



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (MBA)**

Διπλωματική Εργασία

**ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

Άλκηστη Ευαγγελία Βεκρή

Επιβλέπουσα: Ελένη Διδασκάλου
Αν. Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πειραιώς

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η Διπλωματική Εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στην Οργάνωση και Διοίκηση Επιχειρήσεων (ΠΜΣ MBA) με τίτλο

«ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ»

έχει συγγραφεί απο εμένα αποκλείστηκα και στο σύνολο της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάπου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα η στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολο τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν απο το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ονοματεπώνυμο: Άλκηστη Ευαγγελία Βεκρή

Ημερομηνία: 01/07/2026



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (MBA)**

**ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άλκηστη Ευαγγελία Βεκρή

Επιβλέπουσα: Ελένη Διδασκάλου
Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πειραιώς

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη βιώσιμη διαχείριση των έργων εξόρυξης υδρογονανθράκων, εστιάζοντας στις σύγχρονες προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο κλάδος, καθώς και στις πρακτικές που δύνανται να συμβάλλουν στη μετάβαση προς ένα πιο αειφόρο μοντέλο ανάπτυξης. Οι υδρογονάνθρακες, ως κύρια πηγή ενέργειας, διατηρούν κομβικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία, ωστόσο η διαδικασία εξόρυξής τους ενέχει σημαντικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Επιπλέον, η εργασία παρουσιάζει αρχικά τη χημική φύση και τις κατηγορίες των υδρογονανθράκων, καθώς και την κατανομή των αποθεμάτων παγκοσμίως, τόσο συμβατικών όσο και μη συμβατικών. Εξετάζεται η γεωλογική προέλευση, η διαδικασία σχηματισμού και μετανάστευσής τους, καθώς και οι τύποι ταμιευτήρων και παγίδων. Ακολουθεί αναλυτική αποτύπωση των τεχνολογιών εξερεύνησης, εξόρυξης, παραγωγής και μεταφοράς, με έμφαση στις offshore εγκαταστάσεις και στα υποθαλάσσια συστήματα παραγωγής. Κεντρικός άξονας της διπλωματικής αποτελεί η διερεύνηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τη λειτουργία των εξορυκτικών έργων. Ειδικότερα, αναλύονται ζητήματα όπως η ρύπανση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, η διαρροή υδρογονανθράκων, η αποψίλωση των φυσικών πόρων και η ανάγκη διασφάλισης της κοινωνικής αποδοχής μέσα από διαφανείς διαδικασίες και συμμετοχική διακυβέρνηση. Τέλος, η εργασία καταλήγει με προτάσεις για την ενσωμάτωση βιώσιμων πρακτικών, όπως η χρήση τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών, η αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημιάς, η υιοθέτηση στρατηγικών ESG και η ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας. Τα ευρήματα επιβεβαιώνουν ότι η εφαρμογή πολιτικών ESG θεωρείται κρίσιμη, καθώς συμβάλλει τόσο στη διασφάλιση επαρκούς ενεργειακού εφοδιασμού όσο και στη διατήρηση ισορροπημένων περιβαλλοντικών και κοινωνικών συνθηκών.

Ευχαριστίες

Μέσω της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς και βαθιές μου ευχαριστίες σε όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου σε αυτή τη σημαντική πορεία των σπουδών μου. Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία υπήρξε σταθερό στήριγμα σε κάθε στάδιο των σπουδών μου. Με την αγάπη, την υπομονή και την αμέριστη συμπαράστασή τους, μου έδωσαν τη δύναμη να συνεχίσω ακόμη και στις πιο απαιτητικές στιγμές. Χωρίς την ενθάρρυνση και την εμπιστοσύνη τους, η ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας θα ήταν πολύ πιο δύσκολη. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, για την πολύτιμη καθοδήγηση, την επιστημονική της υποστήριξη και τη συνεχή διαθεσιμότητά της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Οι συμβουλές της, οι παρατηρήσεις της και η εμπειρία της υπήρξαν καθοριστικές για την ορθή κατεύθυνση και την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου. Την ευχαριστώ επίσης για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για το ενδιαφέρον της σε κάθε στάδιο της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους, άμεσα ή έμμεσα, συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας, είτε με τη στήριξή τους είτε με την ενθάρρυνσή τους. Η πορεία αυτή αποτέλεσε μια σημαντική εμπειρία μάθησης και προσωπικής εξέλιξης, την οποία θα κρατήσω ως πολύτιμο εφόδιο για το μέλλον μου.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - 1 Κατανομή Αποδεδειγμένων & Πιθανών Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018)	5
Πίνακας 1 - 2 Κατανομή Αυξανόμενης Ανάκτησης Επιβεβαιωμένων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, % Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018).....	7
Πίνακας 1 - 3 Κατανομή Μη Ανακαλυφθέντων - Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, % Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018).	9
Πίνακας 1 - 4 Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Πετρελαίου Σε Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018).....	10
Πίνακας 1 - 5 Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Φυσικού Αερίου Σε Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018).....	11
Πίνακας 1 - 6 Χώρες Που Επηρεάζονται Από το Φαινόμενο Της Όξινης Βροχής (Singh, Agrawal, 2008).....	30
Πίνακας 2 - 1 Οικολογικό Αποτύπωμα και Βιοχωρητικότητα Χωρών & Περιοχών (Juozas Ruzevicius, 2010).	53

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 - 1 Κατανομή Αποδεδειγμένων & Πιθανών Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Onshore & Offshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)	6
Διάγραμμα 1 - 2 Κατανομή Αύξησης Επιβεβαιωμένων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Offshore & Onshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)	8
Διάγραμμα 1 - 3 Κατανομή Μη Ανακαλυφθέντων Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Offshore & Onshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)	9
Διάγραμμα 1 - 4 Ετήσιες Παγκόσμιες Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα Συναρτήσεως Χρονολογίας (Our World In Data, 2022)	28

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 - 1 Τύποι υπεράκτιων εγκαταστάσεων για την παραγωγή υδρογονανθράκων (Yew, Ismail, Abd Rahman Sabri, & Abdul Rahim, 2014)	15
Σχήμα 2 - 1 Τρεις Πυλώνες Της Βιωσιμότητας (Selicati, Cardinale, 2023).....	40
Σχήμα 2 - 2 Τέσσερις Φάσεις της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή συστήματος (Selicati, Cardinale, 2023)	48
Σχήμα 2 - 3 Προσαρμογή της πυραμίδας των ανθρώπινων αναγκών του Maslow στο οικολογικό αποτύπωμα και τις προσεγγίσεις αξιολόγησης περιβαλλοντικής και βιωσιμότητας (Juozas Ruzėvicius, 2010).....	52
Σχήμα 3 - 1 Άντληση και κατανάλωση γλυκού νερού στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την πρωτογενή παραγωγή ενέργειας (IPIECA, 2021).....	61
Σχήμα 3 - 2 Το Πλαίσιο Βιώσιμης Διαχείρισης Νερού της IPIECA (IPIECA, 2021)	63

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1 - 1 Παγκόσμια Ποσότητα Πετρελαιοκηλίδων Από Δεξαμενόπλοια (Our World In Data, 2021)	31
Γράφημα 1 - 2 Εκπομπές Ρύπων Από Παραγόμενο Νερό Υπεράκτιων Εξεδρών Παραγωγής Υδρογονανθράκων (J. Beyer et al. , 2020).	35

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 - 1 Διαδικασία Δημιουργίας Υδρογονανθράκων (YaClass, 2022).....	1
Εικόνα 1 - 2 Αναπαράσταση Μετανάστευσης Υδρογονανθράκων (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004).....	3
Εικόνα 1 - 3 Γεωτρητικό Πλοίο (CNN, 2020).....	12
Εικόνα 1 - 4 Αναπαράσταση Directional Drilling (sealandws.com, 2020).....	14
Εικόνα 1 - 5 Εξέδρα τύπου jacket (2B1st Consulting, 2012).....	16
Εικόνα 1 - 6 Αυτοανυψούμενη εξέδρα (jack-up) (Offshore Fleet Journal, 2020).....	17
Εικόνα 1 - 7 Αναπαράσταση εξέδρας τύπου compliant towers (Άλκηστις Βεκρή , 2020).....	18
Εικόνα 1 - 8 Αναπαράσταση εξέδρας τύπου sea star (Bright Hub Engineering, 2009).....	19
Εικόνα 1 - 9 Πλωτή ημιβυθιζόμενη εξέδρα (Wikipedia, 2020).....	20
Εικόνα 1 - 10 Τυπικές δομές εξέδρας τύπου spar (Bright Hub Engineering, 2009).....	21
Εικόνα 1 - 11 Εξέδρα τύπου TLP (2B1st Consulting, 2014).....	22
Εικόνα 1 - 12 Γεωτρητικό σκάφος (Maritime Connector, 2020).....	23
Εικόνα 1 - 13 Τυπική διάταξη ενός υποθαλάσσιου συστήματος παραγωγής (TechSci Research, 2019).....	23
Εικόνα 1 - 14 Δεξαμενόπλοιο (MARTIDE, 2023).....	24
Εικόνα 1 - 15 Αγωγός Μεταφοράς Υδρογονανθράκων (Features & Benefits of Pipeline Transportation – Why Pipelines Are Needed, 2019).....	25
Εικόνα 1 - 16 Ένα βυτιοφόρο της Shell, ανεφοδιασμού πετρελαίου. (Wikipedia, 2023).....	26
Εικόνα 1 - 17 Σιδηροδρομική Γραμμή Για Τη Μεταφορά Πετρελαίου (theregreview.org, 2019).....	26
Εικόνα 1 - 18 Διαδικασίες Που Εμπλέκονται Στην Εναπόθεση Οξέων (Wikipedia , 2023).....	29
Εικόνα 1 - 19 Πετρελαιοκηλίδα Exxon Valdez (Hakai Magazine, 2019).....	31
Εικόνα 1 - 20 Έκρηξη Εξέδρας Deepwater Horizon στον Κόλπο Του Μεξικό (Britannica, 2010).....	32
Εικόνα 1 - 21 Καφέ Πελεκάνος Σε Πετρέλαιο Από Την Πετρελαιοκηλίδα Deepwater Horizon (MotherJones, 2019).....	33
Εικόνα 1 - 22 Αναπαράσταση Πορείας Παραγόμενου Νερού Από Υπεράκτιες Εξέδρες Παραγωγής Υδρογονανθράκων (J. Beyer et al. , 2020).....	34
Εικόνα 1 - 23 Δυνητικές ροές εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων, επιβλαβών ουσιών και φυσικών ραδιενεργών ουσιών (EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).....	37
Εικόνα 2 - 1 Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ο.Η.Ε. (csr.ert.org, 2019).....	40
Εικόνα 2 - 2 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης Με Άμεση Προτεραιότητα (IPIECA et. al., 2023).....	44
Εικόνα 2 - 3 Ευκαιρίες Από Τους Στόχους Άμεσης Προτεραιότητας (IPIECA et. al., 2023).	45
Εικόνα 2 - 4 Βασικοί Τομείς Ζητημάτων Για Την Πετρελαική Βιομηχανία, Που Απεικονίζονται Στους 17 Στόχους Του ΟΗΕ (IPIECA et. al., 2023).....	47
Εικόνα 3 - 1 Διαδικασία Δέσμευσης & Αποθήκευσης Άνθρακα (Global CCS Institue, 2024).....	56
Εικόνα 3 - 2 Η χρήση του νερού κατά μήκος της αλυσίδας αξίας του πετρελαίου και του φυσικού αερίου (IPIECA, 2021).....	60
Εικόνα 3 - 3 Έργο East Anglia ONE της εταιρείας BP (OE, 2020).....	66
Εικόνα 3 - 4 Έργο CCS "Nothern Lights" της εταιρείας Equinor (Equinor, 2025).....	67

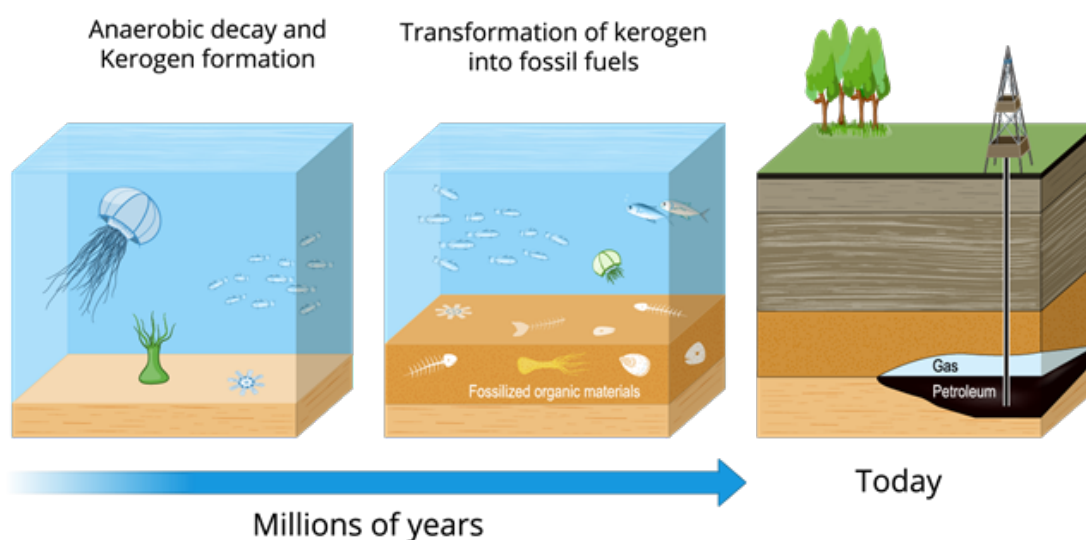
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	1
1.2 ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ	4
1.2.1 Αποθέματα Συμβατικών Υδρογονανθράκων	4
1.2.2 Αποθέματα Μη Συμβατικών Υδρογονανθράκων	10
1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	11
1.3.1 Εξερεύνηση	11
1.3.2 Γεώτρηση	13
1.3.3 Παραγωγή.....	15
1.3.4 Μεταφορά.....	24
1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	27
1.4.1 Αέρια του Θερμοκηπίου.....	27
1.4.2 Μόλυνση Αέρα	28
1.4.3 Όξινη Βροχή.....	28
1.4.4 Κατά τη μεταφορά (Πετρελαιοκηλίδες).....	30
1.4.5 Απόβλητα Γεωτρήσεων	34
1.4.6 Η περίπτωση του σχιστολιθικού αερίου.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	38
2.1 ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ.....	38
2.1.1 Αναγκαιότητα Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	38
2.1.2 Διαχείριση Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	38
2.2 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	44
2.2.1 Καθορισμός Υπάρχουσας Κατάστασης	44
2.2.2 Προσδιορισμός Βασικών Πλεονεκτημάτων.....	44
2.2.3 Βιώσιμη Ανάπτυξη και Πετρελαιοκός Τομέας	45
2.3 ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	48
2.3.1 Εργαλεία και Μεθοδολογία	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	55
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	55
3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	55
3.2.1 Δέσμευση και Αποθήκευση Άνθρακα (Carbon Capture and Storage CCS):.....	56
3.2.2 Μείωση Εκπομπών Μεθανίου	58
3.2.3 Βιώσιμη Διαχείριση Νερού	59
3.2.4 Περιβαλλοντική Αποκατάσταση.....	63
3.2.5 Ενεργειακή Απόδοση & Ανανεώσιμες Πηγές.....	65
3.2.6 Κοινωνική Υπευθυνότητα - ESG	65
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΛΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ – CASE STUDIES	66
3.3.1 Case Study 1: BP - Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια και Μείωση Εκπομπών.....	66
3.3.2 Case Study 2: Equinor - Τεχνολογία CCS (Carbon Capture and Storage).....	66
3.3.3 Case Study 3: Shell - Πρόγραμμα ESG και Κοινωνική Υπευθυνότητα.....	67
3.3.4 Case Study 4: TotalEnergies - Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας σε Υπεράκτιες Πλατφόρμες	67
3.3.5 Case Study 5: ExxonMobil - Ψηφιοποίηση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης.....	67
3.3.6 Case Study 6: Petrobras - Περιβαλλοντική Αποκατάσταση και Βιοποικιλότητα	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Υδρογονάνθρακες

Οι υδρογονάνθρακες είναι ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να αντιδρούν γρήγορα με το οξυγόνο, δηλαδή, να καίγονται και να παράγουν θερμότητα. (ΕΔΑΘΕΣΣ, 2022). Πιο αναλυτικά, τα άτομα άνθρακα συνδέονται για να σχηματίσουν το πλαίσιο της χημικής ένωσης και τα άτομα υδρογόνου ενώνονται σε εκείνα με πολλές διαφορετικές διατάξεις (Investopedia, 2022). Επιπλέον, επικρατεί η άποψη ότι το πετρέλαιο δημιουργήθηκε από τη διάσπαση φυτικών και ζωικών οργανισμών της θάλασσας και της ξηράς, καθώς και από πλαγκτόν και άλγες, χωρίς την παρουσία οξυγόνου. (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004). Αυτοί οι οργανισμοί βυθίστηκαν στον πυθμένα της θάλασσας κατά το τέλος του κύκλου ζωής τους, όπου με την πάροδο του χρόνου ενταφιάζονταν από πολλά στρώματα χώματος και φυτικών υπολειμμάτων, που τα συμπιέζαν συνεχώς. Εν τέλει, οι αρχαίες θάλασσες αποξηράθηκαν και παρέμειναν ξηρές λεκάνες, που ονομάζονταν ιζηματογενείς.



Εικόνα 1 - 1 Διαδικασία Δημιουργίας Υδρογονανθράκων (YaClass, 2022)

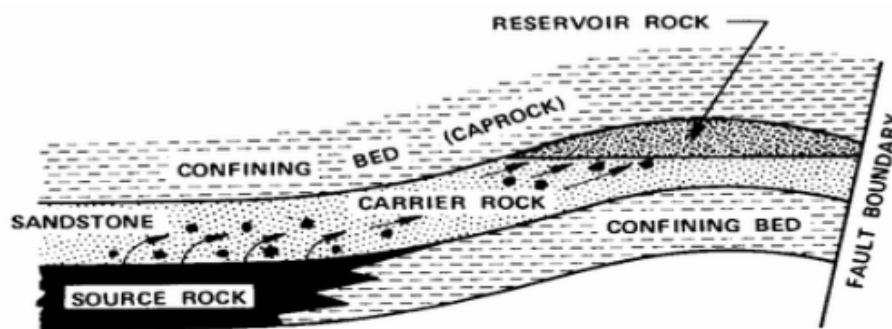
Όπως φαίνεται στο πρώτο τμήμα της Εικόνας 1-1, βαθιά κάτω από το πυθμένα της λεκάνης, η οργανική ύλη συμπιέστηκε μεταξύ του μανδύα της Γης, με πολύ υψηλές θερμοκρασίες, έχοντας εκατομμύρια τόνους πετρώματος και ιζημάτων από πάνω. Το οξυγόνο δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου σε αυτές τις συνθήκες, και η οργανική ύλη άρχισε να μετατρέπεται σε μία κέρινη ουσία που ονομάζεται κηρογόνο. Με όλο και υψηλότερες θερμοκρασίες, με την πάροδο του χρόνου και τις πιέσεις, το κηρογόνο υποβλήθηκε σε μία διαδικασία που ονομάζεται «καταγέννηση» και

μετασχηματίστηκε σε υδρογονάνθρακες, όπως αναπαρίσταται και στο δεύτερο τμήμα της Εικόνας 1-1 (National Geographic, 2022).

Οι υδρογονάνθρακες εντοπίζονται στους ταμιευτήρες. Πιο συγκεκριμένα, ταμιευτήρας ονομάζεται μια φυσική συγκέντρωση πετρελαίου ή φυσικού αερίου μέσα σε πορώδη και διαπερατά ιζηματογενή πετρώματα. Γύρω του υπάρχει ένα αδιαπέραστο στρώμα πετρώματος (cap-rock), που εμποδίζει τη διαφυγή των υδρογονανθράκων, και συνήθως βρίσκεται κοντά σε υπόγεια νερά. Όταν ανακαλύπτεται, η πίεση στο εσωτερικό του είναι συνήθως ομοιόμορφη σε όλο τον χώρο που καταλαμβάνει. Για τον λόγο αυτό, ο ταμιευτήρας αναφέρεται συχνά και ως «δεξαμενή». (pool). Οι υδρογονάνθρακες συγκεντρώνονται μέσα σε μια ιζηματογενή λεκάνη, η οποία προσφέρει τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία κοιτασμάτων πετρελαίου, όπως: (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004):

- Την πηγή των υδρογονανθράκων
- Το σχηματισμό και τη μετανάστευση των υδρογονανθράκων
- Το μηχανισμό παγίδευσης των υδρογονανθράκων, δηλαδή, την ύπαρξη γεωλογικών δομών σε πορώδη πετρώματα στο χρόνο αλλά και στο μονοπάτι της μετανάστευσης των υδρογονανθράκων

Οι ταμιευτήρες δύναται να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, σε αυτούς στους οποίους το πορώδες και η διαπερατότητα προϋπάρχουν ή είναι εγγενείς και σε εκείνους στους οποίους είναι δευτερεύοντες ή επάγονται. Το πρωτεύον πορώδες και η διαπερατότητα εξαρτώνται από το μέγεθος, το σχήμα, την ταξινόμηση και τον τρόπο ένωσης των κόκκων του ιζήματος, καθώς και από τον τρόπο της αρχικής τους ενοποίησης. Αντίθετα, το δευτερογενές πορώδες και η διαπερατότητα προκύπτουν από παράγοντες εναπόθεσης, όπως η διαλυτοποίηση, η αποκρυστάλλωση, η θραύση, οι καιρικές συνθήκες κατά την προσωρινή εμφάνιση του πετρώματος στην επιφάνεια της Γης, καθώς και η περαιτέρω συμπίεση. Αυτοί οι δευτερεύοντες παράγοντες μπορεί είτε να ενισχύσουν, είτε να μειώσουν το αρχικό πορώδες και τη διαπερατότητα (Britannica, 2022), είτε τελικά, η πίεση να μειώσει ακόμη περισσότερο τον χώρο μέσα στους πόρους του πετρώματος, με αποτέλεσμα τα ρευστά που εντοπίζονται εκεί να αρχίζουν να μετακινούνται έξω από αυτό. Η τελευταία διαδικασία ονομάζεται μετανάστευση. Ο μηχανισμός της μετανάστευσης του πετρελαίου από το μητρικό πέτρωμα δεν έχει γίνει απόλυτα κατανοητός. Αφού η δημιουργία του πετρελαίου συνοδεύεται από μεταβολές όγκου, αυτές μπορεί να αποτελούν την αιτία έναρξης μικρορωγμών στο μητρικό πέτρωμα, οι οποίες παρέχουν δίοδο διαφυγής σε περατά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Εικόνα 1-2 η διαδικασία της μετανάστευσης περιλαμβάνει δύο στάδια: αρχικά μέσω του μητρικού πετρώματος και στη συνέχεια μέσω ενός περατού συστήματος (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004).



Εικόνα 1 - 2 Αναπαράσταση Μετανάστευσης Υδρογονανθράκων (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004)

Το πρώτο στάδιο καλείται *πρωτογενής μετανάστευση (Primary Migration)* και είναι η διαδικασία με την οποία οι υδρογονάνθρακες αποβάλλονται από το μητρικό πέτρωμα σε ένα παρακείμενο διαπερατό γεωλογικό υπόστρωμα (*Carrier Bed*). Το επόμενο στάδιο ονομάζεται *δευτερογενής μετανάστευση (Secondary Migration)* και είναι η μετακίνηση των υδρογονανθράκων κατά μήκος του γεωλογικού υποστρώματος (*Carrier Bed*) από την περιοχή της πηγής προς μία «παγίδα» (PetroWiki, 2016). Πιο συγκεκριμένα, οι «παγίδες» υδρογονανθράκων σχηματίζονται όταν οι διαπερατοί ταμιευτήρες (ανθρακικά άλατα, ψαμμίτες) επικαλύπτονται από πετρώματα χαμηλής διαπερατότητας (*Caprock*), τα οποία είναι δυνατόν να εμποδίσουν τους υδρογονάνθρακες από περαιτέρω ανοδική μετανάστευση τους (GeologyIn, 2022). Επιπρόσθετα, οι γεωλογικές δομές (*παγίδες-traps*) είναι δύο, κυρίως, τύπων: οι τεκτονικές, που απαντώνται σε μεγαλύτερη συχνότητα και οι στρωματογραφικές. Οι τεκτονικές παγίδες ταξινομούνται κυρίως σε αντίκλινα, ρήγματα και δόμους. Επιπρόσθετα, οι στρωματογραφικές παγίδες διακρίνονται σε πρωτογενείς, που δημιουργούνται κατά την απόθεση φακοειδών διαπερατών ενστρώσεων μέσα σε αδιαπέρατα ιζήματα και σε διαγενετικές, που προκύπτουν κατά το στάδιο της διαγένεσης από την πλευρική μεταβολή της περατότητας εντός του ίδιου του ιζηματογενούς ορίζοντα (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004).

Τα αποθέματα υδρογονανθράκων εντοπίζονται σε συμβατικές και μη συμβατικές συγκεντρώσεις. Αρχικά, οι συμβατικές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων είναι πετρέλαιο και αέριο που εντοπίζονται σε αμμόλιθο και δύναται να εξορυχθούν κάνοντας χρήση των παραδοσιακών μεθόδων. Οι πόροι που αποκτώνται από συμβατικές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων περιλαμβάνουν αργό πετρέλαιο (*Crude Oil*), συμπύκνωμα (*Condensate*) καθώς και φυσικό αέριο (*Natural Gas*). Τα προϊόντα που μπορούν να διυλιστούν είναι το υγραέριο, το μαζούτ, η βενζίνη, η ντίζελ, η κηροζίνη, η βάση για την ασφαλτο καθώς και άλλα. Αντίθετα, οι μη συμβατικές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων είναι πετρέλαιο και φυσικό αέριο που εντοπίζονται σε ποικίλα πετρώματα και είναι απαραίτητο να εξορυχθούν κάνοντας χρήση επιπρόσθετης τεχνολογίας, ενέργειας ή κεφαλαίου με σκοπό την απομάκρυνση του πόρου από

το μητρικό πέτρωμα. Μερικά παραδείγματα μη συμβατικών πόρων περιλαμβάνουν το φυσικό αέριο σε εναποθέσεις λιγνίτη (*Coal Seam Gas*) το έγκλειστο φυσικό αέριο (*Tight Gas*), το σχιστολιθικό αέριο (*Shale Gas*) καθώς και το σχιστολιθικό πετρέλαιο (*Shale Oil*) (Queensland Government , 2022).

1.2 Αποθέματα Υδρογονανθράκων

Τα αποθέματα συμβατικών πόρων, πετρελαίου και φυσικού αερίου αποτελούνται από τέσσερα μέρη, δηλαδή, τα παραγόμενα, τα υπόλοιπα αποδεδειγμένα ανακτήσιμα αποθέματα, την αυξανόμενη ανάκτηση των ανακτήσιμων και ανακαλυφθέντων αποθεμάτων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς και από την ποσότητα των μη ανακαλυφθέντων ανακτήσιμων πόρων. Το 2015 τα παγκόσμια ανακτήσιμα αποθέματα συμβατικού πετρελαίου, συμπυκνώματος πετρελαίου και φυσικού αερίου ήταν $5,350 \times 10^8$, 496.2×10^8 και 588.4×10^{12} τόνοι αντίστοιχα. Ακόμη, η αθροιστική παραγωγή συμβατικού πετρελαίου και φυσικού αερίου, το 2015, ήταν $1,918.2 \times 10^8$ τόνοι. Τα υπόλοιπα αποδεδειγμένα και ανακτήσιμα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου ήταν $4,212.6 \times 10^8$ τόνοι, που αποτελούν το 39.2% των συνολικών αποθεμάτων (Tong Xiaoguang et al, 2018).

1.2.1 Αποθέματα Συμβατικών Υδρογονανθράκων

Αρχικά, το συνολικό ποσό των ανακτήσιμων αποθεμάτων συμβατικού πετρελαίου και φυσικού αερίου, στον κόσμο, προσεγγίζει τους $10,727.9 \times 10^8$ τόνους. Πιο συγκεκριμένα, περισσότερα από τα ανακτήσιμα αποθέματα πετρελαίου εντοπίζονται στη Μέση Ανατολή, στην Κεντρική Ασία – Ρωσία καθώς και στην Κεντρική και Νότια Αμερική, όπου πλησιάζουν τους $3,853.9 \times 10^8$ τόνοι, αντιπροσωπεύοντας το 72% των συνολικών παγκόσμιων ανακτήσιμων αποθεμάτων πετρελαίου. Το συμπύκνωμα πετρελαίου, το 2015, εντοπίζονταν, κυρίως, στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αμερική και ήταν $265,8 \times 10^8$ τόνοι, αντιπροσωπεύοντας το 53.6% των συνολικών αποθεμάτων της συγκεκριμένης κατηγορίας υδρογονανθράκων. Επιπλέον, τα ανακτήσιμα αποθέματα φυσικού αερίου, την ίδια χρονιά, εντοπίζονταν στην Κεντρική Ασία – Ρωσία και στη Μέση Ανατολή και ήταν $354.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$, αντιπροσωπεύοντας το 60.2% των συνολικών αποθεμάτων αυτής της κατηγορίας υδρογονανθράκων. Επιπρόσθετα, η αυξανόμενη ανάκτηση των επιβεβαιωμένων ανακτήσιμων αποθεμάτων υδρογονανθράκων ήταν $1,517.7 \times 10^8$ τόνοι, αποτελώντας το 14.3% των συνολικών αποθεμάτων. Τέλος, το μέγεθος των μη ανακαλυφθέντων ανακτήσιμων πόρων είναι $3,065.5 \times 10^8$ τόνοι, μέγεθος που αποτελεί το 28.6% των συνολικών (Tong Xiaoguang et al, 2018).

1.2.1.1 Αποδεδειγμένα & Πιθανά Αποθέματα Υδρογονανθράκων

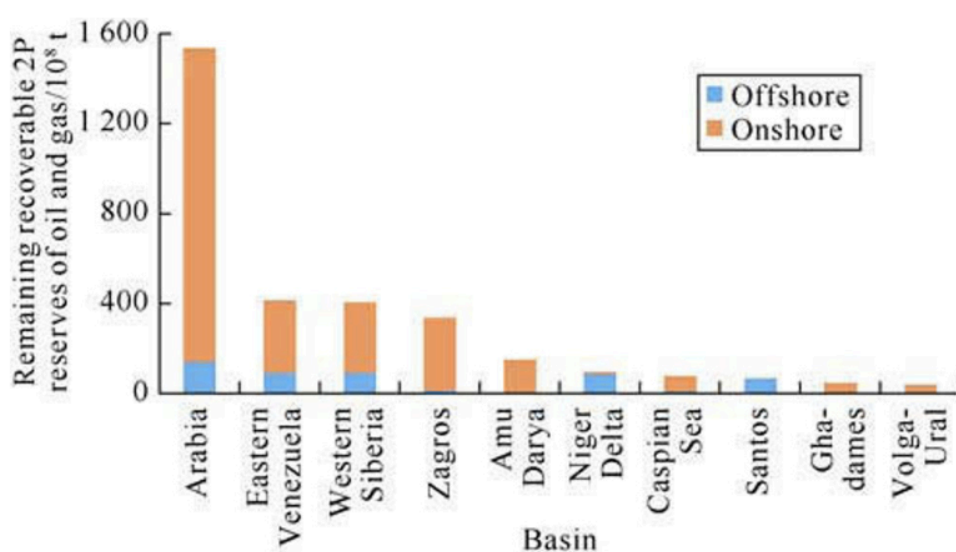
Τα αποδεδειγμένα και πιθανά αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου που έχουν απομείνει πλησιάζουν τους $4,212.6 \times 10^8$ τόνους, εκ των οποίων οι $2,055 \times 10^8$ τόνοι είναι πετρελαίου και αποτελούν το 48.8% των συνολικών αποθεμάτων, οι 197.6×10^8 τόνοι είναι συμπυκνωμένου πετρελαίου που αποτελούν το 4.7% των συνολικών και οι $236.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ φυσικού αερίου, που αποτελούν το 46.5% των συνολικών. Όλα τα προηγούμενα αποθέματα είναι κατά κύριο λόγο κατανομημένα στη Μέση Ανατολή όπου εντοπίζεται το 45.3% των συνολικών αποθεμάτων, μετά ακολουθεί η Κεντρική Ασία – Ρωσία με 19.7% των συνολικών αποθεμάτων και τέλος η Κεντρική και η Νότια Αμερική με 15.1 %. Πιο συγκεκριμένα, τα συγκεκριμένα αποθέματα κατανέμονται σε 82 χώρες, χωρίς την Κίνα, εκ των οποίων η Ρωσία, η Σαουδική Αραβία, το Ιράν και η Βενεζουέλα κατέχουν το 14.4%, 12.4%, 11.8% και 11.5%, αντίστοιχα, των παγκόσμιων αποθεμάτων. Η κατανομή των συγκεκριμένων αποθεμάτων ανά χώρα απεικονίζεται στον Πίνακα 1-1 που ακολουθεί.

