



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIEȘTI

B-dul. București nr. 39, 100680 Ploiești - România
www.upg-ploiesti.ro
Telefon +40 244 573 171 Fax +40 244 575 847



INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE
DE DOCTORAT UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN
PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT – MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT

MANAGEMENTUL RISCULUI DE MEDIU LA FINALIZAREA OPERAȚIUNILOR PETROLIERE ONSHORE

ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT AT THE END OF ONSHORE OIL OPERATIONS

**Conducător științific,
Conf. dr. ing. Hab. Chiș Timur-Vasile
Prof. dr. ing. Mihai Pascu Coloja**

**Autor,
ing. Petrache Mihai-Ștefan**

Ploiești 2021



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIEȘTI

B-dul. București nr. 39, 100680 Ploiești - România
www.upg-ploiesti.ro
Telefon +40 244 573 171 Fax +40 244 575 847



INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE
DE DOCTORAT UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN
PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT – MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT

***MANAGEMENTUL RISCULUI DE MEDIU LA
FINALIZAREA OPERAȚIUNILOR PETROLIERE
ONSHORE***

***ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT
AT THE END OF ONSHORE OIL OPERATIONS***

**Conducător științific,
Conf. dr. ing. Hab. Chiș Timur-Vasile
Prof. dr. ing. Mihai Pascu Coloja**

**Autor,
ing. Petrache Mihai-Ștefan**

Comisia de doctorat:

Președinte		de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Conducător științific	Conf.dr.ing.Hab. Chiș Timur-Vasile	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Referent oficial		de la	
Referent oficial		de la	
Referent oficial		de la	

Ploiești 2021

CUPRINS

CONSIDERAȚII	TEORETICE	6
Introducere		7
1. Prezentare generală a operațiunilor petroliere onshore		8
1.1. Prospekțiuni		9
1.2. Operațiuni de explorare		10
1.3. Operațiuni de dezvoltare și exploatare		12
1.3.1. Proiectarea, construirea, instalarea și punerea în funcțiune a facilităților de suprafață		12
1.3.2. Foraje de dezvoltare și exploatare		13
1.3.3. Operațiuni de exploatare		13
1.3.3.1. Exploatarea sondelor de țiței		13
1.3.3.2. Facilități de suprafață pentru exploatarea țițeiului		15
1.3.3.3. Exploatarea sondelor de gaze		16
1.3.3.4. Facilități de suprafață pentru exploatarea gazelor naturale		16
1.3.3.5. Injecția apelor de zăcământ		17
1.3.3.6. Sisteme de conducte		17
1.3.3.7. Intervenții și reparații la sondă		17
1.3.3.8. Reparații capitale la sonde		18
1.3.3.9. Lucrări de stimulare a sondelor		18
1.3.3.10. Menținerea echipamentelor de suprafață		19
1.4. Operațiuni de abandonare, dezafectare și reabilitare		19
2. Elemente de poluarea solului și subsolului la explorarea și exploatarea țițeiului și gazelor naturale		21
2.1. Solul și subsolul ca factor posibil a fi poluat		21
2.1.1. Proprietățile fizice ale solului		22
2.1.2. Proprietățile chimice ale solului		26
2.1.3. Proprietățile hidrogeologice ale apelor subterane		27
2.2. Surse de poluare și poluanți		29
2.3. Proprietățile poluanților		30
2.3.1. Poluanți anorganici		30
2.3.2. Poluanți organici		31
2.3.2.1. Transformări de tip abiotic		31
2.3.2.2. Transformări de tip biotic		31

