



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**

**SCHOOL OF ENGINEERING**

**MSc in Oil and Gas Process Systems Engineering**

**Dissertation**

**Title:** **Reduction of HydroCarbon Losses in refinery Operations**  
**Μείωση Απωλειών Υδρογονανθράκων κατά τη Διαδικασία της Διύλισης**

**Postgraduate Student:** **Karalivanos Charalampos**

**Student ID:**

**Supervisor:** **Dr. Dionisia Kuriakopoulou**

**Date:** **12/03/2024**

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

**Δρ Αιμιλία Κονδύλη, Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο  
Δυτικής Αττικής**

**Δρ Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής**

## **DECLARATION OF AUTHORSHIP**

Me, Karalivanos Charalampos confirm that the report entitled ‘‘Reduction of HydroCarbon Losses’’ is my own work. I have not copied other material verbatim except in explicit quotes, and I have identified the sources of the material clearly.

Athens, 2024

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'K' followed by several vertical strokes and a horizontal line extending to the right.

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καραλίβανος Χαράλαμπος, με αριθμό μητρώου 20200030 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιομηχανικά Συστήματα Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου» του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο Δηλών  
Καραλίβανος Χαράλαμπος



## **ABSTRACT**

It is a fact that refineries during their production process consume energy and natural resources (mostly water and crude oil) to produce the final products that reach the consumer. During the refining process and during the transport of the raw materials towards the refineries, losses are experienced in the form of gas, liquid and solid. These losses affect both the environment and humans as well as the refineries themselves with the appearance of financial losses. Most losses are related to hydrocarbons and due to these losses, the revenue of a refinery can be reduced dramatically. Therefore, there is an urgent need to reduce these losses through various management methods. Reducing hydrocarbon losses can save medium-sized refineries up to \$10 million annually. To limit the revenue losses of a refinery, there must be a proper mass balance, and in combination with an understanding of losses and where they occur, mass balancing can occur. The present work focuses on the types of hydrocarbon losses that occur in refineries, the methods of reducing them as well as the study of the losses of a hypothetical refinery for the period of one year.

**Keywords: Refineries, Hydrocarbons, Hydrocarbon Losses, Hydrocarbon Loss Measurement, Hydrocarbon Loss Reduction Methods**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αποτελεί γεγονός ότι τα διυλιστήρια κατά την παραγωγική τους διαδικασία καταναλώνουν ενέργεια και φυσικούς πόρους (νερό και αργό πετρέλαιο) προκειμένου να παραχθούν τα τελικά προϊόντα που φτάνουν στον καταναλωτή. Κατά τη διάρκεια της διύλισης αλλά και κατά τη μεταφορά της πρώτης ύλης στα διυλιστήρια υφίσταται απώλειες οι οποίες δύναται να είναι σε αέρια, υγρή και στέρεα μορφή. Οι εν λόγω απώλειες επηρεάζουν τόσο το περιβάλλον όσο και τον άνθρωπο καθώς και τα ίδια τα διυλιστήρια με οικονομικές απώλειες. Η πλειοψηφία των απωλειών σχετίζονται με τους υδρογονάνθρακες και λόγω των απωλειών τους ένα διυλιστήριο μειώνεται κατά πολύ τα έσοδα του. Συνεπώς υπάρχει επιτακτική ανάγκη να μειωθούν οι απώλειες αυτές μέσω διαφόρων μεθόδων διαχείρισης. Η μείωση απωλειών υδρογονανθράκων δύναται να εξοικονομήσουν έως και 10 εκατομμύρια δολάρια ετησίως σε διυλιστήρια μεσαίων μεγεθών. Προκειμένου να γίνεται εξοικονόμηση, θα πρέπει να υπάρχει ένα σωστό ισοζύγιο μάζας, και σε συνδυασμό με την κατανόηση των απωλειών και των σημείων εμφάνισης τους μπορεί να υπάρξει εξισορρόπηση της μάζας. Η παρούσα εργασία εστιάζει στα είδη απωλειών υδρογονανθράκων που λαμβάνουν χώρα στα διυλιστήρια, τις μεθόδους μείωσης αυτών καθώς και τη μελέτη των απωλειών ενός υποθετικού διυλιστηρίου για το διάστημα ενός έτους.

**Λέξεις – Κλειδιά: Διυλιστήρια, Υδρογονάνθρακες, Απώλειες Υδρογονανθράκων, Μέτρηση Απωλειών Υδρογονανθράκων, Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών Υδρογονανθράκων**

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

First and foremost, I would like to express my gratitude to my Supervisor Dr. Dionysia Kyriakopoulou for her support and help in completing this dissertation and to my family for their support.

## **ACKNOWLEDGMENT - Sponsors**

I would like to express my gratitude to the *MSc Oil and Gas Process Systems Engineering* sponsors HELLENIC PETROLEUM SA, Aspropyrgos Municipality and the University of West Attica for their funding and continuous support. The attendance and success of this Course would not be possible without their invaluable contribution.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>DECLARATION OF AUTHORSHIP .....</b>	<b>3</b>
<b>ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>6</b>
<b>ACKNOWLEDGEMENTS .....</b>	<b>7</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>10</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>11</b>
<b>GLOSSARY OF TERMS AND ACRONYMS .....</b>	<b>12</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ.....</b>	<b>14</b>
1.1 Εισαγωγή.....	14
1.2 Σκοπός της Εργασίας .....	14
1.3 Διάρθρωση Εργασίας .....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ</b>	<b>16</b>
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Ενεργειακό Ισοζύγιο .....	16
2.3 Ενεργειακό Ισοζύγιο .....	19
2.4 Πηγές Απώλειας Υδρογονανθράκων .....	21
2.5 Πραγματικές Απώλειες (Αναγνωρισμένες και Μη) .....	25
2.6 Άλλες Απώλειες (Αναγνωρισμένες και Μη).....	27
2.7 Είδη Απωλειών Υδρογονανθράκων.....	27
2.7.1 Fugitive Losses (Ανεξέλεγκτες Εκπομπές Αερίων) .....	27
2.7.2 Flare Losses .....	29
2.7.3 Liquid Effluents .....	30
2.7.4 Solid Effluents .....	31
2.8 Ισοζύγιο Μαζών στα Διυλιστήρια .....	32
2.9 Oil Accounting .....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>	
<b>ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΕ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ.....</b>	<b>37</b>
3.1 Εισαγωγή.....	37
3.2 Μέθοδοι Εκτίμησης Απωλειών Υδρογονανθράκων σε Διυλιστήρια .....	37



3.3	Mass Balance Method – Μέθοδος Ισοζυγίου Μάζας .....	38
3.3.1	Tank Level Method – Μέθοδος Στάθμης Δεξαμενής .....	40
3.3.2	Visual Inspection Method – Μέθοδος Οπτικής Επιθεώρησης .....	40
3.3.3	Tracer Method – Μέθοδος Ιχνηθέτη (Μέθοδος Ιχνηλάτησης).....	41
3.3.4	Coke Measurements – Μέτρηση Οπτάνθρακα (Κωκ) .....	42
3.3.5	Μέθοδος Μέτρησης Απωλειών Υδρογονανθράκων λόγω Εξάτμισης .....	42
3.4	Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών Υδρογονανθράκων σε Διυλιστήρια .....	45
3.4.1	FGRU (Flare Gas Recovery Unit) – Flare Loss .....	45
3.4.2	Automatic Tank Gauging Systems - Αυτόματος Μετρητής Δεξαμενής .....	50
3.5	Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων για Μείωση Απωλειών .....	52
3.6	Μείωση Απωλειών Αναθυμιάσεων.....	53
3.7	API Coverage .....	54
3.8	Μείωση Απωλειών Στερεών Αποβλήτων .....	55
3.8.1	Tricanter.....	55
3.8.2	Decanter .....	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....</b>		<b>59</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>70</b>
5.1	Μελλοντικές Προτάσεις .....	71
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>		<b>74</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Παγκόσμια κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο μεταξύ των ετών 2000-2021 (BP, 2022).....	17
Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο ανά ήπειρο για το έτος 2021 (BP, 2022).....	18
Εικόνα 3: Διαχρονική μεταβολή της πλανητικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (Καλδέλλης, 2020).....	19
Εικόνα 4: Απώλειες HC στα διυλιστήρια (Energy Institute, 2004).....	21
Εικόνα 5: Ενεργειακή απόδοση ενός διυλιστηρίου σύμφωνα με το Solomon Index (Energy Institute, 2004).....	22
Εικόνα 6: Μείωση των απωλειών οδηγεί σε οικονομικό όφελος στα διυλιστήρια (Sigmafine, 2021).....	24
Εικόνα 7: Απώλειες υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια.....	24
Εικόνα 8: Απώλειες υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια.....	25
Εικόνα 9: Καύση αερίου (flare loss) (CCAC, 2020).....	30
Εικόνα 10: Εξαρτήματα του HPAAS συστήματος (Smith S. , 2012).....	47
Εικόνα 11: Απεικόνιση της φλόγας πριν και μετά την εφαρμογή του HPAAS (Smith S. , 2012).....	47
Εικόνα 12: Τυπική διάταξη ενός FRGU συστήματος σε διυλιστήριο (Smith S. , 2012).....	48
Εικόνα 13: Βαθιά τύμπανα στεγανοποίησης υγρών για ένα σύστημα FGRU (Smith S. , 2012).....	49
Εικόνα 14: Απεικόνιση ATG (UST Operating Training, 2015).....	51
Εικόνα 15: Σχηματική απεικόνιση tricanter (IFM, 2020).....	56
Εικόνα 16: Σχηματική απεικόνιση του decanter (GEA, 2023).....	58
Εικόνα 17: Ισοζύγιο μάζας σε μορφή IP Format.....	59

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης (Matsumara, 1974) .....	43
Πίνακας 2: Εισροές και Εκροές υλικών στο υπό μελέτη διυλιστήριο .....	63
Πίνακας 3: Απώλειες υδρογονανθράκων πριν την εφαρμογή των μέτρων στο υπό μελέτη διυλιστήριο.....	66
Πίνακας 4: Απώλειες υδρογονανθράκων μετά την εφαρμογή των μέτρων στο υπό μελέτη διυλιστήριο.....	68
Πίνακας 5: Συνολικό κεφάλαιο επένδυσης, συνολική εξοικονόμηση και χρόνος αποπληρωμής στο υπό μελέτη διυλιστήριο .....	69

## **GLOSSARY OF TERMS AND ACRONYMS**

ATG	Automatic Tank Gauging Systems
Bbl	Barrel of Crude Oil
CIS	Close Interval Survey
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide
EPA	Environmental Protection Agency
FIMP	Flare Impact Mitigation Plan
GAAP	Us Generally Accepted Accounting Principles
G&A	General and Administrative Costs
gph	galons per hour
HC	Hydrocarbon Losses
H <sub>2</sub>	Hydrogen
HPAAS	High Pressure Air Assist System
FASB	Financial Accounting Standards Board
FGRU	Flare Gas Recovery Unit
FCC	Fluid Catalytic Cracking
HGU	Hydrogen Generation Unit
LDAR	Leak Detection and Repair
M\$	Million Dollars
MBpd	Thousands Barrels per day
m <sup>3</sup>	cubic meters
PRE	Petroleum Refinery Effluents

SE	Successful Efforts
tn	tonnes
SRU	Sulfur Recovery Unit
VOC	Volatile Organic Compound

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ

## 1.1 Εισαγωγή

Η μείωση απωλειών υδρογονανθράκων (hydrocarbons) είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τα διυλιστήρια σε διάφορα μέρη του κόσμου – Ευρώπη, Ινδία, Ιαπωνία κλπ. Η μείωση απωλειών μπορεί να συντελέσει θετικά από οικονομική άποψη αφού δύναται τα διυλιστήρια (τυπικό διυλιστήριο 100,000 βαρελιών/ημέρα) να εξοικονομήσουν από 2 έως 10 εκατομμύρια δολάρια σε ετήσια βάση. Επιπλέον εξοικονόμηση επιτυγχάνεται μέσω επακόλουθων επενδύσεων χαμηλού κεφαλαίου. Ως εκ τούτου, αιωρείται μια πολύ σημαντική οικονομική ευκαιρία για τα διυλιστήρια: βελτίωση της διαχείρισης των απωλειών υδρογονανθράκων οδηγεί σε κέρδη των διυλιστηρίων. Οι απώλειες υδρογονανθράκων πάντα υπολογίζονται με τη μέθοδο ισοζυγίου της μάζας ή με ποσοστό επί της μάζας. Τονίζεται δε ότι το ισοζύγιο μάζας σε ένα διυλιστήριο επηρεάζεται από τα διαθέσιμα αποθέματα πρώτης ύλης σε σχέση με τα εισερχόμενα αποθέματα. Συνεπώς, προκειμένου ένα διυλιστήριο να διατηρεί ένα ισοζύγιο ορθό θα πρέπει να μειώσει τις απώλειες υδρογονανθράκων. Έτσι, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των πιο αποτελεσματικών μεθόδων μείωσης απωλειών των υδρογονανθράκων καθώς και τον τρόπο υπολογισμού των εν λόγω απωλειών.

## 1.2 Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός των απωλειών των υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια και ο τρόπος μείωσης των απωλειών αυτών. Οι απώλειες υδρογονανθράκων αποφέρουν μείωση στα κέρδη των διυλιστηρίων και συνεπώς θα πρέπει να υφίσταται ένα ορθό ισοζύγιο μάζας προκειμένου ένα διυλιστήριο να μην έχει οικονομικές απώλειες. Η μελέτη που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4 απεικονίζει τον τρόπο υπολογισμού των απωλειών ενός διυλιστηρίου σε μορφή IP, ενώ οι απώλειες θα πρέπει να είναι σε ποσοστό λιγότερο από ένα τοις εκατό. Στόχος είναι λοιπόν ο αναγνώστης να κατανοήσει τις εν λόγω απώλειες και να αντιληφθεί τον τρόπο μείωσης αυτών.

## 1.3 Διάρθρωση Εργασίας

Η παρούσα εργασία διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια συμπεριλαμβανομένου του παρόντος.

Το δεύτερο κεφάλαιο με τίτλο «Απώλειες Υδρογονανθράκων στα Διυλιστήρια» αναλύει το ενεργειακό ισοζύγιο, παρουσιάζει τις πηγές απώλειας υδρογονανθράκων, των πραγματικών απωλειών και επίσης παρουσιάζει τα είδη απωλειών υδρογονανθράκων.

Στο τρίτο κεφάλαιο υπό τον τίτλο «Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών Υδρογονανθράκων σε Διυλιστήριο» παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέθοδοι εκτίμησης απωλειών υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια, πραγματοποιείται παρουσίαση της έννοιας ισοζύγιο της μάζας και φυσικά των μεθόδων μείωσης των απωλειών υδρογονανθράκων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο «Μελέτη Περίπτωσης» υπολογίζονται οι απώλειες ενός τυπικού διυλιστηρίου που λαμβάνουν χώρο σε ένα διάστημα ενός έτους καθώς και η παρουσίαση των απωλειών και το κόστος. Τα στοιχεία πάρθηκαν από διάφορες έρευνες, ενώ μαζί με το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας υπολογίστηκαν οι απώλειες που πρέπει να κυμαίνονται σε ποσοστό <1%.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο «Συμπεράσματα» παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα της εργασίας καθώς και προτάσεις μείωσης υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ**

### **2.1 Εισαγωγή**

Αποτελεί γεγονός ότι η ενέργεια είναι ένας κομβικός παράγοντας που επηρεάζει όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα πρώτα κοιτάσματα αργού πετρελαίου ανακαλύφθηκαν πριν από περίπου 150 χρόνια ενώ με την ταυτόχρονη εξέλιξη της τεχνολογίας και την κατασκευή των πρώτων μηχανών εσωτερικής καύσης, η πορεία της βιομηχανικής, οικονομικής και κοινωνικής ζωής των ανθρώπων άλλαξε δραστικά.

Η εισαγωγή του φωτιστικού πετρελαίου και η λίπανση των πρώτων μηχανών της βιομηχανικής επανάστασης, η χρήση καυσίμων για την κίνηση των πρώτων οχημάτων και αεροσκαφών καθώς και η χρήση λιπαντικών και η λίπανση των πρώτων γεννητριών ηλεκτρισμού, προέρχονται ακόμη και σήμερα από τη διύλιση του αργού πετρελαίου. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι τα προϊόντα πετρελαίου αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των ανθρώπων.

Ωστόσο, η αλόγιστη χρήση πετρελαίου σε συνδυασμό με τις αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν από τη χρήση σου, έχουν οδηγήσει την επιστημονική και όχι μόνο κοινότητα, να αναζητήσουν αειφόρες τεχνικές (τεχνολογική ανάπτυξη μεθόδων μείωσης ρύπων) οι οποίες θα συμβάλλουν στη μείωση των ρύπων που προκαλούνται από τη διύλιση και χρήση του πετρελαίου.

Πριν ωστόσο παρουσιαστούν τα ανωτέρω, είναι σημαντικό να αναφερθούμε σε ορισμένες έννοιες ώστε να γίνουν αντιληπτά τα προαναφερθέντα.

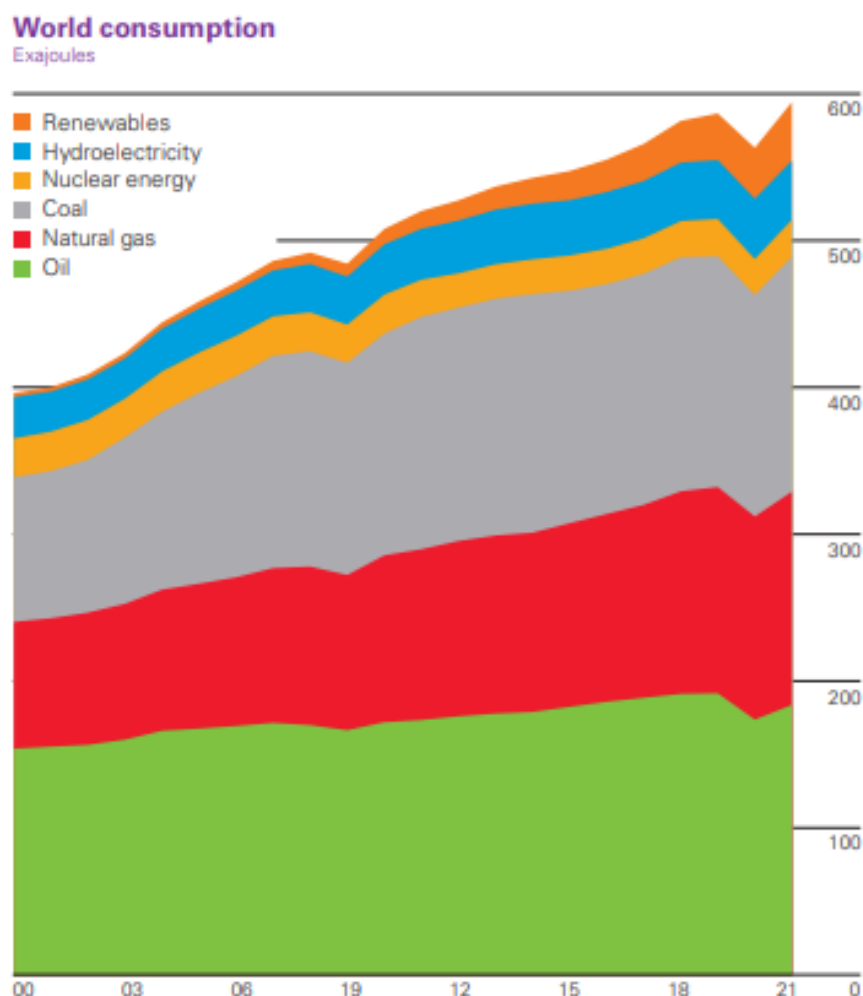
### **2.2 Ενεργειακό Ισοζύγιο**

Οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία σήμερα απαιτεί τη χρήση ενέργειας ενώ η σημαντικότερη πηγή ενέργειας είναι τα ορυκτά καύσιμα όπως για παράδειγμα το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, οι γαιάνθρακες κα. Το πετρέλαιο σήμερα καλύπτει σχεδόν το 33% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών, το φυσικό αέριο το 24% και οι γαιάνθρακες το 30%. Το υπολειπόμενο ποσό ενέργειας αφορά υδροηλεκτρική ενέργεια, πυρηνικά καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Λόγω των αυξημένων



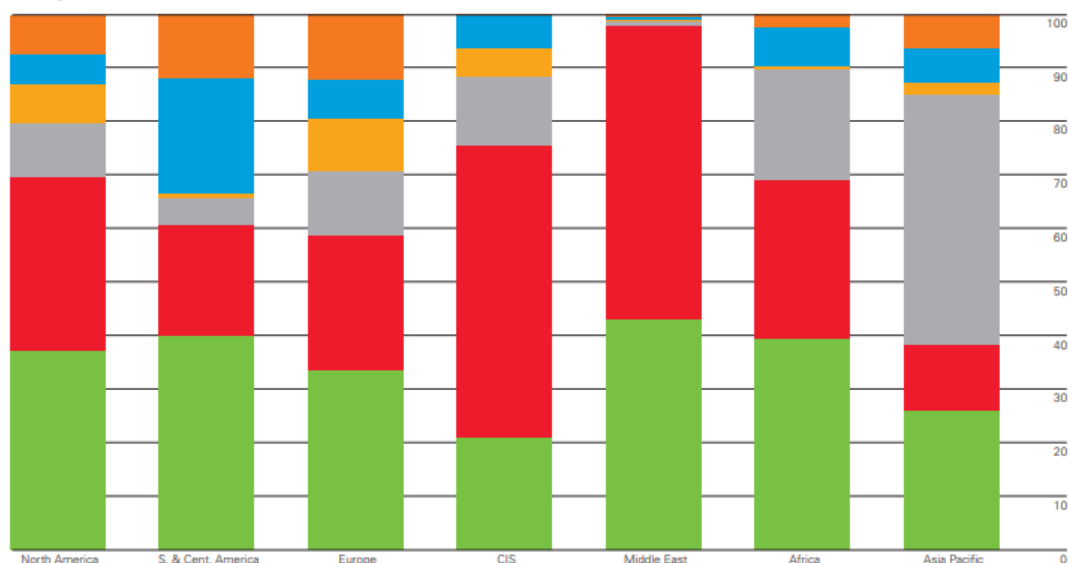
ενεργειακών αναγκών υπάρχει σημαντική αλλά και συνεχή ζήτηση για ενέργεια ιδιαίτερα στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Ευρασία.

Το 2021, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε σε σύγκριση με τη ζήτηση του 2019 και του 2020 (λόγω Covid-19), κατά 5.8% με συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας τα 595,15EJ. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η παγκόσμια κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο μεταξύ των ετών 2000 και 2021.