Χώρες	Αποδεδειγμένα & Πιθανά Αποθέματα Υδρογονανθράκων (10^8 τόνοι)	% Αναλογία Πετρελαίου	% Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου	% Αναλογία Φυσικού Αερίου
Ρωσία	572.4	29.8	3.8	66.4
Σαουδική Αραβία	495.2	85.3	3.1	11.6
Ιράν	470.0	33.9	9.0	57.1
Βενεζουέλα	456.8	90.8	0.9	8.3
Κατάρ	287.3	5.0	13.6	81.4
Ιράκ	253.9	88.4	0.5	11.1
Τουρκμενιστάν	136.5	2.0	1.1	96.9
Κουβέιτ	111.3	83.3	5.1	11.6
Βραζιλία	107.3	78.9	3.1	18.0
Ενωμένα Αραβικά Εμιράτα	105.6	66.9	6.6	26.5

Πίνακας 1 - 1 Κατανομή Αποδεδειγμένων & Πιθανών Ανακτώνσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018)

Είναι φανερό ότι τα αποδεδειγμένα και πιθανά αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου που εντοπίζονται στη Ρωσία είναι 572.4×10^8 τόνοι, από τους οποίους το 29.8% αφορά σε αποθέματα πετρελαίου, το 3.8% αφορά σε συμπυκνωμένο πετρέλαιο, ενώ τα αποθέματα φυσικού αερίου αποτελούν το 66.4%. Παρόμοια, τα συγκεκριμένα αποθέματα στη Σαουδική Αραβία είναι 495.2×10^8 τόνοι, εκ των οποίων το πετρέλαιο, το συμπυκνωμένο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν το 85.3%, 3.1% και το 11.6% αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στο Ιράν τα αποθέματα

υδρογονανθράκων είναι 470×10^8 τόνοι, εκ των οποίων το πετρέλαιο, το συμπυκνωμένο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν το 33.9%, 9% και το 57.1% αντίστοιχα. Τέλος, τα αποδεδειγμένα και πιθανά αποθέματα υδρογονανθράκων στη Βενεζουέλα είναι 456.8×10^8 τόνοι, από τους οποίους το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν το 90.8% και το 8.3% αντίστοιχα. Τα συγκεκριμένα αποθέματα υδρογονανθράκων εντοπίζονται τόσο σε παράκτιες (onshore) περιοχές, όσο και σε υπεράκτιες (offshore) περιοχές. Τα αποδεδειγμένα και πιθανά onshore αποθέματα υδρογονανθράκων είναι $2,371.6 \times 10^8$ τόνοι, εκ των οποίων, τα αποθέματα πετρελαίου, συμπυκνωμένου πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι $1,136 \times 10^8$ τόνοι, που αντιστοιχούν στο 47.9%, 116.2×10^8 τόνοι, που είναι 4.9% και $132.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$, που είναι 47.2%, εκ των συνολικών αποθεμάτων, αντίστοιχα. Όσο αφορά τα αποδεδειγμένα και πιθανά offshore αποθέματα υδρογονανθράκων είναι συνολικά $1.840,9 \times 10^8$ τόνοι, εκ των οποίων τα αποθέματα πετρελαίου, συμπυκνωμένου πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι $854,2 \times 10^8$ τόνοι, που είναι το 46.4%, $97,6 \times 10^8$ τόνοι, που είναι το 5.3% και $105,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$, που είναι το 48.3%. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 1-1 που φαίνεται στη συνέχεια, αναλύεται η κατανομή των αποδεδειγμένων και πιθανών αποθεμάτων υδρογονανθράκων, με βάση την περιοχή όπου εντοπίζονται, τόσο σε onshore, όσο και σε offshore περιοχές. Τα συγκεκριμένα αποθέματα στις onshore περιοχές πλησιάζουν το 56.3% και στις offshore περιοχές το 43.7%. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα περισσότερα αποθέματα σε onshore περιοχές εντοπίζονται στην Αραβία και στη συνέχεια ακολουθούν η Ανατολική Βενεζουέλα, η Δυτική Σιβηρία και έπειτα το Ζάγκρος στο Ιράν. Τέλος, παρατηρείται ότι τα συγκεκριμένα υπεράκτια αποθέματα είναι λιγότερα και εντοπίζονται στην Αραβία, στην Ανατολική Βενεζουέλα, στη Δυτική Σιβηρία, στο δέλτα του Νίγηρα και στο Σάντος στη Βραζιλία (Tong Xiaoguang et al, 2018).



Διάγραμμα 1 - 1 Κατανομή Αποδεδειγμένων & Πιθανών Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Onshore & Offshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)

1.2.1.2 Αυξανόμενη Ανάκτηση Επιβεβαιωμένων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων

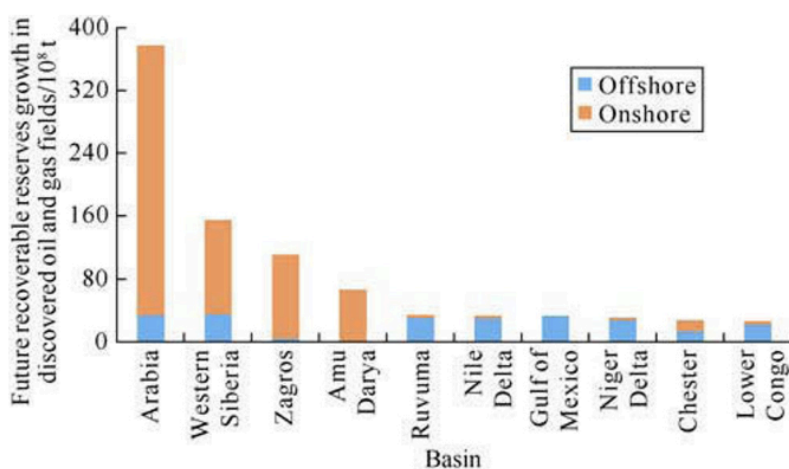
Στα επόμενα 30 χρόνια η παγκόσμια αύξηση των ανακαλυφθέντων και ανακτήσιμων αποθεμάτων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου θα είναι $1,531.7 \times 10^8$ τόνοι, εκ των οποίων τα αποθέματα πετρελαίου, συμπυκνωμένου πετρελαίου και φυσικού αερίου θα είναι 708.7×10^8 τόνοι, δηλαδή το 46.3% των συνολικών, 72.8×10^8 τόνοι, δηλαδή το 4.8% των συνολικών και $90.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, δηλαδή το 48.9% των συνολικών αποθεμάτων αντίστοιχα. Τα αποθέματα στη Μέση Ανατολή παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αύξηση, αντιπροσωπεύοντας το 33.7% των παγκόσμιων αποθεμάτων, ενώ στη συνέχεια ακολουθούν η Κεντρική Ασία - Ρωσία και η Αφρική στις οποίες αντιστοιχεί το 22.7% και το 14.4% των παγκόσμιων αποθεμάτων αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, τα αποθέματα της περιοχής Ασίας-Ειρηνικού, της Βόρειας Αμερικής, της Κεντρικής Ασίας καθώς και της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής παρουσιάζουν την ίδια αύξηση στην ανάκτηση αποθεμάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα αποθέματα στην Ευρώπη έχουν τη μικρότερη πιθανότητα αύξησης. Επιπλέον, στον Πίνακα 1-2 φαίνεται αναλυτικά η κατανομή των συγκεκριμένων αποθεμάτων ανά ορισμένες χώρες, τόσο ως συνολικό ποσοστό, όσο και ως επί τις εκατό αναλογία πετρελαίου, συμπυκνωμένου πετρελαίου καθώς και φυσικού αερίου (Tong Xiaoguang et al, 2018).

Χώρες	Αυξανόμενη Ανάκτηση Επιβεβαιωμένων Υδρογονανθράκων (10^8 τόνοι)	% Αναλογία Πετρελαίου	% Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου	% Αναλογία Φυσικού Αερίου
Ρωσία	234.0	45.6	3.1	51.3
Ιράν	139.7	31.3	8.9	59.8
Σαουδική Αραβία	136.8	75.4	4.7	19.9
Κατάρ	86.1	4.5	13.4	82.1
Η.Π.Α.	82.5	62.1	4.3	33.6
Βενεζουέλα	72.6	78.6	1.4	20.0
Ιράκ	62.0	78.9	1.4	20.5
Νιγηρία	61.7	50.7	3.5	45.8
Τουρκμενιστάν	53.4	4.6	1.3	94.1
Λιβύη	41.6	68.3	2.1	29.6

Πίνακας 1 - 2 Κατανομή Αυξανόμενης Ανάκτησης Επιβεβαιωμένων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, % Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018)

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η πιο σημαντική αύξηση στην ανάκτηση επιβεβαιωμένων αποθεμάτων υδρογονανθράκων θα εντοπίζεται στη Ρωσία, στο Ιράν και έπειτα στη Σαουδική

Αραβία. Τέλος, η κατανομή των συγκεκριμένων αποθεμάτων σε Onshore και Offshore περιοχές παρουσιάζεται στο παρακάτω Διάγραμμα 1-2.



Διάγραμμα 1 - 2 Κατανομή Αύξησης Επιβεβαιωμένων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Offshore & Onshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)

1.2.1.3 Κατανομή Μη Ανακαλυφθέντων Ανακτήσιμων Πόρων

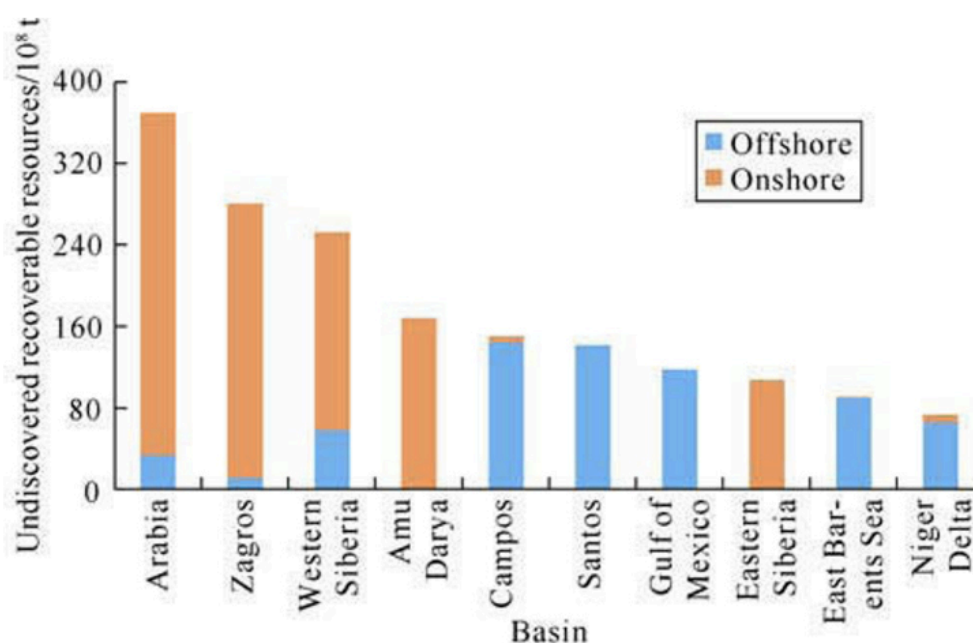
Τα παγκόσμια μη ανακαλυφθέντα ανακτήσιμα αποθέματα υδρογονανθράκων είναι 3065,5 x 10⁸ τόνοι, εκ των οποίων το πετρέλαιο, το συμπυκνωμένο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι το 1,302.2 x 10⁸ τόνοι, 181 x 10⁸ τόνοι και 191.1 x 10¹² m³ και αποτελούν το 42.5 %, το 5.9% και το 51.6% αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα είναι κατανεμημένα στην περιοχή της Κεντρικής Ασίας-Ρωσίας όπου αποτελούν το 26.6% των συνολικών αποθεμάτων, με την Μέση Ανατολή, την Κεντρική και την Νότια Αμερική να διαθέτουν το 21.7% και το 16.4% των συνολικών αποθεμάτων αντίστοιχα. Επιπλέον, τα πιθανά μη ανακαλυφθέντα αποθέματα στην Ασία, στην περιοχή του Ειρηνικού καθώς και στην Ευρώπη εντοπίζονται σε μικρές αναλογίες. Στον Πίνακα 1-3 φαίνεται αναλυτικά η κατανομή των συγκεκριμένων αποθεμάτων ανά ορισμένες χώρες, τόσο ως συνολικό ποσοστό, όσο και ως επι τις εκατό αναλογία πετρελαίου, συμπυκνωμένου πετρελαίου καθώς και φυσικού αερίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η Ρωσία φέρει τις μεγαλύτερες πιθανότητες ανεύρεσης νέων αποθεμάτων υδρογονανθράκων, με 551.0 x 10⁸ τόνους, ενώ στη Βενεζουέλα εντοπίζονται 327.9 x 10⁸ τόνοι υδρογονανθράκων ενώ στις Η.Π.Α τα πιθανά και μη ανακαλυφθέντα αποθέματα υδρογονανθράκων εκτιμώνται στους 266.6 x 10⁸ τόνους (Tong Xiaoguang et al, 2018).

Χώρες	Μη Ανακαλυφθέντα – Ανακτήσιμα Αποθέματα Υδρογονανθράκων (10 ⁸ τόνοι)	% Αναλογία Πετρελαίου	% Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου	% Αναλογία Φυσικού Αερίου
Ρωσία	551.0	27.9	3.4	68.7
Βενεζουέλα	327.9	82.2	1.0	16.8

Χώρες	Μη Ανακαλυφθέντα – Ανακτήσιμα Αποθέματα Υδρογονανθράκων (10 ⁸ τόνοι)	% Αναλογία Πετρελαίου	% Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου	% Αναλογία Φυσικού Αερίου
Η.Π.Α.	266.6	37.4	13.4	49.2
Ιράν	184.2	28.4	8.5	63.1
Σαουδική Αραβία	169.1	72.8	4.7	22.5
Τουρκμενιστάν	128.2	2.8	1.1	96.1
Κατάρ	117.3	3.9	12.4	83.7
Καναδάς	91.5	20.7	13.0	66.3
Νιγηρία	84.4	56.7	7.2	36.1
Βραζιλία	78.0	70.9	2.8	26.3

Πίνακας 1 - 3 Κατανομή Μη Ανακαλυφθέντων - Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων (% Αναλογία Πετρελαίου, % Αναλογία Συμπυκνωμένου Πετρελαίου & % Αναλογία Φυσικού Αερίου) Σε Μεγάλες Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018).

Τέλος, η κατανομή των συγκεκριμένων αποθεμάτων υδρογονανθράκων διακρίνεται τόσο σε onshore, όσο και σε offshore περιοχές, όπως παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1-3.



Διάγραμμα 1 - 3 Κατανομή Μη Ανακαλυφθέντων Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Υδρογονανθράκων Σε Offshore & Onshore Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)

Με βάση το Διάγραμμα 1-3 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα μη ανακαλυφθέντα αποθέματα υδρογονανθράκων που εντοπίζονται σε onshore και offshore περιοχές αποτελούν το 57.8% και το 42.2% των συνολικών αντίστοιχα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η δυνατότητα εξερεύνησης των παράκτιων περιοχών με αποθέματα συμβατικού πετρελαίου και φυσικού αερίου παραμένει

μεγάλη και η υπεράκτια εκμετάλλευση υδρογονανθράκων αποτελεί ένα πάρα πολύ σημαντικό σημείο αύξησης των αποθεμάτων για το μέλλον (Tong Xiaoguang et al, 2018).

1.2.2 Αποθέματα Μη Συμβατικών Υδρογονανθράκων

Τα παγκόσμια αποθέματα μη συμβατικών υδρογονανθράκων περιλαμβάνουν επτά τύπους, που έχουν εκμεταλλευτεί εμπορικά, όπως, το βαρύ πετρέλαιο (*Heavy Oil*), το μείγμα πετρελαίου με άμμο (*Oil Sands*), το έγκλειστο πετρέλαιο (*Tight Oil*), το σχιστολιθικό πετρέλαιο (*Oil Shale*), το σχιστολιθικό αέριο (*Shale Gas*), το φυσικό αέριο σε εναποθέσεις λιγνίτη (*Coal Seam Gas*) καθώς και το έγκλειστο φυσικό αέριο (*Tight Gas*). Τα ανακτήσιμα μη συμβατικά αποθέματα υδρογονανθράκων είναι $5,833.5 \times 10^8$ τόνοι, εκ των οποίων οι $4,209.4 \times 10^8$ είναι μη συμβατικό πετρέλαιο και τα $195.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ είναι μη συμβατικό φυσικό αέριο. Τα συγκεκριμένα αποθέματα εντοπίζονται κυρίως σε 60 χώρες. Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 1-4 παρουσιάζεται αναλυτικά η κατανομή ανακτήσιμων αποθεμάτων μη συμβατικού πετρελαίου και αξίζει να αναφερθεί ότι τα περισσότερα αποθέματα εντοπίζονται στις Η.Π.Α., ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η Ρωσία και ο Καναδάς (Tong Xiaoguang et al, 2018).

Χώρες	Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Πετρελαίου (10^8 τόνοι)
Η.Π.Α.	952.5
Ρωσία	859.2
Καναδάς	405.4
Ιράν	184.2
Βενεζουέλα	307.3
Σαουδική Αραβία	230.7
Βραζιλία	208.1
Ουκρανία	190.0
Γαλλία	151.4
Μεξικό	144.1
Καζακστάν	66.3

Πίνακας 1 - 4 Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Πετρελαίου Σε Χώρες (Tong Xiaoguang et al, 2018)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1-5, τα περισσότερα αποθέματα μη συμβατικού φυσικού αερίου εντοπίζονται στη Βόρεια και Κεντρική Ασία, ενώ σημαντικά αποθέματα υπάρχουν επίσης στη Ρωσία και στην περιοχή της Ασίας και του Ειρηνικού.

Χώρες	Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Φυσικού Αερίου (10^8 τόνοι)
Βόρεια & Κεντρική Αμερική	56.3
Ρωσία	36.3
Κεντρική & Νότια Αμερική	18.8

Χώρες	Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Φυσικού Αερίου (10 ⁸ τόνοι)
Ευρώπη	19.0
Μέση Ανατολή	21.4
Αφρική	19.2
Ασία - Ειρηνικός	24.5

Πίνακας 1 - 5 Κατανομή Ανακτήσιμων Αποθεμάτων Μη Συμβατικού Φυσικού Αερίου Σε Περιοχές (Tong Xiaoguang et al, 2018)

1.3 Διαδικασία Εκμετάλλευσης Υδρογονανθράκων

Οι διαδικασίες αναζήτησης και εξόρυξης υδρογονανθράκων περιλαμβάνουν ποικίλες δραστηριότητες, από την αναγνώριση της ύπαρξης φυσικών αποθεμάτων στη Γη μέχρι και την αξιοποίηση τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Όταν αυτές οι διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε υπεράκτιο περιβάλλον, ονομάζονται υπεράκτιες διαδικασίες παραγωγής υδρογονανθράκων. Οι διαδικασίες ξεκινούν με τους γεωλόγους και τους γεωφυσικούς οι οποίοι αναζητούν πετρέλαιο και φυσικό αέριο κάτω από το υπέδαφος για onshore και κάτω από το θαλάσσιο πυθμένα για offshore περιοχές αντίστοιχα και ολοκληρώνεται με τη μεταφορά των υδρογονανθράκων από το κοίτασμα στον τελικό προορισμό τους ή στην περίπτωση των offshore περιοχών, στην κατάλληλη εγκατάσταση στη στεριά. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε 4 κύρια πεδία (Laik, 2018):

1. Εξερεύνηση
2. Εξόρυξη
3. Παραγωγή
4. Μεταφορά

1.3.1 Εξερεύνηση

Η εξερεύνηση ή αναζήτηση για υδρογονάνθρακες αποτελεί μία συνδυαστική (integrated) διαδικασία που περιλαμβάνει γεωλογία, γεωφυσική και γεωχημεία, έχοντας ως σκοπό την ανεύρεση μίας δομής κατάλληλης για την αποθήκευση επαρκούς και οικονομικά εκμεταλλεύσιμης ποσότητας υδρογονανθράκων (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο). Στη στεριά, κάποιες φορές γίνεται χρήση επιτόπια (in situ) αξιολόγηση σε συνδυασμό με γεωφυσικές εργασίες, σε αντίθεση με την παράκτια εξερεύνηση, όπου σχεδόν πάντα βασίζεται στις γεωφυσικές μεθόδους και κυρίως τη σεισμική μέθοδο.

1.3.1.1 Γεωλογική Μέθοδος

Ο γεωλόγος φέρνει εις πέρας την έρευνα, είτε στο έδαφος κάνοντας χρήση εναέριων μέσων, ή μέσω δορυφόρων με σκοπό την αναγνώριση των σχηματισμών, τη μελέτη της στρωματογραφίας, την ιζηματολογία που υπάρχει καθώς και την αναγνώριση δομών, όπως πτυχώσεις, ρήγματα κ.α. Ακόμη, για τη διαπίστωση της γεωμετρίας των σχηματισμών πραγματοποιείται εξόρυξη δειγμάτων πυρήνων. Στις παράκτιες περιοχές, όταν εκείνες χαρακτηρίζονται ενδιαφέρουσες ύστερα από τις γεωφυσικές μελέτες, η εξόρυξη δειγμάτων πυρήνα λαμβάνει χώρα από γεωτρητικά πλοία (Core Drilling-Ships), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-3 που ακολουθεί.



Εικόνα 1 - 3 Γεωτρητικό Πλοίο (CNN, 2020)

1.3.1.2 Γεωφυσική Μέθοδος

Οι διαφορετικές γεωφυσικές μέθοδοι που δύναται να εφαρμοστούν στην έρευνα υδρογονανθράκων είναι η βαρυτομετρική, η μαγνητική, η ηλεκτρομαγνητική, η ηλεκτρική (αντίσταση) και η σεισμική μέθοδος αντίστοιχα, η οποία χρησιμοποιείται πιο συχνά. Πιο συγκεκριμένα, η σεισμική μέθοδος αποτελεί μία μέθοδο καταγραφής γεωλογικών σχηματισμών, δημιουργώντας σεισμικά κύματα και στη συνέχεια παρατηρώντας το χρόνο άφιξης των κυμάτων που ανακλώνται από ακουστικές αντιθέσεις ή που διαθλώνται μέσω στρωμάτων υψηλής ταχύτητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τεχνική σεισμικής ανάκλασης χρησιμοποιείται εκτενώς στην αναζήτηση υδρογονανθράκων για την χαρτογράφηση υπόγειων δομών, οι οποίες

είναι κατάλληλες για την «παγίδευση» πετρελαίου ή φυσικού αερίου σε ιζηματογενείς onshore ή offshore περιοχές.

1.3.1.3 Γεωχημική Μέθοδος

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο, ο σκοπός είναι η ανίχνευση υδρογονανθράκων στον αέρα και στο έδαφος, ως αποτέλεσμα μετανάστευσης τους προς την επιφάνεια, μέσω συστημάτων ρωγμών. Έχοντας προηγηθεί ανάλυση με τη γεωχημική μέθοδο, ο τύπος και ο βαθμός «ωρίμανσης» των υδρογονανθράκων γίνεται γνωστός. Όταν συλλέγονται δείγματα σε μεγάλο βάθος, κοντά στο μητρικό πέτρωμα, είναι δυνατή η αναγνώριση του τύπου καθώς και του βαθμού «ωρίμανσης», με τη βοήθεια πετρογραφικής ανάλυσης. Με το σωστό συνδυασμό των γεωχημικών και των πετρογραφικών μελετών με μοντέλα καθορισμού της μετανάστευσης των υδρογονανθράκων, δημιουργούνται μοντέλα αναπαράστασης της προέλευσης του πετρελαίου, του τύπου του καθώς και του βαθμού «ωρίμανσης» και μετανάστευσης των υδρογονανθράκων από το μητρικό πέτρωμα στον ταμιευτήρα. Το προηγούμενο, συνδράμει στην περιγραφή του τύπου και των χαρακτηριστικών του ταμιευτήρα.

1.3.2 Γεώτρηση

Έχοντας ενδείξεις από την έρευνα των γεωλόγων και των γεωφυσικών για την ύπαρξη σχηματισμών που φέρουν υδρογονάνθρακες, με οικονομικό ενδιαφέρον, προκειμένου να επιβεβαιωθούν οι ενδείξεις ύπαρξης, πρέπει να διενεργηθεί μία ερευνητική γεώτρηση για την επιβεβαίωση της παρουσίας πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και της εμπορικότητας τους. Η γεώτρηση διαχωρίζεται σε:

1. Ερευνητική Γεώτρηση
2. Γεώτρηση Ανάπτυξης

1.3.2.1 Ερευνητική Γεώτρηση

Για την επιβεβαίωση ή όχι της παρουσίας υδρογονανθράκων, λαμβάνουν χώρα ερευνητικές γεωτρήσεις. Κατά τη διάρκεια μίας τέτοιας γεώτρησης συλλέγεται πληθώρα πληροφοριών, που αφορούν τους γεωλογικούς σχηματισμούς που εντοπίζονται συναρτήσει του βάθους και παράλληλα πραγματοποιούνται διαδικασίες καταγραφής των γεωλογικών δομών (logging), δειγματοληψίες πυρήνα (coring) κ.α. Αυτά τα δεδομένα και οι πληροφορίες συνδράμουν στη μελέτη της εμπορικής βιωσιμότητας του νέου πεδίου. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι και μία μόνο γεώτρηση αποτελεί μεγάλη επένδυση, γεγονός που απασχολεί ιδιαίτερα είτε τον επενδυτή, είτε τον ιδιοκτήτη. Πιο συγκεκριμένα, όσο αφορά παράκτια ερευνητική γεώτρηση, οι αποφάσεις δεν εξαρτώνται πολύ από τον τύπο του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά από την φέρουσα ικανότητα του. Αντιθέτως, στις υπεράκτιες περιοχές, η παράταξη της σωστής πλωτής εξέδρας

πρέπει να πραγματοποιηθεί πολύ προσεκτικά. Για αυτό το λόγο δε συνίσταται η παράταξη εδραιωμένης στον πυθμένα εξέδρας (*Fixed Platform*), διότι στην περίπτωση ύπαρξης αποθεμάτων με μη εμπορική ικανότητα εκμετάλλευσης εκείνων, πρέπει να εγκαταλειφθεί ολόκληρη η εξέδρα. Έτσι, σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται χρήση των κινητών μονάδων (*Mobile Units*), όπως η jack up rig ή οι floating units, που αναλύονται στην Ενότητα 1.3.3, που ακολουθεί στη συνέχεια. Ακόμη και αν δεν εντοπιστεί οικονομικά εκμεταλλεύσιμη ποσότητα υδρογονανθράκων, αυτές οι μονάδες δύναται να μετακινηθούν σε κάποιο άλλο μέρος εξερεύνησης υδρογονανθράκων και να χρησιμοποιηθούν εκεί.

1.3.2.2 Γεώτρηση Ανάπτυξης

Εάν τα αποτελέσματα της ερευνητικής γεώτρησης είναι θετικά, τότε πραγματοποιείται ένα αναλυτικό σχέδιο προγραμματισμού, έτσι ώστε η εκμετάλλευση όσο πιο αποδοτικά γίνεται. Το πιο σημαντικό είναι η κατοχύρωση (mark) της τοποθεσίας της γεώτρησης ανάπτυξης, γεγονός που εξαρτάται από το εάν πρόκειται για onshore ή offshore περιοχή. Γενικά, στις υπεράκτιες περιοχές (offshore) η γεώτρηση ανάπτυξης λαμβάνει χώρα από μία εδραιωμένη στον πυθμένα εξέδρα (fixed platform), από όπου πραγματοποιούνται πολλές γεωτρήσεις οι οποίες προσεγγίζουν διαφορετικές περιοχές μέσα στον ταμειυτήρα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της κατευθυντικής γεώτρησης (directional drilling), όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1-4.

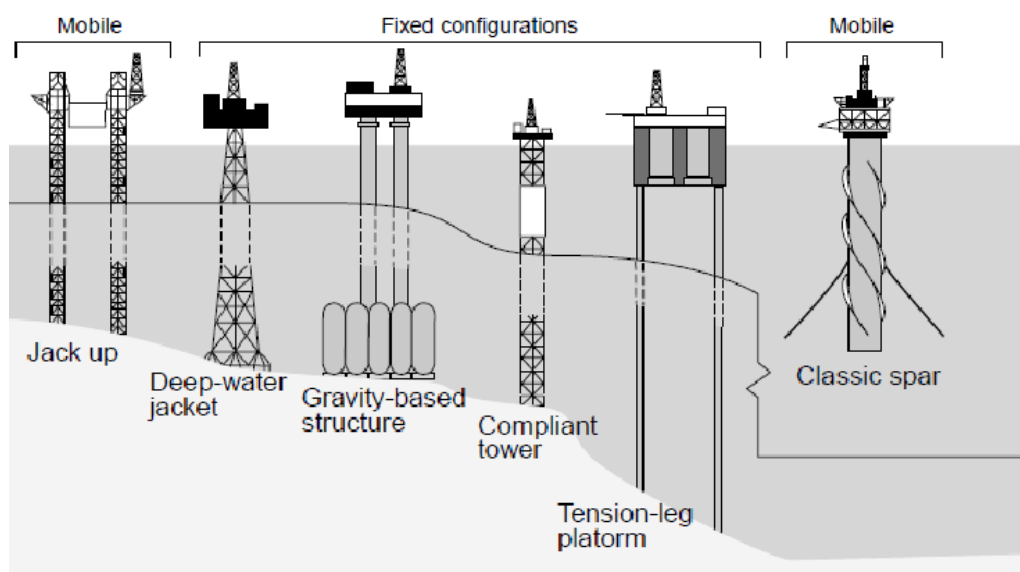


Εικόνα 1 - 4 Αναπαράσταση Directional Drilling (sealandws.com, 2020)

Αυτή η μορφή γεώτρησης έχει το πλεονέκτημα της ροής από πολλαπλές γεωτρήσεις που συγκλίνουν σε μία περιοχή στη ξηρά για παραγωγή. Από αυτού του είδους τις πλατφόρμες επιτρέπονται το ελάχιστο 8 έως 10 γεωτρήσεις.

