

1. PROBLEME GENERALE DESPRE POLUANȚI

1.1. Definiții în ingineria mediului

Ingineria mediului este un domeniu al tehnicii în care activitățile ingineresti sunt abordate în relația lor cu mediul înconjurător.

Pentru studiul problemelor de mediu se impune definirea unor termeni specifici utilizați în continuare.

Mediul înconjurător reprezintă ansamblul de condiții, factori și elemente naturale ale Terrei cu care un organism viu vine în contact. Acestea sunt: apa (hidrosfera), solul și subsolul (geosfera), straturile atmosferice (atmosfera), temperatura, umiditatea, magnetismul terestru, materialele organice și anorganice, etc.

Ecologia – este știința care studiază conexiunile ce apar între factorii și elementele constitutive ale mediului înconjurător, respectiv între organismele vii și mediul înconjurător.

Efluent – orice formă de deversare în mediu, emisie, scurgere, ejecție, jet, inoculare, vidanjare, vaporizare.

Ecosistem – complexul unor comunități de plante, animale, microorganisme și mediu, care interacționează într-o unitate funcțională.

Echilibru ecologic – ansamblul de stări ale unui ecosistem care asigură structura, unitatea și funcțiile acestuia.

Protecția mediului – totalitatea mijloacelor, procedurilor și măsurilor întreprinse pentru păstrarea echilibrului ecologic, menținerea și ameliorarea factorilor naturali, prevenirea și combaterea poluării, dezvoltarea valorilor naturale.

Poluare – procesul de alterare și perturbare a mediilor de viață și a bunurilor create de om, cauzat atât de efectele activităților umane, cât și datorită unor fenomene naturale, care pot produce dezechilibre ecologice.

Poluant – factor natural, substanță sau formă de energie (radiație electromagnetică, termică, ionizantă, fonică, vibrații) care modifică echilibrul componentelor mediului, provocând disconfort, sau are acțiune toxică asupra organismelor vii și aduce daune bunurilor materiale.

Dezvoltare durabilă – acea dezvoltare care satisface cerințele generațiilor actuale fără a prejudicia interesele generațiilor viitoare.

1.2. Poluanți și poluare

Pentru a-și asigura condițiile de trai, omul utilizează permanent resursele naturale ale mediului înconjurător: animale, plante, resurse ale solului și subsolului (minereuri, cărbune, petrol, sare), gaze, apă, etc. În urma utilizării și procesării resurselor primare rezultă și produse secundare neutralizabile cum sunt: gaze, praf, produse lichide, produse solide care sunt evacuate în mod permanent în natură. O parte din aceste produse evacuate reușesc să se reintegreze în ciclurile naturale ale mediului, pentru refacerea unor elemente, iar altele se acumulează, provocând dezechilibre ecologice, adică poluare.

Unele activități antropice (desfășurate de om) au provocat adevărate modificări topografice și climatice, cu repercusiuni asupra mediului, dintre care unele cu efect pozitiv (împăduriri, îndiguiri, asanări, schimburi ale cursurilor sau acumulărilor de apă), altele însă, cu efecte negative: (defrișări, eroziunea solului, etc).

Cauzele apariției poluării pot fi grupate astfel:

- utilizarea haotică și necontrolată a rezervelor naturale;
- acumulări de substanțe neutilizabile;
- apariția unor substanțe noi la care ritmul de consum sau descompunere de către organisme este inferior ritmului de apariție;

- creșterea demografică vertiginoasă;
- dezvoltarea intensă a activităților economice: industrie, agricultură, transporturi);
- apariția centrelor urbane suprapopulate.

Emisia maximă a unui poluant este dată de cantitatea de poluant degajată în mediu, la care nu se produc modificări importante. Se exprimă prin nivelul (pragul) unui poluant, care este dat de **concentrația maximă admisă**, pentru care se impun măsuri ca: închiderea sau eliminarea surselor de poluare, reținerea, distrugerea poluanților, etc. Nivelele maxime sunt stabilite în norme de produs sau standarde naționale sau internaționale (ISO).

1.3. Surse de poluare

O clasificare a surselor de poluare, după natura și originea lor se prezintă în schema din figura 1.1.

