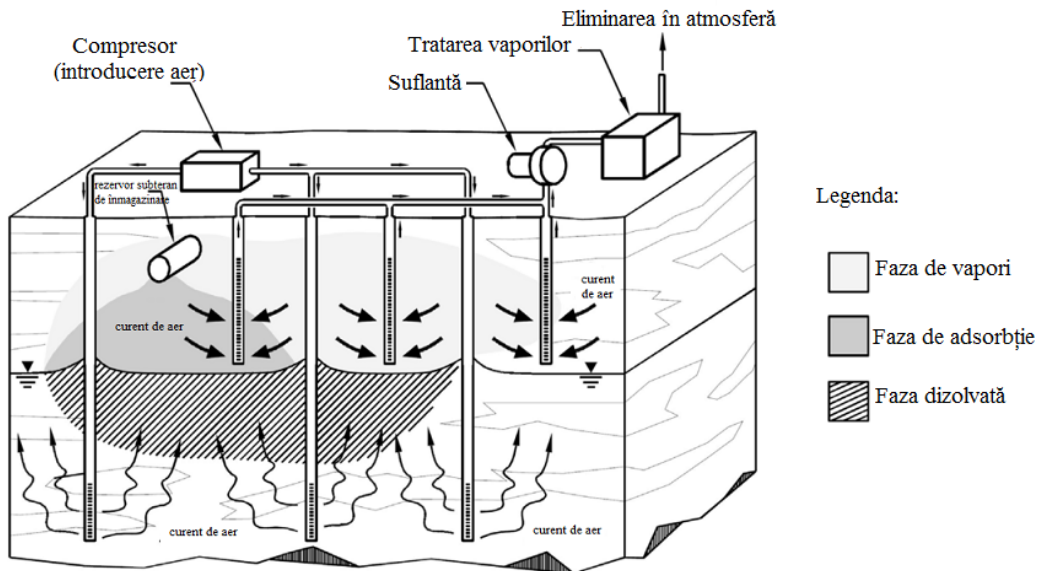


Figura 4.1.1.3. Schema unui proces de decontaminare prin biosparging [7]

Este o tehnică de reabilitare, în care aerul este injectat în zona saturată pentru a stimula microorganismele autohtone. Aerul injectat vaporizează poluanții reținuți în capilarele solului, mobilizându-i spre suprafață. În drumul lor ascendent, poluanții sunt degradați prin intermediul biomasei stimulată prin aerare și aport de nutrienți.

Principiul acestui procedeu constă în injecția de aer sub presiune, în mediul subteran contaminat, fapt care determină o vaporizare intensă a poluanților cu proprietăți volatile [6]. Vaporii toxici rezultați sunt în continuare aspirați de către o instalație (venting).

Aerul cu presiune se introduce printr-un foraj sau puț de injecție, prevăzut la partea inferioară cu un tronson perforat care este mai scurt decât tronsonul perforat corespunzător forajului sau puțului de aspirație.

Aplicabilitate:

- poluanții care pot fi eliminați prin sparging sunt compușii organici volatili și semivolatili (benzen, toluen, xilen, benzină, solvenți clorați);
- pentru extinderea gamei de eliminare a poluanților prin sparging, se înlocuiește aerul curat cu un amestec aer – ozon sau aer-apă oxigenată.

Limitări:

- în timpul exploatării este dificil de apreciat volumul tratat, configurația acestuia și eficiența procesului de depoluare.

Fitoremedierea

Tehnica de fitoremediere se referă la bioremedierea botanică și implică utilizarea plantelor verzi pentru decontaminarea solurilor, apelor și aerului. Este o tehnologie care poate fi aplicată atât poluanților organici cât și poluanților anorganici (metale mai ales) prezenți în sol, apă sau aer [9].

Ideea utilizării plantelor ce acumulează metale, pentru înlăturarea selectivă și reciclarea metalelor aflate în exces în mediu, a fost introdusă în jurul anilor '80, a câștigat interes deosebit în anii '90 și a fost examinată tot mai mult ca o tehnologie practică, puțin costisitoare comparativ cu metodele clasice de înlocuire sau spălare a solurilor poluate.

În majoritatea studiilor de contaminare cu produse petroliere, gramineele și leguminoasele au fost considerate potrivite datorită potențialul lor de fitoremediere a locurilor contaminate. Avantajul acestora îl constituie sistemul radicular fibros și puternic dezvoltat, ce explorează un volum mare de sol. În plus leguminoasele ar putea avea un avantaj față de plantele neleguminoase în procesul de fitoremediere datorită abilității lor de a fixa azotul, nemaifiind astfel în competiție cu microorganismele și celelalte plante pentru cantitățile limitate de azot asimilabil din solul contaminat cu petrol.

Fitoremedierea poluanților elementari implică procese multiple: extracție, translocarea cationilor toxici sau oxianionilor în țesuturile supraterane, conversia elementelor în rădăcini pentru prevenirea percolării din zona poluată.

Fitodegradarea reprezintă asimilarea poluanților de către rădăcinile plantelor și mutarea / acumularea acestora în rădăcini, trunchi și frunze. Biodegradarea avansată a rizosferei are loc în solul care înconjoară rădăcinile plantelor. Substanțele naturale eliberate de rădăcini furnizează microorganismelor nutrienți, ceea ce mărește activitatea biologică a acestora. Rădăcinile plantelor afânează pământul și apoi mor lăsând căi de circulare a apei și de aerisire.

Fitoextracția implică cultivarea uneia sau mai multor specii de plante hiperacumulatoare, cărora să li se creeze cele mai bune condiții de dezvoltare pentru a asigura o masă vegetală cât mai mare, pentru a putea extrage, acumula și îndepărta o cantitate cât mai mare de poluant (de obicei metale grele).

Fitodegradarea presupune metabolizarea poluanților în țesuturile plantelor. Plantele produc enzime precum dehalogenaza și oxigenaza care ajută la catalizarea degradării.

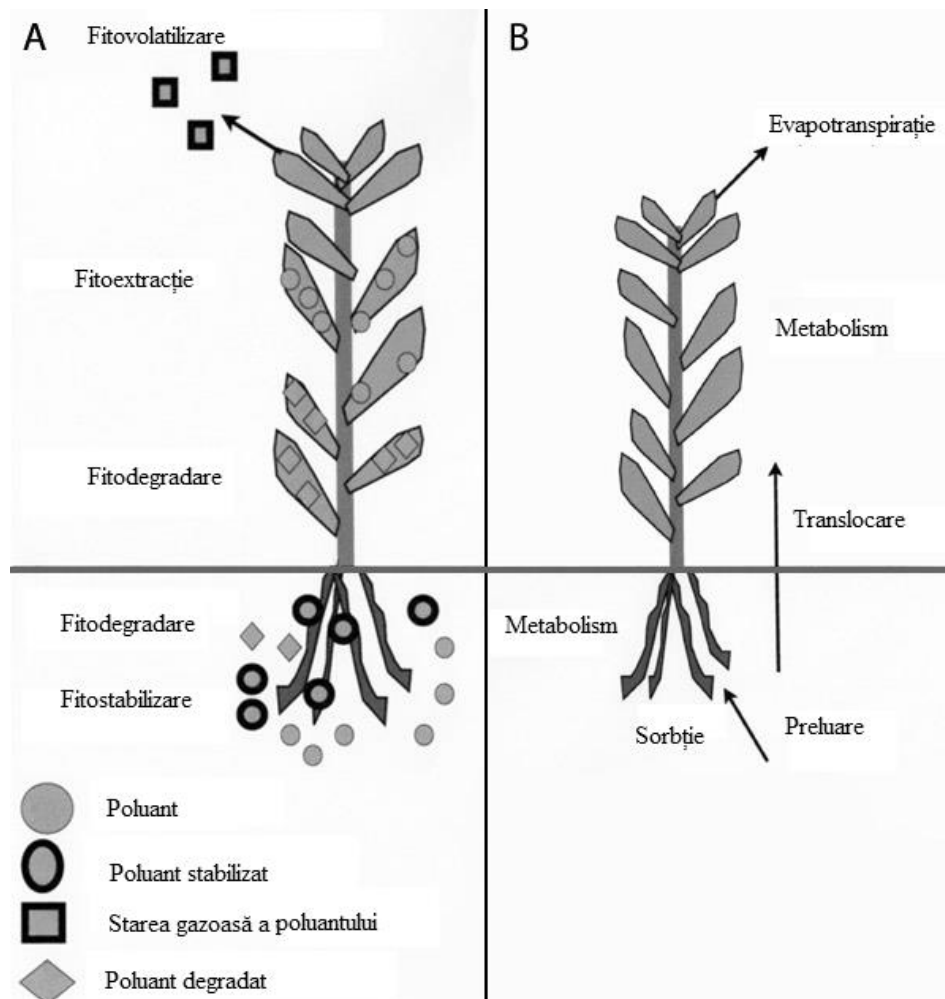


Figura 4.1.1.4. A. Model schematic al diferitelor tipuri de fitoremediere
B. Procese fiziologice ce au loc în plantă, în timpul fitoremedierii [9]

Fitostabilizarea este un fenomen de producere de către plantă a compușilor chimici care servesc imobilizării poluanților la contactul rădăcinilor cu solul. Această tehnică poate fi folosită pentru a restabili covorul vegetal în locurile unde vegetația naturală lipsește datorită concentrațiilor mari de metale grele în orizontul de suprafață ori datorită degradărilor fizice a materialelor de suprafață. Speciile tolerante pot fi folosite pentru restaurarea vegetației locului, scăzând totodată potențialul de migrare a contaminanților sub influența eroziunii eoliene și hidrice și de levigare către apa freatică (eroziunea și levigarea sunt frecvente pe terenurile fără vegetație) [12].

Fitovolatilizarea se produce la plantele care absorb apa cu conținut de poluanți organici și eliberează poluanții în atmosferă prin intermediul frunzelor.

Plantele pot de asemenea să desfacă legăturile chimice din poluanții organici și să elibereze produșii rezultați în atmosferă.

Unii autori propun utilizarea concomitentă a amendamentelor chimice (carbonat de calciu, fosfați, oxizi de fier și de mangan, zeoliți) pentru transformarea contaminanților în forme inaccesibile și stabile.

Aplicabilitate:

- se pretează pentru decontaminarea determinată de poluanți organici,
- posibilitatea generării a mai puține reziduuri secundare, asociată cu deranjarea minimă a mediului ambiant și abilitatea de a lăsa solul pe loc și în condiții folositoare pentru următorul tratament,

Limitări:

- Adancimea zonei de tratare este determinată de plantele folosite în fitoremediere, în majoritatea cazurilor, acest procedeu poate fi folosit pe solurile de mică adancime,
- Timpul necesar pentru fitoremediere este îndelungat, fiind un proces relativ lent,
- Concentrațiile mari de substanțe periculoase pot fi toxice pentru plante,
- Transferă poluanții din sol în aer, sau pot fi mobilizați în apele subterane sau asimilați de către animale,
- Nu este eficientă pentru poluanții puternic adsorbiți.

4.1.1.2 Remedierea chimică a solurilor, in situ

Procedeele chimice de epurare se bazează pe eliminarea poluanților din sol sau anihilarea caracterului toxic prin reacții de oxido-reducere și de schimb.

Spălarea solurilor

Este o metodă utilizată pentru eliminarea fazei reziduale de poluant imobilizat în matricea solului. Principiul spălării constă în separarea poluanților din sol și transferul acestora în fază lichidă sau gazoasă, sub acțiunea apei și a energiei mecanice.

Spălarea solului „in situ” permite extracția poluanților din sol fără excavarea acestuia; metoda se aplică în cazul solurilor permeabile și se bazează pe un sistem de infiltrare în sol a apei de spălare care are ca efect antrenarea mecanică și solubilizarea poluanților, sistem urmat de colectarea în aval și pomparea la suprafață a apei purtătoare de poluanți; la suprafață, apa este supusă unui proces de decontaminare, după care poate fi din nou reintrodusă în sol.

Solul de la suprafața zonei poluate este stropit prin aspersiune cu apă curată sau cu o soluție diluată care conține reactivi de spălare (agenți dispersanți, tensioactivi).

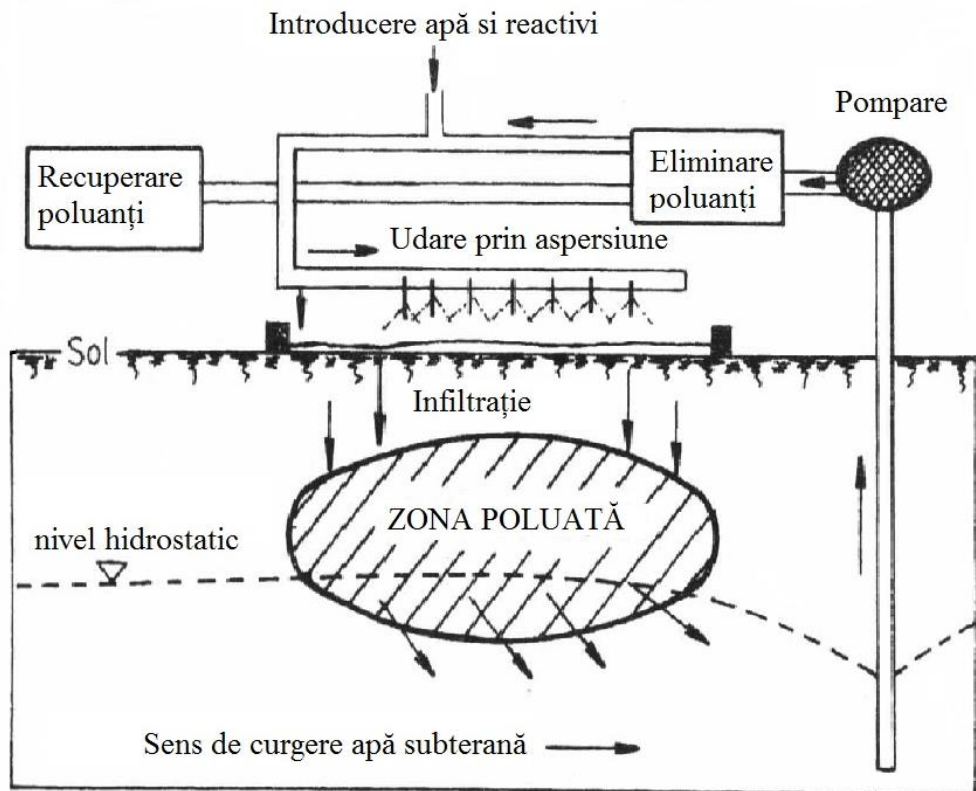


Figura 4.1.1.2.1. Schema de spălare a unui sol contaminat [3]

Aplicabilitate:

- se utilizează cu rezultate bune pentru soluri nisipoase, pietriș sau piatră și pentru materiale cu granulație mare rezultate din sitarea solurilor.
- se pot spala poluanți organici, poluanți anorganici solubili, metale grele.

Limitări:

- inaplicabilă pentru soluri care conțin argilă sau humus; necesită o etapă suplimentară de separare a contaminanților (solubilizare, precipitare și filtrare etc.).

Extracția poluanților prin solubilizare

Eliminarea din sol a poluanților prin extracție cu ajutorul solvenților organici, a acizilor sau bazelor este un procedeu eficient ce se aplică cu succes

pe plan internațional. Prin modul de extracție a poluanților, acest procedeu se aseamănă cu procedeul spălării descris anterior.

Extracția poluanților cu ajutorul solvenților organici se realizează în instalații de tratare în afara sitului sau chiar pe sit. Poluanții ce pot fi extrași astfel sunt pesticidele, hidrocarburile aromatice, policiclice și hidrocarburile grele.

Extracția cu ajutorul acizilor și bazelor poate fi realizată direct prin introducerea soluției în solul contaminat.

Poluanții extrași cu ajutorul acizilor și bazelor sunt metalele grele și respectiv cianurile, aminele, fenolii etc. Decontaminarea se realizează frecvent prin utilizarea acidului clorhidric, acidului sulfuric și acidului azotic și respectiv a hidroxidului de sodiu.

4.1.1.3 Remedierea termică a solurilor, in situ

Degradarea poluanților pe cale termică este aplicabilă în special celor de natură organică, având în vedere produsele finale ale degradării acestora: CO₂ și H₂O, însă metodele de remediere termică sunt aplicabile preponderent „ex situ”.

Tratarea termică “in situ” include multe metode și combinații de tehnici diferite de aplicare a căldurii la solurile poluate. Căldura poate distruge sau volatiliza produse chimice organice, și gazele sunt extrase prin sonde de colectare pentru captarea și curățare într-o unitate de tratament.