1.3.3 Παραγωγή

Αμέσως μετά τη γεώτρηση ανάπτυξης, και εφόσον εντοπιστεί ένα εμπορικά βιώσιμο απόθεμα υδρογονανθράκων, ακολουθούνται όλοι οι κατάλληλοι κανονισμοί και (Άλκηστις Βεκρή , 2020) διαδικασίες για τη μετάβαση από την εξερεύνηση και τη γεώτρηση στην παραγωγή. Πιο συγκεκριμένα για τη διαδικασία της παραγωγής αξιοποιούνται μεγάλες κατασκευές που πραγματοποιούν εξόρυξη σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις υποθαλάσσια. Για κάθε περίπτωση υπεράκτιου περιβάλλοντος υπάρχει η εξέδρα παραγωγής που ταιριάζει (NOIA , 2022). Αρχικά, οι τύποι υπεράκτιων εξεδρών παραγωγής υδρογονανθράκων διακρίνονται σε κατασκευές εδραζόμενες επί του πυθμένα της θάλασσας (fixed platforms) σε πλωτές κατασκευές (floating systems) (Σχήμα 1-1), καθώς και σε υποθαλάσσια συστήματα παραγωγής υδρογονανθράκων, με τις πρώτες να αναφέρονται σε εκείνες που δε μπορούν να μετακινηθούν, σε αντίθεση με τις πλωτές εξέδρες που μετακινούνται σε όποιο μέρος του κόσμου χρειαστεί (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Σχήμα 1 - 1 Τύποι υπεράκτιων εγκαταστάσεων για την παραγωγή υδρογονανθράκων (Yew, Ismail, Abd Rahman Sabri, & Abdul Rahim, 2014)

1.3.3.1 Επί του Πυθμένα Εξέδρες (Fixed Platforms)

Πιο συγκεκριμένα, οι επί του πυθμένα εξέδρες (fixed platforms) περιλαμβάνουν τις παρακάτω κατηγορίες:

- Εξέδρες τύπου χωροδικτυώματος (jacket): Οι εξέδρες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται ευρέως για την όρυξη γεωτρήσεων και την επακόλουθη παραγωγή υδρογονανθράκων. Το κατάστρωμα (deck) υποστηρίζεται από ένα μεταλλικό χωροδικτύωμα (jacket) (Εικόνα 1-5), που μπορεί να διεισδύσει στον πυθμένα έως και 328 πόδια, εξασφαλίζοντας, έτσι, τη σταθερότητα όλης της κατασκευής. Το χωροδικτύωμα αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες, στηρίζεται στον πυθμένα με τη βοήθεια πασσάλων και είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να αντέχει το βάρος του καταστρώματος, μαζί με όλα τα επιμέρους τμήματά του (π.χ. γεννήτριες, ξενώνες, δεξαμενές ρευστών), τα κύματα, την πίεση του αέρα στο άνω τμήμα (topside), τη ροή του νερού και των κυμάτων, τη διάβρωση και γενικά να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στον παραγωγικό κύκλο ζωής του (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 5 Εξέδρα τύπου jacket (2B1st Consulting, 2012)

- Εξέδρες βαρύτητας (gravity rigs): Οι εξέδρες αυτού του τύπου αποτελούνται από πυλώνες και θεμελίωση, κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Όπως υποδεικνύει και το ονόματος τους, γίνεται φανερό ότι χάρη στις μεγάλες διαστάσεις τους, αλλά και λόγω του βάρους τους, παραμένουν στη θέση τους λόγω βαρύτητας. Προορίζονται για χρήση σε βάθη στήλης νερού μέχρι και 1640 πόδια, ενώ, πριν την εγκατάσταση είναι απαραίτητη η μελέτη του υποβάθρου, έτσι ώστε να αποφευχθούν αστοχίες με την πάροδο του χρόνου λόγω του βάρους της κατασκευής (Άλκηστις Βεκρή , 2020).

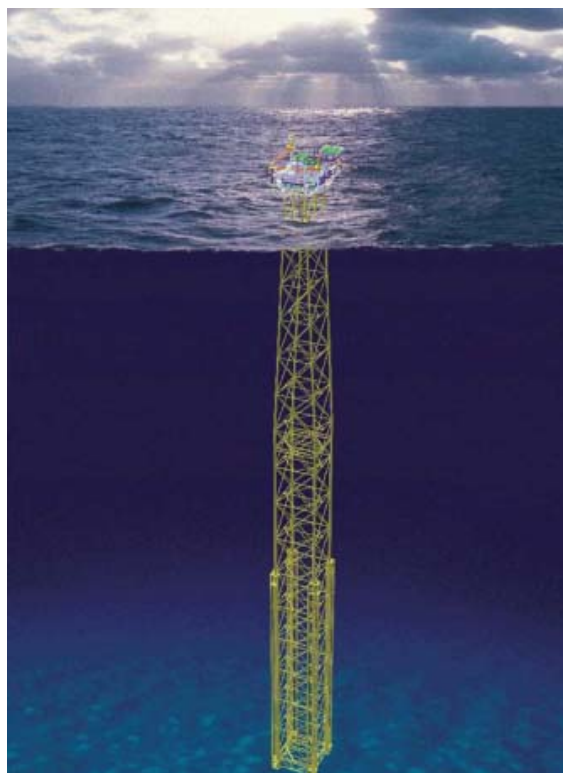
- Αυτοανυψούμενες εξέδρες (jack-up): Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε σχετικά ρηχά νερά, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσουν και τα 500 πόδια. Αποτελούν μια κινητή εξέδρα που περιλαμβάνει μια κατασκευή τύπου φορτηγίδας (πλωτό μέρος) και τρεις ή τέσσερις πυλώνες (πόδια) οι οποίοι όταν εκτείνονται στηρίζουν το πλωτό μέρος. Κατά τη διάρκεια ενός υπεράκτιου έργου, η εξέδρα μεταφέρεται στο κατάλληλο σημείο με ανυψωμένους τους πυλώνες, οι οποίοι

στη συνέχεια κατέρχονται, εξασφαλίζοντας την έδραση της εξέδρας στον πυθμένα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1-6. Ύστερα από το πέρας της διάτρησης, οι πυλώνες ανυψώνονται και η εξέδρα ρυμουλκείται σε καινούργια θέση (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



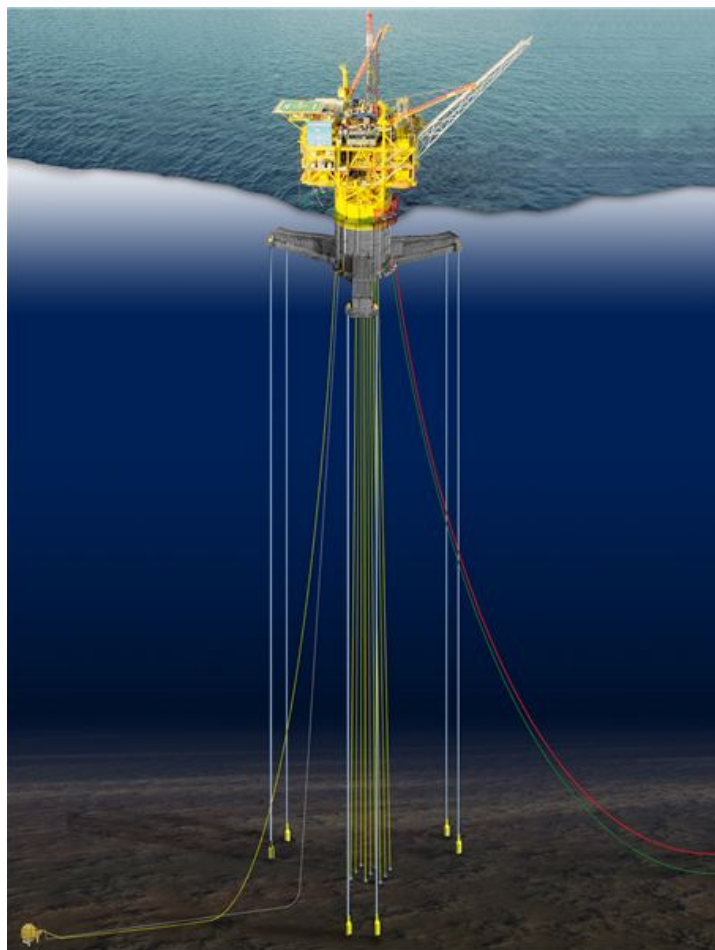
Εικόνα 1 - 6 Αυτοανυψούμενη εξέδρα (jack-up) (Offshore Fleet Journal, 2020)

- Εξέδρες τύπου compliant towers: Έχει παρόμοια δομή με τις εξέδρες τύπου jacket, αφού αποτελείται από χωροδικτύωμα χαλύβδινων σωλήνων το οποίο εδράζεται σε πασσάλους, ενώ, στο πάνω μέρος του διαθέτει ειδικές βάσεις υποδοχής του καταστρώματος (Εικόνα 1-7). Είναι σχεδιασμένες, έτσι ώστε να αντέχουν τις πλευρικές εκτροπές, γεγονός που τους επιτρέπει τη δραστηριοποίηση σε τοποθεσίες με έντονα καιρικά φαινόμενα, ενώ χρησιμοποιούνται σε βάθη στήλης νερού από 1210 έως 2990 πόδια (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 7 Αναπαράσταση εξέδρας τύπου compliant towers (Άλκηστις Βεκή , 2020).

- Εξέδρες τύπου sea star: Αυτού του είδους οι εξέδρες αποτελούνται από ένα πλωτό περίβλημα και από tension legs, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1-8. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά τις καθιστούν ανθεκτικές τόσο στον άνεμο, όσο και στα θαλάσσια κύματα. Όσον αφορά τα tension legs, πρόκειται για μεγάλου μήκους, κοίλα στηρίγματα που εκτείνονται από τον πυθμένα μέχρι και το πλωτό μέρος της εξέδρας. Βρίσκονται υπό συνεχή άσκηση τάσης, η οποία είναι τόση ώστε να μην επιτρέπεται η ανοδική και καθοδική κίνηση της εξέδρας, αλλά να προάγεται η πλευρική κίνηση αυτής, χωρίς να αποκόπτονται τα tension legs. Γενικά, χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν κοιτάσματα μικρότερης έκτασης σε μεγάλο βάθος και όταν η κατασκευή μιας μεγαλύτερης εξέδρας θεωρείται μη οικονομική καθώς λειτουργούν σε μεγάλα βάθη της τάξεως των 3500 ποδιών (Άλκηστις Βεκή , 2020).



Εικόνα 1 - 8 Αναπαράσταση εξέδρας τύπου sea star (Bright Hub Engineering, 2009)

1.3.3.2 Πλωτές Εξέδρες (Floating Systems)

Επιπρόσθετα, σε αντίθεση με τις εδραζόμενες επί του πυθμένα, οι πλωτές εξέδρες μετακινούνται εύκολα, ενώ έχουν την ικανότητα να σταθεροποιούνται στην εκάστοτε απαιτούμενη γεωτρητική θέση, μέσω συστημάτων αγκύρωσης, συρματοσχοινών, συστημάτων δυναμικής σταθεροποίησης ή συνδυασμό των παραπάνω. Λειτουργούν σε βάθος θάλασσας μέχρι 6000 πόδια (Άλκηστις Βεκρή , 2020).

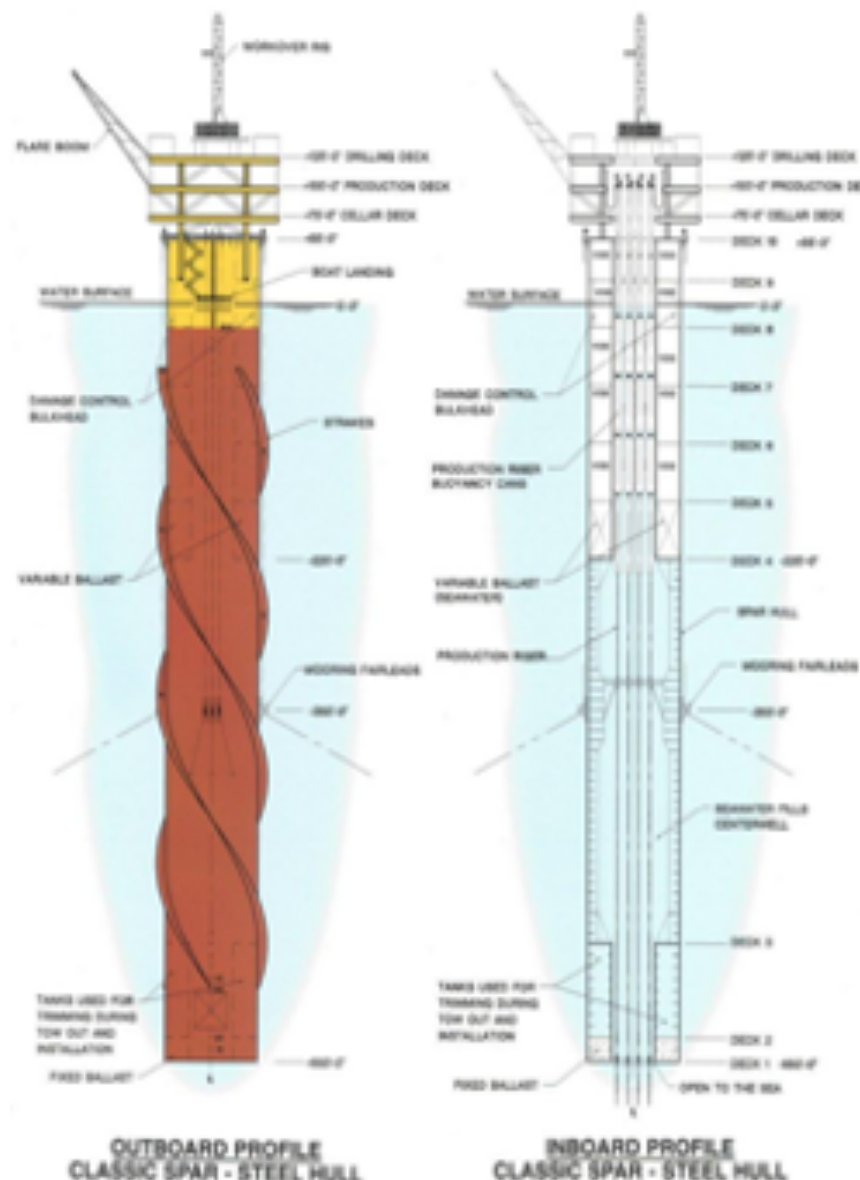
Στις πλωτές κατασκευές περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι τύποι:

- Πλωτές ημιβυθιζόμενες εξέδρες (semi-submersible platforms): Το συγκεκριμένο είδος πλατφόρμας είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο στις υπεράκτιες εκμεταλλεύσεις. Το κατάστρωμα εδράζεται πάνω σε μεταλλικούς πυλώνες πάνω από το νερό και συνδέονται παράλληλα με μια βυθισμένη γάστρα (hull) με πλωτήρες (Εικόνα 1-9). Η γάστρα επιτρέπει στην εξέδρα να επιπλέει και εξασφαλίζει την παραμονή της πάνω από τη θέση της γεώτρησης. Γίνεται χρήση τους τόσο στην όρυξη γεωτρήσεων, όσο και στην παραγωγή και διακρίνονται σε γενιές, με την 6η να φτάνει σε βάθη νερού μέχρι και 10.000 πόδια (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 9 Πλωτή ημιβυθιζόμενη εξέδρα (Wikipedia, 2020)

- Εξέδρες τύπου spar: Ανήκουν στις μεγαλύτερες υπεράκτιες εξέδρες που χρησιμοποιούνται σήμερα. Αποτελούνται από κυλίνδρους που ο κατώτερος ερματίζεται με ρευστό υψηλότερης πυκνότητας του νερού, με αποτέλεσμα να κρατά την εξέδρα πιο σταθερή, αφού το κέντρο βάρους βρίσκεται χαμηλά και η εξέδρα γίνεται πιο ευσταθής. Αυτές οι εξέδρες είναι μόνιμα αγκυρωμένες με κλασικά αγκυροβόλια στον πυθμένα, γεγονός που αντιμετωπίζει το πρόβλημα της άνωσης. Επιπρόσθετα, η γάστρα του σκάφους περικυκλώνεται από ελικοειδείς πλάκες για να αμβλύνουν τα αποτελέσματα της κίνησης που προκαλείται από στροβιλισμό. Διάφορες παραλλαγές αυτού του τύπου εξέδρες προκύπτουν ανάλογα με τον τύπο και τη διάταξη των κυλινδρικών μερών. Ο μεγαλύτερος αριθμός εξεδρών αυτού του τύπου βρίσκεται στη Βόρεια Θάλασσα και στον Κόλπο του Μεξικού (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 10 Τυπικές δομές εξέδρας τύπου spar (Bright Hub Engineering, 2009)

- Εξέδρες τύπου TLP: Πρόκειται για μια κατακόρυφη πλωτή κατασκευή που χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου στη θάλασσα. Είναι κατάλληλη για βάθη νερού από περίπου 300 έως 1500 μέτρα. Έχει πολύ μικρότερο βάρος (το υποθαλάσσιο τμήμα της εξέδρας είναι κενό και όχι συμπαγές) ώστε η άνωση που δέχεται να είναι πολύ μεγάλη (περίσσεια άνωσης) (Εικόνα 1-11). Με τον κατακόρυφο τρόπο αγκύρωσης, πρακτικά η κατασκευή είναι μονίμως σε κατακόρυφη τάση. Έχει προταθεί επίσης η χρήση εξεδρών TLP για υπεράκτιες ανεμογεννήτριες. Η πλατφόρμα είναι αγκυροβολημένη μόνιμα μέσω ιμάντων ή με τένοντες ομαδοποιημένους σε κάθε μία από τις γωνίες της δομής. Μια ομάδα ιμάντων ονομάζεται πόδι έλξης (tension leg). Ένα χαρακτηριστικό του σχεδιασμού των ιμάντων είναι ότι έχουν σχετικά υψηλή αξονική ακαμψία (χαμηλή ελαστικότητα), έτσι ώστε να εξαλείφεται ουσιαστικά όλη η κατακόρυφη κίνηση της εξέδρας. Το παραπάνω επιτρέπει στην πλατφόρμα να φέρει επί του

καταστρώματος όλα τα απαραίτητα συστήματα παραγωγής, συνδεδεμένα απευθείας με τα επιπυθμένα συστήματα των γεωτρήσεων, μέσω άκαμπτων risers (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 11 Εξέδρα τύπου TLP (2B1st Consulting, 2014)

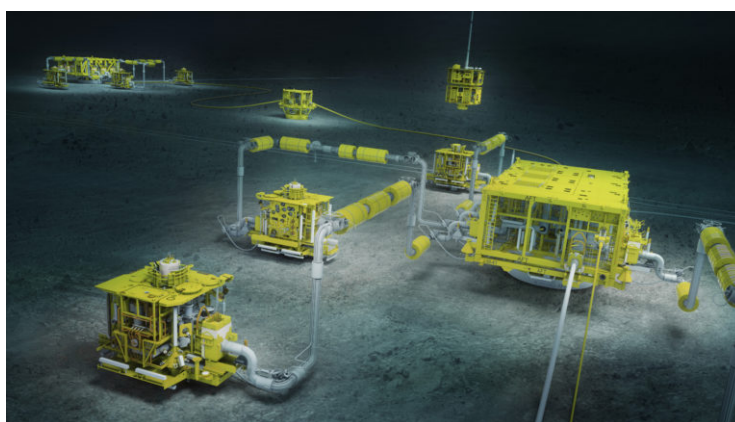
- Γεωτρητικά σκάφη (drill ships): Πρόκειται για πλοία στα οποία έχει εγκατασταθεί ο κατάλληλος γεωτρητικός εξοπλισμός, ώστε να εκτελούνται οι διαδικασίες όρυξης γεωτρήσεων. Βασική διαφορά σε σχέση με τις προαναφερόμενες πλωτές κατασκευές είναι ότι τα γεωτρητικά σκάφη έχουν τη δομή ενός συμβατικού πλοίου (Εικόνα 1-12) και μπορούν να επιχειρούν σε βάθη μέχρι και 12.000 πόδια μέσω χρήσης δυναμικών συστημάτων σταθεροποίησης που εξασφαλίζουν τη διατήρηση της θέσης τους πάνω από τη γεώτρηση (Άλκηστις Βεκρή , 2020).



Εικόνα 1 - 12 Γεωτρητικό σκάφος (Maritime Connector, 2020)

1.3.3.3 Υποθαλάσσια Συστήματα Παραγωγής υδρογονανθράκων

Στις περιπτώσεις κοιτασμάτων υδρογονανθράκων που εντοπίζονται σε μεγάλα βάθη θάλασσας, είναι μακριά από υφιστάμενες υπεράκτιες εξέδρες παραγωγής και κρίνεται αντισυμβατική η εκμετάλλευσή τους κάνοντας χρήση των επιφανειακών εγκαταστάσεων, η παραγωγή κρίνεται ιδιαίτερα απαιτητική. Στην προσπάθεια κάλυψης αυτής της ανάγκης προέκυψαν τα υποθαλάσσια συστήματα παραγωγής (Εικόνα 1-13), τα οποία τοποθετούνται επί του πυθμένα της θάλασσας. Η κύρια λειτουργία αυτών των συστημάτων είναι ο έλεγχος της παραγωγής και η μεταφορά των Υ/Α, μέσω riser, σε υπεράκτιες εξέδρες ή ακόμη και στη στεριά (Άλκηστις Βεκή, 2020).



Εικόνα 1 - 13 Τυπική διάταξη ενός υποθαλάσσιου συστήματος παραγωγής (TechSci Research, 2019)

1.3.4 Μεταφορά

Το αργό πετρέλαιο μετακινείται από τον ταμιευτήρα προς το διυλιστήριο μέσω δεξαμενόπλοιων, αγωγών, βυτιοφόρα καθώς και σιδηροδρόμων. Το φυσικό αέριο μεταφέρεται με αγωγούς και βυτιοφόρα υγροποιημένου φυσικού αερίου (Natural Gas Liquids- NGLs).

- Δεξαμενόπλοια: Ένα τέτοιο μέσο μεταφοράς είναι κατασκευασμένο ή τροποποιημένο προκειμένου να μεταφέρει αργό πετρέλαιο ή κάποιο άλλο επικίνδυνο υλικό ως το φορτίο του. Υπάρχουν διάφοροι τύποι, όπως πετρελαιοφόρα δεξαμενόπλοια, εκείνα που μεταφέρουν χημικά φορτία, καθώς και τα συνδυασμένα, τα οποία είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν πετρέλαιο ή άλλα υλικά σε στέρεα μορφή, σύμφωνα με την Εικόνα 1-14.

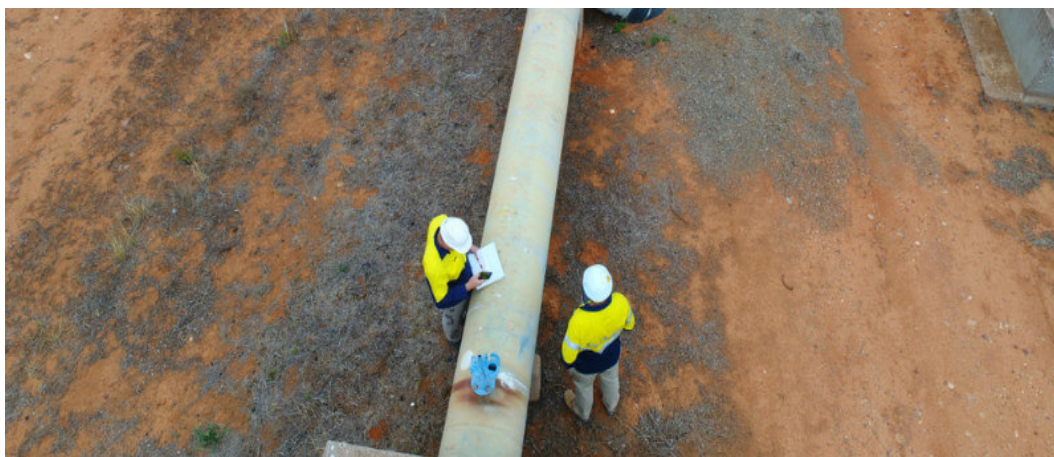


Εικόνα 1 - 14 Δεξαμενόπλοιο (MARTIDE, 2023)

Ακόμη, οι διεθνείς κανόνες που διέπουν την ασφαλή μεταφορά με δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν χημικές ουσίες, παρέχουν προστασία από την πιθανή διαρροή εκείνων προς το περιβάλλον. Το μέγεθος αυτών των μεταφορικών μέσων δύναται να διαφέρουν κατά πολύ στο μέγεθος και στο πλάτος τους (guides.loc.gov, 2019). Για παράδειγμα, τα μικρότερα δεξαμενόπλοια έχουν 60 μέτρα πλάτος και μπορούν να μεταφέρουν 1.500 έως 2.000 τόνους εμπορεύματος. Τα προηγούμενα τείνουν να είναι παράκτια πλοία που πραγματοποιούν τις εμπορικές συναλλαγές γύρω από το ίδιο νησί, περιοχή ή ήπειρο, ταξιδεύοντας κατά μήκος μίας ακτογραμμής, χωρίς να διασχίζουν τον ωκεανό. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια μπορεί να έχουν μήκος μέχρι και 400 μέτρα και να μεταφέρουν 550.000 τόνους εμπορεύματος (MARTIDE, 2023).

- Αγωγοί: Οι αγωγοί, όπως φαίνονται στην Εικόνα 1-15, δύναται να αφορούν είτε συστήματα συγκέντρωσης (εγκαταστάσεις επεξεργασίας σε γεώτρηση), είτε γραμμές μεταφοράς (περιοχές τροφοδοσίας στην αγορά), ή αγωγούς διανομής που αφορούν τη μεταφορά φυσικού αερίου σε

καταναλωτές. Επίσης, μετά από το διαχωρισμό του αργού πετρελαίου από το φυσικό αέριο, δύναται το πρώτο να μεταφερθεί σε άλλο μέσο ή κατευθείαν σε διυλιστήριο (guides.loc.gov, 2019).



Εικόνα 1 - 15 Αγωγός Μεταφοράς Υδρογονανθράκων (Features & Benefits of Pipeline Transportation – Why Pipelines Are Needed, 2019)

Ένας σημαντικός παράγοντας της αποτελεσματικής χρήσης των αγωγών έγκειται στο στρατηγικό σχεδιασμό τοποθέτησης εκείνων. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτό περιλαμβάνεται ο καθορισμός των βέλτιστων διαδρομών, όπου εγκαθίστανται οι αγωγοί, τόσο από χωροταξικής, αλλά και από οικονομικής άποψης. Ακόμη, λαμβάνεται υπόψη ο αριθμός των σταθμών άντλησης καθώς και των σταθμών φυσικού αερίου που εντοπίζονται κατά μήκος των αγωγών, ενώ σχεδιάζονται και οι τερματικές εγκαταστάσεις αποθήκευσης, έτσι ώστε οι υδρογονάνθρακες από οποιαδήποτε πεδίο εκμετάλλευσης να μπορούν να μεταφερθούν σε οποιοδήποτε, όταν υπάρχει η ανάλογη ζήτηση. Οι υποθαλάσσιοι αγωγοί ενέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο διαρροών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε σύγκριση με τους χερσαίους, όμως οι τεχνολογικές εξελίξεις σχετικά με το υλικό της κατασκευής τους, καθώς και των συστημάτων παρακολούθησης εκείνων, έχουν βελτιώσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων. Τέλος, υπάρχουν ορισμένα πρότυπα που διέπουν τον ασφαλή σχεδιασμό και την κατασκευή των αγωγών, τα οποία δημοσιεύονται από οργανισμούς όπως ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) και το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου (guides.loc.gov, 2019).

- Βυτιοφόρα: Αποτελούν οχήματα, όπως αυτό της Εικόνας 1-16, που είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρά ή αέρια εμπορεύματα σε δρόμους και υπάρχουν σε πολλές παραλλαγές, λόγω της φύσης των υγρών που δύναται να μεταφερθούν. Επιπλέον, τις περισσότερες φορές τα βυτιοφόρα οχήματα είναι μεγάλα σε μέγεθος και δύναται να είναι μονωμένα ή όχι, υπό πίεση ή χωρίς, και να είναι σχεδιασμένα για να μεταφέρουν είτε μεμονωμένο φορτία, είτε πολλαπλά (Wikipedia, 2023). Τέλος, η κύρια ιδιότητα των βυτιοφόρων έγκειται στη μεταφορά και παράδοση καυσίμων σε ειδικά πρατήρια καθώς πετρέλαιο θέρμανσης σε σπίτια (guides.loc.gov, 2019).



Εικόνα 1 - 16 Ένα βυτιοφόρο της Shell, ανεφοδιασμού πετρελαίου. (Wikipedia, 2023)

- Σιδηρόδρομοι: Από παλιά οι σιδηρόδρομοι ήταν το κύριο μέσο μεταφοράς πετρέλαιο, ενώ σήμερα συναγωνίζονται με τους αγωγούς μεταφοράς υδρογονανθράκων. Παρόλο που αποτελούν πιο ακριβό μέσο μεταφοράς από τους αγωγούς, αλλά το υπάρχον σιδηροδρομικό δίκτυο δημιουργεί μία πιο ευέλικτη και εναλλακτική επιλογή, όταν οι αγωγοί μεταφοράς έχουν φτάσει στο μέγιστο επίπεδο της χωρητικότητας τους (guides.loc.gov, 2019).



