



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οι δυνατότητες των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς
υγροποιημένου φυσικού αερίου



ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΕΦΡΑΙΜ

Επιβλέπων καθηγητής:

Αθανάσιος Μπαλλής, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπαλλή, για την επιστημονική καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της διεκπεραίωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά την κ. Τατιάνα Μοσχόβου, Ε.ΔΙ.Π για την άριστη συνεργασία και τις πολύτιμες συμβουλές της, καθώς και την κ. Σφακιανάκη Εύη, Ε.Τ.Ε.Π που ήταν πάντα πρόθυμη να προσφέρει την βοήθειά της.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην Αλίκη, που είναι πάντα δίπλα μου και στην οικογένειά μου που με στηρίζει σε κάθε μου προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΤΙΤΛΟΣ : Οι δυνατότητες των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου

Όνομα σπουδαστή : Χαράλαμπος Εφραίμ

Η Ευρώπη αποτελεί καθαρό εισαγωγέα φυσικού αερίου, το οποίο προμηθεύεται είτε ως ξηρό φυσικό αέριο, είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Η εκτιμωμενη αύξηση της ζήτησης στο εγγύς μελλον υποδεικνύει την ανάγκη ανάπτυξης υποδομών για την διακίνηση υγροποιημένου φυσικού αερίου στους ευρωπαϊκούς λιμένες και για τον λόγο αυτό, νέοι τερματικοί σταθμοί LNG σχεδιάζονται ή βρίσκονται υπό κατασκευή. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Διατυπώθηκαν σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG με έμφαση στον τομέα των μεταφορών (ενεργειακές απαιτήσεις Ι.Χ οχημάτων νέας τεχνολογίας, φορτηγών και πλοίων). Η επίλυση των σεναρίων αυτών έγινε με χρήση γραμμικού προγραμματισμού (μέθοδος ροής ελαχίστου κόστους) σε προγραμματιστικό περιβάλλον AMPL. Τα βασικά συμπεράσματα της διερεύνησης είναι ότι οι νέοι τερματικοί σταθμοί LNG δίνουν τη δυνατότητα στις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης να μειώσουν την εξάρτησή τους από τους παραδοσιακούς προμηθευτές τους και να ξεπεράσουν περιορισμούς χωρητικότητας από το σύστημα αγωγών φυσικού αερίου. Με την αναβάθμιση του τερματικού σταθμού της Ρεβυθούσας και την δημιουργία του πλωτού τερματικού σταθμού Αλεξανδρούπολης, η Ελλάδα, θα διαθέτει σύντομα μεγαλύτερη δυναμικότητα όσον αφορά στις εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου, στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης και σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση της κατασκευής των αγωγών φυσικού αερίου που θα διέρχονται από την χώρα αποκτά ισχυρή δυναμική ώστε να αποτελέσει ενεργειακό κόμβο για την ευρύτερη περιοχή.

Λέξεις κλειδιά: φυσικό αέριο, υγροποιημένο φυσικό αέριο, LNG, μέθοδος ελαχίστου κόστους, AMPL

ABSTRACT

Europe is a net importer of natural gas, which is supplied either as dry natural gas or liquified natural gas (LNG). The estimated increase in demand in the near future indicates the need to develop liquefied natural gas infrastructure in European ports and for this reason new LNG terminals are being planned or are under construction. The aim of this diploma thesis is to investigate the potential of Greek ports in the liquefied natural gas transport system. Future supply and demand scenarios for natural gas and LNG have been formulated with emphasis on the transport sector (energy requirements of new technology vehicles, trucks and ships). These scenarios were solved using linear programming (minimum cost flow method) in AMPL programming environment. The main findings of the investigation are that the new LNG terminals enable South East European countries to reduce their dependence on their traditional suppliers and overcome capacity constraints from the gas pipeline system. With the upgrading of Revythousa's terminal and the construction of the Alexandroupolis floating terminal, Greece will soon have an increased capacity in LNG facilities regarding the region of the southeastern Europe and in conjunction with the completion of gas pipelines construction through the country, has strong potential to become an energy hub for the wider region.

Keywords: natural gas, liquified natural gas, LNG, minimum cost flow, AMPL

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Ενέργεια και φυσικό αέριο	1
1.2	Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής εργασίας	3
1.3	Δομή της διπλωματικής εργασίας	3
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	4
3.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	12
3.1	Μεθοδολογική προσέγγιση	12
3.2	Υπολογιστικά εργαλεία	19
4.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	21
4.1	Ανάπτυξη σεναρίων ζήτησης φυσικού αερίου και LNG	21
4.1.1	Παγκόσμια παραγωγή και αποθέματα φυσικού αερίου	21
4.1.2	Παγκόσμια ζήτηση φυσικού αερίου	27
4.1.3	Πλοία Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου	33
4.1.4	Τερματικοί σταθμοί LNG	37
4.1.5	Τάσεις στην αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου	43
4.1.6	Παρούσα κατάσταση και προοπτικές χρήσης του συμπιεσμένου και υγροποιημένου φυσικού αερίου στις μεταφορές	48
4.1.7	Παραγωγή και ζήτηση φυσικού αερίου και LNG στη νοτιοανατολική Ευρώπη	56
4.1.8	Ο ρόλος της Ελλάδας στο σύστημα μεταφοράς του φυσικού και LNG στην νοτιοανατολική Ευρώπη	71
4.2	Διατύπωση σεναρίων μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG στην Ευρώπη	84
4.2.1	Σενάριο 0: Υφιστάμενη κατάσταση	85
4.2.2	Σενάριο 1: Αύξηση της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου	89
4.2.3	Σενάριο 2: Αύξηση της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές	97
4.3	Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων	103
4.3.1	Σενάριο 0: Υφιστάμενη κατάσταση	103
4.3.2	Σενάριο 1: Αύξηση της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου	105
4.3.3	Σενάριο 2: Αύξηση της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές	107
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	111
6.	ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	113
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Χάρτης με τους κόμβους του δικτύου αγωγών.....	13
Εικόνα 2. Χάρτης με τους αγωγούς του δικτύου	14
Εικόνα 3. Απόσπασμα του μητρώου δικτύου (Param A)	15
Εικόνα 4. Πορεία επίλυσης στο προγραμματιστικό περιβάλλον του AMPL	16
Εικόνα 5. Αρχείο mod μεταβλητών, περιορισμών και εξισώσεων	17
Εικόνα 6. Αρχείο καθορισμού solver και εκτέλεσης προγράμματος.....	17
Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής δημιουργίας μοντέλου	18
Εικόνα 8. Παραγωγή φυσικού αερίου (bcm) [].....	22
Εικόνα 9. Συνολικά αποθέματα φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]	23
Εικόνα 10. Εξέλιξη αποθεμάτων προς παραγωγή ανά τον κόσμο 2017 [31].....	24
Εικόνα 11. Ποσοστά αποθεμάτων φυσικού αερίου ανά περιοχή [31]	25
Εικόνα 12. Παραγωγή φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]	27
Εικόνα 13. Κατανάλωση φυσικού αερίου (bcm) [29]	28
Εικόνα 14. Κατά κεφαλήν κατανάλωση φυσικού αερίου παγκοσμίως για το 2017 [31]	29
Εικόνα 15. Κατανάλωση φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]	30
Εικόνα 16. Εξέλιξη της ζήτησης φυσικού αερίου σε ενδεικτικές περιοχές [34]	31
Εικόνα 17. Παραγωγή (αριστερά) και κατανάλωση (δεξιά) φυσικού αερίου ανά περιοχή [31]	32
Εικόνα 18. Οι κύριες ανταλλαγές φυσικού αερίου ανά τον κόσμο το 2017 [31]	33
Εικόνα 19. Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου με τέσσερις δεξαμενές []	34
Εικόνα 20. Τυπικό σχέδιο σφαιρικής δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου[37].....	35
Εικόνα 21. Τυπικό σχέδιο δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου με μεμβράνη [37] ...	36
Εικόνα 22. Σύγκριση κόστους μεταφοράς LNG και μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω αγωγών. α) υποθαλάσσιος αγωγός διαμέτρου 900mm, b) μεταφορά LNG με υγροποίηση επί εδάφους (125.800 m ³) c) χερσαίος αγωγός διαμέτρου 1000mm	37
Εικόνα 23. Μονάδα υγροποίησης φυσικού αερίου	38
Εικόνα 24. Τυπική δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου [25]	39
Εικόνα 25. Παραγωγική διαδικασία υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	40
Εικόνα 26. Πλωτός τερματικός σταθμός LNG σε μόνιμα αγκυροβολημένο σκάφος	41
Εικόνα 27. Πλοίο μεταφοράς με εγκατεστημένη μονάδα επαναεριοποίησης στο κατάστρωμα του σκάφους.....	41

Εικόνα 28. Φορτοεκφόρτωση LNG μέσω σωληνώσεων υποστηριζόμενων από ειδικούς βραχίονες	42
Εικόνα 29. Φορτοεκφόρτωση LNG μέσω κρυογενικών σωλήνων	42
Εικόνα 30. Μεταφορές LNG σε περιοχές εντός ΟΟΣΑ το 2017 []	44
Εικόνα 31. Προβλέψεις για το φυσικό αέριο στην Κίνα. Ζήτηση(κόκκινη καμπύλη), εγχώρια παραγωγή(μπλε καμπύλη), εισαγωγές (πράσινη καμπύλη)	45
Εικόνα 32. Οι κύριες ανταλλαγές LNG ανά τον κόσμο το 2017 [31].....	46
Εικόνα 33. Ανάπτυξη της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη [38]	49
Εικόνα 34. Οχήματα φυσικού αερίου και σταθμοί στην Ευρώπη [52].....	50
Εικόνα 35. Εμπορική διείσδυση οχημάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη [52]	51
Εικόνα 36. Λεωφορείο που κινείται με φυσικό αέριο στην Ελλάδα	51
Εικόνα 37. Χάρτης σταθμών φυσικού αερίου ανά χώρα στην Ευρώπη	52
Εικόνα 38. Οχήματα φυσικού αερίου ανά σταθμό στην Ευρώπη [52].....	52
Εικόνα 39. Διάταξη των χώρων αποθήκευσης LNG	54
Εικόνα 40. Παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου και το μερίδιό του (%) στην εγχώρια παραγωγή []	56
Εικόνα 41. Εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου (πράσινο χρώμα), εγχώρια κατανάλωση φυσικού αερίου (κόκκινο χρώμα) σε δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm)	57
Εικόνα 42. Η προμήθεια ρώσικου φυσικού αερίου σε χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης.....	59
Εικόνα 43. Δίκτυο διανομής φυσικού αερίου στην περιοχή των Βαλκανίων [Error! Bookmark not defined.].....	60
Εικόνα 44. Διανομή LNG στη Μαύρη Θάλασσα και διασυνδέσεις με αγωγούς φυσικού αερίου [27]	61
Εικόνα 45. Εναλλακτικές διαδρομές του καναλιού της Κωνσταντινούπολης []	62
Εικόνα 46. Χάρτης του ποταμού Δούναβη []	63
Εικόνα 47. Σκάφος με δυνατότητα μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω ποταμού αλλά και μέσω ανοικτής θάλασσας	64
Εικόνα 48. Οι επτά διαφορετικές επιλογές προμήθειας φυσικού αερίου της νοτιοανατολικής Ευρώπης	65
Εικόνα 49. Το ελληνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου (μπλε χρώμα) και οι διασυνδέσεις με μελλοντικούς αγωγούς [65]	72
Εικόνα 50. Χάρτης τερματικών σταθμών υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη [72]	73
Εικόνα 51. Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη Ρεβυθούσα.	74
Εικόνα 52. Χάρτης με τα έξι ευρωπαϊκά λιμάνια που συμπεριλαμβάνονται στο Poseidon Med II [72].....	75

Εικόνα 53. Σχεδιάγραμμα μόνιμης υπεράκτιας εγκατάστασης [70]	76
Εικόνα 54. Ο πυργίσκος πρόσδεσης της πλωτής μονάδας [70].....	77
Εικόνα 55. Λεπτομέρεια του πυργίσκου πρόσδεσης της πλωτής μονάδας [70].....	77
Εικόνα 56. Χάρτης των διασυνδέσεων του τερματικού σταθμού LNG Αλεξανδρούπολης [] .	78
Εικόνα 57. Χάρτης του νότιου διαδρόμου φυσικού αερίου [77]	79
Εικόνα 58. Χάρτης των διασυνδέσεων του τερματικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης [72]	80
Εικόνα 59.	81
Εικόνα 60. Οι ναυτιλιακές εταιρείες με το μεγαλύτερο αριθμό πλοίων μεταφοράς LNG [,,,,,,]	82
Εικόνα 61. Η κατάταξη των χωρών με το μεγαλύτερο στόλο πλοίων μεταφοράς LNG [].....	83
Εικόνα 62. Οι τερματικοί σταθμοί LNG της Ευρώπης [84].....	85
Εικόνα 63. Κατανάλωση, παραγωγή και καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου ανά χώρα (στοιχεία Eurostat 2017)	86
Εικόνα 64. Καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου.....	87
Εικόνα 65. Εισαγωγές LNG και συνολική χωρητικότητα εγκαταστάσεων LNG ανά χώρα	88
Εικόνα 66. Αγωγοί που τροφοδοτούν το ευρωπαϊκό δίκτυο	89
Εικόνα 67. Χάρτης της Ευρώπης με τους πέντε βασικούς πόλους που την τροφοδοτούν	89
Εικόνα 68. Οι υπό κατασκευή τερματικοί σταθμοί LNG Gran Canaria και Tenerife []	90
Εικόνα 69. Αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και το μερίδιό τους στο συνολικό στόλο οχημάτων [,].....	91
Εικόνα 70. Αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε bcm	92
Εικόνα 71. Δείκτης πυκνότητας δικτύου	93
Εικόνα 72. Δείκτης πυκνότητας δικτύου	94
Εικόνα 73. Δείκτες ποσοστού διείσδυσης σε οικιακό και βιομηχανικό τομέα []	95
Εικόνα 74. Δείκτης ποσοστού διείσδυσης στον οικιακό τομέα.....	96
Εικόνα 75. Δείκτης ποσοστού διείσδυσης στο βιομηχανικό τομέα	96
Εικόνα 76. Αύξηση ζήτησης ανά χώρα.....	97
Εικόνα 77. Χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG σε λειτουργία, υπό κατασκευή και υπό σχεδιασμό ανά χώρα σε bcm	98
Εικόνα 78. Οι υπό σχεδιασμό τερματικοί σταθμοί LNG	99
Εικόνα 79. Αριθμός μεσαίων και βαρέων οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και το μερίδιό τους στο συνολικό στόλο οχημάτων []	100

Εικόνα 80. Αριθμός μεσαίων και βαρέων οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε bcm	101
Εικόνα 81. Αριθμός εμπορικών πλοίων ανά χώρα []	102
Εικόνα 82. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης.....	104
Εικόνα 83. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο υφιστάμενης κατάστασης)	104
Εικόνα 84. Αποτελέσματα του μοντέλου για το σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου.....	105
Εικόνα 85. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης (σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου).....	106
Εικόνα 86. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου)	107
Εικόνα 87. Αποτελέσματα του μοντέλου για το σενάριο αύξησης της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές .	108
Εικόνα 88. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης (σενάριο αύξησης της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές)	109
Εικόνα 89. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο λειτουργίας όλων των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG στην Ευρώπη).....	110

1. Εισαγωγή

1.1 Ενέργεια και φυσικό αέριο

Η ενέργεια είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την καθημερινή ζωή των ανθρώπων σήμερα. Το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων παράγει, αποθηκεύει, μετατρέπει και καταναλώνει τεράστια ποσά ενέργειας. Η κίνηση, η θερμότητα, ο ηλεκτρισμός είναι κάποιες από τις πιο συνηθισμένες μορφές ενέργειας που συναντώνται. Με τη χρήση πολλών διαφορετικών πηγών ενέργειας όπως ο άνεμος, ο άνθρακας, η ξυλεία ή τα τρόφιμα μάς δίνεται η δυνατότητα να θέσουμε αντικείμενα σε κίνηση, να μεταβάλουμε θερμοκρασίες, να παράγουμε ήχο και εικόνα. Με άλλα λόγια, μας δίνεται η δυνατότητα να παράγουμε έργο.

Ο κύκλος της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας ξεκινά από τις αρχικές μορφές ενέργειας οι οποίες στο σύνολό τους αποτελούν την πρωτογενή ενέργεια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο άνθρακας, το αργό πετρέλαιο, ο άνεμος ή το ηλιακό φως όμως ελάχιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους καταναλωτές. Το επόμενο βήμα είναι η μετατροπή των πρωτογενών μορφών σε τελική ενέργεια όπως για παράδειγμα ηλεκτρισμός ή βενζίνη. Ο κύκλος παραγωγής και κατανάλωσης της ενέργειας κλείνει μετατρέποντας την τελική ενέργεια σε χρήσιμη ενέργεια παρέχοντας ενεργειακές υπηρεσίες [1].

Οι πηγές ενέργειας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνο από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που έχουν σκοπό τη δέσμευση του δυναμικού τους. Παραδείγματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η ηλιακή, η αιολική και η υδραυλική ενέργεια.
- Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Χαρακτηρίζονται έτσι οι πηγές οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά για τα ανθρώπινα μέτρα από φυσικές διαδικασίες. Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται κυρίως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, γνωστά και ως ορυκτά καύσιμα [2].

Το φυσικό αέριο εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες και εξαιτίας των ιδιοτήτων του θεωρείται οικολογικό καύσιμο. Απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται συνήθως σε μεγάλες αποστάσεις από τα κύρια κέντρα καταναλώσεως και συνεπώς πρέπει να μεταφερθεί. Η μεταφορά του φυσικού αερίου πραγματοποιείται μέσω αγωγών υπό υψηλή πίεση. Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Η χρήση του φυσικού αερίου παρέμεινε περιορισμένη, καθώς δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο βρισκόταν στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το

πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό. Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, στις κατοικίες και στην κίνηση οχημάτων (επιβατηγά, φορτηγά, λεωφορεία κλπ) [3].

Όταν το φυσικό αέριο ψύχεται στους -162°C μεταπίπτει από την αέρια στην υγρή κατάσταση και ονομάζεται υγροποιημένο φυσικό αέριο, LNG (Liquefied Natural Gas). Ο όγκος του υγροποιημένου φυσικού αερίου μειώνεται κατά 600 φορές περίπου σε σχέση με την αέρια κατάστασή του. Η υγροποίηση του φυσικού αερίου επιτυγχάνεται σε εξειδικευμένες παραγωγικές μονάδες (LNG liquefaction terminals) συνήθως σε σχετικά μικρή απόσταση από τα πεδία παραγωγής [4]. Η μεταφορά του γίνεται σε κρυογενικές δεξαμενές μέσω πλοίων, φορτηγών οχημάτων ή τρένων. Ο συνηθέστερος τρόπος μεταφοράς του είναι με πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas Carriers). Πρόκειται για ειδικά δεξαμενόπλοια τα οποία μεταφέρουν φυσικό αέριο, στην υγρή του κατάσταση, σε τερματικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο. Σε αυτούς τους τερματικούς σταθμούς, το LNG επιστρέφει στην αέρια του κατάσταση και μεταφέρεται μέσω αγωγών σε εταιρείες διανομής, βιομηχανικούς καταναλωτές και σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής [5]. Με αυτό τον τρόπο έχουν πρόσβαση στο φυσικό αέριο ακόμη και αγορές που βρίσκονται μακριά από τις περιοχές παραγωγής. Στην Ελλάδα λειτουργεί τερματικός σταθμός LNG στη Ρεβυθούσα. Ωστόσο, η γεωγραφική θέση της χώρας σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό λιμανιών που διαθέτει αλλά και τον ελληνόκτητο στόλο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, ο οποίος κατατάσσεται στη δεύτερη θέση παγκοσμίως, δημιουργούν νέες ευκαιρίες για την κατασκευή και άλλων τερματικών σταθμών LNG σε όλη τη χώρα και διευρύνουν το φάσμα των αγορών υγροποιημένου φυσικού αερίου που θα έχουν πρόσβαση στους ελληνικούς λιμένες.

Το φυσικό αέριο συμπιέζεται σε λιγότερο από 1% του όγκου που καταλαμβάνει στην ατμοσφαιρική πίεση και έτσι παράγεται το συμπιεσμένο φυσικό αέριο, CNG (Compressed Natural Gas). Σε αντίθεση με το υγροποιημένο φυσικό αέριο, το οποίο αποθηκεύεται σε χαμηλή θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση, το συμπιεσμένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και υψηλή πίεση. Το CNG μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφοράς σε μηχανές εσωτερικής καύσης και θεωρείται εναλλακτικό καύσιμο μεταφοράς καθώς προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη αλλά και οικονομία. Η προσπάθεια που γίνεται για μείωση των εκπομπών ρύπων, ιδιαίτερα στον τομέα των μεταφορών και η προώθηση εναλλακτικών καυσίμων έναντι των συμβατικών καυσίμων (βενζίνη και ντίζελ) έχει ως αποτέλεσμα η ζήτηση για το φυσικό αέριο ως καύσιμο μεταφοράς να αυξάνεται, σημειώνοντας μάλιστα μεγαλύτερη αύξηση από οποιοδήποτε άλλο καύσιμο [6].

1.2 Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ενέργειας και συγκεκριμένα η μεταφορά του φυσικού αερίου στην Ευρώπη. Μελετήθηκαν η παραγωγή και η ζήτηση φυσικού αερίου καθώς και η χρήση του στον τομέα των μεταφορών είτε ως συμπιεσμένο είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο υγροποιημένο φυσικό αέριο, τον τρόπο μεταφοράς του και τους τερματικούς σταθμούς όπου διανέμεται, αποθηκεύεται και επαναεριοποιείται. Αναλύθηκαν στοιχεία της αγοράς φυσικού αερίου στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης και εξετάστηκε ο ρόλος που διαδραματίζει η Ελλάδα στη συγκεκριμένη αγορά. Δημιουργήθηκαν σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG, χρησιμοποιώντας το προγραμματιστικό περιβάλλον του AMPL. Σκοπός είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου.

1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι βασικές έννοιες της ενέργειας που είναι απαραίτητες για την κατανόηση των βασικών θεμάτων για την παρούσα διπλωματική εργασία, όπως είναι ο κύκλος παραγωγής ενέργειας, οι πηγές ενέργειας, και το φυσικό αέριο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται τα άρθρα που μελετήθηκαν για τη βιβλιογραφική επισκόπηση και αποτελούν σχετικές εργασίες σε θέματα ζήτησης του φυσικού αερίου και LNG, παγκόσμιας αγοράς LNG και ανταγωνισμού, χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στον τομέα των μεταφορών, είτε ως συμπιεσμένο είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση για τη διαμόρφωση του μοντέλου και περιγράφονται τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη της εφαρμογής του μοντέλου,

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά την εφαρμογή του μοντέλου. Παρουσιάζονται στοιχεία του φυσικού αερίου όπως η παγκόσμια ζήτηση, τα αποθέματα και η παραγωγή. Αναλύονται οι τάσεις στην αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου, τα πλοία μεταφοράς και οι τερματικοί σταθμοί. Περιγράφεται η αγορά φυσικού αερίου και LNG της νοτιοανατολικής Ευρώπης και εξετάζεται ο ρόλος που διαδραματίζει η Ελλάδα σε αυτή την αγορά. Στη συνέχεια, διατυπώνονται σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, ενώ τέλος στο έκτο κεφάλαιο οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα άρθρα που μελετήθηκαν για τη βιβλιογραφική επισκόπηση. Η βιβλιογραφία είναι σχετικά πρόσφατη και οι εργασίες επικεντρώνονται σε θέματα πρόβλεψης και διαχείρισης της ζήτησης του φυσικού αερίου και LNG, παγκόσμιας αγοράς LNG και ανταγωνισμού, χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στον τομέα των μεταφορών, είτε ως συμπιεσμένο είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Οι W.Lise, B.Hobbs, F.Van Oostvoorn (2008) [7] μελετούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ζήτησης και της προσφοράς φυσικού αερίου. Αναλύουν τις επενδύσεις που αφορούν διαδρόμους μεταφοράς φυσικού αερίου, είτε μέσω αγωγών είτε μέσω πλοίων LNG, καθώς και τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, που θα επηρεάζουν την ευρωπαϊκή αγορά φυσικού αερίου κατά την περίοδο 2005-2030. Μέσα από τη δημιουργία σεναρίων, μελετώνται οι επιπτώσεις που έχει η αβεβαιότητα στη μελλοντική ζήτηση φυσικού αερίου, στις επενδύσεις που γίνονται για τις υποδομές μεταφοράς του. Επίσης γίνεται ανάλυση σεναρίων διακοπής της τροφοδοσίας της Ευρώπης από κάποιους παραγωγούς, με τη μορφή μειωμένης δυναμικότητας παροχής των αντίστοιχων αγωγών. Η ανάλυση δείχνει ότι τμήματα της Ευρώπης θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν τις αυξήσεις στις τιμές φυσικού αερίου έως και 100% στην περίπτωση μιας μεγάλης χρονικά διακοπής παροχής. Διαπιστώνοντας ότι για την ταυτόχρονη κάλυψη των αναγκών σε φυσικό αέριο και τη μείωση του ρίσκου πιθανών διαταραχών στην τροφοδοσία, πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στις συνδέσεις αγωγών από την Ανατολή στη Δύση.

Ο Νίτης (2010) [8] αναλύει την τρέχουσα κατάσταση στην εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης της ζήτησης από τις ενεργειακές εταιρείες σε όλο τον κόσμο και αναπτύσσει μία μεθοδολογία που οι ενεργειακές εταιρείες μπορούν να ακολουθήσουν προκειμένου να σχεδιάσουν, να προωθήσουν και να εφαρμόσουν ένα τέτοιο πρόγραμμα. Η εργασία εστιάζει στην ανασκόπηση των υπαρχόντων προγραμμάτων διαχείρισης της ζήτησης που έχουν εφαρμοστεί σε διεθνές επίπεδο, καθώς και σε μία μεθοδολογική προσεγγίση για την αξιολόγησή τους. Η αξιολόγηση γίνεται με χρήση δύο πολυκριτηριακών μεθόδων. Για την αξιολόγηση των τύπων προγραμμάτων χρησιμοποιείται η *Naiade* και για την αξιολόγηση των τεχνολογιών η *ElectreIII*. Το σύστημα που είναι υπεύθυνο για την εφαρμογή της μεθοδολογίας ονομάζεται *I-DSM* και πρόκειται για ένα έμπειρο και ευέλικτο σύστημα που επιτρέπει την εισαγωγή και επεξεργασία όλης της πληροφορίας που έχει συλλεχθεί.

Ο Erdogdu E. (2010) [9] αναλύει τα χαρακτηριστικά της ζήτησης φυσικού αερίου στην Τουρκία. Η πρόβλεψη της ζήτησης φυσικού αερίου γίνεται με τη χρήση μοντέλου ARIMA και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις επίσημες προβλέψεις. Συμπεραίνει ότι οι επίσημες προβλέψεις υποεκτιμούν τη ζήτηση για φυσικό αέριο αν και οι προηγούμενες επίσημες προβλέψεις την υπερεκτιμούσαν.

Ο Τομάσοβιτς (2012) [10] μελετά τον ενεργειακό σχεδιασμό, εκτιμώντας μακροχρόνια ενεργειακά δεδομένα για τις χώρες των (Δυτικών) Βαλκανίων (Αλβανία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη, Κροατία, ΠΓΔΜ, Σερβία-Κόσσοβο και Μαυροβούνιο). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μέσω της αξιοποίησης του μοντέλου PRIMES στο Εργαστήριο Υποδειγμάτων Οικονομίας-Ενέργειας-

Περιβάλλοντος του ΕΜΠ, για το οποίο συγκεντρώθηκαν δεδομένα που τροφοδότησαν προσομοιώσεις για τη μελλοντική εξέλιξη στους τομείς της προσφοράς και ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας των υπόψη χωρών. Έμφαση δόθηκε στη μελέτη των επιπτώσεων από τη μεγέθυνση της διείσδυσης ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα των χωρών αυτών. Η επεξεργασία των δεδομένων και των αποτελεσμάτων έγινε βάσει της χρήσης του μοντέλου PRIMES. Βάσει του συγκεκριμένου μοντέλου, δόθηκε ως εισαγωγή μεγάλος αριθμός δεδομένων με εκτεταμένη ανάλυση μακροοικονομικών παραμέτρων, λεπτομερή ενεργειακά ισοζύγια της κάθε χώρας, πλήρη περιγραφή λειτουργίας κάθε σταθμού, καμπύλες κόστους καυσίμων, δυναμικότητες των επενδύσεων και άλλα. Συνδυάστηκαν κατάλληλα και στη συνέχεια εκτελέστηκαν δύο διαφορετικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο σχεδιάστηκε σύμφωνα με την τωρινή ενεργειακή κατάσταση των χωρών και απουσία συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής όπως φορολόγηση εκπομπών CO₂ ή επιδότηση ΑΠΕ. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν για τα έτη 2000-2050 με βήμα 5 ετών, όπου η μελλοντική εκτίμηση ξεκινάει από το 2010 και έδωσαν σαφή εικόνα για τη μακροχρόνια ενεργειακή πορεία της κάθε χώρας. Στη συνέχεια, εκτελέστηκε μια σειρά σεναρίων αναφοράς, στα οποία εφαρμόστηκε συγκεκριμένη ενεργειακή πολιτική διείσδυσης ΑΠΕ, για αυτό το λόγο εισήχθη εξωγενώς στο μοντέλο τιμή επιδότησης για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Ο Μαυροειδής (2012) [11] υπολογίζει την κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ελλάδα, για βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που αφορούν ποσότητες κατανάλωσης φυσικού αερίου εβδομαδιαίας, μηνιαίας και ετήσιας συχνότητας αντίστοιχα. Τα μοντέλα που μελετώνται αφορούν μεθόδους χρονοσειρών όπως τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης, η μέθοδος Theta καθώς και συνδυασμοί αυτών. Επιπλέον, εξετάζει μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές το έτος και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν. Η αξιολόγηση της απόδοσης των μεθόδων πραγματοποιείται μέσω μίας σειράς σφαλμάτων (MAE, MAPE, sMAPE, MASE). Τα αποτελέσματα των προβλέψεων ήταν ικανοποιητικά στο σύνολο τους με τη μέθοδο Theta, τη μέθοδο SES και τους συνδυασμούς μεθόδων να παρουσιάζουν τα πιο ακριβή αποτελέσματα.

Ο Ανδριανόπουλος (2012) [12] αξιολογεί τις πιθανές χώρες προμηθευτές φυσικού αερίου για την Ελλάδα με την πολυκριτήρια ανάλυση. Η πολυκριτήρια ανάλυση αποτελεί μία συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους. Πρόκειται για ένα χρήσιμο και λειτουργικό μέσο στην αντιμετώπιση πολυδιάστατων ενεργειακών θεμάτων, όπου τμήματα των δεδομένων που εισάγονται (ποιοτικά), είναι δύσκολα να οριστούν και να εκτιμηθούν. Με βάση δεδομένα που αφορούν υφιστάμενους αλλά και υπό κατασκευή αγωγούς καθώς και μεταφορές μέσω πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, καταρτίζεται το δίκτυο αγωγών που θα μπορούσαν να προμηθεύουν την Ελλάδα και αξιολογούνται οι πιθανές χώρες-προμηθευτές. Τα βάρη των αντίστοιχων κριτηρίων και η κλιμακοποίηση της βαθμολογίας που λαμβάνουν κατά την αξιολόγηση, χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου Electre I. Έτσι, δημιουργούνται τρία επίπεδα κατάταξης των χωρών μέχρι την ανάδειξη της τελικής χώρας-προμηθευτή.

Οι K.Jacqueline, A.Bristow και A.Zanni (2014) [13] εξετάζουν την αγορά οχημάτων φυσικού αερίου στο Ηνωμένο Βασίλειο και ιδιαίτερα ως καυσίμου μεταφοράς σε ελαφρά επαγγελματικά οχήματα. Προκειμένου να εντοπιστούν τα εμπόδια στην ανάπτυξη της συγκεκριμένης αγοράς και οι πιθανές λύσεις, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις σε έναν αριθμό εμπειρων επαγγελματιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι χρήστες ενδιαφέρονται κυρίως για οικονομία και εστιάζουν στην μείωση του κόστους, όπως και στην ανάπτυξη της υποδομής σταθμών φυσικού αερίου. Οι ενέργειες που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη της συγκεκριμένης αγοράς αφορούν φορολογικές ελαφρύνσεις όπως για παράδειγμα η απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας για τους ιδιοκτήτες οχημάτων φυσικού αερίου και αύξηση των εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού φυσικού αερίου.

Οι P.Praks, V.Korustinskas και M.Masera (2015) [14] παρουσιάζουν ένα πιθανοτικό μοντέλο για τη μελέτη της ασφάλειας εφοδιασμού ενός δικτύου αγωγών φυσικού αερίου. Το μοντέλο βασίζεται στη μέθοδο προσομοίωσης Monte-Carlo με τη θεωρία γραφημάτων και εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας ως υπολογιστικό εργαλείο το λογισμικό ProGasNet, το οποίο επιτρέπει τη μελέτη των δικτύων φυσικού αερίου, μέσω της αναγνώρισης των πιο αδύναμων συνδέσεων και κόμβων του δικτύου, της ανάλυσης ευπάθειας, ανάλυσης συμφόρησης, της αξιολόγησης νέας υποδομής κλπ. Το ProGasNet εφαρμόζεται σε ένα δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου, το οποίο βασίζεται σε ένα πραγματικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου της Ε.Ε, με σκοπό την αξιολόγηση των νέων υποδομών φυσικού αερίου. Οι νέες υποδομές φυσικού αερίου, οι οποίες βρίσκονται υπό κατασκευή ή η κατασκευή τους ολοκληρώθηκε πρόσφατα αξιολογούνται με βάση την συνεισφορά τους στην ασφάλεια εφοδιασμού του δικτύου και συγκρίνεται η αξιοπιστία κάθε κόμβου.

Οι W.Zhanga, J.Yangb (2015) [15] παρουσιάζουν μια συνδυαστική μέθοδο για την πρόβλεψη κατανάλωσης του φυσικού αερίου με Bayesian Model Averaging(BMA). Το συγκεκριμένο μοντέλο αντιμετωπίζει αποτελεσματικά την αβεβαιότητα που σχετίζεται με την κατασκευή ενός μοντέλου και την επιλογή των παραμέτρων του και ως εκ τούτου βελτιώνει την ακρίβεια πρόβλεψης. Στην συγκεκριμένη εργασία έχουν επιλεγεί έξι μεταβλητές για την πρόβλεψη της κατανάλωσης φυσικού αερίου στην Κίνα, το ΑΕΠ, ο πληθυσμός των πόλεων, η δομή της κατανάλωσης ενέργειας, η δομή της βιομηχανίας, η Ενεργειακή Απόδοση και οι εξαγωγές προϊόντων και υπηρεσιών. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου μοντέλου δείχνουν ότι η μέθοδος BMA παρέχει ένα ευέλικτο εργαλείο έναντι στα μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης , των Grey Prediction Models και των Artificial Neural Network.

Οι M.Khan, Y.Tabassum και A.Shakoor (2015) [16] παρουσιάζουν την παρούσα κατάσταση, τις προοπτικές και τις προκλήσεις των καυσίμων φυσικού αερίου και των οχημάτων που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο. Αναλύονται οι ιδιότητες του συμπιεσμένου φυσικού αερίου, η αποθήκευση του, τα προβλήματα ασφάλειας καθώς και η αποδοτικότητα του κινητήρα, οι εκπομπές ρύπων και τα εμπόδια στην εμπορική διεύθυνση των οχημάτων φυσικού αερίου. Αξιολογούν το φυσικό αέριο ως καύσιμο μεταφοράς εστιάζοντας κυρίως στην οικονομική και περιβαλλοντική του απόδοση, αλλά και στην ασφάλεια και το συγκρίνουν με άλλα καύσιμα μεταφοράς, όπως το ντίζελ και η βενζίνη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το CNG έχει αρκετά

πλεονεκτήματα σε σχέση με το ντίζελ και τη βενζίνη, ιδιαίτερα όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα και το κόστος.

Οι I.Mustary, H.Chowdhury, B.Loganathan, F.Alam (2016) [17] μελετούν το κόστος μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου με τη χρήση ειδικών δεξαμενόπλοιων (LNG Carriers). Σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μέσω της ανάπτυξης ενός υπολογιστικού μοντέλου. Το μοντέλο υπολογίζει το συνολικό κόστος μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου από κάθε χώρα που εξάγει υγροποιημένο φυσικό αέριο και από οποιονδήποτε τερματικό σταθμό LNG. Δημιουργήθηκε ένα λεπτομερές μοντέλο κοστολόγησης για τον υπολογισμό του κόστους μεταφοράς LNG που βασίζεται στις γεωγραφικές θέσεις των τερματικών σταθμών υγροποιημένου φυσικού αερίου και εφαρμόστηκε για το Μπαγκλαντές, το οποίο αποτελεί μία χώρα με προοπτικές όσον αφορά την εισαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου. Κάθε χώρα που επιθυμεί να εισάγει υγροποιημένο φυσικό αέριο για να καλύψει τη ζήτησή της μπορεί να χρησιμοποιήσει μοντέλο για τον προσδιορισμό της χώρας από όπου θα προμηθευτεί με το ελάχιστο κόστος. Παράλληλα, και οι χώρες οι οποίες εξάγουν υγροποιημένο φυσικό αέριο μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν αυτό το μοντέλο ώστε να βρουν υποψήφιους αγοραστές.

Ο Ντάκος (2016) [18] μελέτησε την ευρωπαϊκή αγορά του φυσικού αερίου από τη σκοπιά της αγοράς αερίου και της ασφάλειας εφοδιασμού. Ανέπτυξε εναλλακτικά σενάρια, μεταβάλλοντας ορισμένες παραμέτρους, χρησιμοποιώντας το μοντέλο ενέργειας-οικονομίας PRIMES-Gas το οποίο έχει αναπτυχθεί στο εργαστήριο E3MLab του ΕΜΠ. Στο πρώτο σενάριο αυξήθηκαν οι εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) της ΕΕ και στο δεύτερο σενάριο προσομοιώθηκε η διακοπή της τροφοδοσίας της Ευρώπης με ρωσικό αέριο μέσω της Ουκρανίας. Κατόπιν μελετήθηκαν οι επιπτώσεις στην προέλευση των εισαγωγών φυσικού αερίου της ΕΕ, στις φυσικές ροές των εισερχόμενων στην Ευρώπη αγωγών, σε ορισμένους δείκτες ασφάλειας εφοδιασμού, και στις τιμές χονδρικής πώλησης του αερίου. Προέκυψε ότι η ΕΕ εξαρτάται σε υψηλό βαθμό από ρωσικές εισαγωγές και καθώς η εγχώρια παραγωγή της ΕΕ και οι εισαγωγές από την Νορβηγία φθίνουν, το μερίδιο εισαγωγών από την Ρωσία αυξάνεται περαιτέρω. Εξίσου σημαντικό ζήτημα είναι ότι μεγάλο μέρος των εισαγωγών της ΕΕ από την Ρωσία διέρχεται μέσω της Ουκρανίας, μια περιοχή η οποία έχει αποδειχθεί εξαιρετικά ασταθής τα τελευταία χρόνια. Το μοντέλο PRIMES-Gas διαφοροποιείται σε σχέση με άλλα μαθηματικά μοντέλα της αγοράς του φυσικού αερίου ως προς τις παραδοχές περί ύπαρξης τέλει ή ατελούς ανταγωνισμού εντός της υπό εξέταση αγοράς. Εάν δηλαδή όλοι οι συμμετέχοντες «παίκτες» της αγοράς θεωρούν την τιμή πώλησης του φυσικού αερίου δεδομένη, ή εάν ορισμένοι «παίκτες» διαθέτουν την δυνατότητα να την επηρεάσουν. Το μοντέλο PRIMES-Gas περιλαμβάνει την λεπτομερή απεικόνιση της Ευρωπαϊκής αγοράς φυσικού αερίου ως ένα Nash-Cournot ολιγοπώλιο το οποίο μορφοποιείται αλγεβρικά ως ένα Πρόβλημα Μεικτής Συμπληρωματικότητας (Mixed Complementarity Problem - MCP). Επίσης, περιλαμβάνει όλες τις υποδομές που βρίσκονται εντός Ευρώπης ή κοντά σε αυτή και παράγει ανά πενταετία μελλοντικές προεκτάσεις για τις παραγόμενες και μεταφερόμενες ποσότητες φυσικού αερίου έως το 2050 επιτρέποντας την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το μίγμα εισαγωγών, τις φυσικές ροές του συστήματος, την χρήση των τερματικών LNG και τις τιμές χονδρικής πώλησης του αερίου.

Η αγορά οχημάτων φυσικού αερίου εξελίσσεται σε όλο τον κόσμο, ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τα χαρακτηριστικά εκπομπών ρύπων των CNG οχημάτων βασίζονται σε μετρήσεις δυναμομέτρου που πραγματοποιούνται σε εργαστήρια, οι οποίες δεν αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης στο δρόμο. Οι Y. Tingting, C. Fahe, H. Jingnan, J. Ming, B. Xiaofeng, L. Zhenhua, H. Liqiang, Z. Lei (2016) [19] χρησιμοποιούν δύο αστικά λεωφορεία CNG και δύο πούλμαν CNG σε δημόσιους δρόμους εντός της πόλης και σε τμήματα αυτοκινητοδρόμων. Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι όταν οι ταχύτητες από 0-10 km/h αυξήθηκαν στα 10-20 km/h, οι συντελεστές εκπομπών CO₂, CO, NOx και υδρογονανθράκων μειώθηκαν κατά (71,6 ± 4,3)% , (65,6 ± 9,5)%, (64,9 ± 9,2)% και (67,8 ± 0,3)% αντίστοιχα. Στη μελέτη αυτή, τα λεωφορεία της πόλης του Πεκίνου με αυστηρότερα πρότυπα εκπομπών (Euro IV) δεν είχαν χαμηλότερους συντελεστές εκπομπών από τα λεωφορεία με τα πρότυπα εκπομπών Euro II. Επιπλέον, σε σύγκριση με τους συντελεστές εκπομπών που προέκυψαν στις αστικές οδικές δοκιμές, οι συντελεστές εκπομπών CO των λεωφορείων CNG στις δοκιμές αυτοκινητοδρόμων μειώθηκαν περισσότερο (κατά 83,2%), ακολουθούμενοι από τους συντελεστές εκπομπών υδρογονανθράκων, οι οποίοι μειώθηκαν κατά 67,1%.

Οι C.Zhihua, A.Haizhong, G.Xiangjyn, L.Huagiao, H.Xiaoqing (2016) [20] μελετούν την παρούσα κατάσταση του εμπορικού ανταγωνισμού της παγκόσμιας αγοράς LNG με την κατασκευή δικτύων ανταγωνισμού του εμπορίου LNG από το 2005 έως το 2014. Αναλύουν τα χαρακτηριστικά ανταγωνιστικής σχέσης μεταξύ αγορών υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται ως παγκόσμιο εμπόρευμα λόγω της συνεχιζόμενης παγκοσμιοποίησης του εμπορίου LNG και παρατηρείται έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των κύριων εξαγωγέων υγροποιημένου φυσικού αερίου. Οι εξαγωγείς υγροποιημένου φυσικού αερίου χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες και παρουσιάστηκαν οι διαφορετικές προοπτικές ανάπτυξής κάθε εξαγωγέα, οι οποίες θα αποτελούσαν στο μέλλον ένα πιο περίπλοκο μοντέλο ανταγωνισμού στην παγκόσμια αγορά LNG.

Οι O.Schinas, M.Butler (2016) [21] προτείνουν μία μεθοδολογία για την αξιολόγηση των εμπορικών κινήτρων που απαιτούνται για την προώθηση του LNG ως καυσίμου μεταφοράς των πλοίων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των πολιτικών πρωτοβουλιών που ενθαρρύνουν τη χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών και την εκτίμηση των επιπτώσεών τους στην αγορά. Η μεθοδολογία αναπτύσσεται λαμβάνοντας υπόψη διεθνή κανονιστικά πλαίσια και πρωτοβουλίες που υποστηρίζουν τη χρήση του LNG ως καυσίμο πλοίων, εμπορικά και επιχειρησιακά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ανταγωνιστικότητα των πλοίων που τροφοδοτούνται με LNG και παράγοντες που εμποδίζουν την υιοθέτηση του LNG ως καυσίμου πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των αβεβαιοτήτων που εξέφρασαν ναυτιλιακοί φορείς. Οι ρυθμιστικές πρωτοβουλίες υποχρεώνουν τους ναυτιλιακούς φορείς να μειώνουν τις εκπομπές ρύπων μέσω μετασκευών συστημάτων πρόωσης και επεξεργασίας καυσαερίων ή με τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων. Παρόλο που αυτές οι πρωτοβουλίες διευκολύνουν την εμφάνιση ΥΦΑ ως καυσίμων πλοίων, η διεύρυσή του στην αγορά εξαρτάται από τη σχέση που καθορίζει την ανταγωνιστικότητα των συμβατικά τροφοδοτούμενων πλοίων και των πλοίων που τροφοδοτούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Οι T.Kompras, N.Tuong (2016) [22] δημιούργησαν ένα μοντέλο πρόβλεψης ζήτησης LNG στην περιοχή της Ασίας-Ειρηνικού, η οποία αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη αγορά υδροποιημένου φυσικού αερίου παγκοσμίως. Καταλήγει ότι οι εισαγωγές αναμένεται να αυξηθούν κατά 49,1% το 2020 και 95,7% το 2030, σε σύγκριση με το 2013. Η συνολική αξία του εμπορίου LNG εκτιμάται ότι θα αυξηθεί στα 127,2 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020 με τις υπάρχουσες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και 199,0 δισ. δολάρια το 2030. Η μελλοντική επέκταση του εμπορίου LNG οφείλεται κυρίως στους αναδυόμενους και μεγάλους εισαγωγείς (δηλ. την Κίνα και την Ινδία) αλλά και στις νέες προμήθειες από την Αυστραλία και τις ΗΠΑ. Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι ευαίσθητα στις μεταβολές των τιμών του πετρελαίου, την ενεργειακή πολιτική, καθώς και μη αναμενόμενα γεωπολιτικά και οικονομικά γεγονότα.

Οι στόχοι μείωσης των εκπομπών ρύπων οδηγούν σε νέες τεχνολογικές λύσεις, με το υδροποιημένο φυσικό αέριο να αναγνωρίζεται ως η πλέον ανεπτυγμένη λύση καυσίμου, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μεσοπρόθεσμα. Οι M.Calderón, D.Illing, J.Veiga (2016) [23] μελετούν τη χρήση του υδροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο μεταφοράς των πλοίων. Εξετάζουν τις προοπτικές του LNG στον τομέα της ναυτιλίας με βάση τον αριθμό των πλοίων που κινούνται με υδροποιημένο φυσικό αέριο και την προβλεπόμενη ανάπτυξη των εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού LNG, κυρίως σε ευρωπαϊκούς λιμένες. Διαπιστώνουν ότι ο αριθμός των πλοίων που κινούνται με LNG αυξάνεται και παρατηρείται η τάση κατασκευής πλοίων με καύσιμο LNG για μικρές αποστάσεις. Οι ευρωπαϊκοί λιμένες αναπτύσσονται σημαντικά όσον αφορά τη δυνατότητα ανεφοδιασμού των πλοίων με υδροποιημένο φυσικό αέριο. Αξιοσημείωτη είναι η ανάπτυξη των εγκαταστάσεων παραλαβής και αποθήκευσης LNG των λιμένων της Ισπανίας και της Ιταλίας.

Ο Σωτηρόπουλος Π. (2017) [24] παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός μοντέλου που προσομοιάζει τη λειτουργία του υφιστάμενου δικτύου αγωγών τροφοδοσίας της Ευρώπης με φυσικό αέριο, χρησιμοποιώντας τα προγράμματα ArcGIS και TransCAD αναλύοντας τις διαδρομές του από τα κοιτάσματα παραγωγής στις χώρες κατανάλωσης. Το μοντέλο προσομοιάζει τη λειτουργία του δικτύου φυσικού αερίου τροφοδοσίας της Ευρώπης που θα προκύψει μετά από την κατασκευή νέων αγωγών, εξετάζοντας τις νέες διαδρομές φυσικού αερίου που θα μπορούν να την τροφοδοτήσουν, διαφοροποιώντας έτσι τις ενεργειακές της πηγές. Αναλυτικότερα, εξετάζει και συγκρίνει σενάρια ενεργειακής ασφάλειας που έχουν να κάνουν με την προσφορά και τη ζήτηση φυσικού αερίου και εξάγονται συμπεράσματα για τις σχέσεις ενεργειακής εξάρτησης της Ευρώπης με τις χώρες παραγωγής. Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η μείωση των εισαγωγών της Ευρώπης από τη Ρωσία και στο δεύτερο σενάριο η αναβάθμιση υφιστάμενου δικτύου με υπό κατασκευή αγωγούς. Διαπιστώνεται ότι δεν δημιουργείται πρόβλημα λόγω της μείωσης τροφοδοσίας της Ευρώπης από τη Ρωσία εφόσον η ζήτηση μπορεί να καλυφθεί από την αύξηση της τροφοδοσίας από τα κοιτάσματα της Βόρειας Θάλασσας και της Αφρικής. Επίσης, διαπιστώνεται ότι οι νέοι αγωγοί μπορούν να καλύψουν αυξήσεις στη ζήτηση των Ευρωπαϊκών χωρών σε ποσοστό 5%.

Η δύσκολη και πολυδάπανη μεταφορά του φυσικού αερίου σε πολύ μεγάλες αποστάσεις γέννησε την ανάγκη της υδροποίησης του, μέσω της οποίας μπορούμε να μεταφέρουμε 600

φορες περισσότερη ποσότητα φυσικού αερίου. Ο Καλογιάννης (2017) [25] προτείνει την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών των νησιών που δεν είναι συνδεδεμένα με καλώδια μεταφοράς ηλεκτρισμού από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής καθώς και με αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου, με την τεχνολογία των κινητών κρυογενικών δεξαμενών. Υπολογίζει τον χρόνο εξάντλησης του καυσίμου που μεταφέρουν οι κρυογενικές δεξαμενές ανάλογα με τον αριθμό των κατοίκων κάθε νησιού. Διαπιστώνει ότι η τεχνολογία αυτή είναι πιο αποδοτική στην κάλυψη μόνο των θερμικών αναγκών και όχι και των ηλεκτρικών λόγω του πολύ χαμηλού βαθμού απόδοσης μετατροπής φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι S.Faheemullah, J.Qiang, Pervez, N. Mirjat, M. Uqaili (2017) [26] μελετούν την κατανάλωση φυσικού αερίου στην Κίνα. Με τη χρήση δύο μη γραμμικών μοντέλων, του μοντέλου Verhulst και του Bernoulli δημιούργησαν το μοντέλο πρόβλεψης κατανάλωσης φυσικού αερίου στην Κίνα. Και τα δύο αυτά μοντέλα υπολογίζουν με ακρίβεια την πραγματική κατανάλωση φυσικού αερίου της Κίνας και προβλέπουν ότι η ζήτηση φυσικού αερίου της χώρας θα φτάσει τα 315 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα έως το 2020. Συμπεραίνουν ότι η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας θα μπορέσει να καλυφθεί από τους υπάρχοντες και μελλοντικούς προμηθευτές φυσικού αερίου της Κίνας αλλά και τις υποδομές υδροποιημένου φυσικού αερίου για την περίοδο 2014-2020. Ωστόσο, η αυξανόμενη ζήτηση θα προκαλέσει σημαντική αύξηση της εξάρτησης της Κίνα από τις εισαγωγές φυσικού αερίου.