1.3.1. Surse naturale de poluare

- **Solul:** – Din sol se împrăștie în apă și aer următoarele impurități:
 - particule solide rezultate din eroziune (praf, nisip, etc);
 - particule organice – provenite din descompunere sau datorită animalelor și vegetației;
 - gaze: CO₂; H₂S; NH₃;
 - substanțe odorante complexe.
- **Plantele:** – poluează mediul cu polen, spori, mucegai, produși de descompunere a plantelor moarte etc.
- **Vulcanii:** – emit:
 - Gaze (CO, CO₂, H₂);
 - vapori de apă contaminați cu substanțe nocive;
 - materiale solide (praf, lavă);

- **Cutremurele:** – distrug solul și poluează aerul cu particule solide și gaze.
- **Praful cosmic:** – poate atinge 1000 t/an, având un caracter radioactiv. Meteorii determină formarea craterelor și dezechilibre în zonele în care cad (10–20 t zilnic).
- **Incendiile:** – produc prin ardere cantități mari de CO₂ și fum. Pun în pericol viața, distrug păduri și bunuri materiale.

Se poate aprecia că efectele poluării naturale sunt totuși mult mai reduse decât efectele poluării provocate de om.

1.3.2. Surse antropice de poluare

Poluarea antropică provine din diverse activități umane, desfășurate în industrie, agricultură, transporturi și activități menajere.

Poluarea în industrie

Industria poluează toate mediile: aer, apă, sol. Cantitățile de poluanți emise în aer sunt de zeci de milioane de tone. Principalele emisii poluante în industrie sunt: pulberile metalice și nemetalice, praful, dioxidul de sulf (SO₂), monoxidul de carbon (CO), dioxidul de carbon (CO₂), oxidul de azot (NO), dioxidul de azot (NO₂), protoxidul de azot (N₂O), gazul metan (CH₄), hidrocarburile (C_mH_n), eliminări de substanțe chimice organice.

Industria extractivă poluează mediul prin eliminarea prafului cu conținut de silicați, cărbuni, etc., din subteran, ori din haldele de steril de la suprafață. Acestea constituie un pericol și prin acumularea lor la suprafața terenurilor agricole, locuințelor, prin infiltrarea în sol prin intermediul precipitațiilor. Apele poluate deversate în cele naturale produc creșterea conținutului de metale grele, praf de cărbune, silicați, diferite substanțe chimice anorganice și organice.

Extracția și prelucrarea țițeiului afectează mediul prin hidrocarburile gazoase și lichide diverse, „pierdute” în spațiu în timpul extracției, procesării, transportului și depozitării produselor petroliere.

Exploziile accidentale ale produselor petroliere sau instalațiilor petroliere reprezintă importante surse de poluare.