Εικόνα 1 - 17 Σιδηροδρομική Γραμμή Για Τη Μεταφορά Πετρελαίου (theregreview.org, 2019)

1.4 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Εξόρυξης Υδρογονανθράκων

Οι υδρογονάνθρακες διαδραματίζουν μεγάλο και πολύ σημαντικό ρόλο στην κοινωνία, όπως είναι εδραιωμένη η αντίστοιχη βιομηχανία. Εκτός από το γεγονός ότι αποτελούν μία πολύ σπουδαία πηγή ενέργειας, τα πετρελαϊκά προϊόντα αποτελούν προέλευση ποικίλων καταναλωτικών προϊόντων, διαδραματίζοντας με αυτό τον τρόπο μεγάλη επιρροή στις ζωές των ανθρώπων. (Jacqueline Barboza Mariano, Emilio Lèbre La Rovere , 2022). Η προμήθεια των υδρογονανθράκων έχει αυξηθεί γρήγορα τα τελευταία 150 χρόνια προκειμένου να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού καθώς και του καταναλωτισμού (Wikipedia, 2022). Όμως, η πετρελαιοβιομηχανία επιφέρει πολλές απειλές για το περιβάλλον, και δύναται να το επηρεάσει σε διαφορετικά περιβαλλοντικά επίπεδα, όπως τον αέρα, το νερό, το έδαφος και κατά συνέπεια όλους τους ζωντανούς οργανισμούς του πλανήτη (Jacqueline Barboza Mariano, Emilio Lèbre La Rovere , 2022). Κάποιες από τις σημαντικότερες επιπτώσεις τις πετρελαιοβιομηχανίας στο περιβάλλον είναι οι παρακάτω:

1. Αέρια του θερμοκηπίου
2. Μόλυνση Αέρα
3. Όξινη Βροχή
4. Κατά τη μεταφορά (Πετρελαιοκηλίδες)
5. Απόβλητα Γεωτρήσεων
6. Η περίπτωση του σχιστολιθικού αερίου

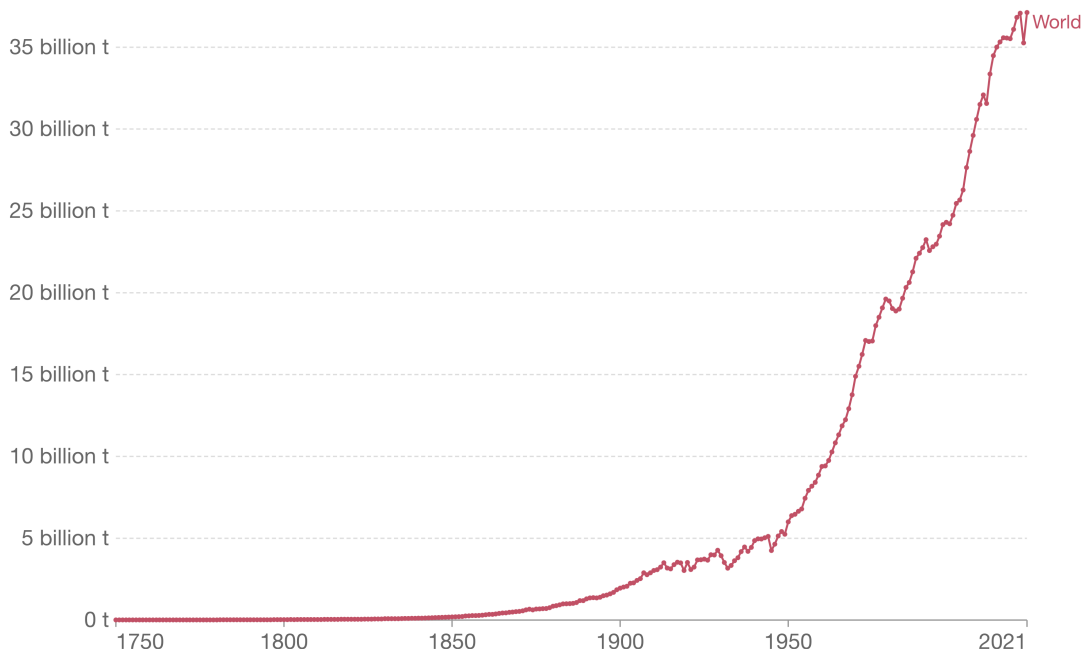
1.4.1 Αέρια του Θερμοκηπίου

Ένα από τα κύρια υποπροϊόντα της καύσης των υδρογονανθράκων είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Η ολοένα και αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία, στις μετακινήσεις καθώς και στις κατασκευές, έχει συμβάλει σε αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα της Γης. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη και τη στέλνει πίσω, ενισχύοντας το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Έτσι, η μεγάλη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αποτελεί ένα μείζων παράγοντα της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Britannica, 2023). Επιπλέον, από τα μέσα του 19ου αιώνα έως το 2021, οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων αυξάνονται συνεχώς, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1-1. Πιο αναλυτικά, είναι φανερό ότι πριν από τη βιομηχανική επανάσταση ήταν πολύ χαμηλές και παρέμειναν σχετικά χαμηλές μέχρι τον 20ό αιώνα, ενώ το 1950 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έφτασαν περίπου τα 6 δισεκατομμύρια τόνους. Μέχρι το 1990 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είχαν τετραπλασιαστεί, όντας περισσότεροι από 22 δισεκατομμύρια τόνους, ενώ έπειτα σημειωνόταν διαρκής αύξηση των εκπομπών με πάνω από 34 δισεκατομμύρια τόνους να απελευθερώνονται κάθε χρόνο. Τέλος,

παρόλο που παρατηρείται μείωση των εκπομπών τα τελευταία χρόνια, δεν έχει παρέλθει η αιχμή τους (Our World In Data, 2022)

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land use change is not included.



Διάγραμμα 1 - 4 Ετήσιες Παγκόσμιες Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα Συναρτησει Χρονολογίας (Our World In Data, 2022)

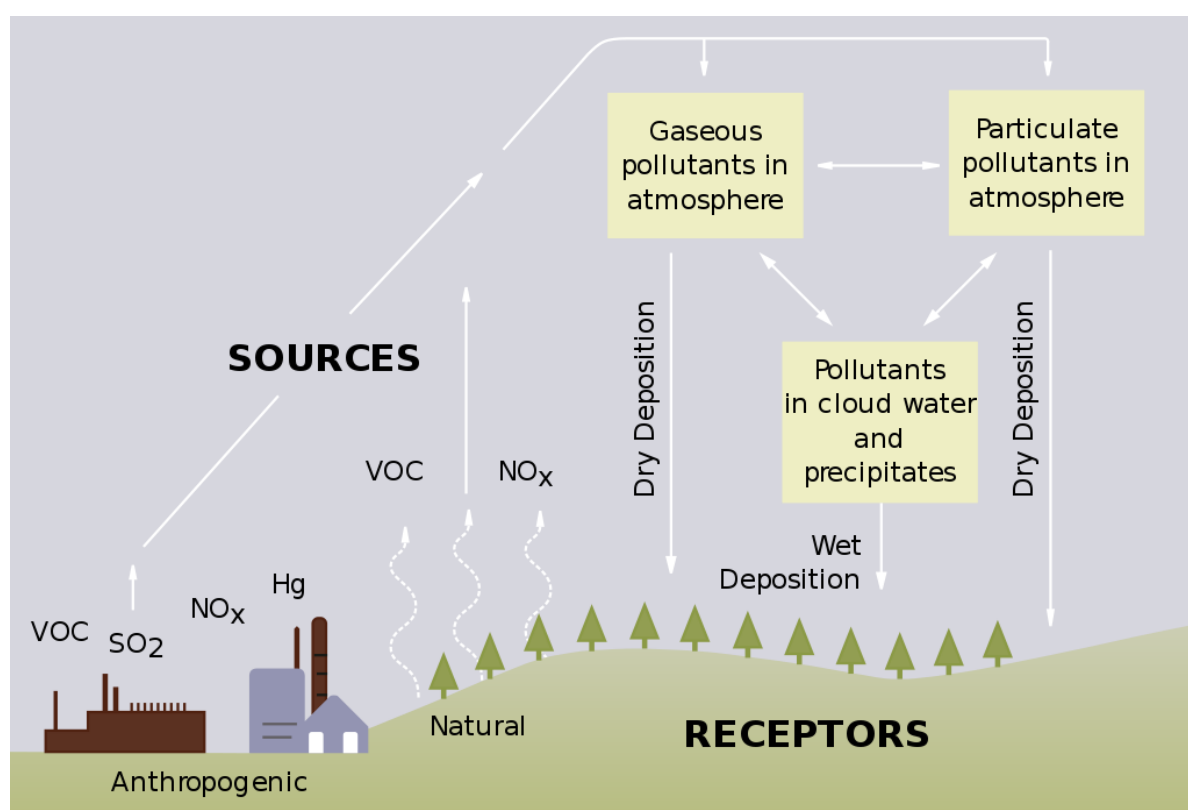
1.4.2 Μόλυνση Αέρα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κυρίως από την καύση υδρογονανθράκων και την απελευθέρωση των προϊόντων της στην ατμόσφαιρα. Η καύση είναι η αντίδραση του οξυγόνου με τους υδρογονάνθρακες για την παραγωγή ενέργειας. Από αυτή τη διαδικασία παράγονται διάφορα υποπροϊόντα, όπως διοξείδιο και μονοξείδιο του αζώτου, υδρατμοί, καπνός και σκόνη. Επίσης σχηματίζονται αερολύματα, κάποια ορατά ως καπνός και άλλα αόρατα, τα οποία είναι επιβλαβή για την υγεία και το περιβάλλον. Επιπλέον, ο λιγνίτης περιέχει μικρές ποσότητες υδραργύρου, ο οποίος απελευθερώνεται κατά την καύση του και μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι να επιστρέψει στη Γη μέσω της βροχής. Τέλος, κατά την καύση υδρογονανθράκων απελευθερώνεται και μόλυβδος, ένα ακόμη τοξικό μέταλλο (sphweb.bumc.bu.edu, 2017).

1.4.3 Όξινη Βροχή

Η διαδικασία καύσης του πετρελαίου και του λιγνίτη είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση όξινης βροχής (Wikipedia, 2022). Η όξινη βροχή αποτελεί έναν γενικό όρο, ο οποίος περιγράφει ποικίλους τρόπους μέσω των οποίων το οξύ φτάνει στην ατμόσφαιρα, όπως η όξινη βροχή, ομίχλη, χαλάζι και χιόνι. Το φαινόμενο αυτό θεωρείται ότι προκύπτει από την έκπλυση των οξειδίων του θείου, του αζώτου και άλλων χημικών συστατικών της ατμόσφαιρας. Οι κύριες πηγές

προέλευσης των προηγούμενων οξειδίων είναι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μέσω της καύσης λιγνίτη, τα χυτήρια, από τα οποία απελευθερώνεται διοξείδιου του θείου, καθώς και από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων παράγονται οξείδια του αζώτου. Τα οξείδια δύναται να αντιδράσουν με άλλα χημικά και να παράγουν διαβρωτικές ουσίες, οι οποίες αποβάλλονται είτε σε υγρή, είτε σε αέρια μορφή μέσω της βροχής ως εναποθέσεις οξέων, όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 1-18 στη συνέχεια. Αρχικά, τα περιστατικά όξινης βροχής αποτελούσαν συχνό φαινόμενο μόνο κοντά στις βιομηχανικές περιοχές, όμως με την αυξανόμενη χρήση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της βιομηχανίας γενικά, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές μεταφέρονται στις περιφερειακές περιοχές και ακόμη και σε ολόκληρο τον κόσμο.



Εικόνα 1 - 18 Διαδικασίες Που Εμπλέκονται Στην Εναπόθεση Οξέων (Wikipedia , 2023)

Επιπλέον, η εναπόθεση οξέων στην ατμόσφαιρα, με τη μορφή βροχής, ομίχλης ή χιονιού, έχει αναγνωριστεί ως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα στην Ευρώπη, την Ανατολική Ασία και τη Βόρεια Αμερική, καθώς και στις χώρες που φαίνονται στον Πίνακα 1-6.

No.	Χώρες Που Επηρεάζονται Από Το Φαινόμενο Της Όξινης Βροχής
1.	Καναδάς
2.	Αγγλία
3.	Σκωτία
4.	Σουηδία

No.	Χώρες Που Επηρεάζονται Από Το Φαινόμενο Της Όξινης Βροχής
5.	Νορβηγία
6.	Δανία
7.	Δυτική Γερμανία
8.	Ολλανδία
9.	Αυστρία
10.	Ελβετία
11.	Ρωσία
12.	Πολωνία
13.	Τσεχοσλοβακία
14.	Νοτιοδυτική Κίνα
15.	Ιαπωνία

Πίνακας 1 - 6 Χώρες Που Επηρεάζονται Από το Φαινόμενο Της Όξινης Βροχής (Singh, Agrawal, 2008).

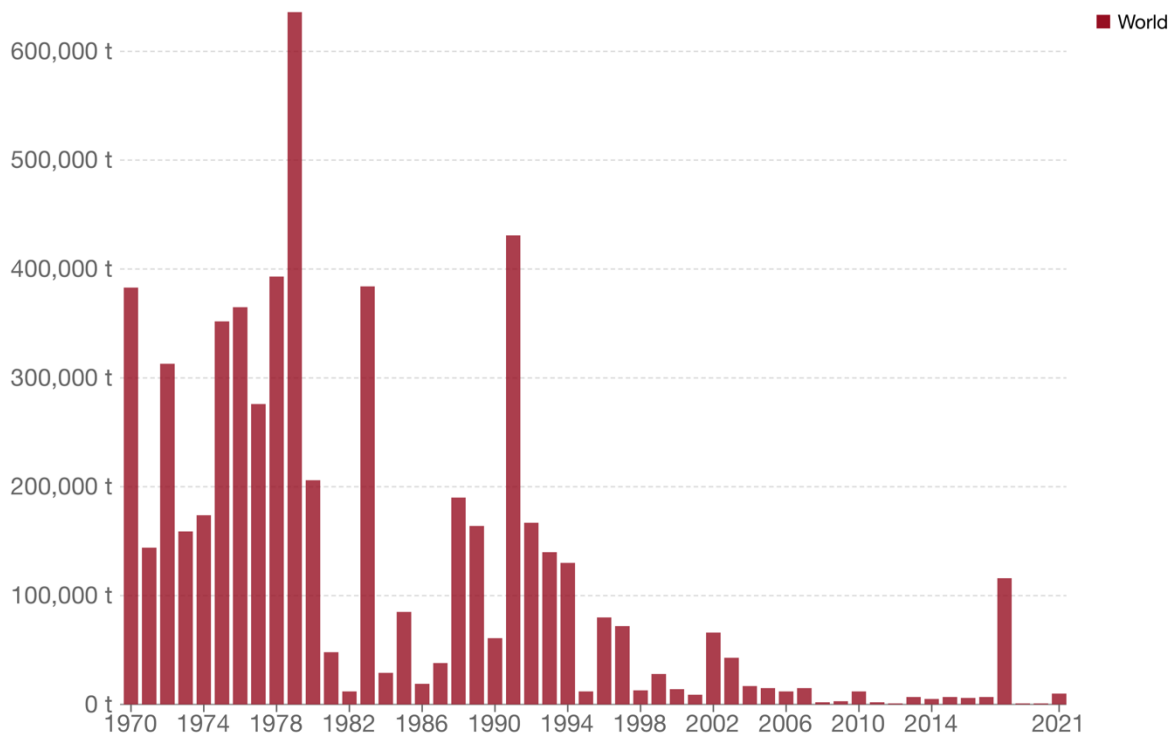
Το φαινόμενο της όξινης βροχής επηρεάζει την ποιότητα της ανθρώπινης ζωής, αποτελεί απειλή για την περιβαλλοντική σταθερότητα καθώς και της βιωσιμότητας των τροφίμων και των αποθεμάτων ξυλείας, αποτελώντας έναν παράγοντα οικονομικής κρίσης. Τέλος, η όξινη βροχή προκαλεί ποικίλες οικονομικές, κοινωνικές και ιατρικές επιπτώσεις καθώς έχει χαρακτηριστεί ως αόρατη μάστιγα της βιομηχανικής εποχής (Singh, Agrawal, 2008).

1.4.4. Κατά τη μεταφορά (Πετρελαιοκηλίδες)

Οι πετρελαιοκηλίδες είναι η κυκλοφορία αργού πετρελαίου ή διυλισμένων πετρελαϊκών προϊόντων από δεξαμενόπλοια, εξέδρες εξόρυξης υδρογονανθράκων και υπεράκτιων γεωτρήσεων. Αποτελούν συχνό φαινόμενο σε θαλάσσιες περιοχές, αλλά δύναται να προκύψουν και στη στεριά (Our World In Data, 2021). Πιο συγκεκριμένα, οι θαλάσσιες πετρελαιοκηλίδες αποτέλεσαν μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Αυτό συνέβη κυρίως λόγω της έντονης εξόρυξης πετρελαίου στις υφαλοκρηπίδες και της χρήσης πολύ μεγάλων δεξαμενόπλοιων που μπορούσαν να μεταφέρουν πάνω από 500.000 τόνους πετρελαίου. Από το Γράφημα 1-1 γίνεται φανερό ότι ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων που έχουν προκύψει σε παγκόσμιο επίπεδο, παρουσιάζει ελάττωση από το 1991 και έπειτα, λόγω του αυστηρού πλαισίου γύρω από τις θαλάσσιες μεταφορές και των περιβαλλοντικών κανονισμών που ισχύουν. Παρόλα αυτά, χιλιάδες συμβάντα με μικρές και μερικές μεγάλες πετρελαιοκηλίδες προερχόμενες από γεωτρήσεις και δεξαμενόπλοια, καταγράφονται ετησίως, με τη συνολική ποσότητα πετρελαίου που διοχετεύεται στους ωκεανούς να ξεπερνάει τους ένα εκατομμύριο μετρικούς τόνους (Britannica, 2021).

Global quantity of oil spilled from tankers, 1970 to 2021

Our World
in Data



Γράφημα 1 - 1 Παγκόσμια Ποσότητα Πετρελαιοκηλίδων Από Δεξαμενόπλοια (Our World In Data, 2021)

Οι πετρελαιοκηλίδες αποτελούν καταστροφές οι οποίες επιφέρουν σοβαρές κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Our World In Data, 2021). Υπάρχει δημόσια οργή κατά της θαλάσσιας μεταφοράς πετρελαίου καθώς και της εταιρείας που είναι υπεύθυνη σχεδόν σε κάθε περιστατικό πετρελαιοκηλίδας. Για παράδειγμα, η πετρελαιοκηλίδα Exxon Valdez, που προέκυψε στην Αλάσκα το 1989, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-19 παρακάτω, είχε ως αποτέλεσμα τη μήνυση τριάντα-οκτώ χιλιάδων ανθρώπων κατά της εταιρείας λόγω της περιβαλλοντικής καταστροφής που προκάλεσε.



Εικόνα 1 - 19 Πετρελαιοκηλίδα Exxon Valdez (Hakai Magazine, 2019)

Επιπλέον, τον Απρίλιο του 2010 στον κόλπο του Μεξικό, η εξέδρα εξόρυξης υδρογονανθράκων «Deerwater Horizon» εξερράγη και βυθίστηκε, έχοντας ως αποτέλεσμα το θάνατο 11 εργατών της εξέδρας και ταυτόχρονα αποτέλεσε τη μεγαλύτερη πετρελαιοκηλίδα στην ιστορία της υπεράκτιας εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1-20 που ακολουθεί παρακάτω.



Εικόνα 1 - 20 Έκρηξη Εξέδρας Deerwater Horizon στον Κόλπο Του Μεξικό (Britannica, 2010)

Τέσσερα εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου διέρρεαν από τη γεώτρηση Macondo, της εξέδρας Deerwater Horizon, για μία περίοδο 87 ημερών μέχρις ότου καλύφθηκε τον Ιούλιο του 2010 (epa.gov, 2022). Επίσης, χιλιάδες πτηνά, θηλαστικά και θαλάσσιες χελώνες καλύφθηκαν από το πετρέλαιο που διέρρευσε, με τα πρώτα να ήταν πιο ευαίσθητα στην επίδραση του πετρελαίου και πολλά πέθαναν λόγω κατάποσης εκείνου ενώ προσπαθούσαν να καθαριστούν, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1-21.



Εικόνα 1 - 21 Καφέ Πελεκάνος Σε Πετρέλαιο Από Την Πετρελαιοκηλίδα Deepwater Horizon (MotherJones, 2019)

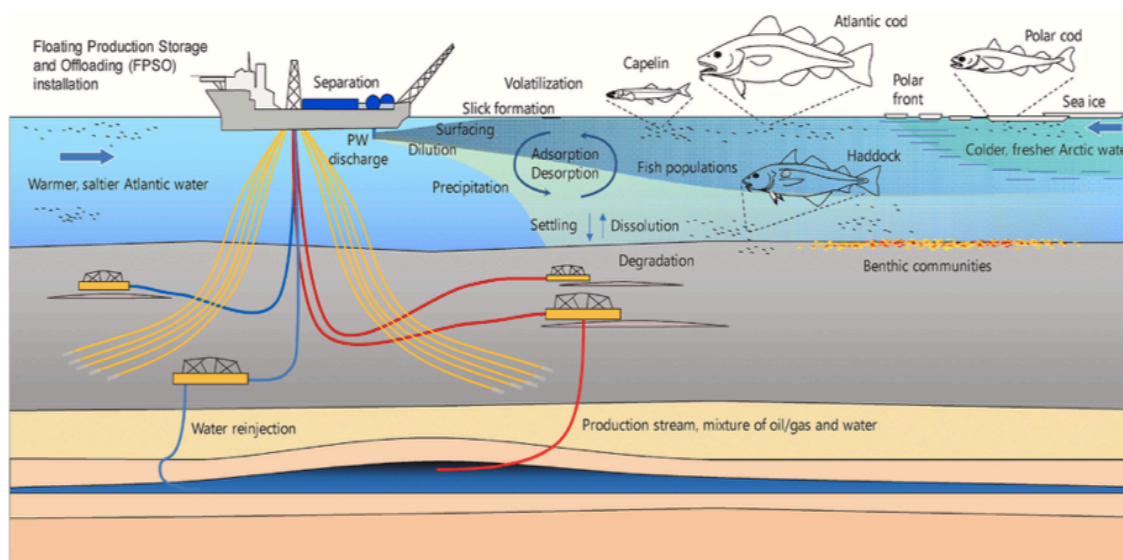
Ακόμη, πολλά πτηνά πέθαναν διότι το πετρέλαιο εμποδίζει την ικανότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας τους. Μία έρευνα του 2014 παρουσίασε ότι ίσως το 12% των καφέ πελεκάνων και περισσότερο από το 30% ενός είδους γλάρου της περιοχής του Κόλπου του Μεξικό είχαν εξαλειφθεί. Επιπρόσθετα, εκτιμάται ότι έως και 65.000 υπό εξαφάνιση χελώνες είχαν πεθάνει το 2010, κυρίως λόγω της μόλυνσης από την πετρελαιοκηλίδα. Τέλος, οι επιπτώσεις στα μικρότερα θαλάσσια είδη ήταν πιο δύσκολο να προσδιοριστεί, αλλά μία έρευνα του 2014 φανέρωσε ότι ψάρια με οικονομικό ενδιαφέρον, όπως ο τόνος, πιθανότατα ανέπτυξαν καρδιακά προβλήματα μετά την έκθεση στους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες που περιέχονται στο πετρέλαιο.

Γίνεται φανερό ότι ανάλογα με το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας καθώς και της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται, πολλά από τα στοιχεία του περιβάλλοντος μπορεί να επηρεαστούν, ενώ οι συνέπειες μπορεί να κυμαίνονται από μικρές έως και σοβαρές. Η δεύτερη μεγαλύτερη επίπτωση που προκαλείται από τις πετρελαιοκηλίδες είναι εμφανής στην οικονομία. Όταν διαρρέει αργό πετρέλαιο επηρεάζει την ποσότητα πετρελαίου και φυσικού αερίου που είναι διαθέσιμα για χρήση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή περισσότερων βαρελιών πετρελαίου, γεγονός που επιβαρύνει την οικονομία μίας χώρας, καθώς και η διαδικασία καθαρισμού των πετρελαιοκηλίδων απαιτεί μεγάλα ποσά χρηματοδότησης. Επιπρόσθετα, οι επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων δύναται να επηρεάσουν και τους ανθρώπους, αφού μπορεί να μολυνθούν τα τοπικά οικοσυστήματα στα οποία βασίζονται και αποτελούν πηγή τροφίμων, τα οποία μπορεί να μολυνθούν ως αποτέλεσμα της αποσταθεροποίησης των τροφικών αλυσίδων. Για παράδειγμα, το δίκτυο ύδρευσης των γειτονικών περιοχών βρίσκεται σε κίνδυνο επιμόλυνσης από τις πετρελαιοκηλίδες, όπως το 2013 όπου πετρελαιοκηλίδες μόλυναν το δίκτυο ύδρευσης που

χρησιμοποιούσαν 300.000 άνθρωποι στη Μαλαισία. Ακόμη, τοπικοί εργάτες δύναται να χάσουν το εισόδημα τους εξαιτίας προβλημάτων υγείας που σχετίζονται με την έκθεση σε πετρελαιοκηλίδες, όπως αναπνευστικά προβλήματα, μειωμένη ανοσία καθώς και αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου. Τέλος, προσπάθειες καθαρισμού των πετρελαιοκηλίδων, όπως η καύση εκείνων, μπορεί να συνδράμει στη μόλυνση του αέρα, ενώ η χρήση υλικών για τη διάλυση των πετρελαιοκηλίδων δύναται να αυξήσει τη μόλυνση του κοντινού υδροφόρου ορίζοντα καθώς και της άγριας ζωής (Conserve Energy Future, 2023).

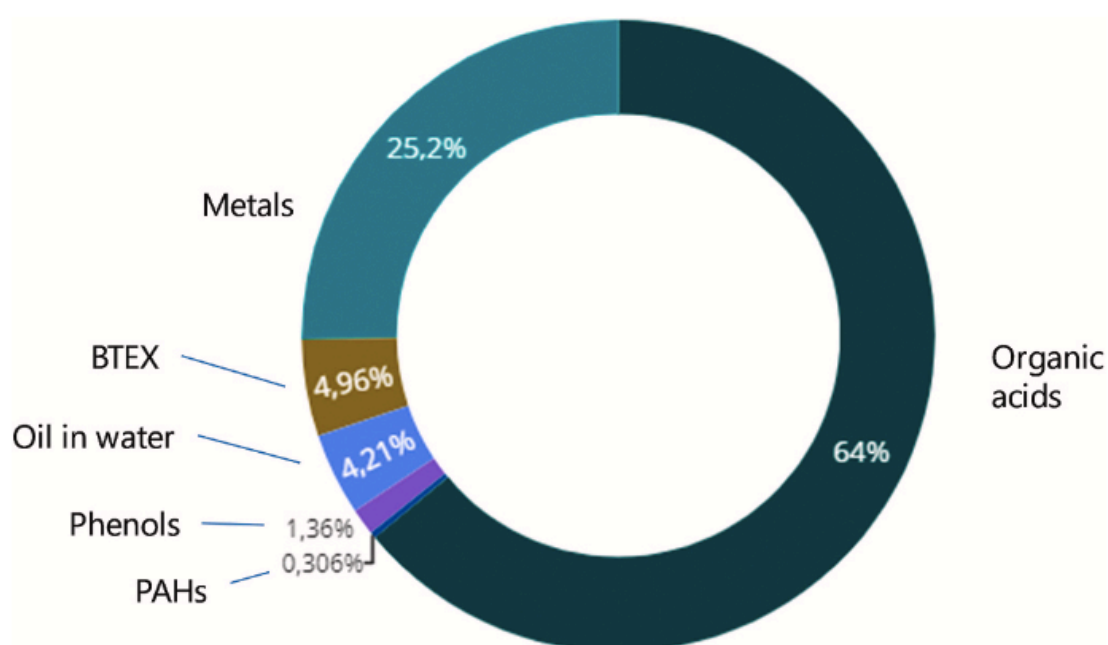
1.4.5 Απόβλητα Γεωτρήσεων

Οι απορρίψεις από τις διαδικασίες εξόρυξης υδρογονανθράκων χαρακτηρίζονται ως απορρίψεις παραγόμενου νερού (Produced Water), από υπεράκτιες εξέδρες πετρελαίου και φυσικού αερίου, οι οποίες αποτελούν μία συνεχή πηγή ρύπων για τα οικοσυστήματα της υφαλοκρηπίδας. Όπως γίνεται αντιληπτό από την Εικόνα 1-22, το παραγόμενο νερό από τις υπεράκτιες εξέδρες παραγωγής υδρογονανθράκων εξαπλώνεται μέσω των ωκεάνιων ρευμάτων, σχηματίζοντας ένα ολοένα και περισσότερο αραιωμένο νέφος, το οποίο εκθέτει τα κατάντη οικοσυστήματα στα συστατικά του PW. Επιπλέον, έχουν εντοπιστεί ορισμένες οξείες επιδράσεις στους μικροοργανισμούς που βρίσκονται μερικά χιλιόμετρα μακριά από τις μεγάλες εκροές του παραγόμενου νερού, αλλά το εάν υπάρχουν χρόνιες και οικολογικά δυσμενείς επιπτώσεις σε μεγαλύτερες κατάντη περιοχές και εάν είδη, πληθυσμοί και οικοσυστήματα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα ή ευάλωτα στο παραγόμενο νερό, παραμένουν άγνωστα (J. Beyer et al. , 2020).



Εικόνα 1 - 22 Αναπαράσταση Πορείας Παραγόμενου Νερού Από Υπεράκτιες Εξέδρες Παραγωγής Υδρογονανθράκων (J. Beyer et al. , 2020)

Το παραγόμενο νερό (PW) αποτελείται από νερό των σχηματισμών καθώς και από το νερό που έχει εγχυθεί στη γεώτρηση προηγουμένως. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1-2 και σύμφωνα με έρευνα του 2019 σε υπεράκτιες εξέδρες παραγωγής υδρογονανθράκων, καταγράφηκε ότι στις εκροές παραγόμενου νερού περιέχεται πετρέλαιο, υδρογονάνθρακες σε αέρια μορφή, αιωρούμενα σωματίδια (άργιλος), ανόργανα άλατα, οργανικά οξέα, αρωματικοί υδρογονάνθρακες, κετόνες, φαινόλη, βαρέα μέταλλα καθώς και ραδιενεργά υλικά. Ακόμη, δύναται να περιέχονται και χημικές ουσίες οι οποίες προστίθενται στο σύστημα παραγωγής προκειμένου να συνδράμουν στη διαδικασία εξόρυξης ή για να προστατέψουν τη γεώτρηση από τη βιορρύπανση και τη διάβρωση.



Γράφημα 1 - 2 Εκπομπές Ρύπων Από Παραγόμενο Νερό Υπεράκτιων Εξεδρών Παραγωγής Υδρογονανθράκων (J. Beyer et al. , 2020).

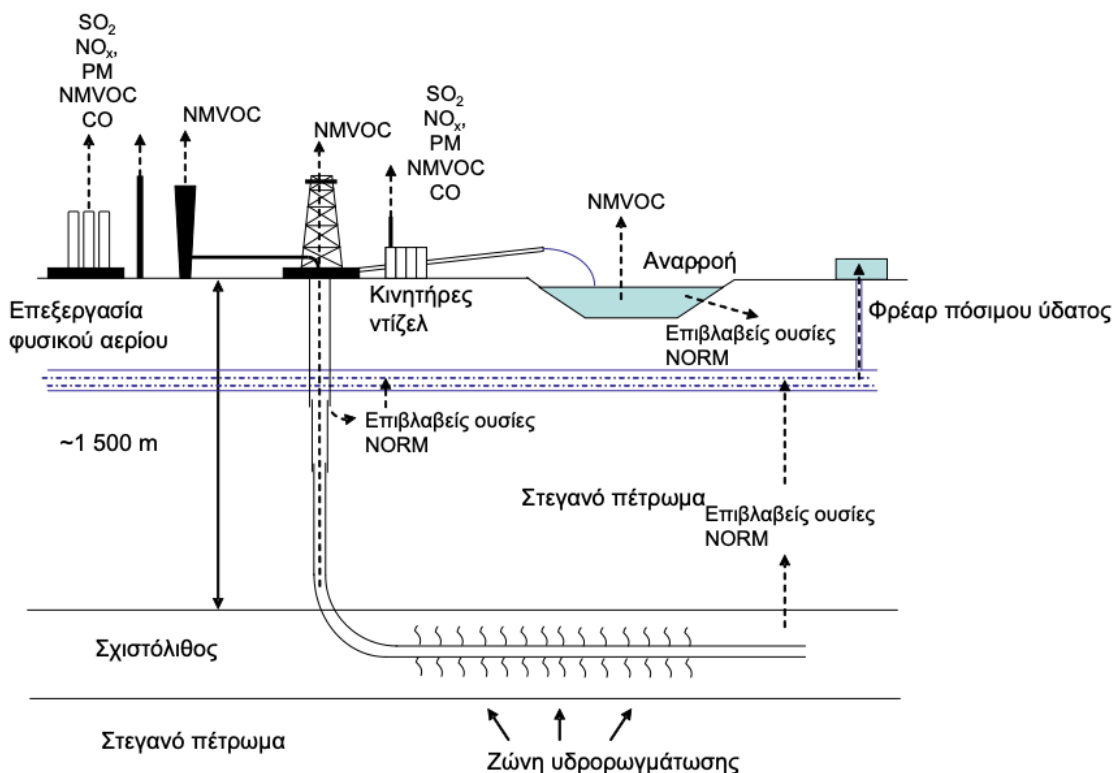
Η επίδραση του παραγόμενου νερού σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον εξαρτάται από τη φυσική, χημική και βιολογική σύνθεση εκείνου. Η απόρριψη αυτών των τοξικών συστατικών και ρύπων στο υδάτινο περιβάλλον αποτελεί απειλή για την υδρόβια ζωή καθώς και για τους γεωργικούς πόρους, παρεμβαίνοντας στη φυσική κατάσταση του περιβάλλοντος τους. Πιο συγκεκριμένα, το νάτριο αποτελεί ένα κύριο συστατικό που βρίσκεται συχνά στο παραγόμενο νερό γεωτρήσεων και προκαλεί σημαντική υποβάθμιση των εδαφών, μέσω των αργιλικών εναλλαγών που οδηγούν σε διάβρωση. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι τα αυξημένα επίπεδα νατρίου στο νερό δύναται να εμποδίζουν τη διείσδυση του νερού στο έδαφος. Επιπρόσθετα, ένα ακόμη συστατικό που μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντική καταστροφή είναι τα οργανικά υλικά, που συναντώνται σε δύο μορφές στο παραγόμενο νερό, είτε ως διάχυτο πετρέλαιο, είτε ως οργανικό υλικό χωρίς υδρογονάνθρακα. Η πρώτη μορφή οργανικού υλικού δεν καθιζάνει στον

πυθμένα της θάλασσας, αλλά ανυψώνεται στην επιφάνεια του νερού, όπου οι πτητικές και οι τοξικές ζ νερύ από γεωτρήσεις περιέχουν χημικές ουσίες, όπως υδρογονάνθρακες, φαινόλη και ορισμένα μέταλλα, που είναι εξαιρετικά τοξικές σε ευαίσθητα θαλάσσια είδη, ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις. Όταν η απόρριψη τους λαμβάνει χώρα σε ρηχά, παράκτια ύδατα, ή όταν η απόρριψη είναι μικρής πυκνότητας σε περιοχές με μικρές αναταράξεις κυμάτων και ταχυτήτων εκείνων, οι συγκεντρώσεις των περιεχόμενων χημικών ουσιών στο παραγόμενο νερό της γεώτρησης δύναται να παραμείνουν υψηλές για αρκετό καιρό, έτσι ώστε να προκαλέσουν οικολογική καταστροφή στο γειτονικό περιβάλλον (Hedar, Budiyo, 2018).