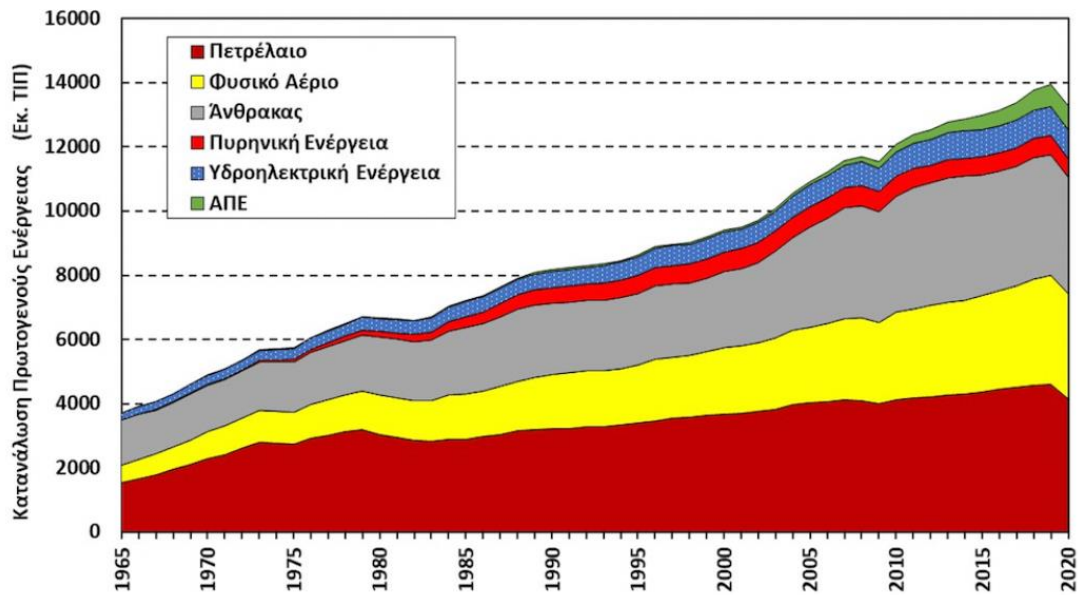
Εικόνα 1: Παγκόσμια κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο μεταξύ των ετών 2000-2021 (BP, 2022)

**Regional consumption pattern 2021**  
Percentage



**Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο ανά ήπειρο για το έτος 2021 (BP, 2022)**

Από τις παραπάνω εικόνες διαπιστώνεται πως παρά το γεγονός ότι υπάρχει σημαντική αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου (με κόκκινο), η χρήση πετρελαίου καλά κρατεί και αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας για τις περισσότερες ηπείρους εκτός από χώρες CIS (Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών). Επομένως, η αυξημένη αυτή κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου θα έπρεπε να συνοδεύεται από μια μείωση των υφιστάμενων αποθεμάτων πετρελαίου. Ωστόσο, η χρήση πετρελαιοειδών καυσίμων βρίσκεται σε σταθερό επίπεδο τα τελευταία χρόνια και αυτό διότι συνεχώς ανακαλύπτονται νέα κοιτάσματα πετρελαίου με συνέπεια να επιτρέπεται η ανάκτηση από πετρελαιοπηγές που θεωρούνταν εξαντλημένες σύμφωνα με τις παλαιότερες τεχνικές ανάκτησης. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 3. Κανείς παρατηρεί ότι από το 1965 έως το 2020, το πετρέλαιο χρησιμοποιείται σταθερά με ανοδική τάση παρά το γεγονός ότι μέσα στο διάστημα αυτό συνέβαλε η μείωση της πλανητικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω της πανδημίας Covid-19 (Καλδέλλης, 2020).



Εικόνα 3: Διαχρονική μεταβολή της πλανητικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (Καλδέλλης, 2020)

### 2.3 Ενεργειακό Ισοζύγιο

Όλες οι χημικές διεργασίες, ήτοι η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα υλικά, δύναται να αναλυθεί με βάση τα ισοζύγια υλικών. Υπάρχουν κυρίως δύο διαφορετικές περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται ισοζύγια υλικών ήτοι το στάδιο του σχεδιασμού και το στάδιο της λειτουργίας. Το στάδιο του σχεδιασμού σχετίζεται με την απόδοση των διεργασιών η οποία εκτιμάται έπειτα από θεωρητικό υπολογισμό των ισοζυγίων των υλικών. Αναφορικά με το στάδιο λειτουργίας, πραγματοποιείται έλεγχος ή εκτίμηση της απόδοσης ενός συστήματος μέσω πραγματικών ισοζυγίων έπειτα από δειγματοληψία και τη μέτρηση των διαφόρων συστατικών των ρευμάτων εισόδου και εξόδου (duth.gr, 2023).

Τα ισοζύγια μαζών ή υλικών βασίζονται στην αρχή διατήρηση της μάζας. Η εν λόγω αρχή ισχύει για όλες τις περιπτώσεις όπου δεν υφίστανται πυρηνικοί μετασχηματισμοί ενώ κατά την περίπτωση που υφίστανται, θα πρέπει ο νόμος της διατήρησης της μάζας να περιλαμβάνει ταυτόχρονα τη μάζα και την ενέργεια (duth.gr, 2023).

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η ροή ενός υλικού μέσα και έξω από ένα σύστημα, εκφράζεται μέσα από την αρχή αυτή ως ένα ισοζύγιο. Ουσιαστικά το ισοζύγιο μάζας ή υλικού αφορά έναν απλό ισολογισμό ποσοτήτων μάζας που δέχεται

αλλαγές ή ρέουν μέσα από κάποιο σύστημα. Μαθηματικά, τα παραπάνω εκφράζονται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 & \{\text{συσσώρευση στο σύστημα}\} \\
 & = \{\text{είσοδος δια μέσου των ορίων του συστήματος}\} \\
 & - \{\text{έξοδος δια μέσου των ορίων του συστήματος}\} \\
 & + \{\text{παραγωγή μέσα στο σύστημα}\} \\
 & - \{\text{κατανάλωση μέσα στο σύστημα}\} \qquad (Εξ. 1)
 \end{aligned}$$

Με την έννοια διεργασία νοείται μια σειρά από φυσικές επεμβάσεις ή φυσικές ή χημικές αλλαγές σε ένα υλικό. Στην ανωτέρω εξίσωση οι έννοιες «παραγωγή» και «κατανάλωση» αφορούν στη δημιουργία ή απώλεια από χημικές αντιδράσεις. Να τονιστεί ότι η συσσώρευση δύναται να είναι θετική ή αρνητική. Τονίζεται επίσης, για την ανωτέρω εξίσωση θα πρέπει να γίνει διευκρίνιση του χρονικού διαστήματος οποιασδήποτε επιθυμητής διάρκειας όπως για παράδειγμα διάρκεια ενός χρόνου, μιας ώρας ή ενός δευτερολέπτου. Κατά την περίπτωση που δεν υπάρχει κατανάλωση υλικού μέσα σε ένα σύστημα για μια διεργασία συνεχή, τότε η εξίσωση τροποποιείται ως εξής:

$$\frac{\text{συσσώρευση}}{\text{μονάδα χρόνου}} = \frac{\text{είσοδος}}{\text{μονάδα χρόνου}} - \frac{\text{έξοδος}}{\text{μονάδα χρόνου}} \qquad (Εξ. 2)$$

Υπάρχει όμως και η περίπτωση να μην υφίσταται ούτε συσσώρευση στο σύστημα. Ως εκ τούτου, η Εξίσωση 2 διαρθρώνεται ως εξής:

$$\frac{\text{είσοδος}}{\text{μονάδα χρόνου}} = \frac{\text{έξοδος}}{\text{μονάδα χρόνου}} \qquad (Εξ. 3)$$

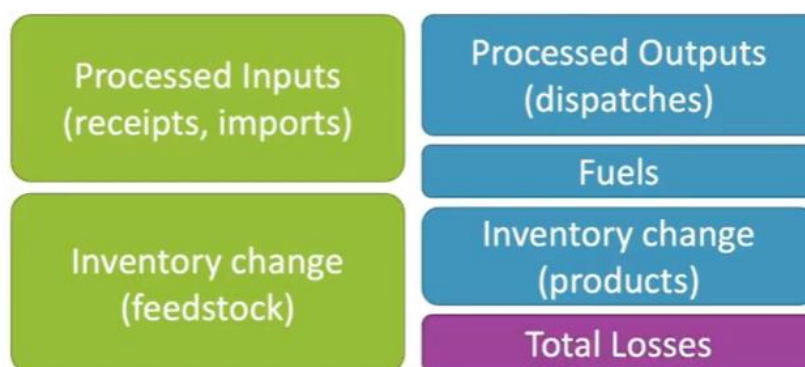
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε μια συνεχή διαδικασία, η σταθερή κατάσταση ορίζεται ως «η κατάσταση κατά την οποία δεν υπάρχει αλλαγή σε συνάρτηση με το χρόνο οποιασδήποτε παραμέτρου της διεργασίας» (Βλ. Εξίσωση 3). Οι παράμετροι αναφέρονται στην ποσότητα και τη σύσταση των ρευμάτων που οδηγεί στη μη συσσώρευση ενός συστατικού.

Κατά τον υπολογισμό των ισοζυγίων μαζών θα πρέπει να υπάρχει μια βάση υπολογισμού, η οποία είθισται να επιλέγεται αυθαίρετα λαμβάνοντας ωστόσο υπόψιν τις ανάγκες του προβλήματος καθώς και διαθέσιμα δεδομένα. Η αρχή διατήρησης της μάζας εφαρμόζεται σε κάθε ένα από τα στοιχεία του συστήματος χωρίς να περιορίζεται στην ολική μάζα που εισέρχεται, εξέρχεται ή συσσωρεύεται σε ένα σύστημα.

## 2.4 Πηγές Απώλειας Υδρογονανθράκων

Σκοπός της παρούσας εργασίας όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή είναι η εκτίμηση των απωλειών υδρογονανθράκων που λαμβάνουν χώρα στα διυλιστήρια. Πριν ωστόσο παρουσιαστούν οι μέθοδοι μείωσης απωλειών, είναι ορθό να παρουσιαστούν χρήσιμες έννοιες. Η σωστή κατανόηση (θεωρητικά και πρακτικά) των απωλειών υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια. Συγκεκριμένα, η ορθή κατανόηση των απωλειών μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση της διαχείρισης των απωλειών υδρογονανθράκων (HC) συνοδευόμενη από κέρδος, ειδικά σε μια εποχή όπου οι τιμές των καυσίμων κυμαίνονται μόνο σε υψηλά επίπεδα (Popielarczyk, 2014).

Σύμφωνα με το Energy Institute (2004), οι απώλειες ορίζονται ως οι διαρροές που υπάρχουν μεταξύ της εισόδου και της εξόδου ενός υλικού στα διυλιστήρια. Η Εικόνα 2.4 απεικονίζει γραφικά τον ορισμό αυτόν.



Εικόνα 4: Απώλειες HC στα διυλιστήρια (Energy Institute, 2004)

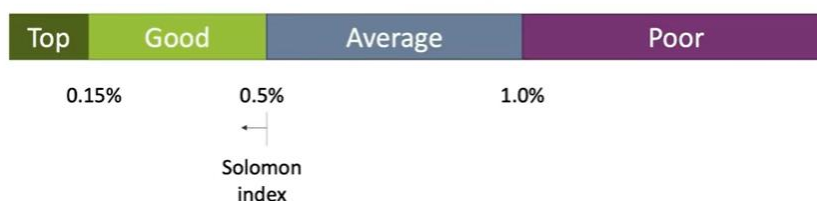
Από την παραπάνω εικόνα κανείς μπορεί να διακρίνει ότι τα υλικά εισόδου αφορούν επεξεργασμένες εισροές και αποθέματα. Τα υλικά εξόδου αφορούν επεξεργασμένες εκροές, καύσιμα και πετρελαιοειδή προϊόντα .

Άρα η απώλεια στα διυλιστήρια αφορά έναν όρο που έχει χρησιμοποιηθεί ιστορικά προκειμένου να περιγράψει τις διαφορές ανάμεσα στα υλικά που υφίσταται κατά την εξισορρόπηση των εισροών και των εκροών ενός διυλιστηρίου. Κατά κύριο λόγο, οι απώλειες στα διυλιστήρια είναι η συνάρτηση της ανακρίβειας των μετρήσεων και περιλαμβάνει αλλά δεν ισοδυναμεί με τη φυσική απώλεια του διυλιστηρίου.

Το Solomon Index αποτελεί μια μέτρηση ενεργειακής απόδοσης διυλιστηρίου πετρελαίου που συγκρίνει την πραγματική κατανάλωση ενέργειας ενός διυλιστηρίου με την «προβλεπόμενη» κατανάλωση ενός άλλου διυλιστηρίου παρόμοιου μεγέθους (Law Insider, 2023).

Ως εκ τούτου, η ενεργειακή απόδοση ενός διυλιστηρίου θεωρείται καλή όταν το Solomon Index κυμαίνεται κάτω από το 0.5%. Η Εικόνα 2.5 απεικονίζει τα προαναφερθέντα.

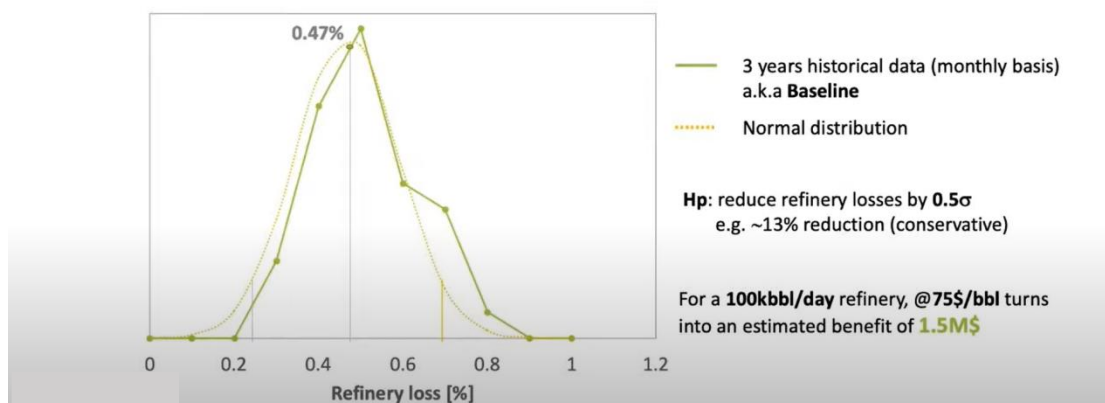
### Refinery performance classification



**Εικόνα 5: Ενεργειακή απόδοση ενός διυλιστηρίου σύμφωνα με το Solomon Index (Energy Institute, 2004)**

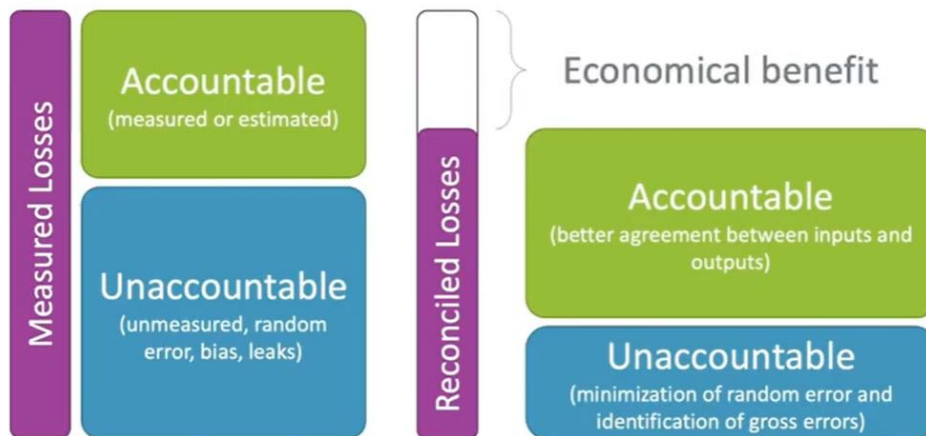
Οι Sigmafine δίδουν ένα παράδειγμα σχετικά με τις απώλειες διυλιστηρίων. Στο Διάγραμμα 2.1 παρουσιάζονται οι τάσεις απωλειών ενός διυλιστηρίου (δεδομένα 3 ετών – πράσινη γραμμή) και οι τάσεις απωλειών ενός άλλου διυλιστηρίου (διακεκομμένη γραμμή). Σκοπός του παραδείγματος είναι η μείωση των απωλειών του προς μελέτη διυλιστηρίου κατά 13%. Μια τέτοια μείωση δύναται να προσδώσει κέρδη στο διυλιστήριο της τάξης των \$1.5 εκατομμύρια δολάρια ένα έτος.

## Estimated benefits through data reconciliation

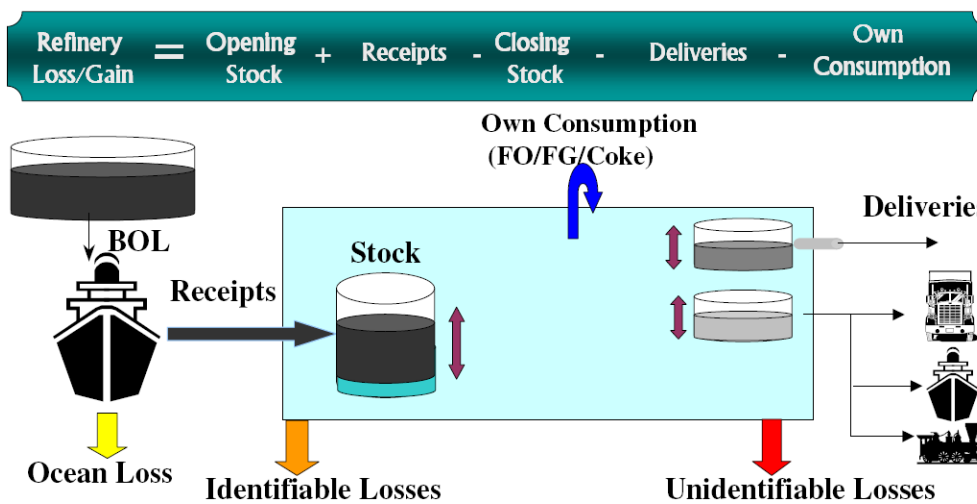


Διάγραμμα 1: Εκτιμώμενα κέρδη από τη μείωση απωλειών υδρογονανθράκων (Sigmafine, 2021)

Ωστόσο, ένα απλό διάγραμμα δε δύναται να δώσει επακριβώς τις απώλειες και τα κέρδη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει μια εκ βαθέων μελέτη των απωλειών. Αρχικά οι απώλειες κατηγοριοποιούνται σε λογιστικές (accountable) και μη λογιστικές (non accountable) απώλειες. Οι accountable απώλειες μπορούν να μετρηθούν ή να εκτιμηθούν (π.χ. μέτρηση των εξατμίσεων στις δεξαμενές) ενώ η non accountable δεν δύναται να μετρηθούν, για παράδειγμα οι διαρροές. Έπειτα θα πρέπει οι διαφορές/απώλειες (losses) μεταξύ των στοιχείων εισόδου και εξόδου να μειωθούν (reconciled losses) προκειμένου τα στοιχεία εισόδου ήτοι η πρώτη ύλη να εκμεταλλεύεται στο έπακρο με όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες. Η Εικόνα 2.6 παρουσιάζει σχηματικά ότι η μείωση των απωλειών οδηγεί τα διυλιστήρια σε οικονομικό όφελος.



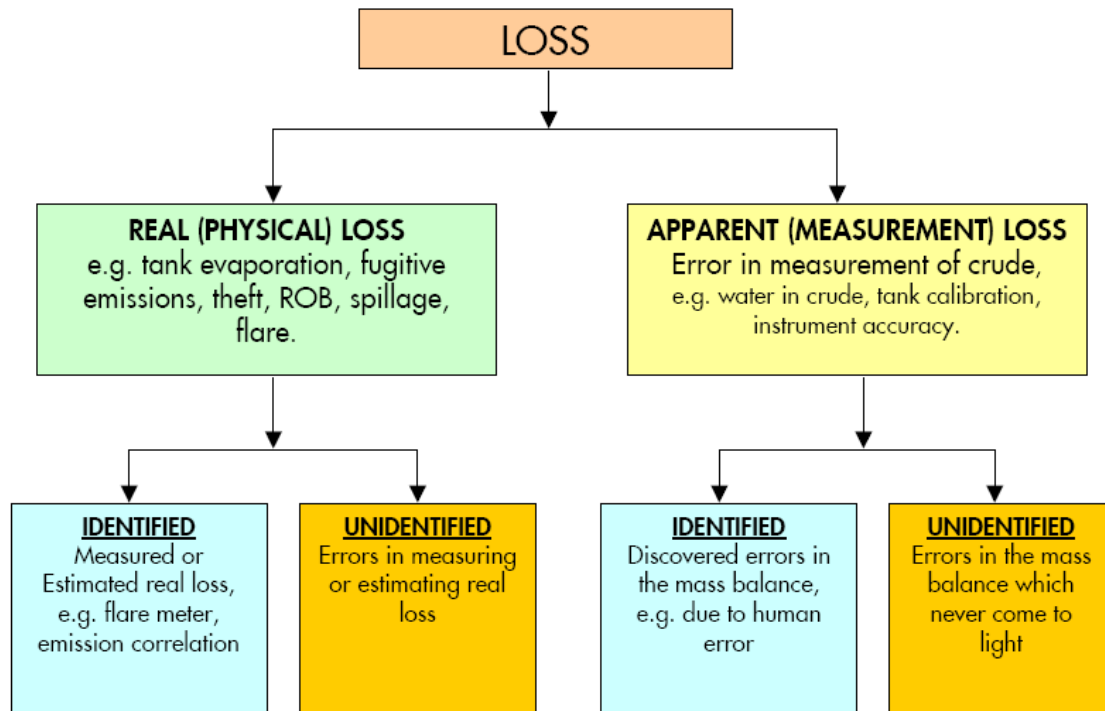
Εικόνα 6: Μείωση των απωλειών οδηγεί σε οικονομικό όφελος στα διυλιστήρια (Sigmafine, 2021)



Εικόνα 7: Απώλειες υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια

Οι απώλειες γενικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ήτοι τις πραγματικές απώλειες όπως είναι για παράδειγμα εξάτμιση δεξαμενής, διαφυγόντες εκπομπές, κλοπή, διαρροή κλπ., και οι φαινομενικές απώλειες όπως είναι για παράδειγμα λάθη κατά τη μέτρηση της πρώτης ύλης, νερό μέσα στις δεξαμενές, βαθμονόμηση δεξαμενής, ακρίβεια των οργάνων μέτρησης κλπ. Από εκεί και στο εξής οι απώλειες χωρίζονται σε δύο ακόμη κατηγορίες ήτοι τις αναγνωρισμένες απώλειες και τις μη αναγνωρισμένες απώλειες. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται τα προαναφερθέντα.





Εικόνα 8: Απώλειες υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια

Οι επόμενες δύο ενότητες αναφέρονται στις εν λόγω απώλειες.

## 2.5 Πραγματικές Απώλειες (Αναγνωρισμένες και Μη)

Αρχικά υπάρχουν οι αναγνωρισμένες απώλειες οι οποίες αφορούν απώλειες που δύναται να μετρηθούν (identified losses). Οι αναγνωρισμένες απώλειες διαθέτουν τρεις κατηγορίες οι οποίες έχουν ως εξής:

- 1) Φυσικές Απώλειες
  - a. Καύσεις/flaring, που αφορούν μεγάλες απώλειες και δύναται να μετρηθούν,
  - b. Εξατμίσεις,
  - c. Υδρογονάνθρακες που βρίσκονται στα απόβλητα
  - d. Αέρια που εκπέμπονται κατά τις διεργασίες,
  - e. Απώλειες σχετικές με τη διαδικασία διύλισης.
- 2) Απώλειες λόγω σφαλμάτων μεροληψίας, μεταφοράς ειδικής φύλαξης (Special Custody transfer bias errors)

- a. S&W Bias<sup>1</sup> (Sediments and Water), ήτοι το ποσοστό ιζημάτων και νερού που υπάρχει μέσα στην πρώτη ύλη και προκαλεί λάθος μετρήσεις,
  - b. Μη βαθμονομημένος μετρητικός εξοπλισμός, που αποτελεί κύριο παράγοντα απωλειών,
  - c. Χρήση άλλων πρότυπων μετρήσεων εκτός των υφιστάμενων προτύπων και
  - d. Άλλες απώλειες
- 3) Άλλες απώλειες σχετιζόμενες με:
- a. Το κενό αέρος που θα έπρεπε να υφίσταται εντός των διεργασιών (Weight is the air Vs. Vacuum),
  - b. Προσαρμογές προηγούμενης περιόδου,
  - c. Λανθασμένες καταναλώσεις κατά τη διαδικασία εργασιών,
  - d. Λανθασμένες μετρήσεις εξατμίσεων,
  - e. Άλλες απώλειες.