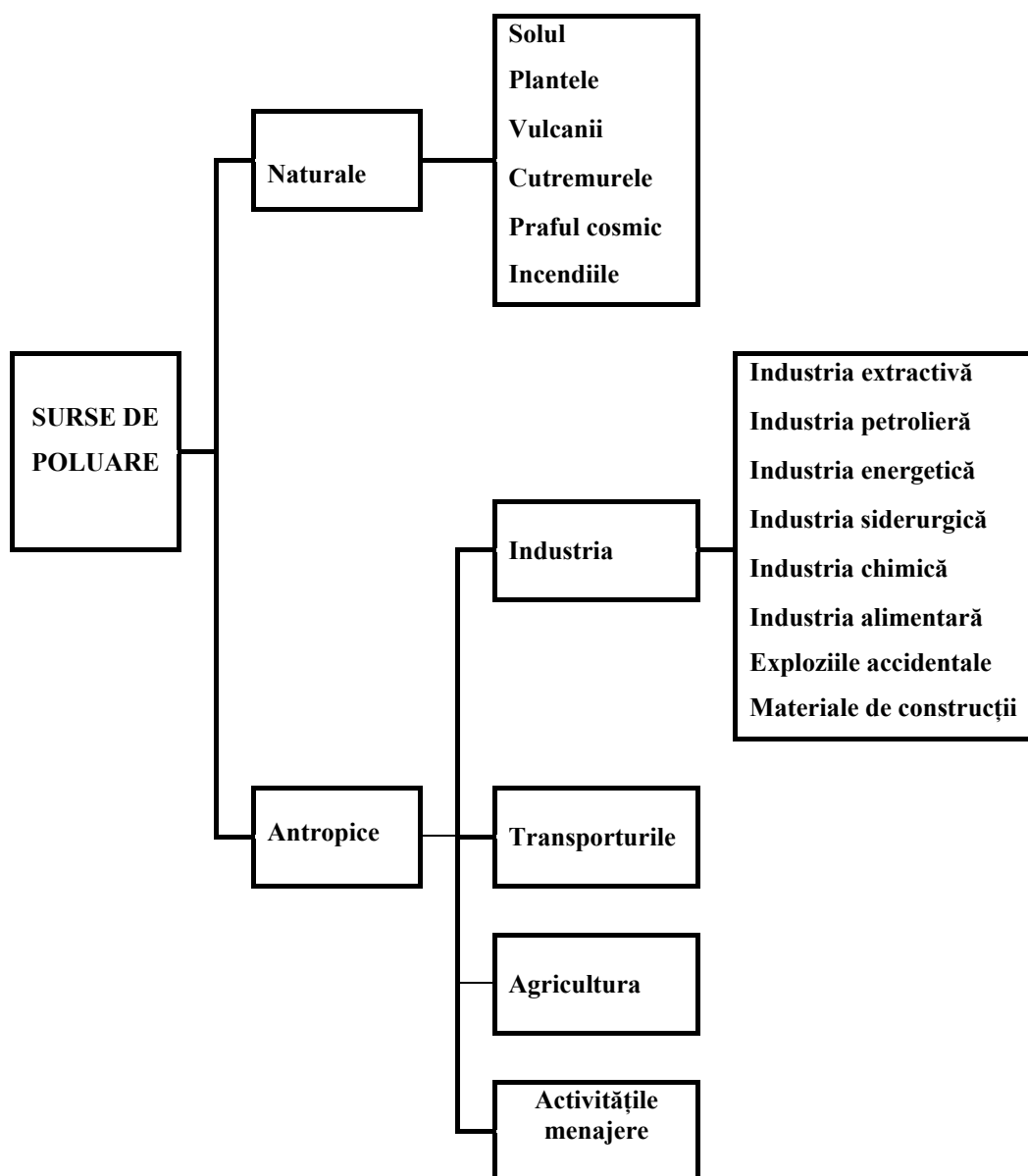


Fig. 1.1. Clasificarea surselor de poluare

Industria energetică reprezintă o sursă de poluare termică, fonică, electromagnetică și chimică.

Hydrocentralele modifică peisajul, varietatea și numărul de specii, calitatea apei (concentrația sărurilor).

Centralele nucleare–electrice, poluează mediul prin emisiile radioactive sub formă de gaze, lichide (apă de răcire), pulberi radioactive.

Deșeurile gazoase radioactive conțin substanțe din aerul evacuat din incinta reactorului.

Deșeurile lichide radioactive conțin apa din circuitul de răcire și ape reziduale contaminate.

Deșeurile solide radioactive provin din instalațiile existente (reactor, pompe, rezervoare, schimbătoare de căldură, conducte) și din reziduurile procesului de fisiune nucleară, îmbrăcămintea de protecție, hârtia, etc.

Industria siderurgică și metalurgică elimină praf, pulberi metalice, oxizi metalici și nemetalici (dioxid de siliciu (SiO_2), calcar, cărbune).

Uzinele cocsochimice elimină compuși toxici de fluor, arsen, hidrocarburi, fenoli, gaze cu dioxid de sulf (SO_2), monoxid de carbon (CO), hidrogen sulfurat (H_2S).

Metalurgia neferoasă elimină produși toxici ca de exemplu As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, V, Mn, Ba, F, SO_2 etc.

Industria chimică emite o serie de substanțe toxice pentru oameni și mediu. Se elimină în atmosferă, în apă și în sol, compuși cu sulf ca: SO_2 , SO_3 (industria acidului sulfuric), mercaptani din rafinării și petrochimie, hidrogen sulfurat (H_2S), sulfura de carbon. Industria acidului azotic elimină compuși de azot (oxizi și amoniac).

Industria produselor cloro–sodice elimină clor, acid clorhidric, clorură de calciu etc.

Din diverse procese de sinteză se elimină compuși de fluor, clor, pesticide, negru de fum, etc.

În procesele petrochimice se pot elimina: fenoli, cetone, hidrocarburi.