Ο Konacenic (2017) [27] μελετά την αγορά φυσικού αερίου της νοτιοανατολικής Ευρώπης και διερευνά τις δυνατότητες δημιουργίας ενός κόμβου φυσικού αερίου στη συγκεκριμένη περιοχή. Επισημαίνει ότι η Μάυρη Θάλασσα και η βορειοανατολική Μεσόγειος είναι ευνοϊκές περιοχές για τη δημιουργία πλωτών εγκαταστάσεων υδροποιημένου φυσικού αερίου. Η Μαύρη Θάλασσα θα μπορούσε να εξελιχθεί σε μία αυτόνομη αγορά με τρεις πηγές που την τροφοδοτούν (Ρωσία, Γεωργία, Τουρκία) και πολλά σημεία παράδοσης, ενώ το LNG της Μαύρης Θάλασσας θα μπορούσε να μεταφερθεί μέσω των σιδηροδρόμων ή και με πλωτές οδούς π.χ μέσω του ποταμού Δούναβη. Στη συνέχεια, αναλύει τις πηγές φυσικού αερίου και εντοπίζει τα κύρια σημεία ανταγωνισμού στην αγορά της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Διαπιστώνει ότι υπάρχει έλλειψη τερματικών σταθμών LNG σε Αδριατική και Μεσόγειο και ότι οι εγκαταστάσεις υδροποιημένου φυσικού αερίου μπορούν να αποφέρουν σημαντικά οφέλη χωρίς την ανάγκη επενδύσεων μεγάλου κόστους. Επίσης, συμπεραίνει ότι η μεταφορά φυσικού αερίου μέσω του άξονα βορρά-νότου υπερισχύει του νοτίου διαδρόμου λόγω των μικρότερων αποστάσεων από εναλλακτικές πηγές, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη δημιουργία ενός κόμβου φυσικού αερίου στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης.

Οι Αλεξόπουλος Χ. και Φώτης Θ. (2018) [37] μελετούν την ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης. Διατυπώνουν σενάρια ζήτησης φυσικού αερίου και επέκτασης του δικτύου αγωγών φυσικού αερίου της Ευρώπης, με γνώμονα τη διεξόδουση του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα και στον τομέα των μεταφορών. Η μοντελοποίηση του δικτύου και η επίλυση των σεναρίων πραγματοποιήθηκε με χρήση γραμμικού προγραμματισμού (μέθοδος ροής ελαχίστου κόστους) σε προγραμματιστικό περιβάλλον AMPL. Συμπεραίνουν ότι η διεξόδουση του LNG στο ενεργειακό τοπίο και η αξιοποίηση εναλλακτικών πηγών τροφοδοσίας (κυρίως από Κασπία,

Ιράν και Λιβύη) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον περιορισμό της εξάρτησης της Ευρώπης από το φυσικό αέριο της Ρωσίας.

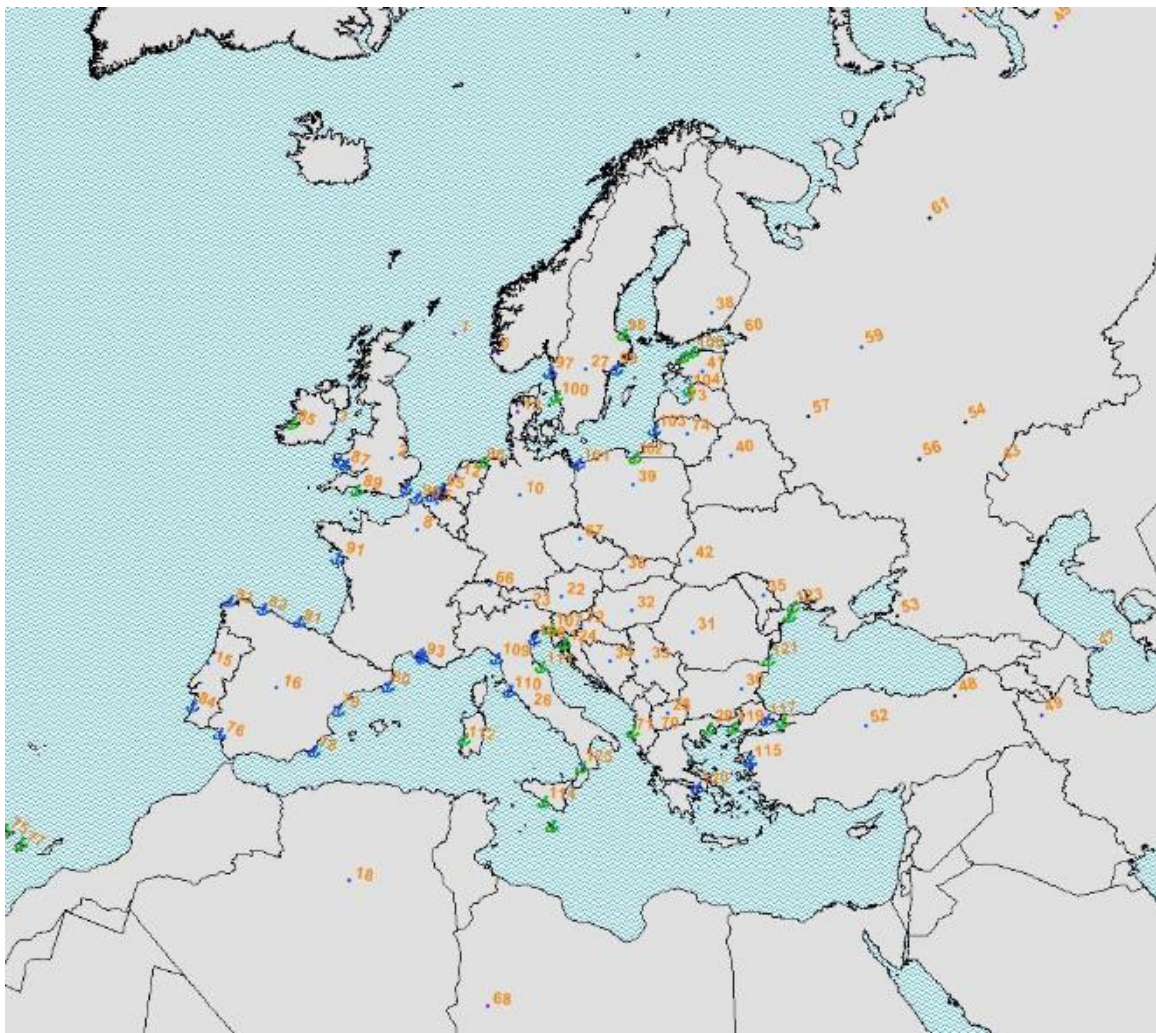
3. Μεθοδολογική προσέγγιση και διαμόρφωση μοντέλου

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στη μεθοδολογία για την ανάπτυξη του μοντέλου. Παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της δημιουργίας του μοντέλου και περιγράφονται τα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή του μοντέλου.

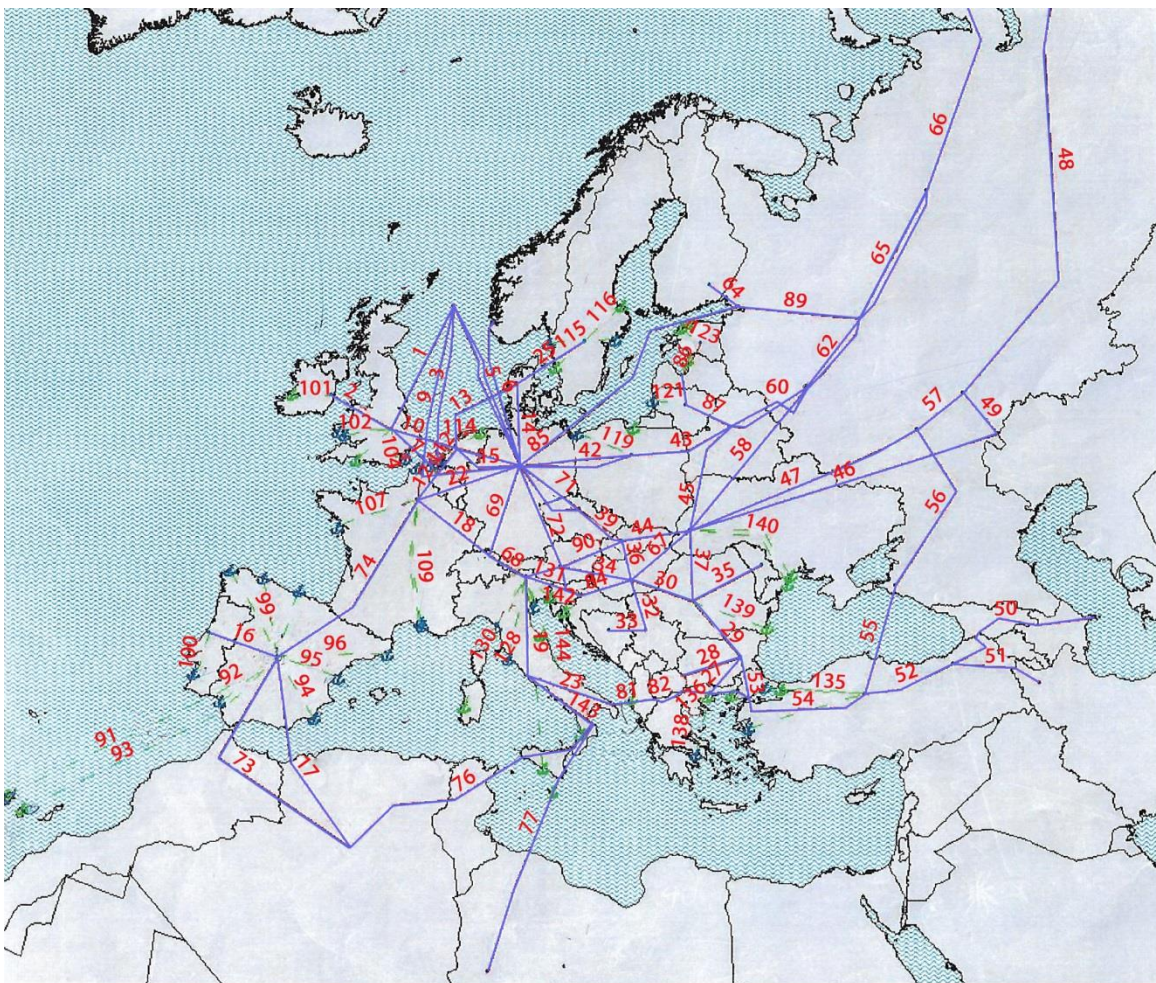
3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση

Αναλυτικά, η πορεία για τη διαμόρφωση του μοντέλου ήταν η εξής:

1. Συγκέντρωση και επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων κάθε χώρας.
Τα στοιχεία αφορούσαν την παραγωγή και την κατανάλωση φυσικού αερίου για το έτος 2017 σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα της Eurostat. Οι χώρες που παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες φυσικού αερίου από τις ποσότητες που καταναλώνουν, θεωρήθηκαν ως χώρες-παραγωγοί του δικτύου. Οι υπόλοιπες χώρες θεωρήθηκαν χώρες-καταναλωτές. Υπολογίστηκε για κάθε χώρα η καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου, αφαιρώντας από την κατανάλωση την εγχώρια παραγωγή. Τα αποτελέσματα δίνονται σε δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm).
2. Έλεγχος και επικαιροποίηση του δικτύου.
Η διαδικασία αυτή έγινε χρησιμοποιώντας έναν απλοποιημένο χάρτη που αποτυπώνει τους βασικούς αγωγούς φυσικού αερίου. Η αρχή και το τέλος κάθε αγωγού είναι χώρες που για το σύστημα μας θα ονομάζονται κόμβοι (Εικόνα 1). Μελετώντας την αρίθμηση των αγωγών και των κόμβων στον χάρτη και στο μοντέλο AMPL, έγινε η απαραίτητη αντιστοίχιση ώστε η αρίθμηση των στοιχείων του χάρτη να συμπίπτει με την αρίθμηση στο μοντέλο AMPL (Εικόνα 2). Στη συνέχεια για κάθε αγωγό σημειώθηκαν οι κόμβοι – χώρες αρχής και τέλους ώστε να διευκολυνθεί η ανάγνωση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Παρατηρήθηκε ότι η Ευρώπη τροφοδοτείται από τέσσερις βασικούς πόλους: τη Ρωσία, τα κοιτάσματα της Βόρειας Θάλασσας, την Αφρική και τα κοιτάσματα της Κασπίας Θάλασσας.



Εικόνα 1. Χάρτης με τους κόμβους του δικτύου αγωγών



Εικόνα 2. Χάρτης με τους αγωγούς του δικτύου

3. Αποκωδικοποίηση του δικτύου των αγωγών φυσικού αερίου και τερματικών σταθμών LNG με τη λογική της ισορροπίας κόμβου.

Κατασκευάστηκαν τα μητρώα-πίνακες που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή του μοντέλου AMPL.

- Μητρώο Προσφοράς-Ζήτησης (Param B). Στο συγκεκριμένο μητρώο εισάγεται για κάθε χώρα-κόμβο, η καθαρή ζήτησή της, δηλ. η διαφορά κατανάλωσης-παραγωγής σε bcm(δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)
- Μητρώο χωρητικότητας αγωγών (Param Fcap). Αναφέρεται στους αγωγούς του δικτύου. Σε αυτό το μητρώο εισάγεται η μέγιστη δυνατή χωρητικότητα κάθε αγωγού σε bcm και αποτελεί έναν περιορισμό ροής του δικτύου.
- Μητρώο κόστους (Param C). Αναφέρεται στους αγωγούς του δικτύου και βάσει αυτού επιλέγει τη βέλτιστη διαδρομή ο αλγόριθμος "minimum cost flow". Λόγω της πολυπλοκότητας υπολογισμού του κόστους, σαν κόστος εισάγεται το μήκος κάθε αγωγού.

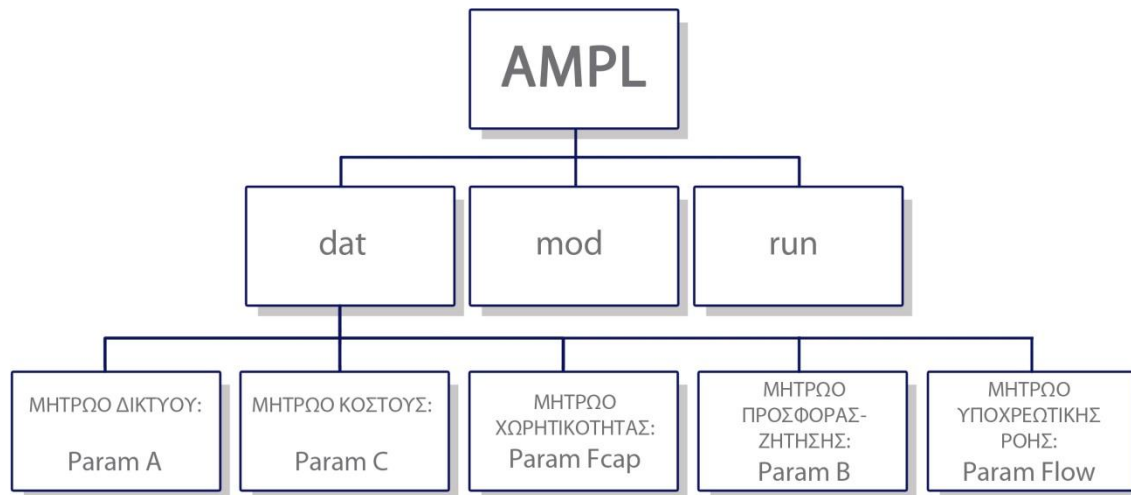
- Μητρώο υποχρεωτικής ροής (Param Flow). Αναφέρεται στους αγωγούς του δικτύου. Με αυτό το μητρώο ορίζεται ότι από κάθε αγωγό περνάει μηδενική ή θετική ποσότητα φυσικού αερίου. Το μητρώο αυτό μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε εμείς σαν χρήστες του μοντέλου μας μια συγκεκριμένη ροή ενός αγωγού που ίσως δεν ανταποκρίνεται στην μέθοδο ελάχιστου κόστους. Αυτό μας εξυπηρετεί στην πράξη να καλιμπράρουμε το μοντέλο μας σύμφωνα με τις πραγματικές συνθήκες ροής των αγωγών μας.
- Μητρώο Δικτύου (Param A). Στο συγκεκριμένο μητρώο αποτυπώνονται οι συνδέσεις των χώρων-κόμβων του δικτύου. Είναι ένας πίνακας με 108 γραμμές (χώρες) και 155 στήλες, όσοι είναι οι αγωγοί μας μαζί με τις διαδρομές των LNG. Οι τιμές των κελιών είναι 0, +1 -1. Ουσιαστικά αποτυπώνονται οι εξισώσεις που βασίζονται στην λογική του γραμμικού προγραμματισμού (Εικόνα 3).

		1	2	3	4	5	6
	ID	1	2	6	7	8	9
	FROM	1	2	1	1	1	6
	TO	2	3	5	10	10	10
	Τιμή ID	19.3	4.3	14.5	54.2	0	24.6
	Κόστος(Real_lengh	2675	400	300	154	545	263
	(Κόστος)*Τιμή_ID=	51627.5	1720	4350	8346.8	0	6469.8
node:	1	1	0	1	1	1	0
node:	2	-1	1	0	0	0	0
node:	3	0	-1	0	0	0	0
node:	5	0	0	-1	0	0	0
node:	6	0	0	0	0	0	1
node:	8	0	0	0	0	0	0
node:	10	0	0	0	-1	-1	-1

Εικόνα 3. Απόσπασμα του μητρώου δικτύου (Param A)

4. Εισαγωγή στο Προγραμματιστικό Περιβάλλον του AMPL και προσαρμογή στα δεδομένα μας (καλιμπράρισμα).

Το AMPL χρησιμοποιεί τρία αρχεία για να τρέξει το μοντέλο μας και να μας εμφανίσει τα κατάλληλα αποτελέσματα. Τα αρχεία mod, run, dat.



Εικόνα 4. Πορεία επίλυσης στο προγραμματιστικό περιβάλλον του AMPL

Στο αρχείο Όνομα.mod είναι γραμμένος ο αλγόριθμος που περιλαμβάνει και την μέθοδο ελάχιστου κόστους. Όπως φαίνεται και στο σχήμα στην αρχή δηλώνουμε τον αριθμό των κόμβων και των συνδέσμων. Στην περίπτωση μας είναι οι χώρες και οι αγωγοί φυσικού αερίου. Στη συνέχεια εισάγεται το βασικό μας μητρώο, δηλαδή ο πίνακας που αποτυπώνει το δίκτυο μας (ParamA). Ακολουθεί το μητρώο του κόστους (ParamC) και το μητρώο Προσφοράς –Ζήτησης (ParamB). Έπειτα εισάγονται οι παράμετροι –περιορισμοί του δικτύου μας (Flow και Fcap) και τέλος η συνθήκη του ελάχιστου κόστους.

```
Net58_(2XFLOW)... Net58_(2XFLOW)... Net58_(2XFLOW)...
param n; # Πόσους συνδέσμους έχει το δίκτυο
param m; # Πρακτικά ο αριθμός των κόμβων του δικτύου
        # αφού constraint είναι η ισορροπία του κάθε κόμβου

set J := {1..n}; #set of decision variables ( Xij )
set I := {1..m}; #set of constraints

param C {J} >= 0; # objective function coefficients

param A {I,J} ; # ΕΧΕΙ ΚΑΙ ΑΡΗΘΜΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
                # constraint coefficients matrix

param B {I} ; # ΕΧΕΙ ΚΑΙ ΑΡΗΘΜΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
              # rhs of the constraints

param Fcap {J} >= 0; # Upper limit = pipeline Capacity
param Flow {J} >= 0; # Lower limit

var X {j in J} >= Flow[j] , <= Fcap[j] ; #decision variable

minimize z: sum {j in J} C[j] * X[j];

s.t. Constraint {i in I}:
    sum {j in J} A[i,j] * X[j] = B[i];
```

Εικόνα 5. Αρχείο mod μεταβλητών, περιορισμών και εξισώσεων

```
Net58_(2XFLOW)... Net58_(2XFLOW)... Net58_(2XFLOW)...
#RESET THE AMPL ENVIROMENT
reset;

#LOAD THE MODEL
model Net58_(2XFLOW).mod;

#LOAD THE DATA
data Net58_(2XFLOW)_SENARIO_0.dat;

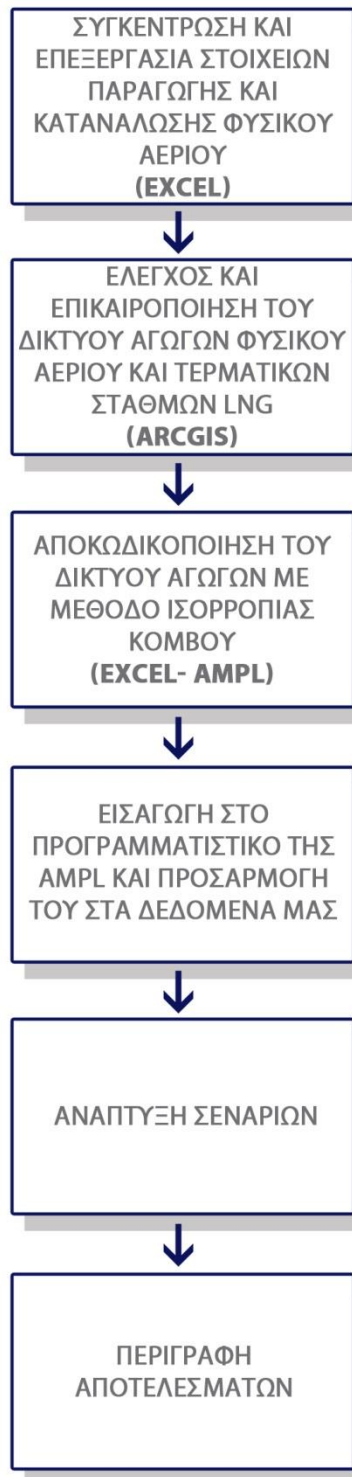
#DISPLAY THE PROBLEM FORMULATION
expand z, Constraint;

#CHANGE THE SOLVER (optional)
# option solver cplex;

#SOLVE
solve;

#SHOW RESULTS
display X, z;
```

Εικόνα 6. Αρχείο καθορισμού solver και εκτέλεσης προγράμματος



Εικόνα 7. Διάγραμμα ροής δημιουργίας μοντέλου

3.2 Υπολογιστικά εργαλεία

Παρακάτω, περιγράφονται όλα τα προγράμματα και οι μαθηματικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη του μοντέλου.

AMPL (A Mathematical Programming Language)

Η AMPL είναι μία αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης, η οποία χρησιμοποιείται για την περιγραφή και επίλυση προβλημάτων υψηλής πολυπλοκότητας και κλίμακας μαθηματικών υπολογισμών. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη και ισχυρή αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης για γραμμικά και μη γραμμικά προβλήματα βελτιστοποίησης, σε διακριτές ή συνεχείς μεταβλητές.

Η AMPL χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για την βελτιστοποίηση της ροής του φυσικού αερίου στο δίκτυο αγωγών σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια που θα αναλυθούν στη συνέχεια, με τη μέθοδο “Minimum Cost Flow”.

Microsoft Excel

Το Microsoft Excel είναι πρόγραμμα λογιστικών φύλλων που αναπτύχθηκε από τη Microsoft και αποτελεί μέρος του Microsoft Office. Διαθέτει υπολογισμούς, εργαλεία γραφημάτων, συγκεντρωτικούς πίνακες και μια γλώσσα προγραμματισμού macro με όνομα Visual Basic for Applications. Είναι μια πολύ ευρέως διαδεδομένη εφαρμογή υπολογιστικών φύλλων.

Η εφαρμογή ενός υπολογιστικού φύλλου Microsoft Excel δίνει τη δυνατότητα για:

- Οργάνωση δεδομένων σε στήλες και γραμμές
- Επεξεργασία δεδομένων με ταχύτητα και ακρίβεια
- Αυτοματοποίηση εκτέλεσης πράξεων
- Επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων
- Παρουσίαση πληροφοριών που εμπεριέχονται στα δεδομένα με τη μορφή γραφημάτων

Το Microsoft Excel χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για την ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων σχετικά με την παραγωγή και ζήτηση του φυσικού αερίου. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκε στην αποκωδικοποίηση του δικτύου διανομής φυσικού αερίου, στη δημιουργία συγκεντρωτικών πινάκων με τα δεδομένα παραγωγής και ζήτησης φυσικού αερίου και στην επεξεργασία τους ώστε να εισαχθούν σε όλα τα μητρώα που ήταν απαραίτητα για τη λειτουργία του μοντέλου AMPL.

ArcGIS

Το λογισμικό ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS). Χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών οι οποίες περιλαμβάνουν σχεδιασμό, ανάλυση, διαχείριση και καταγραφή γεωγραφικών συστημάτων, environmental management, land records management, land planning, vehicle tracking κ.α.

Πρόκειται για ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που χρησιμοποιείται για την συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση πληροφοριών με γεωγραφική διάσταση. Το Πακέτο ArcGIS

αποτελείται από πολλές εφαρμογές, μεταξύ των οποίων το ArcMap, το ArcCatalog, το ArcToolbox και το ArcGlobe, οι οποίες επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες, αλλά είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Το ArcGIS χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για την επεξεργασία και ανάλυση του δικτύου αγωγών φυσικού αερίου της Ευρώπης.

Μέθοδος minimum cost flow

Το πρόβλημα ροής ελάχιστου κόστους αποτελεί μία γενικότερη περίπτωση του προβλήματος μεταφοράς (transportation problem) και λαμβάνει υπόψη την μεταφορική ικανότητα των γραμμών μεταφοράς. Το πρόβλημα της ροής ελάχιστου κόστους συνίσταται στον προσδιορισμό του πιο οικονομικού τρόπου μεταφοράς μιας ορισμένης ποσότητας ροής διαμέσου ενός δικτύου ροής. Αποτελεί θεμελιώδες πρόβλημα στη θεωρία δικτύων ροής και έχει ποικίλες εφαρμογές σε δίκτυα ροών που αντιμετωπίζουν περιορισμούς χωρητικότητας και ταυτόχρονα απαιτούν την εύρεση ελάχιστου κόστους διαδρομών διαμέσου των οποίων θα γίνει η μεταφορά της ροής. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε για την επίλυση του προβλήματος της ροής των αγωγών φυσικού αερίου που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική.

Ο ορισμός προβλήματος ροής ελάχιστου κόστους είναι ο ακόλουθος:

Δίνεται ένα δίκτυο ροής G που είναι ένα κατευθυνόμενο γράφημα $G = (V, E)$. Σε κάθε ακμή $(u, v) \in E$ αντιστοιχεί μεγίστη χωρητικότητα ροής $c(u, v) > 0$, ποσότητα ροής $f(u, v) > 0$ και κόστος ανά μονάδα ροής $w(u, v) > 0$. Σε κάθε κόμβο (κορυφή) $v \in V$ αντιστοιχεί τιμή b_v που είναι η καθαρή ροή που δημιουργείται στη κορυφή u και προσδιορίζει αν ο κόμβος είναι κόμβος προσφοράς (supply node) ή κόμβος ζήτησης (demand node) ή ενδιάμεσος κόμβος (transshipment node) ως εξής:

- Αν $b_u > 0$ ο κόμβος u είναι κόμβος προσφοράς
- Αν $b_u < 0$ ο κόμβος u είναι κόμβος ζήτησης
- Αν $b_u = 0$ ο κόμβος u είναι ενδιάμεσος

Το κόστος αποστολής ροής είναι το γινόμενο του πολλαπλασιασμού $f(u, v)$ επί $w(u, v)$.

Ζητείται το ελάχιστο συνολικό κόστος ροής με το οποίο μπορούμε να στείλουμε ροή ποσότητας b από την πηγή s στον προορισμό t :

$$\min \sum_{(u,v) \in E} f(u,v) * w(u,v)$$

$$\text{όπου } \sum_{v \in V} f(u,v) - \sum_{v \in V} f(v,u) = b_u \text{ για κάθε } u \in V$$

$$\text{και } 0 \leq f(u,v) \leq c(u,v) \text{ για κάθε } u,v \in E$$

Το πρόβλημα ροής ελάχιστου κόστους προκύπτει και για δίκτυα ροής πολλαπλών πηγών και πολλαπλών προορισμών.

Στο αρχείο Όνομα.dat εισάγονται τα μητρώα που έχουν αναφερθεί. Η επεξεργασία τους γίνεται στο Excel που μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε καλύτερη εποπτεία των δεδομένων μας. Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι πίνακες που δημιουργήθηκαν και επεξεργάστηκαν στο Excel για την εισαγωγή των δεδομένων μας στο αρχείο Όνομα.dat. Στο αρχείο Όνομα.run γίνεται εκτέλεση του προγράμματος με τον solverCplex. Φορτώνονται τα αρχεία Όνομα.dat και Όνομα.mod και επιλέγεται ο solverCplex για να λύσει το πρόβλημά μας.

4. Εφαρμογή του μοντέλου

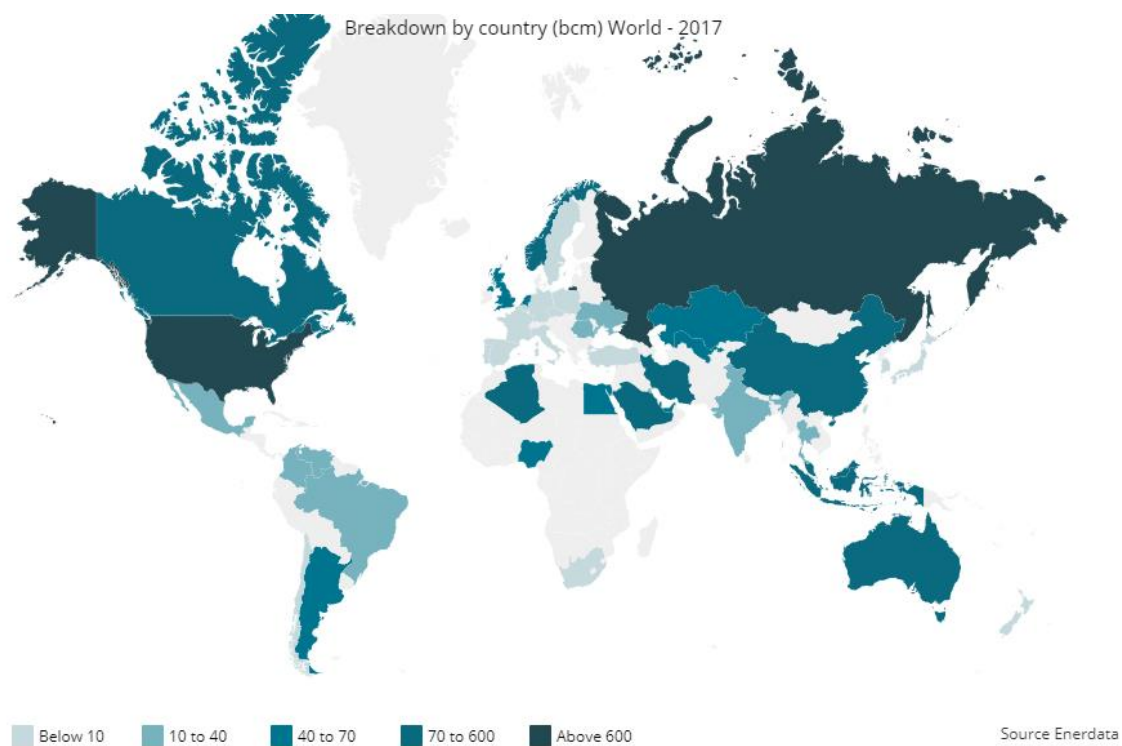
Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην εφαρμογή του μοντέλου. Παρουσιάζονται στοιχεία της παγκόσμιας παραγωγής και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG. Περιγράφεται η αγορά φυσικού αερίου της νοτιοανατολικής Ευρώπης και εξετάζεται ο ρόλος της Ελλάδας σε αυτή την αγορά. Διατυπώνονται σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG στην Ευρώπη και στη συνέχεια παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματά τους.

4.1 Ανάπτυξη σεναρίων ζήτησης φυσικού αερίου και LNG

4.1.1 Παγκόσμια παραγωγή και αποθέματα φυσικού αερίου

Σχεδόν το 80% των συνολικών αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου στον κόσμο βρίσκεται σε δέκα χώρες. Η Ρωσία βρίσκεται στην πρώτη θέση, κατέχοντας περίπου το ένα τέταρτο των συνολικών αποθεμάτων φυσικού αερίου στον κόσμο, ενώ ακολουθούν το Ιράν και το Κατάρ. Τα αποδεδειγμένα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου το 2017 σημείωσαν μικρή άνοδο κατά 0,4 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (tcm) και έφτασαν τα 193.5 tcm. Η Μέση Ανατολή, συνολικά, κατέχει τα μεγαλύτερα αποδεδειγμένα αποθέματα 40,9% του παγκόσμιου συνόλου.

Η παραγωγή φυσικού αερίου ανέκαμψε το 2017 (4%) μετά από μία τριετή ύφεση. Η Ρωσία αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 1/3 της αύξησης της παγκόσμιας παραγωγής φυσικού αερίου το 2017 λόγω της έντονης αύξησης της εγχώριας ζήτησης αλλά και των εξαγωγών. Η παραγωγή φυσικού αερίου αυξήθηκε επίσης στο Ιράν. Στις ΗΠΑ, μετά από μια μικρή πτώση το 2016, η παραγωγή φυσικού αερίου αυξήθηκε και πάλι, ξεπερνώντας το επίπεδο του 2015. Το ίδιο συνέβη και στον Καναδά, αν και με χαμηλότερο ρυθμό από ότι το 2016. Η αυστραλιανή παραγωγή φυσικού αερίου αυξήθηκε κατά περίπου 1/5. Παρά τη σημαντική αύξηση της νορβηγικής παραγωγής αερίου, η ευρωπαϊκή παραγωγή εξακολούθησε να μειώνεται το 2017 [28].



United States	767
Russia	694
Iran	209
Canada	184
Qatar	166
China	147
Norway	128
Australia	99
Saudi Arabia	98
Algeria	95
Turkmenistan	81
Malaysia	73

Εικόνα 8. Παραγωγή φυσικού αερίου (bcm) [29]

	At end 1997	At end 2007	At end 2016	At end 2017			
	Intrillion cubic metres	Intrillion cubic metres	Intrillion cubic metres	Intrillion cubic metres	Intrillion cubic feet	Share of total	R/P ratio
US	4.5	6.4	8.7	8.7	308.5	4.5%	11.9
Canada	1.7	1.6	2.0	1.9	66.5	1.0%	10.7
Mexico	1.8	0.4	0.2	0.2	6.9	0.1%	4.8
Total North America	8.0	8.4	10.9	10.8	381.9	5.6%	11.4
Argentina	0.7	0.4	0.3	0.3	11.6	0.2%	8.8
Bolivia	0.1	0.7	0.3	0.3	9.6	0.1%	15.8
Brazil	0.2	0.4	0.4	0.4	13.5	0.2%	13.8
Colombia	0.2	0.1	0.1	0.1	3.9	0.1%	10.8
Peru	0.2	0.3	0.4	0.4	15.5	0.2%	33.7
Trinidad & Tobago	0.5	0.5	0.3	0.3	9.2	0.1%	7.7
Venezuela	4.6	5.4	6.4	6.4	225.0	3.3%	170.2
Other S. & Cent. America	0.1	0.1	0.1	0.1	2.2	*	21.6
Total S. & Cent. America	6.6	7.8	8.3	8.2	290.3	4.2%	45.9
Denmark	0.1	0.1	†	†	0.5	*	2.7
Germany	0.2	0.1	†	†	1.1	*	5.1
Italy	0.3	0.1	†	†	1.5	*	8.1
Netherlands	1.7	1.2	0.7	0.7	23.1	0.3%	17.9
Norway	1.2	2.3	1.8	1.7	60.6	0.9%	13.9
Poland	0.1	0.1	0.1	0.1	2.4	*	16.6
Romania	0.3	0.6	0.1	0.1	3.6	0.1%	9.9
United Kingdom	0.8	0.3	0.2	0.2	6.5	0.1%	4.4
Other Europe	0.2	0.2	0.1	0.1	5.1	0.1%	16.0
Total Europe	4.9	5.0	3.0	3.0	104.5	1.5%	12.2
Azerbaijan	0.7	1.0	1.3	1.3	46.6	0.7%	74.4
Kazakhstan	1.5	1.5	1.1	1.1	40.4	0.6%	42.2
Russian Federation	33.6	33.9	34.8	35.0	1234.9	18.1%	55.0
Turkmenistan	2.6	2.6	19.5	19.5	688.1	10.1%	314.1
Ukraine	0.7	0.8	1.1	1.1	37.1	0.5%	54.0
Uzbekistan	1.2	1.3	1.2	1.2	42.7	0.6%	27.7
Other CIS	†	†	†	†	1.2	*	160.0
Total CIS	40.3	41.2	59.0	59.2	2091.1	30.6%	72.6
Bahrain	0.1	0.1	0.2	0.2	5.5	0.1%	10.3
Iran	22.7	27.7	33.2	33.2	1173.0	17.2%	148.4
Iraq	3.0	3.0	3.5	3.5	123.9	1.8%	337.7
Israel	†	†	0.2	0.5	16.1	0.2%	48.3
Kuwait	1.4	1.7	1.7	1.7	59.9	0.9%	97.6
Oman	0.5	0.9	0.7	0.7	23.5	0.3%	20.6
Qatar	8.8	26.4	24.9	24.9	879.9	12.9%	141.8
Saudi Arabia	5.6	6.9	8.0	8.0	283.8	4.2%	72.1
Syria	0.2	0.3	0.3	0.3	9.5	0.1%	86.5
United Arab Emirates	5.9	6.3	5.9	5.9	209.7	3.1%	98.2
Yemen	0.3	0.3	0.3	0.3	9.4	0.1%	410.6
Other Middle East	†	†	†	†	0.2	*	48.2
Total Middle East	48.6	73.6	78.8	79.1	2794.2	40.9%	119.9
Algeria	3.9	4.3	4.3	4.3	153.1	2.2%	47.5
Egypt	0.9	2.0	1.8	1.8	62.8	0.9%	36.3
Libya	1.2	1.5	1.4	1.4	50.5	0.7%	124.0
Nigeria	3.3	5.0	5.2	5.2	183.7	2.7%	110.2
Other Africa	0.8	1.2	1.1	1.1	37.8	0.6%	41.1
Total Africa	10.7	14.0	13.8	13.8	487.8	7.1%	61.4
Australia	1.2	1.8	3.6	3.6	128.3	1.9%	32.0
Bangladesh	0.3	0.4	0.2	0.2	6.3	0.1%	6.7
Brunei	0.4	0.3	0.3	0.3	9.5	0.1%	22.4
China	1.2	2.3	5.5	5.5	193.5	2.8%	36.7
India	0.7	1.0	1.2	1.2	43.8	0.6%	43.6
Indonesia	2.2	3.0	2.9	2.9	102.9	1.5%	42.9
Malaysia	2.2	2.4	2.7	2.7	96.6	1.4%	34.9
Myanmar	0.3	0.5	1.2	1.2	41.3	0.6%	65.0
Pakistan	0.4	0.7	0.4	0.4	13.4	0.2%	11.0
Papua New Guinea	†	†	0.2	0.2	6.8	0.1%	15.7
Thailand	0.2	0.3	0.2	0.2	7.1	0.1%	5.2
Vietnam	0.2	0.5	0.6	0.6	22.8	0.3%	68.3
Other Asia Pacific	0.4	0.3	0.3	0.3	9.5	0.1%	14.7
Total Asia Pacific	9.4	13.6	19.7	19.3	681.8	10.0%	31.8
Total World	128.1	163.5	193.1	193.5	6831.7	100.0%	52.6
of which: OECD	13.8	14.7	17.7	17.8	628.9	9.2%	13.6
Non-OECD	114.2	148.9	175.4	175.6	6202.8	90.8%	74.2
European Union	3.6	2.6	1.2	1.2	41.7	0.6%	10.0

Εικόνα 9. Συνολικά αποθέματα φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η Ρωσία διαθέτει περίπου 35 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (tcm) αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου. Περισσότερα από τα μισά αποθέματα φυσικού αερίου της Ρωσίας βρίσκονται στη Σιβηρία. Η παραγωγή της Ρωσίας είναι 635,6 bcm. Η κρατική εταιρεία πετρελαίου και φυσικού αερίου Gazprom κυριαρχεί στην παραγωγή φυσικού αερίου στη χώρα. Αντιπροσωπεύει περίπου το 80% της συνολικής παραγωγής φυσικού αερίου της Ρωσίας και ελέγχει πάνω από το 65% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου.

Το Ιράν κατέχει τη δεύτερη θέση στη λίστα των χωρών με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα του Ιράν υπολογίζονται σε 33,2 tcm. Τα

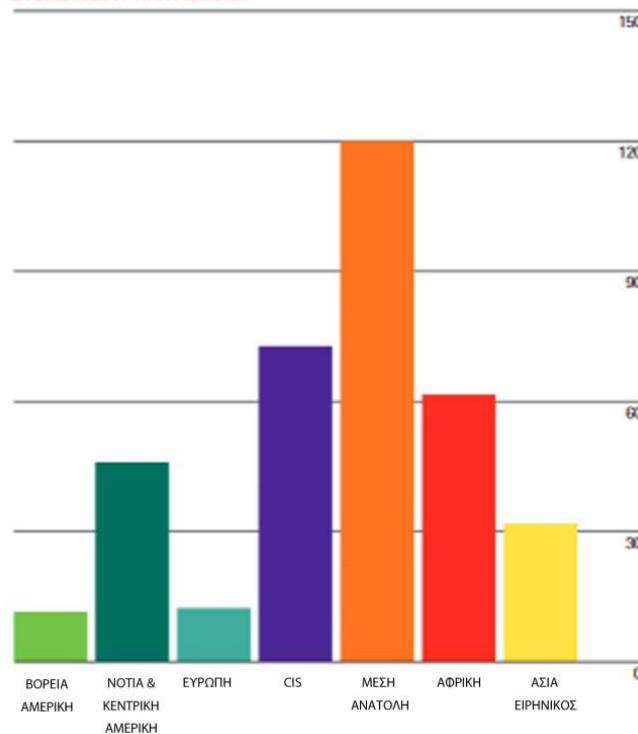
περισσότερα από τα αποθεματικά αυτά παραμένουν ανεκμετάλλευτα, λόγω διεθνών κυρώσεων και καθυστερήσεων στην ανάπτυξη πεδίων. Το South Pars περιλαμβάνει το 27% των συνολικών αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου του Ιράν και το 35% της παραγωγής φυσικού αερίου της χώρας, η οποία είναι 223,9 bcm. Η Εθνική Ιρανική Εταιρεία Πετρελαίου (NIOC), μέσω των θυγατρικών της, συμπεριλαμβανομένης της NISOC και της εταιρείας Pars Oil & Gas Company (POGC), διαχειρίζεται την ανάπτυξη και την παραγωγή φυσικού αερίου στη χώρα. Η Εθνική Ιρανική Εταιρεία Αερίου (NIGC), άλλη θυγατρική της NIOC, είναι υπεύθυνη για την υποδομή, μεταφορά και διανομή φυσικού αερίου.

Το Κατάρ ακολουθεί το Ιράν με τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου να εκτιμώνται σε 24,9 tcm, αποτελεί περίπου το 13% των συνολικών αποθεμάτων φυσικού αερίου στον κόσμο, ενώ είναι και ο μεγαλύτερος προμηθευτής LNG στον κόσμο. Η μεγάλη πλειοψηφία των αποθεμάτων φυσικού αερίου της χώρας βρίσκεται στο North Field. Η κρατική εταιρεία Qatar Petroleum (QP) κυριαρχεί στον τομέα του φυσικού αερίου της χώρας. Το Κατάρ παράγει 175,7 bcm φυσικού αερίου. Οι πόροι φυσικού αερίου αναπτύσσονται με έργα μεγάλης κλίμακας σε συνεργασία με ξένες εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων των ExxonMobil, Shell και Total. Η Qatargas και η RasGas είναι οι σημαντικότερες εταιρείες LNG που λειτουργούν στο Κατάρ.

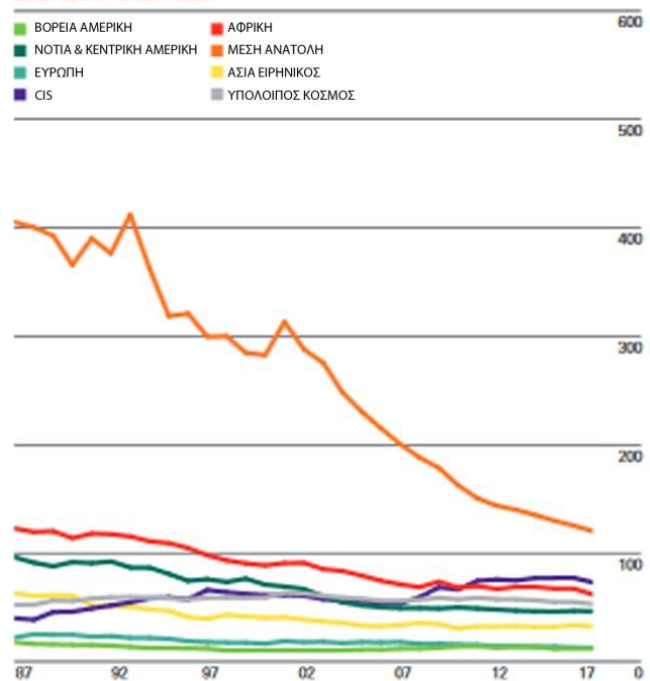
ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2017 ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ



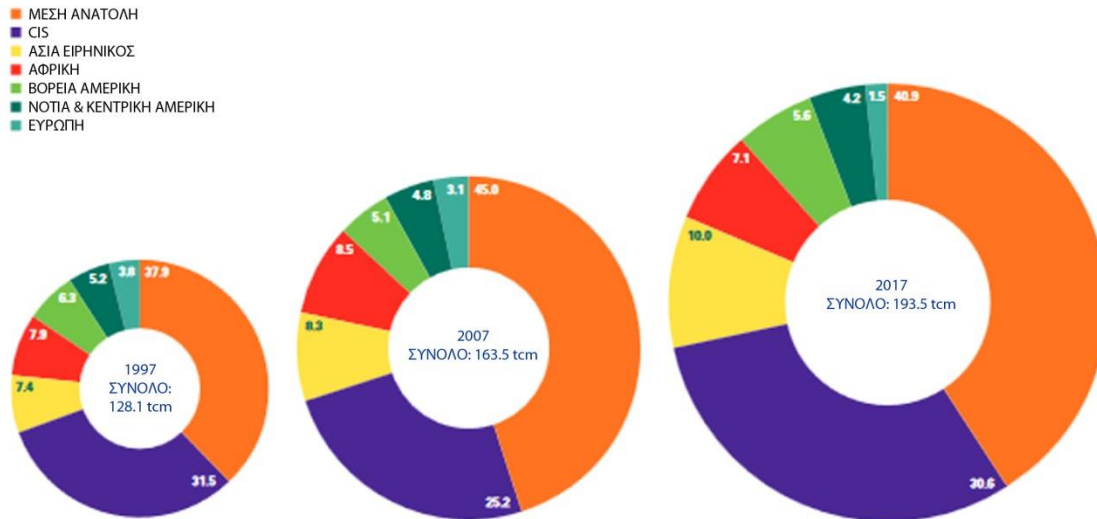
ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ



Εικόνα 10. Εξέλιξη αποθεμάτων προς παραγωγή ανά τον κόσμο 2017 [31]

Το Τουρκμενιστάν κατέχει το τέταρτο μεγαλύτερο απόθεμα φυσικού αερίου στον κόσμο. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου της χώρας υπολογίζονται στα 19,5 Tcm. Ωστόσο, το Τουρκμενιστάν αντιμετωπίζει δυσκολίες στην ανάπτυξη των αποθεμάτων φυσικού αερίου λόγω των μακρινών αγορών και της έλλειψης επαρκούς υποδομής αγωγών και ξένων επενδύσεων. Τα περισσότερα αποδεδειγμένα αποθέματα αερίου του Τουρκμενιστάν βρίσκονται στη λεκάνη του Amu Darya στα νοτιοανατολικά και στις λεκάνες του Murgab South Caspian στο δυτικό τμήμα της χώρας. Η περιοχή του South Yolotan στην ανατολική περιοχή του Τουρκμενιστάν περιέχει επίσης σημαντικά αποθέματα φυσικού αερίου. Η Turkmengaz είναι υπεύθυνη για την παραγωγή φυσικού αερίου, η οποία είναι 62 bcm. Η Ρωσία είναι η βασική αγορά εξαγωγών για το φυσικό αέριο του Τουρκμενιστάν. Η CNPC της Κίνας είναι η μόνη ξένη εταιρεία που δραστηριοποιείται άμεσα στο Τουρκμενιστάν με τη συμμετοχή της στο έργο Bagtyarlyk κοντά στον ποταμό Amu Darya.

ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ) 1997, 2007, 2017



Εικόνα 11. Ποσοστά αποθεμάτων φυσικού αερίου ανά περιοχή [31]

Οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν την πέμπτη θέση, κατέχοντας 19 Tcm αποδεδειγμένου φυσικού αερίου και διαθέτουν περισσότερα από 210 συστήματα αγωγών φυσικού αερίου. Η παραγωγή των ΗΠΑ υπολογίζεται σε 916,8 bcm. Οι αγωγοί μεταφοράς υπερβαίνουν τα 490.850 χιλιόμετρα.

Η Σαουδική Αραβία κατέχει το έκτο μεγαλύτερο απόθεμα φυσικού αερίου στον κόσμο. Τα εκτιμώμενα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου είναι 8 Tcm. Το Ghawar και τα Safaniya και Zuluf, αντιπροσωπεύουν περίπου το 57% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου της χώρας. Μόνο το Ghawar αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 30% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων αερίου της Σαουδικής Αραβίας. Η χώρα δεν εισάγει ούτε εξαγει φυσικό αέριο. Ολόκληρη η παραγωγή αερίου των 111,4 bcm καταναλώνεται στην εγχώρια αγορά. Η κρατική Saudi Aramco είναι υπεύθυνη για την παραγωγή αερίου στη χώρα. Η εταιρεία

έχει συνεργαστεί με ξένες εταιρείες όπως η Lukoil, η Sinorec, η Eni και η Respol για να διερευνήσουν χερσαίες πηγές φυσικού αερίου, ειδικά στο Rub al-Khali.

Η Βενεζουέλα, η μεγαλύτερη χώρα εκμετάλλευσης πετρελαϊκών αποθεμάτων στον κόσμο, διαθέτει το όγδοο μεγαλύτερο αποθεματικό φυσικού αερίου. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου της χώρας υπολογίστηκαν στα 6,4 Tcm και η παραγωγή της σε 37,4 bcm.

Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα έχουν το όγδοο μεγαλύτερο απόθεμα φυσικού αερίου στον κόσμο. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου της χώρας εκτιμήθηκαν σε 5,9 Tcm και η παραγωγή της σε 60,4 bcm. Παρά τα τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου, η χώρα εισάγει φυσικό αέριο, κυρίως από το Κατάρ. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας χρησιμοποιεί φυσικό αέριο ως βασική πρώτη ύλη. Περίπου το 94% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου της χώρας βρίσκονται στο Αμπού Ντάμπι. Το Sharjah και το Ντουμπάι αντιπροσωπεύουν το 4% και το 1,5% των συνολικών αποθεμάτων φυσικού αερίου των ΗΑΕ αντίστοιχα. Η ADNOC, μέσω των θυγατρικών της ADCO και ADMA-OPCO, διεξάγει έρευνα και παραγωγή φυσικού αερίου στο Αμπού Ντάμπι. Οι GASCO σε συνεργασία με τις ADNOC, Shell, Total και Partex, είναι υπεύθυνες για την επεξεργασία του χερσαίου φυσικού αερίου στη χώρα. Η ADGAS διαχειρίζεται την παραγωγή και την εξαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG).

Η Νιγηρία κατέχει το ένατο μεγαλύτερο απόθεμα φυσικού αερίου στον κόσμο. Η μεγαλύτερη αφρικανική χώρα παραγωγής πετρελαίου εκτιμάται ότι περιέχει 5,2 Tcm αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου. Τα περισσότερα αποθέματα φυσικού αερίου της χώρας βρίσκονται στο Δέλτα του Νίγηρα. Το Amenam-Krono, το Bonga και το Akro είναι τα κυριότερα πεδία πετρελαίου και φυσικού αερίου που βρίσκονται στο Δέλτα του Νίγηρα. Η παραγωγή φυσικού αερίου της Νιγηρίας είναι 47,2 bcm. Η Shell είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός φυσικού αερίου στη χώρα. Συνολικά, η Eni και η Chevron είναι μεταξύ των άλλων μεγάλων ξένων εταιρειών που ασχολούνται με την παραγωγή φυσικού αερίου στη Νιγηρία. Η Nigerian Gas Company (NGC), θυγατρική της Nigerian National Petroleum Corporation (NNPC), είναι υπεύθυνη για την εμπορία και τη διανομή φυσικού αερίου. Το μεγαλύτερο μέρος του φυσικού αερίου που διατίθεται στο εμπόριο της Νιγηρίας εξάγεται ως υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Τα αποθέματα φυσικού αερίου της Αλγερίας ακολουθούν στη λίστα, με την Αλγερία να είναι επίσης η μεγαλύτερη χώρα παραγωγής φυσικού αερίου στην Αφρική με 91,2 bcm. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου της χώρας εκτιμήθηκαν σε 4,3 Tcm. Περισσότερα από τα μισά αποθέματα φυσικού αερίου της Αλγερίας βρίσκονται στο Hassi R'Mel. Η Sonatrach είναι η κορυφαία εταιρεία παραγωγής φυσικού αερίου στη χώρα. Άλλες εταιρείες που ασχολούνται με την παραγωγή αερίου στην Αλγερία είναι οι Eni, BP, Repsol, GDF Suez και η BG [30,31].

Natural gas: Production in billion cubic metres*

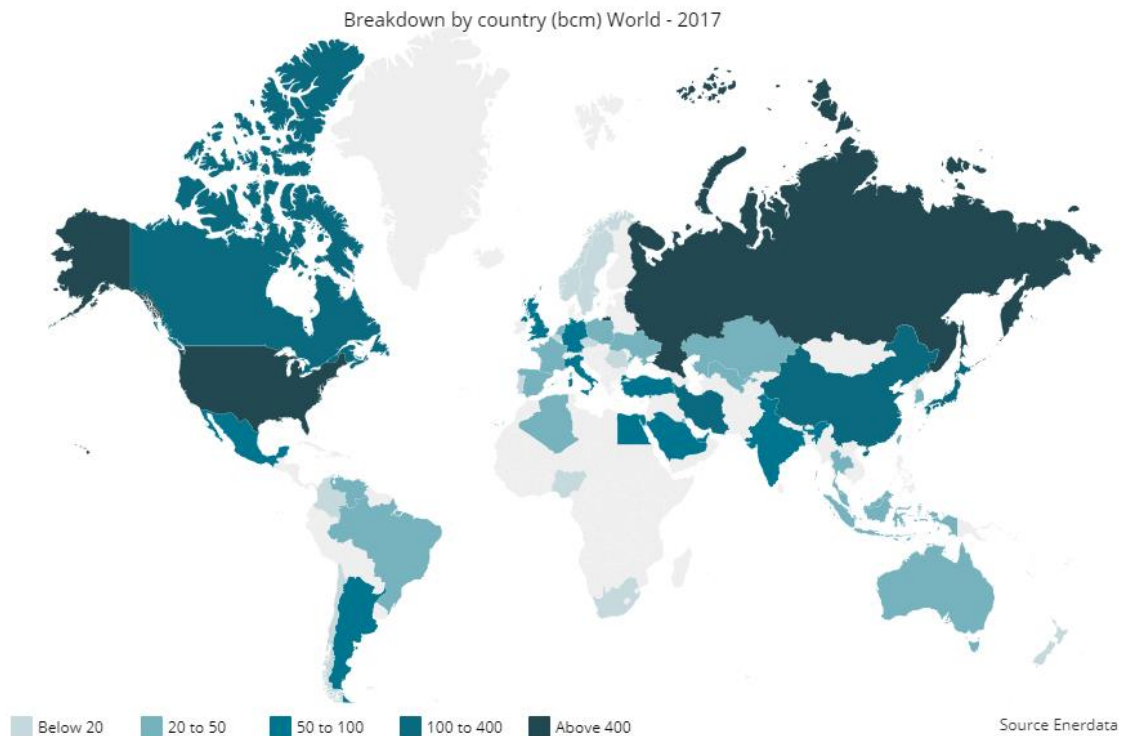
Billion cubic metres											Growth rate per annum		Share 2017
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017	2006-16
US	521.9	546.1	557.6	575.2	617.4	649.1	655.7	704.7	740.3	729.3	734.5	1.0%	3.8%
Canada	174.7	168.5	155.0	149.6	151.1	150.3	151.9	159.1	160.9	171.6	176.3	3.0%	-0.4%
Mexico	46.9	47.2	52.6	51.2	52.1	50.9	52.5	51.3	47.9	43.7	40.7	-6.5%	-1.0%
Total North America	743.4	761.8	765.2	775.9	820.5	850.3	860.1	915.1	949.2	944.6	951.5	1.0%	2.6%
Argentina	43.6	42.8	40.3	39.0	37.7	36.7	34.6	34.5	35.5	37.3	37.1	-0.1%	-1.8%
Bolivia	13.3	13.8	11.9	13.7	15.0	17.1	19.6	20.3	19.6	17.6	17.1	-2.6%	3.5%
Brazil	11.8	14.6	12.5	15.3	17.5	20.2	22.3	23.7	24.2	24.5	27.5	12.4%	7.7%
Colombia	7.3	8.7	10.1	10.8	10.5	11.5	13.2	12.3	11.6	10.9	10.1	-6.5%	4.9%
Peru	2.6	3.5	3.6	7.3	11.5	12.0	12.4	13.1	12.7	14.0	13.0	-6.9%	23.4%
Trinidad & Tobago	41.0	40.8	42.4	43.5	41.9	41.5	41.7	40.9	38.5	33.5	33.8	1.2%	-1.5%
Venezuela	37.2	33.4	31.8	30.5	30.2	31.9	30.6	31.8	36.1	38.0	37.4	-1.3%	0.9%
Other S. & Cent. America	3.9	3.7	3.7	3.7	3.0	2.8	2.5	2.4	2.7	2.9	2.9	-2.5%	-2.8%
Total S. & Cent. America	160.7	161.5	156.3	163.8	167.5	173.8	176.9	179.1	180.9	178.8	179.0	0.4%	1.4%
Denmark	9.6	10.5	8.8	8.5	6.9	6.0	5.0	4.8	4.8	4.7	5.1	7.7%	-8.0%
Germany	15.0	13.6	12.7	11.1	10.5	9.5	8.6	8.1	7.5	6.9	6.4	-7.6%	-8.2%
Italy	9.3	8.9	7.7	8.1	8.1	8.3	7.4	6.9	6.5	5.6	5.3	-4.0%	-6.2%
Netherlands	63.3	69.6	65.6	73.8	67.1	66.8	71.8	60.6	45.4	42.0	36.6	-12.6%	-4.2%
Norway	89.6	99.4	103.6	106.4	100.5	113.9	107.9	108.0	116.2	115.8	123.2	6.7%	2.8%
Poland	4.5	4.3	4.3	4.3	4.5	4.5	4.4	4.3	4.3	4.1	4.0	-2.0%	-0.9%
Romania	10.7	10.5	10.4	10.0	10.1	10.1	10.0	10.2	10.2	9.1	10.3	14.2%	2.0%
United Kingdom	75.5	72.8	61.2	57.9	46.1	39.2	37.0	37.4	40.7	41.8	41.9	0.6%	-6.7%
Other Europe	10.0	9.4	9.2	9.3	9.2	8.3	7.2	6.3	6.1	8.7	9.1	5.0%	-2.1%
Total Europe	287.6	299.0	283.5	289.5	262.9	266.5	259.4	246.7	241.7	238.6	241.9	1.7%	-2.3%
Azerbaijan	10.6	15.9	15.9	16.3	16.0	16.8	17.4	18.4	18.8	18.3	17.7	-2.7%	10.7%
Kazakhstan	15.8	18.3	19.0	20.4	20.1	19.8	21.4	21.7	22.0	22.9	27.1	18.6%	4.2%
Russian Federation	601.6	611.5	536.2	588.4	616.8	601.9	614.5	591.2	584.4	589.3	635.6	8.2%	-0.3%
Turkmenistan	68.4	69.1	38.0	44.3	62.3	65.1	65.2	70.2	72.8	66.9	62.0	-7.1%	0.6%
Ukraine	20.0	20.3	20.3	19.4	19.5	19.4	20.2	20.2	18.8	19.0	19.4	2.5%	-0.5%
Uzbekistan	60.9	60.4	58.1	56.9	53.9	53.9	53.9	54.2	54.6	53.1	53.4	0.8%	-1.1%
Other CIS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-6.1%	-0.4%
Total CIS	777.4	795.7	687.8	756.9	788.9	777.1	792.8	776.1	771.6	769.8	815.5	6.2%	22.2%
Bahrain	11.2	12.0	12.1	12.4	12.6	13.1	14.0	14.7	14.8	14.7	15.1	3.0%	3.2%
Iran	123.1	128.9	141.6	150.1	157.5	163.7	164.3	183.1	191.4	203.2	223.9	10.5%	6.3%
Iraq	4.5	6.5	6.9	7.1	6.3	6.3	7.1	7.5	7.3	9.9	10.4	5.3%	21.8%
Kuwait	10.7	12.1	10.9	11.1	12.9	14.7	15.5	14.3	16.1	16.4	17.4	6.1%	3.4%
Oman	24.6	24.1	23.9	25.7	27.1	28.3	30.8	29.3	30.7	31.4	32.3	2.9%	2.6%
Qatar	65.4	79.7	92.4	123.9	150.4	162.5	167.7	169.1	175.2	177.0	175.7	0.5%	12.9%
Saudi Arabia	70.7	76.4	74.5	83.3	87.6	94.4	95.0	97.3	98.2	105.3	111.4	6.1%	4.2%
Syria	5.7	5.6	6.1	8.4	7.4	6.1	5.0	4.6	4.1	3.6	3.1	-14.6%	-4.7%
United Arab Emirates	49.0	49.0	47.6	50.0	51.0	52.9	53.2	52.9	58.7	59.6	60.4	1.8%	2.3%
Yemen	-	-	0.8	6.3	9.4	7.6	10.4	9.8	2.9	0.6	0.7	2.1%	n/a
Other Middle East	2.8	3.5	2.7	3.3	4.2	2.5	6.3	7.3	8.1	9.0	9.5	5.7%	14.1%
Total Middle East	367.7	397.6	419.6	481.6	526.4	552.2	569.1	589.9	608.4	630.8	659.9	4.9%	6.5%
Algeria	81.6	82.6	76.6	77.4	79.6	78.4	79.3	80.2	81.4	91.4	91.2	0.1%	1.2%
Egypt	53.6	56.8	60.3	59.0	59.1	58.6	54.0	47.0	42.6	40.3	49.0	22.1%	-2.6%
Libya	14.5	15.1	15.1	16.0	7.5	11.6	12.2	11.8	12.4	11.2	11.5	2.9%	-1.1%
Nigeria	35.0	34.4	24.7	35.5	38.6	41.1	34.4	42.8	47.6	42.6	47.2	11.0%	4.3%
Other Africa	12.6	16.7	16.1	18.2	17.9	18.1	18.5	18.8	19.7	21.5	26.0	21.7%	7.0%
Total Africa	197.4	205.5	192.8	206.1	202.6	207.8	198.3	200.6	203.6	207.0	225.0	9.0%	1.1%
Australia	47.8	41.7	46.7	54.0	55.7	59.5	61.8	66.6	76.0	96.4	113.5	18.0%	9.0%
Bangladesh	15.3	16.4	18.7	19.3	19.6	21.3	22.0	23.0	25.9	26.5	26.6	0.8%	6.3%
Brunei	11.9	11.8	11.1	12.0	12.5	12.3	11.9	11.6	12.2	11.7	12.0	2.5%	-0.4%
China	69.8	80.9	85.9	96.5	106.2	111.5	121.8	131.2	135.7	137.9	149.2	8.5%	8.9%
India	29.0	29.4	35.7	48.0	44.0	38.2	31.9	30.2	29.2	27.3	28.5	4.5%	-0.3%
Indonesia	72.6	74.8	78.0	87.0	82.7	78.3	77.6	76.4	76.2	70.7	68.0	-3.6%	-0.6%
Malaysia	67.6	69.2	66.9	67.6	67.0	68.3	72.9	72.0	73.9	75.6	78.4	4.1%	1.0%
Myanmar	13.3	12.7	11.4	12.2	12.6	12.5	12.9	16.5	19.2	18.3	18.0	-1.4%	4.0%
Pakistan	33.8	34.6	34.7	35.3	35.3	36.6	35.6	35.0	35.0	34.7	34.7	0.2%	0.4%
Thailand	26.9	29.8	32.0	37.5	38.3	42.9	43.3	43.6	41.2	40.4	38.7	-4.0%	4.8%
Vietnam	6.8	7.2	7.7	9.1	8.2	9.0	9.4	9.9	10.3	10.2	9.5	-7.4%	4.2%
Other Asia Pacific	17.2	18.3	18.6	18.1	18.3	18.0	18.6	23.5	29.3	30.5	30.6	0.6%	7.7%
Total Asia Pacific	407.1	426.4	447.5	496.5	500.1	509.4	519.6	539.4	564.0	580.3	607.5	5.0%	4.0%
Total World	2941.3	3045.4	2952.8	3169.3	3269.0	3337.1	3376.2	3446.9	3519.4	3549.8	3680.4	4.0%	2.2%
of which: OECD	1072.7	1100.4	1095.1	1120.2	1139.6	1175.5	1184.2	1232.3	1271.1	1286.6	1313.6	2.4%	1.9%
Non-OECD	1868.7	1945.0	1857.7	2049.1	2129.4	2161.6	2192.0	2214.6	2248.3	2263.2	2366.8	4.9%	2.3%
European Union	196.8	198.4	179.0	182.0	161.2	151.5	150.4	137.6	124.5	121.8	117.8	3.1%	-5.3%

Εικόνα 12. Παραγωγή φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]

4.1.2 Παγκόσμια ζήτηση φυσικού αερίου

Η παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου αυξήθηκε το 2017 κατά 96 bcm φτάνοντας τα 3670.4 bcm, δηλαδή κατά 3% σε σχέση με το 2016, σημειώνοντας την ταχύτερη ανάπτυξη από το 2010. Ο σημαντικότερος παράγοντας που οδήγησε στην παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου πέρυσι ήταν η αύξηση της ζήτησης φυσικού αερίου στην Κίνα (31 bcm) όπου η κατανάλωση αυξήθηκε κατά περισσότερο από 15%, αντιπροσωπεύοντας περίπου το ένα τρίτο της παγκόσμιας αύξησης της κατανάλωσης φυσικού αερίου. Η Μέση Ανατολή αυξήθηκε κατά 28

bcm και η Ευρώπη κατά 26 bcm φτάνοντας τα 531.7 bcm. Η κατανάλωση στις ΗΠΑ μειώθηκε κατά 1,2% δηλαδή κατά 11 bcm. [32]



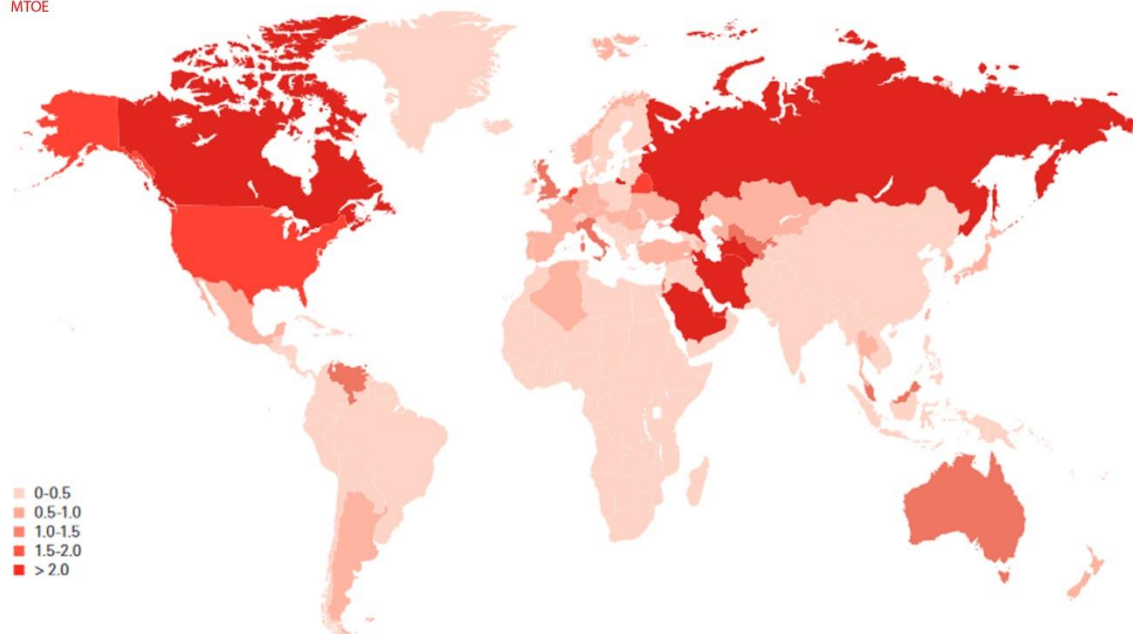
United States	762
Russia	471
China	238
Iran	200
Canada	134
Japan	129
Saudi Arabia	98
Germany	94
United Kingdom	79
Italy	75
Mexico	74
United Arab Emirates	71

Εικόνα 13. Κατανάλωση φυσικού αερίου (bcm) [29]

Η Κίνα ήταν ο μεγαλύτερος συντελεστής στην αύξηση της κατανάλωσης φυσικού αερίου, ενώ η οικονομική ανάπτυξη συνέβαλε επίσης στην αύξηση της ζήτησης φυσικού αερίου στην Ινδία, την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα. Η οικονομική ανάκαμψη και οι υψηλότερες ανάγκες θέρμανσης έδωσαν ώθηση στη ζήτηση φυσικού αερίου στη Ρωσία, η οποία αντιστοιχούσε σχεδόν στο ¼ της πρόσθετης ζήτησης παγκοσμίως.

Η κατανάλωση αερίου συνέχισε να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό στη Μέση Ανατολή, ιδίως στο Ιράν και τη Σαουδική Αραβία. Το ίδιο συνέβη και στην Αφρική, κυρίως στην Αίγυπτο (αύξηση της εγχώριας παραγωγής) και στη Νιγηρία. Οι βελτιωμένες οικονομικές συνθήκες και η χαμηλότερη διαθεσιμότητα πυρηνικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη συνέβαλαν στην αύξηση της κατανάλωσης φυσικού αερίου στην Ευρώπη, ιδίως στη Γερμανία και στη νότια Ευρώπη (Τουρκία, Ιταλία, Ισπανία και Πορτογαλία). Η κατανάλωση μειώθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο λόγω της ηπιότερης θερμοκρασίας και του έντονου ανταγωνισμού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ενέργειας. Όσον αφορά τις ΗΠΑ, στη Βόρεια Αμερική, η κατανάλωση φυσικού αερίου σημείωσε την πρώτη πτώση σε επτά χρόνια, λόγω της μικρότερης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, του ανταγωνισμού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της σχετικά μεγάλης υδροηλεκτρικής παραγωγής, ενώ σημειώθηκε αύξηση στον Καναδά [33].

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2017
ΜΤΟΕ



Εικόνα 14. Κατά κεφαλήν κατανάλωση φυσικού αερίου παγκοσμίως για το 2017 [31]

Natural gas: Consumption in billion cubic metres*

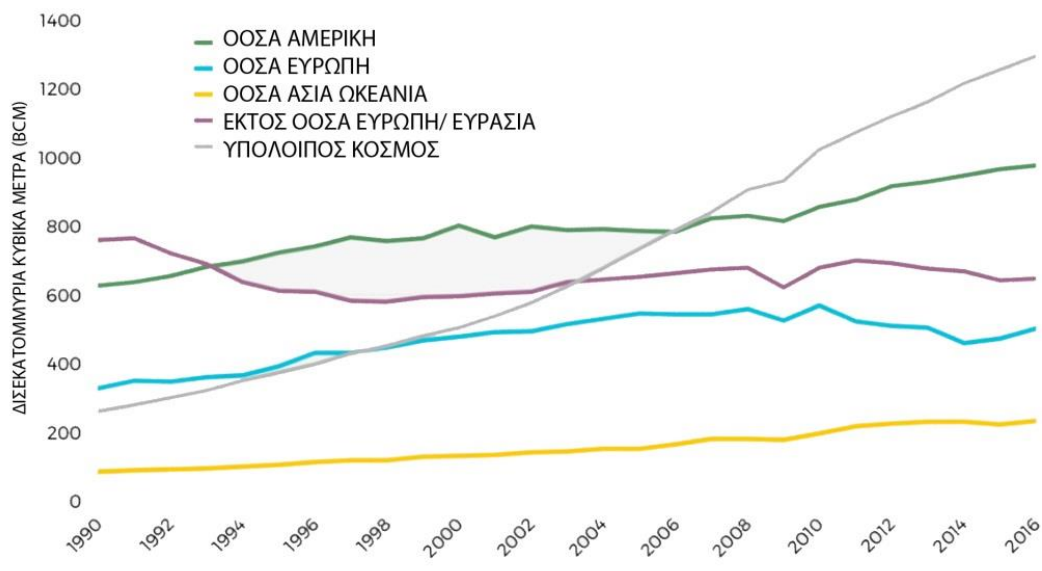
											Growth rate per annum		Share 2017
Billion cubic metres	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017	2006-16
US	624.1	628.9	617.6	648.2	658.2	688.1	707.0	722.3	743.6	750.3	739.5	-1.2%	2.5%
Canada	90.9	89.3	88.6	88.7	95.6	92.8	96.0	103.2	102.9	109.5	115.7	6.0%	2.5%
Mexico	57.0	60.0	65.2	66.0	70.8	73.7	78.5	80.1	78.0	91.8	87.6	-4.4%	4.7%
Total North America	772.1	778.2	769.4	803.0	824.6	854.6	883.6	905.6	924.5	951.6	942.8	-0.7%	2.7%
Argentina	42.7	43.2	41.0	42.2	44.0	45.7	45.8	46.2	46.7	48.3	48.5	0.5%	1.7%
Brazil	22.2	26.1	21.0	28.0	28.0	33.1	39.0	41.3	43.7	37.7	38.3	1.9%	5.8%
Chile	5.0	2.8	2.8	5.7	5.8	5.3	5.3	4.4	4.8	5.9	6.0	1.6%	-3.5%
Colombia	7.2	7.3	8.4	8.7	8.5	9.5	10.5	11.4	11.2	10.6	10.0	-5.8%	4.6%
Ecuador	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	-9.9%	5.2%
Paraguay	2.6	3.3	3.3	4.9	5.4	6.0	5.9	6.7	7.1	7.6	6.7	-11.1%	16.1%
Trinidad & Tobago	21.3	20.7	21.6	22.5	22.7	21.6	21.8	21.4	20.9	18.6	18.5	-0.4%	-1.0%
Venezuela	37.3	35.1	33.2	32.2	32.6	34.0	32.9	32.9	36.5	38.3	37.6	-1.5%	0.9%
Other S. & Cent. America	4.4	4.7	4.9	5.2	5.8	6.3	6.9	7.2	7.1	7.3	7.1	-1.9%	6.5%
Total S. & Cent. America	143.1	143.5	136.6	150.1	153.1	162.2	168.7	172.2	178.6	175.1	173.4	-0.7%	2.3%
Austria	8.3	8.9	8.7	9.4	8.9	8.5	8.1	7.5	7.9	8.3	9.0	9.0%	-0.6%
Belgium	17.4	17.3	17.6	19.8	16.5	16.7	16.5	14.4	15.8	16.1	16.4	1.7%	-0.8%
Czech Republic	8.4	8.3	7.9	9.4	7.9	8.0	8.1	7.2	7.5	8.2	8.4	2.9%	-0.8%
Finland	4.1	4.2	3.7	4.1	3.6	3.2	3.0	2.7	2.3	2.0	1.8	-7.9%	-7.7%
France	44.7	46.4	44.7	49.6	43.0	44.5	45.2	37.9	40.8	44.6	44.7	0.7%	-0.3%
Germany	88.6	89.5	84.4	88.1	80.9	81.1	85.0	73.9	77.0	84.9	90.2	6.5%	-0.8%
Greece	3.9	4.1	3.4	3.7	4.6	4.2	3.7	2.8	3.1	4.0	4.8	20.9%	2.7%
Hungary	12.4	12.3	10.6	11.4	10.9	9.7	9.1	8.1	8.7	9.3	9.9	6.7%	-3.5%
Italy	81.5	81.4	74.9	79.7	74.8	71.9	67.2	59.4	64.8	68.0	72.1	6.3%	-1.7%
Netherlands	38.6	40.3	40.7	45.6	39.8	37.7	38.2	30.3	32.9	34.5	36.1	4.7%	-1.4%
Norway	4.2	4.3	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.3	4.5	4.4	4.5	3.8%	-
Poland	14.4	15.6	15.1	16.2	16.5	17.4	17.4	17.0	17.1	18.3	19.1	5.1%	2.4%
Portugal	4.4	4.8	4.8	5.2	5.3	4.6	4.3	4.1	4.8	5.1	6.2	21.4%	2.1%
Romania	14.8	14.1	12.3	12.5	12.9	12.5	11.4	11.0	10.4	10.4	11.9	14.6%	-4.5%
Spain	37.0	40.6	36.3	36.2	33.6	33.2	30.3	27.5	28.5	29.1	32.0	10.7%	-2.9%
Sweden	1.0	0.9	1.1	1.5	1.3	1.1	1.1	0.9	0.9	1.0	0.8	-19.1%	0.2%
Switzerland	2.8	2.9	2.8	3.2	2.8	3.1	3.2	2.8	3.0	3.1	3.1	0.7%	1.0%
Turkey	33.9	35.3	33.7	35.8	41.8	43.3	44.0	46.6	46.0	44.4	51.7	16.6%	4.3%
United Kingdom	95.3	97.9	91.2	98.5	81.9	76.9	76.3	70.1	71.8	81.0	78.8	-2.4%	-1.5%
Other Europe	34.8	34.0	29.8	33.5	32.3	30.7	30.0	27.2	28.1	28.9	30.2	4.7%	-1.8%
Total Europe	560.7	563.1	527.9	567.7	523.3	512.3	506.2	458.9	475.8	505.6	531.7	5.5%	0.9%
Azerbaijan	8.8	10.0	8.6	8.1	8.9	9.4	9.4	9.9	11.1	10.9	10.6	-2.9%	0.9%
Belarus	19.7	20.2	16.9	20.7	19.3	19.5	19.5	18.6	17.4	17.7	18.0	2.2%	-1.0%
Kazakhstan	10.6	10.6	10.1	11.0	12.2	13.0	13.6	15.0	15.3	15.8	16.3	3.4%	6.0%
Russian Federation	428.8	422.7	399.5	422.6	435.6	429.6	423.0	409.6	409.6	420.2	424.8	1.4%	-
Turkmenistan	22.2	22.4	20.6	23.7	24.6	27.5	23.9	26.7	30.8	30.9	28.4	-7.7%	4.9%
Ukraine	66.1	62.7	48.9	54.6	56.1	51.8	45.2	38.5	30.1	30.3	29.8	-1.5%	-8.0%
Uzbekistan	48.0	50.9	41.7	42.7	44.1	43.7	43.3	45.3	48.6	41.6	41.6	0.3%	-0.5%
Other CIS	5.7	5.8	5.6	5.3	5.4	6.0	5.1	5.2	5.4	5.5	5.2	-5.8%	0.4%
Total CIS	609.9	605.4	551.8	591.7	606.2	600.5	583.1	582.7	588.4	572.9	574.6	0.6%	-0.4%
Iran	123.6	131.2	140.6	150.6	159.8	159.1	160.4	180.9	191.9	201.4	214.4	6.8%	6.2%
Iraq	4.5	6.5	6.9	7.1	6.3	6.3	7.1	7.5	7.3	9.9	12.0	21.2%	21.8%
Israel	2.6	3.6	4.0	5.1	4.7	2.4	6.6	7.2	8.1	9.2	9.9	7.4%	15.5%
Kuwait	10.7	12.1	11.8	14.0	15.9	17.5	17.8	17.6	20.3	21.1	22.2	5.4%	6.0%
Oman	12.2	13.4	13.7	16.3	18.1	19.7	21.7	23.0	22.9	22.9	22.3	2.2%	6.6%
Qatar	24.0	19.3	19.6	24.7	27.3	33.7	35.0	38.8	44.1	43.1	47.4	10.3%	8.3%
Saudi Arabia	70.7	76.4	74.5	83.3	87.6	94.4	95.0	97.3	99.2	105.3	111.4	6.1%	4.2%
United Arab Emirates	47.9	58.0	57.6	59.3	61.6	63.9	64.4	63.4	71.0	72.5	72.2	-0.2%	5.5%
Other Middle East	19.5	20.7	22.7	25.2	22.2	20.5	21.0	20.9	22.4	23.6	23.7	0.9%	2.2%
Total Middle East	315.8	341.0	351.3	385.6	403.6	417.6	429.0	455.0	487.2	508.9	536.5	5.7%	5.9%
Algeria	23.4	24.4	26.2	25.3	26.8	29.9	32.1	36.1	37.9	38.6	38.9	1.0%	5.4%
Egypt	35.9	39.3	40.9	43.4	47.8	50.6	49.5	46.2	46.0	49.4	56.0	13.7%	3.5%
Morocco	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-0.6%	8.1%
South Africa	3.8	3.9	3.3	4.1	4.3	4.4	4.1	4.3	4.4	4.6	4.5	-2.3%	2.1%
Other Africa	29.9	30.4	28.1	29.0	28.6	30.2	29.8	34.4	40.1	39.5	41.3	4.9%	4.6%
Total Africa	94.6	98.6	97.2	102.5	108.3	116.2	118.6	122.1	129.6	130.2	141.8	6.8%	4.3%
Australia	29.0	28.5	29.1	33.8	35.3	35.4	37.2	40.1	42.1	41.7	41.9	0.6%	4.9%
Bangladesh	15.3	16.4	18.7	19.3	19.6	21.3	22.0	23.0	25.9	26.5	26.6	0.8%	6.3%
China	71.1	81.9	90.2	108.9	135.2	150.9	171.9	188.4	194.7	209.4	240.4	15.1%	13.7%
China Hong Kong SAR	2.6	3.0	2.9	3.6	2.9	2.7	2.5	2.4	3.1	3.2	3.2	-0.1%	1.3%
India	38.8	40.0	48.3	59.5	61.3	56.7	49.8	49.6	46.4	50.8	54.2	6.9%	3.5%
Indonesia	34.6	39.7	42.1	44.0	42.7	42.9	41.4	41.5	41.0	38.3	39.2	2.6%	0.3%
Japan	94.4	98.1	91.5	98.9	110.4	122.4	122.3	120.5	118.7	116.4	117.1	0.8%	2.9%
Malaysia	40.4	43.5	40.0	39.8	38.3	42.0	44.6	44.7	43.9	41.9	42.8	2.4%	0.5%
New Zealand	4.2	4.0	4.2	4.5	4.0	4.4	4.7	5.1	4.7	4.9	4.9	-0.5%	2.4%
Pakistan	33.8	34.6	34.7	35.3	35.3	36.6	36.6	36.0	36.5	36.3	40.7	6.7%	1.4%
Philippines	3.5	3.7	3.7	3.5	3.8	3.6	3.4	3.5	3.3	3.8	3.8	-0.7%	2.6%
Singapore	8.1	8.7	9.2	8.3	8.3	8.9	10.0	10.4	11.6	11.9	12.3	3.5%	3.9%
South Korea	36.3	37.3	35.5	45.0	48.4	52.5	55.0	50.0	45.6	47.6	49.4	3.9%	3.6%
Sri Lanka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taiwan	11.2	12.2	11.9	14.8	16.2	17.1	17.1	18.0	19.2	20.0	22.2	11.2%	6.6%
Thailand	35.2	36.9	38.1	43.2	44.3	48.6	48.9	49.9	51.0	50.6	50.1	-0.7%	4.4%
Vietnam	6.8	7.2	7.7	9.1	8.2	9.0	9.4	9.9	10.3	10.2	9.5	-7.4%	4.2%
Other Asia Pacific	6.4	6.3	5.5	6.8	7.5	8.5	8.6	10.1	12.0	11.4	11.6	2.1%	7.2%
Total Asia Pacific	472.0	502.3	513.5	578.3	621.9	663.6	684.3	702.2	710.1	727.0	769.6	6.2%	5.2%
Total World	2958.0	3032.1	2947.8	3175.9	3241.0	3327.1	3371.5	3398.7	3474.2	3574.2	3670.4	3.0%	2.3%
of which: OECD	1485.2	1488.3	1441.3	1538.9	1530.2	1564.1	1597.1	1599.1	1601.4	1680.0	1677.6	1.3%	45.7%
Non-OECD	1492.8	1543.8	1506.5	1637.0	1710.9	1763.0	1774.4	1829.6	1872.8	1914.2	1992.8	4.4%	3.0%
European Union	505.4	516.8	484.2	521.0	470.3	457.9	450.7	400.9	417.7	448.8	466.8	4.3%	-1.3%

Εικόνα 15. Κατανάλωση φυσικού αερίου ανά τον κόσμο [31]

Στην Αμερική του ΟΟΣΑ, η κατανάλωση αυξήθηκε σταθερά μεταξύ 1990 και 2000, όταν σταθεροποιήθηκε γύρω στα 800 Bcm (δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα) για 10 χρόνια. Το 2010 η αύξηση της ζήτησης συνεχίστηκε μέχρι το 2016, όταν έφτασε στα 975 Bcm. Στην Ευρώπη του ΟΟΣΑ, η αύξηση διατηρήθηκε μέχρι το έτος 2005, όταν σταθεροποιήθηκε μεταξύ 540 Bcm και 560 Bcm μέχρι το 2008. Στη συνέχεια, έπεσε στα 458 Bcm το 2014. Παρά την αύξηση τα τελευταία τρία χρόνια, είναι ακόμα πολύ μακριά από τα επίπεδα πριν από την οικονομική κρίση

το 2009. Επί του παρόντος, τα επίπεδα της ζήτησης είναι παρόμοια με το 2002. Στην Ασία / Ωκεανία του ΟΟΣΑ, η ζήτηση αυξήθηκε σταθερά μέχρι το 2007, όταν παρέμεινε σχεδόν σταθερή για τρία χρόνια, πριν αυξηθεί ξανά το 2010 (λόγω της αύξησης της ζήτησης στην Κορέα) και το 2011 (λόγω της μείωσης της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα στην Ιαπωνία). Σε χώρες εκτός Ευρώπης / Ευρασίας του ΟΟΣΑ, η κατανάλωση φυσικού αερίου παρέμεινε σχετικά σταθερή μετά το 1994. Τέλος, στον υπόλοιπο κόσμο, η κατανάλωση φυσικού αερίου παρουσίασε ισχυρό μέσο ρυθμό ανάπτυξης 6,1% ετησίως τα τελευταία 20 χρόνια. Αυτή η τάση ήταν ακόμη ισχυρότερη στην Κίνα, όπου το μέσο ποσοστό αύξησης ήταν 12,8% ετησίως κατά την ίδια περίοδο [34].

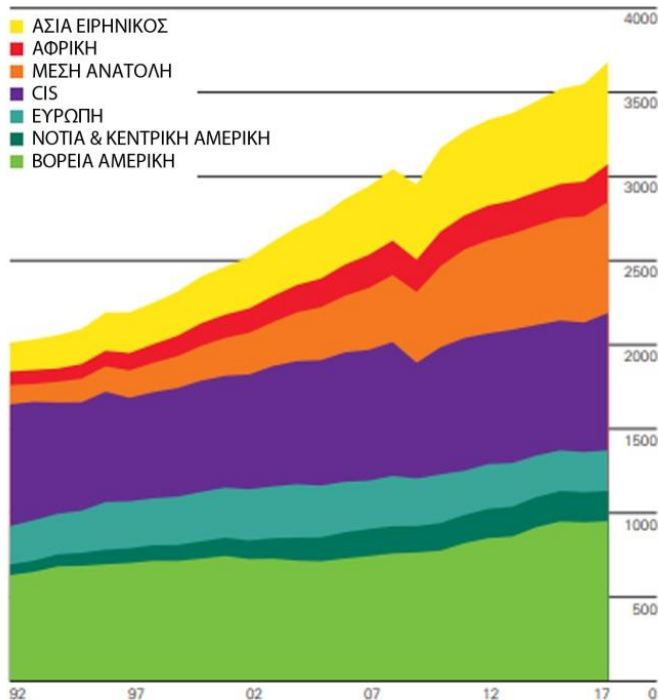
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2017



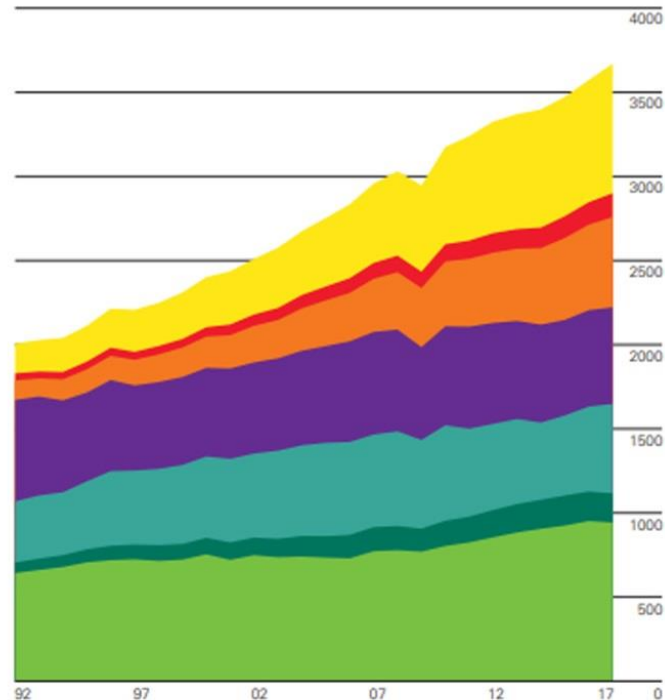
Εικόνα 16. Εξέλιξη της ζήτησης φυσικού αερίου σε ενδεικτικές περιοχές [34]

Το 2017 η κατανάλωση (3,0%, 96 bcm) και η παραγωγή (4,0%, 131 bcm) αυξήθηκαν με τους υψηλότερους ρυθμούς από την άμεση επακόλουθη οικονομική κρίση. Η αύξηση της κατανάλωσης προήλθε από την Ασία, με ιδιαίτερα ισχυρή ανάπτυξη στην Κίνα (15,1%, 31 δισ. Κυβικά μέτρα), υποστηριζόμενη από αυξήσεις στη Μέση Ανατολή (Ιράν 6,8%, 13 δισ. Κυβικά μέτρα) και στην Ευρώπη. Η παραγωγή αυξήθηκε ιδίως στη Ρωσία (8,2%, 46 δισ. Εκατοστά), με την υποστήριξη του Ιράν (10,5%, 21 bcm) και της Αυστραλίας (18%).

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ (bcm)



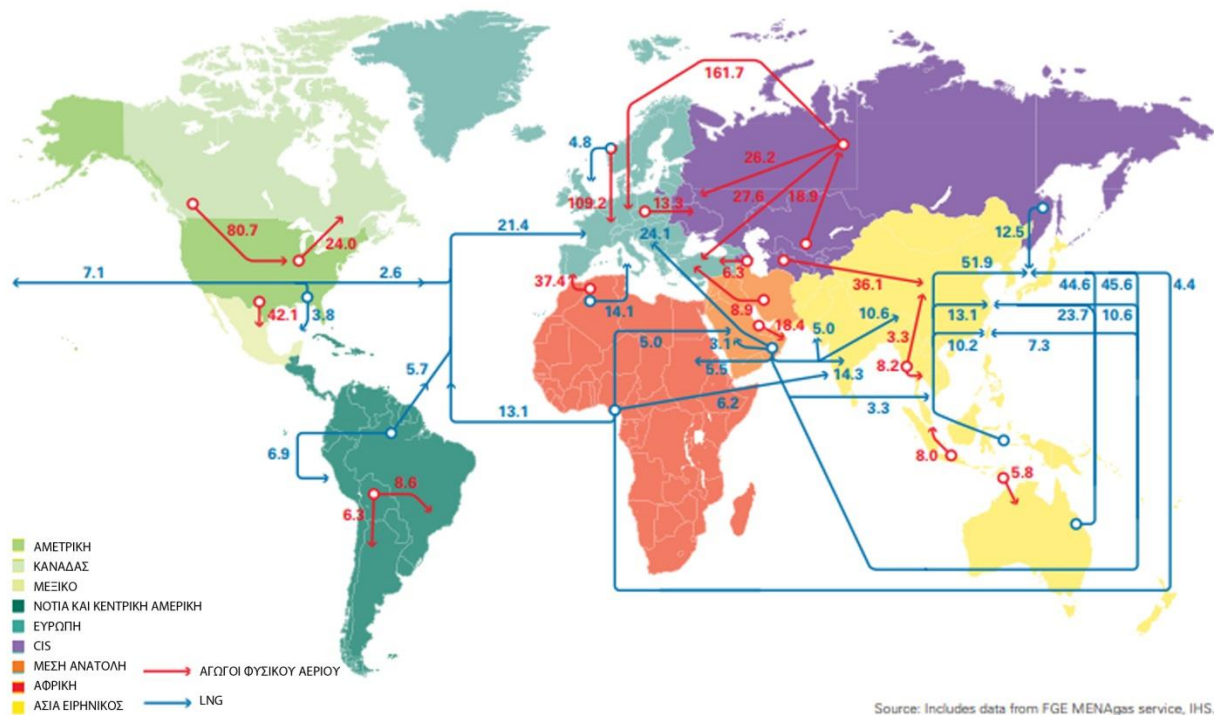
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ (bcm)



Εικόνα 17. Παραγωγή (αριστερά) και κατανάλωση (δεξιά) φυσικού αερίου ανά περιοχή [31]

Στην Κίνα η κατανάλωση αυξήθηκε κατά περισσότερο από 15%. Μεγάλο μέρος αυτής της ταχείας αύξησης οφείλεται στο Σχέδιο Περιβαλλοντικής Δράσης που ανακοινώθηκε το 2013, το οποίο θέτει στόχους για βελτίωση της ποιότητας του αέρα κατά τα επόμενα πέντε χρόνια. Οι κινεζικές αρχές την άνοιξη του περασμένου έτους ανακοίνωσαν μια ενισχυμένη δέσμη μέτρων για το Πεκίνο, Τιαζίνγκ και άλλες 26 πόλεις στις βορειοανατολικές επαρχίες της Κίνας, οι οποίες σχεδιάστηκαν για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων. Αν και η μεγαλύτερη προσοχή έχει επικεντρωθεί στα 3 εκατομμύρια νοικοκυριά που επηρεάζονται από αυτή την πολιτική, ο μεγαλύτερος παράγοντας που οδήγησε στην επέκταση της ζήτησης φυσικού αερίου ήταν η αλλαγή στο βιομηχανικό τομέα.

ΚΥΡΙΕΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ 2017 (bcm)

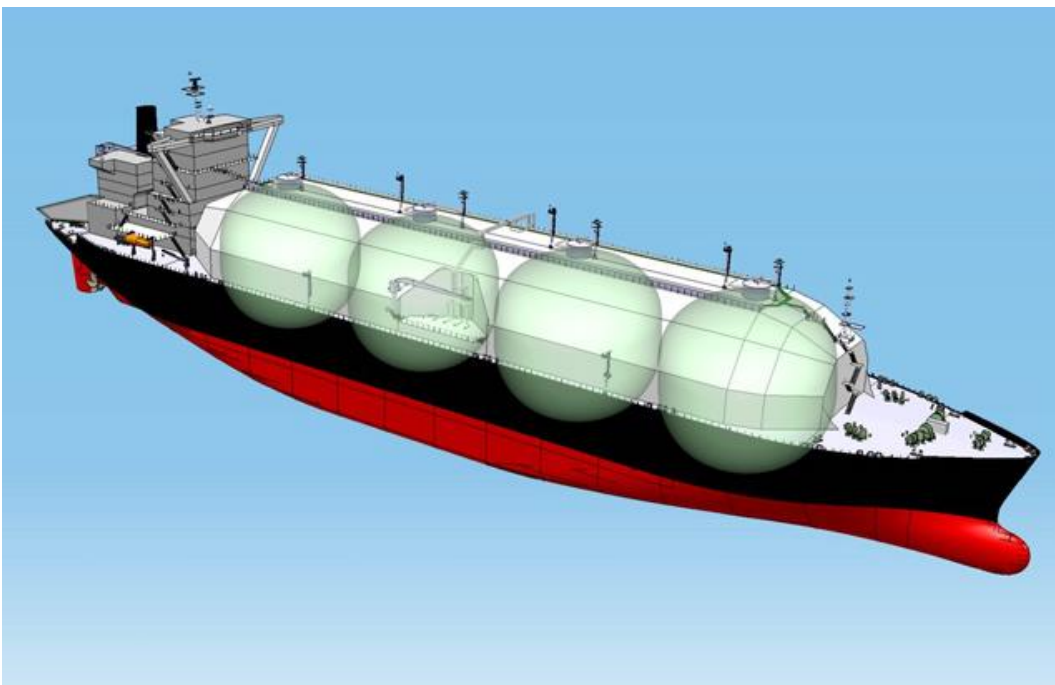


Εικόνα 18. Οι κύριες ανταλλαγές φυσικού αερίου ανά τον κόσμο το 2017 [31]

4.1.3 Πλοία Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Liquefied Natural Gas Carriers)

Πρόκειται για πλοία που έχουν σχεδιαστεί για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου στις ψυκτικές τους δεξαμενές. Σε όλο τον κόσμο υπάρχουν περίπου 360 από αυτά τα προηγμένα ειδικά σκάφη που χρησιμοποιούνται ειδικά για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου. Δεδομένου ότι το αέριο μεταφέρεται σε υγρή μορφή και λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του, μεταφέρεται είτε σε πιέσεις πολύ μεγαλύτερες από τις ατμοσφαιρικές πιέσεις είτε σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, είτε σε κάποιο συνδυασμό των δύο. Ανάλογα τον τρόπο μεταφοράς, τα πλοία κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Fully pressurized (μεταφέρεται σε πιέσεις πολύ μεγαλύτερες από τις ατμοσφαιρικές πιέσεις)
2. Fully refrigerated (μεταφέρεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες)
3. Semi-pressurized and refrigerated (συνδυασμός των δύο παραπάνω)

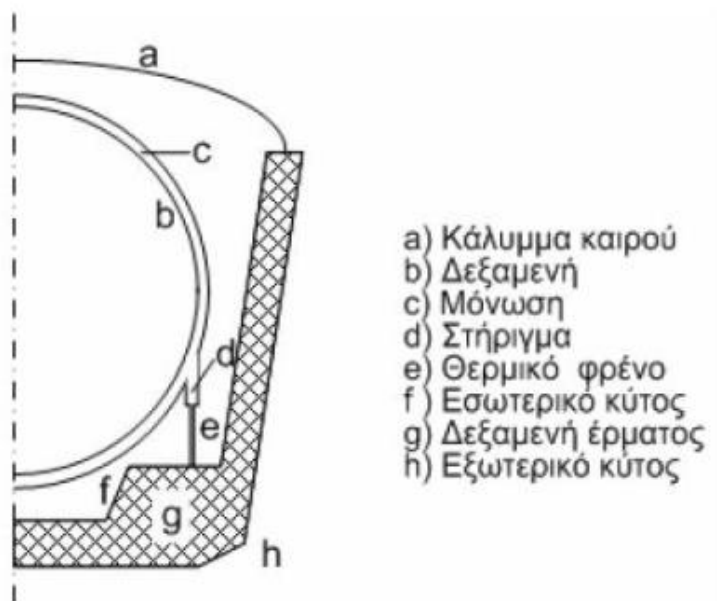


Εικόνα 19. Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου με τέσσερις δεξαμενές [35]

Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου έχουν τέσσερις ή πέντε μεγάλες δεξαμενές για τη συγκράτηση του υγροποιημένου αερίου. Αυτές οι δεξαμενές γενικά αποτελούνται από διάφορα στρώματα υλικού για την αποφυγή διαρροών, είναι μονωμένες και διατηρούν το φυσικό αέριο στη ψυχρή θερμοκρασία που απαιτείται για να διατηρηθεί σε υγρή μορφή. Γενικά είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο ή από χάλυβα με 9% νικέλιο και χωρίζονται μεταξύ τους και από τα άλλα στοιχεία του πλοίου. Επιπλέον είναι εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα ανίχνευσης αερίων και πυρκαγιάς για την αποφυγή μίας καταστροφικής πυρκαγιάς στο πλοίο [36]. Παρότι οι δεξαμενές είναι μονωμένες, ένα ποσοστό μεταξύ 0,2% και 0.25% του φορτίου, εξατμίζεται ανά ημέρα.

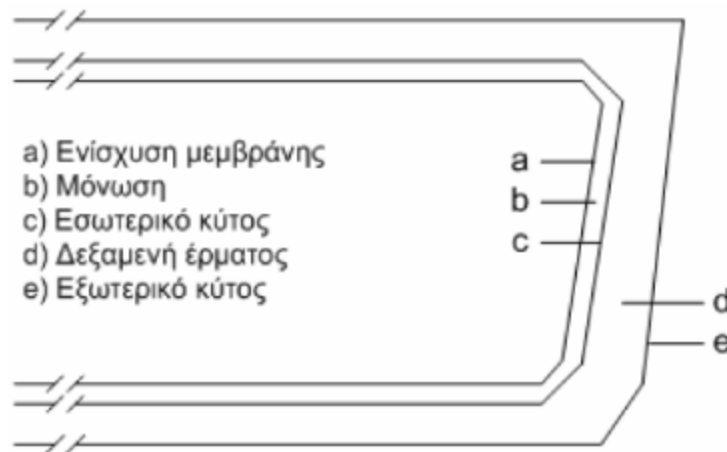
Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια έχουν μεταφορική ικανότητα έως περίπου 270.000 m³ LNG. Τα μεγαλύτερα σε λειτουργία πλοία μεταφοράς LNG (Q-MAX) μπορούν να μεταφέρουν περίπου 267.000 m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου. Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τηρούνται αυστηρότατα μέτρα ασφαλείας ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι (εξάτμιση, ανάφλεξη, μετατόπιση φορτίου, σύγκρουση με άλλα σκάφη, κ.τ.λ.). Στα πλέον σύγχρονα πλοία το μεθάνιο που εξατμίζεται στις δεξαμενές ανακτάται και χρησιμοποιείται για την προώθηση του σκάφους.