Εκτός από τις παραπάνω απώλειες, υφίσταται ακόμη αναγνωρισμένες απώλειες που δεν υποκύπτουν στις παραπάνω τρεις κατηγορίες, όπως:

- Ύπαρξη λαδιού στα στερεά απόβλητα,
- Ύπαρξη υδρογονανθράκων σε καταναλωμένο καυστικό,
- Πετρελαιοκηλίδες που δεν ανακτήθηκαν καθώς και πρώτη ύλη η οποία χάθηκε κατά τη διάρκεια πυρκαγιών,
- Εξαερισμός κενού αερίου στην ατμόσφαιρα δίχως ανάκτηση θερμότητας,
- Αναθυμιάσεις οξειδωτών ασφάλτου,
- Απώλειες εγκαταστάσεων θείου
- Απώλειες FCCU και απώλειες Coker

Οι αναγνωρισμένες απώλειες δύναται υπολογιστούν με την κάτωθι εξίσωση:

*Αναγνωρισμένες απώλειες*

*= Συνολικές απώλειες στο διωλιστήριο*

*– Μη αναγνωρισμένες απώλειες*

---

<sup>1</sup> Ο όρος Bias (προκατάληψη) αναφέρεται στην οποιαδήποτε επιρροή σε ένα αποτέλεσμα η οποία παράγει μια εσφαλμένη προσέγγιση της αληθούς τιμής που μετρείται. Η «προκατάληψη» είναι το αποτέλεσμα ενός προβλέψιμου συστηματικού λάθους.

Στις μη αναγνωρισμένες απώλειες συγκαταλέγονται τα λάθη που δύναται να γίνουν κατά στη μέτρηση ή την εκτίμηση της πραγματικής απώλειας.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί η μεγάλη ακαταλόγιστη απώλεια προκειμένου να προσδιοριστεί η αιτία των σφαλμάτων. Επίσης θα πρέπει να διευκρινιστεί εάν υφίσταται σφάλματα ή αν υπάρχουν πληροφορίες στις εισροές, εκροές ή ακόμη και οι accountable απώλειες.

## **2.6 Άλλες Απώλειες (Αναγνωρισμένες και Μη)**

Στην εν λόγω κατηγορία πάλι υπάρχουν οι αναγνωρισμένες και μη αναγνωρισμένες απώλειες. Αναφορικά με τις αναγνωρισμένες απώλειες, σε αυτές συγκαταλέγονται τα λάθη που έχουν γίνει κατά τη μέτρηση του ισοζυγίου της μάζας από ανθρώπινο λάθος. Στις μη αναγνωρισμένες απώλειες συγκαταλέγονται τα λάθη των ισοζυγίων μαζών κατά τη μέτρηση τα οποία δεν λήφθηκαν ποτέ υπόψιν διότι δεν εντοπίστηκαν ποτέ.

## **2.7 Είδη Απωλειών Υδρογονανθράκων**

Αναφέρεται αρχικά πως η απώλεια υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια μετριέται πάντα σε ποσοστό μάζας ή βάρους. Το ισοζύγιο μάζας ενός διυλιστηρίου περιλαμβάνει την επίδραση των μεταβολών των αποθεμάτων του διυλιστηρίου. Οι εν λόγω μεταβολές περιλαμβάνουν το αργό πετρέλαιο καθώς και τις αγορασμένες πρώτες ύλες και μείγματα όπως και τα τελικά προϊόντα. Ως εκ τούτου, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η διαφορά μεταξύ των εισροών και εκροών υδρογονανθράκων, απαιτείται ένα καλό ισοζύγιο μάζας στο διυλιστήριο. Με άλλα λόγια, αν δεν υπάρχει κατανάλωση καυσίμου, τότε θεωρείται απώλεια. Οι υδρογονάνθρακες περιλαμβάνουν «ακαθαρσίες» όπως είναι το θείο και το άζωτο, οι οποίες είναι δεσμευμένες στα μόρια των υδρογονανθράκων ως είσοδος και έξοδος. Ωστόσο οι υδρογονάνθρακες εξαιρούν τους μη υδρογονάνθρακες όπως είναι τα ιζήματα και το νερό (S&W bias) στο αργό πετρέλαιο, τις πρώτες ύλες και γενικά τα πετρελαιοειδή προϊόντα.

### **2.7.1 Fugitive Losses (Ανεξέλεγκτες Εκπομπές Αερίων)**

Οι ανεξέλεγκτες εκπομπές αερίων που προκύπτουν στα διυλιστήρια εμπίπτουν στην κατηγορία των φυσικών απωλειών οι οποίες δεν δύναται να αναγνωριστούν

(unidentified losses) και είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν με υψηλό βαθμό ακριβείας (Pircard, 2006). Είθισται να είναι αποτέλεσμα της φθοράς των εξαρτημάτων ή ακόμη και της μη ορθής συναρμολόγησης των εξαρτημάτων ή και των ανεπαρκών προδιαγραφών των υλικών και κατασκευαστικών ελαττωμάτων.

Οι ανεξέλεγκτες εκπομπές αερίων αφορούν διαρροές, απώλειες ή άλλες εκλύσεις αερίων προς την ατμόσφαιρα από τα διυλιστήρια. Οι εν λόγω απώλειες προκύπτουν όπως αναφέρθηκε από τα τμήματα παραγωγής, συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης της αλυσίδας εφοδιασμού της πρώτης ύλης. Οι εκπομπές αυτές θεωρούνται επικίνδυνες είναι υπεύθυνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συνεπώς της κλιματικής κρίσης. Μάλιστα, μερίζονται το 23% της ευθύνης για την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Αποτελεί λοιπόν γεγονός ότι η εν λόγω απώλειες είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και αυτό οφείλεται εν μέρει στους τύπους των πρώτων υλών. Επίσης, η βιομηχανία πετρελαίου (και φυσικού αερίου) είναι μεγάλη, ποικιλόμορφη και αρκετά περίπλοκη με αποτέλεσμα να μη δύναται να εξασφαλιστούν πλήρη και ακριβή αποτελέσματα (Pircard, 2006).

Οι κύριοι λόγοι που υπάρχουν οι εν λόγω εκπομπές αερίων είναι οι διαρροές εξοπλισμού, ο διαδικαστικός εξαερισμός, οι απώλειες κατά την εξάτμιση, η απόρριψη ρευμάτων καυσαερίων όπως για παράδειγμα η εξαέρωση και η καύση καθώς και ατυχήματα και βλάβες του εξοπλισμού διύλισης (Pircard, 2006).

Ιδιαίτερα για τα ατυχήματα και τις βλάβες εξοπλισμού, δύναται να περιλαμβάνουν εκρήξεις φρεατίων, ρήξεις αγωγών, ατυχήματα βυτιοφόρων, εκρήξεις δεξαμενών, μεταφορά αερίου στην επιφάνεια γύρω από το εξωτερικό των φρεατίων και διαφυγή αερίων από το περίβλημα των δεξαμενών.

Η διαφυγή αερίων από τα μηχανήματα/εξαρτήματα που υπάρχουν στα διυλιστήρια είθισται να είναι αποτέλεσμα διαρροής στη σειρά παραγωγής σε κάποια σημεία που υπάρχουν κενά (στις ραφές των μηχανημάτων) ή από κάποια άλλη πηγή διαρροής.

## 2.7.2 Flare Losses

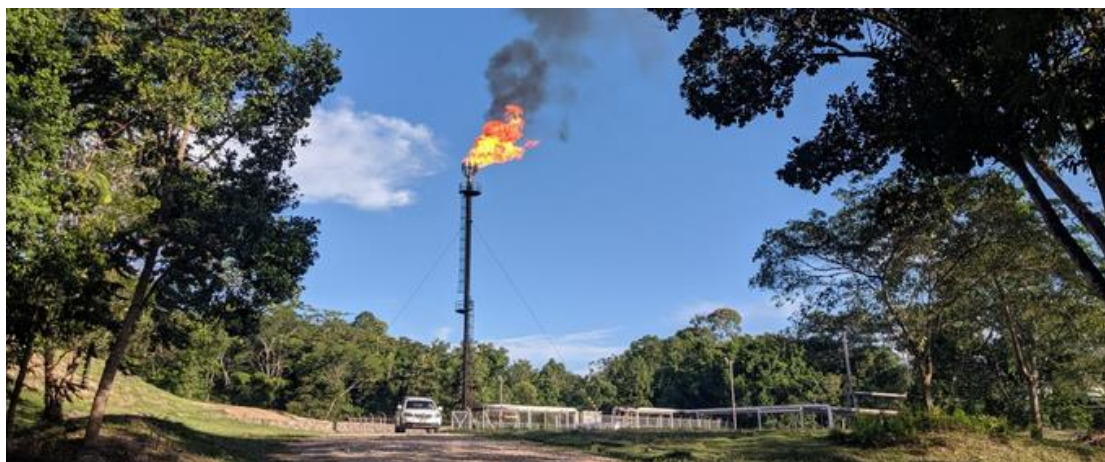
Η έννοια «flare loss» αφορά την καύση αερίου και σχετίζεται με την εξόρυξη πετρελαίου. Από τη στιγμή που ξεκίνησε η εξόρυξη και διύλιση πετρελαίου ήτοι εδώ και 160 χρόνια περίπου, η καύση αερίου αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο δεν έχει «τακτοποιηθεί» λόγω περιορισμών της αγοράς και της οικονομίας καθώς και την έλλειψη κατάλληλης ρύθμισης και πολιτικής βούλησης. Η καύση αερίου αποτελεί ένα απόβλητο φυσικού πόρου που θα πρέπει να χρησιμοποιείται είτε για παραγωγικούς σκοπούς όπως για παράδειγμα την παραγωγή ενέργειας είτε να διατηρείται. Φερειπείν, η ποσότητα φυσικού αερίου που αναφλέγεται την παρούσα στιγμή σε ετήσια βάση είναι περίπου 144 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα, μια ποσότητα που θα μπορούσε να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες ολόκληρης της υποσαχάριας Αφρικής (GGFR, 2022).

Η καύση αερίου αφορά μια διαδικασία οξείδωσης σε υψηλή θερμοκρασία που χρησιμοποιείται για την καύση απαερίων που περιέχουν εύφλεκτα υλικά όπως είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις γνωστές και ως VOCs, φυσικό αέριο (ή μεθάνιο), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και υδρογόνο (H<sub>2</sub>). Τα VOCs αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό απωλειών διυλιστηρίων και η μείωση αυτών των απωλειών έχει περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος σε μια εταιρία διυλιστηρίων (ΕΛΠΕ, 2009).

Τα απόβλητα αέρια διοχετεύονται σε ένα είδος καμινάδας που βρίσκεται συνήθως σε υπερυψωμένη θέση, και καίγεται σε ανοιχτή φλόγα στον αέρα χρησιμοποιώντας ένα ειδικό σχεδιασμένο άκρο καυστήρα, υποβοηθώντας τα αέρια (π.χ. ατμός ή αέρας) να καταστρέφουν σχεδόν (σε ποσοστό μεγαλύτερο του 98%) τα εύφλεκτα συστατικά των απόβλητων αερίων (U.S. Environmental Protection Agency, 2015).

Η καύση αερίων προκύπτει κατά τη στιγμή που το αργό πετρέλαιο εξάγεται από το υπέδαφος και το αέριο του αργού πετρελαίου βγαίνει προς την επιφάνεια. Ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η υποδομή είναι περιορισμένη, το εν λόγω αέριο καίγεται είτε στην κορυφή μιας μεγάλης καμινάδας (Βλ. Εικόνα 9) είτε σε ένα σκάμμα στο έδαφος, με καταστροφικές συνέπειες ως προς το περιβάλλον και φυσικά στην ίδια βιομηχανία (οικονομικές επιπτώσεις). Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, το αέριο εκπέμπει μαύρο καπνό, αποτέλεσμα καύσης άνθρακα, μεθανίου και άλλες πτητικές ενώσεις. Μάλιστα ο

άνθρακας και το μεθάνιο είναι οι δύο ισχυροί παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον ενώ οι πτητικές οργανικές ενώσεις χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι (CCAC, 2020).



**Εικόνα 9: Καύση αερίου (flare loss) (CCAC, 2020)**

Παρά την έντονη πρόοδο που σημειώθηκε από τις δορυφορικές παρατηρήσεις που ξεκίνησαν το 1996, οι μειώσεις της καύσης αερίων έχουν καταρρεύσει την τελευταία δεκαετία σηματοδοτώντας μια περίοδο απογοητευτικής προόδου σε μια περίοδο αυξημένης διεθνούς εστίασης ήτοι την επείγουσα ανάγκη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (και συνεπώς την κλιματική κρίση) και την ενεργειακή μετάβαση. Οι παγκόσμιοι όγκοι καύσης αερίου παραμένουν σε υψηλά επίπεδα με αποκορύφωμα τα 144 bcm. Κατά την ίδια περίοδο τα επίπεδα παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου αυξήθηκαν ελαφρών πριν από τη μείωση τους το έτος 2020 λόγω της πανδημίας του Covid-19, με ένα μέσο όρο 80 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου την ημέρα (GGFR, 2022).

### **2.7.3 Liquid Effluents**

Τα liquid effluents αφορούν τα λύματα διυλιστηρίων πετρελαίου (PRE) και προέρχονται από βιομηχανίες που ασχολούνται ως επί το πλείστο με τη διύλιση του αργού πετρελαίου, την κατασκευή καυσίμων, λιπαντικών καθώς και άλλων πετροχημικών προϊόντων. Ουσιαστικά αποτελούν απόβλητα που προέρχονται από την επεξεργασία πετρελαίου (Harry, 1995). Τα εν λόγω λύματα αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης για το φυσικό οικοσύστημα και ειδικά για το υδάτινο περιβάλλον (Wake, 2005).

Τα λύματα αυτά περιλαμβάνουν λύματα από λάδια και τριψίματα. Παρά το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί εκτεταμένες προσπάθειες προκειμένου να αντικατασταθούν τα ορυκτά καύσιμα για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, το αργό πετρέλαιο παραμένει ένα από τα βασικά καύσιμα. Η ποσότητα των liquid effluents που παράγονται κατά την επεξεργασία της πρώτης ύλης είναι 0.4–1.6 φορές την ποσότητα των επεξεργασμένων προϊόντων αργού πετρελαίου. Έτσι, η παγκόσμια παραγωγή συνολικά των λυμάτων με βάση την υπάρχουσα απόδοση των 85 εκατομμυρίων βαρελιών αργού πετρελαίου την ημέρα ανέρχεται σε 33.5MBpd<sup>2</sup> (Rahi, 2021).

Μάλιστα, τις επόμενες δύο δεκαετίες, η παγκόσμια ζήτηση για πετρέλαιο εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σε περισσότερα από 107MBpd ενώ η παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια έως το 2030 θα καλύπτεται από πετρέλαιο σε 32%. Η αύξηση αυτή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αύξηση των λυμάτων πετρελαίου (liquid effluents) (Pourechie & Saien, 2019).

Εν κατακλείδι, τα υγρά λύματα των διυλιστηρίων είναι προϊόντα τα οποία προκύπτουν ή και σχηματίζονται από τη χρήση νερού στις μονάδες παραγωγής, από διαρροές υγρών καθώς και από τη βροχή και το ψυκτικό νερό. Τα εν λόγω λύματα αντιπροσωπεύουν το 39% του συνολικού σχετικού κόστους των διυλιστηρίων. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία διύλισης απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, ήτοι για κάθε τόνο (tn) αργού πετρελαίου διυλίζονται περίπου 10m<sup>3</sup> νερού ενώ ο όγκος των υγρών λυμάτων που προκύπτει από αυτήν τη διαδικασία κυμαίνεται μεταξύ 3.5-5.0m<sup>3</sup> (Rahi, 2021). Η ποσότητα των υγρών λυμάτων που προέκυψε από μια μονάδα διύλισης πετρελαίου στην πόλη της Βασόρας, τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του Ιράκ, ήταν 87m<sup>3</sup> σε 1100m<sup>3</sup> αργού πετρελαίου.

## 2.7.4 Solid Effluents

Οι εν λόγω ρύποι αφορούν στερεά λύματα τα οποία προκύπτουν έπειτα από τη διαδικασία διύλισης αργού πετρελαίου. Στα λύματα αυτά συγκαταλέγονται ο σίδηρος, οξειδία του άνθρακα, άργιλοι κ.α. Τα λύματα αυτά προκύπτουν από κατεστραμμένους σωλήνες, απορρίμματα, κατεστραμμένα ανταλλακτικά, πλαστικά απορρίμματα κ.α. Η παρουσία των συγκεκριμένων ρύπων προκαλούν αρνητικές συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον και οικονομικές στο διυλιστήριο. Η ποσότητα των στερεών λυμάτων είναι

---

<sup>2</sup> MBpd: Χιλιάδες βαρέλια την ημέρα (thousand barrels per day).

ευθέως ανάλογη με την ποσότητα παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, αύξηση της παραγωγής να με οδηγεί στην αύξηση των εσόδων ωστόσο οδηγεί και σε περιβαλλοντική περιβαλλοντική καταστροφή. Τα στερεά λύματα επίσης συμβάλλουν στην αύξηση της κλιματικής αλλαγής, της διάβρωσης του στρώματος του όζοντος, την υπερθέρμανση του πλανήτη, την όξινη βροχή κ.α. (Rahi, 2021).

## 2.8 Ισοζύγιο Μαζών στα Διυλιστήρια

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ισοζύγιο μάζας είναι μια «εφαρμογή» η οποία αφορά τη διατήρηση της μάζας στην ανάλυση φυσικών συστημάτων. Περιστρέφεται γύρω από τη διατήρηση της μάζας, ήτοι η ύλη δεν μπορεί να εξαφανιστεί ή να δημιουργηθεί αυθόρμητα. Ως εκ τούτου, προκειμένου να διαπιστωθεί αν υφίσταται ισοζύγιο μαζών στα διυλιστήρια θα πρέπει να υπάρχει αρχείο με το είδος των πρώτων υλών που επεξεργάζονται, τα προϊόντα τα οποία εξάγονται καθώς και τις όποιες αλλαγές των αποθεμάτων τους.

Η μη παρακολούθηση ή μάλλον το να μη υφίσταται ένα ισοζύγιο μαζών στα διυλιστήρια οδηγεί στην απώλεια υδρογονανθράκων με περιβαλλοντικές συνέπειες αλλά και οικονομικές ως προς το διυλιστήριο. Πιο συγκεκριμένα, για ένα τυπικό διυλιστήριο η «απώλεια υδρογονανθράκων» είναι μικρότερη από 1%*m* και ιδανικά θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,15 και 0,5%*m*, ωστόσο είναι απίθανο να είναι κάτω από 0,15%*m*. Μια απώλεια υδρογονανθράκων της τάξης των 0,5%*m* αντιπροσωπεύει μια απόδοση 100.000 bbl /ημέρα (340 ημέρες/έτος) και μια τιμή υδρογονανθράκων στα 100\$/bbl ισούται με μια πιθανή απώλεια αξίας περίπου 17M\$/έτος. Αυτό υπογραμμίζει τη σημασία της ελαχιστοποίησης της απώλειας υδρογονανθράκων. Θεωρητικά, ένα υπολογισμένο «κέρδος» υδρογονανθράκων είναι επίσης δυνατό και απαιτεί παρόμοια παρακολούθηση (Wolff, 2019).

Προκειμένου να υπάρξει ένα σωστό ισοζύγιο μάζας σε ένα διυλιστήριο και ταυτόχρονα να υπάρχει μείωση των απωλειών υδρογονανθράκων θα πρέπει να ακολουθούνται τα κάτωθι βήματα, χωρίς ωστόσο να υπάρχει περιορισμών άλλων βημάτων (Wolff, 2019):

- Πρόσληψη πρώτης ύλης και εξαγωγή προϊόντων



- Ορθή μέτρηση της εισαγόμενης πρώτης ύλης και των εξαγόμενων προϊόντων με τη χρήση πρόσφατου βαθμονομημένου εξοπλισμού μέτρησης
- Να πραγματοποιείται αντιπροσωπευτική δειγματοληψία
- Να ελέγχεται η ύπαρξη νερού και το ποσό αυτού στην πρώτη ύλη καθώς και άλλων μη υδρογονανθράκων που έχουν ενσωματωθεί στο προϊόν που επεξεργάζεται όπως για παράδειγμα νερό/υγρασία στο αργό πετρέλαιο
- Χρήση σωστών πυκνοτήτων για τη μετατροπή από ροή όγκου σε ροή μάζας
- Ο εξοπλισμός μέτρησης ροής θα πρέπει να είναι σωστά σφραγισμένος προκειμένου να αποφευχθούν παρεμβολές όπως είναι η κλοπή
- Αλλαγές αποθέματος
  - Τα αποθέματα πρώτης ύλης, ενδιάμεσων προϊόντων και δεξαμενών τελικού προϊόντος θα πρέπει να μετρούνται σωστά
  - Διόρθωση για ύπαρξη νερού και ιζήματα
  - Θα πρέπει να υφίσταται ένα σωστό διάγραμμα ιμάντων στις δεξαμενές ήτοι όγκο έναντι στάθμης με τη χρήση βαθμονομημένων ταινιών μέτρησης/βύθισης ή παρόμοιες μετρήσεις
  - Σωστή διαχείριση των ενεργών αντλιών και της λειτουργίας της δεξαμενής
  - Ενσωμάτων υλικών κατά τη μεταφορά όπως για παράδειγμα έναν αγωγό
- Λογιστικές πρακτικές υπολοίπων μάζας
  - Καλή διατήρηση οικονομικών αρχείων σύμφωνα με τις μετρήσεις που γίνονται στα διυλιστήρια και τη φορτωτική διαδικασία
  - Βεβαίωση ότι στις μετρήσεις περιλαμβάνονται όλες οι απώλειες που δύναται να λάβουν μέρος στο διυλιστήριο (π.χ. διαρροές, εξατμίσεις, απόβλητα κλπ.)
  - Ενσωμάτωση οποιοδήποτε αντικτύπων των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας
  - Βεβαίωση ότι τα οικονομικά εργαλεία π.χ. IT SAP έχουν διαμορφωθεί σωστά
  - Παρακολούθηση των τάσεων σε μηνιαία βάση

Άρα, το ισοζύγιο μάζας σε ένα διυλιστήριο ισούται με (Endress-Hauser, 2021):

$$Input = Output + Losses$$

$$Input + Generation = Output + Consumption + Losses$$

$$Input + Generation - Output - Consumption = Accumulation \pm Losses$$

## 2.9 Oil Accounting

Στα διυλιστήρια, υφίσταται η «λογιστική πετρελαίου» που σχετίζεται με τις βέλτιστες πρακτικές και τις βασικές αρχές λογιστικής. Ο άνθρωπος που σχετίζεται με το εν λόγω επάγγελμα θα πρέπει να κατέχει ένα βαθύ εύρος γνώσεων σχετικά με τις σύγχρονες χρηματοοικονομικές τεχνικές και τον τρόπο εφαρμογής τους στην ενεργειακή βιομηχανία όπως είναι τα διυλιστήρια. Η λογιστική πετρελαίου στοχεύει λοιπόν στην εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών που αφορούν το σύνολο των διαδικασιών που επιτρέπουν το σωστό αποτέλεσμα με τους λιγότερους οικονομικούς πόρους. Στα διυλιστήρια, οι πρακτικές βελτιστοποίησης του αποτελέσματος εξελίσσονται συνεχώς λόγω των τεχνολογικών προόδων, των μακροοικονομικών συνθηκών και της συνεχώς ανάγκης μείωσης του γενικού και διοικητικού κόστους (G&A).