2.4. Poluarea solului și subsolului din activitățile de explorare și exploatare a hidrocarburilor	32
2.4.1. Poluarea cu amestec de țiței și apă de zăcământ	32
2.4.2. Poluarea cu țiței	32
2.4.3. Poluarea cu apă de zăcământ	33
2.4.4. Poluarea cu fluide de foraj	34
2.4.5. Poluarea cu detritus	34
2.4.6. Poluarea cu ciment	34
2.4.7. Poluarea cu substanțe și preparate chimice complementare	35
2.5. Analiza metalelor prezente în țiței	36
2.5.1. Metale în țiței	36
2.5.2. Structura compușilor metalici în țiței	37
2.5.3. Originea compușilor metalici în țiței	39
2.6. Comportarea poluanților pe suprafața solului	45
2.6.1. Migrarea poluanților	45
2.6.1.1. Cazul zonelor nesaturate	45
2.6.1.2. Cazul zonelor saturate	47
2.6.2. Modelarea matematică pentru poluare cu hidrocarburi	47
3. Considerații teoretice privind remedierea solului și subsolului poluat în urma desfășurării operațiunilor petroliere onshore	49
3.1. Investigarea amplasamentelor contaminate	49
3.1.1. Investigarea istorică	49
3.1.2. Investigarea preliminară	50
3.1.3. Investigarea detaliată	50
3.1.3.1. Studiul pedologic	51
3.1.3.2. Studiul geologic	51
3.1.3.3. Studiul hidrogeologic	52
3.1.3.4. Hazarde și riscuri naturale	52
3.1.4. Monitorizarea factorilor de mediu	52
3.1.5. Analiza datelor furnizate de etapele premergătoare	53
3.1.5.1. Caracterizarea amplasamentului contaminat	53
3.2. Managementul riscului pentru sănătate și mediu	53
3.2.1. Conceptul de evaluare a riscului	53

3.2.2. Considerații generale privind evaluarea riscului pentru amplasamente contaminate	54
3.2.3. Caracterizarea riscului	57
3.2.3.1. Selectarea substanțelor chimice de potențial interes	57
3.2.3.2. Identificarea căilor de expunere pentru solul contaminat cu produse petroliere	57
3.2.4. Managementul riscului	59
3.2.5. Metode de evaluare a riscului pentru sănătate și mediu	60
3.3. Studiul de fezabilitate	61
3.4. Proiectul tehnic de remediere	63
3.5. Realizarea lucrărilor de remediere și reconstrucție ecologică	63
4. Elemente de radioactivitate naturală în industria extractivă de petrol și gaze	65
4.1. Radioactivitate natural asociată activităților industrial	65
4.1.1. Scurt istoric privind descoperirea radioactivității naturale	65
4.1.2. Fundamente privind radioactivitatea	65
4.1.2.1. Proprietățile radiației	65
4.1.2.2. Legea dezintegrării radioactive	67
4.1.2.3. Mărimi dozimetrice	68
4.1.2.4. Unități de măsură pentru radiații și factorii de conversie	71
4.1.3. Radioactivitatea naturală asociată proceselor tehnologice industriale	71
4.1.4. Evaluarea riscului la expunerea radioactivă în industria extractivă	72
4.2. Istoric privind NORM în industria de petrol și gaze	73
4.3. Formele de apariție a NORM la explorarea și exploatarea hidrocarburilor	74
4.3.1. Detritusul	75
4.3.2. Fluidul de foraj	77
4.3.3. Apa de zăcământ	78
4.3.4. Crustele	78
4.4. Aspecte privind protecția contra radiațiilor NORM	79
4.4.1. Expunerea externă și măsuri de protecție	80
4.4.2. Expunerea internă și măsuri de protecție	80
4.5. Decontaminarea echipamentelor contaminate cu NORM	82
4.5.1. Curățare manuală și aspirare	82
4.5.2. Îndepărtarea prin procedee mecanice	82

4.5.3.	Metode	chimice	82
4.5.4.	Metode	abrazive	83
4.5.5.		Topirea	83
4.6.	Managementul deșeurilor pentru amplasamentele contaminate cu NORM		84
4.6.1.	Depozitarea în depozite de deșeuri		84
4.6.2.	Eliminarea în sonde abandonate		85
4.6.3.	Îngroparea la adâncime		85
4.6.4.	Reciclarea prin topire		85
4.6.5.		Concluzii	85
CONTRIBUȚII PROPRII			87
5.	Impactul radioactivității naturale asupra mediului și a populației din zona Moinești la explorarea și exploatarea hidrocarburilor		88
5.1.	Geologia structurii analizate		88
5.1.1.	Modelul geologic. Cadrul geologic regional		88
5.1.2.	Geologia structurii		91
5.1.2.1.	Stratigrafia și litologia		91
5.1.2.2.	Geologia câmpului și a zăcămintelor		92
5.2.	Determinarea impactului NORM asupra mediului și populației		94
5.2.1.	Măsurarea câmpurilor de radiație la sol și pentru echipamente		94
5.2.2.	Realizarea analizelor spectrometrice de sol		95
5.2.3.	Analiza rezultatelor determinărilor realizate		98
5.2.4.	Corelații ale rezultatelor determinărilor NORM realizate		101
5.2.5.	Stabilirea zonelor contaminate cu NORM		108
5.3.	Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat radioactiv		114
5.3.1.	Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat pentru personalul parcului		114
5.3.2.	Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat pentru populație		115
5.4.	Evaluarea impactului NORM asupra mediului prin metoda de apreciere globală a stării de calitate a mediului (Metoda Rojanschi)		117
5.4.1.	Prezentarea metodei de apreciere globală a stării de calitate a mediului		117
5.4.2.	Evaluarea impactului NORM asupra mediului		120
6.	Cercetări privind modelarea poluării cu țiței		126
6.1.	Analiza poluării cu țiței a solului și subsolului		126
6.1.1.	Poluarea solului		126
6.1.2.	Deplasarea peliculei în sol		131