Κάθε δεξαμενόπλοιο χρησιμοποιεί ένα από τα διάφορα συστήματα αποθήκευσης, τα οποία μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κύριους τύπους. Ένα σχέδιο χρησιμοποιεί μη σταθερές σφαιρικές δεξαμενές που υποστηρίζονται σε κυλινδρικά στηρίγματα, κάθε δεξαμενή είναι μονωμένη και τοποθετημένη μεταξύ των διαφραγμάτων σε ένα χωριστό τμήμα του σκάφους. Τα διαμερίσματα αυτά καλύπτονται με αδρανές αέριο άζωτο, το οποίο δειγματούζεται περιοδικά για να ανιχνευτεί οποιαδήποτε διαρροή LNG.



Εικόνα 20. Τυπικό σχέδιο σφαιρικής δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου[37]

Μία δεύτερη οικογένεια σχεδιασμών είναι οι δεξαμενές με μεμβράνες. Στα σκάφη που χρησιμοποιούν αυτόν τον τύπο, εφαρμόζονται στο κύτος του σκάφους η μόνωση και η δευτερογενής φραγή. Η μόνωση μεταβιβάζει επίσης το φορτίο από το φορτίο LNG στο κύτος και τη δομή του σκάφους. Μια μεταλλική μεμβράνη συγκράτησης εγκαθίσταται έπειτα πάνω από την επιφάνεια της μόνωσης. Η μεμβράνη μπορεί να αποτελείται από Invar(χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε μέταλλα με εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή της θερμικής διαστολής) ή από μια δομή τύπου “βάφλας” (φτιαγμένη από νικελιούχο χάλυβα), όπου η διατομή της βάφλας επιτρέπει τη δισδιάστατη μεταφορά θερμότητας διατηρώντας την επαφή με τη φέρουσα μόνωση. Οι δεξαμενές με μεμβράνες χωρίζονται επίσης σε διαμερίσματα και επιτρέπουν αποδοτικότερη χρήση του όγκου αποθήκευσης του κύτους. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η επίπεδη κορυφή γέφυρα και το χαμηλότερο κέντρο βάρους, ενώ οι σφαιρικές δεξαμενές επεκτείνονται επάνω από το κατάστρωμα και απαιτούν θολωτά καλύμματα.



Εικόνα 21. Τυπικό σχέδιο δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου με μεμβράνη [37]

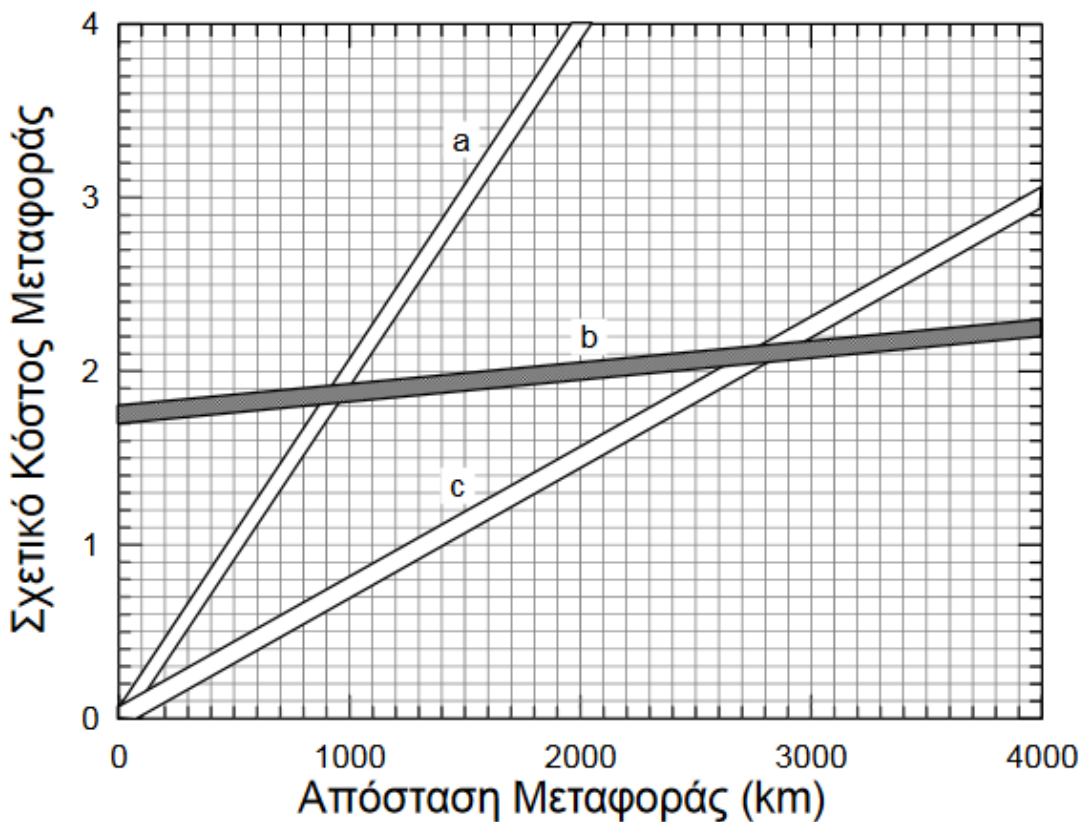
Ένας τρίτος τύπος δεξαμενόπλοιων LNG χρησιμοποιεί μη μόνιμες πρισματικές δεξαμενές. Αυτός ο σχεδιασμός επιδιώκει να συνδυάσει την αποδοτική χρήση του κενού μεταξύ των κυτών με τη δομική ανεξαρτησία μιας αυτοστηριζόμενης δομής. Διάφορα σκάφη στο παρελθόν ναυπηγήθηκαν με αυτόν τον τύπο σχεδιασμού, αλλά είναι σχετικά ακριβά και με εξαίρεση δύο μικρότερα σκάφη για τη μεταφορά Αλάσκας –Ιαπωνίας, δεν υιοθετείται στα νεότερα δεξαμενόπλοια [37].

Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο διάταξης των δεξαμενών, τα πλοία μεταφοράς LNG έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά την κατασκευή και τον εξοπλισμό τους:

- Οι χώροι φορτίου, με τη χρήση ενδιάμεσων κενών στεγανών χώρων, είναι απομονωμένοι από το μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, χώρους ενδιαίτησης, φρεάτια αλυσίδων, αποθήκες κτλ.
- Οι σωληνώσεις φορτοεκφόρτωσης περνάνε πάνω από τα κουβούσια των δεξαμενών για να αποφεύγεται ο κίνδυνος τυχόν διαρροής σε περίπτωση ζημιάς των σωληνώσεων
- Η κάθε δεξαμενή έχει κατά κανόνα το δικό της αντλιοστάσιο, το οποίο είναι εγκατεστημένο πάνω στο κύριο κατάστρωμα.

Το κόστος των πλοίων μεταφοράς LNG κυμαίνεται από 225 εκατομμύρια δολάρια έως 300 εκατομμύρια δολάρια για τα μεγαλύτερα πλοία. Το μήκος τους είναι από 270 έως 290 m, το πλάτος τους από 40 έως 49m και έχουν βύθισμα 11,5 μέτρα. Οι ταχύτητες που κινούνται είναι 18-20 knots [38].

Η μεταφορά LNG, συχνά είναι ο μόνος τρόπος μεταφοράς φυσικού αερίου από απομακρυσμένα πεδία παραγωγής στις χώρες κατανάλωσης. Γενικά, μια εγκατάσταση υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι η μόνη λύση εάν η μεταφορά με αγωγό δεν είναι εφικτή για τεχνικούς ή άλλους λόγους ή εάν η απόσταση είναι πολύ μεγάλη. Το κόστος μεταφοράς LNG είναι χαμηλότερο από αυτό των υποθαλάσσιων αγωγών μεταφοράς, ακόμη και για αποστάσεις αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων, ενώ η μεταφορά με χερσαίους αγωγούς είναι σχεδόν πάντα φθηνότερη από τη μεταφορά LNG εκτός εάν η απόσταση είναι εξαιρετικά μεγάλη (εικόνα)



Εικόνα 22. Σύγκριση κόστους μεταφοράς LNG και μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω αγωγών. α) υποθαλάσσιος αγωγός διαμέτρου 900mm, β) μεταφορά LNG με υγροποίηση επί εδάφους (125.800 m^3) γ) χερσαίος αγωγός διαμέτρου 1000mm

4.1.4 Τερματικοί σταθμοί LNG

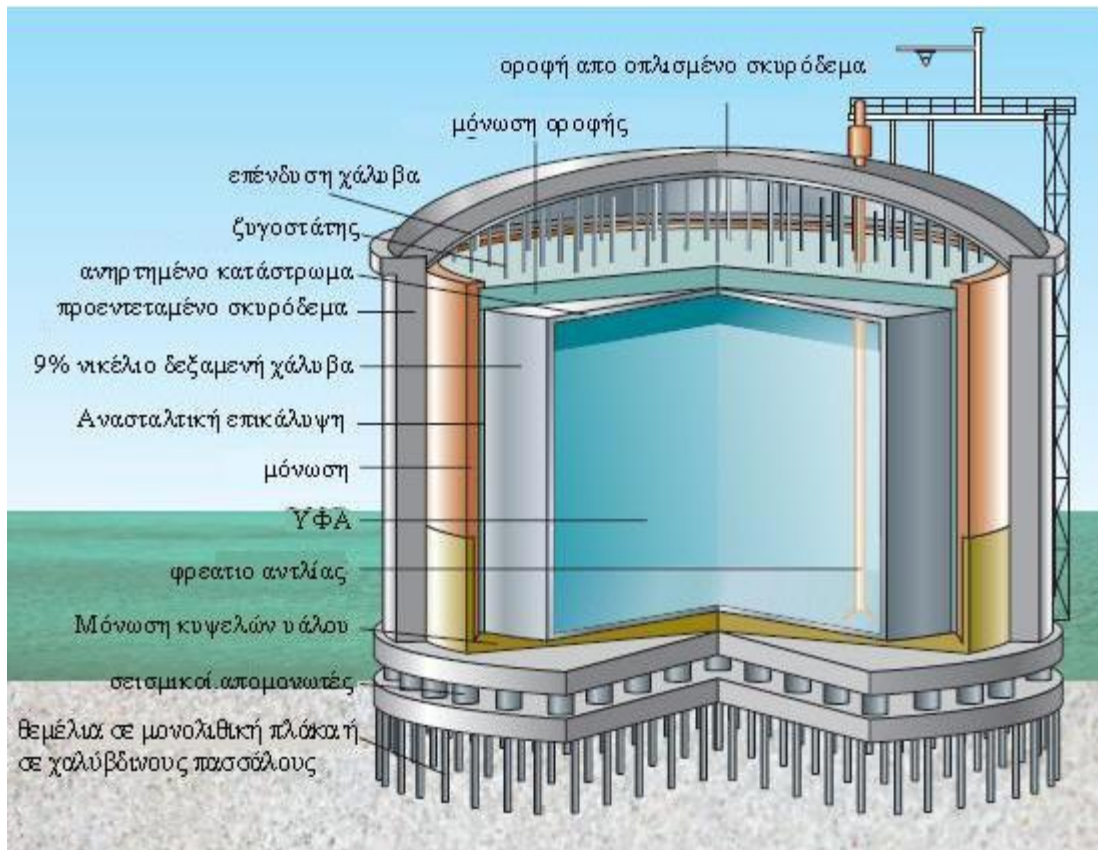
Οι εγκαταστάσεις παραλαβής LNG κατασκευάζονται για να παραλάβουν τις ποσότητες LNG που αποστέλλονται από τις εγκαταστάσεις υγροποίησης φυσικού αερίου. Περιλαμβάνουν τις απαραίτητες λιμενικές εγκαταστάσεις, σωληνώσεις μεταφοράς, αποθήκες LNG και όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εξάτμιση και συμπίεση του φυσικού αερίου, πριν αυτό αποσταλεί προς τον κεντρικό αγωγό φυσικού αερίου ή τους τελικούς καταναλωτές.

Αναλυτικότερα, το φυσικό αέριο εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες το φυσικό αέριο σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο σχηματισμού του πετρελαίου. Η διαδικασία της εξόρυξης του φυσικού αερίου δημιουργεί μεγάλες κοιλότητες στο έδαφος. Οι κοιλότητες αυτές οδηγούν σε αύξηση της πίεσης του εδάφους και μπορεί να προκαλέσουν τη βύθισή του. Για το λόγο αυτό η εξόρυξη και η μεταφορά πρέπει να πραγματοποιούνται με καλή διαχείριση και σε συνδυασμό με τον έλεγχο του περιβάλλοντος. Το φυσικό αέριο μεταφέρεται από το πεδίο εξόρυξης του, στη μονάδα υγροποίησης που βρίσκεται πλησίον της ακτογραμμής και διαθέτει εξειδικευμένες λιμενικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 23. Μονάδα υγροποίησης φυσικού αερίου

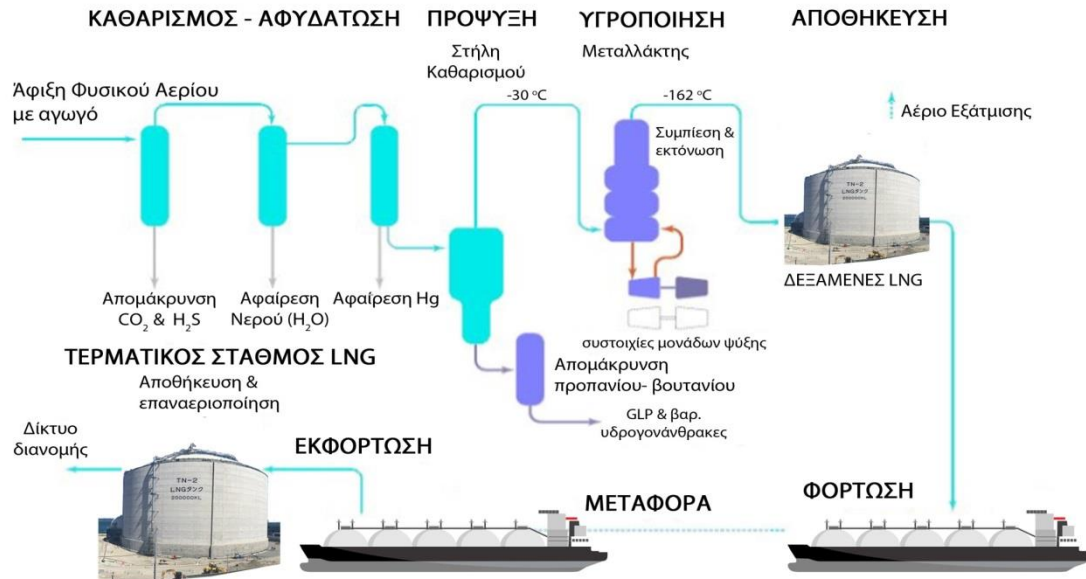
Στη μονάδα υγροποίησης, το φυσικό αέριο υφίσταται διάφορες διαδοχικές επεξεργασίες. Αρχικά, με τη διαδικασία του καθαρισμού αφαιρούνται από το φυσικό αέριο το διοξείδιο του άνθρακα (επειδή στερεοποιούμενο μπορεί να προκαλέσει ζημιά στις εγκαταστάσεις υγροποίησης), το υδρόθειο (H_2S) και άλλες χημικές ενώσεις θείου. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της αφυδάτωσης. Το νερό πρέπει να απομακρυνθεί γιατί υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού ένυδρων αλάτων μεθανίου που εμποδίζουν τη λειτουργία των κρυογονικών εναλλακτών θερμότητας. Απομακρύνονται επίσης τα ίχνη του υδραργύρου (Hg), που είναι τοξικά και διαβρωτικά για τα κράματα που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας. Μετά από την αφυδάτωση, ακολουθεί η πρόψυξη. Το φυσικό αέριο ψύχεται σε μία θερμοκρασία περίπου $-30^{\circ}C$. Μια σειρά αποστακτήρων (στις στήλες καθαρισμού) επιτρέπει την απομόνωση των βαρύτερων υδρογονανθράκων (προπάνιο και βουτάνιο) που στη συνέχεια πωλούνται ως πρώτη ύλη στην πετροχημική βιομηχανία ή ως καύσιμα. Στη συνέχεια γίνεται η υγροποίηση του φυσικού αερίου, το αέριο συμπιέζεται, ψύχεται υπό σταθερή πίεση και στη συνέχεια εκτονώνεται. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δύο ή τρεις φορές σε ειδικές ψυκτικές στήλες (αντλίες θερμότητας), από τις οποίες εξέρχεται το αέριο σε υγρή μορφή (LNG), σε θερμοκρασία $-161^{\circ}C$ υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Πριν τη φόρτωση, το LNG αποθηκεύεται υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση σε μεγάλες κατακόρυφες κυλινδρικές δεξαμενές (χωρητικότητας $65.000-150.000\ m^3$ η κάθε μία) δίπλα στο εργοστάσιο υγροποίησης. Οι δεξαμενές αυτές είναι κατασκευασμένες από μέταλλο ή σκυρόδεμα, διαθέτουν διπλό τοίχωμα και προηγμένη θερμική μόνωση ώστε να διατηρούν το αέριο σευγρή κατάσταση ($-162^{\circ}C$) με ελάχιστη εξάτμιση. Υπενθυμίζεται ότι περίπου $600\ m^3$ φυσικού αερίου καταλαμβάνουν υπό κανονική πίεση, μόλις $1\ m^3$ σε υγρή κατάσταση, υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση.



Εικόνα 24. Τυπική δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου [25]

Από τη μονάδα υγροποίησης, το υγροποιημένο φυσικό αέριο φορτώνεται στα ειδικά δεξαμενόπλοια (LNG Carriers) που έχουν θερμικά μονωμένες δεξαμενές, ώστε να κρατούν το αέριο σε υγρή κατάσταση ελαχιστοποιώντας τις απώλειες ενέργειας (θερμότητας). Μόλις το σκάφος φτάσει στο προορισμό του, γίνεται η εκφόρτωση του LNG στις ειδικές εγκαταστάσεις υποδοχής του τερματικού σταθμού και η αποθήκευση του στις κρυογονικές δεξαμενές αποθήκευσης LNG, υπό συνθήκες παρόμοιες με αυτές των μονάδων υγροποίησης. Ακολουθεί η επαναεριοποίηση του LNG. Κατά τη διαδικασία επαναεριοποίησης του LNG, αυξάνεται η θερμοκρασία του από -162°C σε πάνω από 0°C , υπό υψηλή πίεση (μεταξύ 60 και 100 bar), μέσω της χρήσης εναλλακτών που θερμαίνονται με την απορροή θαλασσινού νερού ή σε εξατμιστήρες, όπου καίγεται μέρος της αέριας φάσης από τις δεξαμενές αποθήκευσης και από την παραγόμενη θερμότητα θερμαίνεται το ενδιάμεσο ρευστό που χρησιμοποιείται τελικά για την εξάτμιση. Οι εναλλάκτες θερμότητας με θαλασσινό νερό έχουν πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας, αλλά υψηλό κόστος εγκατάστασης και έχουν σχετικά περιορισμένη δυναμικότητα σε σχέση με τους κλασσικούς εξατμιστήρες [37]. Το αέριο διοχετεύεται μέσω αγωγών σε εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής, βιομηχανικές μονάδες και στο δίκτυο διανομής προς τους τελικούς καταναλωτές, ενώ ενδέχεται κάποιες ποσότητες LNG να διοχετεύονται αυτούσιες στην αγορά με ειδικά τρέινα ή φορτηγά μεταφοράς LNG. Πριν από τη μεταφορά του αερίου μέσω

αγωγών από το θερματικό προς τα δίκτυα διανομής, μπορεί να ρυθμίζεται η θερμαντική του αξία μέσω αλλαγών της περιεκτικότητας του σε άζωτο ή αναμειγνύοντας το με άλλα αέρια. [39]



Εικόνα 25. Παραγωγική διαδικασία υγροποιημένου φυσικού αερίου

Ο πιο συνηθισμένος τύπος θερματικού σταθμού LNG είναι αυτός που ήδη περιγράφηκε με τις λιμενικές εγκαταστάσεις του να βρίσκονται στην ξηρά, ωστόσο υπάρχουν τρεις ακόμα τύποι θερματικών σταθμών LNG, οι οποίοι συναντώνται πιο σπάνια. Ο πρώτος τύπος αφορά πλωτές πλατφόρμες ή και σκάφη τα οποία είναι μόνιμα ή προσωρινά αγκυροβολημένα. Τροφοδοτούνται LNG μέσω των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, το επαναεριοποιούν και μέσω υποθαλάσσιου αγωγού το μεταφέρουν στη στεριά, τροφοδοτώντας το χερσαίο δίκτυο αγωγών. Στο δεύτερο τύπο, οι μονάδες επαναεριοποίησης βρίσκονται στο κατάστρωμα του δεξαμενόπλοιου που το μεταφέρει. Όταν το δεξαμενόπλοιο φτάσει στον προορισμό του, το υγροποιημένο φυσικό αέριο επαναεριοποιείται και στη συνέχεια μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μεταφέρεται στη στεριά και τροφοδοτεί το χερσαίο δίκτυο αγωγών. Ο τρίτος τύπος, αφορά υπεράκτιους θερματικούς σταθμούς LNG όπου οι μονάδες επαναεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου αλλά και ο υπόλοιπος εξοπλισμός βρίσκονται σε τεχνητό νησί. Σε αυτού του τύπου θερματικούς σταθμούς, το LNG επαναεριοποιείται και μεταφέρεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού στη στεριά όπου τροφοδοτεί το χερσαίο δίκτυο αγωγών.

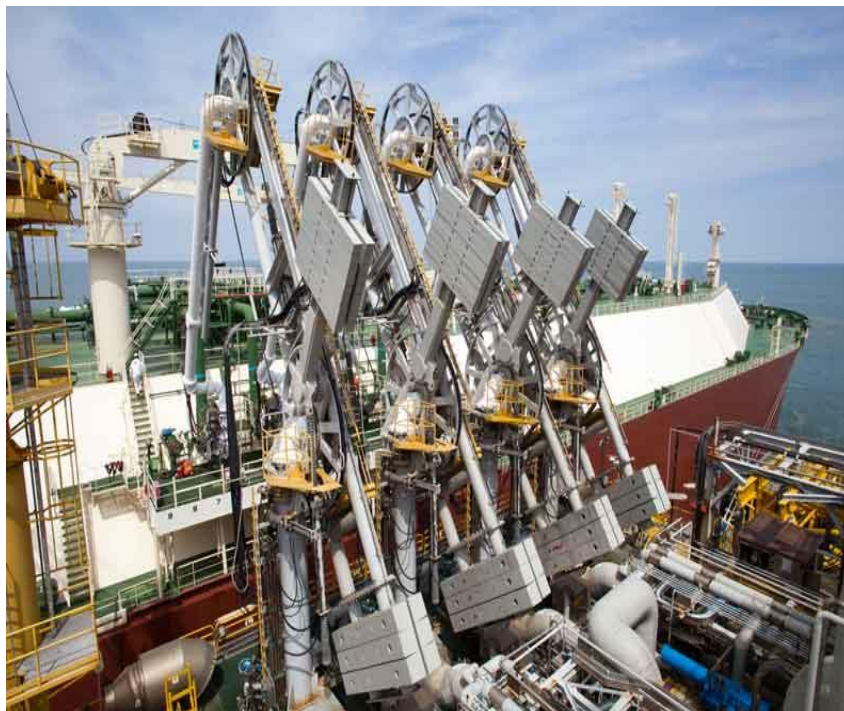


Εικόνα 26. Πλωτός τερματικός σταθμός LNG σε μόνιμα αγκυροβολημένο σκάφος



Εικόνα 27. Πλοίο μεταφοράς με εγκατεστημένη μονάδα επαναεριοποίησης στο κατάστρωμα του σκάφους

Η εκφόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου από το πλοίο μεταφοράς του στον πλωτό τερματικό σταθμό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε με κρυογενικούς σωλήνες είτε μέσω σωληνώσεων υποστηριζόμενων από ειδικούς βραχίονες εκφόρτωσης. Η εκφόρτωση με τη χρήση κρυογενικών σωληνών είναι φθηνότερη, δεσμεύει λιγότερο χώρο και η σωστή τοποθέτηση των σωληνών είναι πιο εύκολη. Από την άλλη, η εκφόρτωση με τους βραχίονες γίνεται σε λιγότερο χρόνο.



Εικόνα 28. Φορτοεκφόρτωση LNG μέσω σωληνώσεων υποστηριζόμενων από ειδικούς βραχίονες



Εικόνα 29. Φορτοεκφόρτωση LNG μέσω κρυογενικών σωλήνων

Το βασικό πλεονέκτημα των πλωτών τερματικών σταθμών σε σχέση με τους τερματικούς σταθμούς που βρίσκονται στην ξηρά, είναι η ευελιξία μετεγκατάστασης που προσφέρουν. Όμως, εκτός αυτού, η κατασκευή τους απαιτεί το μισό χρόνο και περίπου 50-60% λιγότερο κόστος, ενώ το κόστος λειτουργίας είναι περίπου το ίδιο με 20.000-45.000 δολάρια ανά ημέρα.

Η κατασκευή πλωτών τερματικών σταθμών LNG, κοστίζει 240-300 εκατομμύρια δολάρια και μπορεί να διαρκέσει 27-36 μήνες, ενώ οι τερματικοί σταθμοί πάνω σε δεξαμενόπλοιο, κοστίζουν 80-100 εκατομμύρια και οι τροποποιήσεις του δεξαμενόπλοιου διαρκούν περίπου 12-18 μήνες. Για παράδειγμα, αν ένα σχεδόν νέο δεξαμενόπλοιο αγοράζεται στα 150 εκατομμύρια δολάρια, το τελικό κόστος (μετά τις μετατροπές του ώστε να έχει τη δυνατότητα επαναεριοποίησης υγροποιημένου φυσικού αερίου) θα είναι περίπου 230 εκατομμύρια δολάρια, δηλαδή παρόμοιο με μία νέα κατασκευή πλωτού τερματικού σταθμού. Όμως έχει το πλεονέκτημα ότι είναι έτοιμο προς παράδοση σε 18 μήνες σε σύγκριση με 36 μήνες για έναν νέο δεξαμενόπλοιο. Επίσης, ένα παλαιότερο δεξαμενόπλοιο θα ήταν φθηνότερο και θα μείωνε ακόμα περισσότερο το συνολικό κόστος.

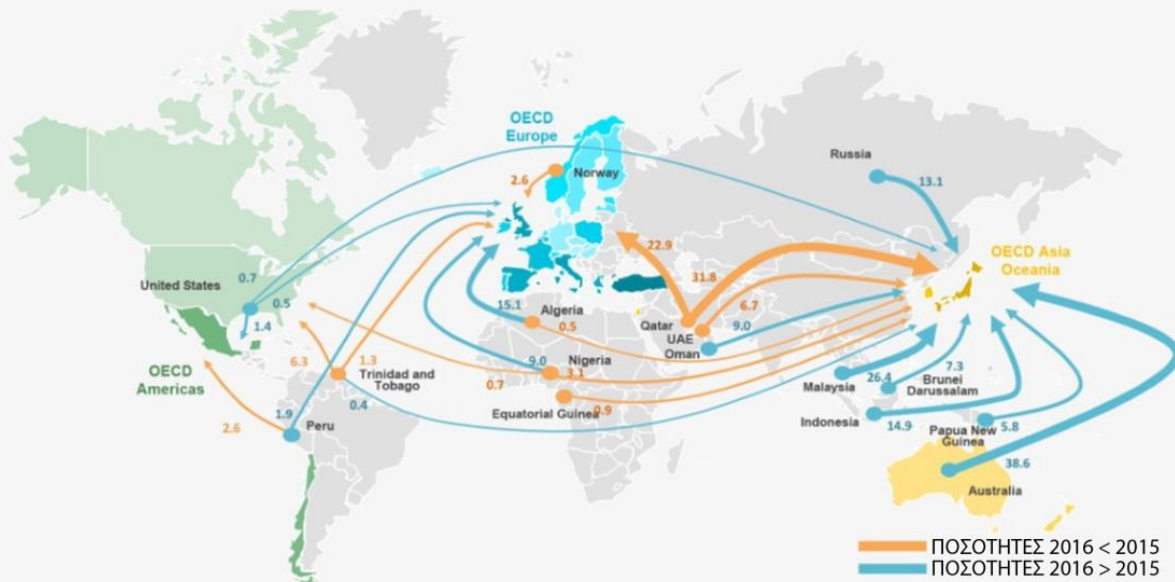
Το κόστος μετατροπής, περιλαμβάνει την παράδοση και την εγκατάσταση του εξοπλισμού επαναεριοποίησης, αντλίες υψηλής πίεσης, εξατμιστήρες, σταθμούς μέτρησης, βραχίονες εξαγωγής αερίου ή κρυογενικούς σωλήνες, πρόσθετα συστήματα που απαιτούνται για την ικανοποίηση της αυξημένης ηλεκτρικής ενέργειας και για την κυκλοφορία νερού για εξάτμιση και τυχόν τροποποιήσεις για μόνιμη πρόσδεση [40].

4.1.5 Τάσεις στην αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου

Οι εισαγωγές LNG παρέμειναν σχετικά σταθερές το 2016. Υπήρξαν μικρές μειώσεις στην Αμερική και στην Ευρώπη και αύξηση στην Ασία/Ωκεανία μετά την πτώση το 2015. Το Μεξικό και το Ηνωμένο Βασίλειο σημείωσαν μεγάλες αυξήσεις στις εισαγωγές αγωγών, ενώ η Ιαπωνία και η Κορέα αύξησαν τις εισαγωγές τους κατά σχεδόν 2%. Παρά τη μείωση των εισαγωγών από το Κατάρ, παραμένει ο κύριος προμηθευτής LNG με 24,1% του συνολικού μεριδίου. Ωστόσο, το Κατάρ δεν είναι πλέον ο κύριος προμηθευτής της Ασίας/Ωκεανίας αφού το ξεπέρασε η Αυστραλία [17].

ΧΑΡΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ LNG ΕΝΤΟΣ ΟΟΣΑ (bcm)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2017



Εικόνα 30. Μεταφορές LNG σε περιοχές εντός ΟΟΣΑ το 2017

Ένας κεντρικός παράγοντας που στήριζε την ισχύ των παγκόσμιων αγορών φυσικού αερίου ήταν η συνεχιζόμενη επέκταση του υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), το οποίο αυξήθηκε κατά 10% το 2017 (η μεγαλύτερη ανάπτυξη από το 2010) με τη βοήθεια νέων σταθμών LNG στην Αυστραλία και τις ΗΠΑ. Η αύξηση ζήτησης της Κίνας για LNG αντιπροσώπευε σχεδόν το ήμισυ της παγκόσμιας αύξησης και έτσι ξεπέρασε την Κορέα ως τον δεύτερο μεγαλύτερο εισαγωγέα LNG μετά την Ιαπωνία [41].

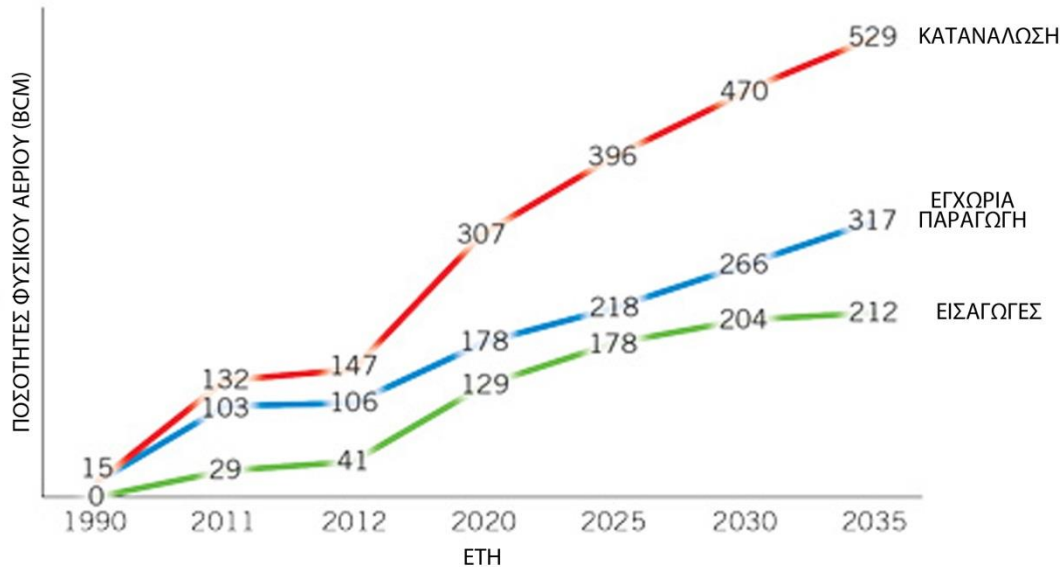
Πολλές μεγάλες εταιρείες πετρελαίου, μεταξύ των οποίων η Royal Dutch Shell και η BP, ενισχύουν το μερίδιό τους στην παραγωγή φυσικού αερίου. Έκθεση του Bloomberg αναφέρει ότι αυτές οι δύο πετρελαϊκές εταιρείες, αυξάνοντας την παραγωγή φυσικού αερίου, μειώνουν τη διαφορά τους με την Exxon Mobil, η οποία είναι αυτή τη στιγμή η μεγαλύτερη πετρελαϊκή εταιρεία στον κόσμο.

Η BP αναμένεται μέχρι το 2020 να παράγει περίπου 60% φυσικό αέριο και 40% πετρέλαιο, δηλαδή το αντίστροφο σε σχέση με την παραγωγή της το 2014. Η Exxon Mobil παράγει επί του παρόντος περίπου 55% πετρέλαιο και 45% φυσικό αέριο και παραμένει ο μεγαλύτερος παραγωγός φυσικού αερίου στις ΗΠΑ.

Το ποσοστό του LNG στο συνολικό εμπόριο φυσικού αερίου προβλέπεται να αυξηθεί από ένα τρίτο πέρυσι σε σχεδόν 40% το 2023, με μεγάλο μέρος αυτής της αύξησης να οφείλεται στην αύξηση της ζήτησης LNG στην Κίνα. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), η

ζήτηση φυσικού αερίου από την Κίνα θα αυξηθεί κατά περίπου 60% μεταξύ 2017 και 2023 σε 376 δισ. Κυβικά μέτρα.

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΚΙΝΑ



Sources: IEA (2013), BP (2013)

Εικόνα 31. Προβλέψεις για το φυσικό αέριο στην Κίνα. Ζήτηση(κόκκινη καμπύλη), εγχώρια παραγωγή(μπλε καμπύλη), εισαγωγές (πράσινη καμπύλη)

Οι αναδυόμενες αγορές στην Ασία, συμπεριλαμβανομένου του Βιετνάμ, των Φιλιππίνων, της Ταϊλάνδης και του Πακιστάν, θα αντιπροσωπεύουν περίπου το ήμισυ των παγκόσμιων εισαγωγών LNG μέχρι το 2023. Αυτή η συνεχής και σταθερή αύξηση της ζήτησης LNG θα έχει ως συνεπεία εξελίξεις στην παγκόσμια ασφάλεια φυσικού αερίου.

Η BP στα σχέδιά της για το 2018 (Energy Perspective) εκτιμά ότι η ζήτηση φυσικού αερίου θα συνεχίσει να αυξάνεται έντονα έως το 2040, υποστηριζόμενη από την συνεχή αύξηση ζήτησης του υδροποιημένου φυσικού αερίου, της οποίας το 40% αφορά τα επόμενα πέντε χρόνια.

Η Shell στο Outlook LNG 2018 σημειώνει ότι το LNG ξεπέρασε κάθε προσδοκία, αφού αυξήθηκε κατά 29 εκατομμύρια τόνους το 2017, περισσότερο από 30% από το αναμενόμενο. Με βάση τις τρέχουσες προβλέψεις για τη ζήτηση, η Shell επισημαίνει το ενδεχόμενο έλλειψης εφοδιασμού να αναπτυχθεί στα μέσα της δεκαετίας του 2020.

Επιπλέον, από την αρχή του αιώνα, ο αριθμός των χωρών που εισάγουν LNG έχει τετραπλασιαστεί, ενώ ο αριθμός των χωρών που προμηθεύουν LNG σχεδόν διπλασιάστηκε. Το εμπόριο LNG αυξήθηκε από 100 εκατομμύρια τόνους το 2000 σε σχεδόν 300 εκατομμύρια τόνους το 2017 [42].

Η στιγμή όπου η ζήτηση θα πλησιάζει στην προσφορά έφτασε νωρίτερα από όταν αναμενόταν, δημιουργώντας ευκαιρίες σε έργα που είχαν σχεδιαστεί, σήμερα να δρομολογούνται. Για παράδειγμα, τα μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου στα ανοικτά των ακτών της Μοζαμβίκης

Αγορές όπως η Νότια Κορέα, η Ιαπωνία, η Ευρώπη και ιδιαίτερα η Κίνα αυξάνουν την κατανάλωση υδροποιημένου φυσικού αερίου και λειτουργούν νέες εγκαταστάσεις LNG. Σύμφωνα με παγκόσμια στοιχεία, η παγκόσμια δυναμικότητα υδροποίησης LNG προβλέπεται να αυξηθεί κατά 117% από 419 εκατομμύρια τόνους ετησίως το 2018 σε 907 εκατομμύρια τόνους ετησίως έως το 2022. Η αγορά θα συνεχίσει να μεγαλώνει καθώς η εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου στη Νοτιοανατολική Ασία και την Ευρώπη μειώνεται και η ζήτηση για εισαγωγές αυξάνεται [44].

Οι τιμές του φυσικού αερίου διαμορφώνονται σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο, σε αντίθεση με τις τιμές του πετρελαίου, οι οποίες διαμορφώνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Όταν υπάρχει μόνον ένας αγοραστής και ένας πωλητής, οι τιμές αποτελούν αντικείμενο διαπραγματεύσεως μεταξύ των δύο μερών. Ο πωλητής θα επιδιώξει να εξασφαλίσει μία τιμή που καλύπτει το λειτουργικό του κόστος, την απόσβεση του επενδεδυμένου κεφαλαίου, τους κινδύνους και το περιθώριο κέρδους του. Ο αγοραστής θα συμφωνήσει σε μία τιμή που του επιτρέπει ένα περιθώριο κέρδους εάν αφαιρεθεί από τα έσοδα πώλησης το συνολικό κόστος παραγωγής του. Όταν υπάρχουν πολλοί αγοραστές και πωλητές φυσικού αερίου, οι τιμές διαμορφώνονται κυρίως μέσω της προσφοράς και της ζήτησης. Έτσι, οι αγορές φυσικού αερίου ανά τον κόσμο, μπορούν να χωριστούν σε 4 κατηγορίες αγορών:

1. Gas on gas markets

Οι αγορές αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από την παρουσία μεγάλου αριθμού αγοραστών και πωλητών που σε μεγάλο βαθμό ανταγωνίζονται μεταξύ τους, χωρίς κυβερνητικές παρεμβάσεις, ενώ υπάρχουν και επαρκείς υποδομές αποθήκευσης, διανομής ή εισαγωγών LNG. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και σε κάποιο βαθμό το Ηνωμένο Βασίλειο.

2. Oil - indexed markets

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται αρκετές χώρες της Ευρώπης και της νοτιοανατολικής Ασίας. Στις αγορές αυτές η τιμές διαμορφώνονται, ανάλογα με τις τιμές άλλων καυσίμων, όπως το πετρέλαιο ή τα προϊόντα του και συνήθως είναι χαμηλότερες των τιμών του καυσίμου αναφοράς (για ισοδύναμη βάση ενέργειας). Αυτή η μέθοδος τιμολόγησης, ενθαρρύνθηκε από προμηθευτές όπως η Ρωσία η Νορβηγία και η Αλγερία και παρουσιάζει το πλεονέκτημα της απλότητας και της ευκολίας στις συμφωνίες μεταξύ παραγωγών και αγοραστών. Ωστόσο, όταν οι τιμές του πετρελαίου άρχισαν να αυξάνονται από το 2008, η διαφορά μεταξύ των τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου διευρύνθηκε με αποτέλεσμα οι αγοραστές να αμφισβητήσουν τη μέθοδο αυτή. Με την κατασκευή των τερματικών σταθμών LNG και την ανάπτυξη του δικτύου και της αποθηκευτικής ικανότητας, οι χώρες αυτές αυτονομούνται σταδιακά από τους παραδοσιακούς προμηθευτές τους και τα επόμενα χρόνια οι αγορές τους θα μοιάζουν περισσότερο με αυτές της παραπάνω κατηγορίας.

3. Oil – linked market

Η κατηγορία αυτή, περιλαμβάνει την Ιαπωνία, τη Ν. Κορέα και την Ταϊβάν. Χαρακτηρίζεται από πλήρη εξάρτηση από το LNG, αφού δεν υπάρχει εγχώρια παραγωγή ούτε δυνατότητες κατασκευής αγωγών φυσικού αερίου.

4. Regulated markets

Στις υπόλοιπες χώρες του κόσμου κυριαρχεί η ρυθμιζόμενη αγορά, όπου οι τιμές ελέγχονται απόλυτα από το κράτος και δεν υπάρχουν κίνητρα για επενδύσεις στην αλυσίδα LNG.

4.1.6 Παρούσα κατάσταση και προοπτικές χρήσης του συμπιεσμένου και υγροποιημένου φυσικού αερίου στις μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών είναι ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς στην ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές ρύπων σε όλο τον κόσμο. Η δομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα δείχνει ότι η οικιακή χρήση (25,4%), οι μεταφορές (33,1%) και η βιομηχανία (25,3%) κατέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης [45]. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο τομέας των μεταφορών κατέχει τη δεύτερη θέση στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (24%), συγκρινόμενος με όλους τους άλλους τομείς (π.χ. βιομηχανία, αγροτικές εργασίες, απόβλητα κ.τ.λ, με το 73% από αυτές να αντιστοιχεί στις οδικές μεταφορές [46].

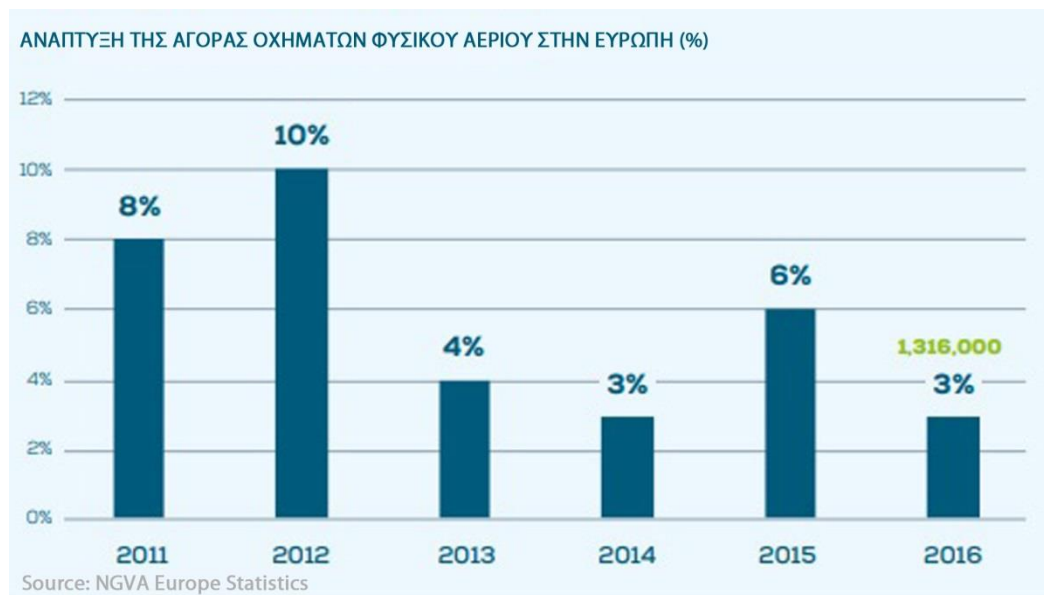
Η Ε.Ε. δίνει έμφαση στον τομέα των μεταφορών και ιδιαίτερα στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στις οδικές μεταφορές, όπου γίνονται προσπάθειες για όλο και μεγαλύτερη χρήση εναλλακτικών καυσίμων [47]. Σήμερα, το υψηλότερο ποσοστό βενζινοκίνητων αυτοκινήτων εντοπίζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο (92,6%) και ακολουθούν Κύπρος (87,6%) και Φινλανδία (75,6%). Τα ντιζελοκίνητα αυτοκίνητα υπερβαίνουν το 50% σε Γαλλία (69,8%), το Λουξεμβούργο (65,3%), τη Λιθουανία(63%), Βέλγιο (61,5%), Αυστρία (56,9%), Ισπανία (56,6%) και την Πορτογαλία (50,4%) ενώ η συμβολή των εναλλακτικών καυσίμων είναι σημαντική στην Πολωνία(16%), τη Λετονία (8%) και την Ιταλία (7,8%). Σύμφωνα με το «Roadmap 2050», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προετοίμασε κατάλληλες νομοθετικές προτάσεις για την επόμενη δεκαετία με βασικές πρωτοβουλίες που πρέπει να προωθηθούν προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές [48].

Το φυσικό αέριο ως καύσιμο μεταφοράς προσφέρει περιβαλλοντικά οφέλη και για αυτό θεωρείται ως εναλλακτικό καύσιμο μεταφοράς. Ο ρόλος του φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών ενισχύεται από την καθαρή καύση, τις χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), την ωριμότητα της τεχνολογίας, τη διαθεσιμότητα και το ανταγωνιστικό κόστος. Η χρήση του συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) και του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) μπορεί να έχει ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών στον τομέα των μεταφορών, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μικρά αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης μέχρι βαρέα οχήματα, ακόμη και μεγάλα πλοία.

Σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο καύσιμο υδρογονανθράκων, το φυσικό αέριο προκαλεί τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και δεν εκπέμπει σωματίδια και οξείδια του αζώτου. Οι κινητήρες που λειτουργούν με φυσικό αέριο παράγουν 25% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από αυτούς της βενζίνης και 35% λιγότερο από αυτούς του πετρελαίου. Σε σύγκριση με αυτούς της βενζίνης, οι κινητήρες που λειτουργούν με φυσικό αέριο επιτυγχάνουν 95% μείωση στις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, 80% μείωση στις εκπομπές υδρογονανθράκων και 30% μείωση στα οξείδια του αζώτου. Επίσης, το φυσικό αέριο δεν περιέχει θείο, σωματίδια, ίχνη μετάλλων και τοξικά πρόσθετα μολύβδου ή βενζολίου. Με βάσει τις τρέχουσες τιμές, η τιμή του φυσικού αερίου είναι περίπου 55% χαμηλότερη σε σύγκριση με τη βενζίνη, 25%-30% χαμηλότερη σε σύγκριση με το πετρέλαιο και 40% χαμηλότερη σε σύγκριση με το υγραέριο (LPG) [49]. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι ένα κιλό φυσικό αέριο κίνησης περιέχει πολύ

περισσότερη ενέργεια σε σχέση με ένα λίτρο από όλα τα άλλα υγρά καύσιμα. Ενεργειακά ισοδυναμεί με 1,47 λίτρα αμόλυβδης βενζίνης, 1,3 λίτρα ντίζελ και 2 λίτρα υγραερίου [50].

Από το 2011, παρατηρείται μια σταθερή αύξηση του ποσοστού αγοράς οχημάτων που κινούνται με φυσικό αέριο στην Ευρώπη, η οποία είναι σύμφωνη με τις αρχικές προβλέψεις. Η αγορά οχημάτων φυσικού αερίου παρουσίασε άνοδο κατά 3% σε σύγκριση με το 2015 (Εικόνα 33).



Εικόνα 33. Ανάπτυξη της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη [38]

ΟΧΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (2016)

ΧΩΡΕΣ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΧΩΡΕΣ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΟΧΗΜΑΤΑ
 ΑΥΣΤΡΙΑ	172	7.084	 ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	3	343
 ΒΕΛΓΙΟ	78	5.365	 ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	7	306
 ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	125	69.820	 ΜΑΛΤΑ	-	-
 ΚΡΟΑΤΙΑ	2	318	 ΟΛΛΑΝΔΙΑ	183	11.020
 ΚΥΠΡΟΣ	-	-	 ΠΟΛΩΝΙΑ	28	3.600
 ΤΣΕΧΙΑ	143	15.500	 ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	19	570
 ΔΑΝΙΑ	15	327	 ΡΟΥΜΑΝΙΑ	1	1.390
 ΕΣΘΟΝΙΑ	6	1.504	 ΣΛΟΒΑΚΙΑ	11	1.893
 ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	29	2.375	 ΣΛΟΒΕΝΙΑ	4	335
 ΓΑΛΛΙΑ	60	14.548	 ΙΣΠΑΝΙΑ	66	5.797
 ΓΕΡΜΑΝΙΑ	885	93.964	 ΣΟΥΗΔΙΑ	173	54.379
 ΕΛΛΑΔΑ	10	2.210	 ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	38	310
 ΟΥΓΓΑΡΙΑ	10	6.314	 ΙΣΛΑΝΔΙΑ	5	1.236
 ΙΡΛΑΝΔΙΑ	1	8	 ΝΟΡΒΗΓΙΑ	7	745
 ΙΤΑΛΙΑ	1.186	1.001.614	 ΕΛΒΕΤΙΑ	141	12.912
 ΛΕΤΟΝΙΑ	-	-			
			 ΣΥΝΟΛΟ	3.408	1.315.787

Εικόνα 34. Οχήματα φυσικού αερίου και σταθμοί στην Ευρώπη [52]

Η μεγαλύτερη εμπορική διείσδυση των CNG αυτοκινήτων παρατηρείται σε Σουηδία, Βουλγαρία, Ιταλία και Ισλανδία όπου το ποσοστό των αυτοκινήτων που κινούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι μεγαλύτερο του 0,4%. Ενώ όσον αφορά τα λεωφορεία η Σουηδία κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό στην Ευρώπη, με 16% των λεωφορείων που κινούνται στη χώρα, να χρησιμοποιούν συμπιεσμένο φυσικό αέριο. Η Ισλανδία παρότι κατέχει την πρώτη θέση όσον αφορά την εμπορική διείσδυση στα φορτηγά οχήματα, η συνολική της αγορά CNG οχημάτων είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες (1236 οχήματα). Το 2016, ο συνολικός αριθμός των οχημάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη είναι 1.316.000 οχήματα. Στην Ελλάδα το φυσικό αέριο είναι γνωστό περισσότερο για την οικιακή του χρήση. Χρησιμοποιείται όμως και για την κίνηση των οχημάτων (στην Ευρώπη κυρίως σε Γερμανία και Ιταλία), όπως και στην Ελλάδα αφού 600 λεωφορεία τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο [51].