1.4.6 Η περίπτωση του σχιστολιθικού αερίου

Οι υδρογονάνθρακες μπορεί να βρίσκονται και σε σχιστόλιθους και άλλα πολύ λεπτόκοκκα πετρώματα, όπου αποθηκεύονται σε μικρές ρωγμές και πόρους, παρότι αυτά έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα. Σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για σχιστολιθικό πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Τα μη συμβατικά κοιτάσματα έχουν μικρότερη συγκέντρωση υδρογονανθράκων, είναι διασκορπισμένα σε μεγάλες εκτάσεις και απαιτούν ειδικές τεχνικές εξόρυξης, γι' αυτό και η παραγωγή ανά γεώτρηση είναι χαμηλή και πιο δύσκολα οικονομικά βιώσιμη. Δεν είναι το αέριο που διαφέρει, αλλά ο τρόπος εξόρυξης, ο οποίος περιλαμβάνει προηγμένες τεχνολογίες, μεγάλη κατανάλωση νερού και χημικά πρόσθετα που μπορεί να επηρεάσουν το περιβάλλον. Η ανάπτυξη αυτών των κοιτασμάτων έγινε δυνατή χάρη στις οριζόντιες γεωτρήσεις και την υδραυλική ρωγμάτωση, καθώς και σε ρυθμιστικές αλλαγές που επέτρεψαν την ευρύτερη εφαρμογή τους.

Στις κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκμετάλλευσης σχιστολιθικών αποθεμάτων ανήκει η υδραυλική ρωγμάτωση. Πιο συγκεκριμένα, καθώς οι σχηματισμοί σχιστολιθικού αερίου είναι μακράν οι πλέον στεγανές δομές, η προσπάθεια που απαιτείται για την πρόσβαση στους πόρους αερίου είναι η μεγαλύτεροί, και πρέπει να βελτιωθεί με τεχνητό τρόπο, μέσω της υδραυλικής ρωγμάτωσης. Η Εικόνα 1-23 δείχνει την εγκάρσια τομή ενός τυπικού φρέατος. Το γεωτρώπανο διαπερνά κάθετα το στρώμα που περιέχει το αέριο και, ανάλογα με το πάχος του, το φρέαρ μπορεί να παραμείνει κάθετο ή να γίνει οριζόντιο για καλύτερη εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Στη συνέχεια δημιουργούνται μικρές ρωγμές στο πέτρωμα, οι οποίες διευρύνονται με έγχυση νερού πολύ υψηλής πίεσης. Όταν η πίεση μειωθεί, το νερό μαζί με υλικά από το πέτρωμα επιστρέφει στην επιφάνεια μαζί με το αέριο. Παράλληλα, προστίθεται άμμος και χημικά πρόσθετα ώστε να κρατούν τις ρωγμές ανοιχτές και να διευκολύνεται η συνεχιζόμενη εξόρυξη (EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).



Εικόνα 1 - 23 Δυναμικές ροές εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων, επιβλαβών ουσιών και φυσικών ραδιενεργών ουσιών (EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).

Η παραπάνω διεργασία δύναται να επιφέρει τις ακόλουθες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (EUROPEAN PARLIAMENT, 2011):

- Καταστροφή φυσικού τοπίου, λόγω εγκαταστάσεων, εξοπλισμού και αναγκών πρόσβασης/εφοδιασμού.
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και θόρυβος, από μηχανήματα καύσης, μεταφορές και πιθανές εκπομπές πτητικών ουσιών.
- Ρύπανση υδάτων, από χημικά της ρωγμάτωσης και λύματα με βαρέα μέταλλα ή ραδιενεργά στοιχεία, καθώς και από διαρροές ή ατυχήματα.
- Πιθανή πρόκληση σεισμών, λόγω υδραυλικής ρωγμάτωσης ή έγχυσης λυμάτων.
- Κινητοποίηση ραδιενεργών σωματιδίων από το υπέδαφος.
- Υψηλή κατανάλωση πόρων, που πρέπει να αξιολογείται σε σχέση με την παραγόμενη ενέργεια (κόστους/οφέλους).
- Πιθανές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, αν και δεν έχουν καταγραφεί σαφώς μέχρι σήμερα.

Κεφάλαιο 2. Βιώσιμη Ανάπτυξη

2.1 Αειφόρος Ανάπτυξη και Διαχείριση

2.1.1 Αναγκαιότητα Βιώσιμης Ανάπτυξης

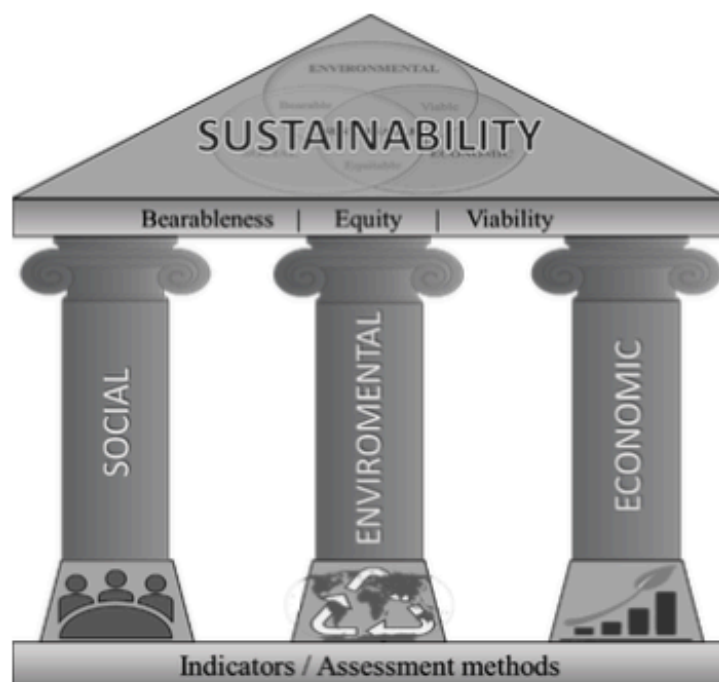
Η οικονομική ανάπτυξη των εθνών εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα αποθέματα υδρογονανθράκων, όπου παρά τα περιορισμένα αποθέματα εκείνων, η ζήτηση τους αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που καθιστά κρίσιμη τη διαχείριση των ενεργειακών πόρων. Προβλέπεται ότι το βιοτικό επίπεδο, καθώς και η ανθρώπινη ύπαρξη επρόκειτο να επηρεαστούν πολύ, εάν δε ληφθούν επανορθωτικά μέτρα μέχρι το 2030. Πιο συγκεκριμένα, προβλήματα όπως η επισιτιστική ασφάλεια, οι φυσικές καταστροφές, η κλιματική αλλαγή και η ενεργειακή κρίση αποτελούν επικίνδυνες απειλές για την ύπαρξη των ανθρώπων στη Γη (Muhammad Shahbaza, et al., 2023). Για τον λόγο αυτό, το 2019 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), ένα σχέδιο που στοχεύει στη μηδενική εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050 και στη δημιουργία μιας πιο βιώσιμης κοινωνίας με μικρότερη εξάρτηση από τους φυσικούς πόρους (Selicati, Cardinale, 2023). Πιο αναλυτικά, Η βιωσιμότητα είναι η δυνατότητα της κοινωνίας να αναπτύσσεται και να καλύπτει τις ανάγκες της χωρίς να εξαντλεί τους φυσικούς πόρους που θα χρειαστούν οι επόμενες γενιές. Βασίζεται στην ιδέα ότι οι πόροι της Γης είναι περιορισμένοι και επιδιώκει την ισορροπία μεταξύ περιβάλλοντος, οικονομίας και κοινωνίας. Αποτελεί το κίνημα και τη δράση, που εξασφαλίζουν ότι ο πλανήτης θα συνεχίσει να είναι βιώσιμος, ελέγχοντας και μειώνοντας ταυτόχρονα την εξάντληση των πόρων (coursera.org, 2022). Όμως, μία τέτοια αλλαγή πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά, αφού, απαιτείται ύπαρξη ολοκληρωμένου πρωτόκολλου καθώς και κατευθυντήριων γραμμών βιωσιμότητας, που είναι απαραίτητα για την περιγραφή της τυποποιημένες μεθοδολογικής διαδικασίας, των διαδικασιών περιβαλλοντικής πιστοποίησης τα οποία διευκολύνουν τη σύγκριση της αγοράς και τον εντοπισμό των βέλτιστων λύσεων, τις βάσεις δεδομένων, αλλά και το σημείο αναφοράς και το στόχο για τον οποίο γίνεται η σύγκριση. Οι πολιτικές και τα κανονιστικά πλαίσια προάγουν την ευρεία υιοθέτηση αυτών των προσεγγίσεων και διασφαλίζουν ότι οι πολιτικές περιορίζουν τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Επομένως, η βιωσιμότητα είναι βασική προϋπόθεση για τη μελλοντική ανάπτυξη της κοινωνίας, καθώς συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι απαραίτητη η χρήση σύγχρονων και καινοτόμων εργαλείων βιωσιμότητας (Selicati, Cardinale, 2023).

2.1.2 Διαχείριση Βιώσιμης Ανάπτυξης

Η επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης είναι αποτέλεσμα της σωστής αξιοποίησης των εργαλείων βιωσιμότητας που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Με τον όρο "εργαλεία" υποδεικνύονται όλα τα πρωτόκολλα και οι κατευθυντήριες γραμμές που περιγράφουν την τυποποιημένη μεθοδολογική

διαδικασία, με περισσότερες λεπτομέρειες από τα τεχνικά πρότυπα, τις διαδικασίες περιβαλλοντικής πιστοποίησης που επιτρέπουν τη σύγκριση στην αγορά και τον προσδιορισμό των καλύτερων λύσεων, τις πηγές των δεδομένων (βάσεις δεδομένων), των εργαλείων υπολογισμού (εργαλεία, λογισμικό), καθώς και τις τιμές αναφοράς (σημείο αναφοράς, στόχος), με τις οποίες πραγματοποιείται η σύγκριση. Οι κατάλληλες πολιτικές και κανονισμοί βοηθούν στην εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης και στη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον (Selicati, Cardinale, 2023).

Πιο αναλυτικά, η αξιολόγηση βιωσιμότητας αποτελεί ένα εργαλείο αξιολόγησης και βελτιστοποίησης που στοχεύει στην προώθηση και ενσωμάτωση της βιώσιμης ανάπτυξης σε όλους τους τομείς του πολιτικού σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων. Ουσιαστικά, αξιολογεί τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας δράσης, καθορίζει τους στόχους της και βοηθά στη βελτίωσή τους. Έτσι, γίνεται φανερό ότι η βιωσιμότητα σχετίζεται με την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Για παράδειγμα, η οικονομική βιωσιμότητα στοχεύει στη διασφάλιση οικονομικής ανάπτυξης που δε θα βλάπτει το περιβάλλον, ενώ η κοινωνική βιωσιμότητα αφορά τη μακροπρόθεσμη κατάσταση των κοινωνικών συνθηκών, όπως η εκπαίδευση, η υγεία, η ευτυχία, η ασφαλής ζωή καθώς και η ποιότητα εκείνης και τέλος, η προστασία των φυσικών πόρων είναι απαραίτητη για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Στο Σχήμα 2.1, οι συγκεκριμένες αρχές απεικονίζονται ως οι τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης, ενώ παρατηρείται ότι η συγκεκριμένη επιστήμη είναι άρρητα συνδεδεμένη με την περιβαλλοντική, οικονομική, κοινωνική επιστήμη, καθώς και με τις αναπτυξιακές μελέτες, και έχει ως απώτερο σκοπό την καλύτερη κατανόηση της περίπλοκης δυναμικής που των προκλήσεων που παρουσιάζουν οι επιστήμες αυτές. Ωστόσο, για τη μετάβαση στη βιωσιμότητα είναι ανάγκη να αξιολογηθούν οι στόχοι, που πρέπει να τεθούν, γεγονός που έχει παρουσιάσει σημαντικά εμπόδια όσον αφορά την ανάπτυξη αποτελεσματικών και αξιόπιστων μέτρων. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι το γεγονός ότι η αξιολόγηση της βιωσιμότητας έχει γίνει ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο πεδίο και αποτελεί τη βάση προς τη βιώσιμη ανάπτυξη (Selicati, Cardinale, 2023).



Σχήμα 2 - 1 Τρείς Πυλώνες Της Βιωσιμότητας (Selicati, Cardinale, 2023)

Ένα από τα σημαντικότερα πλαίσια για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης είναι οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών), που φαίνονται στην Εικόνα 2-1.



Εικόνα 2 - 1 Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ο.Η.Ε. (csr.ert.org, 2019)

Οι συγκεκριμένοι παγκόσμιοι στόχοι υιοθετήθηκαν από τον ΟΗΕ το 2015 ως μία καθολική έκκληση για δράση απέναντι στην εξάλειψη της φτώχειας, στην προστασία του περιβάλλοντος και προκειμένου να διασφαλιστεί ότι μέχρι το 2030 όλοι οι άνθρωποι θα ζουν με ευημερία και ειρήνη (undo.org, 2023). Επιπλέον, οι 17 στόχοι συνδέονται μεταξύ τους, καθώς η πρόοδος σε έναν τομέα μπορεί να επηρεάσει και άλλους. Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό να υπάρχει ισορροπία μεταξύ κοινωνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής ανάπτυξης (undo.org, 2023). Πιο συγκεκριμένα,

παρακάτω αναλύονται οι στόχοι των κατηγοριών, οι οποίοι θεωρούνται απαραίτητοι για τη βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα ενέργειας καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος (inactionforabetterworld.com, 2019):

⇒ 6ος στόχος – Καθαρό νερό & Αποχέτευση έως το 2030:

- Εξασφάλιση πρόσβασης όλων σε ασφαλές και οικονομικά προσιτό πόσιμο νερό.
- Καθολική και ισότιμη πρόσβαση σε κατάλληλες εγκαταστάσεις υγιεινής για όλους με ιδιαίτερη μέριμνα για γυναίκες, κορίτσια και ευάλωτες ομάδες.
- Βελτίωση της ποιότητας του νερού με μείωση της ρύπανσης, περιορισμό επικίνδυνων ουσιών και ανεπεξέργαστων αποβλήτων, καθώς και αύξηση της ανακύκλωσης και ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης του νερού παγκοσμίως.
- Αύξηση της αποδοτικής χρήσης του νερού σε όλους τους τομείς και διασφάλιση βιώσιμης παροχής πόσιμου νερού, ώστε να αντιμετωπιστεί η λειψυδρία και να μειωθούν οι άνθρωποι που πλήττονται από έλλειψη νερού.
- Εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτινων πόρων σε όλα τα επίπεδα, συμπεριλαμβανομένης της διασυνοριακής συνεργασίας όπου χρειάζεται.
- Έως το 2020, προστασία και αποκατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, όπως βουνά, δάση, υδροβιότοποι, ποτάμια, υπόγεια νερά και λίμνες.

⇒ 7ος στόχος – Φθηνή & Καθαρή Ενέργεια έως το 2030:

- Διασφάλιση καθολικής πρόσβασης σε προσιτές, αξιόπιστες και σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες.
- Αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα.
- Διπλασιασμός της παγκόσμιας βελτίωσης στην ενεργειακή αποδοτικότητα.

⇒ 9^{ος} στόχος - Βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές:

- Δημιουργία ποιοτικών, ανθεκτικών και βιώσιμων υποδομών με ισότιμη και προσιτή πρόσβαση για όλους, για στήριξη της ανάπτυξης και της ευημερίας.
- Προώθηση βιώσιμης βιομηχανοποίησης και αύξηση της συμβολής της βιομηχανίας στην απασχόληση και το ΑΕΠ, με έμφαση στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες.
- Βελτίωση της πρόσβασης μικρών επιχειρήσεων σε χρηματοδότηση και ένταξή τους σε αγορές και αλυσίδες αξίας.
- Αναβάθμιση υποδομών και βιομηχανιών ώστε να γίνουν πιο βιώσιμες, με καλύτερη χρήση πόρων και καθαρότερες τεχνολογίες.

- Ενίσχυση της έρευνας και της καινοτομίας, με αύξηση προσωπικού και επενδύσεων σε έρευνα και ανάπτυξη.

⇒ 12^{ος} στόχος - Υπεύθυνη κατανάλωση & παραγωγή:

- Εφαρμογή προγραμμάτων για βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή, με ηγετικό ρόλο των ανεπτυγμένων χωρών και συμμετοχή όλων.
- Βιώσιμη διαχείριση και αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων έως το 2030.
- Μείωση κατά 50% των αποβλήτων τροφίμων και περιορισμός απωλειών σε όλη την αλυσίδα παραγωγής και διάθεσης.
- Ορθολογική διαχείριση χημικών και αποβλήτων και μείωση εκπομπών τους για προστασία υγείας και περιβάλλοντος.
- Σημαντική μείωση της παραγωγής αποβλήτων μέσω πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης έως το 2030.
- Ενθάρρυνση επιχειρήσεων να υιοθετούν βιώσιμες πρακτικές και να δημοσιοποιούν στοιχεία βιωσιμότητας.
- Προώθηση βιώσιμων δημόσιων συμβάσεων σύμφωνα με εθνικές πολιτικές.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση όλων για τη βιώσιμη ανάπτυξη και βιώσιμο τρόπο ζωής έως το 2030.
- Ανάπτυξη εργαλείων παρακολούθησης για τον βιώσιμο τουρισμό που στηρίζει εργασία και τοπική κουλτούρα.
- Αναθεώρηση των επιδοτήσεων ορυκτών καυσίμων ώστε να μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι στρεβλώσεις της αγοράς, με προστασία των ευάλωτων ομάδων.

⇒ 13^{ος} στόχος - Δράση για το κλίμα:

- Ενίσχυση της ανθεκτικότητας των χωρών απέναντι στους κινδύνους και τις φυσικές καταστροφές της κλιματικής αλλαγής.
- Ενσωμάτωση δράσεων για την κλιματική αλλαγή στις εθνικές πολιτικές και στρατηγικές.
- Βελτίωση της εκπαίδευσης, της ενημέρωσης και των θεσμικών ικανοτήτων για μετριασμό και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
- Υλοποίηση της χρηματοδοτικής δέσμευσης των ανεπτυγμένων χωρών για στήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών και λειτουργία του Πράσινου Ταμείου για το Κλίμα.
- Ενίσχυση της ικανότητας σχεδιασμού και διαχείρισης δράσεων για την κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα σε λιγότερο ανεπτυγμένες και ευάλωτες περιοχές και κοινότητες.

⇒ 14^{ος} στόχος - Ζωή στο νερό:

- Μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης έως το 2025, ειδικά από χερσαίες δραστηριότητες, απορρίμματα και θρεπτικές ουσίες.
- Προστασία και αποκατάσταση θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων για υγιείς και παραγωγικούς ωκεανούς.
- Αντιμετώπιση της οξίνισης των ωκεανών μέσω ενίσχυσης της επιστημονικής συνεργασίας.
- Ρύθμιση της αλιείας και τερματισμός της υπεραλίευσης, της παράνομης και καταστροφικής αλιείας, με βάση επιστημονικά δεδομένα.
- Διατήρηση τουλάχιστον του 10% των θαλάσσιων και παράκτιων περιοχών έως το 2020.
- Κατάργηση επιδοτήσεων που οδηγούν σε υπεραλίευση και παράνομες πρακτικές στην αλιεία.
- Αύξηση των οικονομικών οφελών για μικρά νησιωτικά κράτη και λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες από βιώσιμη χρήση θαλάσσιων πόρων.
- Ενίσχυση της επιστημονικής έρευνας, της τεχνολογίας και της γνώσης για τη βελτίωση της υγείας των ωκεανών.
- Διευκόλυνση πρόσβασης μικρής κλίμακας αλιέων στους θαλάσσιους πόρους και τις αγορές.
- Ενίσχυση της εφαρμογής του διεθνούς δικαίου για τη βιώσιμη διαχείριση των ωκεανών.

Η επίτευξη και των 17 στόχων βιώσιμης ανάπτυξης μέχρι το 2030, θα χρειαστεί πρωτοφανή συνεργασία και συμμετοχή μεταξύ κυβερνήσεων, μη κυβερνητικών οργανισμών, αναπτυξιακών εταίρων, του ιδιωτικού τομέα καθώς και των κοινοτήτων. Παρόλο που οι κυβερνήσεις έχουν τη βασική ευθύνη για να δοθεί προτεραιότητα και να τεθούν σε εφαρμογή προτάσεις για την επίτευξη των στόχων αυτών, ο ιδιωτικός τομέας και η κοινωνία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση των προτάσεων (IPIECA, IFC & UNDP, 2023).

2.2 Υδρογονάνθρακες και Βιώσιμη Ανάπτυξη

2.2.1 Καθορισμός Υπάρχουσας Κατάστασης

Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς και οι 169 επιμέρους στόχοι τους, είναι άμεσα συνδεδεμένοι μεταξύ τους και ο τομέας υδρογονανθράκων έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει σε όλους. Το συγκεκριμένο σχέδιο δράσης εστιάζει στους ΣΒΑ, όπου ο τομέας δύναται να έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο, μέσα στο πλαίσιο των δικών του δραστηριοτήτων και αξιοποιώντας το ρόλο του στην αλυσίδα αξίας (IPIECA et. al., 2023). Η διαδικασία της απεικόνισης του σχεδίου δράσης οδήγησε στην αναγνώριση 10 ΣΒΑ άμεσης προτεραιότητας, όπως φαίνονται στην Εικόνα 2-2, παρακάτω, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την πλαισίωση και ανάπτυξη των προτεινόμενων ευκαιριών και δράσεων.

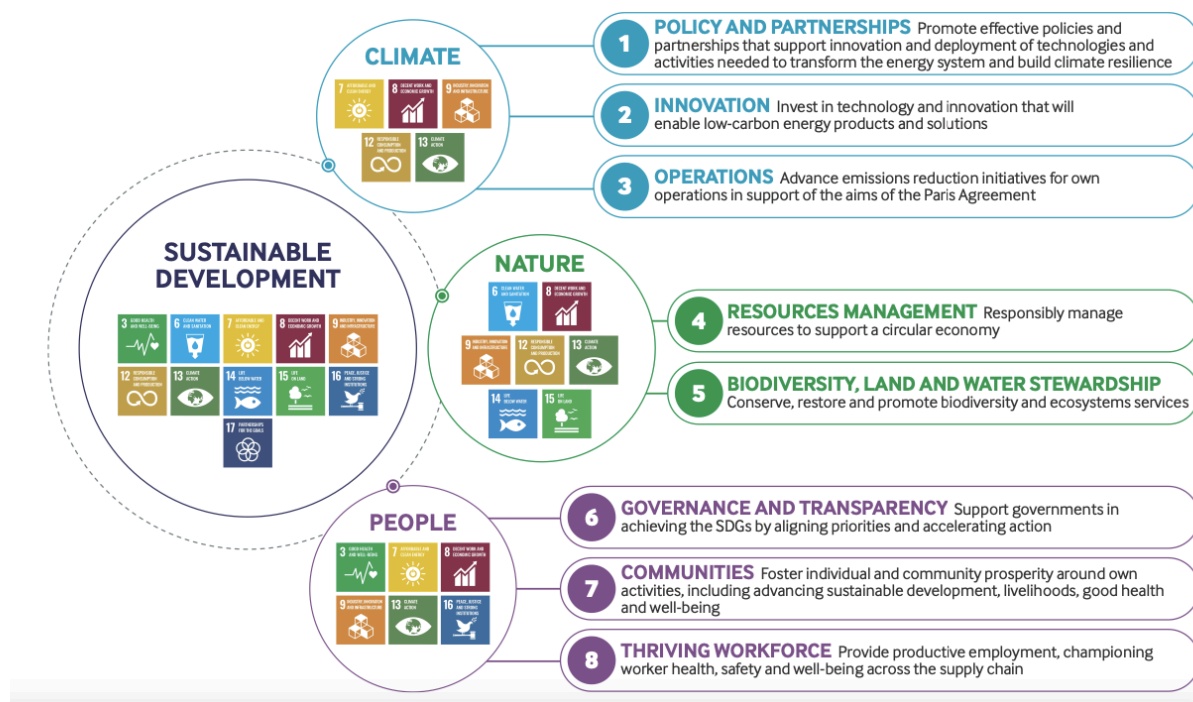


Εικόνα 2 - 2 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης Με Άμεση Προτεραιότητα (IPIECA et. al., 2023)

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο στόχος 17 που αφορά την τις συνεργασίες χαρακτηρίστηκε ως απαραίτητος για όλες τις ευκαιρίες, αφού δίνει έμφαση στην υποστήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών.

2.2.2 Προσδιορισμός Βασικών Πλεονεκτημάτων

Έχουν εντοπιστεί οκτώ (8) ευκαιριών, όπου για κάθε μία αναπτύχθηκαν ενέργειες που μπορεί να προσαρμόσει ο κλάδος για τη βελτιστοποίηση της συμβολής τους. Πιο αναλυτικά, οι συγκεκριμένες ευκαιρίες όπου οι εταιρείες φυσικού αερίου και πετρελαίου έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να συμβάλλουν στην κλιμάκωση και επιτάχυνση της συμβολής τους, παρουσιάζονται στην Εικόνα 2-3 που ακολουθεί (IPIECA et. al., 2023).



Εικόνα 2 - 3 Ευκαιρίες Από Τους Στόχους Άμεσης Προτεραιότητας (IPIECA et. al., 2023).

2.2.3 Βιώσιμη Ανάπτυξη και Πετρελαϊκός Τομέας

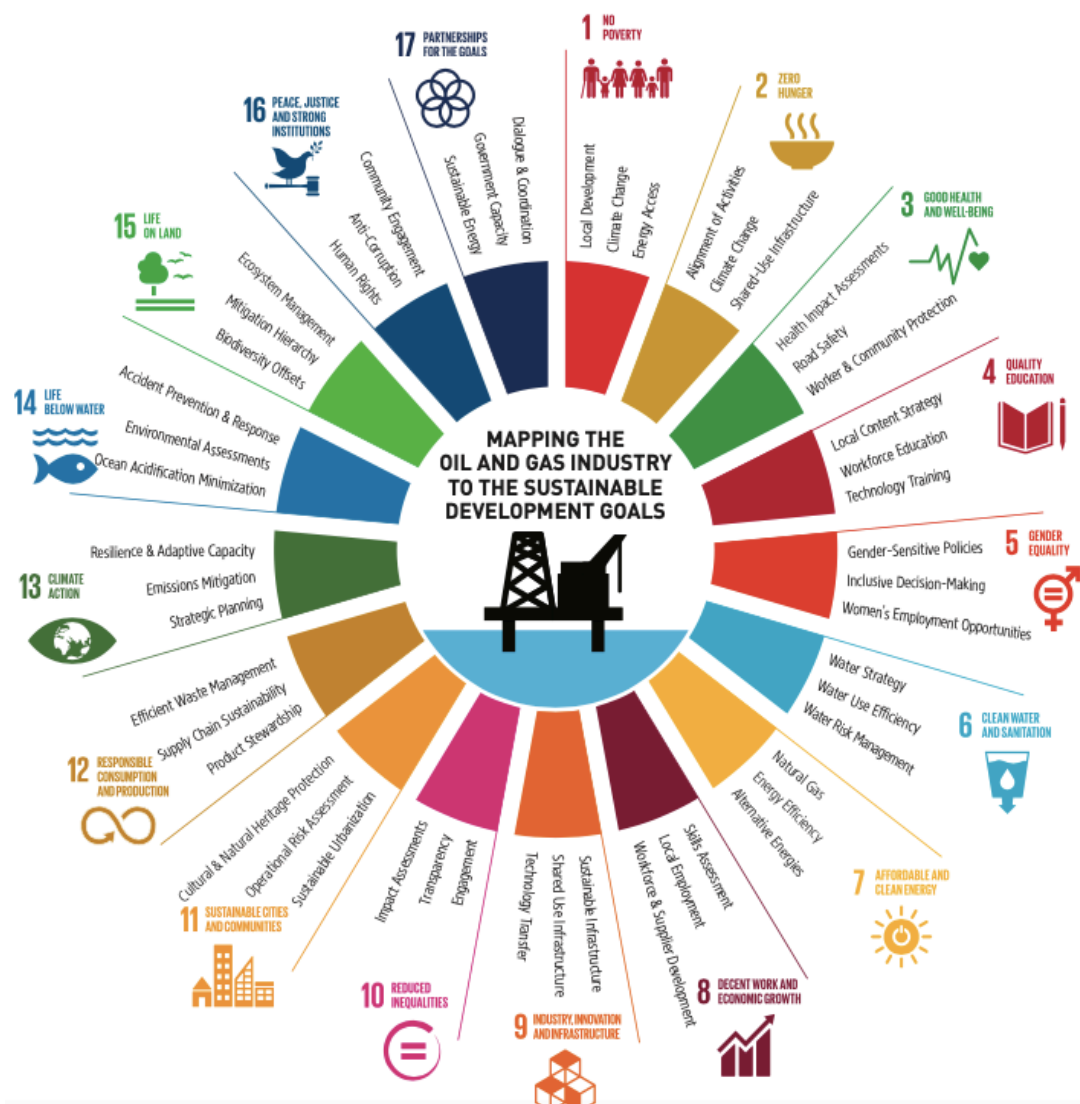
Σήμερα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο παρέχουν σχεδόν το 55% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών και καθώς ο πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς, η αυξανόμενη ευημερία θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η πρόσβαση όλων σε οικονομική, αξιόπιστη και βιώσιμη ενέργεια είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της οικονομίας, την εργασία, την εκπαίδευση, τη μείωση της φτώχειας και τη βελτίωση της υγείας. Ο συγκεκριμένος κλάδος περιλαμβάνει ποικίλες εταιρείες, οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις κύριες ομάδες (IPIECA, 2021):

- Κυρίαρχες Εταιρείες**: Γνωστές και ως διεθνείς εταιρείες πετρελαίου (International Oil Companies-IOCs) ή ενοποιημένες εταιρείες ενέργειας (Integrated Energy Companies-IECs), είναι οι μεγαλύτερες εταιρείες παγκοσμίως που αφορούν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, με μεγάλη οικονομική δύναμη που τους επιτρέπει να επηρεάσουν τις πρακτικές και πολιτικές του κλάδου.
- Εθνικές Εταιρείες**: Οι συγκεκριμένες εταιρείες ανήκουν είτε πλήρως, είτε κατά πλειοψηφία σε εθνικές κυβερνήσεις, αντιπροσωπεύουν πάνω από το μισό της παγκόσμιας παραγωγής και κατέχουν ακόμη μεγαλύτερο μερίδιο των αποθεμάτων.
- Ανεξάρτητες Εταιρείες**: Μη ενοποιημένες εταιρείες οι οποίες επικεντρώνονται κυρίως στην εξερεύνηση και παραγωγή (Exploration & Production) ή στο τμήμα του κλάδου που ασχολείται με διαδικασίες όπως η διύλιση, η διανομή και η πώληση των τελικών προϊόντων πετρελαίου και φυσικού αερίου στον τελικό καταναλωτή (Downstream).