Cele mai importante metode de decontaminare termică sunt injectarea aburului și vitrificarea.

Injectarea aburului

Se urmărește remobilizarea unor poluanți și transformarea acestora într-o formă mai ușor de recuperat. Prin injectarea aburului compușii organici volatili vaporizează, accelerând astfel recuperarea lor. Această tehnologie cuprinde instalația de generare a aburului, puțurile de injecție aburului; puțurile de colectare; instalația de tratare a condensului.

Depoluarea prin injectarea aburului presupune recuperarea aproape în întregime a poluantului, imediat după ce aburul a străbătut toată zona poluată.

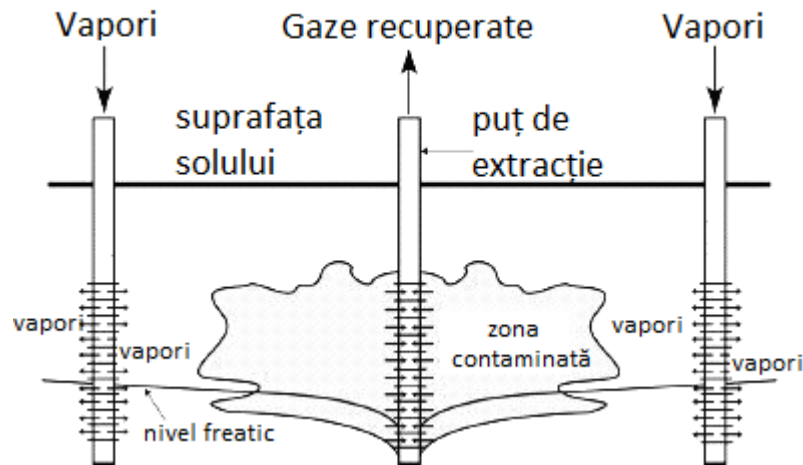


Figura 4.1.1.3.1. Schematizarea tehnicii de injectare de abur [6]

Prin încălzirea solului, compușii organici volatili vaporizează, accelerând astfel recuperarea lor, dar și a compușilor organici semivolatili. Solubilitatea în apă este influențată de temperatură, creșterea temperaturii determinând creșterea solubilității și deci creșterea concentrației poluantului în apă, astfel că se mărește viteza de depoluare prin pompare [6]. Adsorbția este o reacție exotermă și astfel, o creștere a temperaturii reduce, de regulă, adsorbția.

Vitrificarea

Procedeu constă în topirea solului la temperaturi înalte și transformarea acestuia, după răcire, într-un material vitros, inert și stabil din punct de vedere chimic.

Vitrificarea este un procedeu termic, dar poate fi încadrat și în rândul procedeelelor de stabilizare și inertare, dacă este privit prin prisma obiectivului urmărit.

Vitrificarea solului se obține prin introducerea în zona contaminată a patru electrozi dispuși în care și alimentați la o sursă de curent electric. Deoarece solul în stare uscată nu este un conducător de electricitate, între electrozi se pune la suprafață un strat de foițe de grafit și sticlă friată. Acest strat are rolul de a demara și activa reacția termică din sol. Zona contaminată este supusă unor temperaturi de cca 2000°C. La astfel de temperaturi solul format preponderent din aluminosilicați se transformă într-o sticlă în care toți compușii prezenți sunt topiți sau vaporizați. Pe măsură ce zona topită se extinde, încorporează elementele nevolatile, în timp ce produșii organici sunt distruși prin piroliză.

Deasupra zonei în curs de decontaminare se instalează un capac, prevăzut cu o gură de aspirație a gazelor rezultate în timpul reacției. Aceste gaze sunt tratate separat, funcție de specificul poluanților din componența lor. După terminarea reacției chimice și după răcirea materialului topit, acesta se află într-o stare stabilă fiind inert din punct

de vedere chimic și lipsit de elemente lixiviabile. El este foarte asemănător, din punct de vedere al stabilității, cu un granit.

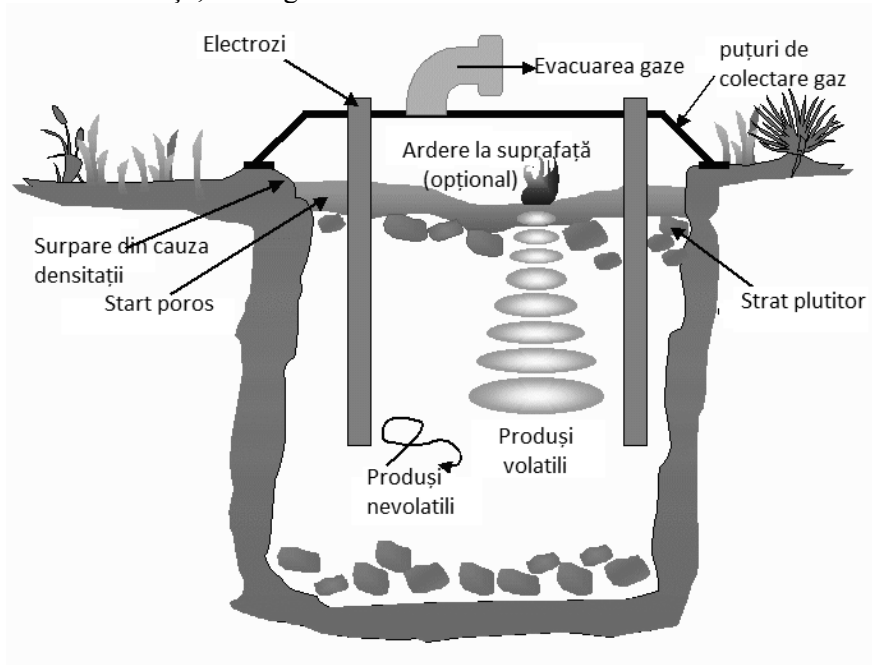


Figura 4.1.1.3.2. Schematizarea procesului de vitrificare [16]

Aplicabilitate:

- Acest procedeu de decontaminare in situ a solurilor poluate este aplicat în faza de laborator și pilot.

Limitări:

- transformarea solului într-o rocă sterilă, impermeabilă, fără valoare agricolă;
- riscul provocării unei migrări a poluanților în afara zonei contaminate, din cauza temperaturilor ridicate, utilizate în proces,
- costul ridicat al decontaminării, generat de necesitatea asigurării unui important potențial energetic.

4.1.2 Tehnologii de remediere a solurilor, aplicate *ex situ*

4.1.2.1 Remedierea biologică a solurilor ex situ

Bioremedierea *ex situ*

Avantajele bioremedierii "*ex situ*":

- permit în mai mare măsură supravegherea condițiilor în care se desfășoară procesul;

- fac poluanții mai ușor accesibili pentru distrugere sau eliminare;
- permit un control mai accesibil al emisiilor și deșeurilor rezultate din remediere.

Dezavantajele principale ale tratamentelor "ex situ" sunt:

- nevoia de excavare a terenului și eventual de transport și manipulare repetată a materialului excavat;
- unele tratamente pot modifica structura și compoziția stratului de sol sau a rocilor și limitează astfel refolosirea lor. De exemplu, un tratament agresiv precum incinerarea modifică compoziția, structura și fertilitatea solului și chiar proprietățile geotehnice ale rocilor.

Câteva dintre tehnologiile de bioremediere a solului care se pot aplica *ex situ* sunt următoarele:

- bioreactoare;
- biopile;

Bioreactoare

Bioreactoarele sunt sisteme proiectate în care contaminanții sunt degradați, într-un mediu specific, cu ajutorul microorganismelor. Tratarea în *bioreactor* presupune introducerea solurilor poluate, condiționate sub formă de nămol, într-un reactor, prevăzut cu sisteme de agitare și de aerare. Solurile excavate necesită mai întâi o preparare mecanică adecvată: omogenizare, mărunțire.

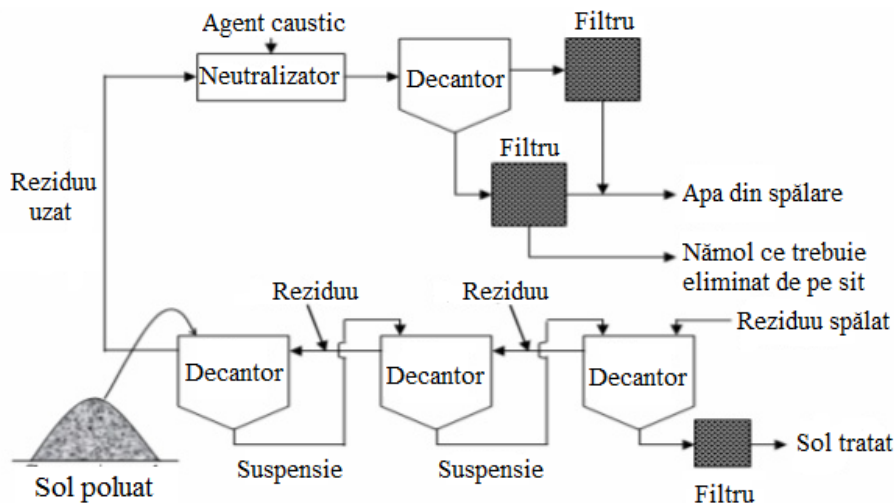


Figura 4.1.2.1. Etapele degradării într-un bioreactor

Solul este plasat într-un reactor cu un raport sol / mediu nutritiv lichid ce permite formarea unei suspensii de sol. Particulele de sol sunt amestecate și ținute în

suspensie într-un mediu nutritiv lichid sub un flux permanent de aer comprimat care promovează omogenizarea și oxigenarea suspensiei de sol. Urmează o separare lichid/solid, faza lichidă fiind supusă tratării poluanților dizolvați.

Aplicabilitate:

- îndepărtarea rapidă și relativ completă a componentelor poluate;
- asigură condiții optime de desfășurare și conducere a procesului de biodegradare (pH, temperatură, umiditate, adaos de nutrienți, timp de reacție, etc.),

Limitări:

- cost ridicat al transportului
- necesitatea excavării și pregătirii solului.

Biopile

Tratamentul cu biopile presupune ca solurile excavate să fie amestecate cu amendamente și plasate în zone de tratare care includ sisteme de colectare a apelor de infiltrație și sisteme de aerare.

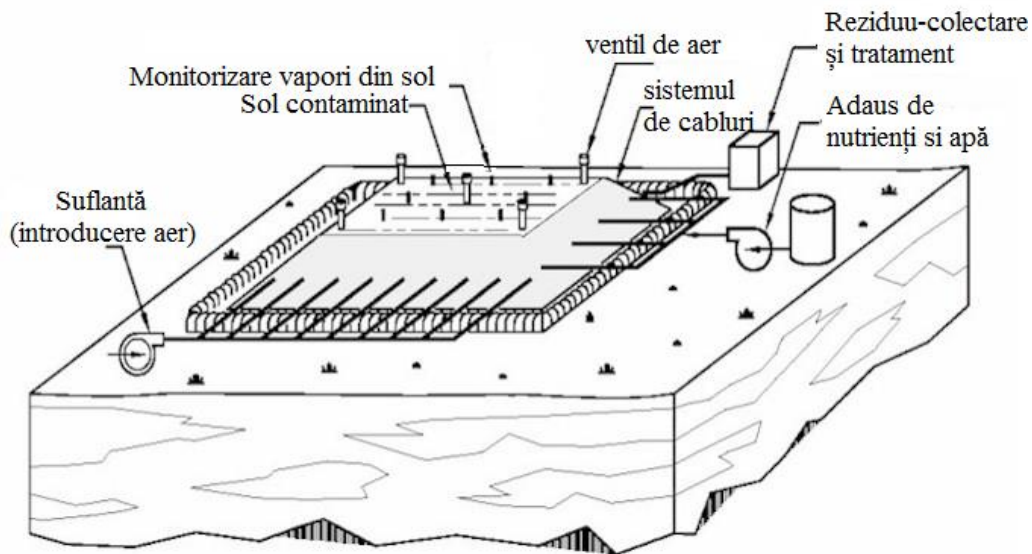


Figura 4.1.2.2. Schema unei biopile [7]

Tehnologiile cu biopile, cunoscute și sub denumirea de *biocelule*, sau *grămezi de compost*, sunt folosite pentru a reduce prin biodegradare concentrațiile de constituenți petrolieri din solurile excavate. Această tehnologie presupune adunarea solurilor contaminate în grămezi (sau "celule"), precum și stimularea activității

microorganismelor aerobe din sol prin aerare și / sau adăugarea de minerale, substanțe nutritive și umiditate. Biopilele sunt similare cu lurările agricole (landfarms) în măsura în care ambele sunt sisteme ingineresti care lucrează asupra solului de la suprafață și folosesc oxigenul, în general provenit din aer, pentru a stimula creșterea și reproducerea de bacterii aerobe, care, la rândul lor, degradează elementele constitutive petroliere adsorbite pe sol. În timp ce în procedura de “landfarms” aerarea se realizează prin arat sau arătură, biopilele implică forțarea aerului care se deplasează prin injecție sau extracție prin fantele conductelor plasate de-a lungul fiecărei pile [19].

Uniformitatea fluxului de aer este o condiție esențială în menținerea unui echilibru optim în cazul aerării unui sol prin metoda biopile, condiție asigurată prin utilizarea sistemului cu ventilare verticală [19].

Zona de tratament va fi în general acoperită sau păstrată cu un liner impermeabil pentru a reduce la minim riscurile de scurgere a poluanților pe solul necontaminat.

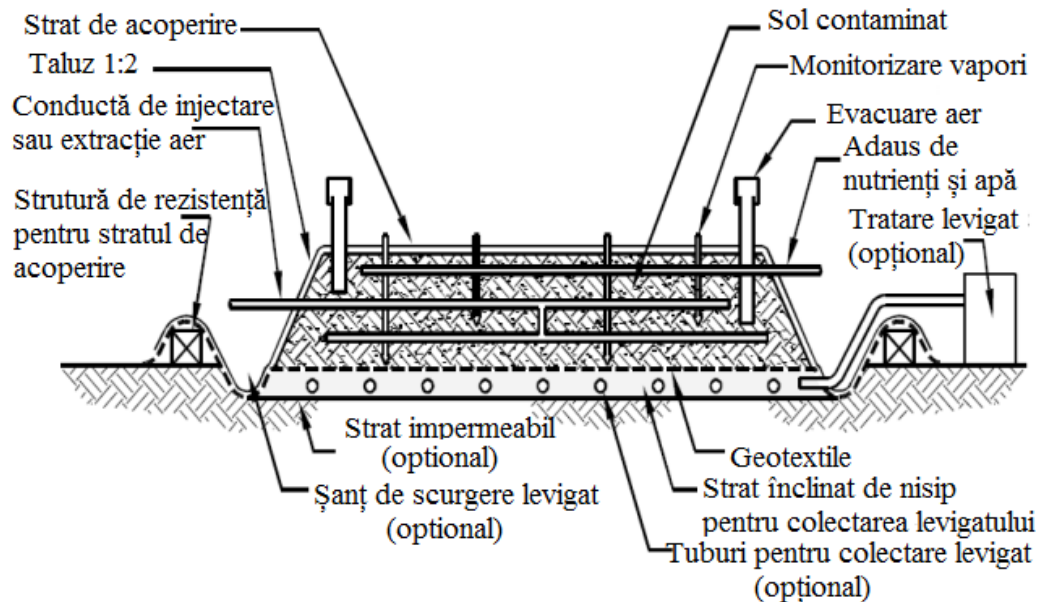


Figura 4.1.2.3 Secțiune printr-o biopilă [7]

Limitări:

- Este necesară excavarea solurilor contaminate,
- Este necesar a se testa gradul de tratare în vederea determinării biodegradabilității poluanților, asigurării unei oxigenări adecvate și necesarului de nutrienți,
- Fiind un procedeu static tratarea, respectiv decontaminarea poate fi neuniformă, comparativ cu procesele care necesită amestecare periodică,

- Riscul dispersării parțiale a poluanților în timpul lucrărilor de evacuare, încărcare, transport și descărcare.

Land farming

Metoda **land farming** constă în depunerea solurilor poluate cu produse organice, adesea de origine petrolieră, pe o suprafață pregătită în avans. Depunerea se face într-un strat de grosime redusă (câțiva zeci de centimetri) pe zone bine izolate, pentru protejarea subsolului de orice risc de infiltrare.