Υπάρχουν κάποιες θεμελιώσεις αρχές της λογιστικής πετρελαίου που θα πρέπει να ακολουθούνται ώστε το αποτέλεσμα να είναι βέλτιστο. Στις ΗΠΑ για παράδειγμα θα πρέπει να ακολουθούνται πάντα οι Γενικά Αποδεκτές Λογιστικές Αρχές (GAAP) όπως αυτές ορίζονται από το Συμβούλιο Οικονομικών Λογιστικών Προτύπων (FASB), όταν υπάρχει διαχείριση των οικονομικών βιβλίων οποιασδήποτε εταιρίας ανεξάρτητα από το μέγεθος της και ανεξάρτητα αν είναι δημόσια ή ιδιωτική. Επιπλέον οι άνθρωποι που ασχολούνται με το εν λόγω αντικείμενο θα πρέπει να ενεργούν με γνώμονα τη μέγιστη ακεραιότητα, με σεβασμό και με τη δέουσα επιμέλεια.

Στη λογιστική πετρελαίου, υπάρχουν έξι κατηγορίες μελέτης προκειμένου να υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα, ήτοι (EAG, 2022):

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

5. Δύλιση
6. Μάρκετινγκ στους τελικούς χρήστες

Οι εταιρίες με ανοδικό χαρακτήρα (ήτοι τις κερδοφόρες) δραστηριοποιούνται κυρίως στην εξερεύνηση, ανάπτυξη και παραγωγή. Οι εταιρείες μεσαίας τάσης επικεντρώνονται αποκλειστικά στις μεταφορές. Οι μεταγενέστερες εταιρείες δίνουν προσοχή στη δύλιση και το μάρκετινγκ στους τελικούς χρήστες.

Κάθε μια από αυτές τις εταιρίες έχουν το δικό τους μοναδικό σύνολο τμημάτων που χειρίζονται τις διάφορες εγγραφές και διαδικασίες για να εξασφαλίσουν ότι το κόστος και τα έσοδα υπολογίζονται σωστά. Ωστόσο δύναται να ενωθούν οι περισσότερες εξειδικευμένες λογιστικές λειτουργίες σε μια από αυτές τις έξι κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω λόγω του ότι όλοι οι κλάδοι διαθέτουν κεφαλαιουχικές δαπάνες, λειτουργικό κόστος, G&A, έσοδα και παραγωγή (EAG, 2022).

Ανεξάρτητα από την περιοχή δραστηριότητάς τους, όλες οι εταιρείες πετρελαίου μπορούν να εκτελούν τις ίδιες βασικές δραστηριότητες: κεφαλαιουχικές δαπάνες, G&A, τόκους, αναγνώριση εσόδων, λειτουργικά έξοδα κ.λπ. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες διακρίσεις στον τρόπο με τον οποίο τα εκτελούν.

Για παράδειγμα:

Οι εταιρείες ανάντη της δύλισης εμπλέκονται σε εξαγορές μίσθωσης, συμφωνίες κοινής λειτουργίας, δραστηριότητες εξερεύνησης, γεωτρήσεις και ανάπτυξη, αποθεματικά και παραγωγή – όλα αυτά έχουν κανόνες που διέπουν τον τρόπο και το πότε να ληφθούν υπόψη διάφορα στοιχεία.

Οι οργανισμοί υπηρεσιών προσηλώνουν την κατασκευή, τις υπηρεσίες γεώτρησης και άλλες υπηρεσίες εκτός από τη γεώτρηση.

Οποιαδήποτε πραγματική διαφορά οφείλεται στις συνολικές επιχειρηματικές διαδικασίες μιας μεμονωμένης εταιρείας και στο πώς ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών της.

Όταν πρόκειται για εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου, όλα περιστρέφονται γύρω από τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν το κεφαλαιοποιημένο κόστος.

Οι περισσότερες μεγάλες εταιρείες E&P εφαρμόζουν τη μέθοδο Successful Efforts (SE) λόγω της διαφάνειας που παρέχει. Με τη μέθοδο SE, το κόστος κεφαλαιοποιείται με βάση το εάν το πηγάδι είναι επιτυχημένο ή όχι (δηλαδή, παράγονται υδρογονάνθρακες). Σε περίπτωση αποτυχίας, τα έξοδα μεταφέρονται άμεσα στην κατάσταση λογαριασμού αποτελεσμάτων. Άλλα κόστη, όπως τα γεωλογικά και τα γεωφυσικά κόστη, εξοδοποιούνται κυρίως όταν πραγματοποιούνται (EAG, 2022).

Επιπλέον, το κόστος SE συγκεντρώνεται ανά γεωλογική δομή (συνήθως «πεδία» ή εξαντλημένες μονάδες, «DU») και υπάρχουν δύο υπολογισμοί εξάντλησης για κάθε γεωλογική δομή: ο ένας βασίζεται στο κόστος μίσθωσης και ο άλλος βασίζεται στο κόστος των πηγαδιών. Στη συνέχεια, η εταιρεία διενεργεί αξιολόγηση απομείωσης για τα μη αποδεδειγμένα ακίνητα και DCF (προεξοφλημένες ταμειακές ροές) για αποδεδειγμένα ακίνητα. Ωστόσο, η SE είναι πολύ πιο περίπλοκη, καθώς απαιτεί περισσότερους σημαντικούς λογιστικούς πόρους για να εκτελεστεί (EAG, 2022).

Σύμφωνα με τη μέθοδο πλήρους κόστους (FC), τα περισσότερα κόστη εξερεύνησης και ανάπτυξης κεφαλαιοποιούνται από μια συγκεντρωτική «ομάδα κόστους» ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα. Συνήθως, υπάρχει ένας μόνο υπολογισμός εξάντλησης σε κάθε ομάδα και βασίζεται στους ελέγχους απομείωσης περιουσιακών στοιχείων σε μια δοκιμή ανώτατου ορίου (EAG, 2022).

Στον κλάδο των διυλιστηρίων, η προσοχή εστιάζεται στο ποσό των αποθεματικών που διαθέτει. Γενικά, τα αποθέματα θεωρούνται ότι είναι οι ποσότητες του εμπορικού ανακτήσιμου πετρελαίου. Στο πλαίσιο αυτό, περιλαμβάνονται δύο υποδιαίρεσεις, οι οποίες είναι αποδεδειγμένα αποθεματικά και μη αποδεδειγμένα αποθεματικά. Το κύριο επίκεντρο της προσοχής από λογιστική άποψη είναι τα αποδεδειγμένα αποθέματα, τα οποία είναι εκείνα τα αποθέματα πετρελαίου που μπορούν εύλογα να εκτιμηθούν ότι είναι εμπορικά ανακτήσιμα από γνωστούς ταμιευτήρες. Με άλλα λόγια, είναι γεγονός ότι τα αποθέματα υφίσταται και είναι οικονομικά αποδοτικά για να εξαχθούν με τις τρέχουσες τιμές αγοράς (EAG, 2022).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΕ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Ο Porcielarczyk (2014) θεωρεί πως τα καύσιμα που παράγονται από το διυλιστήριο λειτουργούν ως προϊόν διυλιστηρίου και αυτό διότι τα καύσιμα που παράγονται από το διυλιστήριο καταναλώνονται και από το ίδιο το διυλιστήριο και συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη αγοράς καυσίμων για τη λειτουργία του διυλιστηρίου. Ουσιαστικά, η κατανάλωση καυσίμου που παράγεται από το διυλιστήριο αποτελεί μια οικονομική βελτιστοποίηση μεταξύ της αξίας του καυσίμου ως εμπορεύσιμου προϊόντος και της τιμής μιας εναλλακτικής εξωτερικής προμήθειας καυσίμου για το διυλιστήριο. Ωστόσο, τα διυλιστήρια θα πρέπει να διαχειρίζονται την κατανάλωση καυσίμου σαν απώλεια, αλλά ως μια ξεχωριστή απώλεια σε σχέση με την απώλεια υδρογονανθράκων. Τούτου λεχθέντος, η αποτελεσματική διαχείριση και των δύο είναι κρίσιμη για την κερδοφορία του διυλιστηρίου.

### **3.2 Μέθοδοι Εκτίμησης Απωλειών Υδρογονανθράκων σε Διυλιστήρια**

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι απώλειες των υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια δύναται να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι όπως Mass Balance Method, Tank Level Method, Visual Inspection Method και Tracer Method.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάθε μία από αυτές τις μεθόδους έχει τους περιορισμούς και τις αβεβαιότητές της και μπορεί να κριθεί απαραίτητο να συνδυαστούν οι εν λόγω μέθοδοι προκειμένου εκτιμηθούν με ακρίβεια οι απώλειες υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια. Επίσης σημαντικό είναι να παρακολουθείται και να βελτιστοποιείται τακτικά η διαδικασία για τη μείωση της πιθανότητας απωλειών υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια.

Γίνεται κατανοητό ωστόσο ότι από τη στιγμή που η πρώτη ύλη εισέρχεται μέσα στο διυλιστήριο θα πρέπει να γίνονται μετρήσεις/προμετρήσεις/επιμετρήσεις των υλικών προκειμένου οι απώλειες να εκμηδενιστούν. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τις

διατάξεις του άρθρου 5 «Μετρήσεις κατά τη χρήση (Προμετρήσεις-Επιμετρήσεις)», της υπ' αριθμ. 30/005/648/19-09-2013 ΑΥΟ (ΦΕΚ Β' 2406):

- 1. Οι μετρήσεις, στις κατά τα ανωτέρω εγκεκριμένες δεξαμενές για τις οποίες προβλέπεται η εγκατάσταση συστήματος εισροών – εκροών κατά τη χρήση αυτών για τη διαπίστωση της ποσότητας των αποθηκευόμενων και διακινούμενων ενεργειακών προϊόντων διενεργούνται από το αυτόματο σύστημα εισροών – εκροών που υπάρχει στις εγκαταστάσεις των δεξαμενών. Κατά τη χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών συστημάτων, για τη μέτρηση του ύψους, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας, οι σχετικές ενδείξεις αυτών γίνονται αποδεκτές υπό την προϋπόθεση ότι τα συστήματα αυτά πληρούν τους σχετικούς όρους και προδιαγραφές της ισχύουσας νομοθεσίας, ανταποκρίνονται στις προβλέψεις σχετικών διεθνών συστάσεων και προτύπων και είναι επίσης διακριβωμένα από διαπιστευμένους προς τούτο φορείς.*
- 2. Εναλλακτικά, σε περίπτωση βλάβης του αυτόματου συστήματος εισροών – εκροών οι ανωτέρω μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν από τους υπαλλήλους των αρμοδίων Αρχών που εντεταλμένοι προς τούτου και οι οποίοι ενεργούν από κοινού»*

### **3.3 Mass Balance Method – Μέθοδος Ισοζυγίου Μάζας**

Η μέθοδος ισοζυγίου μάζας είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση για την εκτίμηση των απωλειών υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια. Η εν λόγω μέθοδος περιλαμβάνει τη μέτρηση των εισροών και των εκροών μονάδας διεργασίας (π.χ. δεξαμενή αποθήκευσης) και τη σύγκρισή τους για τον προσδιορισμό της διαφοράς (συνήθως σε μορφή ποσοστού). Η διαφορά θεωρείται ότι είναι η απώλεια υδρογονανθράκων. Για να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη μέθοδος θα πρέπει να ακολουθηθούν τα κάτωθι βήματα (Wolff, 2019):

Αρχικά θα πρέπει να προσδιοριστεί η μονάδα επεξεργασίας που πρέπει να εκλεχθεί όπως φερειπείν μια στήλη απόσταξης ή μια δεξαμενή αποθήκευσης

Έπειτα πραγματοποιείται μέτρηση των εισροών και των εκροών της μονάδας διεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της πρώτης ύλης, του προϊόντος και των ενδιάμεσων ρευμάτων. Οι εν λόγω μετρήσεις δύναται να ληφθούν μέσω των μετρητών

ροής, ή μέσω αισθητήρων στη στάθμη της δεξαμενής είτε μέσω χειροκίνητης διαδικασίας μέσω δειγματοληψίας.

Υπολογισμός ισοζυγίου μάζας (πρόσθεση συνολικών εισροών και αφαίρεση συνολικών εκροών). Η διαφορά μεταξύ της συνολικής εισροής και εκροής είναι η απώλεια των υδρογονανθράκων.

Εν συνεχεία αναλύονται τα δεδομένα και προσδιορίζονται τυχόν περιοχές όπου οι απώλειες είναι υψηλότερες από τις αναμενόμενες. Ο προσδιορισμός αυτός παίζει καταλυτικό ρόλο στον εντοπισμό πιθανών πηγών διαρροών ή ανεπαρκειών κατά τη διαδικασία.

Αναφέρεται πως η μέθοδος ισοζυγίου μάζας περιλαμβάνει περιορισμούς και αβεβαιότητες και ως εκ τούτου δύναται να υπάρξουν σφάλματα κατά τη διαδικασία υπολογισμού απωλειών υδρογονανθράκων. Για το λόγο αυτό προτείνεται η μέθοδος αυτή να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλες μεθόδους μέτρησης απωλειών υδρογονανθράκων για την ακριβέστερη εκτίμηση των απωλειών.

Η πιο σημαντική μέτρηση για τη μέθοδο του ισοζυγίου μάζας είναι αυτή της ακατέργαστης μέτρησης ήτοι της πρώτης ύλης (*Crude Measurement*), αφού αποτελεί τη μεγαλύτερη μέτρηση στο σύστημα ζυγού έναντι της οποίας όλες οι άλλες μετρήσεις είναι σχετικά ισορροπημένες. Η μέτρηση της πρώτης ύλης (ακατέργαστης) πραγματοποιείται μόνο μέσα σε δεξαμενές και υπάρχουν αρκετές αβεβαιότητες κατά τη μέτρηση της ύλης. Προκειμένου να μειωθούν τα σφάλματα κατά τη μέτρηση είθισται να ακολουθείται ο κανονισμός API (American Petroleum Institute) ή άλλα διεθνή πρότυπα. Σκοπός των κανονισμών αυτών αλλά και των προτύπων είναι η επαλήθευση και επιβεβαίωση ότι οι αρχικές μετρήσεις της πρώτης ύλης είναι ορθές (Valentine, Emerson, & Videla, 2019). Η ποσότητα του νερού στην πρώτη ύλη αποτελεί μια ακόμα πηγή αβεβαιότητας που συμβαίνει κατά τη μέτρηση του ισοζυγίου μάζας. Παρόλα αυτά, η περιεκτικότητα σε νερό είναι δυνατόν να μετρηθεί μέσω ενός σωλήνα *fullbore* προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα που σχετίζονται με σταγονίδια νερού που διασκορπίζονται άνισα ή γυμνοσάλιαγκες νερού που μπορεί περιστασιακά να διαρρεύσουν μέσω των ακατέργαστων σωληνώσεων εισόδου (Valentine, Emerson, & Videla, 2019).

### **3.3.1 Tank Level Method – Μέθοδος Στάθμης Δεξαμενής**

Η εν λόγω μέθοδος αποτελεί μια απλή αλλά αποτελεσματική προσέγγιση εκτίμησης απωλειών των υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη μέτρηση της στάθμης των δεξαμενών που περιέχουν υδρογονάνθρακες πριν και μετά από μια διεργασία, και η διαφορά στάθμης θεωρείται ότι είναι η απώλεια υδρογονανθράκων. Για να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη μέθοδος θα πρέπει να ακολουθηθούν τα κάτωθι βήματα:

1. Αρχικά θα πρέπει να προσδιοριστούν οι δεξαμενές που περιέχουν τους υδρογονάνθρακες πριν και μετά τη διεργασία.
2. Έπειτα θα πρέπει να μετρηθεί η στάθμη των δεξαμενών πριν και μετά τη διαδικασία με τη χρήση αισθητήρων που μετράνε τη στάθμη των δεξαμενών.
3. Εν συνεχεία υπολογίζεται η διαφορά της στάθμης των δεξαμενών πριν και μετά τη διεργασία, η οποία διαφορά αντιπροσωπεύει τον όγκο των υδρογονανθράκων που χάνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
4. Ο όγκος των υδρογονανθράκων που χάνεται μετατρέπεται σε τιμή μάζας ή βάρους αναλόγως των μονάδων που χρησιμοποιούνται στα διυλιστήρια.
5. Τέλος, αναλύονται τα δεδομένα και εντοπίζονται τιμές υψηλότερες από τις αναμενόμενες. Το στάδιο αυτό συνεισφέρει στον εντοπισμό των πιθανών πηγών διαρροών ή ανεπαρκειών κατά τη διαδικασία.

Όπως και με τη μέθοδο ισοζυγίου μάζας, έτσι και σε αυτήν υπάρχουν περιορισμοί και αβεβαιότητας και συνεπώς κατά τη διαδικασία υπολογισμού απωλειών υδρογονανθράκων υφίσταται σφάλματα. Ως εκ τούτου προτείνεται και εδώ η παρούσα μέθοδος να συνδυάζεται με άλλες προκειμένου να υπάρχει ακρίβεια στη μέτρηση των απωλειών.

### **3.3.2 Visual Inspection Method – Μέθοδος Οπτικής Επιθεώρησης**

Η οπτική επιθεώρηση αφορά μια κοινή μέθοδο που χρησιμοποιείται από τα διυλιστήρια προκειμένου να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν οποιαδήποτε φυσικά ελαττώματα, ανωμαλίες ή σημεία βλάβης στον εξοπλισμό των διυλιστηρίων, σε δομές



ή και υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της διύλισης. Η εν λόγω μέθοδος περιλαμβάνει τη διεξοδική οπτική εξέταση διαφόρων τμημάτων του εξοπλισμού αλλά και των δομών ώστε να ανιχνευθούν τυχόν φθορές διάβρωσης, ρωγμών ή διαρροών που θα μπορούσαν ίσως να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη λειτουργία του διυλιστηρίου αλλά και προβλήματα ασφάλειας.

Κατά τη μέθοδο της οπτικής επιθεώρησης πρέπει να ακολουθηθούν τα κάτωθι βήματα:

1. Προσδιορισμός των περιοχών που πρέπει να επιθεωρηθούν και εφαρμογή ενός συστηματικού σχεδίου επιθεώρησης.
2. Επιθεώρηση του εξοπλισμού, των δομών καθώς και των υλικών των διυλιστηρίων για τυχόν φθορές (διάβρωση, ρωγμές κλπ.).
3. Χρήση εξειδικευμένων εργαλείων όπως μεγεθυντικούς φακούς, γεωσκόπια, εργαλεία υπερήχων προκειμένου να ελεγχθούν οι μη προσβάσιμες περιοχές των περιοχών που επιθεωρούνται.
4. Καταγραφή τυχόν ευρημάτων και τεκμηρίωση των παρατηρήσεων.
5. Ταξινόμηση των ευρημάτων με βάση τη σοβαρότητα τους και ανάπτυξη ενός σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση των οποιονδήποτε απωλειών.

### **3.3.3 Tracer Method – Μέθοδος Ιχνηθέτη (Μέθοδος Ιχνηλάτησης)**

Στα διυλιστήρια, η μέθοδος ιχνηθέτη χρησιμοποιείται για τη μελέτη της κίνησης υγρών μέσα σε ένα σύστημα, όπως σωλήνες και αντιδραστήρες, και για τον εντοπισμό πιθανών σημείων συμφόρησης ή ανεπαρκειών. Μόρια ιχνηθέτη, όπως φθορίζουσες βαφές ή ραδιενεργά ισότοπα, προστίθενται σε ένα ρεύμα υγρού ενώ η κίνηση τους παρακολουθείται μέσω ενός συστήματος. Φερειπείν η μέθοδος του ιχνηθέτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του χρόνου παραμονής των υγρών σε μια δεξαμενή ενός αντιδραστήρα ή της απόδοσης ανάμιξης διαφορετικών υγρών σε έναν αγωγό. Αυτές οι πληροφορίες δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας των διαδικασιών διυλιστηρίου, οδηγώντας σε βελτιωμένη απόδοση και μειωμένο κόστος. Η μέθοδος του ιχνηθέτη είναι επίσης χρήσιμη για τον εντοπισμό και τη διάγνωση διαρροών μέσα σε ένα σύστημα. Οι ιχνηλάτες μπορούν να εισαχθούν σε ένα συγκεκριμένο σημείο και η εμφάνισή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της θέσης της διαρροής.

Αυτό επιτρέπει γρήγορες και στοχευμένες επισκευές, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας ενός διυλιστηρίου και ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

### **3.3.4 Coke Measurements – Μέτρηση Οπτάνθρακα (Κωκ)**

Αρκετά διυλιστήρια κατά τη διάρκεια μέτρησης κωκ, παρατηρούν ότι υφίσταται σε ποσοστό 5-10% περίπου. Η συγκεκριμένη μέτρηση διαθέτει αρκετές αβεβαιότητες όταν πραγματοποιούνται. Εάν η διαμόρφωση του διυλιστηρίου περιλαμβάνει οπτάνθρακα, τότε ο σωρός του αποτελεί μια πηγή αβεβαιότητας και ο οπτάνθρακας που καίγεται στη μονάδα FCC (Fluid Catalytic Cracking) αφορά μια άλλη πηγή. Όσον αφορά τον οπτάνθρακα FCC, η μάζα του άνθρακα και του H<sub>2</sub> που καίγονται υπολογίζεται μέσω της μέτρησης της εισροής αέρα και των συγκεντρώσεων καυσαερίων CO<sub>2</sub>, μονοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου και αζώτου. Είθισται η μέτρηση του σωρού οπτάνθρακα να αποτελεί σημαντική πρόκληση για τα διυλιστήρια. Το διυλιστήριο Luján de Cuyo στην Αργεντινή για παράδειγμα έχει δοκιμάσει πολλές διαφορετικές μεθόδους για τη μέτρηση του σωρού οπτάνθρακα, συμπεριλαμβανομένης της ραδιομετρίας, της μέτρησης στάθμης και των υπέρυθρων τεχνολογιών. Επί του παρόντος, η μέθοδος που είναι η πιο ακριβής περιλαμβάνει τη ζύγιση του υλικού καθώς μεταφέρεται από το διυλιστήριο με βαγόνι ή φορτηγό, μαζί με την ανάλυση υγρασίας στο εργαστήριο. Οι σωροί οπτάνθρακα διαχωρίζονται καθημερινά, έτσι ώστε οι μετρήσεις αυτές να συγκρίνονται με τις εκτιμήσεις για την ημερήσια παραγωγή οπτάνθρακα στο τύμπανο οπτάνθρακα (Valentine, Emerson, & Videla, 2019).

### **3.3.5 Μέθοδος Μέτρησης Απωλειών Υδρογονανθράκων λόγω Εξάτμισης**

Κατά τη διύλιση της πρώτης ύλης στα διυλιστήρια, υφίσταται απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης, οι οποίες όπως αναφέρει και ο (Ropielarczyk, 2014) έχει αρνητικές συνέπειες αφενός ως προς το περιβάλλον και αφετέρου ως προς το κόστος στα διυλιστήρια. Ως εκ τούτου, οι απώλειες αυτές θα πρέπει να μειώνονται μέσω διαφόρων μεθόδων. Οποιαδήποτε μέθοδος και αν χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να αναφερθεί πως από τη στιγμή που εξατμίζεται η πρώτη ύλη (crude oil) τότε αυξάνεται και το ειδικό βάρος της πρώτης ύλης αυτής (Wiggins, 1922).

Ο Matsumura (1974) ανέφερε σε στην έκθεση του «Evaporation Loss of Hydrocarbon in Handling Petroleum» ότι οι απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξατμίσεων δύναται να λάβουν χώρα όπου διυλίζονται πετρελαϊκές πρώτες ύλες.