6.2.	Analiza poluării cu țiței a apelor de suprafață	138
6.2.1.	Dispersia produselor petroliere	138
6.2.2.	Evaporarea	139
6.2.3.	Difuzia produsului petrolier în mediul acvatic	139
6.2.4.	Emulsia apă în produs petrolier	139
6.2.5.	Alte produse	140
6.2.6.	Mișcarea locală a produselor petroliere	141
6.2.7.	Influența curenților	141
6.2.8.	Evaluarea deplasării peliculei de petrol	141
6.3.	Modelarea numerică a poluării cu petrol	141
6.3.1.	Poluarea solului și subsolului	142
6.3.2.	Modelul numeric aplicat studiului comportării peliculei de petrol la poluarea solului	145
6.4.	Studiu de caz: Modelarea poluării solului cu țiței	148
6.5.	Modelarea scurgerii din conductele de transport în cazul unei avarii	160
6.6.	Analiza poluării cu metale la exploatarea țițeiului în zona Moinești	163
6.7.	Modelarea transportului unidimensional al poluantului (țiței) prin sol	171
7.	Elemente de remediere a solului și subsolului	175
7.1.	Elemente de remediere a solului la poluarea cu țiței	175
7.2.	Elemente de remediere a apelor subterane la poluarea cu țiței	179
7.3.	Bioremedierea solului prin descompunerea cu ajutorul microorganismelor a hidrocarburilor ce formează țițeiul	179
7.4.	Analiza poluării unui sol cu țiței	182
7.4.1.	Determinarea densității aparente a solurilor utilizate	183
7.4.2.	Determinarea deplasării poluanților în sol	184
7.4.3.	Refacerea solurilor poluate cu țiței prin fitoremediere	185
7.4.4.	Concluzii finale analiza poluării solului cu țiței	187
8.	Managementul riscului de mediu pentru operațiunile petroliere de tip onshore	189
8.1.	Evaluarea riscului la finalizarea operațiunilor petroliere de tip onshore	189
8.2.	Criteriu pentru evaluarea impactului asupra mediului la finalizarea operațiunilor petroliere de tip onshore	193
8.3.	Managementul riscului de mediu pentru operațiunile petroliere onshore. Studii de caz	202
8.3.1.	Analiza contextului	202

8.3.2.	Analiza	SWOT	205
.....			
8.3.3.	Prospectare prin utilizarea metodei seismice		207
8.3.4.	Forajul unei sonde de explorare-evaluare		207
8.3.5.	Extinderea unei facilități de condiționare a gazelor		208
8.3.6.	Exploatarea țițeiului și gazelor asociate		208
.....			
8.3.7.	Abandonarea unei sonde de exploatare a gazelor naturale		209
8.3.8.	Dezafectarea unui parc de exploatare a țițeiului și remedierea solului și subsolului		209
.....			
8.3.9.	Concluzii studii de caz		210
Concluzii			214
.....			
Bibliografie			218
.....			
Listă	de	lucrări	224
.....			
Anexe			226
.....			

CONCLUZII

Teza tratează un subiect care prezintă o foarte mare importanță și actualitate, respectiv protejarea mediului înconjurător, prin aplicarea unui management al riscului adecvat pentru etapele care trebuie parcurse la finalizarea operațiunilor petroliere onshore.