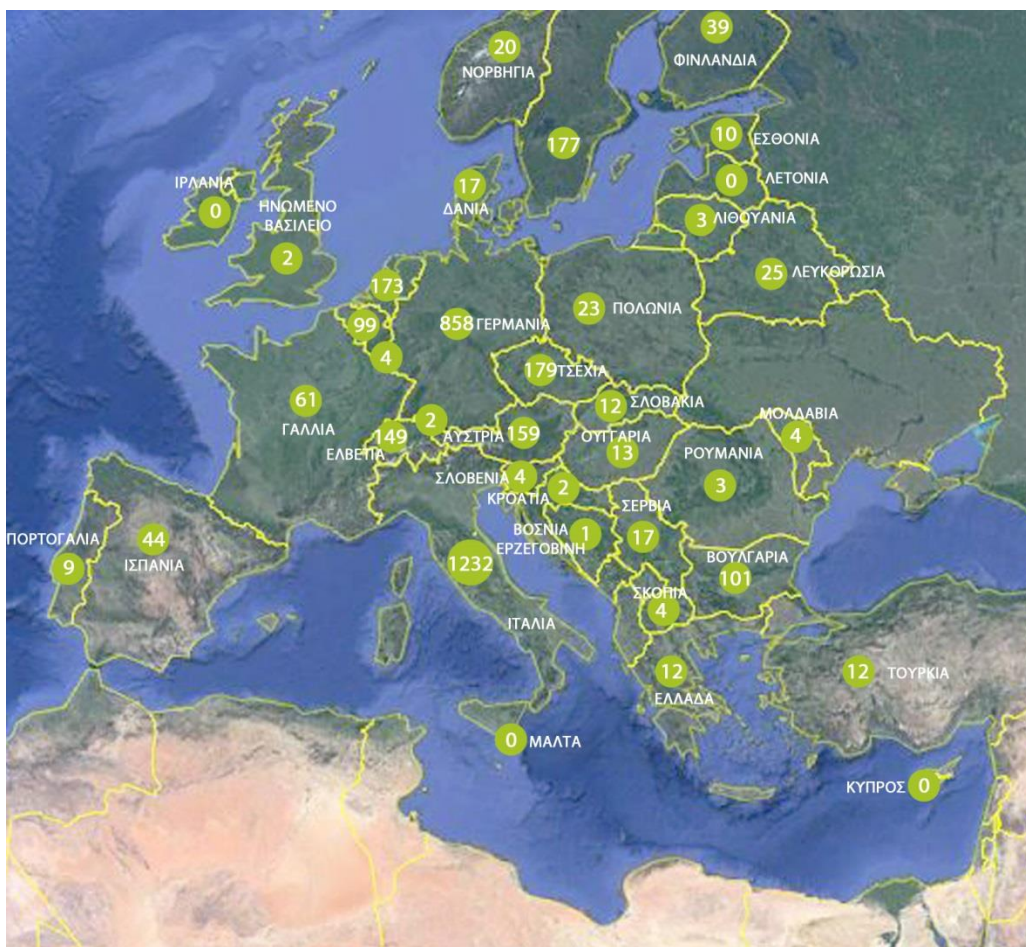


Εικόνα 35. Εμπορική διείσδυση οχημάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη [52]

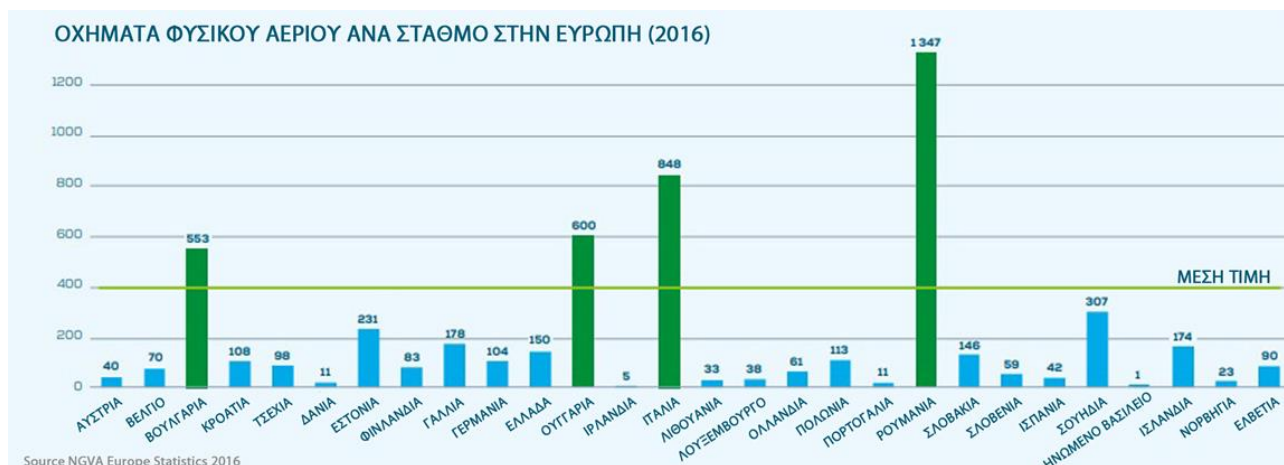


Εικόνα 36. Λεωφορείο που κινείται με φυσικό αέριο στην Ελλάδα

Η Ευρώπη διαθέτει συνολικά 3.408 σταθμούς φυσικού αερίου. Ωστόσο, ένα ενδιαφέρον μέγεθος για την αξιολόγηση του δικτύου των υφιστάμενων σταθμών είναι ο αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου που αντιστοιχούν ανά σταθμό. Χώρες όπως η Βουλγαρία, η Ουγγαρία, η Ιταλία και η Ρουμανία βρίσκονται πάνω από το μέσο όρο, στοιχείο που δείχνει ότι σε αυτές τις χώρες είναι αναγκαία η ανάπτυξη του δικτύου των τροφοδοτικών σταθμών. Αντίθετα, όταν υπάρχουν λιγότερα οχήματα ανά σταθμό, αυτό υποδηλώνει ότι η υποδομή έχει ήδη αναπτυχθεί και είναι έτοιμη για να χρησιμοποιηθεί. (Εικόνα 38) Ο τρόπος για να αναπτυχθεί θα ήταν να προωθηθεί η αγορά των οχημάτων φυσικού αερίου και επομένως η καλύτερη αξιοποίηση του κάθε σταθμού [52].



Εικόνα 37. Χάρτης σταθμών φυσικού αερίου ανά χώρα στην Ευρώπη



Εικόνα 38. Οχήματα φυσικού αερίου ανά σταθμό στην Ευρώπη [52]

Εκτός από τα επιβατικά αυτοκίνητα, γίνονται προσπάθειες για όλο και μεγαλύτερη διείσδυση του φυσικού αερίου και στα μεσαία και βαρέα οχήματα που χρησιμοποιούνται στις

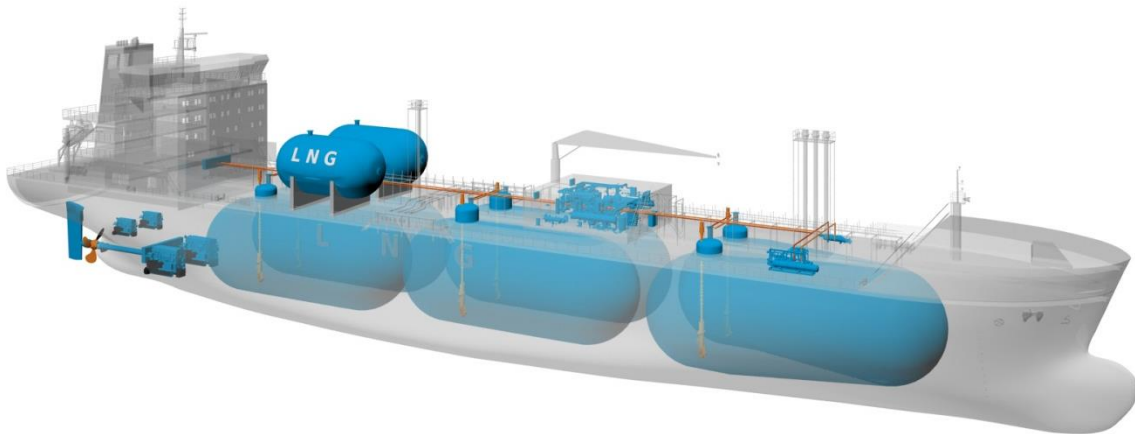
εμπορευματικές μεταφορές. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες φαίνεται να επιλέγουν το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) για τα ελαφρά οχήματα, ενώ για τα βαρέα οχήματα, προτιμάται η χρησιμοποίηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) έναντι του συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG). Το μεγάλο πλεονέκτημα του LNG ως προς το CNG είναι ότι το υγροποιημένο καύσιμο που περιέχεται στον ίδιο όγκο είναι 600 φορές περισσότερο. Δηλαδή, ένα κυβικό μέτρο υγροποιημένου φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα ασυμπίεστου φυσικού αερίου. Αυτό διευκολύνει την αποθήκευσή του και τη μεταφορά, μέσα σε κρυογενικές δεξαμενές, σε απομακρυσμένους προορισμούς και πρατήρια που δεν έχουν πρόσβαση σε αγωγούς, όπως απαιτείται για το συμπιεσμένο φυσικό αέριο. Τα βαρέα οχήματα που κινούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο, παρουσιάζουν μεγάλο πλεονέκτημα όσον αφορά την αυτονομία τους. Συγκεκριμένα ένα όχημα που εφοδιάζεται με δεξαμενές LNG, πετυχαίνει αυτονομία έως και 1100 χιλιόμετρα, ενώ το ίδιο όχημα εάν χρησιμοποιήσει συμπιεσμένο φυσικό αέριο, η αυτονομία του μειώνεται στα 500 χιλιόμετρα.

Τα περισσότερα μεσαία και βαρέα οχήματα στην Ευρώπη, χρησιμοποιούν ντίζελ για την κίνησή τους. Το 95,5% του συνόλου των οχημάτων αυτής της κατηγορίας είναι ντιζελοκίνητα, ενώ μόλις το 0,3% των οχημάτων χρησιμοποιεί υγροποιημένο φυσικό αέριο για την κίνηση του. Τα ποσοστά χρησιμοποίησης LNG είναι ιδιαίτερα χαμηλά στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες φτάνοντας μέχρι το 1% του συνόλου. Στη Σουηδία το ποσοστό των βαρέων οχημάτων LNG φτάνει το 2,5%, ενώ ενδιαφέρον είναι το ποσοστό της Σλοβακίας όπου η χρήση LNG στα βαρέα οχήματα φτάνει το 11,2%. Η χρήση LNG παρουσιάζει και σε αυτή την κατηγορία σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂, μειώνονται κατά 20% σε σχέση με των ντιζελοκίνητων οχημάτων. Η οικονομία που πετυχαίνεται λόγω της χρήσης LNG βρίσκεται στην τιμή πώλησής του υγροποιημένου φυσικού αερίου (0,75 ευρώ), έναντι του ντίζελ (1,35 ευρώ). Ωστόσο, το κόστος αγοράς ενός οχήματος LNG αυτής της κατηγορίας παραμένει ιδιαίτερα υψηλό. Ανάλογα με τον εξοπλισμό του, κοστίζει από 35% μέχρι 40% περισσότερο από την αξία ενός αντίστοιχου ντιζελοκίνητου φορτηγού. Επομένως, η ανάπτυξη της αγοράς μεσαίων και βαρέων οχημάτων LNG, θα εξαρτηθεί από υπολογισμούς κόστους κατανάλωσης και του χρόνου απόσβεσης του κόστους αγοράς, αλλά και από τις πολιτικές της Ε.Ε για τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών.

Στον τομέα της ναυτιλίας, οι υψηλότερες τιμές των καυσίμων πλοίων οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που βασίζονται σε αποδοτικά ως προς το κόστος και το περιβάλλον καύσιμα όπως το φυσικό αέριο. Μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση φυσικού αερίου ή υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG ως καυσίμου έχει μειώσει σημαντικά τις εκπομπές θείου (Sox), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και νιτροξέων (Nox). Η κλιματική αλλαγή, οι σημερινοί και οι μελλοντικοί διεθνείς ναυτιλιακοί κανονισμοί κ.λπ. που πρέπει να τηρηθούν σε διάφορα στάδια, αναμένεται να στηρίξουν το καύσιμο LNG. Τα πλοία που τροφοδοτούνται με LNG είναι ικανά να εκπέμπουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές οξειδίων του θείου. Λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα στο LNG, η ελευθέρωση του επιβλαβούς αερίου διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται σχεδόν κατά 25%.

Σημαντικές εταιρίες τακτικών γραμμών μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ,όπως είναι η CMA- CGM, εργάζονται για την ανάπτυξη μελλοντικών πλοίων που τροφοδοτούνται με LNG για τη μείωση των βλαβερών εκπομπών πλοίων. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να αναπτυχθεί μόνο όταν έχει αναπτυχθεί συγκεκριμένα μια λύση για τον ανεφοδιασμό με LNG. Η Wartsila, ένας μεγάλος κατασκευαστής κινητήρων πλοίων, έχει αναπτύξει και ολοκληρώσει τη μετατροπή από κινητήρες πετρελαιοκινητήρων σε κινητήρες LNG. Αυτοί οι κινητήρες μονού καυσίμου έχουν πλέον εφαρμοστεί σε διάφορα φορτηγά πλοία. Το M/V Bit Viking θεωρείται το μεγαλύτερο από τα σκάφη σε λειτουργία με περίπου 25.000 dwt που τροφοδοτείται με LNG. Ομοίως, το M/S Viking Grace είναι το μεγαλύτερο επιβατηγό πλοίο που χρησιμοποιεί καύσιμο LNG [53].

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους η μετατροπή σε πλοίο φυσικού αερίου έχει νόημα, αν και οι ανάγκες των πελατών ποικίλουν φυσικά. Τέτοιες ανάγκες μπορεί να είναι από την έμφαση στην πράσινη εικόνα της εταιρείας μέχρι και καθαρά οικονομικούς λόγους. Ωστόσο, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι κύριοι παράγοντες για τη μετατροπή στο φυσικό αέριο είναι οι σημαντικές μειώσεις των εκπομπών, οι επακόλουθες μειώσεις των τελών και οι μειώσεις του κόστους των καυσίμων. Η τιμή του LNG στους μεγάλους τερματικούς σταθμούς είναι σήμερα πολύ ανταγωνιστική από άποψη κόστους και το ενδιαφέρον για την επέκταση της υπάρχουσας υποδομής είναι έντονο. Στην πράξη, όλα τα σκάφη μπορούν να μετατραπούν όταν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για τη δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου. Παρόλα αυτά, οι κύριοι τύποι σκαφών-στόχων μπορούν να καταγραφούν ως RoRo/RoPax, δεξαμενόπλοια προϊόντων/χημικών, δοχεία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με εμπορευματοκιβώτια LNG και φορτηγά πλοία.



Εικόνα 39. Διάταξη των χώρων αποθήκευσης LNG

Η θέση αποθήκευσης LNG μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα επί του σκάφους και μπορούν να επιλεγούν είτε κάθετες είτε οριζόντιες δεξαμενές, σε ανοικτό κατάστρωμα ή κάτω από το κατάστρωμα. Όταν η αποθήκευση βρίσκεται πάνω από το κατάστρωμα, οι απαιτήσεις που καθορίζονται από τους νηογνώμονες είναι ελαφρώς χαμηλότερες. Επιπλέον, για τη μετατροπή, η εγκατάσταση σε ανοικτό κατάστρωμα είναι πολύ απλή και ορισμένες από τις απαιτήσεις εξαερισμού του συστήματος μπορούν να παρακάμπτονται. Το δεύτερο βήμα στη διαδικασία είναι να ελεγχθεί εάν μπορούν να μετατραπούν οι υφιστάμενοι κινητήρες επί του σκάφους ή αν

πρέπει να αντικατασταθούν με νέους κινητήρες διπλού καυσίμου Wärtsilä. Σε γενικές γραμμές, συνιστάται η μετατροπή ενός υφιστάμενου κινητήρα και είναι οικονομικά πιο εφικτή από την εγκατάσταση νέων. Για παράδειγμα, η ίδια εγγύηση χορηγείται όπως και για έναν ολοκαίνουργιο κινητήρα, επιπλέον του οποίου υπάρχουν και εξοικονομήσεις για το κόστος συντήρησης από την επαναφορά των ωρών λειτουργίας. Ωστόσο, με μικρότερα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, δηλαδή κάτω των 2 MW, μπορεί να είναι πιο αποδοτικό να εγκατασταθούν νέοι κινητήρες [54] .

Η μετατροπή σε πλοίο LNG αναμένεται να εξασφαλίσει ότι το πλοίο θα μειώσει σημαντικά τις εκπομπές των οξειδίων του θείου κατά περισσότερο από 99%, τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου κατά 90% περίπου και το διοξείδιο του άνθρακα κατά 20% [55].

4.1.7 Παραγωγή και ζήτηση φυσικού αερίου και LNG στη νοτιοανατολική Ευρώπη

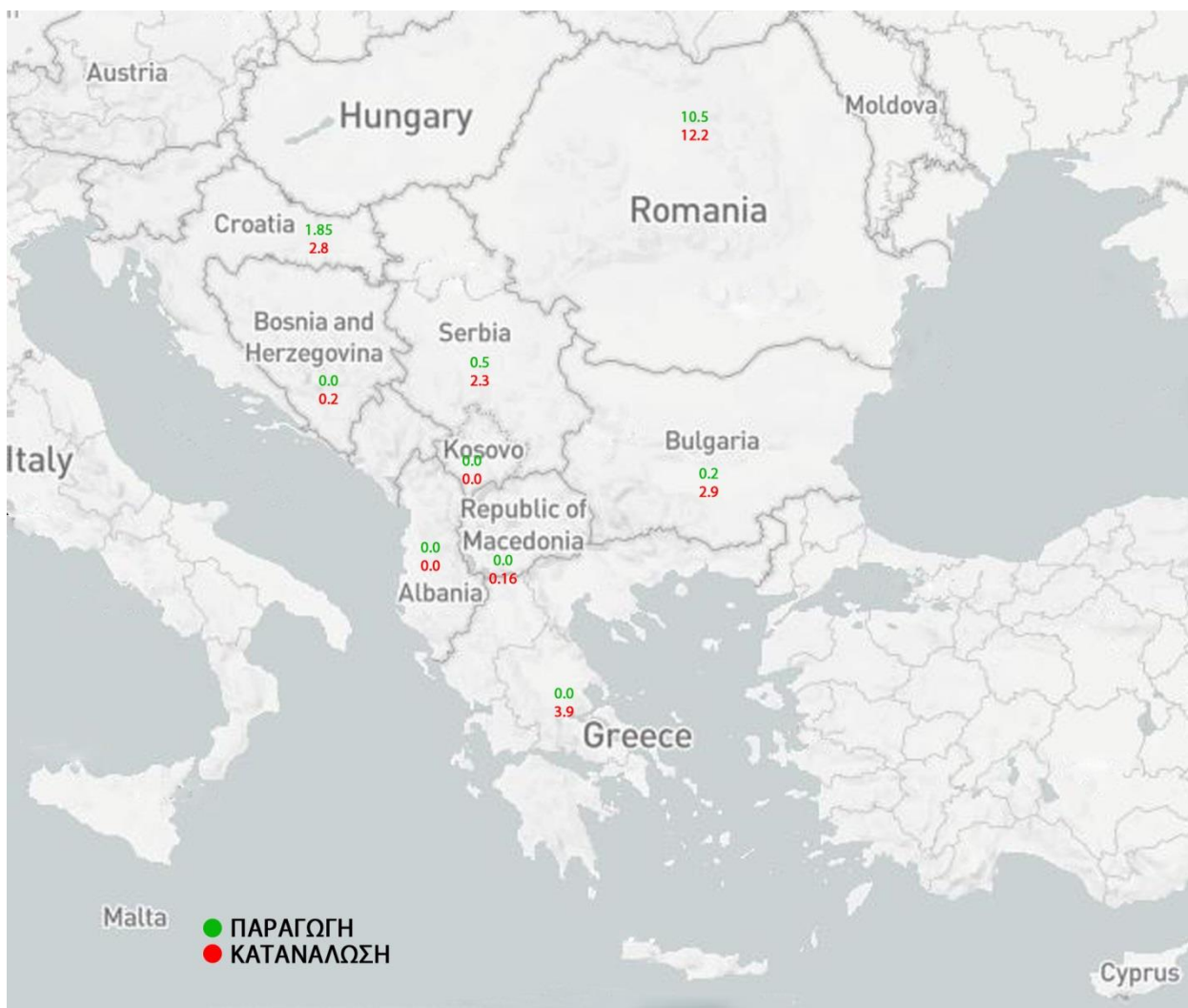
Υπάρχουν τρία διαφορετικά πρότυπα προσφοράς / ζήτησης φυσικού αερίου στη Νοτιοανατολική Ευρώπη:

1. Χώρες χωρίς υποδομή φυσικού αερίου (Αλβανία, Μαυροβούνιο), όπου το φυσικό αέριο δεν υπερβαίνει το 2% της συνολικής παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας και η κατανάλωσή του είναι αμελητέα.
2. Χώρες με ανεπτυγμένη υποδομή φυσικού αερίου (Βοσνία Ερζεγοβίνη, Βουλγαρία, Ελλάδα, ΠΓΔΜ και Σερβία), αλλά μικρή (αν υπάρχει) παραγωγή φυσικού αερίου που δεν υπερβαίνει το 4% της συνολικής παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας.
3. Χώρες με σημαντική υποδομή και εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου (Κροατία, Ρουμανία) όπου η παραγωγή φυσικού αερίου υπερβαίνει το 30% της συνολικής παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. (Εικόνα 40)

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (bcm)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (bcm)	ΠΟΣΟΣΤΟ% Φ.Α ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΧΩΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	3.2	0.08	0.7
ΤΣΕΧΙΑ	8.7	0.23	0.7
ΚΡΟΑΤΙΑ	3.1	1.5	31.1
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	10.4	1.8	12.5
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	12.3	10.7	31.1
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0.9	0	0.1
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	4.7	0.15	1.2
ΣΚΟΠΙΑ	0.3	0	0
ΕΛΛΑΔΑ	5	0	0
ΣΕΡΒΙΑ	2.9	0.4	3.9
ΒΟΣΝΙΑ	0.2	0	0

Εικόνα 40. Παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου και το μερίδιό του (%) στην εγχώρια παραγωγή [56]

Η Ρουμανία κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή φυσικού αερίου με την παραγωγή της να φτάνει τα 10.5 bcm και αντιπροσωπεύει το 72% της παραγωγής φυσικού αερίου στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Στη δεύτερη θέση ακολουθεί με μεγάλη διαφορά από τη Ρουμανία, η Ουγγαρία με 1.8 bcm. Η Κροατία, η οποία παράγει μεγαλύτερες ποσότητες (1.8 bcm) από αυτές που εισάγει (1.2 bcm). Η εγχώρια παραγωγή στην Κροατία και τη Σερβία μειώνεται, ενώ η Ρουμανία μπορεί να αντισταθμίσει αυτή την πτώση. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι οι δύο μεγαλύτερες νέες προοπτικές παραγωγής φυσικού αερίου της Ε.Ε είναι η Ρουμανία και η Κύπρος.



Εικόνα 41. Εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου (πράσινο χρώμα), εγχώρια κατανάλωση φυσικού αερίου (κόκκινο χρώμα) σε δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm)

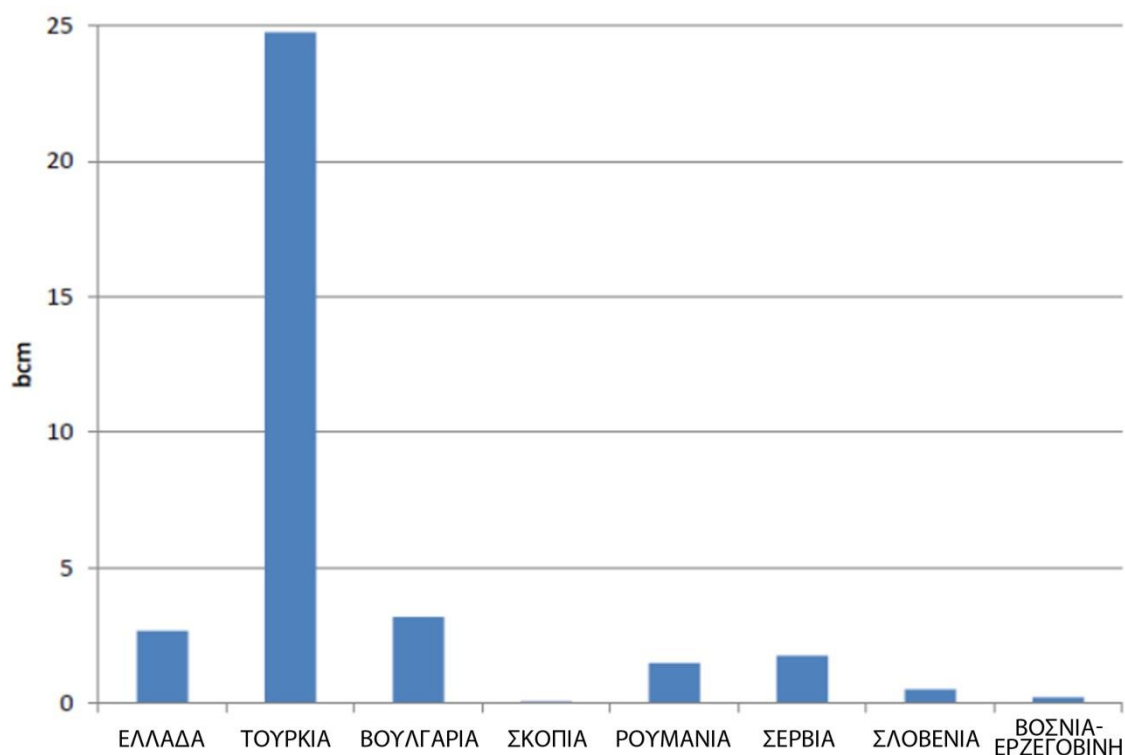
Παρόλο που αφιερώνεται πολύς χρόνος και προσπάθεια για την απελευθέρωση της αγοράς της Ε.Ε στην περιοχή της νοτιανατολικής Ευρώπης οι χώρες εξακολουθούν να εξυπηρετούνται από τις εθνικές εταιρείες αερίου. Με εξαίρεση την αγορά της Ρουμανίας όπου ιδιώτες επενδυτές ασχολούνται με το εμπόριο και τη διανομή. Ωστόσο, η γεωγραφική θέση, η διαθεσιμότητα διαφορετικών προμηθευτών φυσικού αερίου και η αυξανόμενη ζήτηση κάνουν την αγορά της νοτιανατολικής Ευρώπης ελκυστική. Ένα μεγάλο μέρος των διάφορων επιλογών προμήθειας δεσμεύονται σε μακροπρόθεσμες συμβάσεις και δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στην αγορά. Η νοτιανατολική Ευρώπη θα μπορούσε να τροφοδοτείται μέσω της Τουρκίας, της Ουγγαρίας ή της Ιταλίας.

Ο μεγαλύτερος ανταγωνισμός στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης , εντοπίζεται στα παρακάτω σημεία:

- Το ρωσικό αέριο έναντι του φυσικού αερίου από την Κασπία μέσω του Τούρκικου διαδρόμου στη Βουλγαρία: η Βουλγαρία είναι πιθανό να καλύψει τη ζήτηση φυσικού αερίου από την Τουρκία και όχι με ρώσικο αέριο μέσω της Ουκρανίας.
- Φυσικό αέριο μέσω του αγωγού TAP έναντι ρωσικού φυσικού αερίου (μέσω της Ουκρανίας) στην Ελλάδα
- Φυσικό αέριο μέσω του αγωγού TAP στην Κροατία (μέσω της σύνδεσης Αδριατικής-Ιονίου) έναντι του ρωσικού φυσικού αερίου (μέσω της Ουκρανίας και της Ουγγαρίας)
- ανταγωνισμός μεταξύ του τουρκικού διαδρόμου και του ρωσικού αερίου στη Σερβία, τα Σκόπια, το Κόσοβο, τη Βοσνία-Ερζεγοβίνη
- ανταγωνισμός μεταξύ του ιταλικού αγωγού φυσικού αερίου (που παράγεται από την ακτή μεταξύ της Κροατίας και της Ιταλίας) και ρωσικές προμήθειες στην Κροατία

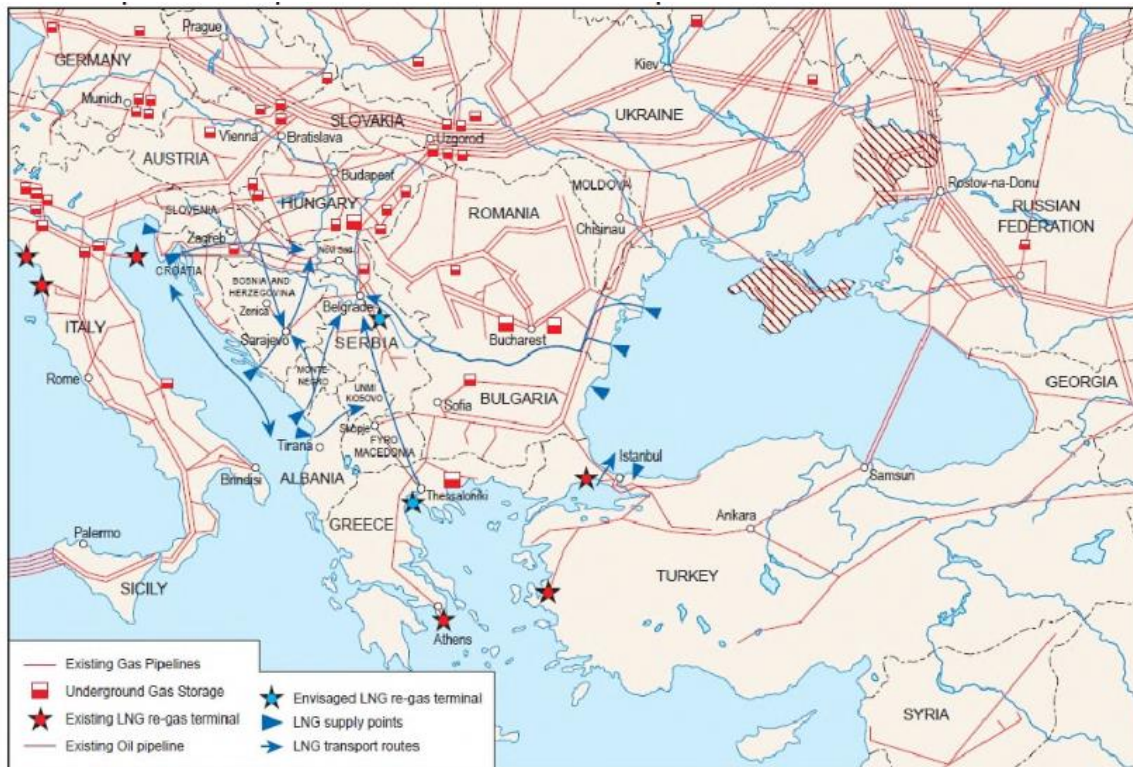
Η ενεργειακή ασφάλεια της περιοχής είναι ανεπαρκής. Τα μέτρα που λαμβάνονται για την ασφάλεια του εφοδιασμού έχουν εξαιρετικά υψηλό κόστος χωρίς να είναι αποτελεσματικά. Οι χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης δεν κατάφεραν να εφαρμόσουν πολιτικές για υψηλότερη ενεργειακή αποδοτικότητα, εξοικονόμηση ενέργειας και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μετά την κρίση φυσικού αερίου Ρωσίας - Ουκρανίας το 2009 καθώς και εντάσεις μεταξύ της ΕΕ και της Ρωσίας, αρκετές μελέτες σχετικά με την ευπάθεια σε περίπτωση διακοπής της προμήθειας φυσικού αερίου μέσω της Ουκρανίας έχουν δημοσιευθεί. Στις περισσότερες αναλύσεις, η νοτιοανατολική Ευρώπη χαρακτηρίζεται ως η πιο ευάλωτη περιοχή στην Ευρώπη. Οι περισσότερες από αυτές τις αναλύσεις θεωρούν ότι η ζήτηση φυσικού αερίου είναι καθαρά αποτέλεσμα εμπορικών συναλλαγών. Δυστυχώς όμως, αυτό δεν συμβαίνει καθώς η ζήτηση βασίζεται ιστορικά σε πολιτικές προτεραιότητες.

Η Ρωσία φαίνεται να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας πετρελαίου και φυσικού αερίου στην περιοχή. Σχεδόν όλο το εισαγόμενο φυσικό αέριο της νοτιοανατολικής Ευρώπης είναι ρωσικό φυσικό αέριο που προέρχεται από τη Gazprom. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εγχώρια παραγωγή της Σερβίας που ελέγχεται εξ ολοκλήρου από την Gazprom. Οι εξαγωγές φυσικού αερίου από τη Ρωσία εκτίθενται στον ανταγωνισμό από τις αυξανόμενες αγορές υδροποιημένου φυσικού αερίου. Τα έργα που προωθεί η Gazprom δικαιολογούνται από την υπάρχουσα ζήτηση, ενώ γίνεται η παραδοχή ότι η προμήθεια φυσικού αερίου θα εκτραπεί από τις υπάρχουσες οδούς εφοδιασμού (μέσω Ουκρανίας) και θα παρέχεται μέσω των νέων εναλλακτικών διαδρομών.



Εικόνα 42. Η προμήθεια ρώσικου φυσικού αερίου σε χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης

Οι βιομηχανικοί πελάτες στη νοτιοανατολική Ευρώπη δεν διαθέτουν πολλές επιλογές σε περίπτωση διακοπής της παροχής φυσικού αερίου. Η περιοχή αυτή δεν εξυπηρετείται από κανένα τερματικό σταθμό LNG που να έχει τη δυνατότητα συνδυασμένων μεταφορών μέσω φορτηγών οχημάτων, εμπορευματοκιβωτίων ή σιδηροδρομικών γραμμών. Ο τερματικός σταθμός Marmara Ereğlisi στην Τουρκία έχει μέτρια χωρητικότητα φόρτωσης που κατά πάσα πιθανότητα καταναλώνεται στην εγχώρια αγορά. Η ενδεχόμενη ανάπτυξη μιας μικρής κλίμακας αλυσίδας εφοδιασμού LNG περιορίζεται επίσης από την αδυναμία φόρτωσης σε γειτονικούς τερματικούς σταθμούς LNG στην Αδριατική και τη Μεσόγειο, καθώς και έλλειψη LNG στη Μαύρη Θάλασσα.



Εικόνα 43. Δίκτυο διανομής φυσικού αερίου στην περιοχή των Βαλκανίων [Error! Bookmark not defined.]

Το LNG ανταγωνίζεται το ξηρό φυσικό αέριο σε αποστάσεις περίπου 2.000 χλμ. (1.258 μίλια) ενώ το κόστος των τεχνολογιών υγροποιημένου φυσικού αερίου συνεχίζει να μειώνεται.

Ο ανταγωνισμός LNG και αγωγών αερίου είναι δυνατός σε μέρη όπου:

- Το LNG επαναεριοποιείται: Αυτό περιλαμβάνει όλους τους τερματικούς σταθμούς που συνδέονται με δίκτυα αγωγών αερίου
- Το LNG χρησιμοποιείται απευθείας αντί του αγωγού αερίου
- Το αέριο αγωγού υγροποιείται σε LNG
- το LNG συμπιέζεται σε CNG ή το αέριο του αγωγού συμπιέζεται σε CNG

Παράλληλα η γεωγραφική κάλυψή του, αυξάνεται και πλέον παρέχονται ευκαιρίες για την ανάπτυξη πλωτών τερματικών σταθμών LNG. Η Μαύρη Θάλασσα και η Βορειοανατολική Μεσόγειος αποτελούν τις πλέον ελκυστικές τοποθεσίες πλωτών εγκαταστάσεων LNG που βρίσκονται κοντά στην νοτιοανατολική Ευρώπη. Έτσι, ενισχύεται η αυξανόμενη διείσδυση στην αγορά και άλλων χωρών μέσω των λιμένων της νοτιοανατολικής Ευρώπης προς τις αγορές της Κεντρικής Ευρώπης.



Εικόνα 44. Διανομή LNG στη Μαύρη Θάλασσα και διασυνδέσεις με αγωγούς φυσικού αερίου [27]

Οι κύριες πηγές LNG στη Μαύρη Θάλασσα είναι η Ρωσία, η Γεωργία (που προμηθεύεται κυρίως από Αζερμπαϊτζαν) και η Τουρκία. Η Μαύρη Θάλασσα θα μπορούσε να εξελιχθεί σε μία αυτόνομη αγορά, έχοντας τρεις ξεχωριστές πηγές LNG και έναν σημαντικό αριθμό σημείων παράδοσης. Παράλληλα, η Ρουμανία και η Βουλγαρία θα διαφοροποιούσαν τις αγορές τους, εάν εφοδιάζονταν με φυσικό αέριο από τη Μαύρη Θάλασσα.

Εκτός από τη μεταφορά LNG μέσω των στενών του Βοσπόρου εξετάζεται η εναλλακτική της μεταφοράς μέσω του Kanak Istanbul. Η διέλευση μέσω του καναλιού προς το παρόν αποτελεί ένα μακροπρόθεσμο σχέδιο. Εάν κατασκευασθεί με τις κατάλληλες διαστάσεις, θα διευκολύνει μεταφορά LNG με συχνές διαδρομές. Η ενδεχόμενη ανάπτυξη ενός κατάλληλου καναλιού της Κωνσταντινούπολης θα συνδέει την αγορά LNG της Μαύρης Θάλασσας με την διεθνή αγορά LNG.



Εικόνα 45. Εναλλακτικές διαδρομές του καναλιού της Κωνσταντινούπολης [57]

Το κανάλι της Κωνσταντινούπολης θα ενίσχυε την σημαντικότητα της τούρκικης αγοράς, αφού θα δώσει την δυνατότητα εμπορίου LNG μεταξύ της Μαύρης Θάλασσας και της Μεσογείου και θα ενισχύσει την αγορά LNG έναντι αερίου αγωγού. Ένας τέτοιος αγωγός, θα μπορούσε να είναι ο Turkish Stream, ο οποίος έχει σχεδιαστεί ώστε να διασχίζει τη Μαύρη Θάλασσα και να ανταγωνίζεται την αγορά υδροποιημένου φυσικού αερίου στην περιοχή. Σχεδιάστηκε ώστε να μεταφέρει φυσικό αέριο στα Βαλκάνια, το οποίο θα φτάνει μέχρι τον κεντρικό ευρωπαϊκό κόμβο που βρίσκεται στην Αυστρία.

Η μεταφορά LNG μέσω πλοίων σε όλη τη Μαύρη Θάλασσα θα θέσει ένα ανώτατο όριο τιμών για τα υπερβολικά κόστη διαμετακόμισης αερίου μέσω αγωγών. Ωστόσο, το LNG στη Μαύρη Θάλασσα, προκρινόμενου να ισχυροποιήσει το ρόλο του, θα πρέπει να συνδέεται με την τροφοδοσία LNG από ανοιχτές θάλασσες σε μεγαλύτερη κλίμακα. Το LNG της Μαύρης Θάλασσας ή της Μεσογείου θα μπορούσε να μεταφερθεί εσωτερικά με σιδηρόδρομους (εμπορευματοκιβώτια) ή μέσω πλωτών οδών (π.χ μέσω του Δούναβη). Για να υπάρξει άνοιγμα στην αγορά LNG της Μαύρης Θάλασσας απαιτείται προετοιμασία των κατάλληλων τεχνολογιών θαλάσσιων μεταφορών (ποτάμι-προς-θάλασσα). Επίσης, ο ανταγωνισμός θα ενισχυθεί με την προμήθεια LNG από λιμένες της Βόρειας Αδριατικής προς τη λεκάνη απορροής του Δούναβη.



Εικόνα 46. Χάρτης του ποταμού Δούναβη [58]

Ο Δούναβης παρέχει δύο τρόπους μεταφοράς φυσικού αερίου:

1. με σκάφη συγκεκριμένων προδιαγραφών ώστε να είναι δυνατή η διέλευσή τους μέσω του Δούναβη, του Ρήνου και άλλων ποταμών της δυτικής Ευρώπης και
2. με σκάφη τα οποία θα μπορούν να κινηθούν και εκτός ποταμών, στη Μαύρη Θάλασσα και στην Κασπία Θάλασσα.

Ο σχεδιασμός για μεταφορά μέσω Ρήνου-Μάιν-Δούναβη απαιτεί μικρότερα και οικονομικότερα σκάφη από ότι απαιτείται στο χαμηλότερο τμήμα του Δούναβη.



Εικόνα 47. Σκάφος με δυνατότητα μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω ποταμού αλλά και μέσω ανοικτής θάλασσας

Τα πετρελαϊκά προϊόντα απειλούνται ήδη ως καύσιμα ανεφοδιασμού στις πλωτές οδούς του Δούναβη. Η επιτροπή του Δούναβη αποφάσισε ως κύριο καύσιμο ανεφοδιασμού να εισάγει LNG. Με παρόμοιο τρόπο, υπάρχουν προθέσεις να εισαχθεί το LNG ως καύσιμο στο Αιγαίο και την Αδριατική Θάλασσα.

Το LNG όταν γίνει το κύριο καύσιμο ανεφοδιασμού θα έχει τρεις κύριες επιπτώσεις στην αγορά:

1. Θα μειωθεί η ζήτηση για (χαμηλής ποιότητας) ντίζελ
2. Θα μειωθεί το κόστος μεταφοράς, ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητα του LNG αλλά και των άλλων εισαγόμενων φορτίων
3. Θα είναι μια ευκαιρία για τον εκσυγχρονισμό του στόλου των πλοίων μεταφοράς, η οποία είναι πιθανό να μειώσει ακόμη περισσότερο το κόστος μεταφοράς.

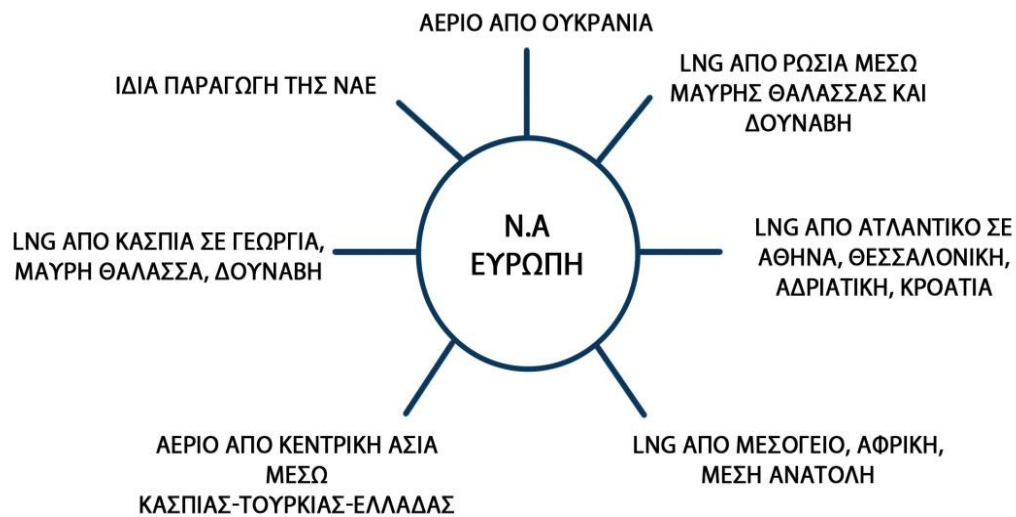
Το εμπόριο λιπασμάτων, σιτηρών και LNG θα δημιουργήσουν περαιτέρω ζήτηση για ανεφοδιασμό με υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Η ζήτηση για καύσιμα στο Δούναβη αναπτύσσεται συνεχώς, μετά από τους πολέμους στην περιοχή της πρώην Γιουγκοσλαβίας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Η ανάπτυξη είναι πιθανό να συνεχιστεί από την αύξηση του εμπορίου μεταξύ της Ευρώπης και της Τουρκίας, της Μαύρης Θάλασσας και της Κεντρικής Ασίας. Επίσης, σημειώνεται σημαντική αύξηση στις θαλάσσιες επισκέψεις σε λιμένες της Αδριατικής και του Αιγαίου. Ο αριθμός και το μέγεθος των επιβατηγών πλοίων αλλά και των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που επισκέπτονται τα λιμάνια στην Ελλάδα και κατά μήκος της Αδριατικής αυξάνονται όλο και περισσότερο.

Η νοτιανατολική Ευρώπη μπορεί να εφοδιαστεί με φυσικό αέριο από επτά διαφορετικές πηγές:

1. Ρωσικό αέριο αγωγού μέσω της Ουκρανίας, το οποίο ελέγχεται από την Gazprom
2. Ρωσικό LNG σε λιμένες κατά μήκος της δυτικής πλευράς της Μαύρης Θάλασσας και στον Δούναβη

3. LNG από τον ατλαντικό σε τερματικούς σταθμούς LNG στη Θεσσαλονίκη, στην Αθήνα, κατά μήκος της ακτής της Αδριατικής και στον Kvarner της Κροατίας
4. LNG της Μέσης Ανατολής ή της Ανατολικής Αφρικής καθώς και στο LNG της Ανατολικής Μεσογείου που θα παραδίδεται στους τερματικούς σταθμούς του 3
5. Αέριο αγωγών Κεντρικής Ασίας και της Κασπίας που εφοδιάζουν τη Νοτιοανατολική Ευρώπη (Βουλγαρία και Ελλάδα) μέσω της Τουρκίας
6. LNG της Κασπίας μέσω αγωγών σε λιμάνι της Γεωργίας, στη Μαύρη Θάλασσα και στον ποταμό Δούναβη
7. Παραγωγή φυσικού αερίου εντός της νοτιοανατολικής Ευρώπης



Εικόνα 48. Οι επτά διαφορετικές επιλογές προμήθειας φυσικού αερίου της νοτιοανατολικής Ευρώπης

Η στρατηγική της Ε.Ε ώστε να ενισχύσει την ασφάλεια εφοδιασμού της με φυσικό αέριο αλλά και για να διευκολύνει την απελευθέρωση της αγοράς εστιάζει σε μεγάλο βαθμό στη δημιουργία ενός κόμβου φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη, ο οποίος θα συνδέεται με τις περισσότερο αναπτυγμένες αγορές φυσικού αερίου στην Κεντρική Ευρώπη. Όλα δείχνουν ότι θα μπορούσε να διαμορφωθεί ένας εμπορικός κόμβος φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη, αλλά όχι με τον τρόπο που οι βορειοδυτικοί ευρωπαϊκοί κόμβοι αναπτύχθηκαν. Οι χώρες της περιοχής κατά καιρούς έχουν εκφράσει την επιθυμία τους, μέσα από πολιτικές δηλώσεις, να έχουν έναν κόμβο στο εσωτερικό τους. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της υποδομής φυσικού αερίου και την προσέγγιση μεγάλων έργων στη χώρα-κόμβο. Η οργανωμένη ανάπτυξη ενός κόμβου φυσικού αερίου των Βαλκανίων μπορεί να προκύψει κατά τη διάρκεια των επόμενων 10 ετών ως ένα στοιχείο της ανάκαμψης του ενεργειακού τομέα στη νοτιοανατολική Ευρώπη. Θα ήταν ένα θετικό βήμα για την υπόλοιπη Ευρώπη, καθώς θα ενίσχυε την ευελιξία, την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της μεταφοράς φυσικού αερίου.

Ένας κόμβος φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη θα διευκόλυνε μία σειρά από έργα:

- το νότιο διάδρομο
- τον διάδρομο Βορρά-Νότου
- τη διεύρυνση του καναλιού του Σουέζ
- την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στη νοτιοανατολική Ευρώπη
- τερματικούς σταθμούς LNG
- την προμήθεια με LNG της Μαύρης Θάλασσας αλλά και κατά μήκος του Δούναβη
- τις υπάρχουσες επιλογές προμήθειας αερίου μέσω της Ουκρανίας προς την Κροατία, τη Σερβία και τη Ρουμανία
- Την παραγωγή φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη
- την υπόγεια αποθήκευση φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη

Η αξιολόγηση των κινδύνων κάθε έργου γίνεται με βάση τεχνικά ζητήματα, τον ανταγωνισμό, τη ζήτηση και την κατάσταση των χωρών που προμηθεύονται το φυσικό αέριο. Όλα τα παραπάνω συνυπολογίζονται, για να βγουν συμπεράσματα σχετικά με το κατά πόσο κάθε έργο μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας της περιοχής των Βαλκανίων. Διαπιστώνουμε ότι τα μικρότερα έργα είναι λιγότερο εκτεθειμένα σε κινδύνους της αγοράς, ενώ τα έργα LNG έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν εξίσου να αποφέρουν κέρδη, χωρίς να απαιτούν μεγάλα επενδυτικά κεφάλαια.

Ο νότιος διάδρομος φυσικού αερίου προορίζεται να μεταφέρει αέριο από διάφορες πηγές της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Οι περισσότεροι από τους εν δυνάμει προμηθευτές (Κύπρος, Ισραήλ, Ιράν, Αζερμπαϊτζάν) μπορούν να εξετάσουν τις εναλλακτικές ευκαιρίες εμπορίου LNG αντί της μεταφοράς αερίου μέσω αγωγών. Η πρόσφατη μείωση του κόστους τεχνολογίας LNG και η ανάπτυξη των αγορών LNG (σε μέγεθος, όγκο, γεωγραφική κάλυψη, ρευστότητα) δείχνουν ότι οι περισσότεροι εξαγωγείς ενδέχεται να προτιμούν να εξάγουν LNG. Το πιο σημαντικό μέρος του νοτίου διαδρόμου αποτελούν οι αγωγοί TAP και TANAP, οι οποίοι θα μεταφέρουν φυσικό αέριο στην Ευρώπη μέσω της Τουρκίας. Η συνολική μεταφορική ικανότητα των δύο αγωγών θα υπερβαίνει τη ποσότητα με την οποία η Ρωσία προμηθεύει την Τουρκία, συμβάλλοντας έτσι, στην ενίσχυση της ευρωπαϊκής ενεργειακής ασφάλειας. Ο αγωγός TAP θα δημιουργήσει νέες εμπορικές ευκαιρίες, αποτελώντας μία οικονομικά ανταποδοτική επιλογή για τους εξαγωγείς φυσικού αερίου. Ωστόσο, ο περιορισμένος κύκλος προμηθευτών του αγωγού, περιορίζει τις δυνατότητές του να συμβάλλει στη δημιουργία ενός κόμβου φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη.

Ο διάδρομος βορρά-νότου υπερισχύει έναντι του νότιου διαδρόμου για προμήθεια φυσικού αερίου από την νοτιοανατολική στη κεντρική Ευρώπη, λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση από εναλλακτικές πηγές αερίου. Επιπλέον, ενισχύει την ενδεχόμενη ανάπτυξη ενός κόμβου αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη παρέχοντας πρόσβαση σε περισσότερο αναπτυγμένες αγορές φυσικού αερίου στην Κεντρική Ευρώπη. Ο νότιος διάδρομος αερίου παραμένει μία υποδομή στρατηγικής σημασίας για την προμήθεια φυσικού αερίου από την αγορά LNG (Μεσόγειος,

Μαύρη Θάλασσα) προς την Κεντρική Ευρώπη. Η αποτελεσματική χρήση του όμως, θα απαιτούσε την ίδρυση ενός κόμβου φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η τροφοδοσία αερίου από διάφορες πηγές.