Industria materialelor de construcții poluează mediul în special prin cantitățile mari de pulberi și praf. Acestea conțin nisip, oxizi de calciu, magneziu, azbest.

Industria celulozei și hârtiei – elimină în mediu hidrogen sulfurat, mercaptani, produși volatili, dioxine (deosebit de toxice), ape reziduale, fibre celulozice.

Industria alimentară – poluează aerul, apa și solul cu resturi vegetale și animale, rezultate din procesele tehnologice cu detergenți de la spălări, materiale și produse reziduale. Freonii utilizați ca agenți frigorifici, eliminați în atmosferă, contribuie la distrugerea stratului de ozon.

Transporturile

Transporturile auto, navale, feroviare și aeriene emit o serie de poluanți rezultați în special din procesele de combustie, respectiv din arderea combustibililor (benzină, motorină, etc.), respectiv monoxid de carbon (CO), oxizi de azot (NO_x), hidrocarburi nense, dioxid de sulf (SO₂), aldehide, oxizi de plumb, fum, dioxid de carbon (CO₂), etc.

Poluarea în agricultură

Agricultura afectează mediul prin:

- lucrările de îmbunătățiri funciare (irigații, îndiguiri, orezării, desecări);
- aplicarea unor substanțe tehnologice (pesticide [erbicide, insecticide, fungicide] și fertilizanți) în exces;
- sectorul zootehnic, prin dejecțiile animale, sodă, detergenți, etc.;
- industrializarea produselor agricole.

Poluarea prin activitățile menajere

Activitățile menajere reprezintă surse de poluare fizică, chimică, biologică, fonică, estetică, în urma proceselor de ardere a combustibililor, a fumatului, a incinerării deșeurilor urbane, a deversărilor apelor uzate, arderii biomasei.

La incinerarea deșeurilor urbane și industriale se elimină compuși chimici foarte toxici ca de exemplu: clor-fenoli (diclorodioxină, clorodibenzofurani, etc.), acid clorhidric.

Fumul de țigară este o altă sursă de poluare care nu poate fi neglijată. Din fumul de țigară rezultă, gudroane, metale grele toxice pentru om: Pb, Cd, Hg și alte substanțe.

Sursele antropice de poluare sunt complexe și contribuie cu cea mai mare pondere asupra formelor poluante ale mediului înconjurător.

Figura 1.2. reflectă sugestiv relația dintre poluanți și poluare având la bază o clasificare a tipurilor și surselor de poluare, precum și principalele posibilități de prevenire și reducere a poluării.