Προκειμένου να υπολογιστούν οι εν λόγω απώλειες, μετρείται αρχικά ο όγκος του εκπεμπόμενου αερίου και η συγκέντρωση των υδρογονανθράκων του αερίου για κάθε πηγή. Κατά τη μέτρηση του όγκου του αερίου, η έξοδος αερίου, όπως μια «βαλβίδα αναπνοής» και μια καταπακτή, κλείνουν προκειμένου το αέριο εκκένωσης να μπορεί να μεταφερθεί σε ένα ανεμόμετρο, το οποίο έχει μέγεθος εισόδου 4'' και είναι σε θέση να μετρήσει ταχύτητα αερίου τόσο χαμηλή όσο 0.2 m/s. Έπειτα, λαμβάνεται ο όγκος του αερίου ο οποίος πολλαπλασιάζεται με το εμβαδό της διατομής του ανεμόμετρου με την ταχύτητα ρεύματος του αερίου. Το αέριο ύστερα λαμβάνεται σε μια σύριγγα των 100ml στην έξοδο του ανεμόμετρου και μεταφέρεται στο εργαστήριο ώστε να αναλυθεί μέσω αέριας χρωματογραφίας. Η συγκέντρωση κάθε αερίου συστατικού υδρογονάνθρακα υπολογίζεται ως τυπική κανονική παραφίνη, ήτοι όλοι οι υδρογονάνθρακες που διαθέτουν έξι (6) άνθρακες υπολογίζονται ως ισοδύναμα n-εξανίου και εκείνοι με 5 άνθρακες ως n-πεντάνιο και ούτω καθεξής (Matsumara, 1974).

Ο Matsumara, εφάρμοσε την παραπάνω μέθοδο το 1973 σε διυλιστήρια στην πόλη Yokohama καθώς και σε άλλα διυλιστήρια στη Ιαπωνία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το ποσοστό των απωλειών των υδρογονανθράκων λόγω εξατμίσεων σε φορτηγό πλοίο που μετέφερε διάφορες πρώτες ύλες διύλισης.

Kind of Oil	HC Concentration when Level		K <sub>s</sub>	I	Mean HC Concentration (%)
	100(%)	50(%)			
Light Naphtha	82	0.5	22	59	12.5
Gasoline, Naphtha	50	0.3	22	63	7.8
Crude Oil	40	0.25	23	66	6.1

**Πίνακας 1: Απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξατμίσης (Matsumara, 1974)**

Ο Matsumara κατέληξε στο γεγονός ότι οι εξατμίσεις υδρογονανθράκων μπορούν να λάβουν χώρα σε οποιοδήποτε μέσω διεργασίας προϊόντος ή μεταφοράς και για τη μέτρηση αυτών ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία. Η μελέτη του Matsumara αποτέλεσε μια από τις πρώτες μελέτες που σχετίζονταν με τις απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξατμίσεων με εντυπωσιακά αποτελέσματα.

Σε άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις αρχές του προηγούμενου αιώνα (1922) από τον Wiggins, διαπιστώθηκε πως υπάρχουν απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξατμίσεων στα διυλιστήρια και όχι μόνο (και από τη μεταφορά της πρώτης ύλης προς το διυλιστήριο) και παρουσίασε διάφορες μεθόδους υπολογισμού των εν λόγω

απωλειών. Στη μελέτη του «Evaporation Loss of Petroleum In the Mid-Continent Field», αναφέρει ότι οι μέθοδοι υπολογισμού των απωλειών είναι οι εξής:

- Field Work
- Laboratory Work
- Μέσω απλών μαθηματικών
- Μέσω αποστάξεων

Προκειμένου να αποφευχθούν οι ανωτέρω απώλειες θα πρέπει οι δεξαμενές που αποθηκεύεται η πρώτη ύλη να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένα πρότυπα. Ένα από αυτά είναι και το API 650 το οποίο είναι σχεδιασμένο για να παρέχει στη βιομηχανία πετρελαίου δεξαμενές επαρκούς ασφάλειας και εύλογης οικονομίας για χρήση στην αποθήκευση πετρελαίου, προϊόντων πετρελαίου και άλλων υγρών προϊόντων που συνήθως διακινούνται και αποθηκεύονται από τους διάφορους κλάδους της βιομηχανίας. Το πρότυπο αυτό δεν παρουσιάζει ούτε καθορίζει σταθερή σειρά επιτρεπόμενων μεγεθών δεξαμενών. Αντιθέτως, προορίζεται να επιτρέψει στον αγοραστή να επιλέξει οποιοδήποτε μέγεθος δεξαμενής μπορεί να καλύψει καλύτερα τις ανάγκες του. Αυτό το πρότυπο προορίζεται να βοηθήσει τους αγοραστές και τους κατασκευαστές να παραγγείλουν, να κατασκευάσουν και να ανεγείρουν δεξαμενές, δεν έχει σκοπό να απαγορεύσει στους αγοραστές και τους κατασκευαστές να αγοράζουν ή να κατασκευάζουν δεξαμενές που πληρούν προδιαγραφές διαφορετικές από εκείνες που περιέχονται στο παρόν πρότυπο. Αυτό το πρότυπο έχει απαιτήσεις που δίνονται σε δύο εναλλακτικά συστήματα μονάδων. Οι απαιτήσεις είναι παρόμοιες αλλά όχι ταυτόσημες. Αυτές οι μικρές διαφορές οφείλονται σε ζητήματα όπως η αριθμητική στρογγυλοποίηση και η προμήθεια υλικών. Κατά την εφαρμογή των απαιτήσεων αυτού του προτύπου σε μια δεδομένη δεξαμενή, ο κατασκευαστής είτε συμμορφώνεται με όλες τις απαιτήσεις που δίνονται στις μονάδες SI είτε συμμορφώνεται με όλες τις απαιτήσεις που δίνονται στις συνήθεις μονάδες των ΗΠΑ. Η επιλογή του συνόλου των απαιτήσεων (SI ή US Usualary) που θα ισχύουν για μια δεδομένη δεξαμενή γίνεται με αμοιβαία συμφωνία μεταξύ του κατασκευαστή και του αγοραστή

### **3.4 Μέθοδοι Μείωσης Απωλειών Υδρογονανθράκων σε Διυλιστήρια**

#### **3.4.1 FGRU (Flare Gas Recovery Unit) – Flare Loss**

Οι απώλειες (φλόγες) που παρατηρούνται στα διυλιστήρια είναι σημαντικές αφού σχετίζονται με την ασφάλεια αυτών. Οι εν λόγω φλόγες «καίνε» τα αέρια υδρογονανθράκων τα οποία δεν δύναται να ανακυκλωθούν ή να ανακτηθούν. Τα εν λόγω αέρια χαρακτηρίζονται ως πολύ επικίνδυνα πολύ περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα.

Ως εκ τούτου, οι εν λόγω φλόγες αποτελούν ένα χαρακτηριστικό ασφαλείας της πλειοψηφίας των εγκαταστάσεων παραγωγής και επεξεργασίας πετρελαίου και φυσικού αερίου ήτοι διυλιστήρια, παρέχοντας ένα αποτελεσματικό μέσο για την καύση των απαερίων. Τα απαέρια δύναται να προκύψουν από τις συνεχείς διεργασίες ενός διυλιστηρίου είτε από έκτακτες ανάγκες. Αναφορικά με τις συνεχείς διεργασίες αυτές σχετίζονται είτε με διαρροές από τις βαλβίδες ελέγχου, είτε κατά τη διάρκεια καθαρισμού, είτε κατά τη φάση εισροών της πρώτης ύλης κλπ. (Smith S. , 2012). Να τονιστεί ότι τα τελευταία χρόνια, οι τοπικές κυβερνήσεις και διάφοροι περιβαλλοντικοί οργανισμοί πιέζουν τα διυλιστήρια να μειώσουν τις εν λόγω φλόγες αφού χαρακτηρίζονται ως σπατάλες, ρυπογόνες και δυνητικά επικίνδυνες για τον άνθρωπο και φυσικά για το περιβάλλον (Smith S. , 2012).

Παρακάτω παρουσιάζονται διαφορετικοί μέθοδοι για τη μείωση ή και το μετριασμό των επιπτώσεων της συνεχούς καύσης ως μέρος ενός σχεδιασμού επιπτώσεων των φλογών που διακρίνει κανείς στα διυλιστήρια (FIMP).

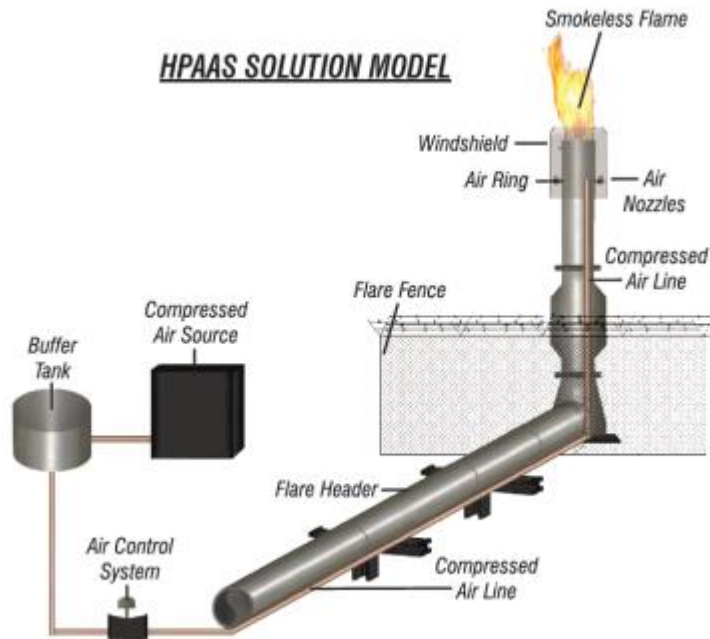
Ένα από τα πρώτα βήματα σε κάθε FIMP είναι η καλύτερη κατανόηση των συνεχών πηγών καύσης σε μια εγκατάσταση. Αυτή μπορεί να είναι μια δύσκολη διαδικασία, καθώς οι τοπικοί φορείς μπορεί να έχουν την τάση να υποτιμούν την ποσότητα συνεχούς καύσης (μέσω καμίνων) που λαμβάνει χώρα σε μια εγκατάσταση. Πρέπει να λαμβάνεται ρεαλιστική εκτίμηση της συνεχούς καύσης σε πυρσό προκειμένου να καθοριστεί η καλύτερη και οικονομικότερη πορεία δράσης.

Κατά την περίπτωση που ένα διυλιστήριο επιθυμεί να εκμηδενίζει τη συνεχόμενη φλόγα, τότε η εφαρμογή του FGRU είναι η ιδανική λύση. Μέσω του FGRU δύναται να μειωθεί η ποσότητα της φλόγας διατηρώντας παράλληλα την

κατάλληλη ασφάλεια και λειτουργία εντός της εγκατάστασης. Τα αέρια που ανακτώνται από το FGRU δύνανται να χρησιμοποιηθούν εντός της εγκατάστασης για να αντισταθμίσουν τη χρήση αερίου καυσίμου. Αυτό παρέχει καθαρή μείωση της χρήσης αερίου καυσίμου καθώς και περιβαλλοντική βελτίωση με τη μείωση των εκπομπών CO και υδρογονανθράκων (Smith S. , 2012).

Σε μια τυπική εγκατάσταση (χωρίς FGRU), τα αέρια αποστέλλονται συνεχώς στην καύση από διάφορες πηγές. Εν αντιθέσει, ένα διωλιστήριο με FGRU, η συνεχής λειτουργία παρακάμπτει τους κανονικούς ρυθμούς ροής αερίου στο σύστημα FGRU όπου συμπιέζονται και αποστέλλονται πίσω στη μονάδα. Εάν υπάρχει διαθέσιμο άζωτο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άκαυστο αέριο καθαρισμού για την περαιτέρω μείωση της καύσης σε φλόγα. Μια ειδικά σχεδιασμένη υγρή σφράγιση ή βαλβίδα σταδιοποίησης διασφαλίζει ότι οι μικρότερες, συνεχείς θήκες ανακούφισης μπορούν να σταλούν στο FGRU, αλλά κατά τη διάρκεια έκτακτων αναγκών, το αέριο μπορεί ακόμα να σταλεί στο σύστημα καύσης για ασφαλή καύση ήτοι στη φλόγα.

Πρακτικά, στη μονάδα διεργασίας τοποθετείται ένα τεχνολογικό σύστημα με την ονομασία HPAAS. Τα βασικά εξαρτήματα του HPAAS περιλαμβάνουν ένα άκρο καύσης με ακροφύσια έγχυσης υπερηχητικού αέρα, μια γραμμή παροχής αέρα στη στοίβα φωτοβολίδων (συνήθως διαμέτρου 2" ή 3"), ένα σύστημα ελέγχου ροής, μια δεξαμενή δέκτη αέρα και έναν συμπιεστή αέρα. Εναλλακτικά, σε ορισμένες περιπτώσεις το σύστημα μπορεί επίσης να τροφοδοτηθεί με αέρα από την υπάρχουσα κεφαλή αέρα του οργάνου εγκατάστασης (Smith S. , 2012). Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η όψη του HPAAS μοντέλου.



Εικόνα 10: Εξαρτήματα του HPAAS συστήματος (Smith S. , 2012)

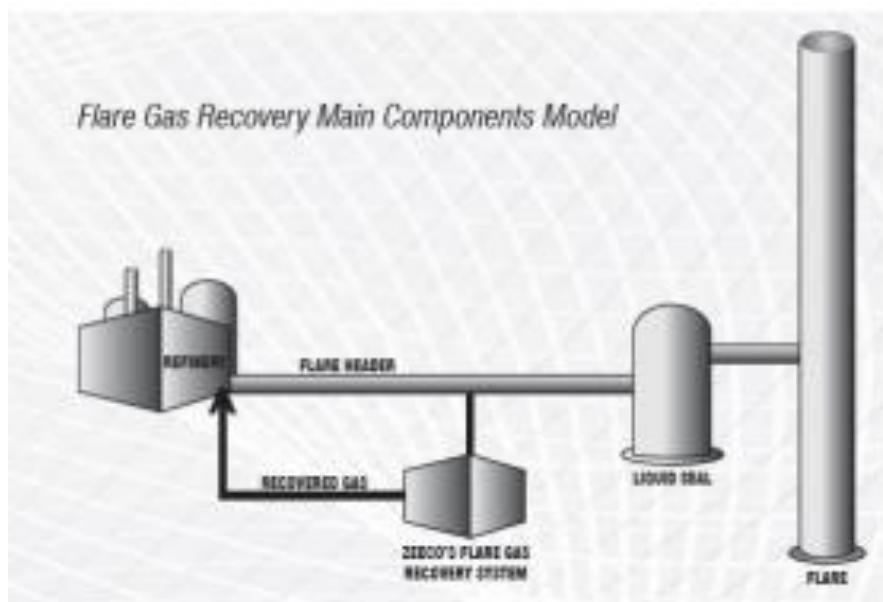
Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Smith και συν., το 2009, σε διυλιστήριο στη Σαουδική Αραβία, έδειξε πως η εφαρμογή της μεθόδου HPAAS, η φλόγα από την κάμινο μειώθηκε ήτοι η καύση τοξικών αερίων μειώθηκε δίδοντας μια καθαρή φλόγα.



Εικόνα 11: Απεικόνιση της φλόγας πριν και μετά την εφαρμογή του HPAAS (Smith S. , 2012)

Κατά τις περιπτώσεις που ένα διυλιστήριο επιθυμεί ή επιβάλλεται να εκμηδενίσει τη φλόγα που παράγεται (*continuous flaring*), τότε η εφαρμογή του FGRU αποτελεί την ιδανική λύση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το FGRU είναι μια λύση η οποία δύναται να μειώσει την ποσότητα καύσης, διατηρώντας παράλληλα την κατάλληλη ασφάλεια και λειτουργία εντός μιας εγκατάστασης. Τα αέρια που

ανακτώνται μέσω FGRU μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντός της εγκατάστασης για να αντισταθμίσουν τη χρήση αερίου καυσίμου. Αυτό παρέχει καθαρή μείωση της χρήσης αερίου καυσίμου καθώς και περιβαλλοντική βελτίωση με τη μείωση των εκπομπών CO και υδρογονανθράκων. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται μια τυπική διάταξη ενός FGRU συστήματος σε ένα διωλιστήριο.



Εικόνα 12: Τυπική διάταξη ενός FRGU συστήματος σε διωλιστήριο (Smith S. , 2012)

Τα βασικά εξαρτήματα ενός FGRU συστήματος είναι τα εξής:

1. Υγρή σφράγιση ή βαλβίδα σταδιοποίησης (Liquid Seal or Staging Valve): Για την εκτροπή των αερίων από την κάμινο (εκεί που παράγεται η φλόγα) πίσω στο FGRU, απαιτείται κανονικά μια υγρή σφράγιση ή βαλβίδα σταδιοποίησης (με συσκευή παράκαμψης λυγισμού). Τα εν λόγω έχουν τη δυνατότητα να απομονώνουν το σύστημα αναλαμπής από την κάμινο και εκτρέπουν τις κανονικές ροές στο FGRU. Σε περιόδους που η παροχή αερίου υπερβαίνει τη χωρητικότητα του συστήματος FGRU, η συσκευή ανοίγει (η στεγανοποίηση νερού είναι σπασμένη ή ανοίγει η βαλβίδα) για να παρέχει μια ασφαλή διαδρομή ανακούφισης προς τη φλόγα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο τυπικός σχεδιασμός υγρής σφράγισης που περιγράφεται στον Κανονισμό API 521<sup>3</sup> δεν

<sup>3</sup> Ο κανονισμός API 521 « Pressure-relieving and Depressuring Systems» αφορά έναν κανονισμό σχετικά με τα συστήματα ανακούφισης πίεσης και αποσυμπίεσης στα διωλιστήρια ωστόσο δύναται να εφαρμοστεί και σε άλλες βιομηχανικές μονάδες όπως πετροχημικές μονάδες, μονάδες βιοαερίου,



θα λειτουργήσει σωστά σε μια εφαρμογή ανάκτησης αερίου καύσης λόγω του προβλεπόμενου βάθους στεγανοποίησης 6 " [4]. Οι εφαρμογές ανάκτησης αερίου καύσης απαιτούν βάθη στεγανοποίησης από 24 " έως 100 " ή περισσότερο. Ένα ακατάλληλα σχεδιασμένο τύμπανο υγρής σφράγισης θα έχει ως αποτέλεσμα υπερβολική πτώση στο εσωτερικό της σφραγίδας, η οποία μπορεί να προκαλέσει αύξηση της φωτοβολίδας, σήματα καπνού, εσωτερική ζημιά στη συσκευή στεγανοποίησης ή ακόμα και μεγάλη μεταφορά υγρού στην αναλαμπή.



**Εικόνα 13: Βαθιά τύμπανα στεγανοποίησης υγρών για ένα σύστημα FGRU (Smith S. , 2012)**

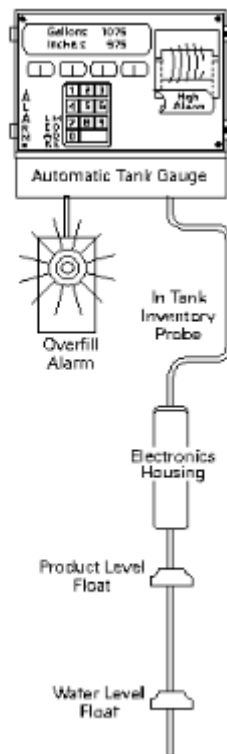
2. Συμπιεστές: Οι συμπιεστές συμπιέζουν το αέριο από χαμηλότερες πιέσεις έως και υψηλότερη πίεση. Η υψηλότερη πίεση αερίου επιτρέπει στα αέρια να χρησιμοποιηθούν αλλού στη μονάδα ως βοηθητικό αέριο ή για άλλους σκοπούς. Για μικρότερα FGRU, αυτό μπορεί να είναι ένας μόνο συμπιεστής, ενώ για μεγαλύτερα συστήματα μπορεί να είναι πολλαπλοί συμπιεστές που λειτουργούν παράλληλα.
3. Σύστημα μείωσης και ελέγχου: Οι ρυθμοί αερίου καύσης που εισέρχονται σε ένα FGRU μπορεί να διαφέρουν με την πάροδο του χρόνου. Πρέπει να προβλέπεται ένα κατάλληλο σύστημα προετοιμασίας προκειμένου να εξασφαλίζεται ότι η πίεση αναρρόφησης (ήτοι η πίεση στην κεφαλή του

πυρσού) παραμένει σε σχετικά σταθερό επίπεδο. Αυτό το turndown είθισται να γίνεται από το σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου με λογική σε ένα τοπικό PLC ή στο DCS της μονάδας. Ένα τυπικό FGRU θα περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά όργανα που παρακολουθούνται συνεχώς στο σύστημα ελέγχου.

#### **3.4.2 Automatic Tank Gauging Systems - Αυτόματος Μετρητής Δεξαμενής**

Ο αυτόματος μετρητής δεξαμενής (ATG) αποτελεί μια ηλεκτρονική συσκευή, της οποίας η βασική λειτουργία είναι να παρακολουθεί τη στάθμη καυσίμου σε μια δεξαμενή για μια χρονική περίοδο προκειμένου να ελέγξει εάν η δεξαμενή έχει διαρροές. Μπορεί επίσης να ενημερώσει το χειριστή της εγκατάστασης για το τι συμβαίνει μέσα στη δεξαμενή ήτοι τη στάθμη καυσίμου, τον όγκο και τη θερμοκρασία, τη στάθμη και τον όγκο του νερού, προειδοποιήσεις υψηλής και χαμηλής στάθμης καυσίμου. Άλλα χαρακτηριστικά που δύναται να προστεθούν στο ATG, ώστε να μπορεί να εκτελεί χρήσιμες λειτουργίες είναι η παρακολούθηση των ενδιάμεσων χώρων σε δεξαμενές και σωληνώσεις, η παρακολούθηση σωληνώσεων υπό πίεση ή η επικοινωνία εξ αποστάσεως (Smith S. , 2012).

Ένα ATG χρησιμοποιεί αισθητήρες που εγκαθίσταται σε κάθε δεξαμενή ή διαμέρισμα για τη μέτρηση της στάθμης του καυσίμου ενώ κάθε αισθητήρας αποτελείται από μια μακριά ράβδο με πλωτήρες ή αισθητήρες. Η θέση των πλωτήρων «αναφέρουν» στην κονσόλα ATG πόσο καύσιμο και νερό υφίσταται μέσα στη δεξαμενή. Η ράβδος ανιχνευτή διαθέτει επίσης θερμομέτρο προκειμένου να μετράτε η θερμοκρασία του καυσίμου. Μια κονσόλα είθισται να βρίσκεται μέσα στο κτίριο της εγκατάστασης και δύναται να περιλαμβάνει μια οθόνη, ένα πληκτρολόγιο, έναν εκτυπωτή, λυχνίες κατάστασης και ένα ηχητικό σήμα που σηματοδοτεί τις συνθήκες συναγερμού. Τέλος, ένα σύστημα ATG μπορεί επίσης να συνδεθεί απευθείας με έναν υπολογιστή (UST Operating Training, 2015).



**Εικόνα 14: Απεικόνιση ATG (UST Operating Training, 2015)**

Όταν χρησιμοποιείται το ATG ως μηνιαία μέθοδος ανίχνευσης διαρροών, η δεξαμενή θα πρέπει να περάσει από μια δοκιμή που είναι δυνατόν να ανιχνεύσει διαρροή 0.2 γαλονιών ανά ώρα (gph) τουλάχιστον μία φορά κάθε 30 ημέρες. Ένας ρυθμός διαρροής 0.2 gph ισοδυναμεί με περίπου δύο κουτιά σόδας κάθε ώρα. Η ανίχνευση μιας αλλαγής στάθμης καυσίμου που ισοδυναμεί με διαρροή δύο κουτιών σόδας από μια δεξαμενή 8,000 ή 10,000 γαλονιών απαιτεί η μέτρηση των επιπέδων καυσίμου και των θερμοκρασιών να είναι ακριβής. Τα πετρελαϊκά προϊόντα και ειδικά η βενζίνη, διαστέλλεται και συστέλλεται σημαντικά με τη θερμοκρασία και συνεπώς η θερμοκρασία του καυσίμου πρέπει να παρακολουθείται από το σύστημα ATG πολύ στενά προκειμένου να παρθεί μια ακριβής δοκιμή. Η θερμοκρασία του καυσίμου που παραδίδεται είθισται να είναι διαφορετική από τη θερμοκρασία του καυσίμου στο UST. Επομένως, μετά από μια παράδοση, η θερμοκρασία καυσίμου μέσα σε μια δεξαμενή αλλάζει αρκετά γρήγορα. Ένα ATG δεν θα προσδώσει ένα καλό αποτέλεσμα δοκιμής για περίπου 6-12 ώρες μετά την παράδοση ήτοι έως ότου η θερμοκρασία του καυσίμου έχει χρόνο να σταθεροποιηθεί (UST Operating Training, 2015).