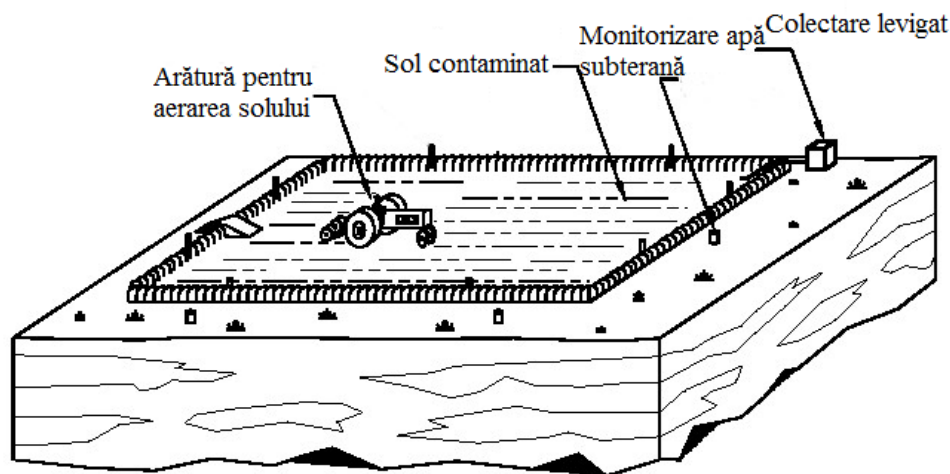


Figura 4.1.2.4 Schema tehnologiei land farming [20]

Această tehnică a fost folosită de mulți ani în gestionarea și eliminarea prin manevre de excavare a nămolului uleios și altor deșeuri de la rafinăriile de petrol. Echipamentele utilizate sunt cele tipice utilizate în operațiunile agricole. Aceste activități agricole pe terenurile cultivate au rolul de a spori degradarea microbiană a compușilor periculoși. Ca o regulă de bază, cu cât greutatea moleculară a compusului poluant este mai mare (adică are mai multe inele dintr-o hidrocarbură aromatică policiclice), cu atât este mai lentă rată de degradare [20].

Eficacitatea acestei tehnici depinde de caracteristicile contaminantului, de caracteristicile solului și disponibilitatea terenurilor. De aceea în primul rând acești parametri trebuie să fie determinați și în consecință poate fi evaluată preabilitatea tehnicii landfarming pentru un anumit sit contaminat. Dacă acești parametri sunt mai puțin optimi, procedeul landfarming poate fi utilizat cu condiția să existe anumite ajustări operaționale, cum ar fi modificări ale pH-ului solului.

Aplicabilitate [20]:

- Este una dintre cele mai simple tehnici de tratare care nu necesită abilități avansate pentru a funcționa în mod eficient.
- Se pretează pentru decontaminarea celor mai mulți constituenți ai petrolului, fie că sunt volatili, cum este benzina, semivolatili (motorina) sau nevolatili (uleiuri de ungere și de încălzire).

Limitări:

- Nu este o tehnică pretabilă pentru zonele rezidențiale,
- Condițiile care influențează biodegradarea poluanților (temperatura, apa ploilor) nu pot fi controlate, ceea ce prelungește durata de finalizare a remedierii,
- Poluanții volatili, de exemplu solvenții, trebuie tratați în prealabil deoarece s-ar putea evapora în atmosferă și ar produce poluare.

4.1.2.2 Remedierea chimică a solurilor ex situ

Remedierea chimică ex situ a solurilor presupune operația de excavare a solului contaminat și transportul acestuia într-o unitate / zonă de tratare, ceea ce presupune costuri suplimentare generate de aceste operații. Acest tip de remediere este totuși fezabil din punct de vedere al costurilor, întrucât se poate controla gradul de realizare al decotaminării.

Metodele chimice bază ce pot fi aplicate ex situ sunt: spălarea solurilor, imobilizarea chimică, extracția cu diverși solvenți, oxidarea chimică, etc. Principiile acestor metode au fost descrise la capitolul de remediere chimică in situ.

4.1.2.3 Remedierea termică a solurilor ex situ

Cea mai întâlnită metodă de remediere prin procedee termice ex situ a unui sol contaminat este incinerarea.

Incinerarea poluanților din sol Arderea poluanților, ca mijloc de depoluare a solurilor contaminate este un procedeu mai scump decât desorbția deoarece temperaturile de lucru depășesc 1000°C pentru a asigura distrugerea poluantului organic și obținerea produselor finale ale degradării sub formă de CO₂ și H₂O.

În cazul poluării solului cu produse policlorurate de bifenili (PCB) la arderea acestora apar aceleași probleme ca la arderea reziduurilor menajere: dioxinele și furanii (PCDD și PCDF - cancerigeni).

Instalația de incinerare a solurilor trebuie prevăzută cu coloane de denoxare și electrofiltre pentru reținerea metalelor grele, similare cu cele realizate la epurarea gazelor de ardere a reziduurilor menajere.

Pierderea poluanților prin ardere este însoțită de distrugerea componentelor organici ai solului astfel că după decontaminare solul nu mai este apt pentru utilizări agricole.

4.2 Tehnologii de tratare ale acviferelor contaminate

4.2.1 Tehnologii de remediere a acviferelor, aplicate in situ

4.2.1.1 Remediere biologică a acviferelor in situ

Bioremedierea prin bioaugmentare

Atunci când se folosește metoda de bioremediere prin bioaugmentare de cele mai multe ori se injectează oxigen și nutrienți pentru a accelera capacitatea metabolică a microorganismelor, ciupercilor, bacteriilor de a produce enzime ce vor descompune enzimatic materialele contaminante în subcompuși cu o toxicitate redusă.

Rata de bioremediere a poluanților organici cu ajutorul microbilor este augmentată de creșterea concentrației de acceptori de electroni și de nutrienți din pânza freatică [4]. Oxigenul este principalul acceptor de electroni pentru bioremedierea aerobă. Nitrații servesc ca acceptor de electroni opțional în condiții anaerobe.

Barbotarea de aer sub masa de apă crește concentrația de oxigen din pânza freatică și mărește rata de degradare biologică a poluanților organici cu ajutorul agenților microbieni care apar natural.

Aria zonei de tratare la utilizarea bioremedierii unui acvifer poate fi mai mare decât în cazul utilizării altor tehnologii de remediere, întrucât tratarea urmează mișcarea acviferului și poate atinge zone care altfel ar rămâne inaccesibile.

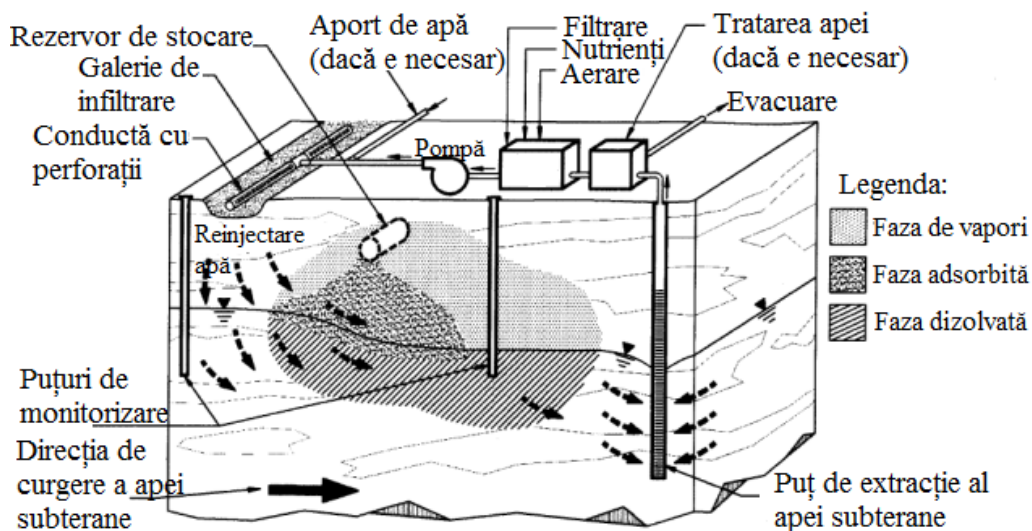


Figura 4.2.1.1.1. Schema unui proces de bioaugmentare a unui acvifer [7]

În general, acceptorii de electroni și substanțele nutritive sunt cele două componente critice ale oricărui sistem ce necesită depoluare. Într-un sistem tipic de bioremediere in situ, apa subterană este extrasă cu ajutorul uneia sau mai multor sonde și, dacă este necesar, tratată pentru eliminarea constituenților reziduali dizolvați. Apele subterane tratate, ulterior sunt amestecate cu un acceptor de electroni sau cu substanțe nutritive (sau alți constituenți dacă este necesar), și reinjectate sub presiune în interiorul sursei de contaminare. Acest sistem ideal recirculă continuu apa până când sunt atinse concentrațiile de curățare. În cazul în care nu este permisă reinjectarea apei subterane tratate, poate fi injectată apă proaspătă, amestecată cu un acceptor de electroni sau cu nutrienți. Apa extrasă care nu este reinjectată trebuie să fie evacuată, în mod obișnuit în apele de suprafață sau poate fi utilizată în alte fluxuri tehnologice, dacă există proprietăți publică în zonă, care ar putea folosi aceste ape convențional curate.

Aplicabilitate:

- Contaminanții pot fi complet transformați în substanțe total inofensive.
- Se pretează pentru decotaminarea acviferelor poluate cu COV și SCO Vnehalogenati și combustibili.

Limitări:

- Dacă este aplicată în mod inadecvat, sondele de injecție se pot colmata ca urmare a creșterii microbiene intense datorită adaosurilor de nutrienți,
- Dat fiind că barbotarea cu aer sporește presiunea în zonele nesaturate, vaporii se pot acumula în bazine care constituie în general zone de presiune scăzută.

Barbotare cu aer (air sparging)

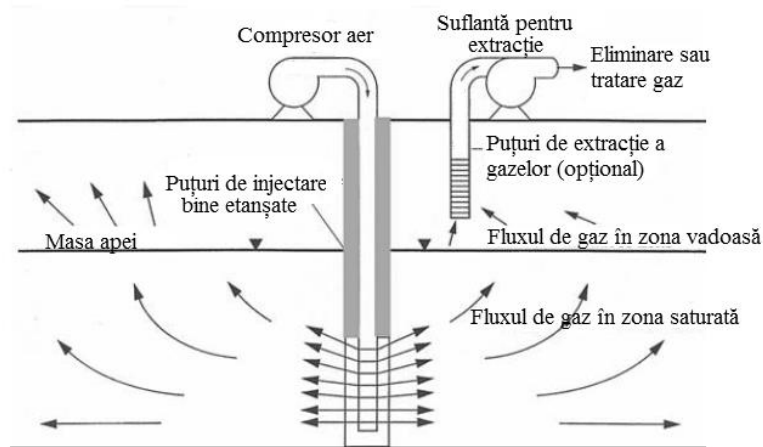


Figura 4.2.1.1.2. Schema remedierii acviferelor prin barbotare cu aer [6]

Atenuarea naturală monitorizată

Atenuarea naturală se bazează pe capacitatea microorganismelor indigene, prezente în zonele contaminate, de a reface zona contaminată, în timp, prin metabolizarea contaminanților și transformarea acestora în compuși netoxici. Reprezintă un proces lent care necesită stoparea sursei de poluare sau limitarea acesteia. În mediul subteran se produc, în mod natural, o serie de procese fizice, chimice și biologice, cum ar fi diluția, volatilizarea, biodegradarea, adsorbția, reacții chimice între componentele acviferului, care, în timp, duc la scăderea concentrației poluantului la valori acceptabile, sub limita admisibilă. Deși atenuarea naturală decurge în majoritatea siturilor poluate, este necesară existența unor condiții corespunzătoare pentru depoluare, altfel aceasta va fi incompletă sau insuficient de rapidă. Este necesară testarea sau monitorizarea acestor condiții pentru a verifica fezabilitatea atenuării naturale. ANM se pretează cel mai bine pentru utilizare în zonele în care sursa de poluare a fost îndepărtată. ANM nu este sinonimă cu „neluarea nici unei măsuri”, deși aceasta este percepția cea mai frecventă. Atenuarea naturală presupune totuși activități de monitorizare și instituire a unor măsuri de reglementare și restricționare a dezvoltărilor în zona contaminată.

Caracterizarea amplasamentului pentru aplicarea atenuării naturale este, în unele cazuri, mult mai complexă și mai costisitoare decât în cazul tehnicilor active de remediere. Pentru asigurarea succesului aplicării atenuării naturale, cea mai importantă componentă este un sistem de monitorizare care va include cel puțin un rând de puturi de monitorizare pe axa longitudinală a penei de poluant, precum și cel puțin un rând de puturi perpendicular pe această axă. De asemenea, se vor prevedea și puțuri „santinelă”, pentru urmărirea extinderii penei de poluare [10].

Poluanții susceptibili la eliminare prin ANM sunt compușii organici volatili și semivolatili (COV, COSV) precum și hidrocarburile existente în combustibili, anumite categorii de pesticide, precum și unele metale grele (Cr, de ex.) dacă există condiții de imobilizare a acestora prin modificarea stării de oxidare.

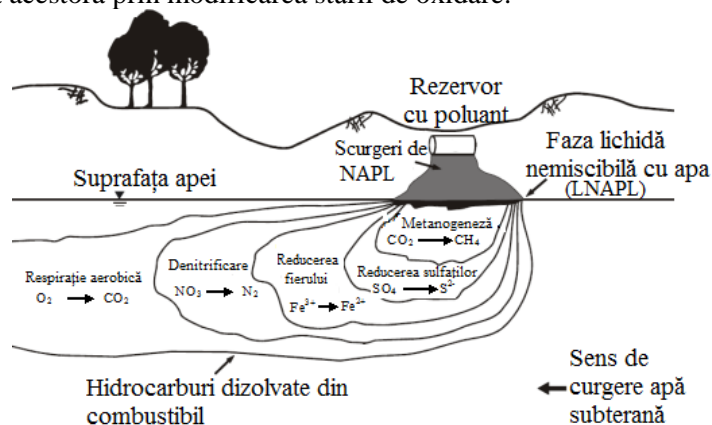


Figura 4.2.1.1.3. Schematizarea proceselor din subteran, în atenuarea naturală [10]

Aplicabilitate:

- generarea sau transferul redus de deșeuri;
- impactul redus asupra siturilor (nu se intervine cu structuri construite);
- aplicabilitate totală sau parțială într-un anumit sit, în funcție de condițiile concrete și de obiectivul remedierii;
- posibilitatea utilizării împreună sau după alte măsuri active de remediere;
- costuri globale mai reduse decât în cazul remedierii active.

Limitări:

- produsele intermediare ale degradării pot fi mult mai mobile și mai toxice decât poluantul inițial;
- poate fi folosită numai în zonele care nu prezintă riscuri - monitorizarea pe termen lung, cu costurile aferente;
- poluanții pot migra înainte de a fi degradați;
- compușii aflați în fază liberă trebuie recuperați;
- o serie de compuși anorganici pot fi imobilizați, dar nu pot fi degradați.

4.2.1.2 Remedierea termică a acviferelor in situ

Tehnici bazate pe încălzirea substratului contaminat în vederea mobilizării și extragerii compușilor contaminanți. În unele cazuri metodele termice pot conduce chiar la inactivarea compușilor (de către activitatea microorganismelor) sau imobilizarea acestora într-o formă mai stabilă.

Cele mai utilizate tehnici de remediere termică sunt injectarea aburului, undele radio.

Principiul metodei termice de injectare a aburului a fost descris la subcapitolul de remediere termică a solurilor in situ.

4.2.1.3 Remedierea chimică a acviferelor in situ

Prin metode chimice de remediere are loc imobilizarea compușilor poluanți la locul de contaminare prin oxidarea sau reducerea lor în forme mai stabile, netoxice.

Metodele care urmăresc transformarea și imobilizarea poluanților constau în utilizarea unor agenți chimici care oxidează sau reduc poluanții la forme mai puțin toxice / netoxice și îi imobilizează în mediul subteran, în scopul diminuării migrației acestora și implicit a ariei de extindere a poluării. Ca agenți de reducere sunt folosiți cel mai frecvent dioxidul de sulf, sulfitii, fierul metalic, zincul și sulfatul feros. Metodele care se bazează pe oxidare chimică sunt concepute să distrugă contaminanții organici (cum ar fi anumite pesticide) dizolvați în apa subterană, ad/absorbiți pe matricea solidă a acviferului, sau prezenți în faza liberă (cum ar fi benzina). Agenții oxidanți cel mai frecvent utilizați în metodele bazate pe oxidare chimică includ peroxidul de hidrogen (H_2O_2), permanganatul de potasiu ($KMnO_4$), ozonul (O_3) și

persulfatul ($\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$). De asemenea, mai este folosit și peroxonul, care este o combinație de ozon și peroxid de hidrogen.