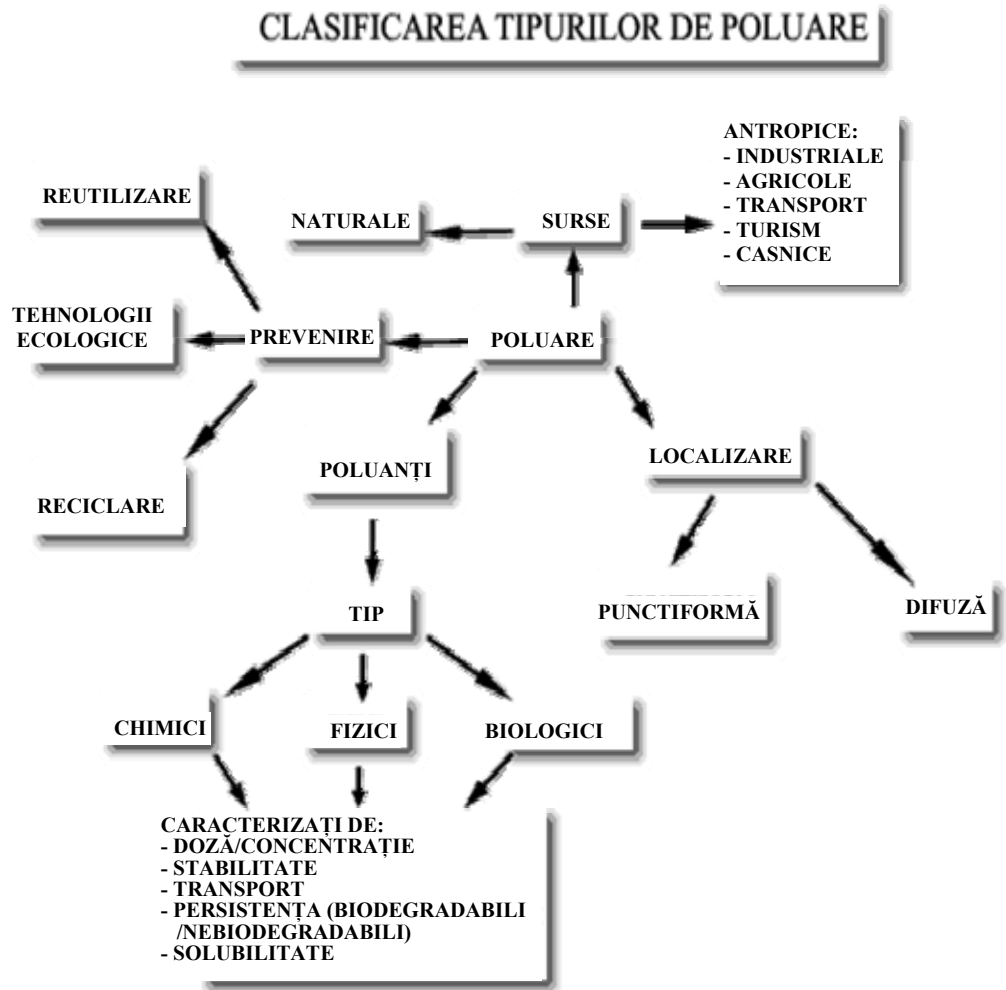


Fig. 1.2. Relația poluanți - poluare - protecție

1.4. Clasificarea poluanților

În funcție de starea de agregare fizică, poluanții pot fi grupați astfel:

- poluanți solizi: bulgări (pământ), granule (nisip), pulberi (metale), praf;
- poluanți lichizi: hidrocarburi, uleiuri, solvenți organici (vapori, ceață), soluții de săruri, de exemplu cianuri, de acizi (ape acide), baze.
- poluanți gazoși: dioxid de carbon, sulfuri, oxizi de sulf, oxizi de azot, hidrocarburi;
- poluanți sonori;
- poluanți radioactivi.

În funcție de natura chimică:

- poluanți organici;
- poluanți anorganici;
- poluanți de natură biologică (bacterii, viruși, paraziți).

În starea lor naturală, fluidele (de exemplu apa) conțin numeroase substanțe poluante care pot fi solubile sau insolubile:

- Substanțele solubile sunt:
 - unii compuși organici: solvenți organici;
 - compuși anorganici: carbonați, bicarbonați, cloruri, azotați, azotiți, sulfați, etc.

Acești poluanți sunt dizolvați în fluide în diverse proporții și nu sunt vizibili cu ochiul liber. Din acest motiv fluidele care conțin astfel de substanțe (în cantități mici) sunt în general limpezi.

- Substanțele insolubile:
 - nisipul, pământul, rugina;
 - precipitatele cristaline sau coloidale ale sărurilor insolubile;
 - reziduuri organice, etc.,

se află în fluide sub stare de suspensii sau sub formă de particule de diferite mărimi, conferind fluidului un aspect mai mult sau mai puțin opalescent (tulbure).

Particulele insolubile se pot clasifica în funcție de dimensiunile lor astfel:

- particule sedimentabile – au dimensiuni și densități care asigură separarea lor prin sedimentare în timp relativ scurt;
- particule în suspensie care posedă dimensiuni reduse și au o densitate apropiată de a apei, de aceea nu sedimentează natural decât în perioade mari de timp;
- particule dispersate (coloidale) – sunt particule foarte mici care nu sedimentează nici după perioade mari de timp.

1.5. Clasificarea metodelor de separare a poluanților și impurităților

Alegerea procedurii, metodei și a tehnologiei de purificare, în vederea protecției mediului depinde de serie de factori care nu pot fi neglijați. Cei mai importanți sunt:

- starea fizică și natura chimică a poluantului;
- debitul fluidului supus tratamentului de separare;
- forma și mărimea granulei (particulei) impurității (în cazul poluanților solizi);
- concentrația poluantului existent în mediul de purificat;
- starea și natura mediului care se purifică (aer, apă, sol);
- felul (tipul) mediului: de exemplu apă uzată, apă potabilă, apă marină, mediu industrial, apă fluvială, apă stătătoare, lacuri de acumulare, etc.