4. *Εταιρείες παροχής υπηρεσιών και Εργολάβοι*: Η συγκεκριμένη ομάδα παρέχει υπηρεσίες, εξοπλισμό και τεχνική τεχνογνωσία.

Η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου μπορεί να συμβάλει στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης, είτε προσφέροντας θετικά αποτελέσματα είτε μειώνοντας τις αρνητικές της επιπτώσεις. Μπορεί να στηρίξει την οικονομία και την κοινωνία, παρέχοντας προσιτή ενέργεια, θέσεις εργασίας, ανάπτυξη δεξιοτήτων και καλύτερες υποδομές. Ωστόσο, έχει συμβάλει και σε σημαντικά προβλήματα που προσπαθούν να αντιμετωπίσουν οι στόχοι του ΟΗΕ, όπως η κλιματική αλλαγή, η περιβαλλοντική υποβάθμιση, οι μετακινήσεις πληθυσμών και οι κοινωνικές και οικονομικές ανισότητες. Έτσι, ο πρωταρχικός στόχος για τις επιχειρήσεις του συγκεκριμένου τομέα, στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, θα πρέπει να έγκειται στην υπεύθυνη δραστηριοποίηση τους, δηλαδή να συνεισφέρουν στην κοινωνία, να ελαχιστοποιούν τους κινδύνους και να μην επιδρά αρνητικά. Καθώς οι εταιρείες ξεκινούν να ευθυγραμμίζονται και αντιλαμβάνονται τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης, η καθεμία θα πρέπει να προβεί σε ατομική ανάλυση, προκειμένου να κατανοήσει πως μπορεί να επιφέρει κάποιο αντίκτυπο. Οι συγκεκριμένοι ρόλοι και οι συνεισφορές μίας εταιρείας εξαρτώνται από το τοπικό κοινωνικό, πολιτικό και οικονομικό πλαίσιο, από τον πόρο που εκμεταλλεύονται, τη φάση των δραστηριοτήτων (εξερεύνηση, ανάπτυξη, παραγωγή, παύση ή παροπλισμός), καθώς και από τις πληροφορίες που λαμβάνουν από τα άλλα ενδιαφερόμενα μέλη (Stakeholders) μέσω του διαλόγου και συμφωνιών (IPIECA et. al., 2023).

Για αυτό, η πετρελαϊκή βιομηχανία προσπαθεί να συμβάλλει στη λύση, προσφέροντας οφέλη τόσο για το παρόν όσο και για το μέλλον, ενώ παράλληλα μειώνει τις αρνητικές της επιπτώσεις. Ορισμένοι τομείς σχετικά με τους στόχους του ΟΗΕ, όπου αποτελούν βασικά ζητήματα προς βελτίωση για την πετρελαϊκή βιομηχανία παρουσιάζονται στην Εικόνα 2-4 παρακάτω.



Εικόνα 2 - 4 Βασικοί Τομείς Ζητημάτων Για Τον Πετρελαιοκή Βιομηχανία, Που Απεικονίζονται Στους 17 Στόχους Τον ΟΗΕ (IPIECA et. al., 2023)

Οι πιο συγκεκριμένοι στόχοι που μπορούν να υιοθετήσουν οι εταιρείες, ώστε να ευθυγραμμίσουν τις δραστηριότητές τους με τους 17 στόχους του ΟΗΕ και να συμβάλουν ουσιαστικά, είναι οι εξής (IPIECA et. al., 2023):

1. Οι στόχοι για την προσιτή και αξιόπιστη ενέργεια (Στόχος 7)
2. Δράση για το κλίμα και τη ζωή στη ξηρά και τη θάλασσα (Στόχοι 13, 14 & 15)
3. Οικονομική ανάπτυξη και καινοτομία (Στόχοι 8 & 9)
4. Υγεία και πρόσβαση σε καθαρό νερό (Στόχοι 3 & 6)

2.3 Επίτευξη Αειφόρου Ανάπτυξης

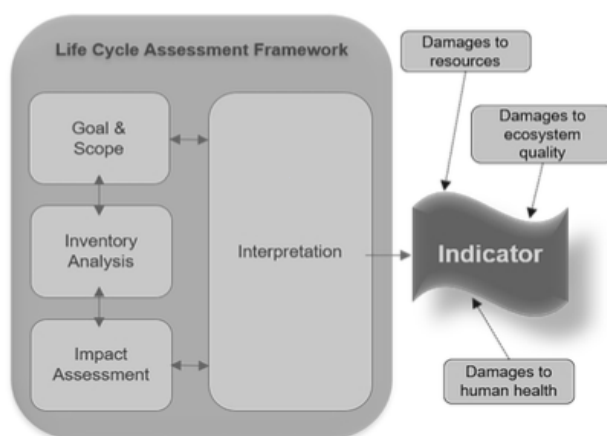
Για την εξασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης, οι επιστήμονες έχουν διαθέσιμα διάφορα μέσα, όπως οι πιστοποιήσεις, οι περιγραφές καθώς και οι δείκτες, προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν το βαθμό βιωσιμότητας ενός συστήματος ή ενός κυκλικού προϊόντος, τα οποία θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη παρακάτω ενότητα (Selicati, Cardinale, 2023).

2.3.1 Εργαλεία και Μεθοδολογία

2.3.1.1 Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA)

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής αποτελεί μία τυποποιημένη και διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο υπολογισμού, σύμφωνα με τα πρότυπα UNI EN ISO:14040:2021 και του UNI EN ISO:14044:2021, που επιτρέπουν την αξιολόγηση του άμεσου περιβαλλοντικού αντίκτυπου των καινοτόμων προϊόντων και διαδικασιών, λαμβάνοντας υπόψη και τις έμμεσες επιπτώσεις σχετιζόμενες με την αλυσίδα ανεφοδιασμού (upstream), τις φάσεις χρήσης (πυρήνας), καθώς και με το τέλος της χρήσιμης ζωής ενός προϊόντος (downstream). Η μέθοδος αυτή εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών και της ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι τη διαχείριση των αποβλήτων. Έτσι, μπορεί να εντοπίσει γρήγορα προβλήματα που δυσκολεύουν τη βιώσιμη ανάπτυξη σε κάθε στάδιο. Στο Σχήμα 2-2 απεικονίζονται οι τέσσερις φάσεις της LCA, που περιλαμβάνει τα εξής (Selicati, Cardinale, 2023):

1. Ορισμός στόχου και πεδίου έρευνας
2. Καταγραφή κύκλου ζωής
3. Καταγραφή επιπτώσεων στον κύκλο ζωής
4. Ερμηνεία αποτελεσμάτων



Σχήμα 2 - 2 Τέσσερις Φάσεις της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή συστήματος (Selicati, Cardinale, 2023)

2.3.1.2 Ανάλυση Ροής Υλικού (Material – Flow Analysis)

Η ανάλυση ροής υλικού (MFA) επιδιώκει την ποσοτικοποίηση των ροών των υλικών, καθώς και τα αποθέματα μίας συγκεκριμένης ουσίας στο ανθρώπινο περιβάλλον και αποτελεί ένα καθιερωμένο εργαλείο για την αξιολόγηση της αποδοτικής χρήσης των πόρων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία ξεκινά με τον καθορισμό των ορίων του συστήματος και έπειτα μοντελοποιούνται όλες οι σημαντικές λειτουργίες και ροές του συστήματος. Αυτή η ανάλυση λαμβάνει υπόψη όλες τις ροές υλικών που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία, το λεγόμενο «οικολογικό σακίδιο», το οποίο αντιπροσωπεύει την πραγματική ποσότητα υλικού ενός δεδομένου προϊόντος και αποτελείται από όλα τα υλικά που απαιτούνται για ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής, εξαιρώντας το πραγματικό βάρος του προϊόντος. Η συγκεκριμένη ανάλυση επιτρέπει τον προσδιορισμό της πηγής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και κατά συνέπεια, προσδιορίζει την κατεύθυνση προς την οποία δύναται να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση (Selicati, Cardinale, 2023).

Πιο συγκεκριμένα, η MFA είναι μια συστηματική μέθοδος που στοχεύει στα εξής: (Unido.org, 2023):

- Ανασκόπηση των υλικών που χρησιμοποιούνται σε μία εταιρεία
- Προσδιορισμός του σημείου προέλευσης, των ποσοτήτων, καθώς και των αιτιών των εκπομπών και των αποβλήτων
- Δημιουργία βάσης δεδομένων για αξιολόγηση και πρόβλεψη μελλοντικών εξελίξεων
- Καθορισμός στρατηγικών για τη βελτίωση της συνολικής κατάστασης

Τα απόβλητα και οι εκπομπές μίας εταιρείας προκύπτουν σε εκείνα τα σημεία όπου χρησιμοποιούνται, επεξεργάζονται ή υποβάλλονται σε επεξεργασία υλικά. Εάν μία εταιρεία θέλει να βρει μία στρατηγική λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίζει, είναι απαραίτητο να αποτυπώσει τις τρέχουσες ροές υλικών σε ένα μοντέλο, έτσι ώστε να εντοπιστούν σημεία προέλευσης, των όγκων καθώς και τις αιτίες των αποβλήτων και εκπομπών. Επιπρόσθετα, σε μία ανάλυση ροής υλικού γίνεται αναλύεται η σύνθεση των ουσιών που χρησιμοποιούνται, εκτιμάται η εμπορική αξία τους, ενώ πραγματοποιούνται προβλέψεις σχετικά με τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις. Έτσι, η εισαγωγή ενός πληροφοριακού συστήματος θα επιτρέψει σε κάθε οργανισμό να ανιχνεύσει εκ νέου τις ροές υλικών εντός εκείνου, να τις κατευθύνει και να εγγυηθεί ότι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά (Unido.org, 2023).

Μία πλήρης ανάλυση ροής υλικού αποτελείται από τα επτά βήματα που παρουσιάζονται παρακάτω (Unido.org, 2023):

1. Καθορισμός του στόχου της ανάλυσης ροής υλικού και των παραμέτρων που πρέπει να παρακολουθούνται
2. Καθορισμός του εύρους της ισορροπίας

3. Καθορισμός της χρονικής περιόδου ισορροπίας
4. Προσδιορισμός των βημάτων της διαδικασίας
5. Σχεδιασμός διαγράμματος ροής – ποιοτική προσέγγιση
6. Σχεδιασμός ισοζυγίων – ποσοτική προσέγγιση
7. Ερμηνευση αποτελεσμάτων και καταγραφή συμπερασμάτων

Οι παραπάνω στρατηγικές δύνανται να οδηγήσουν σε βελτιωμένη χρήση των υλικών (Unido.org, 2023):

- Αντικατάσταση πρώτων υλών και υλικών επεξεργασίας με άλλα που δε θα περιέχουν βαρέα μέταλλα ή χλωριούχα
- Τροποποίηση διαδικασιών, όπως αυτόματος έλεγχος
- Τροποποιήσεις προϊόντων
- Εσωτερική ανακύκλωση, όπως κλείσιμο κυκλωμάτων νερού, ανακύκλωση πολύτιμων υλικών εντός μίας εταιρείας
- Εξωτερική ανακύκλωση, όπως ανακύκλωση σκραπ και κομποστοποίηση βιοδιασπώμενων υλικών

2.3.1.3 Οικολογικό Αποτύπωμα (Ecological Footprint)

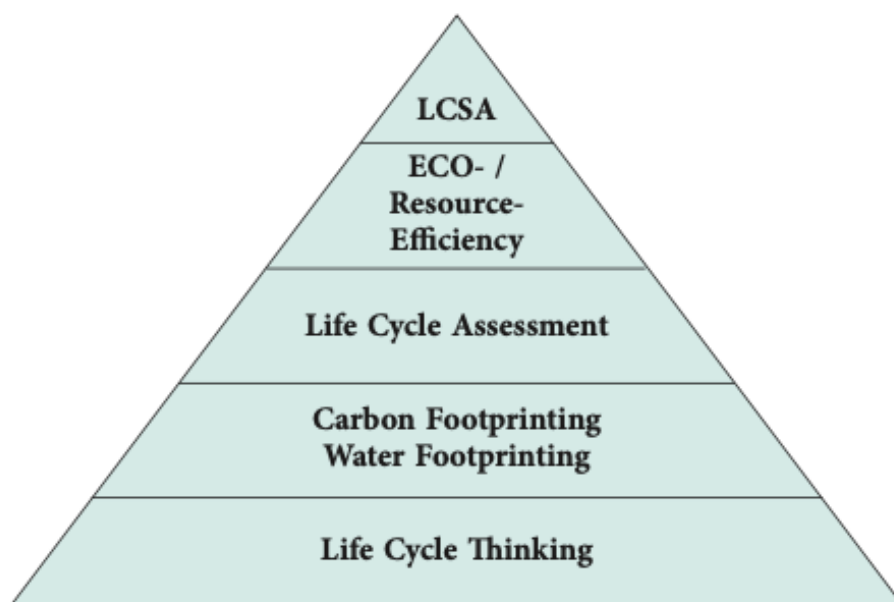
Το Οικολογικό Αποτύπωμα είναι ένας δείκτης που μετρά την ανθρώπινη ζήτηση για βιολογικούς πόρους. Σύμφωνα με τη βιώσιμη ανάπτυξη, η ανάπτυξη μιας χώρας πρέπει να καλύπτει τις σημερινές ανάγκες χωρίς να μειώνει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους. Ακόμη, το Οικολογικό Αποτύπωμα συγκρίνει το επίπεδο κατανάλωσης με τον διαθέσιμο όγκο της βιοπαραγωγικής γης και της θαλάσσιας περιοχής. Η έννοια του οικολογικού αποτυπώματος περιλαμβάνει επίσης την ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Αρχικά αναπτύχθηκε ως ένδειξη του περιβαλλοντικού αντικτύπου εθνών, ατόμων ή πληθυσμών, αλλά χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως ένδειξη της περιβαλλοντικής απόδοσης οργανισμών και εταιρειών, ή ακόμη και ως ένδειξη βιωσιμότητας των προϊόντων. Καθώς οι ανάγκες της ανθρωπότητας συνεχώς αυξάνονται, εκείνη υπερβαίνει τα όρια κατανάλωσής της και ζει εις βάρος των μελλοντικών γενεών, με αποτέλεσμα να καταναλώνονται περισσότερα από ό,τι το οικοσύστημα της Γης μπορεί να παράγει. Το οικολογικό έλλειμμα δημιουργήθηκε στη δεκαετία του '90 και η ανησυχητική αύξησή του συνεχίζεται. Η αυξανόμενη πίεση στα οικοσυστήματα δημιουργεί διάσπαση και εξάλειψη φυσικών οικοτόπων, ενώ ταυτόχρονα απειλεί τη βιολογική ποικιλία και την ευημερία της ανθρωπότητας. Για τους πιο πάνω λόγους, η κυβέρνηση, οι δημόσιοι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις πρέπει να συνδυάσουν και να κατευθύνουν τις προσπάθειές τους για την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, καθώς αυτά

αποτελούν κίνδυνο για την ύπαρξη της ίδιας της κοινωνίας. Για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας μιας εθνικής στρατηγικής βιώσιμης ανάπτυξης, πρέπει να χρησιμοποιούνται ποικίλοι δείκτες, όπως για παράδειγμα, κοινωνικοοικονομικοί, δείκτες αλλαγών στην ποιότητα και στις πιέσεις του περιβάλλοντος. Υπάρχουν δείκτες που μετρούν το οικολογικό έλλειμμα, ένας από τους οποίους είναι το οικολογικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας. Το οικολογικό αποτύπωμα καθορίζει τις ανάγκες της ανθρώπινης βιόσφαιρας, δηλαδή, πόσοι από τους διαθέσιμους βιολογικούς πόρους του εδάφους και του νερού καταναλώνονται και πόσα από τα απόβλητά μπορούν να απορροφηθούν. Έτσι, το Οικολογικό Αποτύπωμα (ΟΑ) είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης που αντικατοπτρίζει την εθνική και παγκόσμια βιώσιμη ανάπτυξη, και πιο αναλυτικά, παρουσιάζει το αντίκτυπο που έχουν οι κάτοικοι μιας συγκεκριμένης περιοχής ή χώρας στο περιβάλλον όπου ζουν, καθώς και στους φυσικούς πόρους. Οι τομείς ανάλυσης του Οικολογικού Αποτυπώματος είναι οι εξής (Juozas Ruzėvicius, 2010):

1. Ενέργεια
2. Νερό
3. Απόβλητα
4. Μεταφορές
5. Κατοικήσιμη Έκταση

Με αυτόν τον τρόπο γίνεται κατανοητό ότι το Οικολογικό αποτύπωμα περιλαμβάνει και τον Κύκλο Αξιολόγηση Ζωής ενός προϊόντος. Πιο αναλυτικά, το 6ο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης επικεντρώνεται στα προβλήματα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική επίπτωση των προϊόντων και στοχεύει στην προώθηση πολιτικών και στρατηγικών που επικεντρώνονται στην επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ των οικονομικών και ανταγωνιστικών αναγκών, έχοντας ως στόχο τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης. Η αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής (LCA) και η έννοια του Οικολογικού Αποτυπώματος σχετίζονται με τη σκέψη του κύκλου ζωής και την ολοκληρωμένη πολιτική προϊόντων. Η σκέψη του κύκλου ζωής στοχεύει να λαμβάνει υπόψη την περιβαλλοντική επίδραση που συνδέεται με τη ζωή ενός προϊόντος ως μεταβλητή απόφασης, από τον σχεδιασμό των προϊόντων, υπηρεσιών και διαδικασιών, δηλαδή, πιο γενικά, στον σχεδιασμό και τον καθορισμό των επιχειρηματικών στρατηγικών και των περιβαλλοντικών πολιτικών. Η έννοια της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων υποδεικνύει μια τάση προς τη σκέψη του κύκλου ζωής, προωθώντας πολιτικές στρατηγικές με στόχο την ανάπτυξη ενός αγοράς για πράσινα προϊόντα και την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών πολιτικών για την συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων, εντός του πλαισίου ολόκληρου του κύκλου ζωής, μέσω της συμμετοχής και συνεργασίας των δημόσιων αρχών, των ενδιαφερομένων και των καταναλωτών. Όλα αυτά είναι, αφενός, οι δικαιούχοι της περιβαλλοντικής πολιτικής και, αφετέρου, εταίροι στην εφαρμογή της. Στο σχήμα 2-3, που φαίνεται παρακάτω, παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι, καθώς και εργαλεία

αξιολόγησης της περιβαλλοντικής και βιώσιμης απόδοσης, ως μία αναπαράσταση της πυραμίδας αναγκών του Maslow (Juozas Ruzevicius, 2010).



Σχήμα 2 - 3 Προσαρμογή της πυραμίδας των ανθρώπινων αναγκών του Maslow στο οικολογικό αποτύπωμα και τις προσεγγίσεις αξιολόγησης περιβαλλοντικής και βιωσιμότητας (Juozas Ruzevicius, 2010).

Ενώ η αρχική πυραμίδα του Maslow περιλαμβάνει βασικές φυσιολογικές ανάγκες όπως τροφή και αναπνοή στο κάτω μέρος, ακολουθούμενες από ανάγκες ασφαλείας, και αγάπη, εκτίμηση μέχρι την αυτο-πραγμάτωση στο πολύ ψηλά, η προσαρμοσμένη έκδοση ξεκινά με τη βασική προσέγγιση της σκέψης του κύκλου ζωής, ακολουθούμενη από μεθόδους μονοθεματικής ανάλυσης όπως η αποτύπωση άνθρακα ή νερού, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής, η αξιολόγηση των πόρων ή η αξιολόγηση της οικο-αποτελεσματικότητας μέχρι την εκτέλεση ενέργειας Το οικολογικό αποτύπωμα είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης που αντικατοπτρίζει την εθνική και παγκόσμια βιώσιμη ανάπτυξη. Ωστόσο, το ΟΑ είναι στην πραγματικότητα ο μόνος δείκτης προστασίας του περιβάλλοντος, αλλά δεν ενσωματώνει κοινωνικούς και οικονομικούς δείκτες που είναι σημαντικοί κατά την εκτίμηση της βιώσιμης ανάπτυξης μιας χώρας, μιας περιοχής ή μιας πόλης, Ως εκ τούτου, το οικολογικό αποτύπωμα μπορεί να θεωρηθεί μόνο εν μέρει ως ένας ολοκληρωμένος δείκτης της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι ειδικοί πιστεύουν ότι πρέπει να είναι πιο σαφείς σχετικά με το οικολογικό αποτύπωμα και να το αναγνωρίσουν ως ένα ισχυρό εργαλείο για την επικοινωνία της υπερκατανάλωσης της ανθρωπότητας, ενώ είναι ενήμεροι για τα όριά του σε άλλους τομείς. Δύναται να αποτελέσει ισχυρό επιχείρημα σε αναφορές για την αναγνώριση και επικοινωνία δυνητικών πηγών μη βιωσιμότητας προς το ευρύ κοινό και προς πολιτικούς και επιχειρησιακούς λήπτες αποφάσεων (Juozas Ruzevicius, 2010).

Στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζεται η παγκόσμια κατάταξη του οικολογικού αποτυπώματος. Να σημειωθεί ότι το τρέχον επίπεδο ανθρώπινης κατανάλωσης υπερβαίνει ήδη την οικολογική δυνατότητα της Γης, δηλαδή το οικολογικό αποτύπωμα όλων των χωρών στον κόσμο υπερβαίνει την ικανότητα της φύσης για ανανέωση.

Country, region	Global hectares per capita		
	Biocapacity	Ecological footprint	Ecological deficit (-) or reserve (+)
Worldwide average	1.8	2.7	- 0.9
High-income countries	3.1	6.1	- 3.0
Medium-income countries	1.7	2.0	- 0.3
Low-income countries	1.1	1.2	- 0.1
USA	3.9	8.0	- 4.1
Canada	14.9	7.0	+ 7.9
United Arab Emirates	0.8	10.7	- 9.8
Qatar	2.5	10.5	- 8.0
Kuwait	0.4	6.3	- 5.9
European average	2.9	4.7	- 1.8
European Union average	2.2	4.8	- 2.6
Denmark	4.9	8.3	- 3.4
Netherlands	1.0	6.2	- 5.2
United Kingdom	1.3	4.9	- 3.6
Belgium	1.3	8.0	- 6.7
France	3.0	5.0	- 2.0
Germany	1.9	5.1	- 3.2
Italy	1.1	5.0	- 3.9
Greece	1.6	5.4	- 3.8
Spain	1.6	5.4	- 3.8
Finland	12.0	6.2	+ 6.3
Sweden	9.7	5.9	+ 3.9
Bulgaria	2.1	4.1	- 1.9
Romania	2.0	2.7	- 0.7
Lithuania	4.4	4.7	- 0.3
Latvia	7.1	5.6	+ 1.4
Estonia	9.0	7.9	+ 1.1
Switzerland	1.2	5.0	- 3.8
Kazakhstan	4.0	4.5	- 0.5
Mongolia	15.1	5.5	+ 9.6
Azerbaijan	0.8	1.9	- 1.1
Russia	5.7	4.4	+ 1.3
Belarus	3.3	3.8	- 0.5
Ukraine	1.8	2.9	- 1.1
Israel	0.3	4.8	- 4.5
Gabon	29.3	1.4	+ 27.9
China	1.0	2.2	- 1.2

Πίνακας 2 - 1 Οικολογικό Αποτύπωμα και Βιοχωρητικότητα Χωρών & Περιοχών (Juozas Ruzevicius, 2010).

Αξίζει να αναφερθεί ότι η Φινλανδία και η Σουηδία έχουν το μεγαλύτερο οικολογικό απόθεμα, ενώ το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Ιταλία, η Ισπανία, η Ελλάδα, καθώς και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν το μεγαλύτερο οικολογικό έλλειμμα μεταξύ των χωρών της ΕΕ. Να σημειωθεί ότι μέχρι στιγμής, οι Βαλτικές Χώρες της Λετονίας και της Εσθονίας έχουν θετικό οικολογικό ισοζύγιο, ενώ το οικολογικό

αποτύπωμα της Λιθουανίας, της Ουκρανίας, της Λευκορωσίας και της Ρουμανίας υπερβαίνει αντίστοιχα τη βιολογική δυνατότητα της χώρας. Επιπλέον, το 7% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει στην επικράτεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, χρησιμοποιώντας ωστόσο το 17% των παγκόσμιων φυσικών πόρων. Το ΟΑ των πολιτών της ΕΕ υπερβαίνει τη βιολογική οικοσυστημική δυνατότητα κατά 2,2 φορές. Από το 1961 έως το 2005, το οικολογικό αποτύπωμα της ΕΕ αυξήθηκε κατά 70%. Η αρνητική οικολογική ισορροπία της Κίνας είναι ιδιαίτερα ανησυχητική, καθώς ο αριθμός των πολιτών σε αυτήν τη χώρα έχει φτάσει τους 1,337 δισεκατομμύρια και αντιστοιχεί περίπου στο 20% του συνολικού πληθυσμού του κόσμου. Τέλος, το παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα (ΟΑ) έχει διπλασιαστεί από τη δεκαετία του '60, καθώς επίσης η υποβάθμιση του πλανήτη μας ενθαρρύνεται από τις διαδικασίες της παγκοσμιοποίησης, αλλά και το ανελέητα αυξανόμενο όγκο του διεθνούς εμπορίου. Το διεθνές εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών το 1961 αντιστοιχίζε μόνο στο 8% του συνολικού ΟΑ του κόσμου, ενώ το 2005 αυτός ο δείκτης έφθασε το 40% (Juozas Ruzevicius, 2010).

Αν δεν ληφθούν σύντομα ουσιαστικά μέτρα για το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη, τότε μέχρι το 2040 ο σημερινός τρόπος κατανάλωσης θα απαιτεί πόρους από δύο πλανήτες Γη. Γι' αυτόν τον λόγο, τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και όλες οι άλλες οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο θα πρέπει να ετοιμάσουν μια νέα στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης που θα περιλαμβάνει τόσο την έντονη ανάπτυξη της παραγωγής ανανεώσιμων φυσικών πόρων, όσο και την υλοποίηση διάφορων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος. Η βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να ενθαρρύνει μια ευρύτερη εφαρμογή των αρχών και των προτύπων του βιώσιμου εμπορίου και δίκαιου εμπορίου σε παγκόσμια κλίμακα. Η συμμόρφωση με αυτά τα πρότυπα θα πρέπει να επιβεβαιώνεται από ένα κατάλληλο σύστημα πιστοποίησης και επισημάνσης που καλύπτει τη χρήση φυσικών πόρων και ενέργειας, τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων και την κοινωνική ευθύνη και δικαιοσύνη. Ο στόχος του ΟΑ είναι να αποδείξει ότι ο τρέχων τρόπος και ρυθμός ζωής δεν είναι βιώσιμος. Γι' αυτό είναι σημαντικό να ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα για να ενημερωθεί η κοινωνία για τη σημασία του οικολογικού αποτυπώματος. Η φύση μπορεί να ανανεώσει τους πόρους της, όμως μόνο με έναν συγκεκριμένο ρυθμό. Οι άνθρωποι καταναλώνουν συνεχώς περισσότερους ανανεώσιμους πόρους από ό,τι η φύση μπορεί να αναπαράγει. Ο κύριος παγκόσμιος στόχος είναι να ενώσει την ανθρωπότητα για να σώσει τον πλανήτη. Όσο οι εκπρόσωποι των κυβερνήσεων και των μεγάλων επιχειρήσεων δεν είναι εξοικειωμένοι με το επίπεδο των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται και πώς αυτοί οι πόροι αντιστοιχούν στο τρέχον απόθεμα πόρων, η υπερκατανάλωση μπορεί να παραμείνει απαρατήρητη, κάτι που θα οδηγήσει στην αύξηση του οικολογικού ελλείμματος και στη μείωση των δυνατοτήτων για ικανοποίηση των κοινωνικών αναγκών (Juozas Ruzevicius, 2010).

Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές Βιώσιμης Ανάπτυξης στην Εξόρυξη Υδρογονανθράκων

3.1 Εισαγωγή

Η εξόρυξη υδρογονανθράκων είναι ένας σημαντικός ενεργειακός τομέας παγκοσμίως, αλλά συνδέεται με σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ρύπανση υδάτων και καταστροφή οικοσυστημάτων. Η βιώσιμη ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα στοχεύει στην αύξηση της παραγωγής με ταυτόχρονη μείωση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων, ώστε να προστατεύονται και οι ανάγκες των μελλοντικών γενεών. (Brundland Report, 1987). Οι εφαρμογές βιώσιμης ανάπτυξης στην εξόρυξη υδρογονανθράκων περιλαμβάνουν πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την καλύτερη διαχείριση του νερού, την προστασία της βιοποικιλότητας και την αποδοχή των έργων από την κοινωνία.

Πιο συγκεκριμένα, οι εταιρείες ενσωματώνουν ψηφιακά εργαλεία και αυτοματοποίηση στις δραστηριότητές τους προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τις στρατηγικές παραγωγής τους. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους οι πετρελαϊκές εταιρείες υιοθετούν πρακτικές βιώσιμης ανάπτυξης. Η βιομηχανία αυτή ευθύνεται για μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο. Για αυτό, έχουν θέσει στόχους μείωσης των εκπομπών και του διοξειδίου του άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα η Equinor έχει θέσει ως στόχο τη σχεδόν μηδενική εκπομπή μεθανίου έως το 2030 και μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και μηδενική καθαρή ένταση άνθρακα έως το 2050. Άλλες μεγάλες εταιρείες πετρελαίου (BP, Chevron, Conoco Phillips, Eni, Exxon, Repsol, Shell και Total) έχουν θέσει στόχους για σημαντικές μειώσεις. Επιπρόσθετα, ένας άλλος τομέας ιδιαίτερης ανησυχίας είναι η επίδραση των χημικών που χρησιμοποιούνται κατά τα διάφορα στάδια παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου. Με την παραγωγή σε υπεράκτιες περιοχές να εκτιμάται γύρω στο 25%-30% της συνολικής παραγωγής, έχει δοθεί αυξημένη έμφαση στα χημικά που χρησιμοποιούνται στις υπεράκτιες δραστηριότητες και στην αρνητική τους επίδραση στους ωκεανούς και τη θαλάσσια ζωή. Οι μεγάλες πετρελαϊκές εταιρείες επικεντρώνονται στη χρήση πιο πράσινων χημικών εναλλακτικών, ιδίως καθώς οι περιβαλλοντικές αρχές (όπως στη Βόρεια Θάλασσα) έχουν αυστηρές απαιτήσεις σχετικά με τους τύπους χημικών που μπορούν να απορρίπτονται στο νερό (Borregaard.com, 2024).