Το US Geological Survey (USGS) έκανε την πρώτη του εκτίμηση για το σύνολο των κοιτασμάτων φυσικού αερίου στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Τα αποθέματα φυσικού αερίου υπολογίστηκαν σε 9.7 Tcm, καθιστώντας την εξεταζόμενη περιοχή ως μία από τις μεγαλύτερες «αποθήκες» φυσικού αερίου του κόσμου. Επιπλέον το USGS εκτιμά ότι οι μη ανακαλυφθείσες ποσότητες φυσικού αερίου στην περιοχή της λεκάνης του Δέλτα του Νείλου εκτιμώνται σε περίπου 6.3 tcm, τη στιγμή που η μεγαλύτερη παγκοσμίως γνωστή λεκάνη φυσικού αερίου της Δυτικής Σιβηρίας στη Ρωσία εμπεριέχει 18.2 tcm. Επίσης, οι περιοχές της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής έχουν διάφορες περιοχές πλούσιες σε φυσικό αέριο. Στην νοτιοδυτική Σαουδική Αραβία και τη Βόρεια Υεμένη 12 tcm, στην ανατολική Σαουδική Αραβία 6.4 tcm και 6 tcm στον Περσικό Κόλπο και εντός του Ιράκ και του Ιράν.

Τα παραπάνω αποτελέσματα των ερευνών αναμένεται να φέρουν μια σειρά αλλαγών στα γεωπολιτικά δεδομένα της περιοχής. Η Νοτιοανατολική Μεσόγειος έχει ήδη προσελκύσει το ενδιαφέρον της πετρελαϊκής βιομηχανίας αλλά και όλων των μεγάλων γεωπολιτικών δρώντων. Οι Η.Π.Α ενδιαφέρονται κυρίως για λόγους γεωστρατηγικής και δευτερευόντως για οικονομικούς λόγους. Ενθαρρύνουν τον εφοδιασμό της Ευρώπης μέσω Τουρκίας ή μέσω της Νοτιοανατολικής Μεσογείου από Κατάρ, Ιράν, του Αζερμπαϊτζάν, της Κύπρου, του Ισραήλ και τα πιθανά κοιτάσματα της Ελλάδας, προκειμένου να ανεξαρτητοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η Ευρώπη από τη Ρωσία. Αντίθετα, η Ρωσία προσπαθεί να διασφαλίσει τις εξαγωγές της προς την Ευρώπη και τη διατήρηση του υψηλού μεριδίου της στον ευρωπαϊκό ενεργειακό εφοδιασμό. Η Ε.Ε ενδιαφέρεται ώστε να βασιστεί στα δικά της αποθέματα, ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλειά της, αλλά και μειώνοντας την εξάρτησή της από το ρώσικο φυσικό αέριο. Η Τουρκία κάνει προσπάθειες ώστε να καταστεί κόμβος μεταφοράς φυσικού αερίου προς την Ευρώπη όχι μόνο για οικονομικούς λόγους αλλά και για τη διασφάλιση της εδαφικής της ακεραιότητας. Η Κίνα ενδιαφέρεται για εισαγωγή υδρογονανθράκων λόγω της μεγάλης εσωτερικής ζήτησης, η οποία αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια. Επίσης οι κύριοι περιφερειακοί παίκτες της Μέσης Ανατολής το Κατάρ, το Ιράν και η Σαουδική Αραβία ενδιαφέρονται να μεταφέρουν φυσικό αέριο και πετρέλαιο στις δυτικές αγορές μέσω διαφορετικών αγωγών που θα καταλήγουν στην Μεσόγειο. [59,60,61,62 ,63].

Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι αναμένονται σημαντικές εξελίξεις όσον αφορά τα αποθέματα φυσικού αερίου στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, καθώς οι ενδιαφερόμενοι γεωπολιτικοί δρώντες είναι πολλοί και τα συμφέροντά τους σε πολλές περιπτώσεις αντικρούονται.

Η μεσογειακή αγορά LNG αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διεθνούς αγοράς LNG. Οι τερματικοί σταθμοί LNG στην Ελλάδα και την Αδριατική παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όσον αφορά το κόστος, τα οποία όμως δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν τα Βαλκάνια και η κεντρική Ευρώπη, λόγω της περιορισμένης σε χωρητικότητα υποδομής τους. Αντίθετα, οι εγκαταστάσεις LNG σε Ατλαντικό και Βαλτική θα έχουν καλύτερη πρόσβαση σε αυτή την αγορά. Ομοίως, οι

τερματικοί σταθμοί LNG της Ιταλίας βρίσκονται σε καλύτερη θέση για να εξυπηρετήσουν την ιταλική αγορά καθώς και ένα σημαντικό μέρος της Κεντρικής Ευρώπης μέσω της Σλοβενίας.

Η επιβεβαίωση της ύπαρξης κοιτασμάτων φυσικού αερίου έφερε νέα δεδομένα στον προγραμματισμό των επενδύσεων αλλά και το σχεδιασμό των υποδομών. Παρότι εξετάζεται η μεταφορά αερίου μέσω αγωγών μεγάλου μήκους, ακόμη και από το Λίβανο μέχρι την Ελλάδα, φαίνεται να υπερισχύει η μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αναμένονται εξελίξεις στην περιοχή, καθώς η νότια Ευρώπη ήδη δείχνει ενδιαφέρον για τα αποθέματα που υπάρχουν στην ανατολική Μεσόγειο.

Οι αισιόδοξες προβλέψεις για αύξηση της ζήτησης και οι προτάσεις έργων υποδομής φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη, είναι απίθανο να γίνουν πραγματικότητα χωρίς ριζική αλλαγή στη δομή της χρήσης αερίου. Ο περιορισμός του εμπορικού ισοζυγίου, η βιωσιμότητα της ζήτησης και η μέχρι σήμερα εμπειρία δεν υποστηρίζουν αύξηση της ζήτησης και δεν παρέχουν αιτιολόγηση για οποιαδήποτε μεγάλη επένδυση σε υποδομές. Η αλλαγή στη δομή της χρήσης φυσικού αερίου είναι πολύ μικρή και οι επενδυτικοί κίνδυνοι είναι υπερβολικά υψηλοί για να δικαιολογήσουν νέες επενδύσεις. Η καλύτερη χρήση της υπάρχουσας υποδομής είναι εφικτή με ελάχιστες επενδυτικές ανάγκες. Η αυξημένη χρήση της υπάρχουσας υποδομής μπορεί να προσφέρει πολύ πιο μακροχρόνια συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη από τις επενδύσεις σε νέες υποδομές.

Η υπάρχουσα υποδομή στην περιοχή, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά αερίου με διάφορους τρόπους:

- μετατροπή των αγωγών πετρελαίου που δεν χρησιμοποιούνται σε αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου
- χρήση της μεταφορικής ικανότητας των σιδηροδρομικών γραμμών, για τη μεταφορά LNG σε εμπορευματοκιβώτια
- μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου κατά μήκος των ποταμών Δούναβη και Σάβα
- χρήση των υφιστάμενων εσωτερικών λιμένων και
- καλύτερη χρήση των υφιστάμενων αγωγών φυσικού αερίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ελάχιστες τροποποιήσεις θα μπορούσαν να ενισχύσουν την υφιστάμενη υποδομή. Για παράδειγμα, δεδομένου ότι οι σιδηροδρομικές γραμμές των Βαλκανίων αναβαθμίζονται, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εμπορευματοκιβώτια ISO διπλού ύψους, ενισχύοντας έτσι την οικονομία της μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Ταυτόχρονα, θα εξυπηρετούσε, μεγαλύτερο μέρος των αστικές περιοχών με άμεση προμήθεια LNG και θα ενίσχυε τον ανταγωνισμό στην αγορά καυσίμων στον τομέα των μεταφορών.

Ανταγωνιστικότητα των καυσίμων μεταφορών στα Βαλκάνια:

- Παρατηρείται στροφή των σιδηροδρόμων στην ηλεκτροκίνηση, έτσι αναμένεται ότι θα χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια ως η κύρια ενέργεια μεταφοράς. Ωστόσο, μεγαλύτερη χρήση του LNG στην παραγωγή ενέργειας θα μπορούσε να ενισχύσει την ευελιξία της παραγωγής ενέργειας.

- Τα αστικά λεωφορεία μπορούν να χρησιμοποιούν το CNG ως κύριο καύσιμο (αντί για ντίζελ, λόγω του κόστους προμήθειας του μετά την κατάρρευση των περιφερειακών βιομηχανιών διύλισης), το οποίο μπορεί να προέρχεται είτε από αγωγούς είτε από LNG.
- η διείσδυση στην αγορά οχημάτων CNG, που κινούνται με φυσικό αέριο στις δημόσιες συγκοινωνίες είναι πολύ σημαντική στη Βουλγαρία και στη Σερβία.

Φαίνεται ότι ο μεγαλύτερος ανταγωνισμός για το καύσιμο που θα χρησιμοποιείται περισσότερο, είναι ανάμεσα στο φυσικό αέριο και το ντίζελ. Ωστόσο, οι δύο κρίσιμοι περιοριστικοί παράγοντες είναι η διαθεσιμότητα φυσικού αερίου και το δίκτυο διανομής του.

Η μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων LNG συμβάλλει στην ενίσχυση των συνδυασμένων μεταφορών σε ολόκληρη τη Νοτιοανατολική Ευρώπη ενώ τέτοιοι σχεδιασμοί χρηματοδοτούνται από την Ε.Ε

Η συνηθισμένη επιχειρηματική δραστηριότητα στις αγορές ενέργειας της νοτιοανατολικής Ευρώπης θα αλλάξει στο μέλλον. Ο λιγνίτης γίνεται ακριβότερος και πιέζεται από τις νέες περιβαλλοντικές ρυθμίσεις. Λιγότερο αποδοτικές μονάδες μετατροπής ενέργειας (σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με λιγνίτη, διυλιστήρια πετρελαίου), εκτίθενται σε έντονο ανταγωνισμό. Η νοτιοανατολική Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής λιγνίτη στην Ευρώπη, με την Ελλάδα να κατέχει την πρώτη θέση στην κατα κεφαλήν κατανάλωση λιγνίτη στην Ευρώπη. Ο λιγνίτης είναι μία ασφαλής επιλογή για χώρες με προβλήματα που αφορούν την ασφάλεια εφοδιασμού τους. Ωστόσο, η παραγωγικότητα της εξόρυξης λιγνίτη υστερεί σε σχέση με την παραγωγικότητα της εξόρυξης άνθρακα, πετρελαίου ή φυσικού αερίου κατά 4 έως 15 φορές, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της είναι πέρα από κάθε άλλο ορυκτό καύσιμο. Όταν η βιομηχανία λιγνίτη είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με το ΑΕΠ, αυτό το έλλειμμα παραγωγικότητας επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα ολόκληρης της οικονομίας. Σε σύγκριση με το μέγεθός τους, οι οικονομίες της νοτιοανατολικής Ευρώπης είναι από τις μεγαλύτερες πηγές SO₂ και όξινης βροχής στην Ευρώπη. Η παράνομη υλοτομία προκαλεί σημαντικές απώλειες δασικής κάλυψης που σε περιοχές με σημαντικά επίπεδα βροχόπτωσης δημιουργούν σημαντικούς κινδύνους πλημμύρων και διάβρωσεων του εδάφους.

Οι αυστηρότερες ρυθμίσεις της Ε.Ε σχετικά με τη παραγωγή λιγνίτη, καθιστούν την επιβίωση αυτού του κλάδου εξαιρετικά απαιτητική σε κόστος για αυτές τις μικρές οικονομίες. Κατά συνέπεια, η βιομηχανία λιγνίτη θα συρρικνωθεί μέσα στα επόμενα έξι έως οκτώ χρόνια από την περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης και θα αλλάξει ο τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η χρήση βιομάζας αντί λιγνίτη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει βελτίωση της παραγωγικότητας των πόρων, μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αύξηση της αποδοτικότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η χρήση φυσικού αερίου αντί προϊόντων πετρελαίου στις μεταφορές, στη γεωργία και στη δασοκομία, που εξαλείφει τα σπατάλη και τη μη ανταγωνιστική διαδικασία διύλισης πετρελαίου και μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτές οι αλλαγές απαιτούν διπλασιασμό του ποσοστού χρησιμοποίησης των αγωγών πετρελαίου, του διαδρόμου μεταφοράς του Δούναβη και της σιδηροδρομικής υποδομής και τονώνουν τις τοπικές οικονομίες με ελάχιστο επενδυτικό κόστος.

Η νοτιοανατολική Ευρώπη, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, διαθέτει επαρκή ανανεώσιμη ενέργεια: υδροηλεκτρική, γεωθερμική, τη βιομάζα, την ηλιακή ενέργεια και άνεμο. Η μικρή πυκνότητα του πληθυσμού παρέχει ένα ενθαρρυντικό περιβάλλον για τη συλλογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το φυσικό αέριο θεωρείται ως το καύσιμο που καθορίζει την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της νοτιοανατολική Ευρώπης. Επιπλέον είναι ένα καύσιμο που ενισχύει τη χρήση βιομάζας και υδροηλεκτρικής ενέργειας στα Βαλκάνια. Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια συμπληρώνουν το φυσικό αέριο. Η υδροηλεκτρική ενέργεια στα Δυτικά Βαλκάνια αξίζει ιδιαίτερης προσοχής. Τα υψηλά επίπεδα βροχοπτώσεων δημιουργούν ροή νερού είτε στη λεκάνη απορροής του Δούναβη είτε της Αδριατικής και του Ιονίου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια περιόδων μέγιστης εισροής νερού, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αναγκάζονται να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή ανεξάρτητα από τη ζήτηση της αγοράς και τα επίπεδα τιμών.

Το φυσικό αέριο πρέπει με καινοτόμους τρόπους να αποκτήσει ανταγωνιστική θέση στην αγορά. Υπάρχει λίγο LNG που μεταφέρεται μέσω σιδηροδρόμων, ενώ η ικανότητα φόρτωσης του LNG στα φορτηγά είναι πολύ περιορισμένη, αντιπροσωπεύοντας μόνο 0,1-0,2% της συνολικής ζήτησης φυσικού αερίου. Σχεδόν το ένα τρίτο του φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη μπορεί να παραδοθεί στους πελάτες με εμπορευματοκιβώτια και συνδυασμένες μεταφορές.

Η αναδυόμενη αγορά φυσικού αερίου της νοτιοανατολικής Ευρώπης παρέχει ευκαιρίες για μικρούς και μεσαίους καινοτόμους «παίκτες» (κάτι που μέχρι τώρα δεν συνέβαινε στην Ευρώπη) καθώς και ευελιξία στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με φυσικό αέριο.

Η προοπτική της σκλήρυνσης των δημοσιονομικών μέτρων θα αναγκάσει τους αναποτελεσματικούς πελάτες να εγκαταλείψουν το φυσικό αέριο ή να βελτιώσουν την ενεργειακή τους απόδοση. Αυτό είναι το κλειδί για τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και επιτρέπει τη διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού μέσω του εμπορίου κόμβων.

Οι προοπτικές για μεγάλες ροές ενέργειας κάθε είδους (που συνοδεύονται από υψηλά κόστη διαμετακόμισης) έχουν εξαντληθεί και υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες να υπάρξει οποιοδήποτε νέο επενδυτικό σχέδιο υποδομής το οποίο θα εγκριθεί από κυβερνητικούς αξιωματούχους.

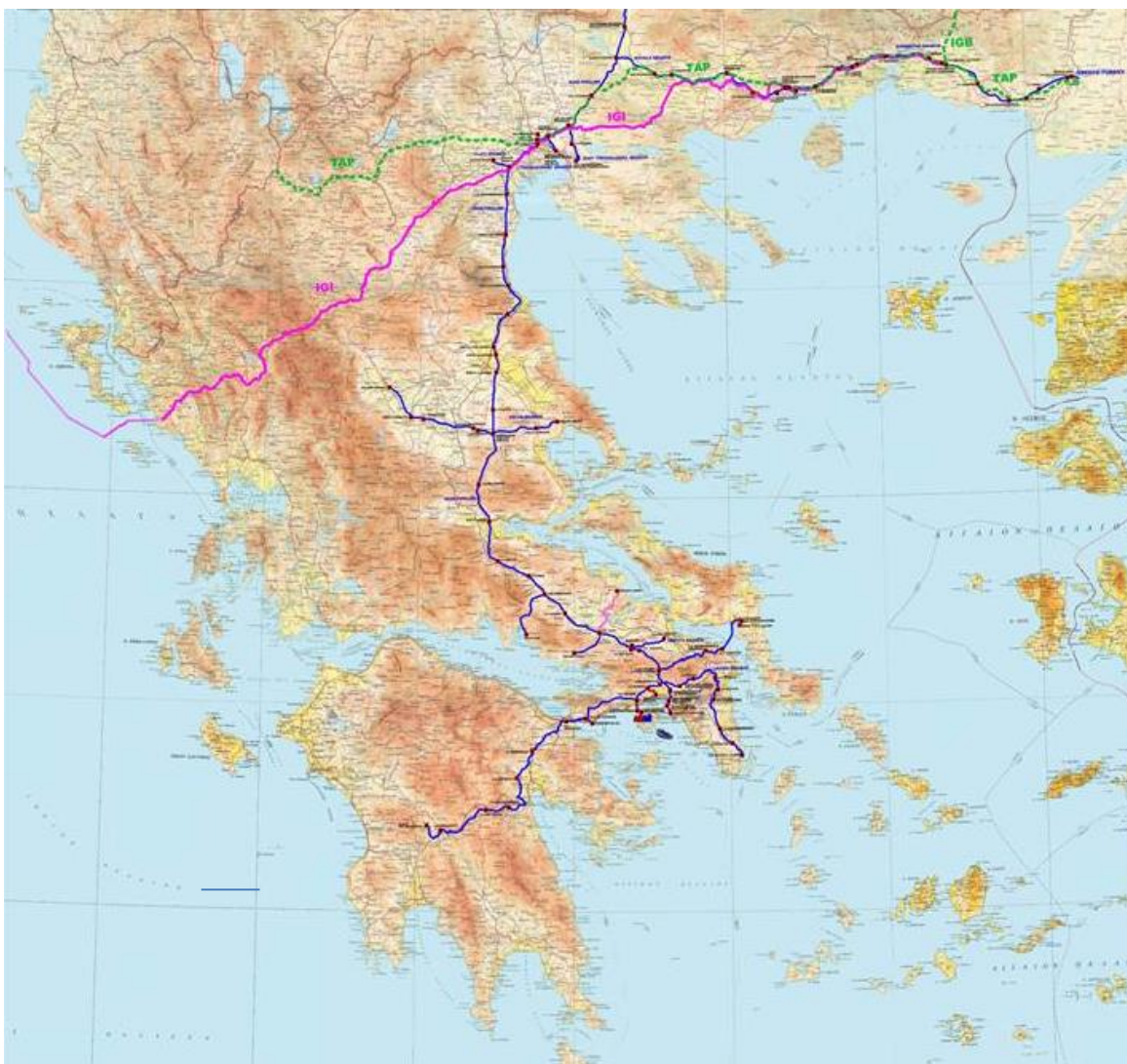
Ασκούνται πιέσεις ώστε να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων από ορυκτά καύσιμα, οι οποίες είναι πιθανό να προκαλέσουν το κλείσιμο των λιγότερο αποδοτικών μονάδων μετατροπής ενέργειας (σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με λιγνίτη, διυλιστήρια πετρελαίου) που εκτίθενται σε έντονο ανταγωνισμό ως συνέπεια της ελευθέρωσης και της ανάπτυξης των ενεργειακών αγορών. Η ευελιξία απαιτεί ανάπτυξη υποδομής με χαμηλού κόστους επιλογές που μπορούν να αυξομειώνουν εύκολα τη ποσότητα που μεταφέρουν. Οι επιλογές πλωτής παροχής φυσικού αερίου είναι πιθανό να έχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. [27]

4.1.8 Ο ρόλος της Ελλάδας στο σύστημα μεταφοράς του φυσικού και LNG στην νοτιοανατολική Ευρώπη

Το Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου περιλαμβάνει τον κεντρικό αγωγό μήκους 512 χλμ που ξεκινά από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα στο Σιδηρόκαστρο (ανάντι διαχειριστής BULGARTRANGAZ) και καταλήγει στην Αττική καθώς και διακλαδώσεις αυτού με συνολικό μήκος 779 χλμ. Επίσης φυσικό αέριο εισάγεται στη Ελλάδα και από τα ελληνοτουρκικά σύνορα στο σταθμό Κήπων (ανάντι διαχειριστής BOTAS), αλλά και από το σταθμό υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα. Οι περιοχές που καλύπτονται μέχρι σήμερα με δίκτυο φυσικού αερίου είναι η Αττική, η Θεσσαλονίκη, η Θεσσαλία (Λάρισα, Τρίκαλα, Βόλος, Καρδίτσα), περιοχές της Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης και βιομηχανικές μονάδες στην Θίβη, τα Οινόφυτα, τα Αντίκυρα, το Αλιβέρι και το Πλατύ Ημαθίας. Το δίκτυο επεκτείνεται ώστε να καλύψει και σημαντικό μέρος της Πελοποννήσου [64].

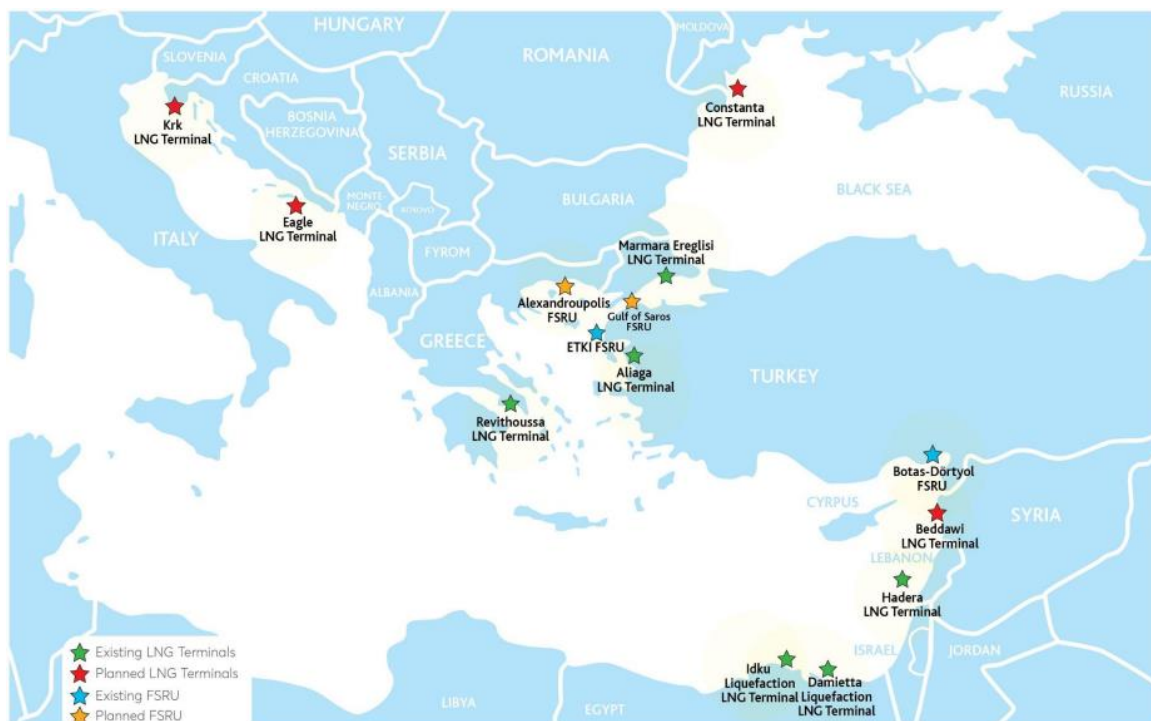
Αναλυτικότερα, αποτελείται από:

- Τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου και τους κλάδους αυτού
- Τους μετρητικούς σταθμούς συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου
- Το σταθμό συμπίεσης στη Νέα Μεσήμβρια Θεσσαλονίκης
- Τους μετρητικούς και ρυθμιστικούς σταθμούς φυσικού αερίου
- Τα κέντρα ελέγχου και κατανομής φορτίου
- Τα κέντρα λειτουργίας και συντήρησης του μετρητικού σταθμού συνόρων Σιδηροκάστρου, ανατολικής Ελλάδος, βορείου Ελλάδος, κεντρικής Ελλάδος και νοτίου Ελλάδος, και
- Το σύστημα τηλελέγχου και τηλεπικοινωνιών [65]



Εικόνα 49. Το ελληνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου (μπλε χρώμα) και οι διασυνδέσεις με μελλοντικούς αγωγούς [65]

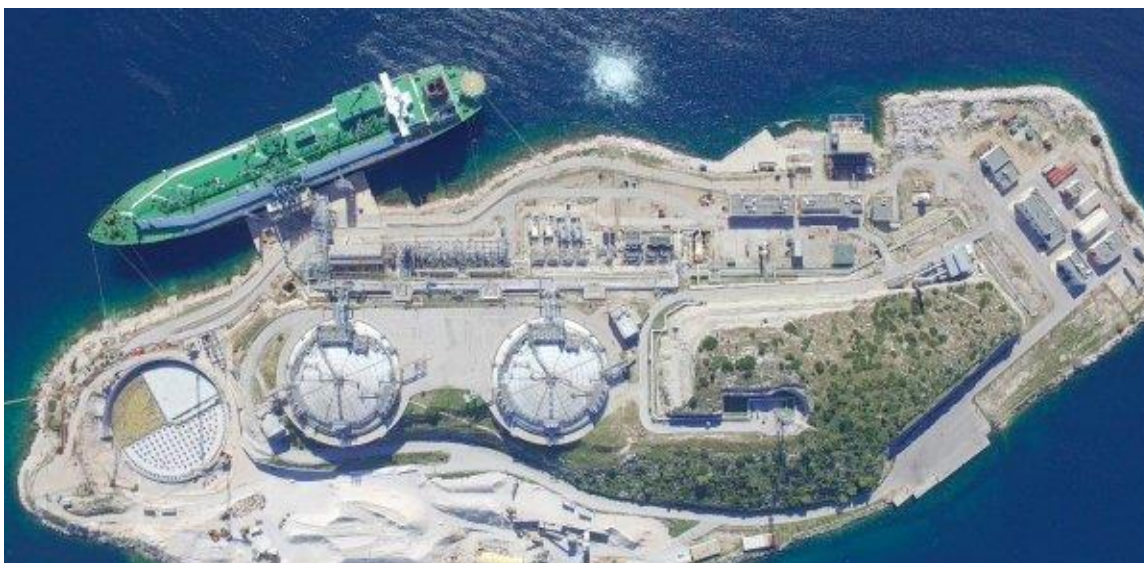
Ο τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου της Ρεβυθούσας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της Ελλάδας. Είναι ένας από τους 13 συνολικά σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα σε όλη την περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης. Ο σταθμός είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα, 500 μέτρα περίπου από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χλμ. δυτικά της Αθήνας. Η λειτουργία του σταθμού άρχισε το 1999 μετά από 12 χρόνια έργων, εξασφαλίζοντας τότε στη ΔΕΠΑ 84 εκατ. κ.μ. φυσικού αερίου για τις ώρες αιχμής.



Εικόνα 50. Χάρτης τερματικών σταθμών υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νοτιοανατολική Ευρώπη [72]

Τον Οκτώβριο του 2007 ολοκληρώθηκε η αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού ΥΦΑ Ρεβυθούσας (1η φάση αναβάθμισης), αυξάνοντας τη δυναμικότητα παραλαβής φορτίων αλλά και τη δυνατότητα αεριοποίησής του. Η αδιάλειπτη δυναμικότητα αεριοποίησης τριπλασιάστηκε από 271 κ.μ. LNG την ώρα, σε 1.000 κ.μ παρέχοντας του τη δυνατότητα να επεξεργάζεται τριπλάσιες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου και να τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς με 5,2 – 5,3 bcm/έτος.

Στα δέκα χρόνια λειτουργίας του σταθμού της Ρεβυθούσας έχουν παραληφθεί πάνω από 300 φορτία υγροποιημένου φυσικού αερίου. Τα φορτία φτάνουν με δεξαμενόπλοια και αποθηκεύονται προσωρινά στις δύο δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 130.000 m³ LNG. Στη συνέχεια, το LNG μετατρέπεται ξανά σε αέριο στις ειδικές εγκαταστάσεις αεριοποίησης του Σταθμού και τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου.



Εικόνα 51. Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη Ρεβυθούσα.

Η 2η αναβάθμιση της εγκατάστασης LNG, η οποία αναμένεται να ολοκληρωθεί εντός του 2018, εκτός από την δυνατότητα ελλιμενισμού μεγαλύτερων φορτίων LNG (πλοία χωρητικότητας μέχρι 260.000m^3 (από 140.000m^3 που είναι σήμερα), θα αυξήσει τη συνολική αποθηκευτική ικανότητα του σταθμού σε 225.000 κ.μ. LNG και τον ρυθμό αεριοποίησης κατά 40% [66].

Αναλυτικότερα, η 2^η αναβάθμιση του σταθμού της Ρεβυθούσας, περιλαμβάνει:

1. Αύξηση αποθηκευτικού χώρου του σταθμού με την εγκατάσταση νέας δεξαμενής χωρητικότητας 95.000m^3 .
2. Αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων για την υποδοχή μεγαλύτερων πλοίων
3. Περαιτέρω αύξηση του ρυθμού αεριοποίησης
4. Αναβάθμιση του Μετρητικού Σταθμού της Αγ. Τριάδας [67]

Η αναβάθμιση της Ρεβυθούσας θα ενισχύσει τη δυναμική της εγχώριας ενεργειακής αγοράς και θα θωρακίσει περαιτέρω την ενεργειακή επάρκεια της χώρας σε ενδεχόμενο κρίσεων τροφοδοσίας, ιδίως από τους βόρειους αγωγούς. Ο ανταγωνισμός θα αυξηθεί με νέους παίκτες στη μεταφορά LNG, με τα κόστη να μειώνονται στα μεγαλύτερα φορτία, ωφελώντας τιμολογιακά και τον τελικό καταναλωτή [68].

Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση πρότείνει 6 ευρωπαϊκά λιμάνια (Πειραιάς, Πάτρα, Ηράκλειο, Ηγουμενίτσα, Λεμεσός και Βενετία) για να δημιουργηθούν εγκαταστάσεις ώστε να τροφοδοτούνται τα πλοία με LNG. Συγκεκριμένα, μέσα από το πρόγραμμα Poseidon Med II το οποίο συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και υλοποιείται σε τρεις χώρες (Ελλάδα, Ιταλία και Κύπρο) προωθείται η ευρεία υιοθέτηση του LNG ως ασφαλούς, περιβαλλοντικά φιλικού και βιώσιμου εναλλακτικού καυσίμου στη ναυτιλία, ωθώντας τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ανατολική Μεσόγειο προς ένα πιο πράσινο μέλλον. Στο πρόγραμμα συνεργάζονται

κορυφαίοι ειδικοί από τους κλάδους της ναυτιλίας, της ενέργειας και των χρηματοοικονομικών για τον σχεδιασμό μιας ολοκληρωμένης αποτελεσματικής εφοδιαστικής αλυσίδας LNG.



Εικόνα 52. Χάρτης με τα έξι ευρωπαϊκά λιμάνια που συμπεριλαμβάνονται στο Poseidon Med II [72]

Το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης μπορεί να μην ήταν μέσα στις προτάσεις της Ε.Ε. αλλά παρουσιάζει ιδιαίτερο επενδυτικό ενδιαφέρον, καθώς οι υφιστάμενες λιμενικές υποδομές θεωρούνται πολύ καλές συγκριτικά με άλλα λιμάνια της χώρας. Ο τερματικός σταθμός φυσικού αερίου (LNG) θα αποτελέσει την τέταρτη πύλη εισόδου φυσικού αερίου στην Ελλάδα έχοντας τη δυνατότητα να τροφοδοτήσει σε ετήσια βάση την αγορά με ποσότητες έως και 6,1 δισ. κυβικών μέτρων φυσικού αερίου. Ο νέος τερματικός σταθμός φυσικού αερίου (LNG) στην Αλεξανδρούπολη αποτελεί τη μόνη αυτήν τη στιγμή νέα υποδομή φυσικού αερίου που θα είναι ανεξάρτητη από την Τουρκία, θα μπορεί να τροφοδοτήσει την Ελλάδα αλλά και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη από πολλαπλές πηγές, θα βρίσκεται στην ελληνική επικράτεια και θα ελέγχεται από την ελληνική πολιτεία. Το έργο του Ανεξάρτητου Συστήματος Φυσικού Αερίου Αλεξανδρούπολης θα αποτελείται από μία υπεράκτια πλωτή μονάδα παραλαβής, αποθήκευσης και αεριοποίησης υγροποιημένου φυσικού αερίου και από ένα σύστημα υποθαλάσσιου και χερσαίου αγωγού, μέσω του οποίου, το φυσικό αέριο προωθείται στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) και από εκεί προς τους τελικούς καταναλωτές. Η πλωτή μονάδα θα είναι μόνιμα αγκυροβολημένη σε σταθερό σημείο και σε απόσταση 17,6 χλμ από το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης και 10 χλμ. από την απέναντι ακτή της Μάκρης. Το ΑΣΦΑ

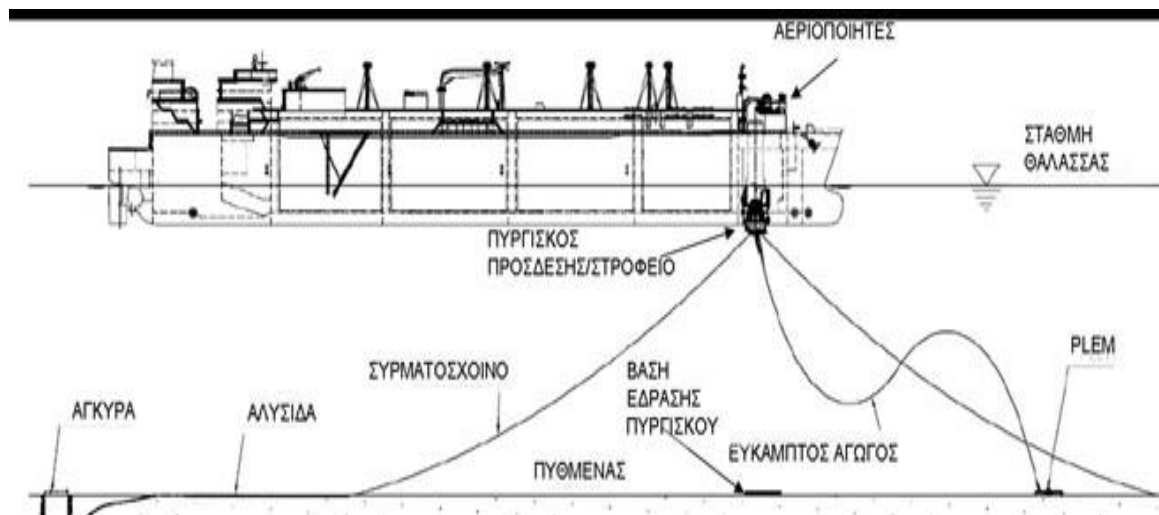
Αλεξανδρούπολης θα έχει δυναμικότητα παροχής έως 700.000 κυβικών μέτρων ανά ώρα και αποθηκευτική ικανότητα έως 170.000 κυβικών μέτρων υγροποιημένου φυσικού αερίου [69].

Αναλυτικότερα, η πλωτή μονάδα περιλαμβάνει τα εξής βασικά μέρη:

- Συστήματα πρόσδεσης δεξαμενοπλοίων και μετάγγισης LNG.
- Τέσσερις δεξαμενές αποθήκευσης LNG συνολικής χωρητικότητας έως 170.000 κυβικά μέτρα.
- Τέσσερις μονάδες αεριοποίησης δυναμικότητας 400 κυβικών μέτρων LNG / ώρα (έκαστη).
- Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής για την εξυπηρέτηση των αναγκών της πλωτής μονάδας σε ηλεκτρική ενέργεια
- Μετρητική μονάδα για την μέτρηση των ποσοτήτων φυσικού αερίου που αεριοποιούνται.
- Χώρους διαμονής, ενδιαίτησης πληρώματος. [70]

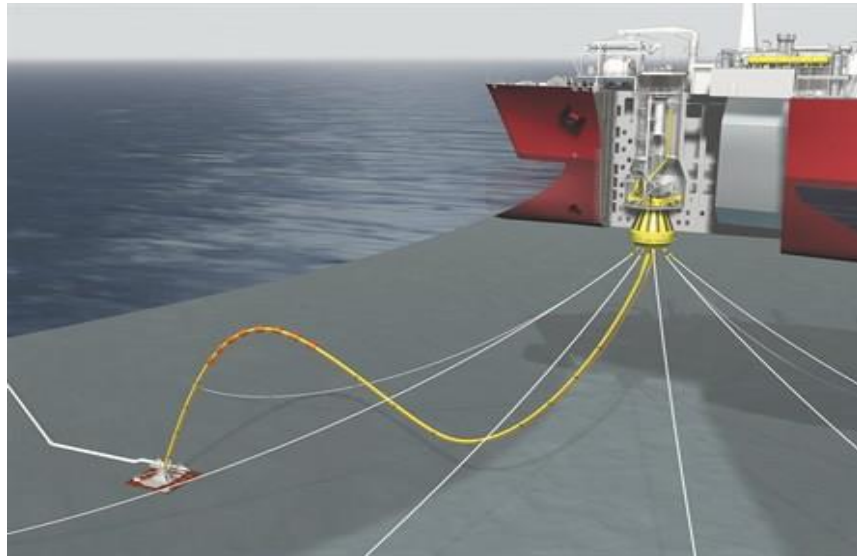
Η πλωτή μονάδα προσδένεται στο σημείο αγκυροβόλησης μέσω διάταξης πυργίσκου που της επιτρέπει να περιστρέφεται κατάντη της φοράς του ανέμου (360°) ενώ σε περίπτωση που η μονάδα απομακρυνθεί από τη θέση αγκυροβόλησης (λόγω π.χ. συντήρησης) ο πυργίσκος παραμένει στο σημείο αγκυροβολίου, στη βάση αναμονής του στον πυθμένα της θάλασσας. Οι διαστάσεις της πλωτής μονάδας θα είναι περίπου 300 μέτρα μήκος, 32,5 μέτρα διαθέσιμο πλάτος καταστρώματος και ύψος 26,5 μέτρα.

Οι μόνιμες υπεράκτιες εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν τον πυργίσκο πρόσδεσης της πλωτής μονάδας, τους δύο εύκαμπτους αγωγούς διαμέτρου 14", το σύστημα αγκύρωσης και την πολλαπλή εξαγωγή τέρματος αγωγού (PLEM). (Εικόνα 53)

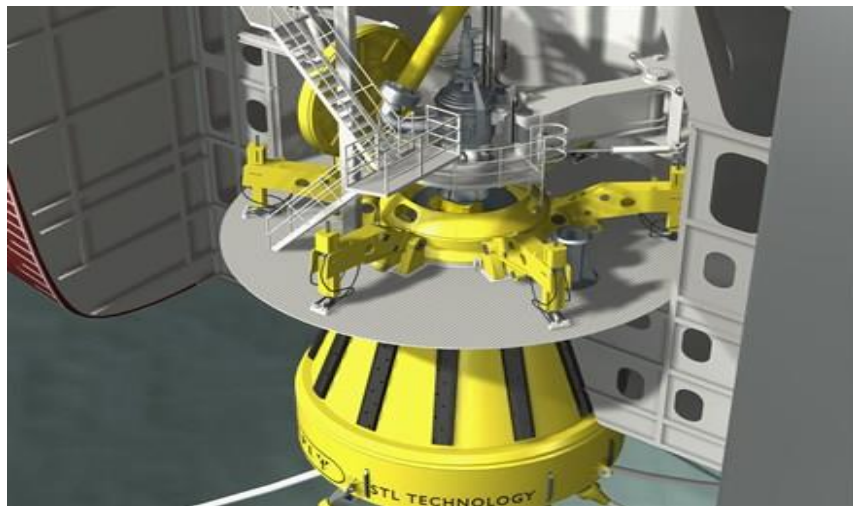


Εικόνα 53. Σχεδιάγραμμα μόνιμης υπεράκτιας εγκατάστασης [70]

Ο πυργίσκος πρόσδεσης της πλωτής μονάδας, λόγω της εξελιγμένης τεχνολογίας που διαθέτει, διατηρεί τη μονάδα σε σταθερό σημείο επιτρέποντας όμως την περιστροφική κίνηση 360° κατάντη του κυματισμού της θάλασσας. Μέσω του πυργίσκου γίνεται η μεταφορά του αεριοποιημένου LNG προς τους εύκαμπτους αγωγούς οι οποίοι συνδέονται με την πολλαπλή εξαγωγής τέρματος αγωγού (PLEM) η οποία είναι εγκατεστημένη επί του πυθμένα σε σταθερή θέση. Η PLEM αποτελεί την ενδιάμεση διάταξη μεταξύ της πλωτής μονάδας και του υποθαλάσσιου αγωγού μεταφοράς του φυσικού αερίου μέσω της οποίας το φυσικό αέριο προωθείται προς τον υποθαλάσσιο αγωγό και τις χερσαίες εγκαταστάσεις. (Εικόνες 45, 46)



Εικόνα 54. Ο πυργίσκος πρόσδεσης της πλωτής μονάδας [70]



Εικόνα 55. Λεπτομέρεια του πυργίσκου πρόσδεσης της πλωτής μονάδας [70]

Ο σταθμός LNG Αλεξανδρούπολης είναι ένα έργο που προσφέρει γεωπολιτικά οφέλη στην Ελλάδα και μπορεί να ενισχύσει τη στρατηγική του κάθετου διαδρόμου, στον οποίο η Ελλάδα

έχει κομβικό ρόλο, τη στιγμή που η Τουρκία αναβαθμίζεται, καθώς το σύνολο του φυσικού αερίου μέσω αγωγών που θα προορίζεται για την Ελλάδα αλλά και για τις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης θα διαμετακομίζεται μέσω Τουρκίας. Συγκεκριμένα, ο Νότιος Διάδρομος θα μεταφέρει μέσα από το έδαφος της Τουρκίας φυσικό αέριο από την Κασπία προς την Ιταλία, είτε στην αρχική του μορφή (μέσω των αγωγών TANAP/TAP) είτε στη μακροπρόθεσμη, διευρυμένος με αέριο και από πρόσθετες πηγές, όπως το Τουρκμενιστάν. Το ίδιο ισχύει και για τις ποσότητες φυσικού αερίου που θα προωθηθούν από το Ιράν προς τις αγορές της Δύσης. Ακόμα, είναι ιδιαίτερα πιθανή και η διαμετακόμιση φυσικού αερίου από τις πηγές της Ανατολικής Μεσογείου, και συγκεκριμένα από το πεδίο Leviathan, επίσης μέσω Τουρκίας. Ενώ στις 1/1/2020, οπότε και θα λήξει η συμφωνία διαμετακόμισης μέσω Ουκρανίας, το ρωσικό φυσικό αέριο θα μεταφέρεται μέσω του νέου αγωγού Turkish Stream.



Εικόνα 56. Χάρτης των διασυνδέσεων του τερματικού σταθμού LNG Αλεξανδρούπολης [71]



Εικόνα 57. Χάρτης του νότιου διαδρόμου φυσικού αερίου [77]

Η ρωσική πλευρά έχει προχωρήσει στην υπογραφή συμφωνιών "οδικού χάρτη" με τη Βουλγαρία, τη Σερβία και την Ουγγαρία για την ανάπτυξη δικτύων που θα επιτρέπουν την προμήθεια φυσικού αερίου στις χώρες αυτές μέσω του δεύτερου κλάδου του Turkish Stream. Ταυτόχρονα, υπεγράφη συμφωνία με την τουρκική Botas για την κατασκευή του χερσαίου τμήματος του δεύτερου κλάδου του Turkish Stream σε τουρκικό έδαφος, με πιθανολογούμενη την πρόθεση της ρωσικής πλευράς να αναβιώσει εν μέρει την όδευση του South Stream, παρακάμπτοντας το ελληνικό έδαφος. Μια τέτοια εξέλιξη θα στερήσει από την Ελλάδα τα όποια διαμετακομιστικά οφέλη θα μπορούσε να περιμένει από τη διέλευση ρωσικού αερίου από την Τουρκία προς την Ιταλία.

Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι η επιλογή της τερματικού σταθμού LNG στην Αλεξανδρούπολη δεν είναι τυχαία, καθώς έχουν ληφθεί υπόψη:

1. ο υπό κατασκευή αγωγός TAP
2. Οι σχεδιασμένοι αγωγοί IGI Poseidon και IGB
3. Η πιθανή δημιουργία του σταθμού υπόγειας αποθήκευσης φυσικού αερίου στην Καβάλα

Το έργο FSRU της Αλεξανδρούπολης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως νέα πύλη φυσικού αερίου στην Ευρώπη, αλλά και ένα σημαντικό στοιχείο του νότιου διαδρόμου. Θα προσεγγίσει τις αγορές με αυξανόμενη ζήτηση φυσικού αερίου, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, της Βουλγαρίας, της Σερβίας, της ΠΓΔΜ, της Τουρκίας, της Ρουμανίας, της Ουγγαρίας και της Ουκρανίας. Επίσης ενισχύει την ανάδειξη της Αλεξανδρούπολης ως σημαντικός περιφερειακός κόμβος φυσικού αερίου εξαιτίας της έλλειψης άλλων παρόμοιων σταθμών στη νοτιοανατολική Ευρώπη. [72]



Εικόνα 58. Χάρτης των διασυνδέσεων του τερματικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης [72]

Οι βασικές πηγές προμήθειας για την ΔΕΠΑ και κατ' επέκταση για την ελληνική αγορά ήταν η ρωσική Gazprom, η αλγερινή Sonatrach και η τουρκική Botas. Ωστόσο, ήδη τα δεδομένα έχουν διαφοροποιηθεί καθώς αφενός το μερίδιο της ΔΕΠΑ υποχωρεί και εμφανίζονται νέοι παίκτες, αφετέρου έρχονται στο προσκήνιο και νέοι προμηθευτές, ενισχύοντας σημαντικά τον ανταγωνισμό. Ενδεικτικά πέρυσι οι συνολικές παραδόσεις φυσικού αερίου ανήλθαν σε 53,869 TWh εκ των οποίων περίπου το 80% προήλθε από τη ΔΕΠΑ και το 20% από τρίτους παίκτες (από αγωγούς και LNG), όταν μέχρι πριν από λίγα χρόνια, οι εκτός ΔΕΠΑ παραδόσεις δεν ξεπερνούσαν το 10%.



Εικόνα 59.

Ο εμπορικός πόλεμος μεταξύ ΗΠΑ και Κίνας κλιμακώνεται, ευνοώντας τα σχέδια για εισαγωγές αμερικανικού LNG στην ευρωπαϊκή αγορά. Όλο και μεγαλύτερες ποσότητες LNG αναμένεται να κατευθυνθούν προς άλλες αγορές μετά την επιβολή δασμών 22% από την πλευρά της Κίνας, ως αντίποινα για τους αντίστοιχους αμερικανικούς δασμούς. Η δραστηριοποίηση ενός ακόμη ισχυρού προμηθευτή στην ελληνική αγορά αναμένεται να φέρει ακόμη μεγαλύτερη ρευστότητα και πίεση για καλύτερες τιμές, σε μεσομακροπρόθεσμο ορίζοντα [73]. Οι ΗΠΑ τονίζουν ότι η αμερικανική πολιτική αντιτίθεται τόσο στον αγωγό Nord Stream2 όσο και στον αγωγό Turkish Stream, σημειώνοντας ότι η ενέργεια αποτελεί ένα από τα υβριδικά εργαλεία της Ρωσίας, για την ενίσχυση της πολιτικής της επιρροής αλλά και για την πρόκληση διαφωνιών μεταξύ των Ατλαντικών συμμάχων. Αντίθετα, επιδοκιμάζουν τις κινήσεις που έχει κάνει η Ελλάδα για την ενεργειακή διαφοροποίησή της, τους τερματικούς σταθμούς LNG καθώς για τις άλλες καθοριστικές ενεργειακές υποδομές όπως ο αγωγός IGB και ο κάθετος διάδρομος [74].

Για πρώτη φορά η Ελλάδα αποκτά πρόσβαση σε μια ακόμη πηγή προμήθειας ενέργειας, το υδροποιημένο φυσικό αέριο από το Κατάρ (μέχρι σήμερα οι πηγές προμήθειας είναι η Ρωσία, η Τουρκία και η Αλγερία). Η εταιρεία Μυτιληναίος υπέγραψε σύμβαση για την προμήθεια ποσοτήτων υδροποιημένου φυσικού αερίου LNG από τον μεγαλύτερο παραγωγό στον κόσμο την εταιρεία Qatar Gas. Μαζί με τη νέα επένδυση οι ανάγκες της εταιρείας Μυτιληναίος σε αέριο αναμένεται να φτάσουν στα 2,5 δισ. κυβικά μέτρα, όταν η αγορά αναμένεται να κυμανθεί στα 4 με 4,5 δισ. κυβικά μέτρα [75].

Πολλοί Έλληνες εφοπλιστές έχουν ήδη αρχίσει να επενδύουν μαζικά στο υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τόσο ως μεταφερόμενο φορτίο όσο και ως καύσιμο. Μεταξύ αυτών

συγκαταλέγονται ορισμένοι από τους γνωστότερους Έλληνες εφοπλιστές και συγκεκριμένα οι Γιάννης Αγγελικούσης, Γιώργος Προκοπίου, Παναγιώτης (Πήτερ) Γ. Λιβανός, ο όμιλος Λάτση, ο όμιλος Μαρτίνου και οι ναυτιλιακές των ομίλων Τσάκου και Οικονόμου. Λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις που δείχνουν αύξηση στη χρήση φυσικού αερίου τόσο στις οδικές όσο και στις θαλάσσιες μεταφορές, ήδη έχουν γίνει παραγγελίες και βρίσκονται υπό ναυπήγηση πλοία που θα ενισχύσουν τον ελληνικό στόλο δεξαμενοπλοίων μεταφοράς LNG. Οι παραπάνω κινήσεις σε συνδυασμό με τη συνεργασία του ομίλου Κοπελούζου και του Π.Γ. Λιβανού για την έναρξη του έργου της Gastrade, του τερματικού σταθμού υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) Βόρειας Ελλάδας στην Αλεξανδρούπολη, αναδεικνύουν τα μεγάλα συμφέροντα της Ελλάδας στη μεταφορά LNG παγκοσμίως, έπειτα από αυτά κρατικών επιχειρήσεων όπως του Κατάρ.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ ΥΠΟ ΝΑΥΠΗΓΗΣΗ
MARAN GAS MARITIME INC	27	4254780	8
GASLOG LTD & GASLOG PARTNERS	25	3680600	4
DYNAGAS LTD	12	1891454	3
TMS CARDIFF GAS LTD	5	788106	6
THENAMARIS	3	480000	1
TEN LTD	2	300000	0
CHANDRIS	1	150000	2

Εικόνα 60. Οι ναυτιλιακές εταιρείες με το μεγαλύτερο αριθμό πλοίων μεταφοράς LNG [76,77,78,79,80,81,82]

Μια άλλη ελληνική εταιρεία η Arista Shipping, συμφερόντων του εφοπλιστή Αλέξανδρου Παναγόπουλου, ξεκίνησε συνεργασία με τη φινλανδική κατασκευάστρια μηχανών Wartsila και τα κινεζικά ναυπηγεία Jiangsu Yangzijiang με στόχο την υλοποίηση ενός project ναυπήγησης και διαχείρισης έως και 40 πλοίων μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Μπορεί ακόμα να μην υπάρχουν πολλά τέτοια πλοία στο νερό, αλλά αρκεί να αναφερθεί πως παρόμοιο ναυπηγικό πρόγραμμα έχει σχεδιάσει και η ελληνική ακτοπλοϊκή Attica Group. Ωστόσο, ο αριθμός παραγγελιών πλοίων που θα χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο μεταφοράς παραμένει περιορισμένος. Οι τρεις βασικοί λόγοι που συμβαίνει αυτό είναι διότι απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις, βεβαιότητα για το διεθνές δίκτυο ανεφοδιασμού και επειδή ο υπάρχων στόλος έχει ακόμα σημαντικό ωφέλιμο χρόνο ζωής. Σύμφωνα με τη Wood Mackenzie πάνω από το 20% του παγκόσμιου στόλου, που αριθμεί 95.000 πλοία, έχει ηλικία άνω των 15 ετών και δεν προσφέρεται για επιπλέον επενδύσεις αναβάθμισης αλλά χρήζει αντικατάστασης. Επομένως σε κάθε περίπτωση, το κόστος προσαρμογής της ναυτιλίας στους νέους περιβαλλοντικούς κανονισμούς υπολογίζεται σε δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Η ελληνική ναυτιλία εξακολουθεί να κατέχει την πρώτη θέση διεθνώς. Ο ελληνόκτητος στόλος ανέρχεται σε 4.746 πλοία (άνω των 1.000 gt) χωρητικότητας 365,45 εκατ. τόνων (dwt). Ελληνες εφοπλιστές ελέγχουν το 29,19% του παγκόσμιου στόλου δεξαμενοπλοίων αργού πετρελαίου, το 22,03% των πλοίων ξηρού φορτίου και το 15,45% του στόλου χημικών και παράγωγων πετρελαίου. Αν και ο πληθυσμός της Ελλάδας αντιπροσωπεύει μόνο το 0,15% του παγκόσμιου πληθυσμού, τα πλοία που μεταφέρουν το 20% του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου ελέγχονται από Ελληνες. Η μέση ηλικία του ελληνόκτητου στόλου είναι τα 11,5 έτη, όταν αυτή του παγκόσμιου στόλου είναι 14,6 έτη, σύμφωνα με τα στοιχεία της Ένωσης Ελλήνων Εφοπλιστών.

Στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG Carriers) την πρώτη θέση κατέχει η Ιαπωνία με 115 πλοία, 12,063.136 gt και αξίας 14,587 δισ. δολ και στη δεύτερη θέση βρίσκεται η Ελλάδα με 80 πλοία, χωρητικότητας 8.567.508 gt και αξίας 13,514 δισ. δολ. Στην τρίτη βρίσκεται η Νότια Κορέα, στην τέταρτη το Ηνωμένο βασίλειο και στην πέμπτη η Νορβηγία. Ο στρατηγικός ρόλος του ελληνόκτητου στόλου στη μεταφορά του εμπορίου και της ενέργειας παγκοσμίως και στην Ε.Ε., η οποία εξαρτάται από τη ναυτιλία για τη μεταφορά του 75% του διεθνούς της εμπορίου είναι εμφανής εάν εξετάσουμε την ισχύ των κύριων ανταγωνιστών της που προαναφέρθηκαν. Η Ιαπωνία είναι μια μεγάλη νησιωτική χώρα, μεγαλύτερος καταναλωτή LNG στον κόσμο, ενώ επίσης είναι παγκόσμια οικονομική δύναμη. Επίσης, η Κίνα είναι η δεύτερη μεγαλύτερη οικονομία στον πλανήτη και η μεγαλύτερη παραγωγός προϊόντων ενώ η Νορβηγία είναι παραγωγός πετρελαίου και φυσικού αερίου.

ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ LNG	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (GT)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ (σε εκατ. δολάρια)
ΙΑΠΩΝΙΑ	115	12063136	14587
ΕΛΛΑΔΑ	80	8567508	13514
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	35	3552128	4429
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	32	3238193	3835
ΚΙΝΑ	25	2263665	3158
ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ	44	4035105	3114
ΗΠΑ	17	1499518	2012
ΔΑΝΙΑ	14	808110	1225
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	4	550140	546
ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ	7	516112	502

Εικόνα 61. Η κατάταξη των χωρών με το μεγαλύτερο στόλο πλοίων μεταφοράς LNG [83]

Η Ευρώπη βλέπει μια σημαντική ευκαιρία για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της με την ανάπτυξη του νοτίου διαδρόμου φυσικού αερίου. Επίσης, έχει μία πλεονάζουσα ικανότητα εισαγωγής LNG, η οποία είναι άνισα κατανομημένη μεταξύ της δυτικής, της νοτιοανατολικής και της κεντρικής Ευρώπης. Σε αυτές τις συνθήκες η νοτιοανατολική Ευρώπη φαίνεται ότι θα

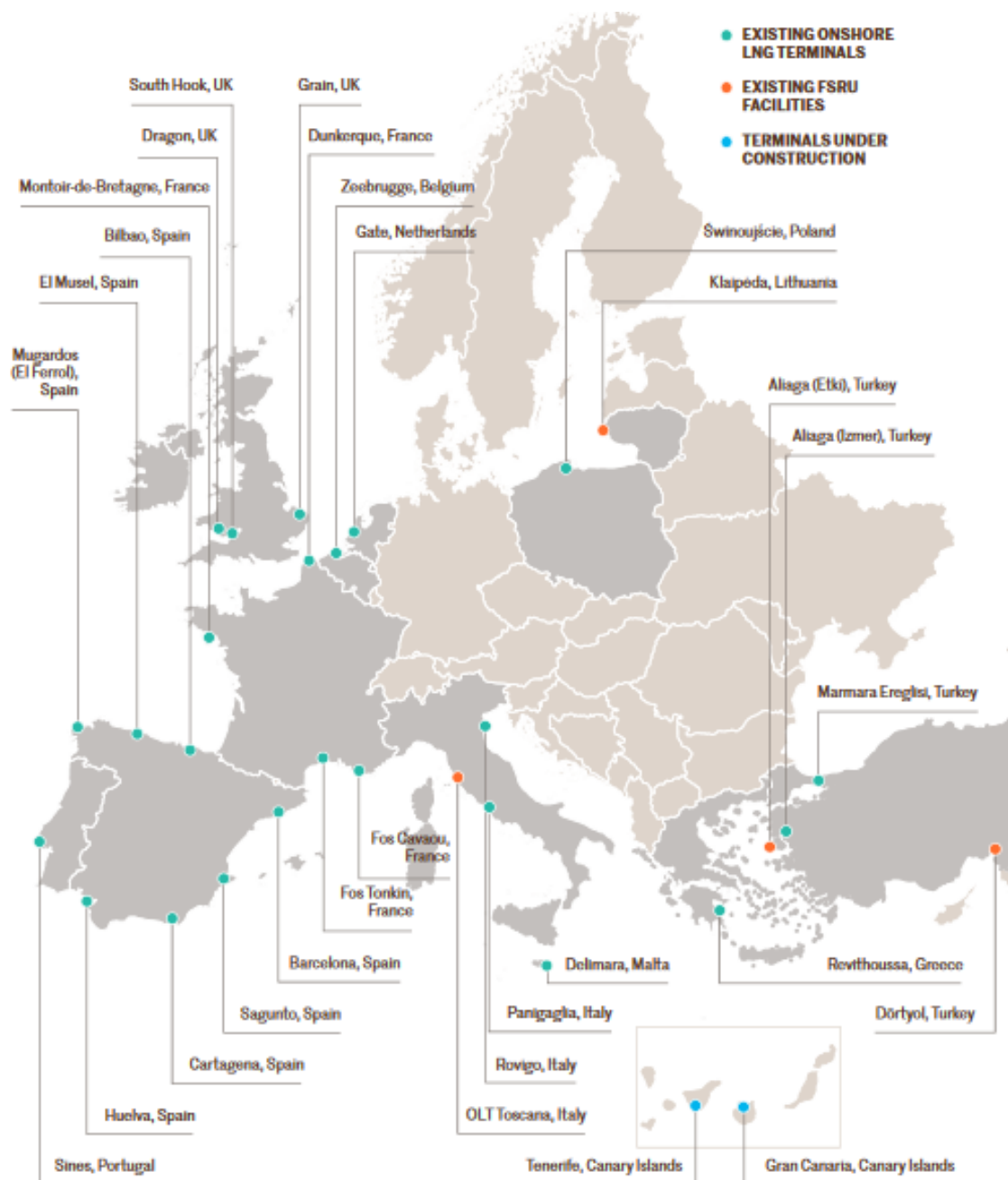
διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επέκταση του εμπορίου LNG στην Ευρώπη μέσω της κατασκευής και της λειτουργίας νέων σταθμών επαναεριοποίησης φυσικού αερίου, όπως αυτού της Αλεξανδρούπολης.

4.2 Διατύπωση σεναρίων μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG στην Ευρώπη

Προκειμένου να αναλυθεί η μεταφορά φυσικού αερίου και LNG στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, αλλά και για να διερευνηθούν οι δυνατότητες των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, διατυπώθηκαν σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG στην Ευρώπη. Τα σενάρια που εξετάστηκαν βασίζονται σε τρία βασικά στοιχεία της ευρωπαϊκής αγοράς φυσικού αερίου. Αυτά είναι η καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου, οι εισαγωγές LNG και το φυσικό αέριο που τροφοδοτεί την Ευρώπη μέσω των αγωγών του δικτύου από τις χώρες παραγωγής.

Στα σενάρια πρόβλεψης της ζήτησης φυσικού αερίου θεωρήθηκε σταθερή η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται καθώς έχει παρατηρηθεί η σταθερά καθοδική πορεία της, σύμφωνα με το EU Reference Scenario 2016 της ευρωπαϊκής επιτροπής. Για αυτό το λόγο στα σενάρια που θα ακολουθήσουν η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα παραμείνει σταθερή και θα αλλάζει μόνο το μερίδιο του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα.

Η Ευρώπη εισάγει LNG από 28 συνολικά τερματικούς σταθμούς LNG, οι οποίοι λειτουργούν στο εσωτερικό της. Οι χώρες που διαθέτουν τερματικούς σταθμούς LNG είναι το Βέλγιο, η Γαλλία, η Ελλάδα, η Ιταλία, η Λιθουανία, η Ολλανδία, η Πορτογαλία, η Πολωνία, η Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο (εικόνα 55). Η συνολική χωρητικότητα των παραπάνω εγκαταστάσεων είναι 204.3 bcm. Ωστόσο, υπάρχουν 15 ακόμα τερματικοί σταθμοί που βρίσκονται είτε υπό κατασκευή είτε υπό σχεδιασμό. Μετά τη λειτουργία και αυτών των εγκαταστάσεων, η συνολική χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG της Ευρώπης θα φτάσει τα 286.2 bcm. [84]



Εικόνα 62. Οι τερματικοί σταθμοί LNG της Ευρώπης [84]

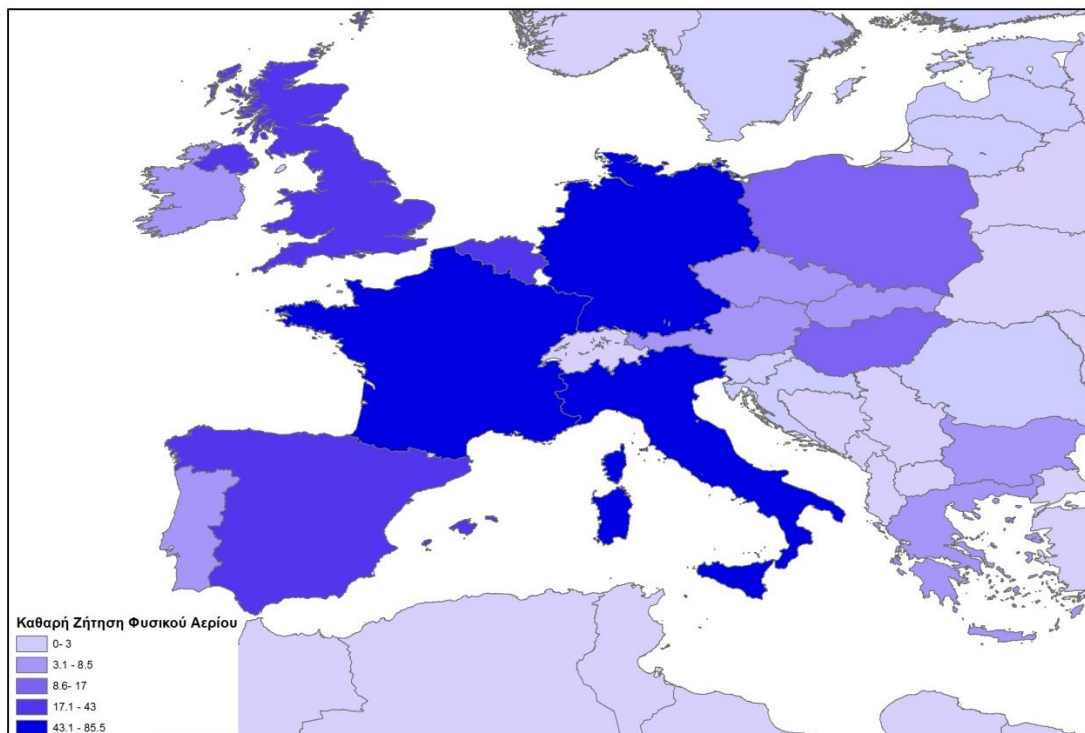
4.2.1 Σενάριο 0: Υφιστάμενη κατάσταση

Στο συγκεκριμένο σενάριο αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου των αγωγών και των εγκαταστάσεων υδροποιημένου φυσικού αερίου. Η καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου, οι εισαγωγές φυσικού αερίου μέσω αγωγών από τις χώρες παραγωγής και οι εισαγωγές LNG που χρησιμοποιούνται ως στοιχεία στο συγκεκριμένο σενάριο αφορούν στοιχεία της Eurostat για το έτος 2017. Για κάθε χώρα αφαιρέθηκε η παραγωγή από την κατανάλωση φυσικού αερίου και

έτσι υπολογίστηκε η καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 63).

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΚΑΘΑΡΗ ΖΗΤΗΣΗ (ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ- ΠΑΡΑΓΩΓΗ)
ΒΕΛΓΙΟ	17.29	0	17.29
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	3.199	0.074	3.125
ΤΣΕΧΙΑ	8.726	0.229	8.497
ΔΑΝΙΑ	3.05	4.835	-1.785
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	92.473	6.974	85.499
ΕΣΤΟΝΙΑ	0.493	0	0.493
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	5.251	3.518	1.733
ΕΛΛΑΔΑ	4.942	0	4.942
ΙΣΠΑΝΙΑ	31.349	0.035	31.314
ΓΑΛΛΙΑ	43.364	0.051	43.313
ΚΡΟΑΤΙΑ	3.095	1.528	1.567
ΙΤΑΛΙΑ	75.15	5.54	69.61
ΚΥΠΡΟΣ	0	0	0
ΛΕΤΟΝΙΑ	1.3	0	1.3
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	2.306	0	2.306
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	0.784	0	0.784
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	10.368	1.818	8.55
ΜΑΛΤΑ	0.286	0	0.286
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	43.328	46.351	-3.023
ΑΥΣΤΡΙΑ	9.508	1.284	8.224
ΠΟΛΩΝΙΑ	20.381	5.706	14.675
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	6.341	0	6.341
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	12.289	10.644	1.645
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0.904	0.004	0.9
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	4.722	0.15	4.572
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	2.314	0	2.314
ΣΟΥΗΔΙΑ	0.752	0	0.752
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	79.407	41.887	37.52
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	0	0	0
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	5.199	127.733	-122.534
ΣΚΟΠΙΑ	0.276	0	0.276
ΣΕΡΒΙΑ	2.908	0.402	2.506
ΤΟΥΡΚΙΑ	53.598	0.354	53.244

Εικόνα 63. Κατανάλωση, παραγωγή και καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου ανά χώρα (στοιχεία Eurostat 2017)



Εικόνα 64. Καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου

Οι χώρες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση φυσικού αερίου το 2017 ήταν η Γερμανία με 92.5 bcm, το Ηνωμένο Βασίλειο με 79.4 bcm και η Ιταλία με 75.2 bcm. Σε αντίθεση με το Ηνωμένο Βασίλειο που έχει παραγωγή 41.9 bcm, η Γερμανία με παραγωγή 7 bcm και η Ιταλία με παραγωγή 5.6 bcm είναι οι χώρες με τη μεγαλύτερη καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου. Το αρνητικό πρόσημο στη στήλη καθαρής ζήτησης φυσικού αερίου εντοπίζεται σε χώρες οι οποίες θεωρούνται ως χώρες-παραγωγοί, αφού η εγχώρια κατανάλωσή τους είναι μικρότερη από την εγχώρια παραγωγή τους. Τέτοιες χώρες είναι η Νορβηγία, η οποία παράγει 127.7 bcm ενώ καταναλώνει μόλις 5.2 bcm, η Ολλανδία με παραγωγή 46.4 bcm και κατανάλωση 43.4 bcm και η Δανία με παραγωγή 4.8 bcm και κατανάλωση 3 bcm. Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης ξεχωρίζει η Ρουμανία με κατανάλωση 12.3 bcm και παραγωγή 10.7 bcm. Μάλιστα η παραγωγή της Ρουμανίας αντιπροσωπεύει το 72% της παραγωγής όλων των χωρών της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Σημαντική κατανάλωση έχουν η Ουγγαρία 10.4 bcm και η Τσεχία 8.7 bcm ενώ η παραγωγή τους είναι μόλις 1.8 bcm και 0.23 bcm αντίστοιχα. Η κατανάλωση της Ελλάδας είναι 5 bcm και η συνολική καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου υπολογίστηκε στα 451.1 bcm.

Οι συνολικές εισαγωγές των χωρών της Ευρώπης σε υγροποιημένου φυσικό αερίο υπολογίζονται σε 50.8 bcm. Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 65) φαίνονται οι εισαγωγές LNG και η συνολική χωρητικότητα των εγκαταστάσεων LNG κάθε χώρας.

ΧΩΡΑ	ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ LNG (bcm)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ LNG (bcm)
ΙΣΠΑΝΙΑ	16.8	68.9
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	1.8	7.6
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	7.2	42.7
ΓΑΛΛΙΑ	10.8	34.65
ΒΕΛΓΙΟ	1.7	9
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	0.8	12
ΠΟΛΩΝΙΑ	1.1	5
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	1.4	4
ΙΤΑΛΙΑ	8.4	15.25
ΕΛΛΑΔΑ	0.8	5.2
ΣΥΝΟΛΟ	50.8	204.3

Εικόνα 65. Εισαγωγές LNG και συνολική χωρητικότητα εγκαταστάσεων LNG ανά χώρα

Οι συνολικές εισαγωγές LNG καλύπτουν το 11.3% της ζήτησης φυσικού αερίου στην Ευρώπη. Αξίζει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται μόλις το 25% της συνολικής χωρητικότητας των εγκαταστάσεων LNG, η οποία έχει δυνατότητες να καλύψει το 45% της συνολικής ζήτησης της Ευρώπης. Η Ισπανία εισάγει 16.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου ενώ διαθέτει 6 τερματικούς σταθμούς LNG με συνολική χωρητικότητα 68.9 bcm. Το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγει 7.2 bcm ενώ διαθέτει 3 τερματικούς σταθμούς LNG με συνολική χωρητικότητα 42.7 bcm και η Γαλλία διαθέτει 4 σταθμούς με συνολική χωρητικότητα 34.65 bcm αλλά εισάγει μόλις 10.8 bcm. Η Ελλάδα εκμεταλλεύεται μόλις το 15% της συνολικής χωρητικότητας σε LNG. Πιο συγκεκριμένα εισάγει 0.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλγερία ενώ η συνολική χωρητικότητα του σταθμού της Ρεβυθούσας είναι 5.2 bcm. Όλα τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι ένα μεγάλο ποσοστό της χωρητικότητας των τερματικών σταθμών στην Ευρώπη παραμένει ανεκμετάλλευτο και ότι υπάρχουν περιθώρια να αυξηθεί το ποσοστό που αντιπροσωπεύει το υγροποιημένο φυσικό αέριο στην κάλυψη της ζήτησης της Ευρώπης σε φυσικό αέριο.

Το δίκτυο των αγωγών φυσικού αερίου της Ευρώπης τροφοδοτείται από τέσσερεις βασικές πηγές φυσικού αερίου με τα αντίστοιχα ποσοστά κάλυψης της συνολικής ζήτησης της Ευρώπης:

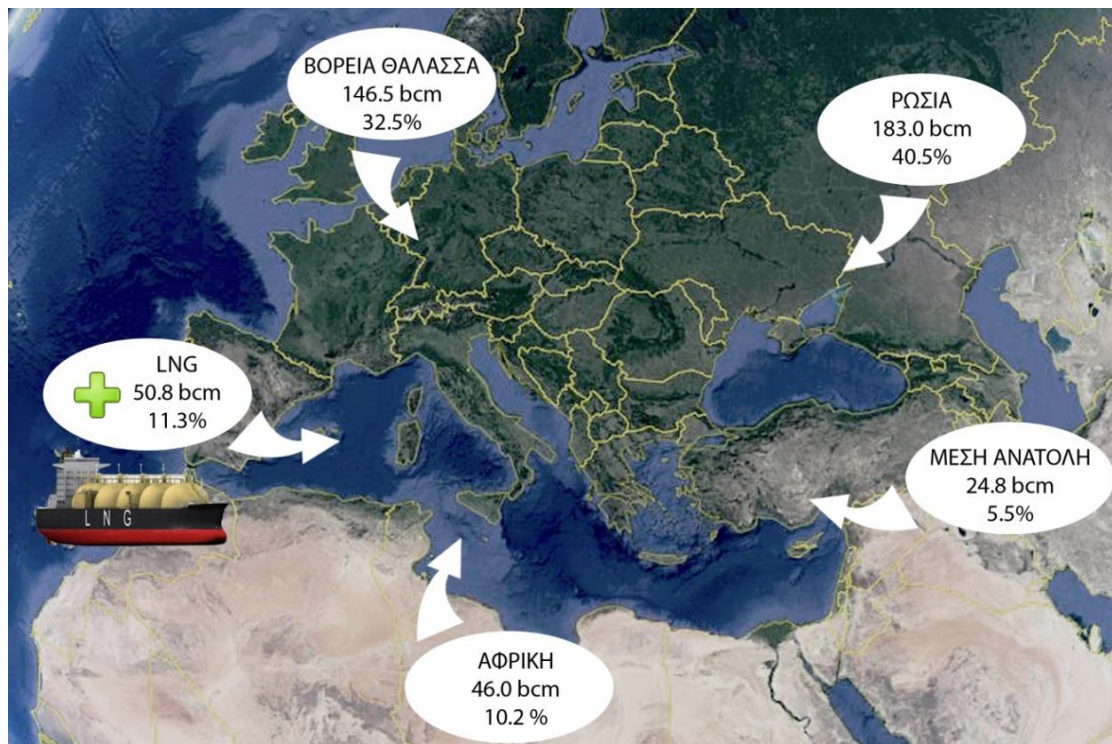
1. Ρωσία 40.5%
2. Βόρεια Θάλασσα 32.5%
3. Αφρική 10.2%
4. Μέση Ανατολή 5.5%

Συνολικά καλύπτουν το 88.7% της ζήτησης φυσικού αερίου της Ευρώπης. Το υπόλοιπο 11.3% καλύπτεται από τις εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αναλυτικότερα, η Ευρώπη

εκτός των 50.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου, εισάγει από τη Ρωσία 183 bcm, από την Αφρική 46 bcm και από τη Μέση Ανατολή 24.8 bcm. Από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας το δίκτυο των αγωγών τροφοδοτείται με 146.5 bcm (Εικόνα 67).

ΡΩΣΙΑ	ΒΟΡ. ΘΑΛΑΣΣΑ	ΑΦΡΙΚΗ	ΜΕΣΗ ΑΝΑΤΟΛΗ
Brotherhood	Cats	Maghreb Europe	South Caucasus
Bluestream	Franpipe	Medgaz	Tabriz - Ankara
Nothern - Lights	Zeepipe	Transmed	
Yamal	Norpipe	Greenstream	
Nordstream I	Europipe I		
	Europipe II		
	Vesterled		

Εικόνα 66. Αγωγοί που τροφοδοτούν το ευρωπαϊκό δίκτυο



Εικόνα 67. Χάρτης της Ευρώπης με τους πέντε βασικούς πόλους που την τροφοδοτούν

4.2.2 Σενάριο 1: Αύξηση της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου

Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάζεται εάν το υφιστάμενο δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου και οι τερματικοί σταθμοί LNG, που ήδη βρίσκονται σε λειτουργία ή είναι υπό κατασκευή στην Ευρώπη, ικανοποιούν την αύξηση της ζήτησης φυσικού αερίου λόγω της περαιτέρω εμπορικής διείσδυσης των οχημάτων φυσικού αερίου στην αγορά καθώς και λόγω της αύξησης της χρήσης φυσικού αερίου στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα.

Η συνολική χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG στην Ευρώπη υπολογίζεται στα 204.3 bcm. Ωστόσο, ήδη βρίσκονται υπό κατασκευή δύο τερματικοί σταθμοί στην Ισπανία, ενώ επίσης συνεχίζεται η δεύτερη αναβάθμιση του σταθμού της Ρεβυθούσας.

Οι δύο σταθμοί στην Ισπανία θα έχουν συνολική χωρητικότητα 2.6 bcm. Συγκεκριμένα, πρόκειται για τους τερματικούς σταθμούς Gran Canaria (Arinaga) και Tenerife (Arico - Granadilla) με χωρητικότητα 1.3 bcm ο καθένας (Εικόνα 68). Η δεύτερη αναβάθμιση του σταθμού της Ρεβυθούσας, αφορά την κατασκευή της τρίτης δεξαμενής φυσικού αερίου, η οποία θα αυξήσει τη συνολική χωρητικότητα του σταθμού σε 7 bcm. Τα παραπάνω έργα, θα αυξήσουν τη συνολική δυναμικότητα των τερματικών σταθμών LNG της Ευρώπης κατά 4.4 bcm φτάνοντας τα 208.7 bcm. Σε αυτό το σενάριο θεωρείται ότι χρησιμοποιείται πλήρως η χωρητικότητα των υπό κατασκευή τερματικών σταθμών LNG, επομένως το υγροποιημένο φυσικό αέριο τροφοδοτεί την Ευρώπη με 59.6 bcm.



Εικόνα 68. Οι υπό κατασκευή τερματικοί σταθμοί LNG Gran Canaria και Tenerife [85]

Η αύξηση της ζήτησης λόγω της ανάπτυξης της εμπορικής διείσδυσης των οχημάτων φυσικού αερίου, υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα κατάσταση και τις προοπτικές χρήσης του φυσικού αερίου στις οδικές μεταφορές. Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 69) φαίνονται τα οχήματα φυσικού αερίου ανά χώρα και το ποσοστό που καταλαμβάνουν στο σύνολο των οχημάτων. Ο μεγαλύτερος αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου εντοπίζεται στην Ιταλία με 1.004.982 οχήματα και στην Βουλγαρία με 69.820 οχήματα. Οι δύο αυτές χώρες κατέχουν και τα υψηλότερα ποσοστά με 2.7% και 2.2% αντίστοιχα. Στη Γερμανία 93.766 οχήματα κινούνται με φυσικό αέριο, ωστόσο το ποσοστό που καταλαμβάνουν στο σύνολο των οχημάτων είναι μόλις 0.2%.

ΧΩΡΑ	ΟΧΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΣΥΝΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ %
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	310	33542448	0.00
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	10	1985130	0.00
ΒΕΛΓΙΟ	10960	5587415	0.20
ΓΑΛΛΙΑ	14,548	32000000	0.05
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	93,766	45071209	0.21
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	570	4593156	0.01
ΙΣΠΑΝΙΑ	8,700	22355549	0.04
ΑΥΣΤΡΙΑ	11,501	4748048	0.24
ΙΤΑΛΙΑ	1,004,982	37351233	2.69
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	335	1087686	0.03
ΣΟΥΗΔΙΑ	55,117	4669063	1.18
ΣΚΟΠΙΑ	54	383833	0.01
ΕΛΛΑΔΑ	2,210	5104908	0.04
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	69,820	3162037	2.21
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	2,000	5153182	0.04
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	6,450	3196856	0.20
ΣΕΡΒΙΑ	838	1833219	0.05
ΒΟΣΝΙΑ	21	828730	0.00
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	2,200	529813	0.42
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	1,893	2037772	0.09
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	4,600	2612922	0.18
ΠΟΛΩΝΙΑ	3,600	20688174	0.02
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	5,000	3037213	0.16
ΕΣΘΟΝΙΑ	1,504	676600	0.22
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	20,000	7400000	0.27
ΤΟΥΡΚΙΑ	3,850	10589337	0.04
ΕΛΒΕΤΙΑ	13,297	4503865	0.30
ΤΣΕΧΙΑ	19,910	5158516	0.39
ΚΡΟΑΤΙΑ	318	1499802	0.02
ΛΕΤΟΝΙΑ	0	679048	0.00
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	343	1244063	0.03

Εικόνα 69. Αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και το μερίδιό τους στο συνολικό στόλο οχημάτων [86, 87]

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης φυσικού αερίου στις οδικές μεταφορές η μέση κατανάλωση των οχημάτων φυσικού αερίου θεωρήθηκε 5.6 kg/100km και η μέση απόσταση που διανύει ένα όχημα στην Ευρώπη σε ένα έτος 12.000 km. [88] Εκτιμώντας ένα ποσοστό 10% επί του συνολικού στόλου των οχημάτων να καλυφθεί από τα οχήματα φυσικού αερίου, η συνολική κατανάλωση υπολογίστηκε στα 14.7 bcm (Εικόνα 70). Η παραπάνω ποσότητα, συμφωνεί με την κατανάλωση που προβλέπουν οι μελέτες της Eurogas (Eurogas Scenario Study

with PRIMES) και της Energy Information Administration (International Energy Outlook 2016). [89,90]

ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (bcm)
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	3354245	1.80
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	198513	0.11
ΒΕΛΓΙΟ	558742	0.30
ΓΑΛΛΙΑ	3200000	1.72
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	4507121	2.42
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	459316	0.25
ΙΣΠΑΝΙΑ	2235555	1.20
ΑΥΣΤΡΙΑ	474805	0.26
ΙΤΑΛΙΑ	3735123	2.01
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	108769	0.06
ΣΟΥΗΔΙΑ	466906	0.25
ΣΚΟΠΙΑ	38383	0.02
ΕΛΛΑΔΑ	510491	0.27
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	316204	0.17
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	515318	0.28
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	319686	0.17
ΣΕΡΒΙΑ	183322	0.10
ΒΟΣΝΙΑ	82873	0.04
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	52981	0.03
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	203777	0.11
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	261292	0.14
ΠΟΛΩΝΙΑ	2068817	1.11
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	303721	0.16
ΕΣΘΟΝΙΑ	67660	0.04
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	740000	0.40
ΤΟΥΡΚΙΑ	1058934	0.57
ΕΛΒΕΤΙΑ	450387	0.24
ΤΣΕΧΙΑ	515852	0.28
ΚΡΟΑΤΙΑ	149980	0.08
ΛΕΤΟΝΙΑ	67905	0.04
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	124406	0.07

Εικόνα 70. Αριθμός οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε bcm

Για την περαιτέρω αύξηση του μεριδίου του φυσικού αερίου σε κάθε χώρα και κατ' επέκταση στην συνολική κατανάλωση ενέργειας της Ευρώπης χρησιμοποιούνται τρεις δείκτες.

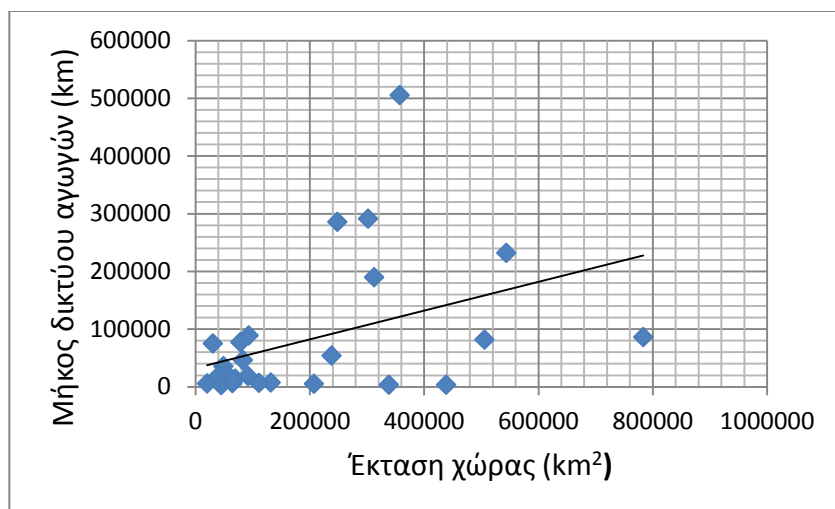
Ο πρώτος δείκτης είναι ο δείκτης πυκνότητας του δικτύου των αγωγών φυσικού αερίου και υπολογίζεται ως εξής:

Δείκτης πυκνότητας του δικτύου = Συνολικό μήκος του δικτύου αγωγών (σε km) / συνολική έκταση της χώρας (σε km²)

Αυτός ο δείκτης εκφράζει την πληρότητα του δικτύου αγωγών κάθε χώρας. Έχει ως αριθμητή το συνολικό μήκος του δικτύου αγωγών της χώρας σε χιλιόμετρα και ως παρανομαστή την συνολική έκταση της χώρας. Επομένως, όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο δείκτης τόσο πιο πλήρες θεωρείται το δίκτυο αγωγών της χώρας. Αντίθετα, όσο μικρότερος είναι αυτός ο δείκτης, το δίκτυο αγωγών έχει προοπτικές να αναπτυχθεί και έτσι να αυξηθεί ο αριθμός των καταναλωτών που εξυπηρετεί.

ΧΩΡΑ	Συνολικό μήκος αγωγών (km)	Έκταση χώρας (km ²)	Δείκτης πυκνότητας δικτύου
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	285600	248500	1.15
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	13685	69800	0.20
ΒΕΛΓΙΟ	74795	30500	2.45
ΓΑΛΛΙΑ	232094	543940	0.43
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	505000	357300	1.41
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	18505	92200	0.20
ΙΣΠΑΝΙΑ	81807	506000	0.16
ΑΥΣΤΡΙΑ	46000	82900	0.55
ΙΤΑΛΙΑ	291038	302100	0.96
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	5515	20300	0.27
ΣΟΥΗΔΙΑ	3449	438600	0.01
ΕΛΛΑΔΑ	7392	132000	0.06
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	6710	111000	0.06
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	53666	238400	0.23
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	89004	93000	0.96
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	35595	49000	0.73
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	3299	338400	0.01
ΠΟΛΩΝΙΑ	189949	312700	0.61
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	5250	207600	0.03
ΕΣΘΟΝΙΑ	2880	45200	0.06
ΤΟΥΡΚΙΑ	85746	783400	0.11
ΕΛΒΕΤΙΑ	19474	41300	0.47
ΤΣΕΧΙΑ	76910	78900	0.97
ΚΡΟΑΤΙΑ	20310	56500	0.36
ΛΕΤΟΝΙΑ	6206	64600	0.10
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	10507	65300	0.16

Εικόνα 71. Δείκτης πυκνότητας δικτύου



Εικόνα 72. Δείκτης πυκνότητας δικτύου

Ο δεύτερος δείκτης είναι ο δείκτης διείσδυσης του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα και υπολογίζεται ως εξής:

Δείκτης διείσδυσης φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα = Κατανάλωση φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα (σε bcm) / συνολικές ενεργειακές ανάγκες οικιακού τομέα (σε bcm)

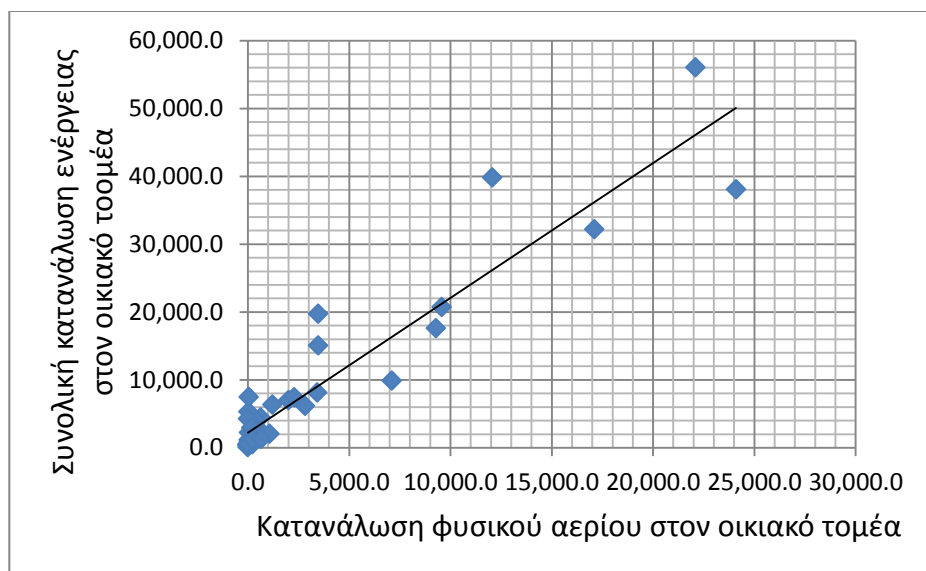
Ο τρίτος δείκτης είναι αντίστοιχος με τον δεύτερο, αλλά αφορά τον βιομηχανικό τομέα. Είναι ο δείκτης διείσδυσης φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα και υπολογίζεται ως εξής:

Δείκτης διείσδυσης φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα = Κατανάλωση φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα (σε bcm) / συνολικές ενεργειακές ανάγκες βιομηχανικού τομέα (σε bcm)

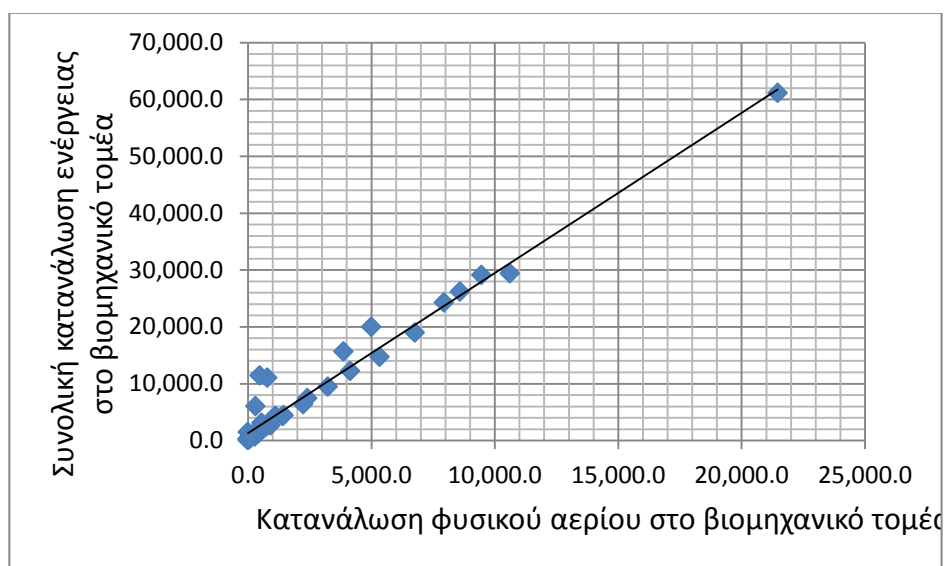
Οι δύο τελευταίοι δείκτες εκφράζουν το ποσοστό χρήσης του φυσικού αερίου στον αντίστοιχο τομέα κατανάλωσης ενέργειας.

ΧΩΡΑ	Ποσοστό διείσδυσης στον οικιακό τομέα	Ποσοστό διείσδυσης στο βιομηχανικό τομέα
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	0.63	0.33
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	0.21	0.31
ΒΕΛΓΙΟ	0.42	0.34
ΓΑΛΛΙΑ	0.30	0.36
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0.39	0.35
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	0.10	0.26
ΙΣΠΑΝΙΑ	0.23	0.36
ΑΥΣΤΡΙΑ	0.19	0.34
ΙΤΑΛΙΑ	0.53	0.33
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0.10	0.33
ΣΟΥΗΔΙΑ	0.00	0.04
ΣΚΟΠΙΑ	0.00	0.08
ΕΛΛΑΔΑ	0.08	0.18
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	0.03	0.35
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	0.31	0.36
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	0.46	0.33
ΣΕΡΒΙΑ	0.06	0.21
ΒΟΣΝΙΑ	0.03	0.19
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	0.17	0.28
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	0.53	0.32
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	0.01	0.07
ΠΟΛΩΝΙΑ	0.18	0.25
ΕΣΘΟΝΙΑ	0.06	0.23
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	0.53	0.25
ΤΟΥΡΚΙΑ	0.46	0.33
ΤΣΕΧΙΑ	0.29	0.32
ΚΡΟΑΤΙΑ	0.19	0.33
ΛΕΤΟΝΙΑ	0.09	0.14
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	0.10	0.29

Εικόνα 73. Δείκτες ποσοστού διείσδυσης σε οικιακό και βιομηχανικό τομέα [91]



Εικόνα 74. Δείκτης ποσοστού διείσδυσης στον οικιακό τομέα



Εικόνα 75. Δείκτης ποσοστού διείσδυσης στο βιομηχανικό τομέα

ΧΩΡΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ Φ.Α ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΚΑΘΑΡΗ ΖΗΤΗΣΗ	ΝΕΑ ΚΑΘΑΡΗ ΖΗΤΗΣΗ	ΑΥΞΗΣΗ (bcm)
ΗΝ.ΒΑΣΙΛΕΙΟ	0.37	-37.6	-41.0	3.4
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	0.29	-4.3	-5.3	1.0
ΒΕΛΓΙΟ	0.25	-17.3	-20.9	3.6
ΓΑΛΛΙΑ	0.15	-43.3	-56.2	12.9
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	0.22	-85.5	-96.4	10.9
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	0.18	-6.3	-8.5	2.2
ΙΣΠΑΝΙΑ	0.20	-31.3	-38.2	6.9
ΑΥΣΤΡΙΑ	0.21	-8.2	-11.6	3.4
ΙΤΑΛΙΑ	0.38	-69.6	-74.2	4.6
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0.10	-0.9	-1.3	0.4
ΣΟΥΗΔΙΑ	0.02	-0.8	-4.8	4.0
ΣΚΟΠΙΑ	0.07	-0.3	-0.5	0.2
ΕΛΛΑΔΑ	0.14	-5	-6.9	1.9
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	0.15	-3.1	-4.2	1.1
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	0.28	-1.6	-1.7	0.1
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	0.31	-8.6	-9.6	1.0
ΣΕΡΒΙΑ	0.12	-2.5	-3.0	0.5
ΒΟΣΝΙΑ	0.03	-0.9	-1.6	0.7
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	0.31	-3.5	-3.9	0.4
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	0.24	-4.6	-5.8	1.2
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	0.06	-2.3	-3.9	1.6
ΠΟΛΩΝΙΑ	0.15	-14.7	-20.1	5.4
ΕΣΘΟΝΙΑ	0.07	-0.5	-0.7	0.2
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	0.28	-10.4	-10.4	
ΤΟΥΡΚΙΑ	0.27	-53.2	-58.3	5.1
ΤΣΕΧΙΑ	0.17	-8.5	-10.1	1.6
ΚΡΟΑΤΙΑ	0.25	-1.6	-1.9	0.3
ΛΕΤΟΝΙΑ	0.25	-1.3	-1.5	0.2
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	0.26	-2.3	-2.6	0.3

Εικόνα 76. Αύξηση ζήτησης ανά χώρα

4.2.3 Σενάριο 2: Αύξηση της χρήσης του υδροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές

Στο συγκεκριμένο σενάριο εξετάζεται η μεταφορά φυσικού αερίου και LNG μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των τερματικών σταθμών που βρίσκονται υπό σχεδιασμό στην

Ευρώπη. Εκτός των υφιστάμενων και υπό κατασκευή τερματικών σταθμών LNG, βρίσκονται υπό σχεδιασμό 13 ακόμα τερματικοί σταθμοί. Οι νέοι τερματικοί σταθμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου θα αυξήσουν την δυναμικότητα των εγκαταστάσεων LNG της Ευρώπης κατά 62.6 bcm φτάνοντας συνολικά τα 271.55 bcm. (Εικόνα 77)

ΧΩΡΑ	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΥΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΙΣΠΑΝΙΑ	68.9	2.6	0
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	7.6	0	0
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	42.7	0.05	9.2
ΓΑΛΛΙΑ	34.65	0	0
ΒΕΛΓΙΟ	9	0	0
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	12	0	0
ΠΟΛΩΝΙΑ	5	0	8.2
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	4	0	0
ΙΤΑΛΙΑ	15.25	0	8
ΕΛΛΑΔΑ	5.2	2	6.1
ΚΡΟΑΤΙΑ	0	0	8.6
ΕΣΘΟΝΙΑ	0	0	4.5
ΛΕΤΟΝΙΑ	0	0	5
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	0	0	8
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	0	0	5
ΣΥΝΟΛΟ	204.3	4.65	62.6

Εικόνα 77. Χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG σε λειτουργία, υπό κατασκευή και υπό σχεδιασμό ανά χώρα σε bcm

ΧΩΡΑ	ΟΝΟΜΑ ΕΡΓΟΥ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (bcm)
ΚΡΟΑΤΙΑ	Krk Island	8.6
ΕΣΘΟΝΙΑ	Muuga (Tallinn) LNG terminal	2
ΕΣΘΟΝΙΑ	Paldiski LNG terminal	2.5
ΕΛΛΑΔΑ	Alexandroupolis LNG terminal	6.1
ΙΤΑΛΙΑ	Porto Empedocle (Sicilia) LNG terminal	8
ΛΕΤΟΝΙΑ	Skulte LNG terminal	5
ΠΟΛΩΝΙΑ	FSRU Polish Baltic sea coast	8.2
ΤΟΥΡΚΙΑ	FSRU Iskenderun	7.3
ΤΟΥΡΚΙΑ	FSRU Gulf of Saros	7.3
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Port Meridian LNG terminal	5
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Trafigura Teeside LNG terminal	4.2
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	Constanta LNG terminal	8
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	Odessa LNG terminal	5

Εικόνα 78. Οι υπό σχεδιασμό τερματικοί σταθμοί LNG

Εάν θεωρηθεί ότι όλοι οι υπό σχεδιασμό τερματικοί σταθμοί θα λειτουργούν χρησιμοποιώντας πλήρως την χωρητικότητά τους, τότε μαζί με τους τερματικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στο προηγούμενο σενάριο θα τροφοδοτούσαν την Ευρώπη με 136.8 bcm. Η χωρητικότητα όμως των αγωγών φυσικού αερίου δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη πλήρη εκμετάλλευση της δυναμικότητας όλων των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG. Πιο συγκεκριμένα η Κροατία, η Λετονία και η Εσθονία δεν έχουν τους κατάλληλους αγωγούς για να μεταφέρουν τις ποσότητες που θα παραλαμβάνουν εάν χρησιμοποιηθεί η μέγιστη χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG που βρίσκονται στα λιμάνια τους. Για αυτό τον λόγο, σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η ταυτόχρονη λειτουργία όλων των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG με πλήρη εκμετάλλευση της δυναμικότητάς τους, εκτός από τους τερματικούς σταθμούς LNG που βρίσκονται στις τρεις παραπάνω χώρες, όπου χρησιμοποιείται τόση χωρητικότητα όση μπορούν να μεταφέρουν μέσω των αγωγών τους. Επομένως, στην Κροατία χρησιμοποιείται το 65,3%, στην Λετονία το 25% και στην Εσθονία το 10% της χωρητικότητας. Συνολικά το υγροποιημένο φυσικό αέριο τροφοδοτεί την Ευρώπη με 144.9 bcm. Η καθαρή ζήτηση των χωρών της Ευρώπης αυξάνεται λόγω της αύξησης της χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές καθώς και στον τομέα της ναυτιλίας.

Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται συνολικά 13.048.717 μεσαία και βαρέα οχήματα για τις οδικές εμπορευματικές μεταφορές. Τα ποσοστά αυτής της κατηγορίας οχημάτων ως προς το σύνολο των οχημάτων κάθε χώρας είναι από 1% έως 5%. Τα περισσότερα οχήματα χρησιμοποιούν ως καύσιμο για την κίνησή τους το ντίζελ και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (0,3% κατά μέσο όρο), χρησιμοποιεί υγροποιημένο φυσικό αέριο. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης φυσικού

αερίου, θεωρήθηκε ως μέση κατανάλωση τα 28kg /100km και η μέση ετήσια απόσταση που διανύει κάθε όχημα σε 120.000km. Εκτιμώντας ένα ποσοστό 5% επί του συνολικού στόλου των μεσαίων και βαρέων οχημάτων να καλυφθεί από τα οχήματα υδροποιημένου φυσικού αερίου, η συνολική κατανάλωση υπολογίστηκε στα 12.26 bcm.

ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΣΑΙΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ %
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	581645	33542448	1.73
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	30932	1985130	1.56
ΒΕΛΓΙΟ	143697	5587415	2.57
ΓΑΛΛΙΑ	567,000	32000000	1.77
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	902,718	45071209	2.00
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	119000	4593156	2.59
ΙΣΠΑΝΙΑ	526,559	22355549	2.36
ΑΥΣΤΡΙΑ	68,860	4748048	1.45
ΙΤΑΛΙΑ	918,258	37351233	2.46
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	32445	1087686	2.98
ΣΟΥΗΔΙΑ	80,046	4669063	1.71
ΣΚΟΠΙΑ	19105	383833	4.98
ΕΛΛΑΔΑ	233,159	5104908	4.57
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	157,036	3162037	4.97
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	218,728	5153182	4.24
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	86,831	3196856	2.72
ΣΕΡΒΙΑ	90065	1833219	4.91
ΒΟΣΝΙΑ	38823	828730	4.68
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	25,026	529813	4.72
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	94,611	2037772	4.64
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	95,233	2612922	3.64
ΠΟΛΩΝΙΑ	980,201	20688174	4.74
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	157,326	3037213	5.18
ΕΣΘΟΝΙΑ	35,455	676600	5.24
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	1733506	12764600	13.43
ΤΟΥΡΚΙΑ	804,319	10589337	7.60
ΕΛΒΕΤΙΑ	60,076	4503865	1.33
ΤΣΕΧΙΑ	196,816	5158516	3.82
ΚΡΟΑΤΙΑ	45757	1499802	3.05
ΛΕΤΟΝΙΑ	32908	679048	4.85
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	50089	1244063	4.03

Εικόνα 79. Αριθμός μεσαίων και βαρέων οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και το μερίδιό τους στο συνολικό στόλο οχημάτων [92]

ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (bcm)
ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	29082	0.78
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	1547	0.04
ΒΕΛΓΙΟ	7185	0.19
ΓΑΛΛΙΑ	28350	0.76
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	45136	1.21
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	5950	0.16
ΙΣΠΑΝΙΑ	26328	0.71
ΑΥΣΤΡΙΑ	3443	0.09
ΙΤΑΛΙΑ	45913	1.23
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	1622	0.04
ΣΟΥΗΔΙΑ	4002	0.11
ΣΚΟΠΙΑ	955	0.03
ΕΛΛΑΔΑ	11658	0.31
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	7852	0.21
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	10936	0.29
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	4342	0.12
ΣΕΡΒΙΑ	4503	0.12
ΒΟΣΝΙΑ	1941	0.05
ΜΟΛΔΑΒΙΑ	1251	0.03
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	4731	0.13
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	4762	0.13
ΠΟΛΩΝΙΑ	49010	1.32
ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	7866	0.21
ΕΣΘΟΝΙΑ	1773	0.05
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	86675	2.33
ΤΟΥΡΚΙΑ	40216	1.08
ΕΛΒΕΤΙΑ	3004	0.08
ΤΣΕΧΙΑ	9841	0.26
ΚΡΟΑΤΙΑ	2288	0.06
ΛΕΤΟΝΙΑ	1645	0.04
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	2504	0.07

Εικόνα 80. Αριθμός μεσαίων και βαρέων οχημάτων φυσικού αερίου ανά χώρα και οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε bcm

Στον τομέα της ναυτιλίας, υπάρχει 121 σκάφη, τα οποία χρησιμοποιούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο για την κίνησή τους. Ωστόσο, βρίσκονται ήδη υπό κατασκευή 135 σκάφη, τα οποία θα αυξήσουν τον αριθμό των πλοίων που κινούνται με LNG στα 256 πλοία. Το

μερίδιο των παραδιδόμενων πλοίων LNG αυξήθηκε από 1,4% το 2010 σε 5,7% το 2017. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 13,5% για τα σκάφη που παραγγέλθηκαν και πρόκειται να παραδοθούν από το 2018 και μετά. Μετά την παράδοση και των υπό κατασκευή πλοίων, η συνολική ετήσια κατανάλωσή τους, υπολογίζεται από 1.7 bcm έως 4.2 bcm. Ο συνολικός αριθμός των πλοίων του εμπορικού στόλου της Ευρώπης είναι 18.735 πλοία.

ΧΩΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΟΙΩΝ
ΗΝ.ΒΑΣΙΛΕΙΟ	1363
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	124
ΒΕΛΓΙΟ	272
ΓΑΛΛΙΑ	859
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2869
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	47
ΙΣΠΑΝΙΑ	217
ΑΥΣΤΡΙΑ	13
ΙΤΑΛΙΑ	746
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	11
ΣΟΥΗΔΙΑ	289
ΕΛΛΑΔΑ	4371
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	79
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	93
ΣΕΡΒΙΑ	4
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	144
ΠΟΛΩΝΙΑ	128
ΕΣΘΟΝΙΑ	83
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	371
ΤΟΥΡΚΙΑ	1522
ΕΛΒΕΤΙΑ	412
ΚΡΟΑΤΙΑ	89
ΛΕΤΟΝΙΑ	62
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	49
ΔΑΝΙΑ	944
ΚΥΠΡΟΣ	295
ΜΑΛΤΑ	69
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	1228
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	1982

Εικόνα 81. Αριθμός εμπορικών πλοίων ανά χώρα [93]

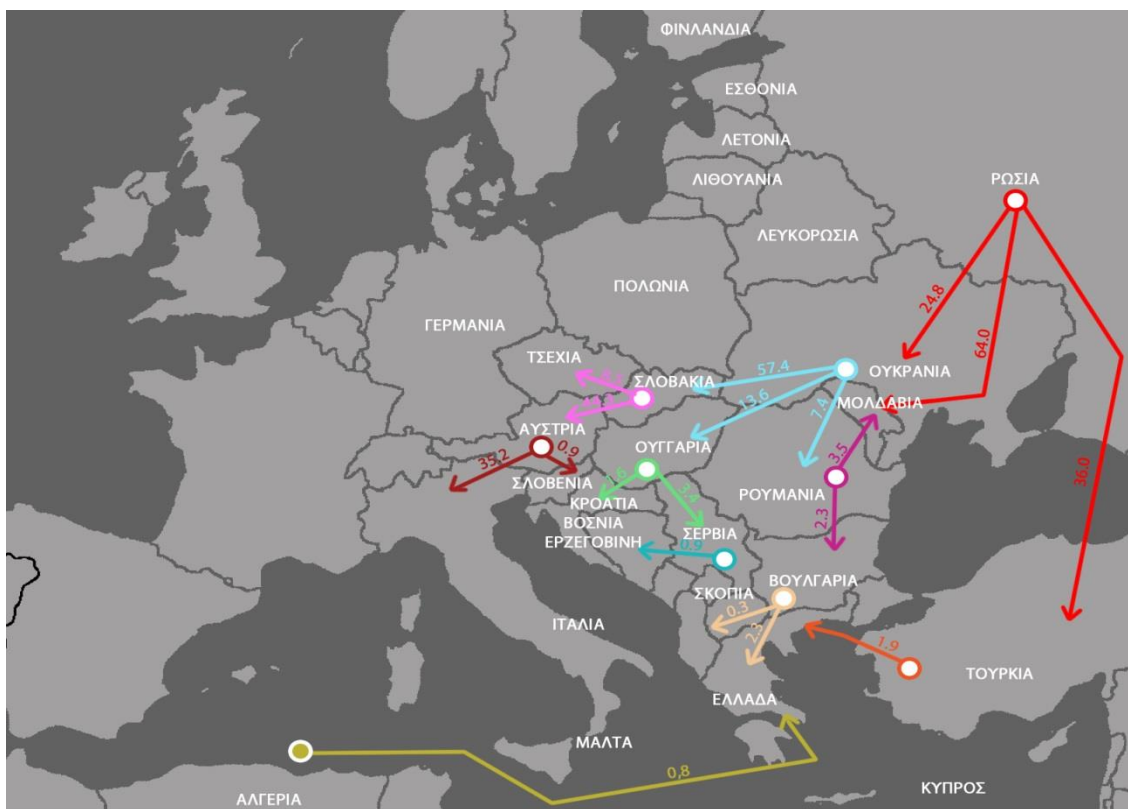
Ο ελληνικός εμπορικός στόλος κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη με 4.371 πλοία. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης των πλοίων που κινούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο, θεωρήθηκε μέση ετήσια κατανάλωση πλοίου 45 tons/day και κίνηση του πλοίου 280 ημέρες τον χρόνο, δηλαδή 0.014 bcm. Εκτιμώντας ένα ποσοστό 10% επί του συνολικού εμπορικού στόλου των ευρωπαϊκών χωρών να καλυφθεί από τα πλοία υγροποιημένου φυσικού αερίου, η συνολική ετήσι κατανάλωση υπολογίστηκε στα 26.23 bcm.

4.3 Επίλυση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

4.3.1 Σενάριο 0: Υφιστάμενη κατάσταση

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο τροφοδοτεί την Ευρώπη με 50.8 bcm, καλύπτοντας το 11.3% της συνολικής ζήτησης της Ευρώπης. Οι χώρες παραγωγής φυσικού αερίου τροφοδοτούν το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου με 400.3 bcm. Η Ευρώπη εισάγει από την Αφρική 46 bcm και από τη Μέση Ανατολή 24.8 bcm. Από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας το δίκτυο των αγωγών τροφοδοτείται με 146.5 bcm. Το 40.5% της ζήτησής της καλύπτεται, εισάγοντας 183 bcm φυσικού αερίου από τη Ρωσία. Τα 88.8 bcm από αυτά, εισάγονται μέσω των αγωγών που ξεκινούν από τη Ρωσία και καταλήγουν στην Ουκρανία, η οποία στη συνέχεια τροφοδοτεί τις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Αναλυτικότερα, η Ουκρανία τροφοδοτείται με 64 bcm από τον αγωγό Brotherhood (αγωγός 47 του δικτύου μας) και με 24.7 bcm μέσω του αγωγού Northern Lights (αγωγός 58 του δικτύου μας). Τα υπόλοιπα 96.5 bcm εισάγονται στην Ευρώπη μέσω των αγωγών Blue Stream 36 bcm (αγωγός 55), Yamal 34.3 bcm (αγωγός 61), Gryazovets-Vyborg 2.3 bcm (αγωγός 64) και Nord Stream 23.9 bcm (αγωγός 85).

Η Ουκρανία έχει καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου 10.4 bcm και τροφοδοτεί με το ρώσικο φυσικό αέριο τις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Συγκεκριμένα, τροφοδοτεί την Σλοβακία με 57.4 bcm μέσω του αγωγού 44, την Ουγγαρία με 13,6 bcm μέσω του αγωγού 67 και τη Ρουμανία με 7.4 bcm μέσω του αγωγού 37. Η Σλοβακία από τα 57.4 bcm που τροφοδοτείται από την Ουκρανία, τροφοδοτεί την Αυστρία με 44.3 bcm μέσω του αγωγού 90 και την Τσεχία με 8.5 bcm καλύπτοντας την ζήτησή της σε φυσικό αέριο μέσω του αγωγού 39. Η Ουγγαρία έχει καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου 8.6 bcm και καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από τα 13.6 bcm που την τροφοδοτεί η Ουκρανία. Με τα υπόλοιπα 5 bcm τροφοδοτεί την Σερβία με 3.4 bcm μέσω του αγωγού 32 και καλύπτει την ζήτηση της Κροατίας με 1.6 bcm μέσω του αγωγού 84. Η Ρουμανία τροφοδοτεί τη Βουλγαρία με 2.3 bcm μέσω του αγωγού 26 και καλύπτει εξ' ολοκλήρου την ζήτησή της Μολδαβίας με 3.5 bcm μέσω του αγωγού 35. Η Αυστρία καλύπτει τη ζήτησή της από το φυσικό αέριο που προμηθεύεται από Σλοβακία και τροφοδοτεί την Ιταλία με 35.2 bcm μέσω του αγωγού 19 και καλύπτει τη ζήτηση της Σλοβενίας με 0.9 bcm μέσω του αγωγού 20. Η Σερβία καλύπτει τα 2.5 bcm της ζήτησής της με το αέριο που τροφοδοτείται από την Ουγγαρία, με τα υπόλοιπα 0.9 bcm τροφοδοτεί τη Βοσνία, η οποία καλύπτει και αυτή τη ζήτησή της. Η Ελλάδα έχει καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου 5 bcm. Τροφοδοτείται με 2.3 bcm ρώσικου φυσικού αερίου από την Βουλγαρία μέσω του αγωγού 26 και με 1.9 bcm από την Τουρκία μέσω του αγωγού 79. Από τον τερματικό σταθμό στη Ρεβυθούσα εισάγει 0.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλγερία.



Εικόνα 82. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης

ΧΩΡΕΣ ΠΡΟΣ:	ΑΠΟ:															
	ΕΛΛΑΔΑ	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	ΒΟΣΝΙΑ	ΣΕΡΒΙΑ	ΤΣΕΧΙΑ	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	ΣΚΟΠΙΑ	ΜΟΛΔΑΒΙΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΚΡΟΑΤΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΣΛΟΒΕΝΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ			2.3									1.9				
ΡΟΥΜΑΝΙΑ									7.4							
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ		2.3														
ΟΥΓΓΑΡΙΑ									13.6							
ΒΟΣΝΙΑ						0.9										
ΣΕΡΒΙΑ				3.4												
ΤΣΕΧΙΑ								8.5								
ΣΛΟΒΑΚΙΑ									57.4							
ΟΥΚΡΑΝΙΑ																
ΣΚΟΠΙΑ			0.3													
ΜΟΛΔΑΒΙΑ		3.5														
ΤΟΥΡΚΙΑ																
ΚΡΟΑΤΙΑ				1.6												
ΑΥΣΤΡΙΑ								44.3								
ΙΤΑΛΙΑ														35.2		
ΣΛΟΒΕΝΙΑ														0.9		
ΓΕΡΜΑΝΙΑ																

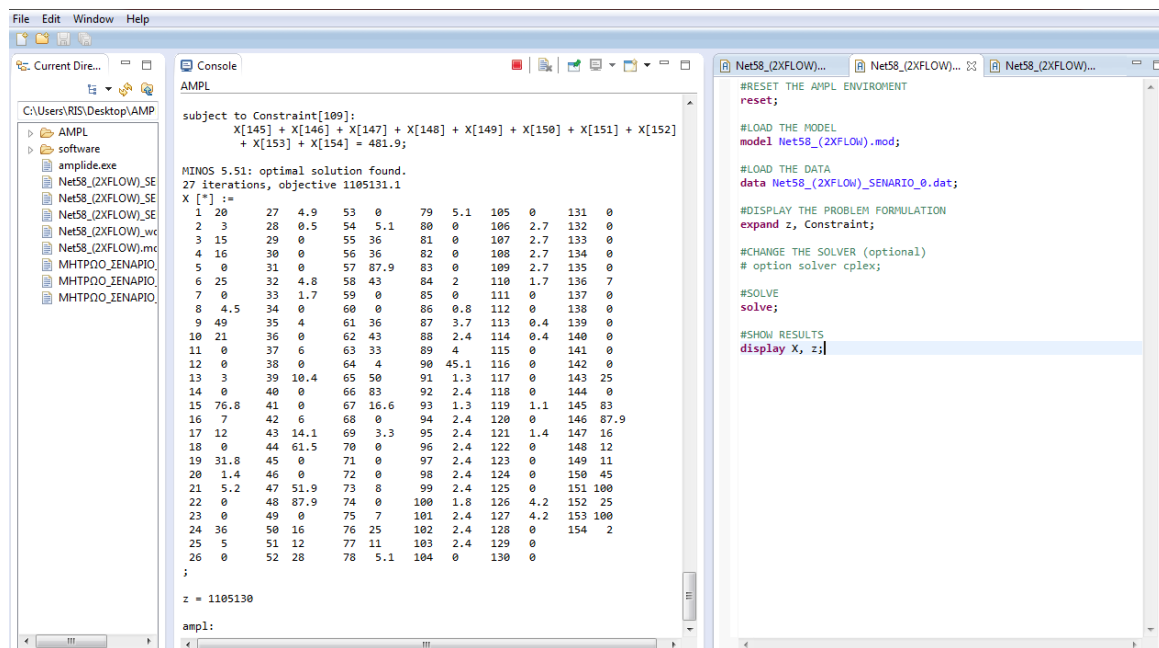
Εικόνα 83. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο υφιστάμενης κατάστασης)

4.3.2 Σενάριο 1: Αύξηση της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου

Το υδροποιημένο φυσικό αέριο τροφοδοτεί την Ευρώπη με 59.6 bcm λόγω της πλήρους εκμετάλλευσης της δυναμικότητας των υπό κατασκευή τερματικών σταθμών LNG στην Ισπανία και στην Ελλάδα μετά την ολοκλήρωση της κατασκευή της τρίτης δεξαμενής φυσικού αερίου στη Ρεβουθούσα. Οι εισαγωγές LNG καλύπτουν το 11% της συνολικής ζήτησης της Ευρώπης. Οι χώρες παραγωγής φυσικού αερίου τροφοδοτούν το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου με 481.9 bcm. Η Ευρώπη εισάγει από τη Ρωσία 170.9 bcm, από την Αφρική 56 bcm και από τη Μέση Ανατολή 28 bcm. Από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας το δίκτυο των αγωγών τροφοδοτείται με 227 bc

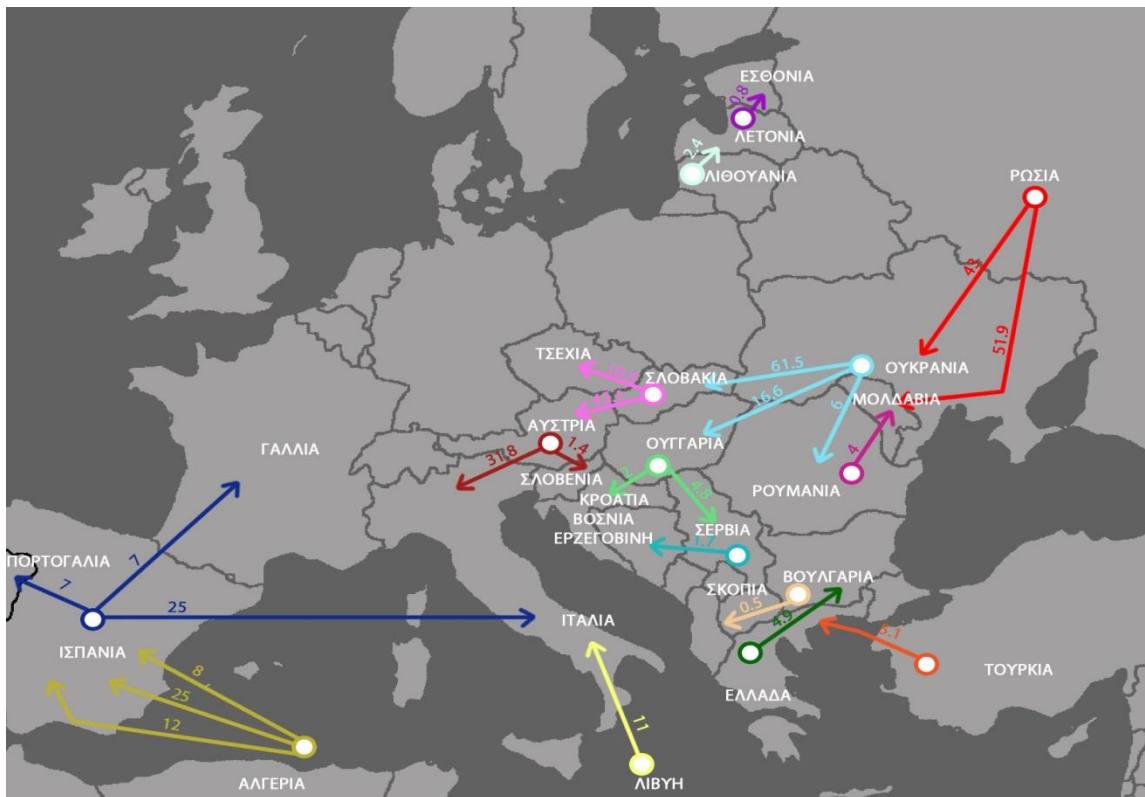
Η Ελλάδα έχει καθαρή ζήτηση φυσικού αερίου 7.2 bcm. Από το σταθμό της Ρεβουθούσας εισάγονται στην Ελλάδα 7 bcm υδροποιημένου φυσικού αερίου. Ωστόσο, τροφοδοτείται με 5.1 bcm ρώσικου φυσικού αερίου μέσω της Τουρκίας (αγωγός 79), με τα οποία καλύπτει τη ζήτηση της Βουλγαρίας με 4.9 bcm. Από αυτή την ποσότητα τροφοδοτούνται και τα Σκόπια με 0.5 bcm μέσω του αγωγού που συνδέει Βουλγαρία – Σκόπια (αγωγός 28).

Η Ισπανία εισάγει συνολικά 19.4 bcm υδροποιημένου φυσικού αερίου από τους 9 τερματικούς σταθμούς LNG που διαθέτει, καλύπτοντας έτσι το 49.2% της καθαρής ζήτησής της. Η υπόλοιπη ζήτησή της καλύπτεται μέσω των αγωγών που την συνδέουν με την Αλγερία. Συγκεκριμένα, τροφοδοτείται με 25 bcm μέσω του αγωγού Transmed (αγωγός 76), με 12 bcm μέσω του αγωγού Maghreb (αγωγός 17) και με 8 bcm μέσω του αγωγού Medgaz (αγωγός 73). Από τις παραπάνω ποσότητες φυσικού αερίου, η Ισπανία τροφοδοτεί την Ιταλία με 25 bcm μέσω του αγωγού 143, την Πορτογαλία με 7 bcm μέσω του αγωγού 16 και την Γαλλία με 7 bcm μέσω του αγωγού 75.



Εικόνα 84. Αποτελέσματα του μοντέλου για το σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου

Μέσω της Ουκρανίας τροφοδοτούνται με ρώσικο φυσικό αέριο οι χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Η Ουκρανία εισάγει από τη Ρωσία 43 bcm μέσω του αγωγού Northern-Lights (αγωγός 58) και 51.9 bcm μέσω του αγωγού Brotherhood (αγωγός 47). Από τις παραπάνω ποσότητες ρώσικου φυσικού αερίου, τροφοδοτεί με 61.5 bcm την Σλοβακία μέσω του αγωγού 44, με 16.6 bcm την Ουγγαρία μέσω του αγωγού 67 και με 6 bcm την Ρουμανία μέσω του αγωγού 37. Η Ρουμανία καλύπτει τα 2 bcm της καθαρής ζήτησής της με το φυσικό αέριο που τροφοδοτείται από την Ουκρανία και τροφοδοτεί τη Μολδαβία με 4 bcm μέσω του αγωγού 35. Η Ουγγαρία τροφοδοτεί την Σερβία και την Κροατία, καλύπτοντας τη ζήτηση των δύο χωρών με 4.8 bcm μέσω του αγωγού 32 και με 2 bcm μέσω του αγωγού 84 αντίστοιχα. Η Σερβία καλύπτει τη ζήτηση της Βοσνίας με 1.7 bcm μέσω του αγωγού 33 και η Σλοβακία τη ζήτηση της Τσεχίας με 10.4 bcm μέσω του αγωγού 39.



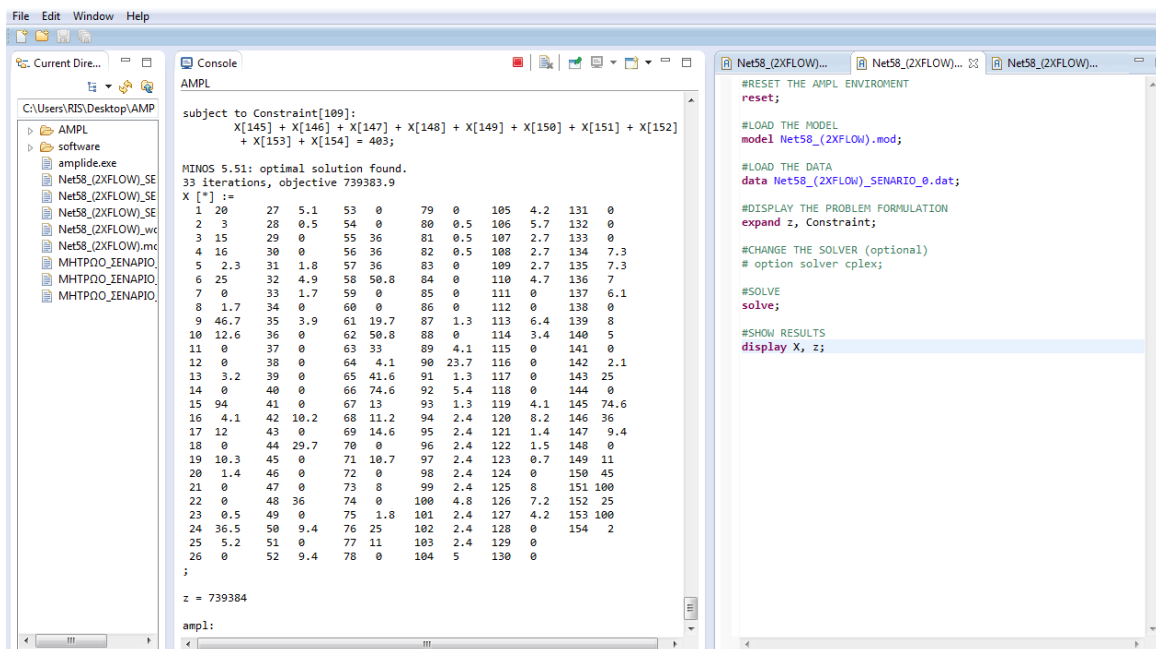
Εικόνα 85. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης (σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου)

ΧΩΡΕΣ ΠΡΟΣ:	ΑΠΟ:	ΕΛΛΑΔΑ	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	ΒΟΣΝΙΑ	ΣΕΡΒΙΑ	ΤΣΕΧΙΑ	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	ΣΚΟΠΙΑ	ΜΟΛΔΑΒΙΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΚΡΟΑΤΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ													5.1					
ΡΟΥΜΑΝΙΑ										6								
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	4.9																	
ΟΥΓΓΑΡΙΑ									16.6									
ΒΟΣΝΙΑ						1.7												
ΣΕΡΒΙΑ				4.8														
ΤΣΕΧΙΑ								10.4										
ΣΛΟΒΑΚΙΑ									61.5									
ΟΥΚΡΑΝΙΑ																		
ΣΚΟΠΙΑ			0.5															
ΜΟΛΔΑΒΙΑ		4.0																
ΤΟΥΡΚΙΑ																		
ΚΡΟΑΤΙΑ				2.0														
ΑΥΣΤΡΙΑ								45.1										
ΙΤΑΛΙΑ	3.7													31.8				
ΣΛΟΒΕΝΙΑ														1.4				
ΓΕΡΜΑΝΙΑ																		

Εικόνα 86. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο αύξησης της ζήτησης λόγω ανάπτυξης της αγοράς οχημάτων φυσικού αερίου)

4.3.3 Σενάριο 2: Αύξηση της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο, μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG τροφοδοτεί την Ευρώπη με 150 bcm και καλύπτει το 27.1% της συνολικής καθαρής ζήτησης όλων των χωρών. Οι χώρες παραγωγής φυσικού αερίου τροφοδοτούν το δίκτυο αγωγών με 403 bcm. Η Ευρώπη εισάγει από τη Ρωσία 110.6 bcm, από την Αφρική 56 bcm και από τη Μέση Ανατολή 9.4 bcm. Από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας το δίκτυο των αγωγών τροφοδοτείται με 227 bcm.



Εικόνα 87. Αποτελέσματα του μοντέλου για το σενάριο αύξησης της χρήσης του υδροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές

Οι χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης, εισάγουν 42.7 bcm υδροποιημένου φυσικού αερίου και 25.3 bcm ρώσικου φυσικού αερίου μέσω της Ουκρανίας. Η Ουκρανία εκτός των 5 bcm που εισάγει από τη λειτουργία του νέου τερματικού σταθμού LNG στην Οδησσό, τροφοδοτείται με 50.8 bcm ρώσικου φυσικού αερίου μέσω του αγωγού Northern – Lights (αγωγός 58) και τροφοδοτεί την Σλοβακία με 29.7 bcm μέσω του αγωγού 44 και την Ουγγαρία με 13 bcm μέσω του αγωγού 67. Η Σλοβακία τροφοδοτεί την Αυστρία με 23.7 bcm μέσω του αγωγού 90. Η Τσεχία τροφοδοτείται από τη Γερμανία με 10.7 bcm μέσω του αγωγού 71. Η Ουγγαρία εκτός του φυσικού αερίου που τροφοδοτείται από την Ουκρανία, τροφοδοτείται και από τη Ρουμανία με 1.8 bcm μέσω του αγωγού 31 και καλύπτει τη ζήτηση της Σερβίας με 4.9 bcm μέσω του αγωγού 32. Η Σερβία καλύπτει τη ζήτηση της Βοσνίας με 1.7 bcm μέσω του αγωγού 33. Η Ρουμανία εισάγει 8 bcm υδροποιημένου φυσικού αερίου από τον νέο τερματικό σταθμό LNG στην Κωνσταντζα. Τροφοδοτεί την Ουγγαρία με 1.8 bcm μέσω του αγωγού 31 και καλύπτει τη ζήτηση της Μολδαβίας με 3.9 bcm. Η Κροατία, η Λετονία και η Εσθονία καλύπτουν πλήρως τη ζήτησή τους από τις εισαγωγές υδροποιημένου φυσικού αερίου μέσω των νέων τερματικών σταθμών LNG. Συγκεκριμένα, η Κροατία εισάγει 2.1 bcm από το Krk Island LNG terminal, η Λετονία 1.5 bcm από το Skulte LNG terminal και η Εσθονία 0.7 bcm από το Muuga (Tallin) LNG terminal. Η Ελλάδα εισάγει 13.1 bcm υδροποιημένου φυσικού αερίου, εκμεταλλευόμενη την μέγιστη χωρητικότητα των εγκαταστάσεων LNG που διαθέτει. Συγκεκριμένα, εισάγει 7 bcm από τον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας και 6.1 bcm από τη λειτουργία του τερματικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης. Με τις ποσότητες που εισάγει καλύπτει την ζήτησή της, η οποία είναι 7.5 bcm, καθώς και τη ζήτηση της Βουλγαρίας με 5.1 bcm μέσω του αγωγού 27. Η Βουλγαρία καλύπτει τη ζήτηση των Σκοπίων με 0.5 bcm μέσω του αγωγού 28 που συνδέει τις δύο χώρες.

Τέλος, μέσω του αγωγού Trans Adriatic Pipeline (TAP), η Ελλάδα μεταφέρει στην Αδριατική θάλασσα στην Ιταλία 0.5 bcm φυσικού αερίου.



Εικόνα 88. Μεταφορά φυσικού στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης (σενάριο αύξησης της χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές και θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές)

Οι υπόλοιπες χώρες, στις οποίες λειτούργησαν νέοι τερματικοί σταθμοί LNG σε αυτό το σενάριο εισήγαγαν συνολικά 80 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου, εκ των οποίων τα 48.9 bcm αφορούσαν εισαγωγές από υπό σχεδιασμό τερματικούς σταθμούς που τέθηκαν σε λειτουργία. Η Ιταλία εισάγει 8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου από το Porto Empedocle (Sicilia) LNG terminal και η Πολωνία 8.2 bcm από τον FRSU Polish Baltic sea coast. Το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγει 5 bcm από το Port Meridian LNG terminal και 4.2 bcm από το Trafigura Teeside LNG terminal. Η Τουρκία εισάγει 7.3 bcm από τον FRSU Iskenderun και 7.3 bcm από τον FRSU Gulf of Saros.

ΧΩΡΕΣ ΠΡΟΣ:	ΑΠΟ:	ΕΛΛΑΔΑ	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	ΒΟΣΝΙΑ	ΣΕΡΒΙΑ	ΤΣΕΧΙΑ	ΣΛΟΒΑΚΙΑ	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	ΣΚΟΠΙΑ	ΜΟΛΔΑΒΙΑ	ΤΟΥΡΚΙΑ	ΚΡΟΑΤΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΣΛΟΒΕΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ																		
ΡΟΥΜΑΝΙΑ																		
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	5.1																	
ΟΥΓΓΑΡΙΑ		1.8							13									
ΒΟΣΝΙΑ						1.7												
ΣΕΡΒΙΑ				4.9														
ΤΣΕΧΙΑ																	10.7	
ΣΛΟΒΑΚΙΑ									29.7									
ΟΥΚΡΑΝΙΑ																		
ΣΚΟΠΙΑ			0.5															
ΜΟΛΔΑΒΙΑ		3.9																
ΤΟΥΡΚΙΑ																		
ΚΡΟΑΤΙΑ																		
ΑΥΣΤΡΙΑ								23.7										
ΙΤΑΛΙΑ	0.5														10.3			
ΣΛΟΒΕΝΙΑ															1.4			
ΓΕΡΜΑΝΙΑ																		

Εικόνα 89. Μεταφορές φυσικού αερίου στην νοτιοανατολική Ευρώπη (σενάριο λειτουργίας όλων των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG στην Ευρώπη)

5. Συμπεράσματα

Η Ευρώπη αποτελεί καθαρό εισαγωγέα φυσικού αερίου, το οποίο προμηθεύεται είτε ως ξηρό φυσικό αέριο, είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Συγκεκριμένα, η Ευρώπη εισάγει 50.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου, καλύπτοντας το 11.3% της καθαρής ζήτησής της. Από τη συνολική χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG της Ευρώπης, χρησιμοποιείται μόλις το 25%. Αυτό το ποσοστό δείχνει ότι υπάρχουν μεγάλα περιθώρια αύξησης των εισαγωγών υγροποιημένου φυσικού αερίου, οι οποίες θα μπορούσαν να καλύψουν ακόμα και το 45.3% της ζήτησης της Ευρώπης.

Η περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης τροφοδοτείται με ρώσικο φυσικό αέριο μέσω αγωγών που διέρχονται από την Ουκρανία, ενώ η μόνη χώρα της περιοχής, η οποία εισάγει υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι η Ελλάδα, αφού μόνο αυτή διαθέτει τερματικό σταθμό LNG. Από το τερματικό σταθμό LNG που βρίσκεται στη Ρεβυθούσα, η Ελλάδα εισάγει 0.8 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλγερία, εκμεταλλευόμενη μόλις το 16% της συνολικής χωρητικότητας του σταθμού. Είναι έτσι φανερό η έλλειψη τερματικών σταθμών LNG στη νοτιοανατολική Ευρώπη, αλλά και η υπολειτουργία του σταθμού της Ρεβυθούσας, ο οποίος μάλιστα είναι και ο μοναδικός τερματικός σταθμός LNG της περιοχής της νοτιοανατολικής Ευρώπης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διατυπώνονται και επιλύονται σενάρια μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης φυσικού αερίου και LNG στην Ευρώπη, δίνοντας έμφαση στη μεταφορά φυσικού αερίου στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, με σκοπό τη διερεύνηση των δυνατοτήτων των ελληνικών λιμένων στο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Οι υπό κατασκευή τερματικοί σταθμοί LNG σε Ελλάδα και Ισπανία, αύξησαν την συνολική χωρητικότητα των τερματικών σταθμών της Ευρώπης, κατά 4.65 bcm. Η Ελλάδα, μετά την ολοκλήρωση της υπό κατασκευή τρίτης δεξαμενής φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα, αύξησε την χωρητικότητά της κατά 1.8 bcm φτάνοντας τα 7 bcm. Εκμεταλλευόμενη πλήρως την χωρητικότητά της, τροφοδοτεί την Βουλγαρία με 4.4 bcm.

Μετά την ολοκλήρωση και των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών LNG, η συνολική χωρητικότητα των τερματικών σταθμών LNG της Ευρώπης αυξήθηκε κατά 62.6 bcm. Οι εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου της Ευρώπης έφτασαν τα 150 bcm καλύπτοντας το 27.1 % της συνολικής καθαρής ζήτησης φυσικού αερίου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, οι ποσότητες που τροφοδοτούν την Ευρώπη μέσω αγωγών φυσικού αερίου να μειωθούν κατά 78.9 bcm. Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, οι εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου αυξήθηκαν κατά 33 bcm και μειώθηκε η εξάρτηση της περιοχής από τη Ρωσία, εισάγοντας 33.4 bcm λιγότερο. Διαπιστώνουμε ότι με την κατασκευή των υπό σχεδιασμό τερματικών σταθμών, οι χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης αυτονομούνται από τους παραδοσιακούς προμηθευτές τους.

Η Ελλάδα, μετά την ολοκλήρωση της αναβάθμισης της Ρεβυθούσας και τη λειτουργία του πλωτού τερματικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης, εισάγει 13.1 bcm υγροποιημένου φυσικού αερίου, εφόσον εκμεταλλευτεί πλήρως τη δυναμικότητα των δύο τερματικών σταθμών που διαθέτει. Αυτό της δίνει τη δυνατότητα να καλύψει πλήρως τη ζήτησή της από εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου και να αποδεσμεύει από τις εισαγωγές ρώσικου φυσικού αερίου. Επιπλέον, τροφοδοτεί εκτός από την Βουλγαρία μέσω του αγωγού Interconnector Greece Bulgaria (IGB) και την Ιταλία μέσω του αγωγού Trans Adriatic Pipeline (TAP). Διαπιστώνουμε ότι λόγω της μεγάλης συνολικής δυναμικότητας των σταθμών Ρεβυθούσας και Αλεξανδρούπολης, η Ελλάδα θα μπορούσε να υποστηρίξει τη μεταφορά φυσικού αερίου μέσω των πιθανών μελλοντικών διασυνδέσεων του αγωγού TAP. Οι δύο πιθανές διασυνδέσεις είναι αυτή με τον αγωγό Ionian Adriatic Pipeline (IAP), ο οποίος καταλήγει στην Κροατία μέσω διασύνδεσης στην Αλβανία και αυτή με τον αγωγό ο οποίος θα συνδέει Ελλάδα και Σκόπια.

Η νοτιοανατολική Ευρώπη φαίνεται ότι θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επέκταση του εμπορίου LNG στην Ευρώπη μέσω της κατασκευής και της λειτουργίας νέων τερματικών σταθμών LNG. Η Ελλάδα θα διαθέτει τις εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα στην περιοχή. Αυτό, σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση των αγωγών IGB και TAP ενισχύει τις προοπτικές της Ελλάδας να αποτελέσει σημείο αναφοράς και ενεργειακό κόμβο για την ευρύτερη περιοχή.

6. Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα διπλωματική το κόστος των αγωγών θεωρήθηκε ανάλογο του μήκους. Η δημιουργία μίας συνάρτησης κόστους - μεταφοράς με πραγματικά στοιχεία, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που μπορεί να επηρεάζουν το κόστος, θα ανταποκρινόταν πιο πιστά στην πραγματικότητα. Επιπλέον, θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη οι αυξομειώσεις της ζήτησης φυσικού αερίου κάθε χώρας σε συνδυασμό με την αποθηκευτική ικανότητα φυσικού αερίου και LNG.

7. Βιβλιογραφία

- ¹ Eurostat (2013), Primary production of energy https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Primary_production_of_energy
- ² U.S. Department of Energy , Energy sources <https://www.energy.gov/science-innovation/energy-sources>
- ³ U.S Energy Information Administration (2017), Nonrenewable sources, Natural gas https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=natural_gas_home
- ⁴ GASTRADE A.E. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο <http://www.gastrade.gr/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF.aspx>
- ⁵ Energy Department's Fossil Energy, Liquefied Natural Gas (LNG) <https://www.energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas/liquefied-natural-gas>
- ⁶ U.S Energy Information Administration, Global Transportation Energy Consumption: Examination of Scenarios to 2040 using ITEDD, 2017 <https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/scenarios/pdf/globaltransportation.pdf>
- ⁷ W. Lise, B. Hobbs, F. Van Oostvroom (2008), Natural gas corridors between the EU and its main suppliers: Simulation results with the dynamic GASTALE model, Energy Policy Volume 36, Issue 6, June 2008, Pages 1890-1906
- ⁸ Νίτης Σ. (2010) Προγράμματα Διαχείρισης της Ζήτησης: Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Μεθοδολογικής Προσέγγισης Αξιολόγησης τους και Εφαρμογή στην ΕΕ-10, Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- ⁹ Erdogdu E. (2010) Natural gas demand in Turkey, Applied Energy Volume 87, Issue 1, January 2010, Pages 211-219
- ¹⁰ Τομάσοβιτς Ν. (2012) Ενεργειακός σχεδιασμός με χρήση ενεργειακού μοντέλου για χώρες των Βαλκανίων, Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- ¹¹ Μαυροειδής Ν. (2012) Πρόβλεψη Ζήτησης Φυσικού Αερίου: Ανάλυση και Μοντελοποίηση, Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- ¹² Ανδριανόπουλος Ε. (2012) Πολυκριτήρια μέθοδος αξιολόγησης των πιθανών προμηθευτών φυσικού αερίου της Ελλάδας, Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- ¹³ K. Jacqueline, A. Bristow, A. Zanni (2014) Exploring the market for Compressed Natural Gas light commercial vehicles in the United Kingdom, Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 29, June 2014, Pages 22-31
- ¹⁴ Pavel Praks, Vytis Kopustinskas n , Marcelo Masera (2015) Probabilistic modelling of security of supply in gas networks and evaluation of new infrastructure, Reliability Engineering and System Safety 144 (2015) 254–264
- ¹⁵ W.Zhanga, J.Yangb (2015) Forecasting natural gas consumption in China by Bayesian Model Averaging, Energy Reports Volume 1, November 2015, Pages 216-220

-
- ¹⁶ M. Khan, Y. Tabassum, A. Shakoob (2015) Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 51, November 2015, Pages 785-797
- ¹⁷ Israt Mustary, Harun Chowdhury*, Bavin Loganathan, Firoz Alam (2016) Development of a computational model for optimal sourcing of LNG, 1st International Conference on Energy and Power, ICEP2016, 14-16 December 2016, RMIT University, Melbourne, Australia
- ¹⁸ Ντάκος Μ.Σ. (2016) Ανάλυση της Ευρωπαϊκής Αγοράς Φυσικού Αερίου και Εναλλακτικών Σεναρίων στο Μοντέλο Primes – Gas, Διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- ¹⁹ Y. Tingting, C. Fahe, H. Jingnan, J. Ming, B. Xiaofeng, L. Zhenhua, H. Liqiang, Z. Lei (2016) Gaseous emissions from compressed natural gas buses in urban road and highway tests in China, Journal of Environmental Sciences Volume 48, October 2016, Pages 193-199
- ²⁰ C. Zhihua, A. Haizhong, G. Xiangjyn, L. Huagiao, H. Xiaoqing (2016) Competition pattern of the global liquefied natural gas (LNG) trade by network analysis, Journal of Natural Gas Science and Engineering Volume 33, July 2016, Pages 769-776
- ²¹ O. Schinas, M. Butler (2016) Feasibility and commercial considerations of LNG-fueled ships, Ocean Engineering Volume 122, 1 August 2016, Pages 84-96
- ²² T. Kompas, N. Tuong (2016) A structural and stochastic optimal model for projections of LNG imports and exports in Asia-Pacific, Heliyon Volume 2, Issue 6, June 2016
- ²³ M. Calderón, D. Illing, J. Veiga (2016) Facilities for bunkering of liquefied natural gas in ports, 6th Transport Research Arena April 18-21, 2016
- ²⁴ Σωτηρόπουλος Π. (2017) Διερεύνηση θεμάτων δικτύων μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ευρώπη, Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- ²⁵ Καλογιάννης (2017) Διερεύνηση θεμάτων ενεργειακής κάλυψης ελληνικών νησιών με υδροποιημένο φυσικό αέριο, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών 'Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας' Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
- ²⁶ S. Faheemullah, J. Qiang, Pervez, N. Mirjat, M. Uqaili (2017) Forecasting China's natural gas demand based on optimised nonlinear grey models, Energy Volume 140, Part 1, 1 December 2017, Pages 941-951
- ²⁷ Kovacevic (2017) Oxford Institute for Energy Studies, Towards a Balkan gas hub: the interplay between pipeline gas, LNG and renewable energy in South East Europe, University of Oxford
- ²⁸ Enerdata (2018), Natural gas production, Global Energy Statistical Yearbook 2018 <https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html>
- ²⁹ Enerdata (2018), Global Energy Statistical Yearbook 2018
- ³⁰ Praveen Duddu (2013), The world's biggest natural gas reserves <https://www.hydrocarbons-technology.com/features/feature-the-worlds-biggest-natural-gas-reserves/>
- ³¹ BP (2018), BP Statistical Review of World Energy 2018 <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-natural-gas.pdf>
- ³² BP (2018), Natural gas consumption <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/natural-gas/natural-gas-consumption.html>
- ³³ Enerdata (2018), Natural gas domestic consumption, Global Energy Statistical Yearbook 2018 <https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/gas-consumption-data.html>
-

-
- ³⁴ International Energy Agency (2017), Natural Gas Information 2017
<https://www.iea.org/newsroom/energysnapshots/world-natural-gas-demand-by-region.html>
- ³⁵ MarineLog, Japanese yards to build four more Cameron LNG ships
https://www.marinelog.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=9714:japanese-yards-to-build-four-more-cameron-lng-ships&Itemid=257
- ³⁶ B.Afework, J.Hanania, K.Stenhouse, J.Donev (2018), LNG carrier, University of Calgary
https://energyeducation.ca/encyclopedia/LNG_carrier
- ³⁷ Αλεξόπουλος Χ., Φώτης Α. (2018), Διερεύνηση θεμάτων ενεργειακής ασφάλειας Φυσικού αερίου στην Ευρώπη, Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- ³⁸ The international group of liquefied natural gas importers, LNG Information Paper No. 7
- ³⁹ Δαγκαλίδης Α. (2013), Δεξαμενόπλοια LNG , Κλαδική μελέτη
- ⁴⁰ Songhurst (2017), Oxford Institute for Energy Studies, The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs)
- ⁴¹ Spencer Dale (2018), Energy in 2017: two steps forward, one step back
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/chief-economist-analysis.html#analysis-natural-gas>
- ⁴² Tim Daiss (2018), Big Oil's Next Major Move <https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/Big-Oils-Next-Major-Move.html>
- ⁴³ Nick Cunningham (2018), China Is Erasing The Gas Glut <https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/China-Is-Erasing-The-Gas-Glut.html>
- ⁴⁴ Ag Metal Miner (2018), LNG Use Rises As Major Facilities Come On Line
<https://oilprice.com/Energy/General/LNG-Use-Rises-As-Major-Facilities-Come-On-Line.html>
- ⁴⁵ Eurostat, Energy, transport and environment indicators, 2017
<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/8435375/KS-DK-17-001-EN-N.pdf/18d1ecfd-acd8-4390-ade6-e1f858d746da>
- ⁴⁶ European Commission, A European Strategy for low-emission mobility, 2016
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_el
- ⁴⁷ Υπουργείο περιβάλλοντος και ενεργειας, Μεταφορές <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=283>
- ⁴⁸ European Comission (2012), Roadmap 2050
- ⁴⁹ Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA Europe) <https://www.ngva.eu/gas-as-vehicle-fuel/>
- ⁵⁰ Οχήματα μίγματος φυσικού αερίου και Diesel
<http://www.tsopelogiannisautogas.gr/%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82/%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%BC%CE%B5-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF>
- ⁵¹ Φυσικό Αέριο Κίνησης (CNG) ,2018 <https://eco-gas.gr/ti-prepei-na-gnvrizete-gia-to-fisiko-aerio-kinishs-cng/>
- ⁵² Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA Europe), Europe statistical-Report 2017
https://www.ngva.eu/wp-content/uploads/2018/01/170648_NGVA_Europe_statistical-Report_2017_5-2.pdf
- ⁵³ LNG fuel <https://www.marineinsight.com/green-shipping/liquified-natural-gas-lng-as-fuel-for-the-shipping-industry/>
-

-
- ⁵⁴ Μετατροπή πλοίου σε LNG <https://www.wartsila.com/twentyfour7/in-detail/lng-conversions-for-marine-installations>
- ⁵⁵ Εκπομπές ρύπων πλοίων LNG <https://www.ship-technology.com/projects/wes-amelie-container-ship-conversion/>
- ⁵⁶ Eurostat 2016
- ⁵⁷ Kanal İstanbul, https://en.wikipedia.org/wiki/Kanal_%C4%B0stanbul
- ⁵⁸ Danube River(2014), <http://www.geologypage.com/2014/11/danube-river.html>
- ⁵⁹ Πίτατζης Α. (2014), Ο πόλεμος των αγωγών στην Νοτιοανατολική Μεσόγειο <https://energyexpress.gr/news/o-polemos-ton-agogon-stin-notioanatoliki-mesogeio>
- ⁶⁰ Analyst team (2014), Εξελίξεις στον ενεργειακό πόλεμο <https://analyst.gr/2014/07/22/10834/3/>
- ⁶¹ Καθημερινή (2017), «Ελντοράντο» για το φυσικό αέριο η Ανατολική Μεσόγειος <https://energyexpress.gr/news/elntoranto-gia-fysiko-aerio-i-anatoliki-mesogeios>
- ⁶² efsyn.gr (2018), Spiegel: Τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου στη Μεσόγειο <http://www.efsyn.gr/arthro/spiegel-terastia-apothemata-fysikoy-aerioy-sti-mesogeio>
- ⁶³ tanea.gr (2018), Οι αγωγοί φυσικού αερίου ανάβουν φωτιές στην Αν. Μεσόγειο <https://eco-gas.gr/oi-agwgoi-fysikou-aeriou-anaboun-fwties-sthn-an-mesogeio/>
- ⁶⁴ Gastrade <http://www.gastrade.gr/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85-%CF%83%CE%B5-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B7.aspx>
- ⁶⁵ ΔΕΣΦΑ <http://desfa.gr/national-natural-gas-system/transmission>
- ⁶⁶ ΔΕΣΦΑ <http://desfa.gr/national-natural-gas-system/lng-facility>
- ⁶⁷ ΔΕΣΦΑ <http://desfa.gr/userfiles/5fd9503d-e7c5-4ed8-9993-a84700d05071/syn-1-sxedio-pa-2016-2025-22072016-cl-1.pdf>
- ⁶⁸ Παναγόπουλος Φ. (2018), Στην τελική ευθεία η κατασκευή της 3ης Δεξαμενής στον Τερματικό Σταθμό της Ρεβυθούσας <https://www.ypodomes.com/index.php/energeia/fusiko-aerio/item/48893-stin-teliki-eftheia-i-kataskevi-tis-3is-deksamenis-ston-termatiko-stathmo-tis-revythoysas>
- ⁶⁹ Παναγόπουλος Φ. (2017), Τα 4 projects φυσικού αερίου που καθιστούν την Ελλάδα ενεργειακή πύλη σε Βαλκάνια και ΕΕ <https://www.ypodomes.com/index.php/energeia/fusiko-aerio/item/44244-ta-4-projects-fysikoy-aeriou-pou-kathistoun-tin-ellada-energeiaki-pyli-se-valkania-kai-ee>
- ⁷⁰ Gas Trade <http://www.gastrade.gr/%CE%B1%CF%83%CF%86%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%B5%CE%BE%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B7%CF%83/%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%85%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%B5%CF%82-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.aspx>
- ⁷¹ Capital.gr (2018), Ο κομβικός ρόλος του LNG της Αλεξανδρούπολης <http://www.capital.gr/poseidonia-2018/3298285/o-ko%2%B5bikos-rolou-tou-lng-tis-alexandroupolis>
- ⁷² Mezartasoglou D. (2018), LNG as Part of the Expanded South Corridor, INSTITUTE OF ENERGY FOR SOUTH EAST EUROPE
-

-
- ⁷³ Φλουδόπουλου Χ. (2018), Τι σημαίνει η έλευση του αμερικανικού LNG στην Ελλάδα
<http://www.capital.gr/epixeiriseis/3317568/ti-simainei-i-eleusi-tou-amerikanikou-lng-stin-ellada>
- ⁷⁴ Φλουδόπουλου Χ. (2018), Τα ενεργειακά σχέδια των ΗΠΑ και ο ρόλος της Ελλάδας
<http://www.capital.gr/agores/3307659/ta-energeiaka-sxedia-ton-ipa-kai-o-rollos-tis-elladas>
- ⁷⁵ Φλουδόπουλου Χ. (2018), Φυσικό αέριο από το Κατάρ για πρώτη φορά σε Ελλάδα και Βαλκάνια
<http://www.capital.gr/epixeiriseis/3306580/fusiko-aerio-apo-to-katar-gia-proti-fora-se-ellada-kai-balkania>
- ⁷⁶ Maran Gas Maritime <http://www.marangas.com/68/>
- ⁷⁷ Gaslog Ltd. <https://www.gaslogltd.com/fleet-list/>
- ⁷⁸ Dynagas Ltd. <http://www.dynagas.com/?page=obj#prettyPhoto>
- ⁷⁹ TMS Cardiff Gas Ltd. <https://www.tms-cardiffgas.com/fleet.html#>
- ⁸⁰ Thenamaris <https://www.thenamaris.com/fleet-overview/>
- ⁸¹ TEN Ltd. <https://www.tenn.gr/wp-content/uploads/2018/04/TEN-FLEET-LIST-APR-2018.pdf>
- ⁸² Chandris Ltd. <http://www.chandris-hellas.gr/site/fleet.html>
- ⁸³ Vessels Value <https://www.vesselsvalue.com/>
- ⁸⁴ King & Spalding, An Overview of LNG Import Terminals in Europe (2018)
- ⁸⁵ Gas Infrastructure Europe (GIE), LNG map 2018
- ⁸⁶ Natural gas vehicles by country (2018), International Association for Natural Gas Vehicles – IANGV
- ⁸⁷ Vehicles in use, International Organization of Motor Vehicle Manufacturers
- ⁸⁸ Odyssee Database, Distance travelled by car
- ⁸⁹ Eurogas (2017), Eurogas Scenario Study with PRIMES
- ⁹⁰ Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2016
- ⁹¹ Eurostat (2016)
- ⁹² European Automobile Manufacturers association , ACEA Report Vehicles in use Europe 2017
- ⁹³ UNCTAD (2018), United Nations Conference on Trade and Development