Exploatarea hidrocarburilor este însoțită, în unele situații, de incidente care produc poluarea solului cu aceste produse. Țițeiul produce o modificare fundamentală pentru o serie de proprietăți ale solului, precum cele fizico-chimice și cele biologice, prin formarea la partea superioară a acestuia a unei pelicule care nu permite circulația apei în sol și schimbul de gaze dintre sol și atmosferă. Această acțiune produce sufocarea rădăcinilor plantelor, element care favorizează procesele de reducere și scade activitatea metabolică a bacteriilor. În situația unei poluări cu țiței la suprafața solului, deplasarea poluantului se realizează descendent, în timp ce, pentru o poluare cu țiței în interiorul solului, deplasarea poluantului este ascendentă.

Industria de petrol și gaze are impact asupra mediului atât prin procesele tehnologice derulate, cât și prin activele oprite din exploatare din motive tehnice și/sau economice, aflate în stare avansată de degradare, pentru care nu au fost luate măsuri privind punerea în siguranță, demontarea și dezafectarea instalațiilor, echipamentelor și utilajelor, valorificarea sau eliminarea deșeurilor rezultate și, după caz, remedierea solului și subsolului și reconstrucția ecologică.

Pentru reducerea impactului asupra mediului se impune promovarea unor tehnologii cât mai nepoluante, management al siguranței în exploatare și post-exploatare, adoptarea unor măsuri de control operațional adecvate și a unor metode și tehnologii de remediere a suprafețelor afectate și aducerea acestora la starea inițială.

Este cunoscut faptul că pentru realizarea măsurilor de remediere, reconstrucție ecologică sunt costuri foarte ridicate. Acesta este motivul pentru care se realizează ierarhizarea siturilor contaminate prin realizarea evaluărilor de risc pentru sănătate și mediu. În funcție de încadrarea nivelului de risc se recomandă aplicarea unor măsuri de remediere, reconstrucție ecologică.

Selectarea unei tehnologii de tratare se realizează prin luarea în considerație a mai multor factori, precum costurile, acceptarea de către părțile interesate, disponibilitatea privind implementarea tehnologiei recomandate.

Pentru situațiile în care se constată că din punct de vedere economic nu mai este benefică exploatarea unui zăcământ de hidrocarburi și titularul concesiunii petroliere intenționează să renunțe la aceasta, trebuie abandonate sondele și dezafectate facilitățile de suprafață aflate în cadrul perimetrului petrolier respectiv. În cadrul procesului de abandonare a sondelor și dezafectare a facilităților, concesionarul trebuie să se asigure că au fost înlăturate toate sursele de poluare, cu referire directă la poluarea solului și a apei subterane cu elementele chimice aflate în compoziția hidrocarburilor, incluzând aici și elementele care prezintă radioactivitate naturală. În ceea ce privește echipamentele contaminate cu NORM trebuie realizată decontaminarea acestora

și totodată decontaminarea solului. Aceste activități includ deșeurile generate în timpul exploatării, dezafectării și decontaminării solului și a echipamentelor. Ulterior, în conformitate cu standardele și cerințele legale aplicabile, se va realiza supravegherea radioactivă a amplasamentului, prin monitorizarea factorilor de mediu. Având în vedere cele prezentate în teză, se consideră că este necesară includerea unei evaluări riguroase privind concentrarea tehnologică ale materialelor radioactive cu apariție naturală (TENORM) în procedurile de evaluare a impactului pentru proiecte noi de investiție (explorare, evaluare și dezvoltare) și de autorizare pentru desfășurarea activităților de producție (exploatare). Acest tip de evaluări trebuie luat în considerare și de activitățile suport pentru explorarea și exploatarea hidrocarburilor, precum facilitățile de tratare și eliminare a apei de zăcământ, stațiile de fluide de foraj, facilitățile de tratare în vederea valorificării sau eliminării deșeurilor rezultate.

Planificarea operațiunilor de dezafectare, prin estimarea duratei de viață a unui zăcământ pe baza declinului natural de producție, reprezintă un sprijin pentru estimarea costurilor necesare a fi suportate în viitor de către titularul concesiunii petroliere, putându-se realiza astfel o bugetare a activităților de dezafectare încă din perioada de exploatare. În acest mod se poate realiza susținerea costurilor cu dezafectarea în perioadele în care finanțarea este limitată.