În plus, în toate cazurile, la aprecierea oportunității aplicării unuia sau altuia dintre procedeele de separare adoptate se va lua în considerare și criteriul economic.

Clasificarea metodelor și procedeeelor de separare se prezintă schematic în figura 1.3.

În funcție de solubilitatea poluantului în mediul poluat se disting două tipuri principale de sisteme: sisteme omogene (când agentul poluant este solubil în mediu) sau sisteme fizice eterogene (când agentul poluant este insolubil în mediu).

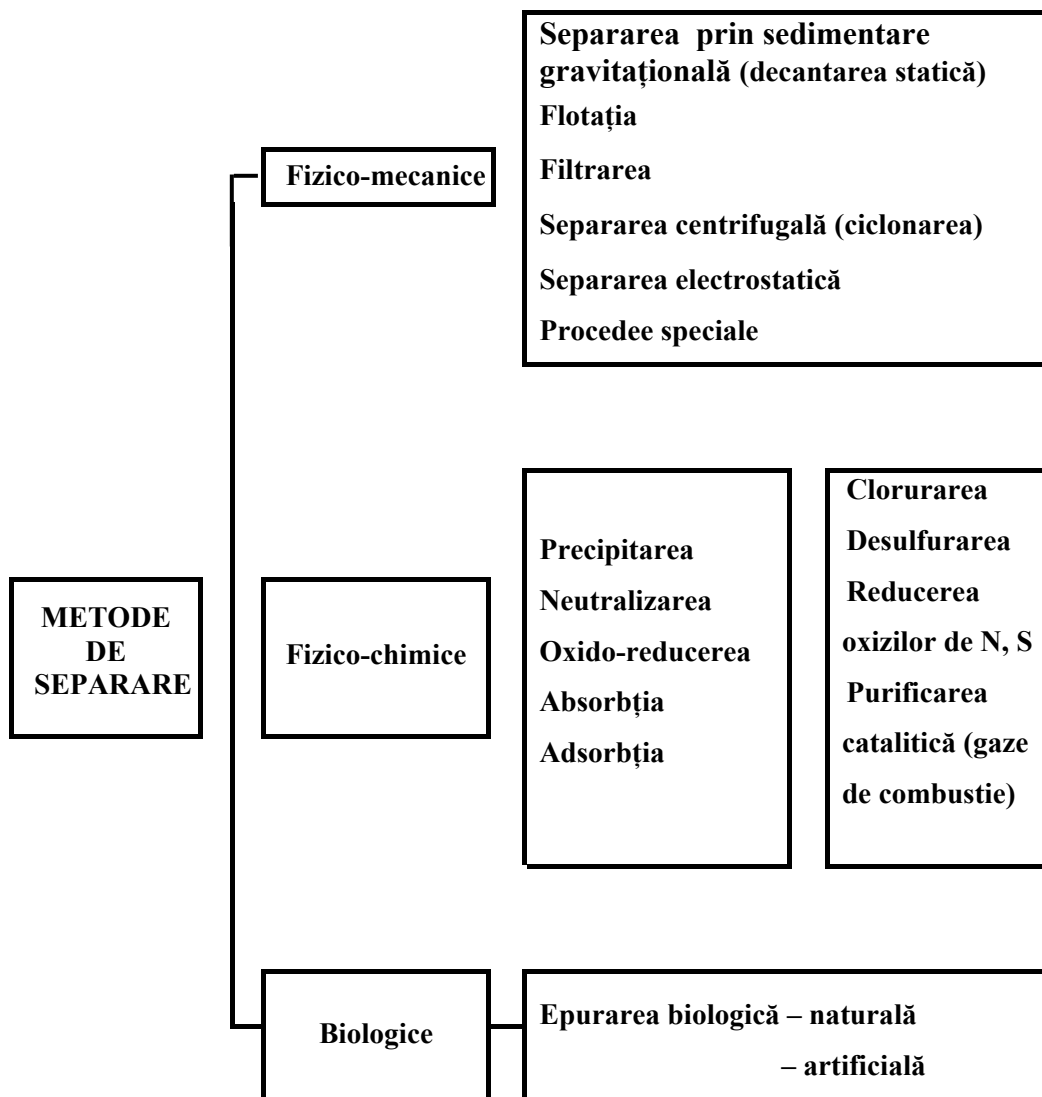


Fig. 1.3. Clasificarea metodelor și procedeeelor de separare a poluanților

În tabelul 1.1. se prezintă diversele situații posibile de sisteme omogene și eterogene și formele de poluare, în funcție de starea fizică a mediului poluat și a poluantului.