Metodele de spălare a mediului subteran au în vedere alimentarea mediului subteran poluat cu agenți chimici în scopul mobilizării/dizlocării poluanților de către aceștia în curentul de apă natural sau având un gradient hidraulic amplificat artificial prin activități de sucțiune – injectare de apă din/în subteran. Apa subterană pompată la suprafață este deci tratată ex-situ, putând fi reintrodusă ulterior în circuit. Agenții chimici introduși în subteran prin puțuri de injecție, drenuri sau bazine de infiltrare reduc tensiunile interfaciale poluant - matrice solidă a mediului subteran, reduc tensiunile superficiale ale poluanților favorizând astfel diminuarea volumului particulelor lichide de polant nemiscibile cu apa subterană, măresc solubilitatea poluanților și diminuează vâscozitatea acestora. Toate aceste aspecte favorizează transportul poluanților prin porii matricei solide până la sorbul pompelor de sucțiune/aspirație. Metoda este aplicată în principal în situațiile în care este vorba despre poluanți cu solubilitate redusă în apă: punji de NAPL (non aqueous phase liquids – lichide nemiscibile cu apa), poluanți adsorbiți etc. [10]

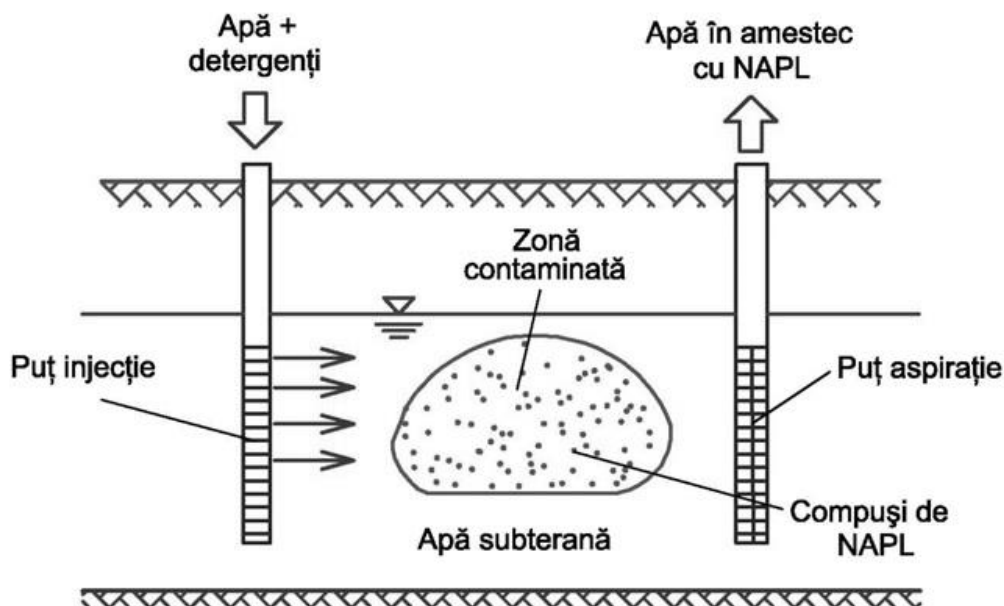


Figura 4.2.1.3.1 Schematizarea procesului de spălare a unui acvifer [10]

Agenții chimici utilizați pentru spălarea matricei solide a mediului subteran pot fi: detergenți – substanțe chimice ale căror molecule facilitează creșterea solubilității în apă a poluanților, dizolvându-i în curentul subteran, și cosolvenți – substanțe chimice care în contact cu apa măresc solubilitatea unor compuși organici, reduc factorul de întârziere al NAPL (factorul de întârziere caracterizează deplasarea mai lentă a unui poluant în zona saturată decât mediul său de transport – apa, datorită unei varietăți de

factori cum ar fi: tensiuni interfaciale, forțe electrostatice de atracție- respingere, adsorbție/absorbție, reacții chimice etc.) și favorizează degradarea acestora [10].

Aplicabilitate:

- se aplică în cazul poluanților cu solubilitate redusă.

Limitări:

- eficiența spălării mediului subteran depind în principal de structura chimică a detergenților și cosolvenților folosiți, concentrația de injecție a acestora în subteran, condițiile hidrogeochimice locale, proprietățile fizico-chimice ale poluantului, temperatură, etc.

4.2.2 Tehnologii de remediere a acviferelor, aplicate ex situ

Tehnicile de remediere *ex-situ* au toate un element comun și anume pomparea apei din zona penei poluate, transportul acesteia într-un alt loc, unde urmează să fie tratată pentru îndepărtarea poluanților. Ceea ce poate diferenția aceste tehnici sunt metodele de tratare a apei, odată adusă la suprafață. Din punct de vedere al parametrilor de calitate obținuți, aceste metode par să convină cel mai mult, întrucât oferă cel mai bun control al eficienței depoluării.

4.2.2.1 Remediere biologică a acviferelor, aplicată ex situ

Prin diverse tehnici de decontaminare ex situ a acviferelor poate fi realizată decontaminarea totală, însă aceste tehnologii presupun costuri ridicate (extragere, transport, decontaminare). Tehnologia este destul de dificilă, implicând suficiente limitări, însă poate fi aplicabilă obiectivelor importante, grav contaminate.

Bioreactoare

Biodegradarea cu ajutorul bioreactoarelor constă în decontaminarea apei în instalații speciale constituite din reactoare biologice (cuve închise, bazine, conducte de legătură, etc).

Bioreactoarele degradează poluanții din apă cu ajutorul microorganismelor în sisteme biologice fixate sau suspendate. În sistemele de creștere suspendate (nămolul activat) apa contaminată este circulată printr-un bazin de aerisire în care o populație microbiană degradează aerob materiile organice și produce CO₂, H₂O și celule noi. Celulele formează un mâl care se stabilizează într-un decantor și se poate recicla către bazinul de aerisire sau se poate evacua. În sistemele fixate, cum ar fi bioreactorii cu peliculă fixați în amonte, reactorii biologici rotativi sau filtrele percolatoare, microorganismele se stabilizează pe un suport inactiv pentru a degrada aerob poluanții din apă.

Aplicabilitate:

- obținerea unor randamente relativ ridicate de depoluare;

- se asigură condiții optime de desfășurare și conducere a procesului de biodegradare (pH, temperatură, umiditate, adaos de nutrienți, timp de bioreacție etc);
- se poate realiza cu ușurință amestecarea mediului contaminat cu microorganisme și nutrienți, precum și aerarea mediului din bioreactor;
- microorganismele utilizate în proces se pot recircula în amonte fluxului tehnologic de decontaminare, fapt ce generează importante economii materiale.

Limitări:

- sunt legate de specificul procedeele aplicabile pe sit (necesită pomparea apei subterane, etc.),
- Reziduurile din procesele pe bază de nămol necesită tratare sau evacuare,
- Concentrațiile foarte mari de poluanți pot fi toxice pentru microorganisme.

Biofiltre

O altă tehnologie aplicată ex situ pentru decontaminarea acviferelor este folosirea biofiltrelor, biofiltrarea reprezentând o tehnologie de remediere aplicabilă cu precădere pentru tratarea apelor industriale contaminate sau efluenților rezultați ca urmare a acțiunii pluviale asupra haldelor de steril minier. Metoda se bazează pe interpunerea unor filtre biologice, fixate pe un suport (biofilme), cu capacități de reținere și/sau metabolizare a poluantului. Utilizarea unor biofiltre în cascadă sporește eficiența decontaminării.

Bioremedierea cu ajutorul biofiltrelor presupune tratamentul “de aerisire” a apelor reziduale poluate ce constă într-un strat de medii foarte permeabile, un distribuitor de apă și un sistem de drenare subterană. Apele reziduale sunt distribuite deasupra stratului filtrant prin care trece apa reziduală. Poluanții organici din apă vor fi degradați de microorganisme și vor adera la filtru. La trecerea apei uzate prin suportul solid al filtrului, aceasta este aerisită, iar poluanții organici sunt degradați de microorganismele atașate la suprafața suportului. Sistemul de drenare subterană este folosit pentru colectarea apei tratate și a oricărei biomase detașate din filtru. Biofiltrul este totodată și suprafață poroasă prin care poate circula aerul.

Biofiltrarea reprezintă o tehnologie de remediere aplicabilă cu precădere pentru tratarea apelor industriale contaminate sau efluenților rezultați ca urmare a acțiunii pluviale asupra haldelor de steril minier. Metoda se bazează pe interpunerea unor filtre biologice, fixate pe un suport (biofilme), cu capacități de reținere și/sau metabolizare a poluantului. Utilizarea unor biofiltre în cascadă sporește eficiența decontaminării [10].

Dacă am face referire la biodegradarea apelor uzate (industriale, orășenești, menajere), procesul ar putea avea loc fie spontan (in situ), prin autoepurare, fie

controlat (ex situ), în ultimul caz, epurarea având loc în stații de epurare și presupunând mai multe trepte:

- Preepurare – îndepărtarea solidelor grosiere, deznisiparea, separarea grăsimilor, auleiurilor și a alor substanțe nemiscibile cu apa

- Epurarea primară – mecanică și mecanico – chimică – eliminarea materiilor în suspensie prin sedimentarea acestora în bazine de decantare. Suspensiile depuse formează nămolul, iar apa decantată este reciclată ca atare sau trecută în alte trepte de epurare. Pentru a se grăbi procesul de sedimentare și a-i crește eficiența, în bazinele de sedimentare se pot introduce așa numitele *substanțe coagulante*: sulfatul de aluminiu tehnic, hidroxidul de calciu, sărurile de fier, zgura de la fabricarea aluminei, polielectroliți, etc.

- Epurarea secundară

- ✓ în biofiltre: pe suporturi din materiale dure (piatră, zgură, mase plastice) se dezvoltă o membrană biologică alcătuită din microfloră complexă și foarte activă, cu o extraordinară capacitate de biodegradare a suportului organic. Apa uzată este trecută peste aceste filtre și debarasată de impurități organice cu un randament de cca 80%. Oxigenarea biofiltrelor este obligatorie. Deși au eficiență bună, se utilizează în unitățile cu volume mici de apă uzată

- ✓ în bazine de aerare cu nămol activat – se amestecă apa uzată cu nămol activat, aerat și agitat în bazine speciale. Nămolul activ este o biocenoză complexă ce include bacterii, protozoare (flagelate, ciliate, metazoare (nematode, rotifere) și ciuperci. De remarcat că deși biocenoza cuprinde cam aceleași specii, ea prezintă o compoziție relativ specială pentru fiecare categorie de apă uzată.

- Epurarea terțiară - Ținând cont de faptul că toate plantele verzi sunt capabile să absoarbă substanțe organice și să prelucreze anumiți produși intermediari rezultați, s-a găsit posibilitatea unei a treia trepte de epurare biologică, de data aceasta nu în biofiltre, ci în așa numitele “*iazuri biologice*” care sunt utilizate pentru epurarea simultană mecanico-biologică sau numai biologică a apelor epurate mecanic. Ca și principiu acestea se bazează pe puterea naturală de autoepurare a apei [14], mai ales în cazurile în care apa trebuie restituită unor emisari în care s-ar putea dezvolta procese de eutrofizare (lacuri) sau în legătură cu problema reciclării apei în circuitul tehnologic [12].

Materialul contaminat este condus în aceste stații în care se aplică tehnici (mecanice / chimice / termice) de decantare, filtrare și inactivare a substanțelor contaminante.

Aplicabilitate:

- Instalațiile sunt complet automatizate
- Eficiență foarte ridicată a randamentului de filtrare.

Limitări:

- Particulele grosiere pot distruge structura filtrelor sau le pot infunda.

4.2.2.2 Remedierea termică a acviferelor, aplicată ex situ

Tratare termică poate fi folosită pentru diferite tipuri de poluanți, în special produse petroliere și poluanți organici având o serie de avantaje: implementare ușoară și rapidă; distruge compușii poluanți; permite re folosirea pământului depoluat.

Tehnologia este comună cu cea de remediere a solurilor ex situ.

4.2.2.3 Remedierea chimică a acviferelor, aplicată ex situ

Prin procedee chimice se realizează grăbirea proceselor din prima treapă de epurare - epurarea primară. Pentru a se grăbi procesul de sedimentare și a-i crește eficiența, în bazinele de sedimentare se pot introduce așa numitele *substanțe coagulante*: sulfatul de aluminiu tehnic, hidroxidul de calciu, sărurile de fier, zgura de la fabricarea aluminei, polielectroliți.

De asemenea în cea de-a treia etapă de epurare intervin diverse procese chimice:

- Adsorbție - fenomen de reținere pe suprafața unui corp denumit adsorbant a moleculelor unei alte substanțe, denumite adsorbat,
- Neutralizare - aplicată apelor uzate acide sau alcaline în scopul aducerii pH-ului la valorile admise de norme, în primul caz folosindu-se ca neutralizanți laptele de var, dolomita calcinată, iar în cel de-al doilea caz - gazele de ardere - datorită conținutului lor în CO₂, CO₂ îmbuteliat sau acizi reziduali industriali;),
- Extracția - bazată pe solubilitatea selectivă a unor componenți chimici ai apei uzate în care se introduce un solvent, care permite în final, după sedimentarea particulelor solide, realizarea a două straturi lichide: rafinatul și extractul, extractul reprezentând componentul ce trebuie extras, în amestec cu solventul, strat care se separă prin procedee tehnice adecvate și din care se recuperează apoi solventul.
- Spumarea, bazată pe formarea de spume în care are loc acumularea unor impurități prezente în apă: ea este stimulată prin procedee de insuflare de aer în masa apei uzate și dă rezultate în cazul substanțelor poluante superficiale active, care au capacitatea de a micșora tensiunea superficială a apei, cum ar fi detergenții, proteinele sau compușii lor de descompunere:
- Osmoza inversă, constând în folosirea principiului osmozei directe, bazat pe trecerea apei printr-o membrană permeabilă pentru apă, dar impermeabilă pentru săruri, dinspre soluția diluată către soluția concentrată sub efectul unei diferențe de presiune, dar cu inversarea sensului - dinspre apa cu impurități către soluția diluată, printr-un joc corespunzător al presiunilor, permițând obținerea apei curate, dintr-una bogată în săruri;
- Schimbul ionic, bazat pe proprietatea unor materiale de a schimba, sub influența unor ape mineralizate conținând săruri ionizante, ionii din apa cu ionii proprii, realizând astfel demineralizarea apei. Procedeele sunt costisitoare și se aplică în practică pentru tratarea apelor de alimentare, pentru eliminarea ionilor de metale grele și recuperarea unor materiale valoroase sau în zonele cu deficit mare de apă în care se

impune o epurare completă a apei de substanțe reziduale neeliminate prin alte metode de epurare;

- Oxidarea chimică - reprezintă cea mai avansată formă de îndepărtare a impurităților, realizată prin oxidarea lor completă, până la produși minerali simpli (bioxid de carbon, oxizi de azot etc) Se utilizează pentru aceasta o gamă largă de produși chimici cu proprietăți oxidante (ozonul, apa oxigenată și clorul cu produșii săi: bioxidul de clor, hipocloritul etc).

- Electro-dializa - constând din electroliza apei impurificate introdusă într-un compartiment separat de electrozi prin membrane prin migrarea ionilor spre electrozii către care au afinități, în compartimentul central se realizează o scădere a concentrațiilor de săruri. Demineralizarea prin acest procedeu este numai parțială și poate fi aplicată dacă substanțele organice sunt îndepărtate în prealabil din apa supusă tratării;

- Dezinfecția - definită ca ansamblul de măsuri menite să asigure distrugerea agenților patogeni, astfel încât apa tratată să îndeplinească condițiile de calitate impuse. Se realizează cu agenți care să nu fie toxici pentru oameni și animale, să nu denatureze caracteristicile organoleptice ale apei, convenabile totodată din punct de vedere al costului, iar manipularea, transportul și stocarea să nu prezinte dificultăți, așa cum sunt, de exemplu, clorul și compușii lui, care sunt cei mai frecvent utilizați. Dezinfecția apelor uzate se execută numai în situații excepționale: când se impune o epurare avansată pentru neutilizarea apei, în cazurile certe de transmitere a unor boli infecțioase și parazitare pe calea apelor uzate etc. Este de reținut faptul că orice substanță dezinfectantă utilizată, aduce prejudicii reciclării ulterioare a apelor și nămolului decantat obținute în stațiile de epurare. Dintre dezinfectanții utilizați, menționăm: clorul gazos, varul cloros, clorura de var, cloramina, formolul, soda caustică, acizii minerali (HCl, H₂SO₄) etc. [13]. Strategii în managementul deșeurilor și reziduurilor. Ed. Mesagerul, Cluj Napoca). Pe plan mondial și național s-a experimentat și metoda utilizării radiațiilor ionizante în dezinfecția apelor uzate, dar aceasta încă nu este perfect stăpânită tehnic, economic și ecologic.

