

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ:

Συγκριτικά Αποτελέσματα χρήσης Φ.Α σε βιομηχανία και μεταφορές στην Ελλάδα σε σχέση με απόδοση και εκπομπές άλλων αερίων θερμοκηπίου. Εφαρμογή σε μέσα υπεραστικής συγκοινωνίας



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΡΚΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στο φυσικό αέριο και την προστασία του περιβάλλοντος.

Σκοπός της εργασίας είναι αφενός μεν η παρουσίαση των δυνατοτήτων του φυσικού αερίου για υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων στην Ελλάδα, στο πλαίσιο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αφετέρου δε ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και των οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών που προκύπτουν από τη χρήση του. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύονται θέματα που σχετίζονται με τις τάσεις που διαμορφώνονται στον τομέα του φυσικού αερίου σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τον τομέα του φυσικού αερίου και παρουσιάζονται, οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους.

Το φυσικό αέριο θεωρείται ταχύτατα αναπτυσσόμενη πηγή πρωτογενούς ενέργειας ενώ οι κυριότεροι λόγοι για την προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησής του είναι τα πολύ μεγάλα βεβαιωμένα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου, η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης που οδηγεί στη χρήση καθαρότερων καυσίμων, η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου σε συνδυασμό και με τις παρατηρούμενες διαρθρωτικές αλλαγές στους κλάδους αυτούς και τέλος, τα τεχνολογικά επιτεύγματα σε ότι αφορά στην παραγωγή, μεταφορά και διανομή του φυσικού αερίου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Ευγένιο Σκούρα, Επιστημονικό Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας για τη σωστή καθοδήγηση του, και την αμέριστη συμπαράστασή του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Μάρκου Κωνσταντίνος

Φεβρουάριος 2011

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενέργεια αποτελεί ένα πολύτιμο και αναγκαίο συστατικό του οικονομικού συστήματος με το οποίο είναι διαρθρωμένες οι σύγχρονες κοινωνίες, αποτελώντας τη βάση για τη λειτουργία, την πρόοδο και την οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας. Άρρηκτα συνυφασμένη με τις διεργασίες εκμετάλλευσης των διαθέσιμων ποσοτήτων ενέργειας είναι η έννοια της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού, σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση των καταναλισκόμενων ποσών ενέργειας, είναι η διαρκής επιδείνωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, τόσο σε τοπικό (όξινη βροχή κλπ.) όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο (κλιματική αλλαγή-φαινόμενο θερμοκηπίου), με συνέπειες οι οποίες ακόμη παραμένουν αδιευκρίνιστες σε μεγάλο βαθμό.

Η εξεύρεση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας και κυρίως η χρησιμοποίηση ενεργειακών πόρων φιλικότερων προς το περιβάλλον αποτελεί μείζον θέμα για τη σύγχρονη κοινωνία. Στο πλαίσιο αυτό, η μείωση ζήτησης ενέργειας μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της ορθολογικότερης χρήσης της ενέργειας, η στροφή του μείγματος των καυσίμων προς το φυσικό αέριο και οι αλλαγές στην παραγωγή ηλεκτρισμού προς όφελος των μη ορυκτών καυσίμων συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση των εκπομπών ρύπων.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στο φυσικό αέριο και την προστασία του περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει συγκριτικά αποτελέσματα χρησιμοποίησης φυσικού αερίου σε βιομηχανία και μεταφορές στην Ελλάδα, σε σχέση με την απόδοση και τις εκπομπές αερίων. Επίσης περιλαμβάνει συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ μέσων αστικής συγκοινωνίας της Αθήνας με τα λεωφορεία της Λειβαδιάς.

Η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ γίνεται μια ιστορική αναδρομή για το φυσικό αέριο. Περιγράφεται η συμμετοχή του φυσικού αερίου στην ενεργειακή αγορά, αναλύονται οι σημαντικότερες χρήσεις και τα σημαντικότερα οφέλη του φυσικού αερίου, καθώς και το δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται η χημική σύσταση και οι φυσικές ιδιότητες του φυσικού αερίου. Περιγράφεται η συμβολή του φυσικού αερίου στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο για την χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου, παραθέτοντας προεδρικά διατάγματα, νόμους πρότυπα κατά ΕΛΟΤ.