Tabelul 1.1. Forme de poluare pentru diferite sisteme poluante

Starea mediului poluat	Starea poluantului	Forma de poluare
Sisteme omogene		
Gaz	Gaz	Amestecuri
Lichid	Gaz	Soluții
	Lichid	
	Solid	
Sisteme eterogene		
Gaz	Solid	Fum, Praf, Smog
	Lichid	Ceața (aerosoli)
Lichid	Solid	Suspensie
	Lichid	Emulsii, Ceață, Suspensii
	Gaz	Spumă

Un asemenea tablou al stărilor mediilor și ale poluanților poate fi considerat un alt criteriu de clasificare al metodelor și procedeele de separare a poluanților din fluide.

Se pot distinge astfel următoarele grupe de separare a poluanților:

a) Separarea sistemelor omogene gazoase:

- Adsorbția;
- Absorbția;
- Filtrarea prin membrane selective (membrane sau site moleculare).

b) Separarea sistemelor omogene lichide:

- Precipitarea, urmată de filtrare;
- Absorbția;
- Adsorbția;
- Distilarea;

- Extracția.
- c) Separarea sistemelor eterogene gaz–solid și gaz–lichid:
 - Purificarea mecanică:
 - Sedimentarea:
 - statică (decantarea);
 - centrifugală;
 - inerțială.
 - Filtrarea;
 - Purificarea sonică;
 - Separarea umedă.
 - d) Separarea sistemelor eterogene lichid–lichid:
 - Separarea emulsiilor:
 - tratarea termică;
 - centrifugarea;
 - filtrarea;
 - spălarea cu apă;
 - separarea electrică (electrostatică);
 - separarea chimică;
 - procedee combinate (fizice și chimice).
 - Separarea spumelor:
 - centrifugarea.
 - e) Separarea sistemelor eterogene lichid - solid:
 - Sedimentarea prin decantare statică;
 - Filtrarea;
 - Centrifugarea;
 - Flotarea;
 - Procedee speciale.

Schema de principiu a procesului de separare a poluanților dintr-un fluid este redată în figura 1.4.

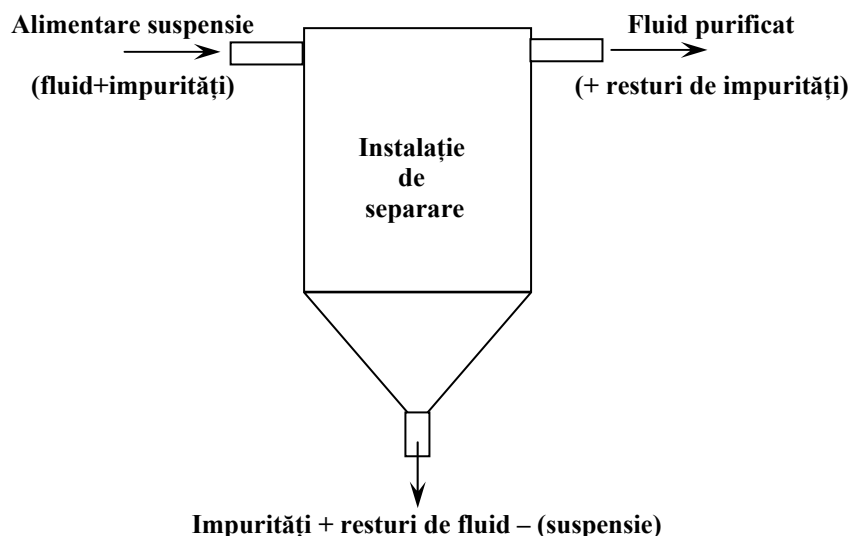


Fig. 1.4. Schema de principiu a instalațiilor de separare

Oricare ar fi instalația sau procedeul utilizat, nu se va obține o purificare perfectă, respectiv o separare completă a impurităților dintr-un fluid. Întotdeauna în urma operației de separare în fluidul clarificat (purificat) vor rămâne urme sau resturi de impurități poluante, deoarece fiecare procedeu are un anumit randament sau eficiență de separare. De aceea tehnologia de separare a unui fluid constă dintr-o succesiune de operații, într-o ordine firească prin diverse procedee de separare. În urma fiecărei operații se obține un anumit grad de separare caracterizat de cantitatea de poluant reținut, de dimensiunea maximă și de distribuția dimensiunilor impurităților rămase în fluid în urma procesului.