4.3 Tehnologii de tratare a aerului contaminat

Procedeele uzuale, de epurare a aerului poluat datorită gazelor rezultate din procesele tehnologice din industrie constau în separarea constituenților nocivi prin:

- sedimentare (camere de desprăfuire);
- impact (separatoare prin impact);
- centrifugare (cicloane)
- procedee umede (hidrocicloane, injectoare-separatoare)
- filtrare (filtre cu saci, cu hârtie)
- procedee electrice (filtre electrostatice)
- procedee sonice (instalații cu separare sonică)

Procedeele de purificare a aerului folosesc îndeosebi două tipuri de metode:

- Fizice – prin procedeele fizice sunt îndepărtate substanțele solide de diferite dimensiuni, substanțele lichide și unele gaze conținute în aer. Acest tip utilizează ca principiu de funcționare: sedimentarea, schimbarea direcției gazelor, filtrarea și electrofiltrarea, aglomerarea și sedimentarea, adsorbția și absorbția.

- ✓ pe cale uscată: principiul detenței, principiul de impact, șoc și inerție, principiul centrifugal, medii filtrante, principii electrostatice.

Purificarea uscată se bazează pe generarea și utilizarea unor forțe speciale active mari, care acționând asupra particulelor, provoacă decantarea (separarea) acestora din curentul de aer sau gaz.

Decantarea bazată pe utilizarea forței gravitaționale constituie principiul de funcționare al camerelor și conductelor de desprăfuire folosite, la procesarea emisiilor poluante care conțin particule solide mari (100 – 200 μ m).

Decantarea bazată pe utilizarea forței centrifuge. Sub acțiunea acesteia, particula din praf tinde să părăsească curentul inițial de poluant.

- ✓ pe cale umedă: spălătoare, filtre umede, epuratoare cu spumă, separatoare dinamice.

Principiul acestei metode se bazează pe faptul că, la contactul dintre particula de poluant și picături sau suprafețe de apă, sub acțiunea unuia sau mai multor factori fizici (șocuri date de forțele inerțiale, mișcarea browniana, difuzia turbulentă etc.), particulele se umectează, "se scufunda" prin absorbție în masa lichidă și împreună cu aceasta se separă / decantează din curentul gazos inițial. Acest mecanism se desfășoară în instalații convenționale, la epurarea umedă a particulelor relativ mari (peste 3 μ m).

- Chimice. prin spălare, prin reducere, prin separare, prin absorbție și prin adsorbție

4.3.1 Procedee pentru separarea particulelor solide prin sedimentare

Sedimentarea particulelor este unul din cele mai frecvente procedee de epurare a gazelor. Procedeele de epurare prin sedimentare este aplicat și la alte tipuri de instalații, cum ar fi cicloanele, în a căror parte inferioară particulele își continuă procesul de sedimentare. În același mod, la instalațiile de filtrare cu saci, în urma scuturării particulele reținute, cad și se sedimentează. În aceste condiții viteza de sedimentare devine un parametru foarte important.

Camere de desprăfuire

Instalația este compusă dintr-un număr de camere paralelipipedice în care gazul pătrunde cu o anumită viteză, iar după intrare se produce o destindere bruscă, însoțită de o reducere semnificativă de viteză, de la 6÷8 m/s la 1÷2 m/s și chiar până la 0,5 m/s. Camerele de desprăfuire se dovedesc utile pentru particule cu dimensiuni mai mari de 100 μ m. Cea mai simplă cameră de depunere este de formă paralelipipedică, având un horn de evacuare a aerului.

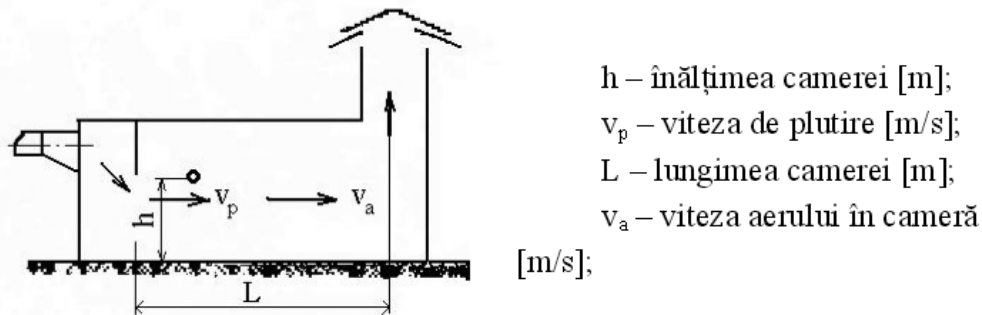


Figura 4.3.1.1. Schema unei camere de desprăfuire

4.3.2 Procedee de separare prin impact

Camere de desprăfuire cu rafturi

Utilajele de separare prin impact sunt camere închise, în care gazul încărcat cu particule solide, circulând pe orizontală întâlnește diverse șicane, pe care particulele le lovesc, tot aici se produce și o destindere bruscă a gazului datorită diferenței mari dintre secțiunea de intrare a gazului și a camerei de desprăfuire. Efectul combinat al celor două fenomene determină sedimentarea.

Pentru a evita formarea turbioanelor și pentru a reduce volumul camerei se construiesc camere cu rafturi. O astfel de cameră de desprăfuire cu rafturi este prezentată în figura 4.3.2.1. Întreaga cameră este umplută cu rafturi așezate pe înălțimea camerei.

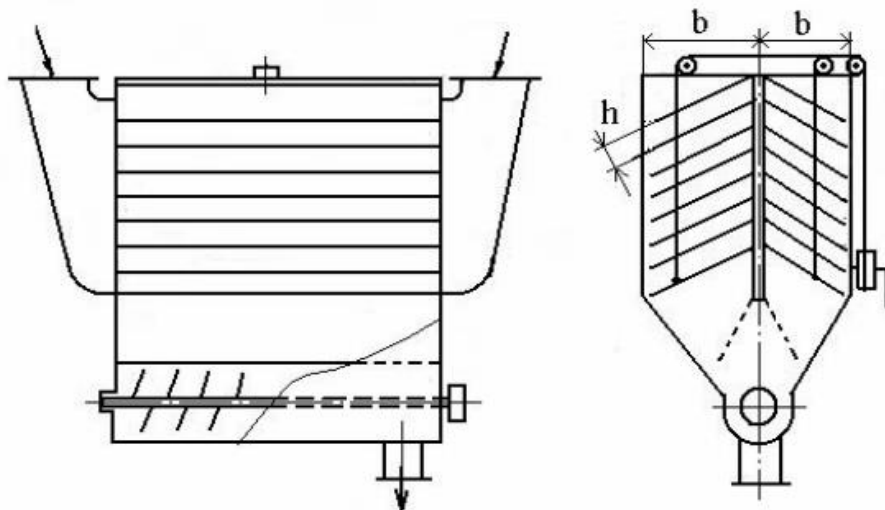


Figura 4.3.2.1. Schema unei camere de desprăfuire cu rafturi

4.3.3 Procedee de separare prin centrifugare

Operația de sedimentare liberă are un randament relativ scăzut, mai ales în cazul particulelor fine. Se constată că viteza de sedimentare a particulei crește prin mărirea masei particulelor (aglomerarea mai multor particule), prin scăderea densității gazului (încălzirea gazului) sau prin creșterea accelerației gravitaționale (prin aspirare). Deoarece primele două metode nu sunt economice se utilizează o a treia metodă și anume creșterea forței centrifuge în cicloane.

Cicloane

Gazele poluate pătrund și se deplasează în ciclon, tangențial datorită unui confuzor amplasat la intrare (fig. 4.3.3.1). Datorită confuzorului și formei cilindro-conice a ciclonului particulele sunt accelerate foarte mult și forța centrifugă crește atingând valori de $5\div 2500$ ori, față de forța gravitațională. Valorile crescute ale forței centrifuge se ating în cicloane cu diametre mici (cca. 10cm). Separarea aerului de particulele solide de material, în cicloane se face datorită fenomenului de centrifugare. Curentul de aer și material pătrund tangențial în ciclon prin conducta 1 și datorită ciocnirii cu pereții exteriori ai ciclonului, particulele de material își reduc viteza și se preling de-a lungul pereților corpului ciclonului 2, depunându-se la baza acestuia de unde sunt evacuate. Aerul iese prin partea superioară a corpului.

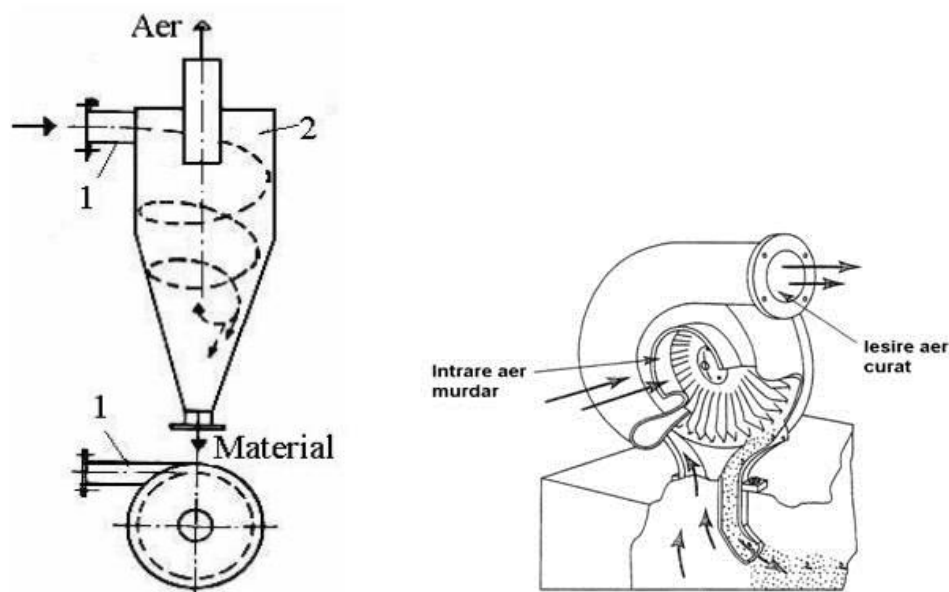


Figura 4.3.3.1. Schema unui ciclon

Multicicloane

Ținând seama că în practică se lucrează cu debite mari de aer a apărut ideea combinării mai multor cicloane de diametru mic într-o singură unitate, numită multiciclon. Multicicloanele se mai numesc baterii de cicloane sau cicloane celulare. S-a constatat că cu cât scade diametrul ciclonului cu atât selectarea particulelor se face pe categorii dimensionale din ce în ce mai fine. Astfel au fost construite cicloane cu diametre din ce în ce mai mici, cuprinse între 0,05÷0,2 m, care au fost montate într-o carcasă comună.

Cicloanele sunt montate în carcasă între două plăci. Gazul poluant se introduce, prin racordul lateral, între cele două plăci de fixare a cicloanelor.

Gazul poluat este purificat simultan în cicloane așa cum a fost descris anterior iar particulele separate sunt evacuate pe la partea inferioară a camerei. Fiecare element a unei baterii de cicloane este prevăzut la partea superioară, central, cu o spirală elicoidală, ce imprimă gazului o mișcare centrifugală descendentă (fig.4.3.3.1 – stânga), sau cu o rozetă (fig.4.3.3.1. - dreapta) care are același rol. În acest caz, pentru obținerea mișcării centrifuge, nu se mai introduce aerul tangențial în cilindrul elementului deciclon ca în cazul ciclului obișnuit. Paleta montată între cilindrul exterior și cel interior al elementului de ciclon, obligă curentul de aer să capete o mișcare centrifugă

Aplicabilitate:

- În general impuritățile care pot fi reținute sunt particulele de praf. Eficacitatea de reținere depinde foarte mult de mărimea particulelor și de greutatea lor specifică. În mod normal, eficacitatea se situează între 85% și 95%.
- În toate procesele industriale unde se produce o cantitate mare de praf: industria lemnului, creșterea animalelor, transport pneumatic, etc.

Limitări:

- Câteodată materialul transportat și trimis către ciclon exercită o acțiune abrazivă în contact cu pereții instalației de transport. În acest caz ciclonul reprezintă punctul cel mai afectat de abraziune. În această situație se adoptă câteva măsuri de precauție.
- Pentru o bună funcționare a multiciclonului, trebuie eliminată tendința de înfundare, care se poate datora unei descărcări nefăcute la timp, a pătrunderii de aer fals în buncăr sau a aderenței materialului. Pentru a elimina adeziunea materialului trebuie să se ia măsuri constructive corespunzătoare: amestecul de aer și material să fie împărțit în mod uniform la elementele ciclonului; concentrația amestecului să nu depășească anumite limite.

4.3.4. Separarea particulelor solide prin procedee umede

Pentru mărirea eficienței instalațiilor de epurare a aerului s-a recurs la umezirea particulelor, ceea ce are drept efect creșterea greutateii lor prin formarea de aglomerate. Astfel sunt realizate granule ce conțin toate dimensiunile de praf, chiar și pe acelea care în mod curent nu pot fi sortate în cicloanele uscate. Ele se depun prin sedimentare sub formă de nămoluri.

Ciclon cu peliculă de apă

Cicloanele uscate sunt destinate, în general, desprăfuirii grosolane. Pentru a reține și particule mai mici se recurge la producerea unei pelicule de apă pe pereții interior al ciclonului (fig. 4.14). Astfel particulele foarte fine, care ajung la perete, sunt antrenate de pelicula de apă și evacuate pe la partea inferioară. Din bazinul de apă situat la partea superioară apa, se scurge gravitațional, printr-o conductă la duzele amplasate radial în ciclon și formează pelicula de apă de pe pereții ciclonului. Intrarea gazului, cât și evacuarea se execută tangențial, circulația efectuându-se din partea inferioară spre partea superioară. Apa ce a antrenat praful se acumulează într-un vas decantor situat la partea inferioară a ciclonului. Nămolul decantat este periodic evacuat, iar apa folosită este reciclată

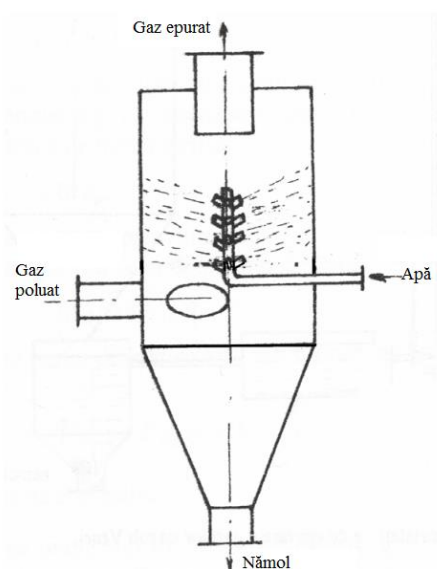


Figura 4.3.4.1. Ciclon cu peliculă de apă

Separatoare cu jet

O instalație de separare eficientă cu gabarit relativ restrâns, este instalația de spălare cu jet, figura 4.3.4.2., care se mai numește și injectorul spălător. Ea este

formată din două sau mai multe unități. Fiecare unitate este compusă dintr-un bazin cu apă în interiorul căruia este montat un injector care realizează umezirea pereților. Prin orificiul axial al injectorului pătrunde apă la o presiune de $0,3\div 0,6$ MPa, iar din lateral, printr-un orificiu dispus la 90° față de axa injectorului, intră gazul poluat. La trecerea prin injector, particulele solide sunt umezite și se aglomerează. Presiunea le deplasează spre bazin unde la contactul cu apa, sedimentează. Particulele umede care nu au constituit aglomerate sunt și ele dirijate spre bazin unde vor sedimenta. Gazul ajuns în bazin împreună cu particulele fine ce nu au sedimentat este evacuat printr-o conductă racordată la partea superioară a bazinului spre injectorul următor în care procesul de epurare este reluat.