În același timp, se poate lua în calcul ca la nivel de autoritate competentă în domeniul protecției mediului, să fie stabilite pentru operatorii industriei de petrol și gaze cerințe precum mecanismele unor serii de forme de garanție financiară, ca de exemplu încheierea unor polițe de asigurare, stabilirea de garanții bancare, pentru realizarea obligațiilor de remediere și reconstrucție ecologică în caz de prejudiciere asupra mediului. Aceste tipuri de instrumente financiare ar putea fi necesare pentru situații precum insolvența, falimentul, schimbarea titularului activității, vânzarea pachetului majoritar de acțiuni, vânzarea de active, divizare, fuziune.

Consecințele exploatării și utilizării în mod nerațional a resurselor naturale neregenerabile ale Pământului sunt reprezentate de schimbări climatice, sărăcie, foamete, conflicte armate, migrația populațiilor, deteriorarea ecosistemelor, precum și apariția unor modificări organice și funcționale ale organismului uman. Poluarea reprezintă, de asemenea, unul din factorii relevanți pentru degradarea mediului, prin gama extinsă a activităților umane.

Contribuțiile originale ale autorului tezei pot fi enumerate pe scurt, după cum urmează:

1. Caracterizarea radiologică pentru exploatarea țițeiului, prin evaluarea impactului NORM asupra mediului și populației;
2. Evaluarea impactului NORM asupra mediului pentru exploatarea țițeiului prin aplicarea metodei de apreciere globală a stării de calitate a mediului (metoda Rojanschi);

3. Prezentarea geologiei unei structuri analizate, respectiv modelul geologic, cadrul geologic regional, stratigrafia și litologia și geologia câmpului și a zăcămintelor;
4. Prezentarea unei metodologii de management al riscului de mediu la finalizarea lucrărilor petroliere onshore și evidențierea aplicării acestei metodologii prin studii de caz pentru operațiunile petroliere de tip onshore;
5. Modelarea poluării solului cu petrol, prin prezentarea unui studiu de caz;
6. Modelarea scurgerii de produs din conducte în funcție de timpul de scurgere, densitatea produsului, diametrul orificiului și presiunea din conductă;
7. Modelarea numerică a curgerii țițeiului prin sol;
8. Analiza contextului organizațional și analiza SWOT a unui producător independent de petrol și gaze din țara noastră.

Principală **limită a cercetării** este reprezentată de faptul că abordarea tezei a cuprins în ceea ce privește exploatarea onshore a hidrocarburilor partea convențională, fără a cuprinde și partea neconvențională, reprezentată de gazul compact (tight gas), gazul natural de mină (coal bed natural gas), gazul de șist (shale gas) și hidrații gazoși (gas hydrate).

Bibliografia a inclus atât referințe naționale, cât și internaționale, în prima parte a tezei, care a cuprins considerații teoretice, fiind sintetizate elementele care au fundamentat partea a doua a lucrării, respectiv contribuțiile personale.

Rezultatele prezentate în cadrul prezentei teze redau preocupările autorului în ceea ce privește monitorizarea factorilor de mediu, interpretarea și modelarea rezultatelor obținute pentru o perioadă de timp de 7 ani, prin care s-a dorit aducerea unei contribuții în ceea ce privește cercetările în domeniul respectiv. Dintre **direcțiile viitoare de cercetare** se pot menționa:

- Implementarea unor rețele integrate de monitorizare a solului pentru zonele cu potențial de contaminare, aspect care poate reprezenta un element de prevenție în ceea ce privește poluarea apelor subterane;
- Implementarea unor sisteme de monitorizare continuă a apelor subterane și alertare în situația în care se constată apariția unei poluări;
- Realizarea unor studii privind sănătatea populației pentru vecinătățile amplasamentelor contaminate NORM;
- Cercetări privind sănătatea și siguranța în exploatarea echipamentelor potențial contaminate cu NORM;
- Cercetări privind dreptul mediului și analiza economico-financiară la finalizarea operațiunilor petroliere;

- Modelarea procesului de abandonare a operațiunilor petroliere de tip onshore, prin prezentarea politicilor de control a poluării mediului pentru operațiunile de explorare, foraj, punere în funcțiune a structurii respective, exploatarea și abandonarea.