### **3.5 Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων για Μείωση Απωλειών**

Οι απώλειες στα διυλιστήρια πετρελαίου από ατέρμονες πηγές αναφέρονται στην απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) στην ατμόσφαιρα από διαρροές εξοπλισμού, δεξαμενές αποθήκευσης και άλλες πηγές. Για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες διαφυγής, η τακτική συντήρηση του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων είναι απαραίτητη. Ακολουθούν ορισμένα μέτρα συντήρησης για τη μείωση των διαφευγουσών απωλειών στα διυλιστήρια πετρελαίου (EPA, 2006):

1. Διεξαγωγή τακτικών επιθεωρήσεων: Οι τακτικές επιθεωρήσεις του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό διαρροών και άλλων ζητημάτων προτού γίνουν σημαντικά προβλήματα. Οι οπτικές επιθεωρήσεις, η παρακολούθηση ανίχνευσης αερίων και οι υπέρυθρες κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό διαρροών και διαφευγουσών εκπομπών.
2. Εφαρμογή ενός προγράμματος έγκαιρης ανίχνευσης και επισκευής των διάχυτων εκπομπών (LDAR): Ένα πρόγραμμα LDAR περιλαμβάνει την τακτική παρακολούθηση του εξοπλισμού για διαρροές και άμεση επισκευή τυχόν διαρροών που ανιχνεύονται. Το LDAR λειτουργεί ως αρωγός στην ελαχιστοποίηση των διαφευγουσών απωλειών από τον εξοπλισμό.
3. Χρήση κατάλληλων διαδικασιών συντήρησης: Οι κατάλληλες διαδικασίες συντήρησης δύναται να βοηθήσουν στην πρόληψη διαρροών και στη μείωση των διαφευγουσών εκπομπών. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση κατάλληλων παρεμβυσμάτων, βαλβίδων σταδιοποίησης και εξαρτημάτων καθώς και τη διασφάλιση της σωστής εγκατάστασης και συντήρησης του εξοπλισμού.
4. Χρήση βέλτιστων πρακτικών για δεξαμενές αποθήκευσης: Οι δεξαμενές αποθήκευσης δύναται να αποτελέσουν σημαντική πηγή διαφευγουσών εκπομπών. Οι βέλτιστες πρακτικές για τις δεξαμενές αποθήκευσης περιλαμβάνουν τη χρήση πλωτών οροφών, τη διατήρηση κατάλληλων βαλβίδων σταδιοποίησης και τη διεξαγωγή τακτικών επιθεωρήσεων και συντήρησης.

5. Εκπαίδευση υπαλλήλων: Οι κατάλληλα εκπαιδευμένοι υπάλληλοι μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση ζητημάτων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διαφεύγουσες εκπομπές. Η κατάρτιση θα πρέπει να καλύπτει τις κατάλληλες διαδικασίες συντήρησης, τον εντοπισμό και επισκευή διαρροών και την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

Συγκεντρωτικά, ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα συντήρησης που περιλαμβάνει τακτικές επιθεωρήσεις, πρόγραμμα LDAR, κατάλληλες διαδικασίες συντήρησης, βέλτιστες πρακτικές για δεξαμενές αποθήκευσης και εκπαίδευση εργαζομένων μπορεί να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση των απωλειών διαφυγής στα διυλιστήρια πετρελαίου

### **3.6 Μείωση Απωλειών Αναθυμιάσεων**

Οι απώλειες αναθυμιάσεων από δεξαμενές σε διυλιστήρια πετρελαίου μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή εκπομπών. Ακολουθούν ορισμένες βελτιώσεις δεξαμενών που μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των απωλειών εξάτμισης (EPA, 2006):

1. Εγκατάσταση πλωτών οροφών: Οι πλωτές οροφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των απωλειών εξάτμισης από δεξαμενές αποθήκευσης. Η πλωτή οροφή αποτελεί έναν τύπο οροφής που επιπλέει πάνω από το υγρό σε μια δεξαμενή αποθήκευσης, δημιουργώντας ένα φράγμα μεταξύ του υγρού και της ατμόσφαιρας.
2. Χρήση εσωτερικών πλωτών στεγών: Οι εσωτερικές πλωτές στέγες είναι παρόμοιες με τις εξωτερικές πλωτές στέγες, ωστόσο εγκαθίσταται εντός της δεξαμενής. Αυτό μπορεί να παρέχει πρόσθετη προστασία από απώλειες εξάτμισης.
3. Βελτίωση των βαλβίδων σταδιοποίησης των δεξαμενών: Οι σφραγίδες δεξαμενών μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή απωλειών εξάτμισης. Η βελτίωση των στεγανοποιητικών δεξαμενών μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών. Αυτό περιλαμβάνει τη διασφάλιση ότι οι σφραγίδες εγκαθίστανται και συντηρούνται σωστά.

4. Χρήση συστημάτων ανάκτησης ατμών: Τα συστήματα ανάκτησης ατμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση ατμών που εκπέμπονται από δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτά τα συστήματα συλλαμβάνουν τους ατμούς και τους στέλνουν σε μια μονάδα ανάκτησης για επεξεργασία.
5. Διεξαγωγή τακτικών επιθεωρήσεων και συντήρησης: Οι τακτικές επιθεωρήσεις και η συντήρηση των δεξαμενών αποθήκευσης μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση ζητημάτων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλειες εξάτμισης.

### 3.7 API Coverage

Ο διαχωριστής πετρελαίου-νερού API είναι μια συσκευή που έχει σχεδιαστεί για το διαχωρισμό μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και αιωρούμενων στερεών από βιομηχανικά λύματα που παράγονται σε διυλιστήρια πετρελαίου, πετροχημικά εργοστάσια, χημικά εργοστάσια, εργοστάσια επεξεργασίας φυσικού αερίου και άλλες βιομηχανικές πηγές ελαιώδους νερού. Ο διαχωριστής API αποτελεί μια συσκευή που λειτουργεί με βαρύτητα και βασίζεται πάνω στο νόμο Stokes για τον καθορισμό της ταχύτητας ανόδου των σταγονιδίων πετρελαίου με βάση την πυκνότητα και το μέγεθός τους. Ο σχεδιασμός βασίζεται στη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ του πετρελαίου και των λυμάτων, επειδή η διαφορά αυτή είναι πολύ μικρότερη από τη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ των αιωρούμενων στερεών και του νερού. Τα αιωρούμενα στερεά καθιζάνουν στον πυθμένα του διαχωριστή ως στρώμα ιζήματος, το πετρέλαιο ανεβαίνει στην κορυφή του διαχωριστή και τα καθαρισμένα λύματα αποτελούν το μεσαίο στρώμα μεταξύ του στρώματος του πετρελαίου και των στερεών για ανακύκλωση ή διάθεση. Με τον τρόπο αυτόν μειώνονται οι απώλειες εξάτμισης από τις δεξαμενές αποθήκευσης σε διυλιστήρια πετρελαίου, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών και στη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων (Beychok, 1967; SurfCleaner, 2023).

Η θερμοκρασία του νερού, η πυκνότητα του πετρελαίου και η ποσότητα των αιωρούμενων υλικών επηρεάζουν το πόσο αποτελεσματικά λειτουργεί ένας διαχωριστής API. Για παράδειγμα, οι διαχωριστές API από μόνοι τους δεν είναι αποτελεσματικοί για την απομάκρυνση σταγονιδίων πετρελαίου μεγαλύτερων από 150 micron, την εργασία σε θερμοκρασία νερού μικρότερη από 5 βαθμούς Κελσίου ή την

απομάκρυνση της λεπτής στιλπνότητας του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού. Χωρίς πρόσθετη επεξεργασία, τα λύματα του διαχωριστή API μπορεί γενικά να εξακολουθούν να έχουν περίπου 50 mg/l πετρελαίου και πρέπει να υποβληθούν σε περαιτέρω στάδια επεξεργασίας για να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς (SurfCleaner, 2023)

## **3.8 Μείωση Απωλειών Στερεών Αποβλήτων**

### **3.8.1 Tricanter**

Ο τρικάντερ (tricanter) είναι ένας τύπος βιομηχανικής φυγόκεντρου που χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένων των διυλιστηρίων πετρελαίου, για το διαχωρισμό υγρών και στερεών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τον διαχωρισμό στερεών από υγρά και το διαχωρισμό διαφόρων υγρών μιγμάτων. Οι φυγόκεντρες tricanter επιτρέπουν το συνεχή διαχωρισμό τριών φάσεων (στερεό, υγρό, υγρό) σε μια διεργασία. Ο συνεχής διαχωρισμός τριών φάσεων σε μία μόνο διεργασία είναι εξαιρετικά επωφελής σε πολλές εφαρμογές όπου υπάρχει αξία στην ανάκτηση ενός συγκεκριμένου προϊόντος ή προϊόντων από ένα πολυφασικό μείγμα. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος σε ένα διυλιστήριο απαιτεί τον προσεκτικό σχεδιασμό και την τήρηση των κατευθυντήριων γραμμών ασφαλείας και λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα, πριν από την εγκατάσταση ενός tricanter θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια ενδελεχή αξιολόγηση του χώρου ώστε να προκαθοριστεί η καλύτερη θέση για την εγκατάσταση του. Θα πρέπει λοιπόν να εξεταστούν παράγοντες όπως η προσβασιμότητα, οι απαιτήσεις του χώρου, η θεμελίωση καθώς και η εγγύτητα στις ροές διεργασίας που θα χειρίζεται. Εν συνεχεία θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι εφαρμόζονται όλα τα μέτρα και κανονισμοί ασφαλείας ήτοι να υπάρχει κατάλληλος εξαερισμός, πυρασφάλεια, συστήματα διακοπής λειτουργίας έκτακτης ανάγκης κλπ. (IFM, 2020).

Λόγω του ότι το tricanter είναι ένας αρκετά βαρύς εξοπλισμός απαιτείται η κατασκευή ενός ισχυρού θεμελίου προκειμένου να εξασφαλιστεί η σταθερότητα και να ελαχιστοποιηθούν οι δονήσεις. Ως εκ τούτου, τα θεμέλια θα πρέπει να είναι δομικά στιβαρά ώστε να αντέχουν τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία.

Αναφορικά με τη συνδεσμολογία του συστήματος θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι όλες οι απαραίτητες βαλβίδες, αντλίες και όργανα βρίσκονται στην κατάλληλη θέση.

Τα εξαρτήματα και οι σωληνώσεις που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι στο κατάλληλο μέγεθος ώστε να υπάρχει σωστή διαχείριση της ροής των διεργασιών. Εν συνεχεία, το σύστημα θα πρέπει να τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια και συνεπώς είναι αναγκαίο να υπάρχει μια αξιόπιστη παροχή ρεύματος. Οι απαιτήσεις της ισχύος ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος και τη χωρητικότητα του tricanter.

Με την εγκατάσταση του συστήματος, το tricanter θα πρέπει να τεθεί σε δοκιμαστική λειτουργία ώστε να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του. Άρα θα πρέπει να γίνει έλεγχος για τυχόν διαρροές και προσαρμογή των ρυθμίσεων.

Φυσικά δεν θα πρέπει να παραλείπεται η συντήρηση του συστήματος προκειμένου να διασφαλίζεται η αποτελεσματική και αξιόπιστη λειτουργία του tricanter. Οι τακτικές επιθεωρήσεις, ο καθαρισμός και η αντικατάσταση εξαρτημάτων θα πρέπει να αποτελούν μέρος του σχεδίου συντήρησης.

Στα πλεονεκτήματα της εν λόγω μεθόδου συγκαταλέγονται ο μειωμένος χρόνος επεξεργασίας διαχωρισμού υγρών και στερεών, η γρήγορη θέση σε λειτουργία και έναρξη λειτουργίας, ευελιξία μεγέθους μηχανημάτων και εξαρτημάτων, προσαρμογή στην επεξεργασία και υψηλότερη χωρητικότητα απόδοσης (IFM, 2020). Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα μηχάνημα tricanter.



Εικόνα 15: Σχηματική απεικόνιση tricanter (IFM, 2020)



### 3.8.2 Decanter

Ακόμη μια μέθοδος απομάκρυνσης στερεών αποβλήτων από τις δεξαμενές διυλιστηρίων είναι η φυγόκεντρος decanter. Η εν λόγω μέθοδος ακολουθεί τις ίδιες αρχές βαρύτητας με εκείνες της μεθόδου tricanter ωστόσο η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω μιας συνεχούς περιστροφής. Η φυγόκεντρος decanter είναι ζωτικής σημασίας ειδικά στα διυλιστήρια πετρελαίου για διάφορες διεργασίες διαχωρισμού ωστόσο θα πρέπει να υπάρχει ακρίβεια και να τηρούνται οι κατευθυντήριες γραμμές όπως και με τη μέθοδο tricanter.

Στην πραγματικότητα, η περιστροφή παρέχει από 1000 έως 4000 φορές την κανονική βαρυτική δύναμη, μειώνοντας το χρόνο που απαιτείται για τον διαχωρισμό από ώρες σε δευτερόλεπτα.

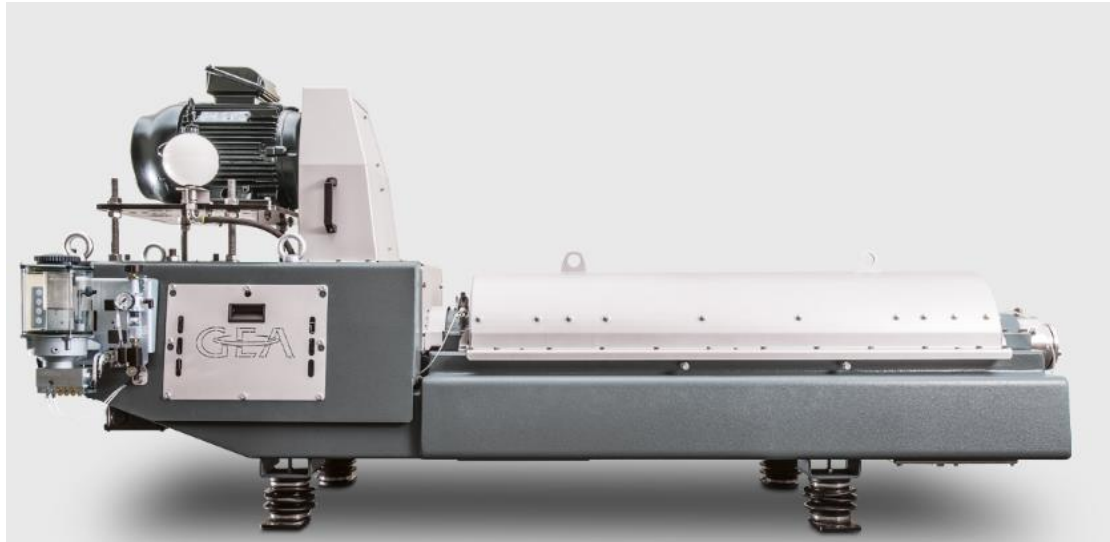
Μια φυγόκεντρος decanter (και φυγόκεντρος tricanter) είναι ουσιαστικά ένας σωλήνας με μπολ που περιστρέφεται με εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα. Ο σωλήνας μπολ είναι εξοπλισμένος με έναν εσωτερικό μεταφορέα που κινείται προς την ίδια κατεύθυνση αλλά με διαφορετική ταχύτητα.

Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος ακολουθεί τις ίδιες ακριβώς διαδικασίες με αυτές της εγκατάστασης ενός tricanter. Ωστόσο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση του decanter όπου θα πρέπει να είναι σωστά ευθυγραμμισμένο ώστε να αποφευχθούν λειτουργικά προβλήματα και δονήσεις που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση του.

Οι ανωτέρω μέθοδοι είναι πάρα πολύ χρήσιμες για το διαχωρισμό στερεών και υγρών διαφορετικής πυκνότητας και αποτελούν πολύτιμα στοιχεία για τον καθαρισμό δεξαμενών, την επεξεργασία πετρελαίου, την ανακύκλωση μετάλλων τις βιομηχανίες κάνναβης κλπ. Τα tricanter επιτρέπουν στις βιομηχανίες αυτές να διαχωρίζουν τα συστατικά ενός μείγματος στερεών και 2 υγρών διαφορετικής πυκνότητας, όπως το πετρέλαιο και το νερό (GEA, 2023).

Επιπλέον, με μια φυγόκεντρο, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε αυτές τις βιομηχανίες είναι πιο αποτελεσματικές και μπορούν να παρέχουν μια ευεργετική επιστροφή πολύτιμων υλικών μέσω του διαχωρισμού 3 φάσεων (GEA, 2023).

Τα πλεονεκτήματα του decanter είναι αρκετά μεταξύ των οποίων ο συνεχής διαχωρισμός στερών από υγρά, χαμηλό κόστος αυτοματισμού, μικρότερη απαίτηση χώρου, λίπανση όλων των συστημάτων με λιπαντικά κλπ. (GEA, 2023). Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει ένα decanter.



Εικόνα 16: Σχηματική απεικόνιση του decanter (GEA, 2023)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα μελετηθεί το ισοζύγιο μάζας ενός διυλιστηρίου με τη μέθοδο IP Format. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα παράδειγμα αυτής της μεθόδου. Κανείς μπορεί να διακρίνει ότι προκειμένου να υπολογιστούν οι απώλειες των υδρογονανθράκων απαιτούνται οι εισροές και οι εκροές ώστε να βρεθούν οι απώλειες.

MATERIAL BALANCE BEFORE MEASURES EXPRESSED IN IP FORMAT					
INPUTS (tn)			OUTPUTS + FUELS (tn)		
Crude Receipts (S&W excluded)	I1		Shipments	O1	
Finished Products or Semi processed	I2		Feedstocks	O2	
Additives	I3				
etc.	I4				
			<b>Subtotal outputs</b>		<b>S2=O1+O2</b>
			Own Consumption	OC1	
			etc.	OC2	
<b>Subtotal receipts</b>		<b>S1=I1+I2+I3+I4</b>	<b>Subtotal own fuel</b>		<b>S3=OC1+OC2</b>
<b>Feedstock inventory</b>			<b>Product inventory</b>		
Opening stock	OS1		Opening stock	OS3	
Closing stock	OS2		Closing stock	OS4	
Inventory change		<b>Ch1=OS1-OS2</b>	Inventory change		<b>Ch2=OS3-OS4</b>
			<b>Total outputs + Fuel</b>		<b>TO=S2+S3+Ch2</b>
			<b>Total Loss</b>		<b>TL= TI-TO</b>
			<b>% Loss</b>		<b>TL/TI*100</b>
<b>Total processed inputs</b>		<b>TI=S1+Ch1</b>	<b>Total outputs + Fuel + Loss</b>		<b>TO+TL</b>

Εικόνα 17: Ισοζύγιο μάζας σε μορφή IP Format

Αναλυτικά, τώρα όσον αφορά τις εισροές, σε αυτές θα συγκαταλέγονται:

- Crude receipts: ακατέργαστες εισροές
- Other feedstocks: άλλες πρώτες ύλες ακατέργαστες
- Additives: πρόσθετα

- Finished products: τελικά προϊόντα
- Sub-total, Receipts: Υποσύνολο εισροών ήτοι (ακατέργαστες εισροές + άλλες πρώτες ύλες ακατέργαστες + πρόσθετα)
- Feedstock inventory: Απόθεμα πρώτης ύλης
  - o Opening stock: Αρχική εισροή (απόθεμα)
  - o Closing stock: Τελική εισροή (απόθεμα)
  - o Inventory change: Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)
  - o Total process inputs: Σύνολο κατεργασμένων εισροών ήτοι Υποσύνολο εισροών - Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)

Όσον αφορά τις εκροές, σε αυτές συγκαταλέγονται:

- Measures shipments: Μέτρηση εκροών
- Intermediates: Ενδιάμεσες εκροές
  - o Subtotal outputs: Υποσύνολο εκροών ήτοι Μέτρηση εκροών- Ενδιάμεσες εκροές
- Own consumption: Ιδιοκατανάλωση
- Product inventory: Απόθεμα πρώτης ύλης
  - o Opening stock: Αρχική εκροή (απόθεμα)
  - o Closing stock: Τελική εκροή (απόθεμα)
  - o Inventory change: Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)
- Total outputs + fuels: Συνολικές εκροές + καύσιμα
- Total loss: Συνολικές απώλειες (%) ήτοι Σύνολο κατεργασμένων εισροών- Συνολικές εκροές + καύσιμα

Στόχος είναι οι απώλειες των υδρογονανθράκων να κυμαίνονται στο 0,50% των συνολικών εισροών.

Σε ένα διυλιστήριο, τα ανωτέρω θα πρέπει να καταγράφονται σε μια βάση δεδομένων προκειμένου να μπορούν οι απώλειες να αναγνωριστούν και τα παρθούν τα κατάλληλα μέτρα εφόσον υπάρχουν. Πιο αναλυτικά, είθισται να καταγράφονται όλες οι απώλειες και ο τρόπος με τον οποίον μετρήθηκαν.

Επίσης θα πρέπει να καταγράφονται και τα αποθέματα των πρώτων υλών ήτοι η αρχική εισροή, η πρώτη ύλη που βρίσκεται σε στάδιο επεξεργασίας, οι πρώτες ύλες που βρίσκονται αποθηκευμένες κ.ο.κ.

Παρακάτω παρουσιάζεται η περίπτωση μελέτης για ένα υποθετικό διωλιστήριο.

Τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί βασίζονται σε υποθέσεις και ισοζύγια μάζας διωλιστηρίων συνδυαστικά. Οι πράξεις που έχουν πραγματοποιηθεί βασίζονται στα δεδομένα που έχουν παρουσιαστεί στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου.