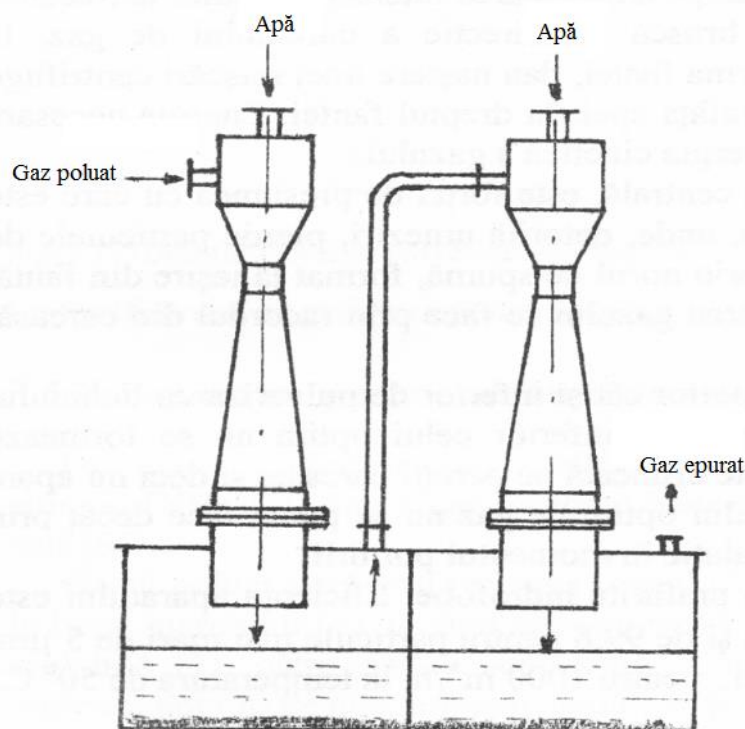


Figura 4.3.4.2. Separatoare cu jet

Aplicabilitate:

- Instalația poate reține particule de până la $0,8 \mu\text{m}$.

Limitări:

- au dezavantajul unui consum mare de energie și apă. Cheltuielile mai pot fi reduse prin recircularea apei.

Hidrocicloane

Hidrocicloul este un aparat simplu și eficient pentru separarea din aer a pulberilor reziduale, ce apar ca urmare a operațiilor de măcinare, cernere, depozitare etc. Un asemenea aparat este prezentat în figura 4.3.4.3.

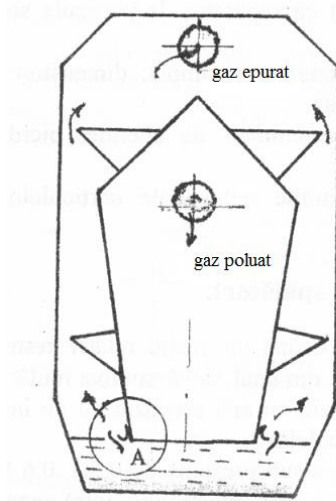


Figura 4.3.4.3. Hidrociclou

Principiul de funcționare se bazează pe turbionarea intensă a amestecului gazos poluat la trecerea printr-o fantă îngustă. Schimbarea bruscă a direcției curentului de gaz, la pătrunderea în apa din bazin, ca și forma fantei, dau naștere unei mișcări centrifuge, care determină o spumare intensă la suprafața apei, în zona fantei. Turbionarea se realizează pe seama energiei cinetice a gazului. Gazul poluat, introdus sub cupola centrală este forțat, de presiunea de la intrare, să treacă prin apa din bazin, unde, datorită umeziri, pierde particulele de dimensiuni mai mari, iar la trecerea prin norul de spumă, format la ieșire din fantă, pierde și particulele mai fine. Evacuarea gazului se face prin racordul aflat la partea superioară a carcusei. Debitul de gaz este limitat atât superior cât și inferior de pulverizarea lichidului prin fantă cu formarea spumei.

4.3.5 Procedee pentru separarea particulelor solide prin filtrare

Filtrarea este operația prin care gazul încărcat cu particule solide, este trecut printr-o suprafață filtrantă în care sunt reținute particulele de praf. Suprafețele filtrante sunt de forme și din materiale diferite:

- materiale sintetice poroase sub formă de plăci;
- materiale fibroase în strat (azbest, vată din sticlă) susținute de plase metalice;

- materiale granulare vărsate (nisip sau corpuri de umplură).
- materiale textile de formă tubulară.

Filtre cu saci

La trecerea amestecului de aer și material solid în formă de praf printr-o țesătură de pânză, cea mai mare parte a materialului solid este reținută, iar aerul cu urme de praf trece prin pânză. În timpul funcționării pânza se îmbâcsește cu praf, fapt care ajută la o mai bună filtrare a aerului. Dacă în timpul funcționării pânza nu este scuturată, pe partea pe care pătrunde aerul, se formează un strat de praf, care acționează ca un strat filtrant suplimentar. Gradul de îmbâcsire al pânzelor de filtru se evaluează în mod obișnuit în g/m^2 .

În cazul în care pânza este scuturată în timpul funcționării, o parte din praful depus pe suprafață cade, iar rezistența țesăturii la trecerea aerului nu mai este cea inițială. După mai multe scuturări în timpul funcționării, pânza recapătă rezistența inițială, care depinde atât de felul țesăturii cât și de materialul care trebuie separat. Suprafața țesăturii se eliberează mult mai bine de praf dacă, afară de scuturare, pânza este supusă unui curent de aer proaspăt care pătrunde prin țesătură în sens opus celui la care lucrează la filtrare. Rezistența pânzei este mai mică în acest caz decât în cazul unei scuturări simple. Dacă scuturarea și suflarea pânzelor se fac la intervale scurte, 3-4 min., rezistența poate fi considerată practic constantă în timp.

Filtrele cu saci pot fi cu pânze fixe, cu scuturare, cu scuturare și suflare, cu suflare. Filtrarea aerului se face ca urmare a trecerii acestuia prin țesătura textilă din care sunt executați sacii, impuritățile existente în curentul de aer fiind reținute de țesătură.

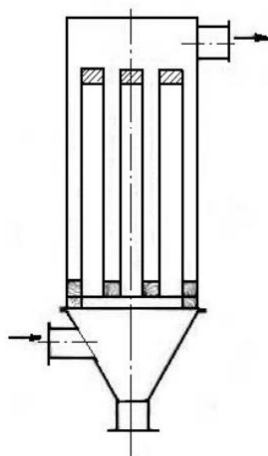


Figura 4.3.5.1. Filtru cu pânze

4.3.6 Utilaje pentru separarea particulelor solide prin procedee electrice

Filtrele electrostatice

Acestea sunt probabil cele mai potrivite pentru reținerea prafului, utilizate atât pentru particule micrometrice, cât și pentru cele mai mari atât la presiuni, umidități și temperaturi scăzute, cât și la valori ridicate ale acestora. Căderea de presiune pe traseul gazelor de ardere este neglijabilă astfel încât cheltuielile de energie sunt reduse la minimum [17].

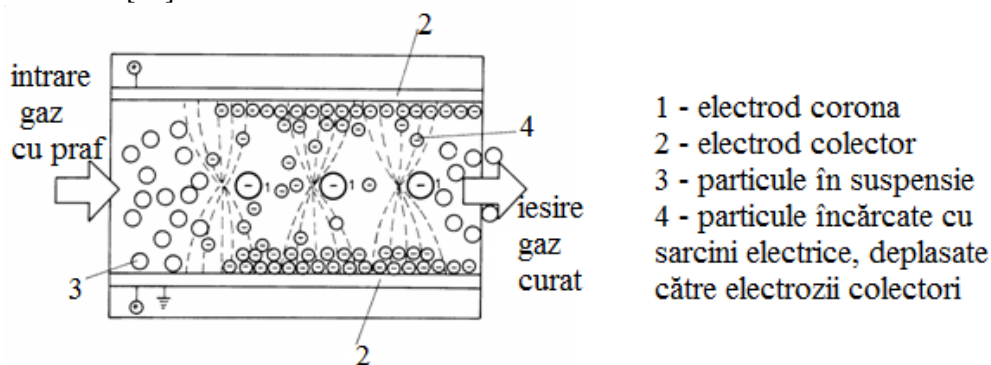


Figura 4.3.6.1. Principul de funcționare a unui filtru electrostatic

Principiul de funcționare a filtrului electrostatic: este un aparat care utilizează forța electrostatică pentru a reține particulele solide sau lichide din gazele de ardere. Gazele trec printr-un câmp electric intens creat între electrozi de polarități opuse. Electrozii de descărcare, numiți așa din cauza descărcării datorate aplicării unei tensiuni înalte încarcă particulele cu sarcină negativă. Aceste particule sunt apoi atrase de electrozii de colectare, care sunt încărcăți pozitiv. Particulele formează astfel un strat pe electrozii colectori (pozitivi), care este eliminat printr-un sistem de scuturare mecanică și colectat relativ ușor.

Aplicabilitate:

- pierderea de presiune pe traseul gazelor de ardere este mică,
- au o toleranță considerabilă la fluctuațiile de funcționare,
- praful este reținut în starea sa originală,
- construcție robustă și durată mare în exploatare,
- efectele abrazive sunt moderate, cer un personal de exploatare minim.

4.3.7 Procedee de curățire prin spălare

O altă categorie de aparate sunt: turnurile de spălare cu sau fără umplutură, spălătoarele centrifuge, spălătoarele mecanice și separatoarele cu spumă.

Turnurile de spălare

Sunt aparate cilindrice verticale prevăzute cu umplutură sau goale în interior, în care are loc curgerea în contracurent a aerului și lichidului de spălare.

În figura 4.3.7.1 este prezentat un turn de spălare cu umplutură, în care lichidul stropit curge de sus în jos, iar aerul impurificat trimis sub grătarul pe care se află așezată umplutura, circulă de jos în sus și iese pe la partea superioară a aparatului. Eficacitatea acestor turnuri este cuprinsă între 75% și 85%, pe când la turnurile goale este ceva mai redusă, 60-75% [17].

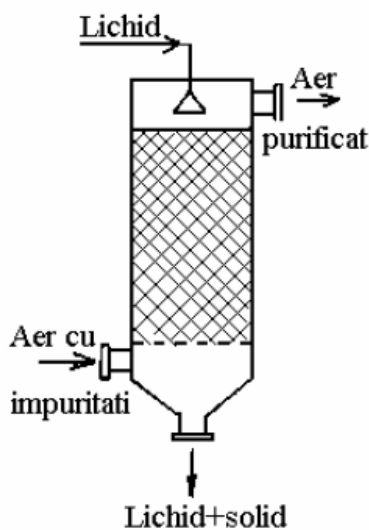


Figura 4.3.7.1. Turn de spălare cu umplutură

Aplicabilitate:

- Eficacitatea acestor turnuri de spălare este de 85-87 %, dar, ca și în cazul cicloanelor, cu cât diametrul aparatului este mai mic, cu atât eficacitatea lui este mai mare, ajungând până la 98%.

Spălătoare centrifugale

Spălătoarele centrifugale pot fi cu film de lichid sau cu lichid pulverizat și se caracterizează prin faptul că intrarea aerului se face tangențial, astfel încât datorită forței centrifuge, amestecul gaz - solid se deplasează în aparat după o spirală. În spălătorul centrifugal (fig.4.3.7.2) lichidul este stropit pe pereții aparatului prin niște duze și se prelinge sub formă de peliculă. Particulele solide care vin în contact cu acest film de lichid sunt reținute și curg odată cu el la partea inferioară a aparatului.

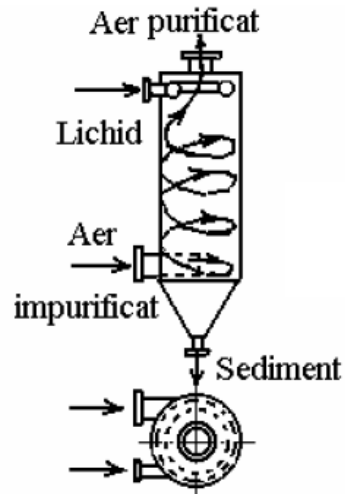


Figura 4.3.7.2. Spălător centrifugal cu lichid pulverizat

Separatoare cu spumă

Separatoarele cu spumă se bazează pe faptul că suprafața mare de contact, oferită de spume între faza gazoasă și lichidă, permite reținerea suspensiilor solide dintr-un gaz. Aparatul din figura 4.3.7.3. constă dintr-un recipient (1) în care se găsește un grătar orizontal (2). Lichidul de spălare de pe grătar, al cărui nivel este menținut de pragul deversor (3), este adus în stare de spumă de către gazul brut trimis sub grătar prin orificiile acestuia. Spuma se deplasează continuu pe grătar cu particulele dispersate reținute, iar o parte din lichid împreună cu particulele mai mari se scurge prin orificii. În aceste separatoare, viteza aerului este de 1,3-3 m/s, iar înălțimea stratului de spumă este cuprins între 40 și 100 mm. Au o eficacitate bună, pentru particule cu dimensiune minimă $5\mu\text{m}$ [17].

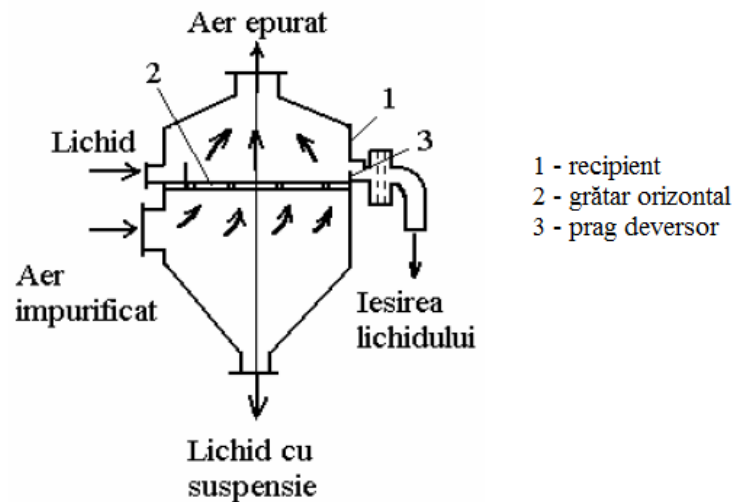


Figura 4.3.7.3. Separator cu spumă

4.3.8 Purificarea sonică a gazelor

Separarea sistemelor gazoase eterogene prin procedee sonice se bazează pe proprietatea particulelor solide sau lichide de a se aglomera, datorită vitezelor diferite pe care acestea le capătă sub influența undelor sonore. Particulele astfel aglomerate pot fi apoi separate într-un ciclon. Pe cale sonică se pot separa particule cu dimensiuni sub $10\ \mu\text{m}$, frecvența undelor folosite fiind de 1-100 kHz. Timpul necesar aglomerării este de câteva secunde și, întrucât turbulența intensifică procesul, viteza gazului prin aparat trebuie să fie de aproximativ 1 m/s .

O instalație de purificare sonică constă dintr-un generator de unde, plasat într-un turn de aglomerare și dintr-un ciclon separator.

Generatoarele de unde sonore pot fi de diferite tipuri constructive, în scopul separării fiind utile numai cele care furnizează puteri acustice suficiente. Dintre acestea fac parte generatoarele cu jet sau generatoarele cu vârtej în care aerul introdus tangențial într-un tub cilindric produce zgomote puternice. Acestea au capacități mici de prelucrare ($10\text{-}20\ \text{m}^3/\text{h}$) și frecvențe de 6-65 Hz.