Στο τέταρτο κεφάλαιο επιχειρείται μια σύγκριση της καύσης πετρελαίου με το φυσικό αέριο. Περιγράφεται η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου στην αυτοκίνηση, ενώ παρατίθενται τόσο τα σημαντικότερα οφέλη και πλεονεκτήματα όσο και τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του φυσικού αερίου στην αεριοκίνηση οχημάτων. Αναλύονται οι τύποι οχημάτων φυσικού αερίου, περιγράφονται οι εγκαταστάσεις σταθμών συμπίεσης φυσικού αερίου, καθώς και οι διαδικασίες λειτουργίας τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο επιτελείται το ερευνητικό μέρος της πτυχιακής εργασίας, με την έρευνα και μελέτη κατανάλωσης φυσικού αερίου. Παρατίθενται τόσο οι μετρήσεις όσο και οι υπολογισμοί καταναλώσεων και εκπομπών CO<sub>2</sub> φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο βάση τιμών και μετρήσεων των δρομολογίων του ΚΤΕΛ Λειβαδιάς. Τονίζεται ιδιαίτερα η διαφορά και τα προτερήματα που θα αποκτήσουμε με την χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου μέσω εκτενών υπολογισμών που έχουν αναρτηθεί σε πίνακες, από την σύγκριση που προκύπτει μεταξύ φυσικού αερίου και πετρελαίου.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι τάσεις, προοπτικές στην αυτοκίνηση, οι βασικοί στόχοι χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου σε στόλους οχημάτων, ενώ αναλύεται η περιβαλλοντική, η οικονομική απόδοση από την χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου.

Στο τέλος της πτυχιακής εργασίας παρατίθενται συμπεράσματα, προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
<b>1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ</b>	
1.1. Φυσικό αέριο και περιβάλλον	8
1.2. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	8
1.3. Το φυσικό αέριο στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή	9
1.4. Φυσικό αέριο – το καύσιμο του παρόντος και του μέλλοντος	10
1.5. Ηλεκτροπαραγωγή	12
1.6. Συμμετοχή φυσικού αερίου στην ενεργειακή αγορά	14
1.7. Χρήσεις και οφέλη φυσικού αερίου	16
1.8. Τα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα	19
<b>2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ</b>	
2.1. Γενικά	23
2.2. Φυσικά αέρια	26
2.3. Ιδιότητες αερίων καυσίμων	27
2.4. Ταξινόμηση αερίων καυσίμων	30
2.5. Καύση αερίων. αντιδράσεις καύσης	31
2.6. Ειδικά χαρακτηριστικά καύσης αερίων	32
2.7. Τιμές για τα συνήθη αέρια καύσιμα	33
2.8. Μέθοδος προσδιορισμού θεωρητικής θερμοκρασίας στοι- χειομετρικής καύσης	33
2.8.1. Όριο ανάφλεξης	34
2.8.1.1. Κατώτερο όριο ανάφλεξης	34
2.8.1.2. Ανώτατο όριο ανάφλεξης	34
2.8.2. Ταχύτητα μετάδοσης καύσης (φλόγας)	35
2.8.2.1. Διαδικασία μετάδοσης της καύσης	36
2.8.2.2. Ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας	36
2.9. Ποιότητα καύσης. Χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης	37

2.10. Βοηθητικά μεγέθη υπολογισμών	40
2.11. Χαρακτηριστικοί τύποι καύσης	41
2.12. Διαγράμματα καύσης	43
2.12.1. Διαγράμματα καύσης Ostwald και Biard	43
2.12.1.1. Παρατήρηση	44
2.13. Διαγράμματα ισοροπίας	45
2.13.1. Παρατηρήσεις	48
2.14. Απόδοση καύσης	48
2.15. Χαρακτηριστικά του Φυσικού Αερίου	53
2.16. Χημικές ιδιότητες του Φυσικού Αερίου	56
2.17. Διάκριση αερίων	56
2.18. Χρήσεις του Φυσικού Αερίου	57
2.19. Η συμβολή του Φυσικού Αερίου στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων κατά τις καύσεις	58
<b>3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ</b>	
3.1. Το θεσμικό πλαίσιο	59
3.2. Σχετικά πρότυπα	61
3.3. Άλλες νομοθετικές διατάξεις	64
<b>4. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ</b>	
4.1. Βασικές αρχές μελέτης, κατασκευής & λειτουργίας εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο	66
4.2. Σύγκριση καύσης πετρελαίου με το Φυσικό Αέριο	66
4.3. Φυσικό Αέριο στην αυτοκίνηση	67
4.4. Οφέλη από τη χρήση Φυσικού Αερίου στην αυτοκίνηση	69
4.5. Τεχνολογία	70
4.6. Άλλες χρήσεις	71
4.7. Κίνηση αυτοκινήτων με Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα	73
4.8. Αεριοκίνηση οχημάτων. Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα	78
4.9. Φυσικό Αέριο: Μειονεκτήματα για αυτοκίνηση	80
4.10. Οχήματα Φυσικού Αερίου	80