BIBLIOGRAFIE

1. Malschi D., *Note de curs: Tehnologii avansate de reconstrucție ecologică și bioremediere a terenurilor degradate*, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, 2013;
2. Decizia nr. 1386/2013/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 20 noiembrie 2013 privind un Program general al Uniunii de acțiune pentru mediu până în 2020 „O viață bună, în limitele planetei noastre”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX:32013D1386>;
3. Ordinul 2881 din 2013 planul de refacere a mediului și gestionarea deșeurilor, <https://www.model-de.ro/legislatie/comerciala/ordin-2881-2013-plan-refacere-mediu-gestionare-deseuri.htm#.YHcwIegzZPY>;
4. Oprea R., *Compendiu de pedologie*, Editura Universitară, București 2013;
5. Apostol T., Istrate I., *Ecologizarea solului*, Editura Politehnica Press, București, 2011;
6. Godeanu S. P., *Ecologie aplicată*, Editura Academiei Române, 2013;
7. <https://www.eco-ferma.ro/harta-solurilor-acide-din-romania/>;
8. Minea I., Romanescu Gh., *Hidrologia mediilor continentale. Aplicații practice*, Casa Editorială Demiurg, Iași, 2007;
9. Demeter T., *Geografia solurilor*, Universitatea din București, București, 2009;
10. Bocard Ch., *Marine Oil and Soils Contaminated by Hydrocarbons*, Editions TECHNIP, Paris, 2007;
11. Fingas M., *Handbook of Oil Spill Science and Technology*, John Wiley and Sons, 2015;
12. Scrădeanu D., *Hidraulică subterană (Note de curs)*, Universitatea București;
13. Popescu C., Coloja M. P., *Extracția țițeiului și gazelor asociate*, (vol. I și II), Editura Tehnică, 1993;
14. Ciocăzan Gr., *L'étude des eaux souterraines du bassin hydrographique Gilort*, Geographia Napocensis Anul VII, Nr. 1, 2013;
15. Institutul Geologic Român, *Harta Geologică*, 1968;
16. Gavăt I., *Geologia petrolului și a gazelor naturale*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1964;
17. Niste M.G., *Cercetări privind cultivarea in vitro și reacția la factorii de stres a bacteriilor din genul Rhizobium și Sinorhizobium*, Teză de doctorat, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj Napoca, 2015, <https://www.usamvcluj.ro/files/teze/2015/niste.pdf>;
18. Suciu Gh. C., *Petrochimie, energie, petrol*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1980;
19. Ivănuș G., *Istoria petrolului în România*, Editura AGIR, 2004;
20. Boncu Ct. M., *Contribuții la istoria petrolului românesc*, Ed. Academiei R. S. România, 1971;

21. Grecu F., *Hazarde și riscuri naturale*, Editura Universitară, București, 2016;
22. SR EN ISO/IEC 17025:2018 *Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonare.*, <https://www.asro.ro/prezentarea-cerintelor-generale-pentru-competenta-laboratoarelor-de-incercari-si-etalonari-conform-sr-en-iso-iec-170252018/>;
23. Procesul de management al riscului: Etape, scop și metode, <https://rum.mentorbizlist.com/4309661-risk-management-process-stages-purpose-and-methods>;
24. Ilie Gh., *Relația „amenințare / vulnerabilitate – oportunitate / capacitate*, <http://www.revista-alarma.ro/pdf/Relatia%20amenintare%20vulnerabilitate%20%E2%80%93%20oportunitate%20capacitate.pdf.pdf>;
25. Bunge I., *Compendiu de fizică*, Editura Științifică și Enciclopedică București, 1988;
26. Catilina R., Dincă Gh., Burtic T., *Protecția contra radiațiilor nucleare la cercetarea, extracția și prelucrarea substanțelor minerale*, Editura Tehnică, București, 1986;
27. Marcu Gh., Marcu T., *Elemente radioactive. Plouarea mediului și riscurile iradierii*, Editura Tehnică, București, 1996;
28. International Association of Oil&Gas Producers, *Report 412: Managing Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry*, 2016;
29. German Commission on Radiological Protection, *Implementation of the dose limit for members of the public for the sum of exposure from all authorised practices*, 2015;
30. Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 *laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom*;
31. Sharma P. V., *Environmental and engineering geophysics*, Cambridge University Press, 2002;
32. Petrache M. Șt., *The Environmental Impact of NORM for an Oil and Gas Production Facility*, 2nd International Colloquium Energy and Environmental Protection, 9-11 November 2016, Ploiești, România;
33. International Atomic Energy Agency, *Safety Report Series no. 34: Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry*, 2003;
34. Godeanu S. P., *Ecologie aplicată*, Editura Academiei Române, 2013;
35. Andrei V., Glodeanu F., Chirică T., *Deșeurile radioactive. Mituri și adevăruri*, Asociația Română Energia Nucleară, București, 2003;