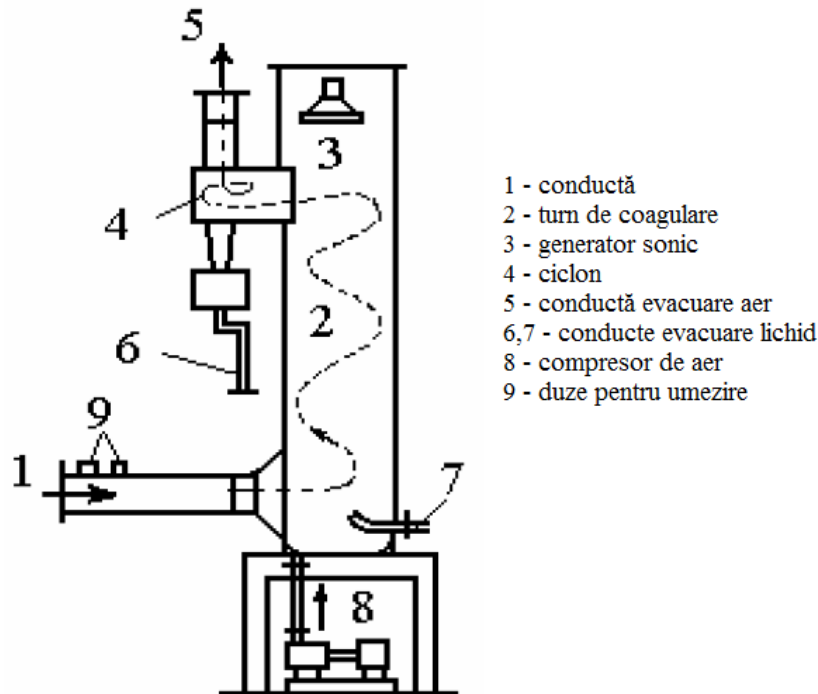


Figura 4.3.8. Instalație de epurare cu generator de unde sonore

În vederea curățirii aerului de particulele de apă sau alte lichide se utilizează instalația prezentată în figura 4.3.8. Aerul impurificat introdus prin conducta (1) străbate turnul de coagulare (2), în care generatorul sonic (3) creează câmpul sonic necesar separării, după care părăsește aparatul intrând în cicloul (4). Aerul purificat iese prin conducta (5), iar picăturile de apă sau alte lichide ies prin conductele (6) și (7). Instalația mai este prevăzută cu un compresor de aer (8) pentru acționarea generatorului sonic și cu duzele (9) pentru umezirea aerului brut.

Aplicabilitate:

- Eficiența separatoarelor sonice este destul de ridicată, au un cost ridicat al exploatării, dar pentru aceeași capacitate, investițiile sunt mult mai reduse decât la filtrele electrice.

4.4 Evaluarea impactului lucrărilor de construcții asupra mediului

Procesul de Evaluarea Impactului asupra Mediului (EIM) este legat de reglementarea activitatilor cu impact semnificativ asupra mediului și se realizează în baza legislației naționale de mediu care transpune prevederile legislației comunitare în domeniu.

OG 91/2002 pentru modificarea si completarea Legii protectiei mediului nr. 137/1995, stipuleaza obligativitatea evaluarii impactului asupra mediului in faza initiala a proiectelor cu impact semnificativ asupra mediului si obligativitatea efectuării unei evaluari de mediu inaintea aprobarii anumitor planuri si programe, ca facand parte dintre modalitatile de implementare a principiilor si a elementelor strategice pe care se bazeaza activitatea de protectia mediului in scopul asigurării unei dezvoltari durabile (art. 4).

Evaluarea impactului asupra mediului pentru proiecte se realizeaza in baza prevederilor dintr-o serie de acte legislative nationale din domeniul mediului (Tabelul nr. 4.4.1) precum si din alte domenii conexe (Tabelul nr. 4.4.2).

Tabelul nr. 4.4.1 Acte legislative nationale din domeniul mediului

Legea nr. 86/2000 pentru ratificarea Conventiei privind accesul la informatie, participarea publicului la luarea deciziei si accesul la justitie in problemele de mediu. Legea 645/2002 pentru aprobarea Ordonantei de Urgenta nr. 34/2002 privind prevenirea, reducerea si controlul integrat al poluării.
Legea nr.22/2001 pentru ratificarea Conventiei privind evaluarea impactului asupra mediului in context transfrontiera adoptata la Espoo la 25 februarie 1991.
Legea 462/2002 pentru aprobarea Ordonantei de urgenta a Guvernului nr. 236/2000 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei si faunei salbatice
Legea 655/2001 pentru aprobarea Ordonantei de urgenta a Guvernului nr. 243/200 privind protectia atmosferei.
Legea nr. 426/2001 pentru aprobarea Ordonantei de urgenta a Guvernului nr. 78/2000 privind regimul deseurilor.
Hotararea Guvernului nr. 918/2002 privind stabilirea procedurii-cadru de evaluare a impactului asupra mediului și pentru aprobarea listei proiectelor publice sau private supuse acestei proceduri.
Hotararea Guvernului nr. 1115/2002 privind accesul liber la informatia privind mediul.
Hotararea Guvernului nr. 162/2002 privind depozitarea deseurilor.
Hotararea Guvernului nr. 95/2003 privind controlul activitatilor care prezinta pericole de accidente majore in care sunt implicate substante periculoase.
Ordinul nr. 860/2002 pentru aprobarea procedurii de evaluare a impactului asupra mediului si de emitere a acordului de mediu.
Ordinul nr. 863/2002 privind aprobarea ghidurilor metodologice aplicabile etapelor procedurii cadru de evaluare a impactului asupra mediului .
Ordinul nr.864/2002 al ministrului apelor, padurilor si protectiei mediului pentru aprobarea procedurii de evaluarea a impactului si de participare a publicului la luarea deciziilor in cazul proiectelor cu impact transfrontiera.
Ordinul nr. 1388/2002 al ministrului apelor, padurilor si protectiei mediului privind organizarea și funcționarea Colectivului de Analiză Tehnică în cadrul procedurii de reglementare a activităților cu impact asupra mediului.

Ordinul nr. 1182./2002 al ministrului apelor, padurilor și protecției mediului privind aprobarea normelor metodologice pentru colectarea, prelucrarea și disponibilizarea informației privind mediul.

Tabelul nr.4.4.2 Acte legislative naționale din domenii conexe necesare în Evaluarea impactului asupra mediului pentru proiecte

Legea 453/2001 pentru modificarea și completarea Legii 50/1991 privind autorizarea executării lucrărilor de construcții și unele măsuri pentru realizarea locuințelor.

Ordinul 1943/2002 privind autorizarea executării lucrărilor de construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

Hotărârea Guvernului nr. 573/2002 privind autorizarea comercianților.

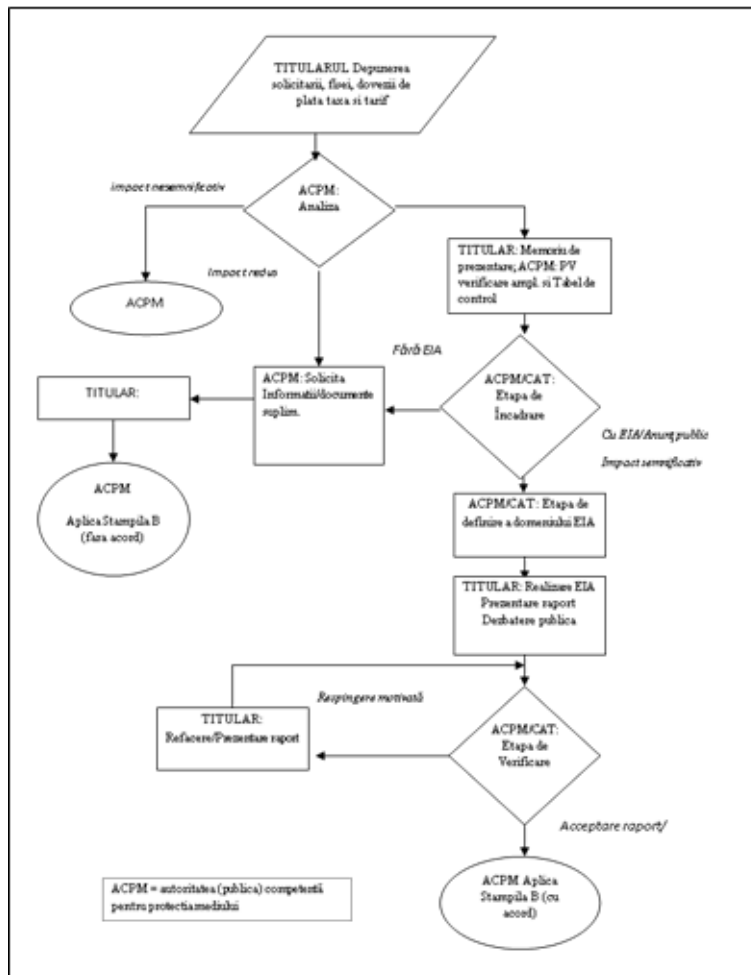


Figura nr. 4.4.1. Schema procesului

Se poate face evaluarea impactului asupra:

- ✓ modelului fizic;
- ✓ mediului biologic și ecologic;
- ✓ sistemului acvatic;
- ✓ mediului uman;
- ✓ activităților de execuție a lucrărilor de construcții;
- ✓ activităților de exploatare a obiectelor care deservește anumite tipuri de activități.

4.4.1 Evaluarea impactului asupra modelului fizic

- a) Impactul asupra apelor de suprafață:
 - ✓ în cazul lucrărilor comportând devieri sau obturări (numai pe durata execuției amenajării) ale cursului de apă, se face analiza modificărilor temporare ale regimurilor nivelurilor și debitelor;
 - ✓ se analizează riscurile de poluare generate prin lucrări din albia râului și de pe maluri (materii în suspensie) precum și cele cauzate de prezența utilajelor;
 - ✓ se evaluează riscurile pentru muncitori și pentru localnici în cazul declanșării unor viituri agravate de obturări ale albiei necesare în timpul execuției;
 - ✓ se analizează riscurile spălării materialelor excavate și a solurilor din terenurile defrișate.
- b) Impactul asupra apelor subterane:
 - ✓ se evaluează riscul dezechilibrării dintre râu și pânza de apă freatică în cazul modificării în execuție a nivelului suprafeței libere;
 - ✓ se evaluează riscurile drenării excesive a stratului freatic și al antrenării nisipurilor;
 - ✓ se analizează riscurile de poluare prin infiltrații (de exemplu hidrocarburi provenite din activitatea de întreținere a autovehiculelor și utilajelor.
- c) Impactul asupra stabilității terenurilor:
 - ✓ se analizează problemele de stabilitate a malurilor, în special în caz de viitură sau de suprasolicitare impusă de tehnologia de execuție.
- d) Impactul asupra peisajului:
 - ✓ se analizează spațiile aferente lucrărilor care nu vor fi înglobate în amenajarea propriu-zisă (căi de acces, zone de împrumut etc.).
- e) Impactul asupra calității aerului:
 - ✓ se analizează problemele induse de emisiile de gaze poluante și pulberi asupra zonelor deschise.

Metodele de evaluare a impactului șantierului asupra mediului fizic sunt în mare parte cele utilizate pentru evaluarea impactului funcționării amenajării. Riscul de producere a unor fenomene de poluare accidentală sau de pierdere a stabilității malurilor, precum și cele legate de apariția unor viituri catastrofale în timpul execuției lucrărilor se pot evalua utilizând metodologii specializate de analiză a riscului.

4.4.2 Evaluarea impactului asupra mediului biologic și ecologic

Mediul ecologic al cursurilor de apă comportă două ecosisteme conexe interdependente funcțional:

- ✓ ecosistemul terestru al zonei din vecinătatea cursurilor de apă, în care existența tuturor formelor de viață depinde direct sau indirect de prezența râului;
- ✓ ecosistemul acvatic al viețuitoarelor ce trăiesc nemijlocit în mediul acvatic.

În cadrul ecosistemelor cursurilor de apă au loc procese deosebit de complexe în care se interinfluențează 3 medii de viață: solul, apa și aerul.

Parametrii cei mai importanți din punct de vedere al impactului biologic al curgerii sunt: adâncimea, viteza, turbiditatea, suspensii minerale și organice, natura granulometrică a substratului.

Factorii ecologici ai apei sunt: viteza, bilanțul termic, condițiile de însorire și umbră ale albiei, conținutul de substanțe nutritive, oxigenul dizolvat, turbiditatea, debitul solid, natura malurilor, substanțele pentru dezvoltarea florei și faunei.

Factorii ecologici ai solului sunt: condițiile pedologice și cele de utilizare a terenurilor din albia majoră.

Pentru a se evita impactul modificărilor parametrilor calitativi ai apei asupra vieții acvatice, trebuie să se cunoască limitele pentru fiecare indicator de calitate:

- ✓ concentrația de substanțe dizolvate < 1.500 mg/l;
- ✓ $6 < \text{pH} < 9$;
- ✓ temperatura 0-26 °C;
- ✓ oxigenul dizolvat ≥ 4 mg/l;
- ✓ turbiditatea < 50 ONTU (unități normate de turbiditate) pentru apa caldă și < 10 ONTU pentru apă rece;
- ✓ concentrația nutrienților (nitrați+nitriți) ≤ 100 mg/l;
- ✓ substanțe toxice;
- ✓ metale grele.

Obiectivele evaluării asupra vegetației din ampriza amenajării sunt:

- ✓ indicarea populațiilor vegetale care dispar prin modificarea cursului natural al râului sau prin înecarea sub nivelul retențiilor create de amenajare;
- ✓ determinarea efectelor modificării nivelului piezometric al pânzei freatice și structurii solurilor asupra evoluției vegetației în zonă;
- ✓ cuantificarea importanței impactului general asupra mediului vegetal.

În ceea ce privește fauna, sunt evaluate efectele perturbațiilor permanente ocazionate biotopului, respectiv cele privitoare la:

- ✓ întreruperea căilor de migrație;
- ✓ distrugerea zonelor de cuibărit;
- ✓ distrugerea zonelor de procurare a hranei;
- ✓ disconfortul cauzat de zgomotul și vibrațiile produse de instalațiile aferente amenajării.

4.4.3 Evaluarea impactului asupra ecosistemului acvatic

Obiectivul evaluării impactului este ca, pornind de la analizele stării inițiale, să se prognozeze evoluțiile viitoare privind următoarele aspecte:

- ✓ întreruperea derivei nevertebratelor și modificarea condițiilor de circulație a populației piscicole prin bararea cursului de apă;
- ✓ modificarea capacității mediului acvatic de a asigura reproducerea și dezvoltarea populației piscicole cauzată de modificarea caracteristicilor hidraulice ale habitatului (viteză, adâncime);
- ✓ modificarea calitativă a condițiilor de habitat (calitatea apei, morfologia patului albiei etc.), având ca urmare schimbarea ponderii numerice a membrilor diferitelor specii de pești sau nevertebrate;
- ✓ modificarea florei, fitoplanctonului și bentosului, din punct de vedere calitativ și cantitativ, ca urmare a modificării condițiilor hidraulice.

Prin modificarea condițiilor hidraulice ale curgerii sunt de fapt modificate habitatele speciilor acvatice existente. Evaluarea impactului se face prin corelarea transformărilor ecosistemelor acvatice cu transformările mediului fizic, pornind de la cunoașterea capacității de adaptare a speciilor floristice și faunistice la diferite condiții hidraulice sau de compoziție chimică a apei.

4.4.4. Evaluarea impactului șantierului asupra mediului biologic

- a) Impactul asupra ecosistemului terestru:
 - ✓ se indică mediile amenințate prin creșterea afluenței turistice facilitate de existența drumurilor de șantier, unele fiind menținute în funcțiune și după terminarea lucrărilor de amenajare;
 - ✓ se analizează activitățile de șantier care afectează mediul (distrugeri, defrișări etc.), interesul prezentat de speciile floristice eliminate și se deduce importanța impactului asupra mediului vegetal;
 - ✓ se evaluează perturbațiile temporare ocazionale biotopului (provocate de creșterea nivelului sonor, de prezența umană etc.) împreună cu repercursiunile acestor perturbații asupra populațiilor faunistice.
- b) Impactul asupra ecosistemului acvatic:
 - ✓ Sunt evaluate efectele modificării calității apelor produse asupra faunei și florei acvatice.

4.4.5 Evaluarea impactului asupra mediului uman

Un prim obiectiv al evaluării impactului este cel referitor la infrastructurile existente în zonă. Sunt studiate efectele lucrărilor de amenajare asupra:

- ✓ rețelei rutiere;
- ✓ rețelei de alimentare cu apă potabilă;
- ✓ rețelei telefonice;
- ✓ rețelei de alimentare cu energie electrică;

- ✓ rețelei de cale ferată.

În cadrul evaluării efectelor, sunt inventariate modificările de traseu, dimensiuni, capacitate etc., evidențiindu-se aspectele negative sau progresul acestor modificări. În mod normal, datele de bază necesare pentru evaluare sunt cuprinse în documentația prezentată de investitor în vederea obținerii acordului de mediu.

În evaluarea impactului asupra folosințelor de apă, aspectele studiate sunt referitoare la:

- ✓ prelevarea și consumul pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială;
- ✓ irigații;
- ✓ producerea energiei electrice.