<b>4.11. Συστήματα και τεχνολογίες Φυσικού Αερίου</b>	<b>81</b>
<b>4.12. Λειτουργικά πλεονεκτήματα κινητήρα Φ.Α. CNG</b>	<b>83</b>
<b>4.13. Οικονομικά κριτήρια</b>	<b>83</b>
<b>4.14. Εγκαταστάσεις σταθμού συμπίεσης Φ.Α.</b>	<b>85</b>
<b>4.15. Γενικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του σταθμού ανεφοδιασμού λεωφορείων με συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο στην Ανθούσα</b>	<b>86</b>
<b>4.16. Διαδικασία λειτουργίας</b>	<b>87</b>
<b>5. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	
<b>5.1. Έρευνα και μελέτη κατανάλωσης Φυσικού Αερίου</b>	<b>92</b>
<b>5.2. Υπολογισμός εκπομπών CO<sub>2</sub> (kg) βάσει εβδομαδιαίας κατανάλωσης (kg) λεωφορείων Λειβαδιάς</b>	<b>97</b>
<b>5.3. Σύγκριση καύσης πετρελαίου με το Φυσικό Αέριο</b>	<b>101</b>
<b>5.4. Σύγκριση Φ.Α – Πετρελαίου</b>	<b>105</b>
<b>5.5. Σύγκριση τιμών</b>	<b>107</b>
<b>6. ΤΑΣΕΙΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΛΥΣΕΙΣ</b>	
<b>6.1. Τάσεις και προοπτικές στην αεριοκίνηση οχημάτων</b>	<b>110</b>
<b>6.2. Εναλλακτικοί τρόποι εισαγωγής και χρήσης του Φ.Α. στα οχήματα</b>	<b>113</b>
<b>6.3. Περιβαλλοντική απόδοση</b>	<b>114</b>
<b>6.4. Οικονομική απόδοση</b>	<b>116</b>
<b>6.5. Βασικοί στόχοι χρήσης Φ.Α. σε στόλους οχημάτων</b>	<b>117</b>
<b>6.6. Απαραίτητα κίνητρα και πρωτοβουλίες</b>	<b>117</b>
<b>6.7. Η ανάπτυξη του τομέα της αεριοκίνησης στην Ελλάδα</b>	<b>118</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b>	<b>119</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>121</b>

# **1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

## **1.1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Τα φαινόμενα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία εμφανίζονται συχνά σε διάφορες πόλεις στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, η αυξανόμενη σημασία του φαινομένου του θερμοκηπίου, η ελάττωση του στρώματος του όζοντος, η διάβρωση αρχαίων μνημείων και η καταστροφή των δασών, έχουν καταστήσει κυρίαρχης σημασίας το πρόβλημα της προστασίας του περιβάλλοντος. Υπάρχει άμεση ανάγκη αντιμετώπισης του προβλήματος με την εφαρμογή υφισταμένων και νέων κανονισμών και την εισαγωγή αποτελεσματικότερων μέτρων. Κύρια αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η χρήση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Είναι αναγκαίο λοιπόν οι ενεργειακές επιλογές να συνδυάζουν την ανάπτυξη με την περιβαλλοντική προστασία.

Η εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα αποφασίστηκε από την πολιτεία στα πλαίσια της προσπάθειας εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας. Το Φυσικό Αέριο είναι μια σύγχρονη και αποδοτική πηγή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, που χρησιμοποιείται εύκολα και ακίνδυνα. Η υλοποίηση του μεγάλου αυτού ενεργειακού έργου έχει ανατεθεί στη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) Α.Ε., ενώ η όλη επένδυση χρηματοδοτείται κατά 75% περίπου από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

## **1.2. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

Κατά τα τελευταία χρόνια μία σημαντική πηγή κινδύνων για το περιβάλλον είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό συνίσταται στην μεταβολή που προκαλείται από παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας.