Άρα:

Αναλυτικά, τώρα όσον αφορά τις εισροές, σε αυτές θα συγκαταλέγονται:

- Crude receipts: ακατέργαστες εισροές
- Finished products: τελικά προϊόντα
- Water to Hydrogen Unit: Νερό στη μονάδα υδρογόνου
- Steam Produced in Hydrogen Unit: Ατμός στη μονάδα υδρογόνου
- Additives: πρόσθετα
- Slop Oil: Δευτερογενές πετρέλαιο
- Sub-total Receipts: Υποσύνολο εισροών ήτοι (ακατέργαστες εισροές + τελικά προϊόντα + Water to Hydrogen Unit + Steam Produced in Hydrogen Unit + πρόσθετα + Slop Oil)
- Feedstock inventory: Απόθεμα πρώτης ύλης
  - o Opening stock: Αρχική εισροή (απόθεμα)
  - o Closing stock: Τελική εισροή (απόθεμα)
  - o Inventory change: Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)
  - o Total process inputs: Σύνολο κατεργασμένων εισροών ήτοι Υποσύνολο εισροών - Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)

Όσον αφορά τις εκροές, σε αυτές συγκαταλέγονται:

- Measured shipments: Μέτρηση εκροών
- Feedstocks
  - o Subtotal outputs: Υποσύνολο εκροών ήτοι Μέτρηση εκροών- Ενδιάμεσες εκροές
- Own Consumption: Ιδία κατανάλωση
- H<sub>2</sub> from H<sub>2</sub>S conversion in Claus Unit
- NH<sub>3</sub> produced from Hydrocracker: Αμμωνία που παράγεται κατά την υδροπυρόλυση
- Subtotal own fuel: Σύνολο ιδίας κατανάλωσης= Ιδία κατανάλωση + H<sub>2</sub> from H<sub>2</sub>S conversion in Claus Unit + NH<sub>3</sub> produced from Hydrocracker
- Product inventory: Απόθεμα πρώτης ύλης

- Opening stock: Αρχική εκροή (απόθεμα)
- Closing stock: Τελική εκροή (απόθεμα)
- Inventory change: Μεταξύ τους διαφορά (Opening stock- Closing stock)
- Total outputs + fuels: Subtotal outlets + Subtotal own fuel + Inventory change
- Total loss: Συνολικές απώλειες (%) ήτοι Σύνολο κατεργασμένων εισροών  
Συνολικές εκροές + καύσιμα
- % Loss:  $\text{Total loss} / \text{Total processed inputs} * 100\%$
- Total outputs + fuels + loss: Συνολικές εκροές + καύσιμα + απώλειες

Πίνακας 2: Εισροές και Εκροές υλικών στο υπό μελέτη διωλιστήριο

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΛΙΚΩΝ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΡΑ ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΟ ΣΕ ΜΟΡΦΟΤΥΠΟ ΙΡ				
ΕΙΣΡΟΕΣ (tn)			ΕΚΡΟΕΣ + ΚΑΥΣΙΜΑ (tn)	
Ακατέργαστες Εισροές (εξαιρουμένου του S&W)	3.200.000		Μέτρηση εκροών	3.160.000
			Πρώτες ύλες	10.000
Τελικά προϊόντα ή ημικατεργασμένα	315.000			
Νερό στη Μονάδα Υδρογόνου	360.000			
Ατμός στη μονάδα υδρογόνου	-200.000		<b>Υποσύνολο εκροών</b>	<b>3.170.000</b>
Πρόσθετα	1.500			
Δευτερογενές πετρέλαιο	500		Ιδία κατανάλωση	450.000
			H2 από μετατροπή H2S στη μονάδα Claus	1.400
			Αμμωνία που παράγεται κατά την υδροπυρόλυση	400
<b>Υποσύνολο εισροών</b>		<b>3.677.000</b>	<b>Σύνολο ιδίας κατανάλωσης</b>	<b>451.800</b>
<b>Απόθεμα πρώτης ύλης</b>			<b>Απόθεμα πρώτης ύλης</b>	
Αρχική εισροή	100.000		Αρχική εκροή	120.000
Τελική εκροή	105.000		Τελική εκροή	150.000
Μεταξύ τους διαφορά		-5.000	Μεταξύ τους διαφορά	30.000
			<b>Συνολικές εκροές + Καύσιμα</b>	<b>3.651.800</b>
			<b>Συνολικές απώλειες</b>	20.200
			<b>% Απώλεια</b>	<b>0,55</b>
<b>Σύνολο κατεργασμένων εισροών</b>		<b>3.672.000</b>	<b>Συνολικές εκροές + καύσιμα + απώλειες</b>	<b>3.672.000</b>

Αναλυτικά:

- Ακατέργαστες εισροές: 3.200.000tn
- Τελικά Προϊόντα: 315.000tn
- Νερό στη Μονάδα Υδρογόνου: 360.000tn
- Ατμός στη Μονάδα Υδρογόνου: -200.000tn
- Πρόσθετα: 1.500tn
- Δευτερογενές Πετρέλαιο: 500tn
- Υποσύνολο Εισροών:  
 $3.200.000+315.000+360.000+(-200.000)+1.500+500=3.677.000\text{tn}$
- Απόθεμα πρώτης ύλης
  - o Αρχική Εισροή: 100.000tn
  - o Τελική Εκροή: 105.000tn
  - o Μεταξύ τους διαφορά: -5.000tn
- Σύνολο Κατεργασμένων Εισροών:

$$3.677.000+(-5.000)=3.672.000\text{tn}$$

Όσον αφορά τις εκροές, σε αυτές συγκαταλέγονται:

- Μέτρηση Εκροών: 3.160.000tn
- Πρώτες Ύλες: 10.000tn
- Υποσύνολο Εκροών:

$$3.160.000+10.000=3.170.000\text{tn}$$

- Ιδία Κατανάλωση: 450.000tn
- H<sub>2</sub> από μετατροπή H<sub>2</sub>S στη μονάδα Claus: 1.400tn
- Αμμωνία που παράγεται κατά την Υδροπυρόλυση: 400tn
- Σύνολο Ιδίας Κατανάλωσης:

$$450.000+1.400+400=451.800\text{tn}$$

- Απόθεμα Πρώτης Ύλης:
  - o Αρχική Εκροή: 120.000tn
  - o Τελική Εκροή: 150.000tn
  - o Μεταξύ τους διαφορά:

$$150.000-120.000=30.000\text{tn}$$



- Συνολικές Εκροές + Καύσιμα:

$$3.170.000+451.800+30.000=3.651.800\text{tn}$$

- Συνολικές Απώλειες:

$$3.672.000-3.651.800=20.200\text{tn}$$

- % Απώλεια : Συνολικές Απώλειες/Σύνολο Κατεργασμένων Εισροών \*100%

$$(20.200/3.672.000)*100\%=0.55\%$$

- Συνολικές Εκροές + Καύσιμα + Απώλειες:

$$3.651.800+20.200=3.672.000\text{tn}$$

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, η ενεργειακή απόδοση ενός διυλιστηρίου θεωρείται καλή όταν το Solomon Index κυμαίνεται στο 0,5% (Βλ. Εικόνα 5). Εφόσον λοιπόν, οι απώλειες της εν λόγω περίπτωσης μελέτης βρίσκεται κοντά στο ποσοστό αυτό, το διυλιστήριο που μελετάται θεωρείται ότι διαθέτει μια καλή ενεργειακή απόδοση.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι απώλειες υδρογονανθράκων στο διυλιστήριο που μελετάται και βλέπουμε πως οι απώλειες κυμαίνονται στο 0,55%. Πιο συγκεκριμένα, κανείς παρατηρεί ότι υφίσταται αρκετά είδη απωλειών όπως είναι από τις μονάδες πυρσού 1 & 2 (flare units 1 & 2), από απώλειες εξάτμισης, απώλειες εξάτμισης API, απώλειες από εξατμίσεις κατά την αποστράγγιση, παρουσία οπτάνθρακα κλπ. Η μεγαλύτερη απώλεια παρατηρείται από τη μονάδα πυρσού 2 (flare unit 2) με απώλειες που αγγίζουν τους 4,000 τόνους ανά έτος. Επίσης υψηλές απώλειες παρουσιάζονται λόγω ύπαρξη υδρογονανθράκων στην πρώτη ύλη, με συνολικές απώλειες τους 2,500 τόνους ανά έτος. Οι συνολικές απώλειες λοιπόν αγγίζουν τους 20,200 τόνους ανά έτος (συμπεριλαμβανομένων και των μη αναγνωρισμένων απωλειών) που μεταφράζεται σε Solomon Index 0,55%. Το εν λόγω ποσοστό θεωρητικά δεν είναι αποδεκτό αφού το όριο είναι το 0,50%. Συνεπώς θα πρέπει να εφαρμοστούν μέθοδοι μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων όπως αυτοί που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας.

**Πίνακας 3: Απώλειες υδρογονανθράκων πριν την εφαρμογή των μέτρων στο υπό μελέτη διυλιστήριο**

<b>ΕΙΔΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>	<b>ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΛΙΚΩΝ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΡΑ (tn/έτος)</b>	<b>%</b>	<b>Σχόλια</b>
ΜΟΝΑΔΑ ΠΥΡΣΟΥ 1 (FLARE UNIT 1)	400	2,0	Διαθέσιμο FGRU
ΜΟΝΑΔΑ ΠΥΡΣΟΥ 2 (FLARE UNIT 2)	4.000	19,8	Μη Διαθέσιμο FGRU
ΠΙΛΟΤΟΙ ΠΥΡΣΟΥ (FLARE PILOTS)	100	0,5	Measured by refinery
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ)	350	1,7	Calculated by API Methods for tankages
ΦΥΓΕΣ	500	2,5	Μέτρηση από το διυλιστήριο
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΕ ΥΛΗ	2.500	12,4	Μέτρηση από το διυλιστήριο
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ	500	2,5	Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας βέλτιστες πρακτικές και μεθόδους EPA, το 10% των υπολογιζόμενων ποσοτήτων αποστράγγισης νερού, αναφέρεται στην εξάτμιση υδρογονανθράκων σύμφωνα με το API
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ API	120	0,6	Από τη μέθοδο LDAR του Διυλιστηρίου
S ΣΕ SO <sub>2</sub> ΑΠΟ (SRU)	200	1,0	Υπολογίζεται από το θείο, αυτό είναι σταθερό για τη μονάδα Claus, εκφρασμένο ως ποσοστό του παραγόμενου θείου
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΕ ΥΓΡΑ ΛΥΜΑΤΑ	20	0,1	Μετρούμενη κατά μέσο όρο 14 mg/l στην επεξεργασμένη ποσότητα API
ΟΠΤΑΝΘΡΑΚΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	5	0,0	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ	8.695	43,0	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΜΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	11.505	57,0	
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ</b>	<b>20.200</b>	<b>100,0</b>	
<b>ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ %</b>		<b>0,55</b>	

Η εφαρμογή των μεθόδων μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων διαφαίνονται στον Πίνακα 4 όπου παρατηρείται μείωση του Solomon Index στο 0,38%. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι το υπό μελέτη διυλιστήριο, με τα μέτρα τα οποία χρησιμοποίησε, έχει καταφέρει να μειώσει τις απώλειές του και επίσης να βελτιστοποιήσει την παραγωγή του, με αποτέλεσμα η ενεργειακή του απόδοση, βάσει του Solomon Index που έχει πλέον, να βρίσκεται στο  $0,38% < 0,50%$  να είναι πολύ καλύτερη από πριν και έτσι να καταφέρνει και καλύτερη εξοικονόμηση.

Πιο αναλυτικά, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες από τη μονάδα πυρσού 2 εγκαταστάθηκε FGRO με αποτέλεσμα οι απώλειες να μειωθούν κατά 3,500 τόνους το έτος, με συνολικό ποσοστό απωλειών 3,6% σε σχέση με 19,8% που ήταν πριν από την εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου μείωσης. Οι απώλειες λόγω παρουσία υδρογονανθράκων στην πρώτη ύλη μειώθηκαν κατά 1,750 τόνους ανά έτος (5,4% vs. 12,4%) λόγω εφαρμογής συστήματος tricanter.

Εφαρμόζοντας λοιπόν τις μεθόδους μείωσης υδρογονανθράκων που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 4, οι συνολικές πλέον απώλειες συμπεριλαμβανομένων των μη αναγνωρισμένων απωλειών αγγίζουν τους 13,913 (20,200 τόνους ανά έτος πριν την εφαρμογή των μεθόδων) τόνους ανά έτος με το Solomon Index να μειώνεται στο 0,38%.

Πίνακας 4: Απώλειες υδρογονανθράκων μετά την εφαρμογή των μέτρων στο υπό μελέτη διυλιστήριο

ΕΙΔΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΡΑ (tn/έτος)	%	Μείωση Απωλειών Υδρογονανθράκων (τόνου/έτος)	Σχόλια	Θεωρήσεις εκτίμησης κόστους
ΜΟΝΑΔΑ ΠΥΡΣΟΥ 1 (FLARE UNIT 1)	400	0,0		Μετράτε από το διυλιστήριο / διαθέσιμο FGRU	
ΜΟΝΑΔΑ ΠΥΡΣΟΥ 2 (FLARE UNIT 2)	500	3,6	3500	Εγκατάσταση/απόδοση FGRU ανάλογη με άλλες μονάδες πυρσού με FGRU	Εγκατάσταση FGRU
ΠΙΛΟΤΟΙ ΠΥΡΣΟΥ (FLARE PILOTS)	100	0,7		Κανένα μέτρο δεν μπορεί να εφαρμοστεί	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ)	50	0,4	300	Βελτιώσεις στις δεξαμενές	Βελτιωτικά σε δεξαμενές
ΦΥΓΕΣ	150	1,1	350	Πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών	Εφαρμογή προγράμματος ανίχνευσης διαρροών – χωρίς CAPEX συνδεδεμένο
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΕ ΥΛΗ	750	5,4	1750	Tricanter Σύστημα	Tricanter CAPEX
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ	200,0	1,4	300	Βελτιώσεις στις διαδικασίες λειτουργίας αποστράγγισης	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ API	48	0,3	72	Κάλυψη API, απόδοση 60%	Κάλυψη API CAPEX
S ΣΕ SO2 ΑΠΟ (SRU)	200	1,4		Κανένα μέτρο δεν μπορεί να εφαρμοστεί	
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΕ ΥΓΡΑ ΛΥΜΑΤΑ	5	0,0		Σύστημα Διαχείρισης Slop	
ΟΠΤΑΝΘΡΑΚΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	5	0,0			
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ	2.408	17,3	6287	Μείωση των απωλειών που εντοπίστηκαν μετά την εφαρμογή των μέτρων	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΜΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	11.505	82,7		Ίδιο ποσό απωλειών που δεν αναγνωρίστηκαν	
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ</b>	<b>13.913</b>	<b>100,0</b>	<b>6287</b>		Η αναμενόμενη μείωση των απωλειών υδρογονανθράκων είναι 4.889 tn/έτος
<b>ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ %</b>		<b>0,38</b>			

Αφού λοιπόν εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι μείωσης υδρογονανθράκων, θα πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος αυτών των απωλειών καθώς και τα κέρδη έπειτα από την εφαρμογή των μεθόδων. Στον Πίνακα 5 λοιπόν παρουσιάζονται αρχικά τα κόστη για τον εξοπλισμό που απαιτήθηκε για τη μείωση των απωλειών. Ο εξοπλισμός στο σύνολο κόστισε 5.150.000,00€. Αναφορικά με την εξοικονόμηση OPEX λόγω της εξοικονόμησης απωλειών υδρογονανθράκων σε αέριο και υγρό (τιμή Φυσικού αερίου 567€/τόνο και τιμή Diesel 820€/τόνο)<sup>4</sup> η συνολική εξοικονόμηση άγγιξε τα 4.074.874,00€ ανά έτος. Αναφορικά τώρα με το CAPEX η απόσβεση του κεφαλαίου των 5.150.000,00€ θα πραγματοποιηθεί μέσα σε 1,3 έτη ήτοι ένα διάστημα αρκετά μικρό σε σχέση με τα κόστη. Άρα λοιπόν γίνεται κατανοητό ότι η μείωση των απωλειών υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στη θεωρία των προηγούμενων κεφαλαίων συνάδει με τα πρακτικά αποτελέσματα προσφέροντας οικονομικά οφέλη για τα διυλιστήρια.

**Πίνακας 5: Συνολικό κεφάλαιο επένδυσης, συνολική εξοικονόμηση και χρόνος αποπληρωμής στο υπό μελέτη διυλιστήριο**

Κόστος εξοπλισμού	ΕΥΡΩ
1. Μονάδα FGRU για μονάδα πυρσού	4.000.000
2. Tricanter	600.000
3. Κάλυψη API	500.000
4. Βελτίωση των δεξαμενών	50.000

#### Εξοικονόμηση OPEX

Περιγραφή	Κόστος	Μονάδες	Τιμή
Εξοικονόμηση Απωλειών Υδρογονανθράκων - Αέριο	567 Ευρώ/τόνο (Φυσικό Αέριο)	ΕΥΡΩ/έτος	2.393.874
Εξοικονόμηση Απωλειών Υδρογονανθράκων - Υγρό	820 Ευρώ/τόνο (Diesel)	ΕΥΡΩ/έτος	1.681.000
			<b>4.074.874</b>
<b>CAPEX</b>			
<b>Συνολική εξοικονόμηση</b>		<b>ΕΥΡΩ/έτος</b>	<b>4.074.874</b>
Κεφάλαιο - FGRU		ΕΥΡΩ	4.000.000
Κεφάλαιο - Tricanter		ΕΥΡΩ	600.000
Κεφάλαιο - Κάλυψη API		ΕΥΡΩ	500.000
Κεφάλαιο - Προϋπολογισμός βελτίωσης δεξαμενών		ΕΥΡΩ	50.000
<b>Συνολικό κεφάλαιο</b>		<b>ΕΥΡΩ</b>	<b>5.150.000</b>
<b>Χρόνος Αποπληρωμής</b>		<b>χρόνια</b>	<b>1,3</b>

<sup>4</sup> Τιμές φυσικού αερίου και diesel μέσω <http://oil.gge.gov.gr/>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι απώλειες υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια, άρχισαν να μελετώνται εδώ και περίπου μια τριακονταετία. Αρχικά, οι πλειοψηφία των μετρήσεων για τις εισροές και τις εκροές σε ένα διυλιστήριο πραγματοποιούνται μέσω υποτυπωδών συστημάτων μέτρησης δεξαμενών (tank-gauging systems). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την πρόοδο των συστημάτων μέτρησης, τα συστήματα μέτρησης γίνανε πιο ακριβείς ώστε να συμπεριλαμβάνουν μέτρηση ροής της πρώτης ύλης από πολλές ροές εισόδου και εξόδου, χρησιμοποιώντας κυρίως μετρητές Coriolis. Με την πάροδο του χρόνου, τα διυλιστήρια συνειδητοποιούσαν ότι οι απώλειες υδρογονανθράκων θα πρέπει να εξετάζονται σε μοριακό επίπεδο, όπως για παράδειγμα να λαμβάνεται υπόψη ακόμη και το νερό που εισέρχεται στο διυλιστήριο όπως και το υδρογόνο το οποίο καταναλώνεται σε διάφορες διεργασίες καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο καίγεται.

Όπως διαπιστώθηκε από το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, οι απώλειες υδρογονανθράκων δύναται να μειωθούν εφόσον εφαρμοστεί ένα σωστό πρόγραμμα μείωσης υδρογονανθράκων αλλά και να γίνει κατανόηση του σκοπού του προγράμματος το οποίο επρόκειτο να εφαρμοσθεί (Πρακτική επισκόπηση παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4). Έχοντας στις πιθανές αιτίες απώλειας υδρογονανθράκων, τις εισροές και τις εκροές στα διυλιστήρια, τα εφαρμοζόμενα μέτρα, πρέπει να βασίζονται εξαρχής σε ένα καλό πρόγραμμα μείωσης απωλειών.

Η εφαρμογή δε πολλαπλών σημείων μέτρησης σε ένα διυλιστήριο αντί για ένα φερεπειν μέτρο αποτελεί επίσης έναν τρόπο μείωσης των πιθανών σημείων απωλειών υδρογονανθράκων. Μάλιστα, τα πολλαπλά σημεία μέτρησης στις εισροές και τις εκροές μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική επίδραση τυχαιοποίησης καθώς και τη συνολική βελτίωση των σημείων που ενδέχεται να υπάρχουν απώλειες. Έχοντας ως δεδομένο ότι η συνολική ροή μιας πρώτης ύλης ισούται με το άθροισμα μεμονωμένων ροών ρεύματος, τότε η απώλεια υπολογίζεται ως η απώλεια της μεμονωμένης μέτρησης διαιρούμενη με την τετραγωνική ρίζα του αριθμού των μέτρων μείωσης έναντι των απωλειών. Εάν μια μέθοδο μέτρησης έχει απώλειες 0,5% και εάν η ροή της πρώτης ύλης χωρίζεται ανάμεσα σε δύο μέτρα με τις ίδιες απώλειες, τότε η απώλεια μειώνεται κατά 0,35%.

Το ισοζύγιο μάζας ενός διυλιστηρίου υπολογίζεται σε καθημερινή, εβδομαδιαία ή και μηνιαία βάση. Σε κάποια ωστόσο διυλιστήρια, το ισοζύγιο μάζας υπολογίζεται κάθε μέρα συμπεριλαμβάνοντας και τις αλλαγές στο σύνολο των πρώτων υλών που εισέρχονται στο διυλιστήριο. Συνεπώς, όλες οι μετρήσεις θα πρέπει να συμφωνούν σε όλο το διυλιστήριο. Ο καθημερινός υπολογισμός του ισοζυγίου της μάζας επιτρέπει να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα καθιστώντας έτσι ευκολότερη την επίλυση ενός ζητήματος. Και με αυτόν τον τρόπο, ο ημερήσιος υπολογισμός του ισοζυγίου της μάζας τροφοδοτεί τον εβδομαδιαίο, το μηνιαίο και φυσικά το ετήσιο.

Για να επιτευχθεί ένα καλό ισοζύγιο μάζας θα πρέπει οι μετρήσεις των εισροών να πραγματοποιούνται με ακρίβεια, τα απαέρια να μετρούνται και να παρακολουθούνται τακτά, η πυκνότητα των πρώτων υλών να ελέγχεται και οι απώλειες να καταγράφονται. Ένας καλό πρόγραμμα μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων στοχεύει στη μείωση της φλόγας, στη μείωση των παρα-πετρελαϊκών προϊόντων κ.α.

Άρα, η ορθή διαχείριση της μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση των απωλειών και έπειτα τη θέσπιση μέτρων για τον έλεγχο τους βάσει περιβαλλοντικών, οικονομικών και κανονιστικών εκτιμήσεων. Επιπλέον, το *oil accounting* (Βλ. Ενότητα 2.9), κρίνεται απαραίτητο ώστε να μειωθούν οι απώλειες των υδρογονανθράκων σε πετροχημικές εγκαταστάσεις όπως είναι τα διυλιστήρια.

## **5.1 Μελλοντικές Προτάσεις**

Κλείνοντας την παρούσα εργασία, αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την έρευνα για τη συγγραφή της, τουλάχιστον στην ελληνική βιβλιογραφία, δεν υπήρξαν αναφορές για τη μείωση των υδρογονανθράκων στα διυλιστήρια, πόσο μάλλον μεθόδους για τη μείωση αυτών. Ακόμη και στη διεθνή βιβλιογραφία, οι πηγές ήταν ελάχιστες με αποτέλεσμα η βιβλιογραφική έρευνα της εργασίας να βασίζεται ως επί το πλείστο σε άρθρα με παλιές ημερομηνίες.

Ωστόσο μεταξύ των ετών 2015 και 2021 και μάλιστα το 2017, τα Ελληνικά Πετρέλαια κατατάχθηκαν μεταξύ των 100 κορυφαίων ενεργειακών εταιριών παγκοσμίως σύμφωνα με την Reuters Thomson, διότι κατέγραψε την υψηλότερη κερδοφορία στην ιστορία του με τα κέρδη να αγγίζουν τα 758 εκατ. Ευρώ. Και αυτό διότι σύμφωνα με διεθνή μελέτη της Solomon, η μονάδα καταλυτικής πυρόλυσης

(FCC) στο διυλιστήριο του Ασπρόπυργου είναι μια από τις δύο κορυφαίες παγκοσμίως, μειώνοντας έτσι αφενός τα περιβαλλοντικά απόβλητα και αφετέρου τη μείωση απωλειών υδρογονανθράκων κατά τη διύλιση (Βουρνά, 2021).

Επίσης, στα διυλιστήρια των Ελληνικών Πετρελαίων (ΕΛΠΕ) έχουν πραγματοποιηθεί μια σειρά από σημαντικές βελτιώσεις προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες υδρογονανθράκων καθώς και οι περιβαλλοντικές συνέπειες. Μερικές από τις αναβαθμίσεις περιλαμβάνουν έργο μετατροπής υπολειμμάτων με την εγκατάσταση μονάδων FCC, mild hydrocracker, visbreaker και CCR, σημαντική αναβάθμιση στις μονάδες μετατροπής κ.α. (ΕΛ.ΠΕ, 2023).

Κατά την ομιλία του Εκτελεστικού Προέδρου της ΕΛΠΕ κ. Ευστάθιου Τσοτσορού στο ετήσιο Συνέδριο του IENE «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2017», αναφέρθηκε ότι ο Όμιλος υλοποιεί έναν μεσο-μακροπρόθεσμο σχεδιασμό που είναι προσανατολισμένος στον ενεργειακό και ψηφιακό μετασχηματισμό και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας, μέσω και της αποτελεσματικής υλοποίησης του προγράμματος Έρευνας και Παραγωγής Υδρογονανθράκων με στόχο τη συνεχή βελτίωση των δεικτών SOLOMON INDEX (ENERGY, 2017).