În cadrul proiectului amenajării sunt rognozate schimbările ce vor interveni în modul de satisfacere a folosințelor existente de apă. De asemenea, tot în proiect se evaluează și modificările probabile în ceea ce privește producția agricolă, producția de energie electrică sau a altor activități economice. În cadrul studiului de impact, aceste date se prezintă sintetic subliniindu-se aspectele cu implicații în starea mediului înconjurător.

În cadrul studiului pedologic se evaluează efectele amenajării asupra structurii solurilor în zonele afectate, influența asupra evoluției vegetației spontane și asupra activităților agricole. Sunt evidențiate suprafețele agricole ale căror destinații urmează a fi modificate și efectele acestor schimbări asupra producției agricole. Se au în vedere atât producția vegetală, cât și cea legată de creșterea animalelor.

Analiza impactului socio-economic constă din evaluarea efectelor lucrărilor de amenajare asupra:

- ✓ zonelor construite (locuințe, anexe gospodărești, cabane etc.);
- ✓ patrimoniului funciar;
- ✓ activităților economice existente;
- ✓ activităților de agrement existente;
- ✓ turismului.

Un al doilea obiectiv este cel al evaluării impactului asupra patrimoniului istoric, de cult și arhitectural. Sunt evaluate efectele lucrărilor de amenajare asupra condițiilor de conservare și valorificare turistică a situ-urilor istorice, lăcașelor de cult sau a monumentelor arhitectonice din zonă.

Impactul zgomotului și vibrațiilor produse de funcționarea folosințelor (turbine, pompe, posturi trafo etc.) și de intensitatea traficului rutier în vecinătatea localităților face obiectul unei analize bazate pe rezultate ale măsurătorilor acustice efectuate pe instalații similare aflate în funcțiune.

În evaluarea impactului sonor se ține seama de reglementările existente cu privire la nivelurile sonore limită autorizate, în funcție de ora și implantarea surselor de zgomot. În tabelul următor se rezintă valori maxime admise (dB) conform reglementărilor legale din Franța.

Tab. 4.4.5.1 Valori maxime admise (dB) conform reglementărilor legale din Franța

Tipul de zonă/Tipul de vecinătate	Valori maxime admise (dB)		
	între orele:		
	7-20	6-7	22-6
	ziua	20-22	noaptea
Zonă cu spitale, zone de repaos, areale de protecție a factorilor naturali	45	40	35
Zone rezidențiale, rurale sau suburbane cu circulație redusă a traficului terestru, fluvial sau aerian	50	45	40
Zonă rezidențială urbană	55	50	45
Zonă rezidențială urbană sau suburbană, cu unele ateliere sau centre de afaceri sau căi de trafic terestru, fluvial sau aerian, importante sau în comunități rurale dezvoltate	60	55	50
Zonă cu activitate comercială sau industrială predominantă ca și zonele agricole situate în zonele rurale nelocuite sau comportând distanțe de tip rural	65	60	55
Zone predominant industrială (industrie grea)	70	65	60

În general, obiectivele evaluării impactului produs de șantierul amenajării se pot referi la următoarele aspecte:

- a) Impactul indus de zgomot și vibrații:
 - ✓ evaluarea impactului zgomotului produs de utilajele de șantier și de circulația autovehiculelor;
 - ✓ analiza consecințelor eventualei folosiri a explozibililor.
- b) Impactul asupra infrastructurii existente: evaluarea impactului șantierului asupra rețelelor de orice tip (trafic rutier, cale ferată, telefonică, electrică, alimentare cu apă etc.).
- c) Impactul socio-economic:
 - ✓ evaluarea efectelor directe sau indirecte ale șantierului pe planul ocupării forței de muncă;
 - ✓ analizarea problemelor generate de cazarea personalului temporar.
- d) Impactul asupra vecinătăților analizarea eventualelor perturbații cauzate circulației oamenilor și vehiculelor cât și efectul șantierului asupra turismului în zonă. Metodele de determinare a efectelor șantierului asupra mediului înconjurător sunt similare celor prezentate în cadrul paragrafelor privitoare la impactul funcționării amenajărilor de râuri.

4.4.6 Evaluarea impactului global al construcțiilor și a amenajărilor hidroedilitare pe cursurile de apă.

Evaluarea impactului global al amenajărilor și construcțiilor hidroedilitare se poate realiza prin următoarele metode:

- a) WASSON;
- b) MALAVOI;
- c) MARIDET;
- d) SOVCHON;
- e) PAULIN;
- f) indicelui de poluare;
- g) indicelui de calitate;
- h) matricială.

Metoda WASSON are la bază prognoza pe termen lung a alterării fizice ce trebuie să combine următoarele 3 elemente: tronsonul afectat, intensitatea impactului și durata impactului.

Tronsonul trebuie analizat prin prisma gradului de eutrofizare a cursului de apă existent în momentul intervenției.

Intensitatea impactului va pune în evidență discordanța dintre starea de după amenajare și morfologia râului, corespunzătoare stării de echilibru dinamic.

Durata impactului va trebui să cuprindă următoarele 3 elemente: remanența alterării fizice funcție de reversibilitatea amenajării, respectarea intervențiilor cu efect de cumulare a impactelor, agravarea posibilă a impactelor pe termen lung dacă este întrerupt echilibrul morfo-dinamic.

Impactul global (IG) se poate stabili prin combinarea efectelor lungimii tronsonului afectat, intensității impactului și timpul. Cu formula de mai jos se poate calcula impactul global pentru fiecare segment care face obiectul lucrărilor de aceeași natură:

$$I_G = f(L, I, T, w^2 \cdot 10^{-4})$$

în care: L este lungimea măsurată în număr de lățimi w la radierul albiei minore (la nivelare) pentru tronsonul amenajat;

I – intensitatea impactului (suma coeficienților de intensitate a impactului pentru diferite tipuri de alterări morfologice pe acest sector);

T – timpul de remanență (în ani) pentru intervențiile care se fac;

w·10⁻⁴ – suprafața (în ha) a fiecărei unități de lucrare artificializată.

Lungimea tronsonului L și intensitatea impactului I se calculează cu relațiile:

$$L = \left(\frac{l}{w} \right) \cdot A \cdot R$$

$$I = \sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

în care: l – este lungimea tronsonului afectat de amenajare, A – aria secțiunii transversale, I_1, I_2, \dots , în intensitatea impactului pentru diferite tipuri de alterări morfologice pe acel sector.

L.I.T. – permite etapizarea sau ierarhizarea proiectelor de amenajare în funcție de gravitatea impactelor vizibile.

Metoda indicelui de poluare I_p și de calitate I_c . Indicatorii după care se analizează starea generală a factorilor de mediu sunt indicii de poluare și de calitate și indicele global de poluare.

Indicatorii după care se analizează starea generală a factorilor de mediu sunt indicele de poluare I_p , indicele de calitate I_c și indicele global de poluare I_{PG} :

$$I_p = \frac{C_{\max}}{C_{\text{admis}}}; I_c = \frac{1}{\pm E}; I_{PG} = \frac{S_i}{S_r}$$

în care: C_{\max} – este concentrația maximă a poluantului (de regulă pentru principalii indicatori de poluare: MTS, CBO5, Nt, Pt);

C_{admis} – concentrația admisă de poluant prin normele tehnice (Legea 458/2002 pentru apa potabilă, completată prin Legea 311/2004, NTPA 001/2004 limitele de calitate pentru deversările în cursurile de apă, NTPA 002/2004 limitele de calitate);

$\pm E$ – mărimea efectului stabilit prin matricea de evaluare ($E > 0$ – influență pozitivă asupra mediului, $E = 0$ – nu are influență, $E < 0$ – influență negativă);

S_i – suprafața ideală;

S_r – suprafața reală.

Interpretarea indicelui de poluare se face folosind tabelul 1, iar a celui de calitate, conform tabelului 2.

Tab. 4.4.6.1. Notele de bonitate pentru valoarea indicilor de poluare : I_p

Nota de bonitate	Valoare I_p $I_p = \frac{C_{\max}}{CMA}$	Efectele asupra omului și mediului înconjurător
10	0	Mediul neafectat de activitatea umană. Starea mediului naturală.
9	0-0,2	Mediu afectat de activitatea umană. Fără efecte cuantificabile.
8	0,2-0,5	Mediul este afectat în limite admise, nivel 1. Efecte reduse asupra mediului.
7	0,5-1,0	Mediul este afectat în limite admise 2. Efectele nu sunt nocive.
6	1,0-2,0	Mediul este afectat peste limitele admise nivel 1. Efectele sunt accentuate.
5	2,0-4,0	Mediul este afectat peste limitele admise, nivel 2. Efectele sunt nocive.

Tehnologii moderne pentru tratare și decontaminare 185

4	4,0-8,0	Mediul este afectat peste limitele admise, nivel 3. Efectele nocive sunt accentuate.
3	8,0-12,0	Mediul degradat, nivel 1. Efectele sunt letale la durate medii de expunere.
2	12,0-20,0	Mediu degradat, nivel 2. Efectele sunt letale la durate scurte de expunere
1	>20,00	Mediul este impropriu formelor de viață.

Tab.4.4.6.2. Notele de bonitate pentru valoarea indicilor de calitate Ic

Nota de bonitate	Valoarea Ic	Efectele proiectului asupra mediului înconjurător
10	0	Mediul neafectat de activitatea proiectată
9	0...0,25 E>0	Mediul este afectat de proiect în limite admisibile, nivel 1. Influențele pozitive mari Activitatea produce un efect redus
8	0,25 ... 0,5	Mediul este afectat de proiect în limite admisibile, nivel 2. Influențele pozitive medii Activitatea determină un impact decelerabil
7	0,5-1,0	Mediu este afectat de proiect în limite admisibile, nivel 3. Influențele pozitive mici Activitatea se încadrează în normele reglementate
6	- 1,0 E<0	Mediul este afectat de proiect peste limitele admise : nivel 1 Activitatea depășește normele reglementate
5	-1,0 ... - 0,5	Mediul este afectat de proiect peste limitele admise : nivel 2 Efectele sunt negative, producând disconfort
4	-0,5...- 0,25	Mediul este afectat de proiect peste limitele admise : nivel 3 Efectele negative sunt accentuate. Impactul este major
3	-0,25...- 0,025	Mediu degradat, nivel 1. Efectele sunt nocive la durate lungi de expunere
2	- 0,025...- 0,0025	Mediu degradat, nivel 2. Efectele sunt nocive la durate medii de expunere
1	<-0,0025	Mediu degradat, nivel 3. Efectele sunt nocive la durate scurte de expunere

Pentru evaluarea impactului global asupra mediului s-au luat în considerare notele de bonitate medii pe factori de mediu. Aceste note s-au reprezentat grafic pe razele unui cerc. Numărul de raze este identic cu numărul factorilor de mediu luați în

considerare, iar unghiul dintre raze este același. Mărimea razei cercului este de de 10 unități. Prin unirea punctelor de pe cerc se obține o figură geometrică regulată înscrisă în cerc. Aria acestei figuri reprezintă valoarea suprafeței ideale (S_i). Aria figurii geometrice obținute prin unirea notelor de bonitare reprezentate pe razele cercului corespunzător fiecui factor de mediu reprezintă suprafața reală (S_r). Raportul celor două arii reprezintă valoarea indicelui global de poluare. Aprecierea impactului activității analizate se face conform tabelului 4.4.6.3.

$$I_{PG} = \frac{S_i}{S_r}$$

Tabel 4.4.6.3. Aprecierea impactului în funcție de valoarea indicelui de poluare globală IPG

Valoare I_{PG}	Modul în care mediul suferă modificări
1	Mediul natural este neafectat de activitatea umană.
1...2	Mediul este supus activității umane în limite admisibile.
2...3	Mediul este supus activității umane, provocând stare de disconfort formelor de viață.
3...4	Mediul este afectat de activitatea umană, provocând tulburări formelor de viață.
4...6	Mediul este grav afectat de activitatea umană, într-un mod periculos pentru viață.
>6	Mediul este degradat, impropriu formelor de viață.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Belnap Jayne, Kaltenecker Julie Hilty, Rosentreter Roger, Williams John, Leonard Steve, and Eldridge David. 2001. Biological Soil Crusts: Ecology and Management. USDI, Bureau of Land Mangement. Technical Reference 1730-2. Denver, CO. 110pp.
- [2] Burgess RM, Hawthorne SB, Perron MM, Cantwell MG, Grabanski CB, Miller DJ, Ho KT, Pelletier MA. Assessment of Supercritical Fluid Extraction Use in Whole Sediment Toxicity Identification Evaluations. Environmental Toxicology and Chemistry. Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Pensacola, FL, 30(4):819-827, 2011.
- [3] Călinoiu Maria, Tehnici de extractie a poluantilor din sol, prin aplicarea metodelor fizice de depoluare, Tg Jiu, 2011.

- [4] Cécile Le Guern, Béatrice Béchet, V. Gujisait, Y. Lotram, V. Guérin, M. Bouzit, N. Saiyouri, H. Roussel - Contaminant transport modelling in soils and subsoils in urban environment – tools and practical uses in France, 2013
- [5] Environmental Sciences "Applied Bioremediation - Active and Passive Approaches", book edited by Yogesh B. Patil and Prakash Rao, ISBN 978-953-51-1200-6, Published: October 2, 2013 under CC BY 3.0 license.
- [6] EPA - A Citizen's Guide to Soil Vapor Extraction and Air Sparging. EPA 542-F-01-006. Washington, DC: EPA, 2001.
- [7] EPA – Environmental Protection Agency, 2012, 2015
- [8] Eutrophication Experiments - Environmental Inquiry Cornell University, Ithaca, NY 14853 EnvInquiry@cornell.edu <http://ei.cornell.edu>
- [9] Greipsson Sigurdur - Phytoremediation. Nature Education Knowledge, 2011
- [10] <https://rtpime.files.wordpress.com/2010/03/cap-5.pdf>
- [11] <http://www.umsl.edu/~microbes/introductiontobacteria.pdf> - Introduction to bacteria - Science in the Real World: Microbes in Action, 1999,
- [12] Malschi Dana, Tehnologii avansate de bioremediere, 2014
- [13] Man C., Maria Ivan, 1999. Strategii în managementul deșeurilor și reziduurilor. Ed. Mesagerul, Cluj Napoca
- [14] Mălăcea Ioan, Biologia apelor impurificate, Editura Academiei Republicii Socialiste România, 1969
- [15] Naofumi Shiomi, Applied Bioremediation - Active and Passive Approaches – chapter 12 - A Novel Bioremediation Method for Shallow Layers of Soil Polluted by Pesticides, 2013, ISBN 978-953-51-1200-6
- [16] Nutrients Management Research, United States Environmental Protection Agency, Ingham, Elaine. 1998. The soil biology primer, soil bacteria. USDA, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute.
- [17] Quality Assurance/Quality Control Guidance for Laboratories Performing PCR Analyses on Environmental Samples - Methods, Models, Tools, and Databases for Water Research, United States Environmental Protection Agency ,octomber 2004
- [18] Raport RESOLMET, 32161/2008 - Tehnologie inovativă de remediere a solurilor contaminate prin activitățile specifice industriei metalurgice
- [19] URS (Nedelcu) Alina Monica, V. MICLE, Ioana Monica BERAR (Sur) - Studii privind sistemele de aerare a solului poluat în vederea îmbunătățirii randamentului de depoluare în cazul tratării solurilor prin metoda Biopile, ProEnvironment 3 (2010)
- [20] Whitford, Walter G. and Jeffrey E. Herrick. 1996. Maintaining soil processes for plant productivity and community dynamics. pp. 33-37 in Rangelands in a Sustainable Biosphere. Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress. Vol. II. Society for Range Mgmt. Denver, CO.

ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Clasificați tehnologiile de remedere a terenurilor poluate în funcție de natura proceselor prin care se realizează depoluarea.
2. Calsificați tehnologiile de remedere a terenurilor poluate în funcție de natura după locul unde se realizează depoluarea.
3. Definiți bioremedierea.
4. Prezentați avantajele bioremedierii.
6. Definiți biostimularea.
7. Definiți bioaugmentarea (bioamplificarea).
8. Definiți bioventilarea.
9. Definiți noțiunea de biosparging.
10. Ce reprezintă remedierea chimică a solurilor prin spălare?
11. Ce reprezintă extracția poluanților din sol prin solubilizare?
12. Ce reprezintă atenuarea naturală monitorizată ca tehnologie de remediere
14. Definiți procedeul de separare a particulelor solide din aer prin filtrare și prezentați suprafețele filtrante.