1.6. Criterii de performanță și de alegere a procedurii de separare

Pentru a facilita alegerea procedurii și instalației necesare separării poluanților dintr-un fluid este necesar să se definească anumite criterii de performanță. Cele mai importante sunt enumerate în continuare:

- Conținutul de solid rămas în fluidul epurat (de exemplu solidul rămas în filtrat, concentrația de solid din nămolul sedimentat);

- Dimensiunea maximă a particulelor solide (poluantul solid) în fluidul epurat: se numește finețea de separare (de exemplu finețea de filtrare);
- Conținutul de lichid în faza solidă concentrată (de exemplu conținutul de lichid din nămolul sedimentat trebuie să fie cât mai mică);
- Eficiența (eficacitatea) epurării:

$$R = \frac{\text{Continut (masa) poluant separat}}{\text{Continut (masa) poluant din fluidul sup us separarii}}$$

- Sensibilitatea performanțelor instalației la variațiile caracteristicilor de alimentare: de exemplu debitul, concentrația în solid, etc.;
- Posibilitatea tratării în totalitate a volumului suspensiei;
- Posibilitatea de reglare a aparatului de separare;
- Facilitățile de automatizare;
- Fiabilitatea;
- Pierderile de exploatare datorate întreruperilor (de exemplu pentru reparații);
- Nivelul de zgomot (măsurat în decibeli);
- Costurile de producție:
 - pentru materiale;
 - pentru instalații;
 - de exploatare (energie, lubrifianți, floculanți);
 - de mentenanță.

Pot fi enumerate și criteriile necuantificabile, subiective, ca de exemplu igienizarea, absența degajării mirosurilor; facilitățile de întreținere, siguranța funcționării.

O comparație a performanțelor procedeelelor de separare este redată în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2. Comparație între procedeele de separare.

Procedeele	Performanțe				Caracteristici ale fluidului, favorabile exploataării procedeeului	
	Purificarea lichidului	Deshidratarea solidelor	Spălarea solidului poluant	Concentrația solidului	Caracterul solidelor	
Filtrarea	Destul de bună la excelentă	Medie la foarte bună	Medie la bună	Foarte slabă la ridicată	Toate densitățile Toate granulațiile	
Sedimentarea	Bună la foarte bună	Mediocră	Mediocră în contracurent în etape	Slabă la medie	Densitate > lichid Medie sau fină dacă flocolează	
Centrifugarea	Medie la excelentă	Medie la foarte bună	Mediocră la bună	Slabă la medie	Densitate > lichid Medie	
Ciclonarea	Mediocră	Mediocră la destul de bună	Mediocră	Slabă la medie	Densitate > lichid Medie	
Sitarea	Mediocră	Mediocră	Mediocră	Ridicată la medie	Mare la medie	
Ultrafiltrarea	Excelentă	Proastă	-	Slabă	Foarte fine	

Pentru a se putea alege un anumit procedeu sau echipament de separare a poluanților este necesar a se cunoaște câteva elemente caracteristice ale fluidului poluat, ale poluantului și ale cerințelor separării.

Fluidul poluant:

- Natura și originea amestecului;
- Concentrația în poluant (de exemplu g/l);
- Debitul (m^3/h ; $\text{m}^3/24$ ore);
- Temperatura;
- Vâscozitatea;
- Densitatea fluidului;
- pH-ul;
- Toxicitatea;
- Capacitatea de coroziune;
- Compoziția cantitativă și calitativă a solidului poluant;
- Densitatea poluantului;
- Granulația.

Fluidul epurat:

- Concentrația maximă acceptată a solidului poluant rămasă în fluidul epurat. Posibilitatea de reglare a aparatului de separare;
- Finețea de epurare (separare) (μm);
- Umiditatea poluantului reținut;
- Gradul de purificare a efluentului separat;
- Conținutul maxim de fluid în faza concentrată solidă.