36. Petrache M. Șt., *Problemele de mediu asociate activităților de abandonare a sondelor de exploatare hidrocarburi*, BALKANMINE 2015, 20-23 September 2015, Petroșani, România;
37. Comisia Națională pentru Activități Nucleare, *NSR-01 Normele fundamentale de securitate radiologică*, București, 2000;
38. European Commission, *Current practice of dealing with natural radioactivity from oil and gas production in EU Member States*, Final Report, 1997;
39. Conference of Radiation Control Program Directors, Inc, *E-42 Task Force Report: Review of TENORM in the Oil&Gas Industry*, 2015;
40. Koncsag C.I., *Fizico-Chimia Petrolului*, Ovidius University Press, Constanta, 2003;
41. Hagen J., *Industrial Catalysis, A practical approach, second edition*, p.195-207, Wiley-VCH, 2006;
42. Speight J. J., *Petroleum Chemistry and Refining*, Taylor and Francis, 1997;
43. Welther E., Ionescu C., Feyer Ionescu S., Turjanschi Ghionea E., *Hidrofinare. Hidrocracare*, p. 23, Editura Tehnică, București, 1967;
44. Rașeev S., *Conversia hidrocarburilor*, vol.II, Editura Zecasin, București, 1996;
45. Onuțu I., Stănică – Ezeanu D., *Protecția mediului*, Editura UPG 2003. (218 pag.), ISBN 973-8150-90-6;
46. Onuțu I., Jugănaru T., *Poluanți în petrol și petrochimie*, Editura Universității Petrol-Gaze din Ploiești, (150 pag.). ISBN 978-973-719-344-5, 2010;
47. Sanbayar J., Monkhoobor D., Avid B., *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2012, 2, p.113-117;
48. Yen T.F., Chilingarian, G. W., *Asphaltenes and asphalts*, 2000, Elsevier;
49. Savu C., Neagoe, S, *Chimia țițeiului greu și combustionat*, Editura Ilex, București, 2001;
50. Albuquerque, M.T.D.; Gerassis, S., Sierra C., Taboada J., Martin J.E., Antunes I.M.H.R., Gallego J.R., *Developing a new Bayesian Risk Index for risk evaluation of soil contamination*. Sci. Total Environ. 2017,603–604, 167–177;
51. Bazlamaçci C.F., Hindi K.S., **Minimum-weight spanning tree algorithms. A survey and empirical study**, Comput. Oper. Res., 28 (2001), pp. 767-785;
52. Aguilera P.A., Fernández A., Fernández R., Rumí R., Salmerón A., **Bayesian networks in environmental modelling**, Environ. Model. Softw., 26 (2011), pp. 1376-1388;
53. Cocârță D. M., Stoian M. A., Karademir A., *Crude Oil Contaminated Sites: Evaluation by Using Risk Assessment Approach*, Sustainability 2017, Vol. 9, No. 8, www.mdpi.com;