Ως εκ τούτου, η συγγραφή της εργασίας αποτέλεσε μια δοκιμή, η οποία με αρκετή προσπάθεια και επιμονή έφτασε στο τέλος της. Για τους λόγους αυτούς, η εν λόγω εργασία ίσως αποτελέσει πρότυπο για επόμενους φοιτητές λόγω του ότι αποτελεί την πρώτη συστηματική καταγραφή και πιθανόν να υπάρξει ο θεμέλιος λίθος για περαιτέρω έρευνα και εις βάθος μελέτη των απωλειών υδρογονανθράκων για τα ελληνικά τουλάχιστον διυλιστήρια

Συνεπώς, ως μελλοντικές προτάσεις προτείνονται οι εξής (για τα ελληνικά διυλιστήρια και γενικά για τον Ελλαδικό χώρο):

- Μελέτη εφαρμογής χρησιμοποιώντας τα μέτρα μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων που αναφέρονται στη ξένη και διεθνή βιβλιογραφία,
- Περαιτέρω ανάπτυξη πηγών απωλειών υδρογονανθράκων,
- Πιλοτική εφαρμογή των μεθόδων μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων και δημοσίευση αυτών στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφία,



- Δημοσίευση απωλειών υδρογονανθράκων από τα ελληνικά διυλιστήρια (Ελληνικά Πετρέλαιο και Motor Oil) ώστε να χρησιμοποιούνται σε έρευνες.
- Μείωση των μη αναγνωρισμένων απωλειών με σωστή διάγνωση των απωλειών

Παρά το γεγονός ότι τα διυλιστήρια αναφέρουν σε εκθέσεις τους ότι υπάρχει μείωση και σταθεροποίηση των εκπομπών υδρογονανθράκων κατά 60% τα τελευταία περίπου 10 έτη (ΕΛΠΕ, 2009), και συνεπώς αυξανόμενα κέρδη λόγω της μείωσης αυτή, οι μέθοδοι μείωσης δεν αναφέρονται. Η μόνη αναφορά που γίνεται είναι ότι τα διυλιστήρια εφαρμόζουν ήδη προγράμματα έγκαιρης ανίχνευσης και επισκευής διαρροών και αναμένεται πως τα επόμενα έτη να υπάρξει περαιτέρω βελτίωση όσον αφορά τις εν λόγω εκπομπές.

Η εφαρμογή των μέτρων μείωσης απωλειών υδρογονανθράκων που παρουσιάστηκαν στην εν λόγω εργασία, είναι εφικτή για τα ελληνικά διυλιστήρια. Έτσι, σήμερα, θεωρείται να μην αποδεκτή η μείωση των απωλειών υδρογονανθράκων ωστόσο η διαχείριση των πετρελαιοειδών ειδών από τα διυλιστήρια δεν είναι διαθέσιμη ώστε να πραγματοποιηθεί μια μελέτη περίπτωσης βασισμένη σε πραγματικούς αριθμούς. Παρόλα αυτά, στην Μελέτη Περίπτωσης που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4 της παρούσης υπολόγισε της απώλειες σε ποσοστό 0,38%, αριθμός αποδεκτός σύμφωνα με το Solomon Index.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BC Oil & Gas Commission. (2021). *Oil and Gas Glossary and Definitions*. BC Oil & Gas Commission. Retrieved 02 02, 2023, from <https://www.bcogc.ca/files/operations-documentation/Oil-and-Gas-Glossary-and-Definitions.pdf>
- Alcock, J. (2001). *Compilation of existing safety data on hydrogen and comparative fuels*. European Integrated Hydrogen PROject Phase 2 (EIHP2).
- Altfeld, K., & Pinchbeck, D. (2013). *Admissible hydrogen concentrations in natural gas systems*. Gas Energy.
- Amaro, R. L., & et al. (2018). Development of a model for hydrogen-assisted fatigue crack growth in pipeline steel. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, 140(2), 1-13.
- Anthony, W. T., & Neville, R. M. (1994). *The Role of Hydrogen in Enhancing Plastic Instability and Degrading Fracture Toughness in Steels*. Wiley.
- Association, A. G. (2006). *Plastic Pipe Manual for Gas service* (8 ed.). Washington DC 20001 USA, USA: American Gas Association.
- Association, E. I. (2004). *Hydrogen Transportation Pipelines, A document on design, construction, and operational requirements for hydrogen transportation pipelines*. Brussels: European Industrial Gases Association.
- Barthelemy, H. (2011). Effects of pressure and purity on the hydrogen embrittlement of steels. *International Journal of Hydrogen Energy* 36, 3, 2750-2758.
- Beachem, C. D. (1972). A new model for hydrogen-assisted cracking (hydrogen “embrittlement”). *Metallurgical and Materials Transactions B*, 3, 441-455.
- Beychok, M. (1967). *Aqueous Wastes from Petroleum and Petrochemical Plants*. New York: John Wiley & Sons.
- BP. (2022). *bp Statistical Review of World Energy*. BP. Retrieved 01 10, 2023, from <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- Brower, M., & al, e. (2012, June 11-15). Ignition delay time and laminar flame speed calculations for natural gas/hydrogen blends at elevated pressures. *ASME Paper GT2012-69310*, 2, 1005-1016.
- Cammarota, F., & al, e. (2009, September). Combined effects of initial pressure and turbulence on explosions of hydrogen-enriched methane/air mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(5), 607-613.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.05.001>
- Castello, P., Tzimas, E., Moretto, P., & Peteves, S. D. (2005). *Techno-economic assessment of hydrogen transmission and distribution systems in Europe in the medium and long term*. Netherlands: ECN.

- CCAC. (2020, May 20). *Gas flaring has dangerous side effects but these mitigation opportunities could be a win for everyone*. Retrieved 02 05, 2023, from Climate and Clean Air Coalition: <https://www.ccacoalition.org/en/news/gas-flaring-has-dangerous-side-effects-these-mitigation-opportunities-could-be-win-everyone>
- Christoph, K., Cartellieri, W., & Pfeifer, U. (1972). Bewertung der Klopffestigkeit von Kraftgasen mittels der Methanzahl und deren praktische Anwendung bei Gasmotoren. *33(10)*, 389-429.
- Cialone, J., & Holbrook, J. (1988). Sensitivity of steels to degradation in gaseous hydrogen. In L. Raymond, & L. Raymond (Ed.), *Hydrogen embrittlement: Prevention and control* (pp. 134-152). Ann Arbor, MI: ASTM STP 962.
- De Vries, H. (2009). NaturalHy Project Final presentation.
- De Vries, H., Florisson, O., & Thiekstra, G. (2007). SAFE OPERATION OF NATURAL GAS APPLIANCES FUELED WITH HYDROGEN/NATURAL GAS MIXTURES. *International Conference on Hydrogen Safety*. San Sebastian Spain. Retrieved from [http://conference.ing.unipi.it/ichs2007/fileadmin/user\\_upload/CD/PAPERS/13SEPT/6.0.00.pdf](http://conference.ing.unipi.it/ichs2007/fileadmin/user_upload/CD/PAPERS/13SEPT/6.0.00.pdf)
- Di Bella, F. A. (2015). Development of a centrifugal Hydrogen Pipeline Gas Compressor. *1785*, 596-622.
- Dodds, P. E., & Demoullin, S. (2013). Conversion of the UK gas system to transport hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, *38*, 7189-7200.
- duth.gr. (2023, 01 15). *Ισοζύγιο Μάζας*. Retrieved from Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης: <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TME112/%CE%A3%CE%B7%CE%BC.2-%CE%99%CF%83%CE%BF%CE%B6%CF%8D%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CE%9C%CE%AC%CE%B6%CE%B1%CF%82.pdf>
- EAG. (2022). *What you Should Know About Oil & Gas Accounting*. Retrieved 04 22, 2023, from <https://www.eaginc.com/oil-and-gas-accounting-best-practices/>
- Endress-Hausser. (2021, 02 06). Improve Refinery Mass Balance. Retrieved 02 15, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=i5GhmwWivdc>
- Energy Institute. (2004). *Hydrocarbon Management: Guide to hydrocarbon management in petroleum refinery operations*. London : Institute of Petroleum.
- ENERGY, H. (2017, 11 23). *Ομιλία του Εκτελεστικού Προέδρου της ΕΛΠΕ κ. Ευστάθιου Τσοτσόρου στο ετήσιο Συνέδριο του ΙΕΝΕ «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2017»*. Retrieved from HELLENiQ ENERGY: <https://www.helleniqenergy.gr/media/press-releases/omilia-toy-ektelestikoy-proedroy-tis-elpe-k-eystathioy-tsotsoroy-sto-etisio>
- Engineering, G. (2019). *Hydrogen in the gas distribution networks*. Government of South Australia.

- EPA. (2006). *VOC Fugitive Losses: New Monitors, Emission Losses, and Potential Policy Gaps*. Washington DC: Environmental Protection Agency. Retrieved 03 30, 2023, from [https://www3.epa.gov/ttn/chief/efpac/documents/wrkshop\\_fugvocemissions.pdf](https://www3.epa.gov/ttn/chief/efpac/documents/wrkshop_fugvocemissions.pdf)
- Escalante Soberanis, M., & Fernandez, A. (2010). A review on the technical adaptations for internal combustion engines to operate with gas/hydrogen mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(21), 12134-12140.
- Fekete, J., & al, e. (2015). Economic impact of applying high strength steels in hydrogen gas pipelines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40, 10547-10558.
- Florisson, O. (2009). NATURALHY an overview NATURALHY Final Public Presentation. Groningen Netherlands.
- Florisson, O. (2012). *NaturalHy Website*. Retrieved October 14, 2014, from <http://www.naturalhy.net>
- Gahr, S., Grossbech, M. L., & Birnbaum, H. K. (1977). Acta Metall. *Corrosion in Petrochemical industry*, 25, 125.
- GEA. (2023). *CLARIFYING DECANTERS FOR EDIBLE OIL REFINING*. Retrieved from GEA: <https://www.gea.com/en/products/centrifuges-separation/decanter-centrifuge/clarifying-decanter/clarifying-decanters-edibleoil-refining.jsp>
- GGFR. (2022). *2022 Global Gas Flaring Tracker Report*. Washington : GGFR. Retrieved 01 31, 2023, from <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/1692f2ba2bd6408db82db9eb3894a789-0400072022/original/2022-Global-Gas-Flaring-Tracker-Report.pdf>
- GRTgaz, & al, e. (2019). Technical and economic conditions for injecting hydrogen into natural gas networks - Final report. 51(4).
- Gueugnaut, D., & al, e. (2008). *Evaluation of the Permeability to CH<sub>4</sub> and CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub> of PE currently based in Gas distribution networks*. France: GAZ de France.
- Hagen, A. B., & Alvaro, A. (2020). *Hydrogen Influence on Mechanical properties in pipeline steel*. NORWAY: Sintef report 2020:00130.
- Haines, M. R., Polman, W., & De laat, J. C. (2004). Reduction of CO<sub>2</sub> emissions by addition of hydrogen to natural gas. Vancouver Canada: Greenhouse Gas Control Technologies Conference.
- Harry, M. (1995). *Industrial Pollution Handbook*. New York: McGraw Hill .
- Hirth, J. (2013). The Role of Hydrogen in Enhancing Plastic Instability and Degrading Fracture Toughness in Steels. In W. T. Anthony, & R. M. Neville (Eds.), *Hydrogen Effects in Materials* (pp. 505-522). Wiley.
- Hu, E., Huang, Z., He, J., Jin, C., & Zheng, J. (2009). Experimental and numerical study on laminar burning characteristics of premixed methane-hydrogen air flames. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(11), 4876-4888.

- Huang, Z., Zhang, Y., Zeng, K., Liu, B., Wang, Q., & Jiang, D. (2006). Measurements of laminar burning velocities for natural gas-hydrogen-air mixtures. *Combustion and Flame*, 146(1-2), 302-311.
- IFM. (2020, 09 25). *Everything You Need To Know About Tricanter Centrifuges*. Retrieved from Industrial Fluid Management: <https://ifm.forest-grp.com/news/everything-you-need-to-know-about-tricanter-centrifuges>
- Ilbas, M., Crayford, A. P., Yilmaz, I., Bowen, P. J., & Syred, N. (2007). Laminar Burning velocities of Methane-hydrogen-air mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 31(12), 1768-1779.
- Knott, J. F. (1996). Fracture Toughness and Hydrogen Assisted Crack Growth in Engineering Alloys. In W. T. Anthony, & R. M. Neville (Eds.), *Hydrogen Effects in Materials* (p. 387). Wiley.
- Larfeidt, J., Anderson, M., Larsson, A., & Moell, D. (2017). *Hydrogen Co-Firing in Siemens Low NOX industrial Gas Turbines*. Power-Gen Eur.
- Law Insider. (2023, 01 10). *Solomon Energy Intensity Index® definition*. Retrieved from Law Insider: <https://www.lawinsider.com/dictionary/solomon-energy-intensity-index>
- Lee, A. J., & Stephen, W. (2016). *Hydrogen Embrittlement*. NASA TM-218602.
- Leighty, W. C., & al, e. (2006). Compressorless hydrogen transmission pipelines deliver large-scale stranded renewable energy at competitive cost. Amsterdam: 23rd World Gas Conference.
- Liquide, A. (2013). Hydrogen Delivery Technologies and Systems; Pipeline Transmission of Hydrogen. *Strategic Initiatives for Hydrogen Delivery Wrokshop Presentations*. Arlington, VA. May: United States Department of Energy.
- Lowesmith, B., Hankinson, G., spataru, C., & Stobbart, M. (2009). Gas build-up in a domestic property following realases of methane/hydrogen mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(14), 5932-5939.
- Matsumara, I. (1974). *Evaporation Loss of Hydrocarbon in Handling Petroleum*. Japan: <https://www.jstage.jst.go.jp/>. Retrieved 03 15, 2023, from [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpi1959/16/2/16\\_2\\_132/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpi1959/16/2/16_2_132/_pdf/-char/ja)
- Melaina, W. M., Antonia, O., & Penev, M. (2013). *Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A review of key issues (NREL/TP-5600-51995)*. Colorado 80401: National Renewable Energy Laboratory.
- Melaina, W. M., Penev, M., & Zubov, Z. (2015). Hydrogen blending in Natural gas Pipelines. In Y. Jinyue (Ed.), *Handbook of Clean Energy systems*. John Wiley & Sons. doi:10.1002/9781118991978.hces205
- Miao, H., Jiao, Q., Huang, Z., & Jiang, D. (2008). Effect of initial pressure on laminar combustion characteristics of hydrogen-enriched natural gas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(14), 3876-3885.

- Mohitpour, M., Golshan, H., & Murray, A. (2007). *Pipeline design & Construction A practical Approach* (3 ed.). New York: ASME Press.
- Nanninga, N. E., Slifka, A., Levy, Y., & White, C. (2010, December 1). A review of Fatigue crack growth for pipeline steels exposed to hydrogen. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 115(6), 437-452.  
doi:10.6028/jres.115.030
- Oriani, R. A. (1972). A mechanistic theory of hydrogen embrittlement of steels. *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, 76(8), 848-857.
- Petch, N. J., & Stables, P. (1952). Delayed fracture of metals under static load. *Nature*, 169, 842-843.
- Pircard, D. (2006). *Fugitive Emissions from Oil and Natural Gas Activities*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Polman, E., & Walters, M. (2002). Pathways to a hydrogen society. Orlando: Proceedings Natural Gas Technologies.
- Popielarczyk, J. (2014, June). *Reducing Hydrocarbon Losses in Refineries*. Retrieved 01 10, 2023, from <https://www.solomoninsight.com/>:  
<https://www.solomoninsight.com/assets/files/Reducing-Hydrocarbon-Losses-in-Refineries.pdf>
- Pourechie, O., & Saien, J. (2019). Treatment of real petroleum refinery wastewater with alternative ferrous-assisted UV/persulfate homogeneous processes. *Desalination and Water Treatment*, pp. 142-147. Retrieved 02 14, 2023, from [https://www.researchgate.net/publication/330866039\\_Treatment\\_of\\_real\\_petroleum\\_refinery\\_wastewater\\_with\\_alternative\\_ferrous-assisted\\_UVpersulfate\\_homogeneous\\_processes](https://www.researchgate.net/publication/330866039_Treatment_of_real_petroleum_refinery_wastewater_with_alternative_ferrous-assisted_UVpersulfate_homogeneous_processes)
- Pressouvre, G. M., & Bernstein, I. M. (1978). A quantitative analysis of hydrogen trapping. *Metallurgical transactions*, 9, 1571-1580.
- Rahi, M. (2021). Treatment of petroleum refinery effluents and wastewater in Iraq: A mini review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.  
doi:10.1088/1757-899X/1058/1/012072
- Ronevich, J., & San Marchi, C. (2019). Hydrogen effects on pipeline steels and blending into natural gas. Livermore CA: American Gas Association Sustainable growth Committee.
- Schmura, E., & Klingenberg, M. (2005). *Existing Natural Gas Pipeline Materials and Associated Operational*. Johnstown, PA 15904: DOE Hydrogen Program.
- Scholten, F., & Walters, M. (2002). Hydrogen diffusion through plastic pipes., (pp. 280-284). San Francisco, California, USA. Retrieved 2002
- Sigmafine. (2021, 12 15). Refinery Oil Losses: Identification, Analysis & Control. Pifsoft. Retrieved 01 05, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=4uA3dcgXXXI&t=252s>

- Slifka, A. J., Drexler, S. E., Amaro, L. R., Hayden, E. L., Lauria, S. D., Hrabe, W. N., & Stalheim, G. D. (2018). Fatigue measurement of pipeline steels for the application of transporting gaseous hydrogen. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, *140*(1), 011407 1-12.
- Smith, S. (2012). *High Pressure Air Assist System and Flare Gas Recovery Technology for Continuous Flare Management*. zeeco. Retrieved 03 14, 2023, from <https://www.zeeco.com/resources/technical-papers/high-pressure-air-assist-system-and-flare-gas-recovery-technology-for-continuous-flare-management>
- Smith, L. (1998). *The fundamentals of gas tungsten arc welding: Preparation, consumables and equipment necessary for the process*. Retrieved 08 25, 2021, from <http://www.thefabricator.com/article/arcwelding/the-fundamentals-of-gas-tungsten-arc-welding-preparation-consumables-and-equipment>
- Steiner, K. (2018, June). Metering errors of residential meters and uncertainties of meter readings in case of injection of hydrogen into the natural gas network. *gwf Gas+Energie*, pp. 40-46.
- SurfCleaner. (2023). *How SurfCleaner Skimmer Separator Hybrids can be used in oil refinery API separators*. Retrieved from SurfCleaner: <https://surfcleaner.com/2023/06/09/how-to-reduce-emissions-from-oil-refinery-api-separators-with-surfcleaner-skimmer-separator-hybrids/>
- Taamaliah, S., Vogiatzaki, K., Alzahrani, F. M., Mokheimer, E., Habib, M., & Ghoniem, A. (2018, January). Erratum to Fuel flexibility, stability and emissions in premixed hydrogen-rich gas turbine combustion: Technology, fundamentals, and numerical simulations. *Applied Energy*, *154*(2015), 1020-1047. doi:10.1016/j.apenergy.2015.04.044
- Troiano, A. R. (1960). The role of Hydrogen and other interstitials in the mechanical behavior of metals. *Transactions of the American Society of Metals*, *52*, 54-80.
- Troiano, A. R. (2016). The role of hydrogen and other interstitials in the mechanical behavior of metals. *Metallography, Microstructure and Analysis*, *5*, 557-569.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2015). *Compilation of Air Pollution Emission Factors*. Research Triangle Park: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air. Retrieved 01 31, 2023, from <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>
- UST Operating Training. (2015). *Automatic Tank Gauging (ATG)*. North Dakota: North Dakota UST .
- Valentine, J., Emerson, A., & Videla, R. (2019, Μάιος ). Case study for a high-performing refinery loss control program. *Hydrocarbon Processing*. Retrieved 03 02, 2023, from <https://www.hydrocarbonprocessing.com/magazine/2019/may-2019/process-optimization/case-study-for-a-high-performing-refinery-loss-control-program>
- Van den Noort, A. (2017). *Verkenning waterstofinfrastructuur*. 9704 CA Groningen: DNV-GL.

- Vitovec, F. H. (1982). Modeling of hydrogen attack of steel in relation to material and environmental variables. *Current Solutions to Hydrogen Problems in Steels*, 236-241.
- Vosikovskiy, O. (1981). Fatigue crack closure in an X70 steel. *International Journal of Fracture*, 17(3), 301-309.
- Wachob, H. F., & Nelson, H. (1980). Influence of microstructure on the fatigue crack growth of A516 in hydrogen. (pp. 703-711). Proceedings of the Third International Conference on Effect of Hydrogen on Behavior of Materials.
- Wake, H. (2005, 01). Oil refineries: a review of their ecological impacts on the aquatic environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 131-140. Retrieved 01 31, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771404002240>
- Walter, R., & Chandler, W. (1976). Cyclic-load crack growth in ASME SA-105 GRADE II steel in high-pressure hydrogen at ambient temperature. *International conference Effect of Hydrogen on behavior of Materials*, (pp. 273-286). USA. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/citations/19760063528>
- Wiggins, J. (1922). *Evaporation Loss of Petroleum in the Mid-Continent Field*. Washington: US Bureau of Mines, Government Print Office. Retrieved 03 18, 2023, from [https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc12390/m2/1/high\\_res\\_d/Bulletin0200.pdf](https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc12390/m2/1/high_res_d/Bulletin0200.pdf)
- Wolff, E. (2019, 05 01). *Refinery and Petrochemicals Hydrocarbon Mass Balance & Hydrocarbon Loss*. Retrieved 01 28, 2023, from <https://www.linkedin.com/pulse/refinery-petrochemicals-hydrocarbon-mass-balance-loss-eric-hans-wolff>
- Yoshioka, S., Kumasawa, M., & Demizu, M. (1983). Fatigue crack growth behavior in hydrogen gas environment. *Journal of the Society of Materials Science Japan*, 32(355), 435-440.
- Zachariah-Wolf, J., Egyedi, T. M., & Hemmes, K. (2007). From natural gas to hydrogen via the wobbe index: the role of standardized gateways in sustainable infrastructure transitions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(9), 1235-1245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2006.07.024>
- Zapffe, C., & Sims, c. (1941). Hydrogen Embrittlement, Internal Stress and Defects in Steel. *Transactions of American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, 145, 225.
- Βουρνά, Χ. (2021). Οι προκλήσεις της βιώσιμης ανάπτυξης και του ψηφιακού μετασχηματισμού για τον κλάδο των πετρελαιοειδών καυσίμων στην Ελλάδα. *Μεταπτυχιακό πρόγραμμα στη διοίκηση επιχειρήσεων για στελέχη*. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς .
- ΕΛ.ΠΕ. (2023). *ΔΙΥΛΙΣΗ, ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΜΠΟΡΙΑ*. Retrieved from ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΙΕΤΡΕΛΑΙΑ: <https://www.helpe.gr/investor-relations-old/key-data/our-businesses/refining-supply-and-trading>



ΕΛΠΕ. (2009). *Η Συμβουλή μας στο Περιβάλλον*. Αθήνα: ΕΛΠΕ. Retrieved 04 28, 2023, from <http://www.helpe.gr/Uploads/resource/Social%20GR%20-%20Ch%2005.pdf>

Καλδέλλης, Ι. (2020, 11 06). *Η Εξέλιξη της Κατανάλωσης Ενέργειας του Πλανήτη μας (1965-2020). Πόσο μακριά βρισκόμαστε από μια καθαρή-πράσινη ενεργειακή λύση;*. Retrieved from *Διάλογοι Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής*: <https://dialogoi.uniwa.gr/articles/i-exelixa-tis-katanalosis-energeias-toy-planiti-mas-1965-2020-poso-makria-vriskomaste-apo-mia-kathari-prasini-energeiaki-lysi/>