3.2 Μέθοδοι και Τεχνολογίες Βιώσιμης Ανάπτυξης

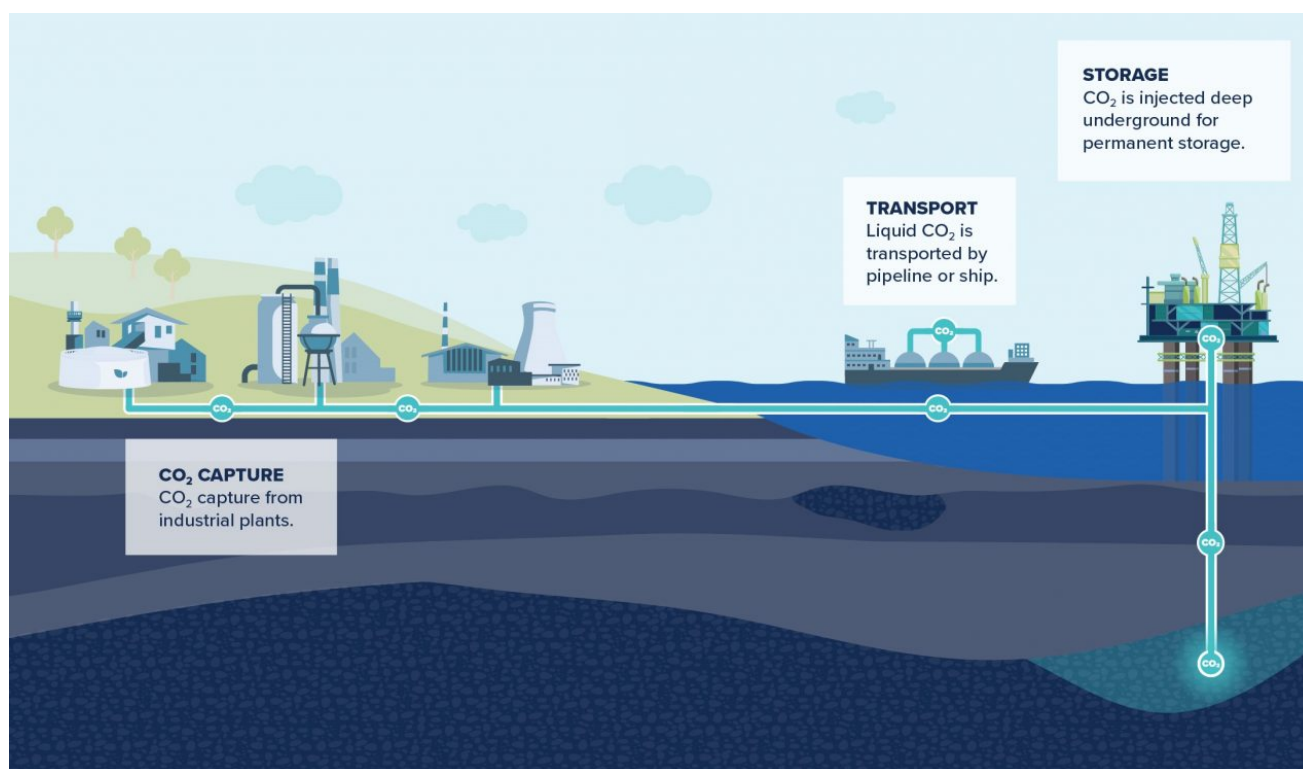
Η βιώσιμη διαχείριση της εξόρυξης υδρογονανθράκων απαιτεί την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και πρακτικών, με έμφαση σε περιβαλλοντική προστασία, μείωση εκπομπών και ορθολογική διαχείριση πόρων.

3.2.1 Δέσμευση και Αποθήκευση Άνθρακα (Carbon Capture and Storage CCS):

Η Δέσμευση και Αποθήκευση Άνθρακα (CCS) είναι τεχνολογίες που συλλέγουν το διοξείδιο του άνθρακα και το αποθηκεύουν υπόγεια με ασφάλεια, ώστε να μην συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή. Η CCS περιλαμβάνει τόσο την δέσμευση του CO₂ από μεγάλες πηγές εκπομπών (γνωστή ως δέσμευση από πηγές-σημεία) όσο και την απευθείας δέσμευση από την ατμόσφαιρα. Η παραπάνω διαδικασία περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα (Global CCS Institute, 2024):

1. Τη δέσμευση
2. Τη μεταφορά και
3. Την αποθήκευση

Πιο αναλυτικά, και όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3-1, παρουσιάζονται τα τρία βασικά στάδια:



Εικόνα 3 - 1 Διαδικασία Δέσμευσης & Αποθήκευσης Άνθρακα (Global CCS Institute, 2024)

A. Δέσμευση (Capture):

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συλλέγεται από τις πηγές εκπομπών, όπως εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις, πριν εισέλθει στην ατμόσφαιρα, μέσω των παρακάτω μεθόδων:

⇒ Μετά-Καύση: Δέσμευση του CO₂ από τα καυσαέρια που παράγονται μετά την καύση των ορυκτών καυσίμων.

- ⇒ Προ-Καύση: Μετατροπή των καυσίμων σε μείγμα υδρογόνου και CO₂ πριν την καύση, και διαχωρισμός του CO₂.
- ⇒ Καύση με Οξυγόνο: Καύση του καυσίμου με καθαρό οξυγόνο για την παραγωγή καυσαερίων που περιέχουν κυρίως CO₂ και ατμό.

B. Μεταφορά (Transport):

Το δεσμευμένο CO₂ μεταφέρεται από την πηγή δέσμευσης στην τοποθεσία αποθήκευσης, μέσω των παρακάτω μεθόδων μεταφοράς:

- ⇒ Αγωγοί: Στην πιο κοινή μέθοδο, το CO₂ συμπιέζεται σε υγρή μορφή και μεταφέρεται μέσω αγωγών.
- ⇒ Πλοία: Το CO₂ μπορεί επίσης να μεταφέρεται με πλοία σε ειδικά σχεδιασμένα δεξαμενές.
- ⇒ Οχήματα: Σε μικρότερες κλίμακες, μπορεί να χρησιμοποιούνται οχήματα όπως φορτηγά για τη μεταφορά του CO₂.

C. Αποθήκευση (Storage):

Το CO₂ αποθηκεύεται σε γεωλογικούς σχηματισμούς υπόγεια για μακροχρόνια αποθήκευση, χρησιμοποιώντας τους εξής τρόπους αποθήκευσης:

- ⇒ Γεωλογική Αποθήκευση: Εγχύεται σε βάθος σε υπόγεια γεωλογικά στρώματα, όπως εξαντλημένα πετρελαιοπηγάδια ή βαθιά αλμυρά στρώματα, όπου είναι παγιδευμένο από ανθεκτικά πετρώματα που το εμποδίζουν να διαφύγει.
- ⇒ Ενίσχυση Εξόρυξης Πετρελαίου (EOR): Το CO₂ μπορεί να εγχέεται σε πετρελαιοπηγές για την αύξηση της παραγωγής πετρελαίου, ενώ ταυτόχρονα αποθηκεύεται υπόγεια.

Αυτά τα τρία βήματα μειώνουν το CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η τεχνολογία αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, ειδικά σε βιομηχανίες όπου οι εκπομπές είναι δύσκολο να μειωθούν. Παρότι προσφέρει οφέλη, όπως μείωση του CO₂ και υποστήριξη της μετάβασης σε οικονομία χαμηλών εκπομπών, έχει και προκλήσεις όπως το κόστος, την ενεργειακή κατανάλωση και την αποδοχή από το κοινό. Παρ' όλα αυτά, παραμένει σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη της ουδετερότητας άνθρακα. Αξίζει να αναφερθεί ότι πολλές εταιρείες παγκόσμιου βεληνεκούς έχουν εντάξει την παραπάνω εφαρμογή στις διαδικασίες τους. Για παράδειγμα, η Petronas, μια πρωτοπόρος εταιρεία πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Νοτιοανατολική Ασία, η οποία έχει δεσμευτεί για ουδετερότητα εκπομπών άνθρακα έως το 2050, εισάγει μια πρωτοποριακή λύση στην τεχνολογία δέσμευσης άνθρακα: τον Membrane Contactor - MBC. Αυτή η πλήρως αρθρωτή τεχνολογία συνδυάζει άψογα την ισχύ της απορρόφησης με βάση διαλύτες με την προσαρμοστικότητα των

μεμβρανών. Το καινοτόμο σχέδιο του MBC επιτυγχάνει επαναστατική μείωση 50% στον συνολικό όγκο, κάτι που προηγουμένως θεωρείτο ανέφικτο στην τεχνολογία δέσμευσης άνθρακα. Επιπλέον, η Shell Catalysts & Technologies προσφέρει μια κορυφαία τεχνολογία δέσμευσης άνθρακα, βασισμένη σε αμίνες, με την ονομασία ADIP ULTRA. Η τεχνολογία ADIP χρησιμοποιείται σε πάνω από 500 εγκαταστάσεις της Shell και μη-Shell παγκοσμίως και έχει καθιερώσει μια αξιοζήλευτη πορεία για την οικονομική αποδοτική αφαίρεση CO₂ στον τομέα του φυσικού αερίου.

Το ADIP ULTRA, η τελευταία εξέλιξη, χρησιμοποιεί μια βελτιστοποιημένη φόρμουλα διαλύτη και έναν βελτιωμένο σχεδιασμό βασισμένο σε χρόνια λειτουργικών εμπειριών. Με τα τελευταία γενιάς εσωτερικά στοιχεία στήλης (Shell Turbo Trays), αυτή η τεχνολογία μπορεί να μεγιστοποιήσει την δέσμευση CO₂ και να πληροί τις αυστηρές προδιαγραφές για το επεξεργασμένο αέριο, ενώ βελτιστοποιεί την κυκλοφορία του διαλύτη και τις ανάγκες αναγέννησης (Global CCS Institute: STATE OF THE ART: CCS TECHNOLOGIES 2024, 2024).

3.2.2 Μείωση Εκπομπών Μεθανίου

Το μεθάνιο συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς παγιδεύει θερμότητα 28–30 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα σε περίοδο 100 ετών (International Energy Agency, 2023). Η βιομηχανία εξόρυξης υδρογονανθράκων ευθύνεται για περίπου το 40% των ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου, καθιστώντας την αποτελεσματική διαχείριση και ανάκτηση αυτού του αερίου κρίσιμη για τη βιώσιμη ανάπτυξη (IEA, 2023). Μία από τις πιο σημαντικές τεχνικές μείωσης εκπομπών μεθανίου είναι η ανίχνευση και επισκευή διαρροών (Leak Detection and Repair – LDAR). Η χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών όπως drones, αισθητήρων και δορυφορικών παρατηρήσεων (π.χ. MethaneSAT, GHGSat) επιτρέπει τον εντοπισμό των λεγόμενων “super-emitters”, εγκαταστάσεων που ευθύνονται για δυσανάλογα μεγάλες εκπομπές (IEA, 2023). Μελέτες δείχνουν ότι η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων έχει χαμηλό κόστος σε σχέση με το όφελος που προκύπτει από την ανάκτηση του αερίου (OGCI, 2023). Παράλληλα, σημαντική μείωση εκπομπών επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση εξοπλισμού υψηλών εκπομπών, όπως πνευματικοί ελεγκτές, συμπιεστές και βαλβίδες. Οι συσκευές αυτές λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο και παρουσιάζουν συνεχείς ή περιοδικές εκπομπές μεθανίου. Η αντικατάστασή τους με ηλεκτροκίνητες ή χαμηλής εκπομπής εκδόσεις μπορεί να μειώσει τις εκπομπές της εγκατάστασης έως και 60%, χωρίς σημαντικό πρόσθετο κόστος. Επιπρόσθετα, η πρακτική της φλερικής καύσης (flaring) ή της απόρριψης (venting) μεθανίου στην ατμόσφαιρα κατά την παραγωγική διαδικασία είναι ακόμη διαδεδομένη σε πολλές χώρες. Όμως, η εφαρμογή πολιτικών μηδενικού flaring, με στόχο την ανάκτηση και αξιοποίηση του μεθανίου, προωθείται έντονα από διεθνείς οργανισμούς όπως η OGCI, η οποία έχει θέσει ως στόχο μείωση της έντασης εκπομπών μεθανίου κάτω από 0,2% έως το 2030 (OGCI1, 2023). Ακόμη, η επιτήρηση των εκπομπών μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων παρέχει πλέον ακρίβεια και διαφάνεια. Συστήματα όπως το Methane Alert and Response System (MARS), αναπτύσσονται για να

προειδοποιούν σε πραγματικό χρόνο τις ρυθμιστικές αρχές και τις εταιρείες σε περιπτώσεις μαζικών διαρροών (IEA, 2024).

Η εφαρμογή αυτών των πρακτικών μπορεί να μειώσει τις εκπομπές μεθανίου κατά πάνω από 75% έως το 2030, συμβάλλοντας σημαντικά στον περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας σύμφωνα με τα σενάρια Net Zero, ενώ παράλληλα, σύμφωνα με εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας, η εξάλειψη της περιττής καύσης και απόρριψης μεθανίου θα μπορούσε να αποτρέψει την απώλεια περίπου 200 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων φυσικού αερίου παγκοσμίως ετησίως, ποσότητα ισοδύναμη με τις εισαγωγές φυσικού αερίου της Ε.Ε. πριν την ενεργειακή κρίση (IEA 1, 2023). Τέλος, αξιοσημείωτο είναι πως το 70% των παγκόσμιων εκπομπών μεθανίου στον τομέα της ενέργειας θα μπορούσε να μειωθεί με υφιστάμενες τεχνολογίες και σε αρκετές περιπτώσεις με θετική οικονομική απόδοση, καθώς η αξία του ανακτηθέντος αερίου υπερκαλύπτει το κόστος των επεμβάσεων (IEA 1, 2023).

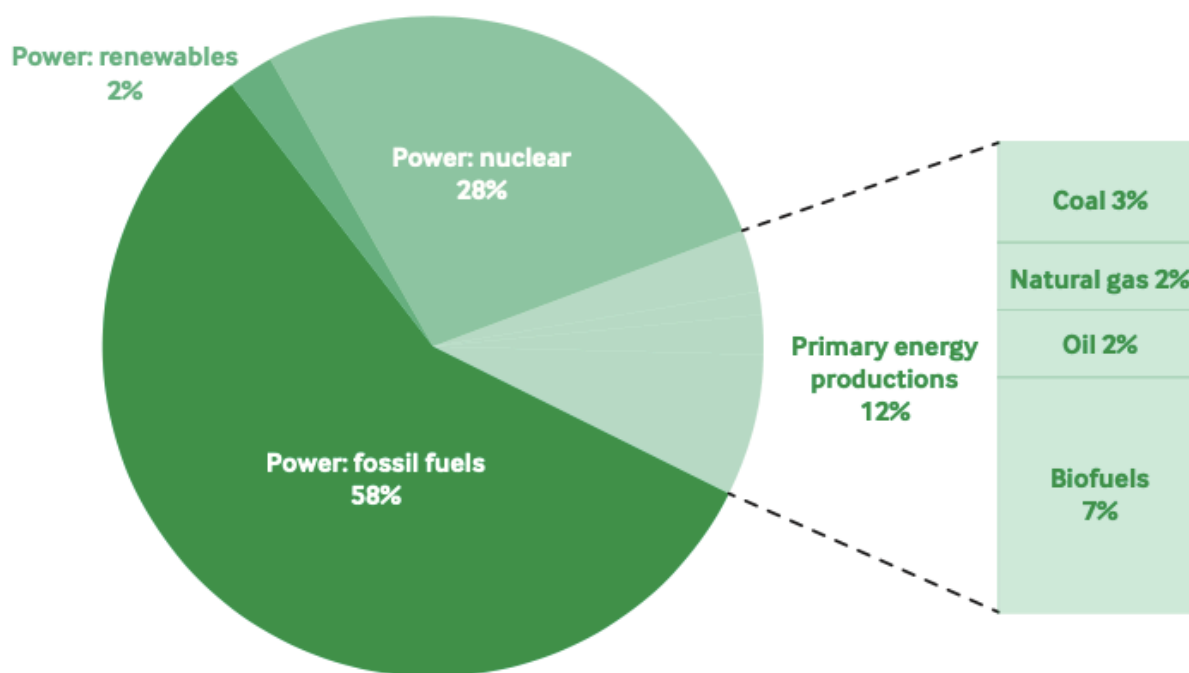
3.2.3 Βιώσιμη Διαχείριση Νερού

Η σωστή διαχείριση του νερού είναι σημαντική στις δραστηριότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η βιομηχανία συμβάλλει στη μετάβαση προς την ενέργεια και στο κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζει το νερό στην παραγωγή εναλλακτικής ενέργειας. Η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου αντλεί γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό νερό, συμπεριλαμβανομένου του θαλασσινού νερού, για πολλές δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της εξερεύνησης και παραγωγής στην ανάντη διαδικασία, καθώς και στη διύλιση, την παραγωγή χημικών και τη διάθεση στην αγορά στην κατάντη διαδικασία. Η συγκεκριμένη βιομηχανία επίσης διαχειρίζεται μεγάλες ποσότητες παραγόμενων και αποβλήτων υδάτων. Οι χρήσεις της διαχείρισης νερού και λυμάτων στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου παρουσιάζονται στην Εικόνα 3-2 (IPIECA, 2021).



Εικόνα 3 - 2 Η χρήση του νερού κατά μήκος της αλυσίδας αξίας του πετρελαίου και του φυσικού αερίου (IPIECA, 2021)

Όσον αφορά τις παγκόσμιες ποσότητες γλυκού νερού που αντλούνται, η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι σχετικά χαμηλός χρήστης νερού. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) εκτιμά ότι η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιπροσωπεύει λιγότερο από 3% των αντλήσεων νερού στον ενεργειακό τομέα, ενώ ο ενεργειακός τομέας συνολικά αντιπροσωπεύει περίπου το 10% των συνολικών παγκόσμιων αντλήσεων γλυκού νερού, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3-1. Ωστόσο, σε τοπικό επίπεδο, το ποσοστό των αντλήσεων μπορεί να είναι πολύ υψηλότερο, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή συγκέντρωση δραστηριοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου.



Σχήμα 3 - 1 Άντληση και κατανάλωση γλυκού νερού στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την πρωτογενή παραγωγή ενέργειας (IPIECA, 2021)

Για τους παραπάνω λόγους, η IPIECA έχει δημιουργήσει ένα πλαίσιο διαχείρισης νερού για τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, το οποίο βασίζεται σε πέντε βασικές αρχές (IPIECA, 2021):

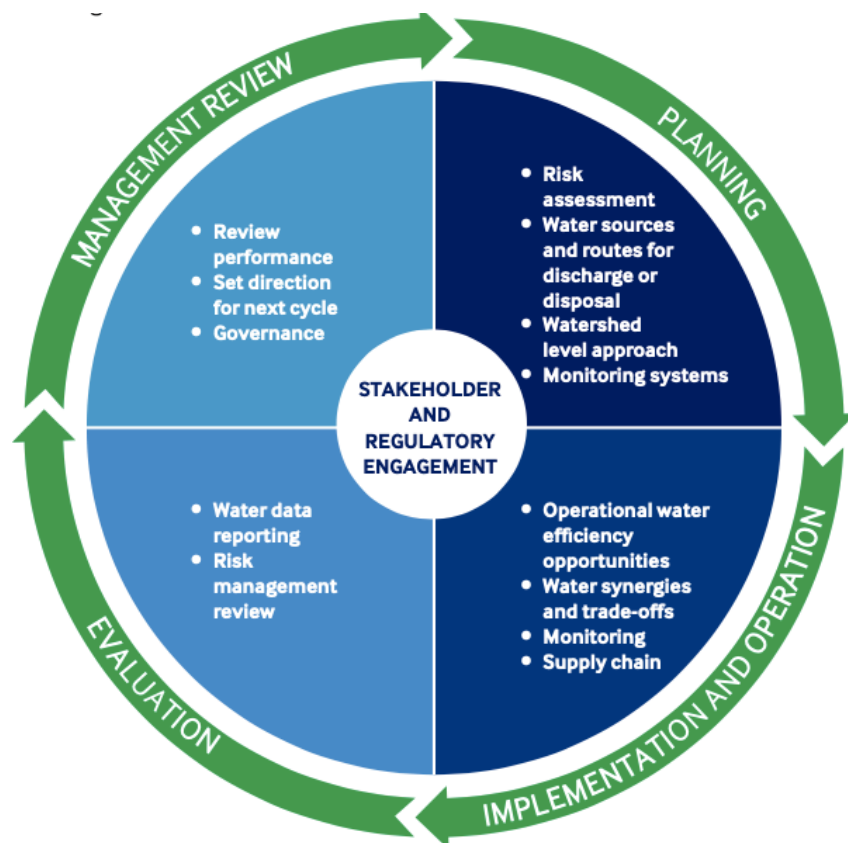
- 1. Κίνδυνος:** Το πλαίσιο ακολουθεί μια προσέγγιση βασισμένη στον κίνδυνο. Ο κίνδυνος που σχετίζεται με το νερό είναι η πιθανότητα σημερινών ή μελλοντικών προβλημάτων με το νερό να επηρεάσουν τους ανθρώπους, το περιβάλλον ή τη βιωσιμότητα μιας επιχείρησης, λόγω των δραστηριοτήτων της και εξωτερικών παραγόντων. Αυτοί οι κίνδυνοι μπορεί να είναι φυσικοί, κανονιστικοί, γεωπολιτικοί, οικονομικοί ή σχετικοί με τη φήμη και είναι συνάρτηση της πιθανότητας εμφάνισης μιας συγκεκριμένης πρόκλησης που σχετίζεται με το νερό και της σοβαρότητας του αντίκτυπού της. Η σοβαρότητα του αντίκτυπου εξαρτάται από την ένταση της πρόκλησης που σχετίζεται με το νερό, καθώς και από τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές και επιχειρηματικές ευπάθειες.
- 2. Ευελιξία:** Το πλαίσιο είναι ευέλικτο και επιτρέπει την εφαρμογή της κατάλληλης διαχείρισης νερού, ώστε να μειώνονται οι τοπικοί κίνδυνοι και να αξιοποιούνται οι ευκαιρίες που σχετίζονται με το νερό. Επιπλέον, προσφέρει τη δυνατότητα προσαρμογής καθώς εμφανίζονται και αναγνωρίζονται νέοι κίνδυνοι που σχετίζονται με το νερό, και μπορεί να προσαρμοστεί για να εξυπηρετήσει έργα διαφορετικού μεγέθους.
- 3. Συνεργατική:** Μια συνεργατική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των κινδύνων και ευκαιριών που σχετίζονται με το νερό οδηγεί σε πιο αποτελεσματικές στρατηγικές μετριασμού για τρέχοντες, μελλοντικούς και αναδυόμενους κινδύνους νερού σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Ο

στόχος είναι να βασιστούμε στην υπεύθυνη προσέγγιση που ήδη ακολουθεί η βιομηχανία και να την επεκτείνουμε περαιτέρω μέσω της αναγνώρισης και κατανόησης των πιθανών επιπτώσεων στις υπηρεσίες οικοσυστήματος και τις ανάγκες των άλλων χρηστών. Παρομοίως, η προώθηση της συνεργασίας εντός της βιομηχανίας μπορεί να οδηγήσει σε προοδευτικές βιομηχανικές συνεργασίες και μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη χρήση του νερού.

4. **Ολιστική:** Μπορεί να εφαρμοστεί μια συνολική προσέγγιση σε όλη την αλυσίδα αξίας, από την εξερεύνηση και την παραγωγή μέχρι τη διύλιση, την ανάπτυξη προϊόντων και τη λιανική πώληση. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει την αναγνώριση και κατανόηση πιθανών συνεργειών και ανταλλαγμάτων με κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές. Αυτές οι πτυχές περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή, ζήτηση ενέργειας, εκπομπές στον αέρα, διαχείριση αποβλήτων και κανονιστικά θέματα.
5. **Συνεχής βελτίωση:** Το πλαίσιο ακολουθεί μια προσέγγιση τυπικού συστήματος διαχείρισης (παρόμοια με τα πρότυπα ISO MS 9001 και ISO MS 14001), λαμβάνοντας υπόψη έναν κύκλο συνεχούς βελτίωσης στον οποίο τα διδάγματα που αντλούνται χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της προσέγγισης διαχείρισης νερού. Επιπλέον, ακολουθώντας τα τυπικά συστήματα διαχείρισης, το πλαίσιο μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στο σύστημα διαχείρισης μιας επιχείρησης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με βάση το Σχήμα 3-2, γίνεται αντιληπτό ότι το πλαίσιο βιώσιμης διαχείρισης νερού της IPIECA για τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου περιλαμβάνει:

- **Διακυβέρνηση και Πολιτική:** Δημιουργία σαφών πολιτικών και δομών διακυβέρνησης για τη διαχείριση του νερού.
- **Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού:** Εφαρμογή μέτρων για τη βελτιστοποίηση της χρήσης του νερού και τη μείωση αποβλήτων.
- **Αξιολόγηση Επιπτώσεων:** Εκτίμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων της χρήσης νερού και αντιμετώπιση των δυνητικών κινδύνων.
- **Συμμετοχή Ενδιαφερομένων Μερών:** Συμπερίληψη των τοπικών κοινοτήτων και άλλων ενδιαφερομένων στις αποφάσεις για τη διαχείριση του νερού.
- **Παρακολούθηση και Αναφορά:** Παρακολούθηση της χρήσης και των επιπτώσεων του νερού, με διαφάνεια στην αναφορά της απόδοσης.



Σχήμα 3 - 2 Το Πλαίσιο Βιώσιμης Διαχείρισης Νερού της IPIECA (IPIECA, 2021)

3.2.4 Περιβαλλοντική Αποκατάσταση

Η περιβαλλοντική αποκατάσταση αφορά τις δράσεις και τεχνικές που εφαρμόζονται για την αποκατάσταση και επαναφορά των περιοχών εξόρυξης υδρογονανθράκων σε κατάσταση όσο το δυνατόν πιο κοντινή στην αρχική τους ή σε ένα βιώσιμο οικολογικό ισοζύγιο. Η σημασία της περιβαλλοντικής αποκατάστασης αυξάνεται συνεχώς, τόσο για χερσαίες (onshore) όσο και για υπεράκτιες (offshore) περιοχές, καθώς οι αρνητικές επιπτώσεις της εξόρυξης μπορεί να είναι μακροχρόνιες και εκτεταμένες.

3.2.4.1 Αποκατάσταση Χερσαίων Περιοχών (Onshore)

Στις χερσαίες περιοχές, η εξόρυξη υδρογονανθράκων επιφέρει αλλαγές στο τοπίο, καταστροφή βλάστησης, διατάραξη του εδάφους, και ρύπανση από πετρελαιοειδή κατάλοιπα και χημικές ουσίες. Η περιβαλλοντική αποκατάσταση περιλαμβάνει (US EPA, 2021):

- Απομάκρυνση των εγκαταστάσεων και υποδομών εξόρυξης με ασφαλή τρόπο, ώστε να μην παραμένουν επικίνδυνα κατάλοιπα.
- Επαναφορά του εδάφους και του ανάγλυφου μέσω επιχωματώσεων, λείανσης και αναμόρφωσης, ώστε να μειωθεί η διάβρωση και να διευκολυνθεί η φυσική αποκατάσταση.

- Φυτοτεχνικές πρακτικές που περιλαμβάνουν τη φύτευση αυτόχθονων ειδών φυτών, για την αποκατάσταση της βλάστησης και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας.
- Αποκατάσταση των υδρολογικών συνθηκών, ώστε να επανέλθει η ισορροπία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και να αποφευχθούν πλημμυρικά φαινόμενα ή ξηρασίες.
- Παρακολούθηση της περιοχής για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την αποκατάσταση, ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχία της και να διορθωθούν τυχόν αποκλίσεις.

Οι καλές πρακτικές αποκατάστασης της ξηράς βασίζονται σε σωστό σχεδιασμό πριν και κατά τη διάρκεια των εξορυκτικών εργασιών, ώστε να μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το μελλοντικό κόστος αποκατάστασης.

3.2.4.2 Αποκατάσταση Υπεράκτιων Περιοχών (Offshore)

Η αποκατάσταση υπεράκτιων περιοχών εξόρυξης είναι πιο σύνθετη λόγω της παρουσίας θαλάσσιου οικοσυστήματος και της δυσκολίας πρόσβασης. Οι κύριες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν:

- Απομάκρυνση πλατφορμών και υποθαλάσσιων υποδομών με μεθόδους που περιορίζουν τη διατάραξη του πυθμένα και των θαλάσσιων οργανισμών.
- Αποκατάσταση της βιοποικιλότητας μέσω τεχνητών υφάλων ή προγραμμάτων αναπαραγωγής και επανατροφοδότησης θαλάσσιων ειδών (OSPAR, 2019).
- Παρακολούθηση ρύπανσης από πετρελαιοειδή και χημικά καταλοίπων, με σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανών διαρροών ή επιπτώσεων.
- Χρήση βιοτεχνολογικών μέσων (π.χ. βιοαποικοδομητικοί μικροοργανισμοί) για τον καθαρισμό και αποδόμηση ρυπαντικών ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον (NOAA, 2020).
- Αξιολόγηση επιπτώσεων μετά την απομάκρυνση με μακροχρόνια περιβαλλοντική παρακολούθηση και εκθέσεις συμμόρφωσης.

Η περιβαλλοντική αποκατάσταση ρυθμίζεται από εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς, όπως η Οδηγία για τα Απόβλητα (Waste Framework Directive) στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και ειδικές οδηγίες για τις θαλάσσιες περιοχές. Η τήρηση των κανονισμών διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τα περιβαλλοντικά πρότυπα και προωθεί τη βιώσιμη διαχείριση. Οι βέλτιστες πρακτικές περιλαμβάνουν επίσης τη συμμετοχή των τοπικών κοινοτήτων και των ενδιαφερόμενων φορέων στην αποκατάσταση, ώστε να ενισχύεται η κοινωνική αποδοχή και η διαφάνεια (IEA, 2023). Βάσει των παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η περιβαλλοντική αποκατάσταση αποτελεί σημαντικό οικονομικό κόστος για τις εταιρείες, όμως αποτελεί επένδυση για την αποφυγή μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών ζημιών και νομικών επιπτώσεων. Τέλος, η σωστή αποκατάσταση βελτιώνει την εικόνα της εταιρείας και συμβάλλει στην υπευθυνότητα και τη βιώσιμη ανάπτυξη του κλάδου και του πλανήτη.