54. CCME, 2007. *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health: Summary Tables*. Environment Canada, National Guidelines and Standards Office (No. 1299, ISBN 1-896997-34-1);
55. Avram L., *Elemente de tehnologia forării sondelor*, Ed. Universității Petrol-Gaze din Ploiești, 2011;
56. Karbassi A.R., Abdul M. A., Mahin Abdollahzadeh E., *Sustainability of energy production and use in Iran*. Energy Policy, 35(10): 5171-5180, 2007;
57. Karbassi A. R., Pazoki M., *Environmental qualitative assessment of rivers sediments*. Global J. Environ. Sci. Manage., 1(1): 109-116, 2015;
58. Karbassi A.R., Torabi Kachoosangi F., Ghazban F., Ardestani M., *Association of trace metals with various sedimentary phases in dam reservoirs*. Int. J. Environ. Sci. Tech., 8(4): 841-852, 2011;
59. Lahr J., Kooistra L., *Environmental risk mapping of pollutants: state of the art and communication aspects*. Sci. Total Environ., 408:3899–3907, 2010, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.045>;
60. McDonald K.S., Ryder D.S., Tighe M., *Developing best-practice Bayesian belief networks in ecological risk assessments for freshwater and estuarine ecosystems: a quantitative review*. J. Environ. Manag., 2015, 154, 190–200, 2015;
61. Moen J., Ale B.J.M., *Risk maps and communication*. J. Hazard. Mater. 61, 271–278, 1998;
62. Moen J.E.T., Cornet J.P., Evers C.W.A., *Soil Protection and Remedial Actions: Criteria for Decision Making and Standardization of Requirements*. Proc. 1st INT. TNO Conf. on Contaminated Soil, Utrecht, Netherlands. Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp. 441–448, 1985;
63. Monaci F., Bargagli R., *Barium and other tracemetals as indicators of vehicle emissions*. Water Air Soil Pollut, 1997, 100, 89–98, 1997;
64. ORDIN nr. 756 din 3 noiembrie 1997 pentru aprobarea Reglementarii privind evaluarea poluarii mediului, <https://biosol.ro/wp-content/uploads/linkuri/ord-756-din-03-11-1997-pentru-aprobarea-Reglementarii-privind-evaluarea-poluarii-mediului.pdf>;
65. Turekian K.K.; Wedepohl K.H. *Distribution of some major elements of the Earth's crust*. Geol. Soc. Am. Bull. 1961, 72, 175–192;
66. Nilin J., Moreira L.B., Aguiar J.E., Marins R., Moledo de Souza Abessa D., Monteiro da Cruz Lotufo T., Costa-Lotufo L.V., *Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Ceará River, Northeastern Brazil*. Mar. Environ. Res. 2013, 91, 89–96;

67. Mohiuddin K.M., Zakir H. M., Otomo K., Sharmin S., Shikazono N., *Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river*. Int. J. Environ. Sci. Technol. 2010, 7, 17–28;
68. Pejman A., Nabi Bidhendi G., Ardestani M., Saeedi M., Baghvand A., *A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study*. Ecol. Indic. 2015, 58, 365–373;
69. Chai L., Li H., Yang Z., Min X., Liao Q., Liu Y., Men S., Yan Y., Xu J., *Heavy metals and metalloids in the surface sediments of the Xiangjiang River, Hunan, China: Distribution, contamination, and ecological risk assessment*. Environ. Sci. Pollut. Res. 2017, 24, 874–885;
70. Ke X., Gui S., Huang H., Zhang H., Wang C., Guo W., *Ecological risk assessment and source identification for heavy metals in surface sediment from the Liaoh River protected area, China*. Chemosphere 2017, 175, 473–481;
71. Wang Y., Hu J., Xiong K., Huang X., Duan S., *Distribution of Heavy Metals in Core Sediments from Baihua Lake*. Procedia Environ. Sci. 2012, 16, 51–58;
72. Alyazichi, Y.M., Jones B.G., McLean E., Pease J., Brown H., *Geochemical Assessment of Trace Element Pollution in Surface Sediments from the Georges River, Southern Sydney, Australia*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2017, 72, 247–259;
73. Ma L., Yang Z., Li L., Wang L., *Source identification and risk assessment of heavy metal contaminations in urban soils of Changsha, a mine-impacted city in Southern China*. Environ. Sci. Pollut. Res. 2016, 23, 17058–17066;
74. LEGE nr. 458 din 8 iulie 2002 (**republicată**) privind calitatea apei potabile, <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/37723>;
75. LEGE nr. 246 din 10 noiembrie 2020 privind utilizarea, conservarea și protecția solului, <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/232879>;
76. Anastasiu B. V., Purcel A., *Practica extracției țițeiului*, Editura Tehnică, 1971;
77. Rojanschi V., Grigore F., Ciomoș V. *Ghidul evaluatorului și auditorului de mediu*, Editura Economică, București, 2008;
78. Nicolescu N., *Intervenții, reparații și probe de producție la sonde*, Editura Didactică și Pedagogică, 1985;
79. Frank E.J., *Evaporation of water with emphasis on applications and measurements*, CRC Press, Reissued 2018;
80. Koch A. L., Robinson A. J., Milliken A. G., *Mathematical modeling in microbial ecology*, Springer Link, 1998;

81. *** European Commission, *Study on the assessment and management of environmental impacts and risks resulting from the exploration and production of hydrocarbons - Final Report*, ISBN 978-92-79-62747-7, doi:10.2779/786860, 2016.