3.2.5 Ενεργειακή Απόδοση & Ανανεώσιμες Πηγές

Η ενεργειακή απόδοση και η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για τη βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα εξόρυξης υδρογονανθράκων. Οι διαδικασίες εξόρυξης και επεξεργασίας υδρογονανθράκων είναι ενεργοβόρες, προκαλώντας σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των εγκαταστάσεων. Τα συστήματα παρακολούθησης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο βοηθούν στην ανάλυση και βελτιστοποίηση της χρήσης της, εντοπίζοντας απώλειες και βελτιώνοντας τη λειτουργία (IEA, 2022). Παράλληλα, η υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, συμβάλλει στην κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών των εγκαταστάσεων εξόρυξης, μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα. Σε απομακρυσμένες περιοχές ή υπεράκτιες πλατφόρμες, η χρήση υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών σε συνδυασμό με συστήματα αποθήκευσης ενέργειας αυξάνει την ενεργειακή αυτονομία και τη σταθερότητα της παροχής (IRENA, 2023). Επιπλέον, οι κυψέλες καυσίμου που χρησιμοποιούν μεθάνιο ή υδρογόνο για καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν μια υποσχόμενη λύση για τη μείωση των εκπομπών. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να επιφέρει σημαντική βελτίωση στην περιβαλλοντική απόδοση των μονάδων εξόρυξης (IEA, 2022). Συνολικά, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών επιφέρουν μείωση του ενεργειακού κόστους, περιορίζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ενισχύουν τη βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων εξόρυξης.

3.2.6 Κοινωνική Υπευθυνότητα - ESG

Η κοινωνική υπευθυνότητα και τα κριτήρια ESG (Environmental, Social, Governance) έχουν αναδειχθεί σε αναπόσπαστο μέρος της στρατηγικής βιώσιμης ανάπτυξης στον τομέα της εξόρυξης υδρογονανθράκων. Η προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων, τα ανθρώπινα δικαιώματα, η ένταξη των τοπικών κοινοτήτων και η διαφάνεια στη διοίκηση είναι βασικά στοιχεία. Πιο αναλυτική, η Ασφάλεια και Υγεία αποσκοπεί στην υιοθέτηση αυστηρών προτύπων ασφάλειας μειώνοντας τα ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες. Η συνεχής εκπαίδευση και η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών παρακολούθησης συμβάλλουν στην προστασία των εργαζομένων (ILO, 2023). Επιπρόσθετα, η ενεργή συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών μέσα από διαβουλεύσεις και ενημερώσεις ενισχύει την αποδοχή των έργων και μειώνει τις κοινωνικές αντιδράσεις. Επιπλέον, η δημοσίευση εκθέσεων βιωσιμότητας που ακολουθούν διεθνή πρότυπα όπως το GRI προάγει τη διαφάνεια και την εταιρική υπευθυνότητα. Αναφορικά με την περιβαλλοντική και κοινωνική δέσμευση οι επιχειρήσεις προωθούν προγράμματα εταιρικής κοινωνικής ευθύνης που υποστηρίζουν την τοπική ανάπτυξη, την εκπαίδευση και την υγεία, ενώ παράλληλα δεσμεύονται να σέβονται τα ανθρώπινα δικαιώματα και τις πολιτισμικές ιδιαιτερότητες των περιοχών δραστηριότητας (OECD, 2022). Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση των ESG κριτηρίων στη λειτουργία των εταιρειών εξασφαλίζει μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα, μειώνει ρίσκα και βελτιώνει τη φήμη τους σε επενδυτές και κοινότητες.

3.3 Παραδείγματα Καλής Πρακτικής – Case Studies

Στην προσπάθεια για βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα εξόρυξης υδρογονανθράκων, πολλές εταιρείες εφαρμόζουν καινοτόμες τεχνολογίες και πρακτικές με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και την ενίσχυση της κοινωνικής υπευθυνότητας. Ακολουθούν έξι case studies που παρουσιάζουν επιτυχημένες πρωτοβουλίες στον κλάδο.

3.3.1 Case Study 1: BP - Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια και Μείωση Εκπομπών

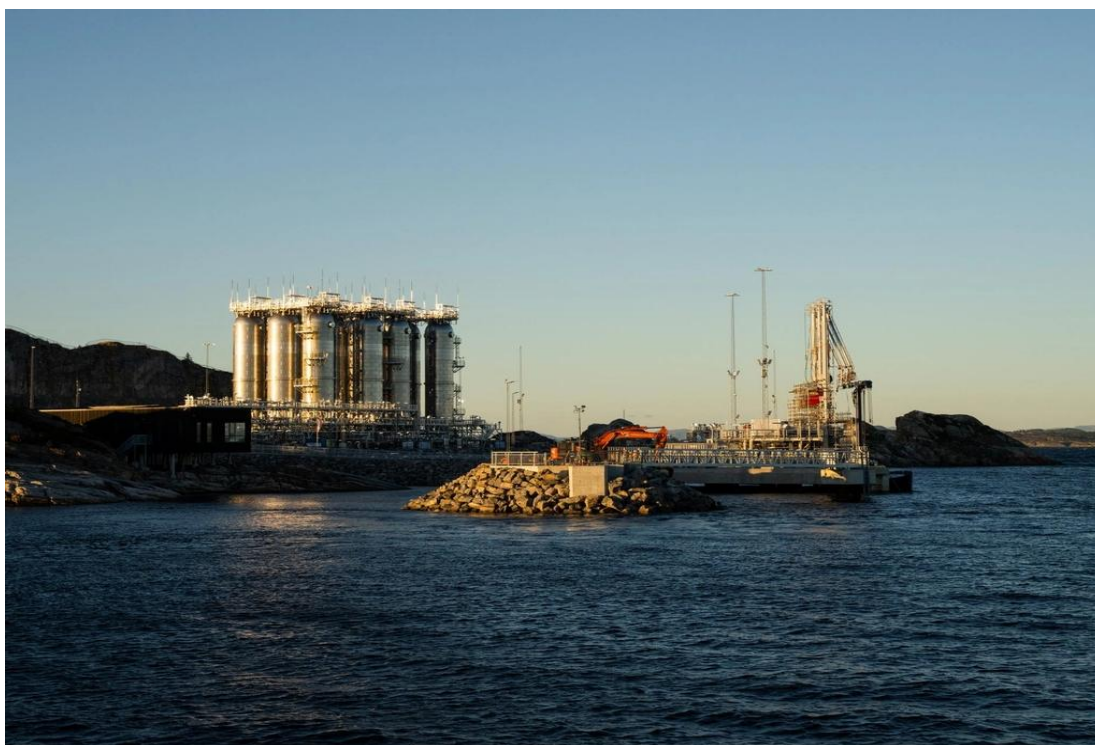
Η BP έχει επενδύσει σημαντικά σε έργα υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στη Βόρεια Θάλασσα, όπως το έργο East Anglia ONE, της Εικόνας 3-3 παρακάτω. Με αυτή την επένδυση, η BP έχει μειώσει τις εκπομπές CO₂ από τις υπεράκτιες πλατφόρμες της, χρησιμοποιώντας καθαρή ενέργεια για την τροφοδότησή τους. Η ενσωμάτωση αιολικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις συμβάλλει στη μείωση της χρήσης πετρελαίου και φυσικού αερίου για παραγωγή ηλεκτρισμού στα πλαίσια της εξόρυξης (BP - Sustainability Report, 2023).



Εικόνα 3 - 3 Έργο East Anglia ONE της εταιρείας BP (OE, 2020)

3.3.2 Case Study 2: Equinor - Τεχνολογία CCS (Carbon Capture and Storage)

Η νορβηγική εταιρεία Equinor είναι πρωτοπόρος στην εφαρμογή τεχνολογιών σύλληψης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Το έργο Northern Lights, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-4, αποτελεί μια από τις πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές CCS στην Ευρώπη, στοχεύοντας στη δέσμευση και αποθήκευση εκατομμυρίων τόνων CO₂ που παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες, περιλαμβανομένης της εξόρυξης υδρογονανθράκων. Η τεχνολογία αυτή θεωρείται σημαντικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα (Equinor CCS Project, 2023).



Εικόνα 3 - 4 Έργο CCS "Nothorn Lights" της εταιρείας Equinor (Equinor, 2025)

3.3.3 Case Study 3: Shell - Πρόγραμμα ESG και Κοινωνική Υπευθυνότητα

Η Shell έχει ενσωματώσει ολοκληρωμένα κριτήρια ESG στην εταιρική της στρατηγική. Με έμφαση στην ασφάλεια εργασίας και τη βιώσιμη διαχείριση κοινωνικών σχέσεων, η εταιρεία εφαρμόζει συστηματικά διαβουλεύσεις με τοπικές κοινότητες και υλοποιεί έργα υποστήριξης υποδομών, όπως σχολεία και κέντρα υγείας στις περιοχές δραστηριοποίησής της. Οι ετήσιες εκθέσεις βιωσιμότητας της Shell παρέχουν διαφάνεια και αναφορά προόδου σε θέματα περιβάλλοντος, κοινωνίας και διακυβέρνησης (Shell Sustainability Report, 2023).

3.3.4 Case Study 4: TotalEnergies - Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας σε Υπεράκτιες Πλατφόρμες

Η TotalEnergies έχει αναπτύξει υπεράκτιες πλατφόρμες που χρησιμοποιούν υβριδικά συστήματα ενέργειας, συνδυάζοντας παραδοσιακές μονάδες με ηλιακή και αιολική ενέργεια για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών. Αυτό μειώνει την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και τα συνολικά επίπεδα εκπομπών CO₂. Παράλληλα, το πρόγραμμα περιλαμβάνει τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που εξισορροπούν τις διακυμάνσεις παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών (TotalEnergies Sustainability Report, 2023).

3.3.5 Case Study 5: ExxonMobil - Ψηφιοποίηση και Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης

Η ExxonMobil χρησιμοποιεί ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων για να βελτιστοποιεί την ενέργεια στις μονάδες εξόρυξης και επεξεργασίας. Με τεχνητή νοημοσύνη και

αισθητήρες IoT, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και τις απώλειες, ενώ βελτιώνει την ασφάλεια και τη διαχείριση κινδύνων (ExxonMobil Energy Efficiency, 2023).

3.3.6 Case Study 6: Petrobras - Περιβαλλοντική Αποκατάσταση και Βιοποικιλότητα

Η βραζιλιάνικη Petrobras υλοποιεί εκτενή προγράμματα περιβαλλοντικής αποκατάστασης στις παράκτιες και υπεράκτιες περιοχές δραστηριοποίησής της. Με έμφαση στην προστασία της βιοποικιλότητας, η εταιρεία εφαρμόζει μέτρα όπως η αναδάσωση, η αποκατάσταση θαλάσσιων οικοσυστημάτων και η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα προγράμματα αυτά έχουν ενισχύσει τη σχέση της εταιρείας με τις τοπικές κοινότητες και έχουν συμβάλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Petrobras Environmental Programs, 2023).

Συμπερασματικά, τα παραπάνω case studies αποδεικνύουν ότι η εξόρυξη υδρογονανθράκων μπορεί να συμβαδίσει με τη βιώσιμη ανάπτυξη μέσω:

- Ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών και υβριδικών συστημάτων για ενεργειακή απόδοση.
- Εφαρμογής καινοτόμων τεχνολογιών μείωσης εκπομπών, όπως η CCS.
- Προώθησης κοινωνικής υπευθυνότητας και διαφάνειας μέσω των προγραμμάτων ESG.
- Υλοποίησης προγραμμάτων περιβαλλοντικής αποκατάστασης και προστασίας βιοποικιλότητας.
- Ψηφιοποίησης και βελτιστοποίησης των ενεργειακών διαδικασιών.

Η προσαρμογή αυτών των πρακτικών αποτελεί θεμέλιο για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και την κοινωνική αποδοχή του κλάδου.

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

Η αειφόρος εξόρυξη υδρογονανθράκων δύναται να συμβάλει σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη παρέχοντας ενεργειακούς πόρους, δημιουργώντας θέσεις εργασίας και παράγοντας έσοδα. Ωστόσο, είναι κρίσιμο να ισορροπηθούν τα βραχυπρόθεσμα οικονομικά οφέλη με τη μακροπρόθεσμη διαχείριση των πόρων για να εξασφαλιστεί ότι οι μελλοντικές γενιές θα επωφεληθούν επίσης από αυτούς τους πόρους. Επιπρόσθετα, η αειφόρος ανάπτυξη απαιτεί την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αυτό περιλαμβάνει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αποφυγή διαρροών πετρελαίου και την αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων. Η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών και βέλτιστων πρακτικών, όπως η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS) και η χρήση λιγότερο επιβλαβών χημικών, μπορεί να μετριάσει τις περιβαλλοντικές ζημιές από την παραγωγή υδρογονανθράκων. Ακόμη, οι εταιρείες που ασχολούνται με την εξόρυξη υδρογονανθράκων είναι άκρως απαραίτητο να συνεργάζονται με τις τοπικές κοινότητες προκειμένου να διασφαλίσουν ότι οι δραστηριότητές τους ωφελούν παρά βλάπτουν τους τοπικούς πληθυσμούς. Αυτό περιλαμβάνει το σεβασμό των δικαιωμάτων των αυτοχθόνων, την εξασφάλιση δίκαιης αποζημίωσης και την επένδυση σε τοπικές υποδομές και υπηρεσίες. Η διαφανής επικοινωνία και η εμπλοκή της κοινότητας είναι το κλειδί για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης και υποστήριξης. Παράλληλα, όλες οι εταιρείες εξόρυξης υδρογονανθράκων, θα πρέπει να ακολουθούν τα ρυθμιστικά πλαίσια που προβλέπει η κοινωνία προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η εξόρυξη υδρογονανθράκων πραγματοποιείται με αειφόρο τρόπο. Τόσο οι κυβερνήσεις, όσο και οι διεθνείς οργανισμοί πρέπει να επιβάλλουν αυστηρά περιβαλλοντικά πρότυπα και να κρατούν υπεύθυνες τις εταιρείες για τη μη συμμόρφωση. Η τακτική παρακολούθηση και αναφορά θα συμβάλουν καταλυτικά στη διατήρηση υψηλών προτύπων και στην προσαρμογή σε νέες προκλήσεις. Όσον αφορά τις εμπλεκόμενες εταιρείες, θα πρέπει να συμβαδίζουν με τις τελευταίες τεχνολογίες στην εξόρυξη υδρογονανθράκων, ώστε να χρησιμοποιούν αποτελεσματικές και λιγότερο επεμβατικές μεθόδους εξόρυξης. Τεχνικές όπως η υδραυλική διάρρηξη, η οριζόντια γεώτρηση, καθώς και τα συστήματα ψηφιακής παρακολούθησης μπορούν να αυξήσουν την απόδοση μειώνοντας παράλληλα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη είναι απαραίτητη για τη βελτίωση αυτών των τεχνολογιών. Συμπερασματικά, η αειφόρος ανάπτυξη στην εξόρυξη υδρογονανθράκων είναι ένας περίπλοκος αλλά αναγκαίος στόχος. Απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση που ισορροπεί την οικονομική ανάπτυξη, την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική ευθύνη. Μέσω της καινοτομίας, ισχυρών ρυθμιστικών πλαισίων, μακροπρόθεσμου σχεδιασμού και διεθνούς συνεργασίας, η βιομηχανία εξόρυξης υδρογονανθράκων μπορεί να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξη, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τις αρνητικές επιπτώσεις της. Η πορεία προς τη βιωσιμότητα σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνει συνεχή βελτίωση, εμπλοκή των ενδιαφερόμενων μερών και δέσμευση για την ενσωμάτωση αειφόρων πρακτικών σε όλες τις πτυχές της διαδικασίας εξόρυξης.

Βιβλιογραφία

- ILO. (2023). Ανάκτηση από <https://www.ilo.org/topics-and-sectors/safety-and-health-work>
- Juozas Ruzevicius. (2010). *Ecological Footprint As An Indicator of Sustainable Development*.
- Selicati, Cardinale. (2023). Sustainability Assessment Techniques and Potential Sustainability Accreditation Tools for Energy-Product Systems Modelling. *Journal of Sustainability for Energy*. Ανάκτηση από Journal of Sustainability for Energy: <https://www.acadlore.com/journals/JSE>
- Tong Xiaoguang et al. (2018, Αύγουστος). Distribution and potential of global oil and gas resources. *PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT*, σσ. 779-784.
- Σταματάκη, Σ., & Αυλωνίτης, Γ. (2004). *Μηχανική Πετρελαίων (Σημειώσεις Μαθήματος)*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- ΕΔΑΘΕΣΣ. (2022). *Υδρογονάθρακες*. Ανάκτηση από edathess.gr: <https://www.edathess.gr/genika-sxhmatismos-fa-metafora/ydrogonathrakes/>
- IEA. (2022). Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- 2B1st Consulting. (2012, August 27). *Jacket*. Ανάκτηση από One day - One world Blog: https://2b1stconsulting.com/jacket/?doing_wp_cron=1421609153.0821120738983154296875
- 2B1st Consulting. (2014, June 25). *Shell Anadarko and Statoil at concept study on Vito US Gulf of Mexico*. Ανάκτηση Ιούλιος 2020, από 2B1st Consulting: <https://2b1stconsulting.com/shell-anadarko-and-statoil-at-concept-study-on-vito-us-gulf-of-mexico/>
- Borregaard.com. (2024, August 3). Ανάκτηση από <https://www.borregaard.com/markets/energy-resources/oil-gas/sustainability/sustainability-in-the-oil-gas-industry/>
- BP - Sustainability Report. (2023). Ανάκτηση από <https://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability.html>
- Bright Hub Engineering. (2009, March 30). *Offshore production platforms and oil rigs for drilling oil from sea floor*. Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από Bright Hub PM: <https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/30775-different-types-of-offshore-production-platforms-for-oil-extraction/>
- Britannica. (2010). *Deepwater Horizon oil spill*. Ανάκτηση από britannica.com: <https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill/Legal-action>
- Britannica. (2021). *oil spill*. Ανάκτηση από britannica.com: <https://www.britannica.com/science/oil-spill>
- Britannica. (2022). *From kerogen to petroleum: the mature stage*. Ανάκτηση από britannica.com: <https://www.britannica.com/science/petroleum/From-kerogen-to-petroleum-the-mature-stage>
- Britannica. (2023). *How does the use of hydrocarbons affect global warming and climate change?*. Ανάκτηση από britannica.com: <https://www.britannica.com/facts/hydrocarbon>
- Brundland Report. (1987). Ανάκτηση από <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf><https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Bryant, J. S. (2017, April 20). *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*. (Wiley Online Library) Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από Safety of Compliant or Floating Platforms.
- CNN. (2020, Φεβρουάριος 4). *Beyond the abyss: The mission to drill through the Earth's crust*. Ανάκτηση από edition.cnn.com: <https://edition.cnn.com/2020/02/04/world/modern-explorers-ocean-drilling-iodp/index.html>
- Conserve Energy Future. (2023). *Serious Effects of Oil Spill on Environment and the Wildlife*. Ανάκτηση από conserve-energy-future.com: <https://www.conserve-energy-future.com/effects-of-oil-spills.php>

- coursera.org. (2022, November 19). *What Is Sustainability? (And Why It's Important)*. Ανάκτηση από [www.coursera.org](https://www.coursera.org/articles/what-is-sustainability): <https://www.coursera.org/articles/what-is-sustainability>
- csr.ert.gr. (2019). *Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ο.Η.Ε.* Ανάκτηση από <https://csr.ert.gr/keep/17-stoxoi-viosimis-anaptyxis/>
- epa.gov. (2022, Αύγουστος 31). *Deepwater Horizon – BP Gulf of Mexico Oil Spill*. Ανάκτηση από [epa.gov](https://www.epa.gov/enforcement/deepwater-horizon-bp-gulf-mexico-oil-spill): <https://www.epa.gov/enforcement/deepwater-horizon-bp-gulf-mexico-oil-spill>
- Equinor. (2025). Ανάκτηση από <https://www.equinor.com/energy/northern-lights>
- Equinor CCS Project. (2023). Ανάκτηση από <https://www.equinor.com/energy/carbon-capture-utilisation-and-storage>
- EUROPEAN PARLIAMENT. (2011). Ανάκτηση από [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2011/464425/IPOL-ENVI_ET\(2011\)464425_EL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2011/464425/IPOL-ENVI_ET(2011)464425_EL.pdf)
- ExxonMobil Energy Efficiency. (2023). Ανάκτηση από <https://corporate.exxonmobilresources.com/-/media/global/files/global-outlook/2023/2023-global-outlook-executive-summary.pdf>
- Features & Benefits of Pipeline Transportation – Why Pipelines Are Needed*. (2019, Οκτώβρης 22). Ανάκτηση από <https://ifsolutions.com/features-benefits-of-pipeline-transportation-why-pipelines-needed/>
- GeologyIn. (2022). *Hydrocarbon Traps*. Ανάκτηση από [geologyin.com](https://www.geologyin.com/2014/12/hydrocarbon-traps.html): <https://www.geologyin.com/2014/12/hydrocarbon-traps.html>
- Global CCS Institute. (2024). Ανάκτηση από [globalccsinstitute.com](https://www.globalccsinstitute.com/resources/ccs-101-the-basics/): <https://www.globalccsinstitute.com/resources/ccs-101-the-basics/>
- Global CCS Institute: STATE OF THE ART: CCS TECHNOLOGIES 2024. (2024). Ανάκτηση από <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/08/CCS-Technologies-Compendium-2024-08-16-1.pdf>
- guides.loc.gov. (2019). *Modes of Transportation*. Ανάκτηση από [guides.loc.gov](https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/midstream/modes): <https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/midstream/modes>
- Hakai Magazine. (2019, Μάρτιος 22). *Wounded Wilderness: The Exxon Valdez Oil Spill 30 Years Later*. Ανάκτηση από [hakaimagazine.com](https://hakaimagazine.com/news/wounded-wilderness-the-exxon-valdez-oil-spill-30-years-later/): <https://hakaimagazine.com/news/wounded-wilderness-the-exxon-valdez-oil-spill-30-years-later/>
- Hedar, Budiyo. (2018). *Pollution Impact and Alternative Treatment for Produced Water*. Ανάκτηση από https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_03004.pdf
- IEA 1. (2023). Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
- IEA. (2023). Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
- IEA. (2024). Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2024/key-findings>
- inactionforabetterworld.com. (2019). *Οι 17 Παγκόσμιοι Στόχοι*. Ανάκτηση από [www.inactionforabetterworld.com](https://inactionforabetterworld.com/17-pagkosmioi-stoxoi/): <https://inactionforabetterworld.com/17-pagkosmioi-stoxoi/>
- inactionforabetterworld.com. (2019). *In action for a better world*. Ανάκτηση από <https://inactionforabetterworld.com/καθαρό-νερό-αποχέτευση-17στόχοι/>
- International Energy Agency. (2023). *iea.org*. Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
- Investopedia. (2022, Ιούλιος 15). *Investopedia*. Ανάκτηση από [investopedia.com](https://www.investopedia.com/terms/h/hydrocarbon.asp): <https://www.investopedia.com/terms/h/hydrocarbon.asp>
- IPIECA. (2021). *Accelerating action: An SDG Roadmap for the oil and gas sector*. IPIECA.
- IPIECA. (2021, June 14). *Water management framework*. Ανάκτηση από <https://www.ipieca.org/resources/water-management-framework>
- IPIECA et. al. (2023). *MAPPING THE OIL AND GAS INDUSTRY TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS: AN ATLAS*.

- IPIECA, IFC & UNDP. (2023). *MAPPING THE OIL AND GAS INDUSTRY TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS: AN ATLAS*. Ανάκτηση από undp.org: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Mapping_OG_to_SDG_Atlas_Executive_Summary_2017.pdf
- IRENA. (2023). Ανάκτηση από <https://www.irena.org/errors/404?item=%2fpublications%2f2023%2fmar%2fnewable-energy-in-offshore-oil-and-gas&user=extranet%5cAnonymous&site=irena-azure-cd>
- J. Beyer et al. . (2020). *Environmental effects of offshore produced water discharges: A review focused on the Norwegian continental shelf*.
- Jacqueline Barboza Mariano, Emilio Lèbre La Rovere . (2022). *ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE OIL INDUSTRY*. Ανάκτηση από eolss.net : <https://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e6-185-18.pdf>
- Laik, S. (2018). *Offshore Petroleum Drilling and Production*. CRC Press.
- Maritime Connector. (2020). *Platforms*. Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από Maritime Connector - Offshore Industries: <http://maritime-connector.com/wiki/platforms/>
- MARTIDE. (2023, Φεβρουάριος 10). *Everything You Need to Know About Oil Tankers*. Ανάκτηση από martide.com: <https://www.martide.com/en/blog/seafarers/all-about-oil-tankers/>
- MotherJones. (2019, Απρίλιος 19). *Nine Years Later, the BP Oil Spill's Environmental Mess Isn't Gone*. Ανάκτηση από motherjones.com: <https://www.motherjones.com/environment/2019/04/deepwater-horizon-bp-oil-spill/>
- Muhammad Shahbaza, et al. (2023). *Exploring the growth of sustainable energy Technologies: A review*.
- National Geographic. (2022). *Petroleum, or crude oil, is a fossil fuel and nonrenewable source of energy*. Ανάκτηση από education.nationalgeographic.com: <https://education.nationalgeographic.org/resource/petroleum>
- NOAA. (2020). Ανάκτηση από <https://www.noaa.gov>
- NOIA . (2022). *THE BASICS OF OFFSHORE OIL & GAS*. Ανάκτηση από noia.org: <https://www.noia.org/basics-offshore-oil-gas/>
- OE. (2020, July 28). Ανάκτηση από <https://www.oedigital.com/news/480507-east-anglia-one-offshore-wind-farm-project-complete>
- OECD. (2022). Ανάκτηση από <https://www.oecd.org/en/topics/corporate-governance.html>
- Offshore Engineering. (2022). *Hydrocarbon Formation*. Ανάκτηση από offshoreengineering.com: <https://www.offshoreengineering.com/petroleum-geology/hydrocarbon-formation/>
- Offshore Fleet Journal. (2020). *Jackup rig*. Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από Offshore Fleet Journal: <http://offshore-fleet.com/data/jackup-rig.htm>
- OGCI. (2023). Ανάκτηση από <https://www.ogci.com/news/ogci-launches-updated-best-practice-guide-to-detect-and-quantify-methane-emissions/>
- OGCI1. (2023). Ανάκτηση από <https://www.ogci.com/methane-emissions/methane-intensity-target/>
- Optimal News. (2024, February 29). *Gas Flaring & Venting: An Explainer*. Ανάκτηση από <https://www.linkedin.com/pulse/gas-flaring-venting-explainer-optimal-group-australia-pty-ltd-tly9c/>
- OSPAR. (2019). Ανάκτηση από https://www.ospar.org/convention/agreements/page8?utm_source=chatgpt.com
- Our World In Data. (2021). *Oil Spills*. Ανάκτηση από ourworldindata.org: <https://ourworldindata.org/oil-spills>
- Our World In Data. (2022). *CO2 emissions*. Ανάκτηση από ourworldindata.org: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- PETRO online . (2021, Φεβρουάριος 23). *Where Are Hydrocarbons Found?* Ανάκτηση από petro-online.com: <https://www.petro-online.com/news/fuel-for-thought/13/breaking-news/where-are-hydrocarbons-found/54594>

- Petrobras Environmental Programs. (2023). Ανάκτηση από <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/global/files/environmental-initiatives/environmental-aspects-guide.pdf>
- PetroWiki. (2016, Μάρτιος 22). *Hydrocarbon migration*. Ανάκτηση από [petrowiki.spe.org](http://petrowiki.spe.org/Hydrocarbon_migration): https://petrowiki.spe.org/Hydrocarbon_migration
- Queensland Government . (2022). *Conventional oil and gas*. Ανάκτηση από environment.des.qld.gov.au: <https://environment.des.qld.gov.au/management/activities/non-mining/oil-gas-petroleum>
- Sadeghi, K. (2007). An Overview of Design, Analysis, Construction and Installation of Offshore Petroleum Platforms Suitable for Cyprus Oil/Gas Fields. *Journal of Social & Applied Sciences*(2), σσ. 1-16.
- sealandws.com. (2020). *Directional Drilling Services*. Ανάκτηση από sealandws.com: <https://sealandws.com/directional-drilling-services/>
- Shell Sustainability Report. (2023). Ανάκτηση από <https://www.shell.com/sustainability/reporting-centre/reporting-centre-archive.html>
- Singh, Agrawal. (2008, Ιανουάριος 29). *Acid rain and its ecological consequences*. Ανάκτηση από jeb.co.in: http://jeb.co.in/journal_issues/200801_jan08/paper_02.pdf
- sphweb.bumc.bu.edu. (2017). *Air Pollution*. Ανάκτηση από sphweb.bumc.bu.edu: <https://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/PH/RespiratoryHealth/RespiratoryHealth7.html>
- TechSci Research. (2019, September 19). *Subsea Processing System Category to dominate Subsea Systems Market through 2024*. Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από TechSci Blog - Oil and Gas: <http://techsciblog.com/subsea-processing-system-category-to-dominate-subsea-systems-market-through-2024/>
- theregreview.org. (2019, Ιανουάριος 10). *Putting the Brakes on Crude Oil Train Regulation*. Ανάκτηση από The Regulatory Review: <https://www.theregreview.org/2019/01/10/nakahara-putting-brakes-crude-oil-train-regulation/>
- Tong Xiaoguang, Zhang Guangya, Wang Zhaoming, Wen Zhixin, Tian Zuoji, Wang Hongjun, Ma Feng, Wu Yiping. (2018, Αύγουστος). Distribution and potential of global oil and gas resources. *PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT*, σσ. 779-784.
- TotalEnergies Sustainability Report. (2023). Ανάκτηση από <https://totalenergies.com/sustainability>
- undo.org. (2023). *What are the Sustainable Development Goals?* Ανάκτηση από <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- Unido.org. (2023). *Material flow analysis*. Ανάκτηση από https://www.unido.org/sites/default/files/2008-05/PR-3-Textbook-heft3_14072003neu_0.pdf
- US EPA. (2021). Ανάκτηση από <https://www.epa.gov/land-revitalization>
- Wikipedia . (2022, Δεκέμβριος 18). *Environmental impact of the petroleum industry*. Ανάκτηση από en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_the_petroleum_industry
- Wikipedia . (2023). *Acid rain*. Ανάκτηση από en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Acid_rain
- Wikipedia. (2019, December 26). *Perdido (oil platform)*. Ανάκτηση Ιούλιος 20, 2020, από Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Perdido_\(oil_platform\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Perdido_(oil_platform))
- Wikipedia. (2020, August 10). *Compliant Tower*. Ανάκτηση Αύγουστος 20, 2020, από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Compliant_Tower
- Wikipedia. (2020, August 18). *Semi-submersible platform*. Ανάκτηση Αύγουστος 20, 2020, από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-submersible_platform#Applications
- Wikipedia. (2022, Δεκέμβριος 18). *Environmental impact of the petroleum industry*. Ανάκτηση από en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_the_petroleum_industry

- Wikipedia. (2023, Φεβρουάριος 15). *Tank truck*. Ανάκτηση από en.wikipedia.org:
https://en.wikipedia.org/wiki/Tank_truck
- YaClass. (2022). *Fossil fuels - Coal and Petroleum*. Ανάκτηση από yaclass.in:
<https://www.yaclass.in/p/science-state-board/class-10/environmental-management-13765/resources-management-and-waste-disposal-13468/re-6c577835-51b5-4c35-86fd-3f90d8c6f4bd>
- Yew, W., Ismail, S., Abd Rahman Sabri, H., & Abdul Rahim, A. (2014). Project Management of Oil and Gas Project in Malaysia. *5th Annual Conference, November*. Incheon, Korea: International Association for Asia Pacific Studies.
- Άλκηστις Βεκρή . (2020, Μάρτιος). Παροπλισμός υπεράκτιων εγκαταστάσεων έρευνας & παραγωγής υδρογονανθράκων. *Διπλωματική Εργασία* . Αθήνα, Παιανία , Ελλάδα .