Η παγίδευση αυτή οφείλεται στην παρουσία ειδικών μορίων στην ατμόσφαιρα τα οποία είναι “διαφανή”, αφήνουν δηλαδή να διέλθει η ηλιακή ακτινοβολία (υπεριώδης ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος) συγκρατούν όμως τη θερμική ακτινοβολία (υπέρυθρος ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος) που εκπέμπεται από τη γη προς το σύμπαν.

Το αποτέλεσμα είναι η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και η δημιουργία φαινομένου ανάλογου με αυτό των κοινών θερμοκηπίων.

Στην ευθύνη για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου συμμετέχουν το διοξείδιο του άνθρακα (κατά 55%), οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες (15%), τα οξείδια του αζώτου (10%) το μεθάνιο (10%) και άλλες ενώσεις (10%). Από πολλές πλευρές εκφράζονται δυσοίωνες εκτιμήσεις σχετικά με την εξέλιξη του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Υποστηρίζεται ότι με τους σημερινούς ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης σε συνδυασμό με την καταστροφή των τροπικών δασών, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα θα διπλασιαστεί, με αποτέλεσμα σημαντικές κλιματολογικές μεταβολές, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,5 έως 3,5°C, το λιώσιμο των πάγων στους πόλους, ή αύξηση της στάθμης των θαλασσών κλπ.

Το Φυσικό Αέριο έχει θετική επίπτωση στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Εκπέμπει κατά την καύση για παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας 43% λιγότερο CO<sub>2</sub> από τον άνθρακα και 30% λιγότερο από το πετρέλαιο. Υπολογίζεται ότι από τις διάφορες καύσεις παράγονται ετησίως 21 δισ. τόνοι CO<sub>2</sub> από το οποίο 8,8 δισ. τόνοι προέρχονται από την καύση άνθρακα, 8,8 δισ. τόνοι από την καύση πετρελαίου και 3,4 δισ. τόνοι από την καύση Φυσικού Αερίου. Ενώ δηλαδή το Φυσικό Αέριο συμμετέχει στην κατανάλωση καυσίμων κατά 22,5% ευθύνεται μόνο για το 16% των εκπομπών CO<sub>2</sub> παγκοσμίως.

Η εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδος αναμένεται να μειώσει σημαντικά τις ποσότητες τόσο των ρύπων όσο και του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στη ατμόσφαιρα.

### **1.3. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΚΗΝΗ**

Η ιστορία των αερίων καυσίμων - στα οποία συγκαταλέγονται και τα φυσικά αέρια - αρχίζει με την παραγωγή καυσίμου αερίου με ξηρή απόσταξη από στερεά καύσιμα, που χρησίμευσε για φωτισμό. Γι' αυτό το λόγο ονομάστηκε "φωταέριο". Ο πρώτος, που φαίνεται, ότι χρησιμοποίησε το φωταέριο για συνεχή φωτισμό ήταν ο Minkeliers περί τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Επίσης το 1791 ο Lebon προσπάθησε να χρησιμοποιήσει στο Παρίσι αέριο, που παρήγαγε από ξύλα για φωτισμό. Μεγάλη όμως συμβολή στην ανάπτυξη του φωταερίου είχε ο Samuel Clegg που εφεύρε όλα τα βοηθητικά κατ' αρχήν μηχανήματα για τον καθαρισμό, την συλλογή και αποθήκευση, την ρύθμιση της παραγωγής, αλλά και την μέτρηση του φωταερίου. Έδωσε επίσης ώθηση στην εξέλιξη των μηχανημάτων παραγωγής του.

Η συμμετοχή του Φυσικού Αερίου στην παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας χρονολογείται από τα τέλη του περασμένου αιώνα. Η θέση του όμως στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά ισχυροποιήθηκε κατά τη διάρκεια της τελευταίας 20ετίας υπό την επίδραση των ενεργειακών κρίσεων του 1973 και του 1979 και της προσπάθειας για μειωμένη εξάρτηση από το πετρέλαιο καθώς και χάρη στα περιβαλλοντικά του πλεονεκτήματα. Στην εξέλιξη αυτή συνέβαλαν η μεγάλη επάρκεια αποθεμάτων Φυσικού Αερίου και τα συγκριτικά του πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα καύσιμα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση Φυσικού Αερίου μεταξύ 1970 και 1994 τριπλασιάστηκε.

Το 1994 η παγκόσμια κατανάλωση Φυσικού Αερίου ανήλθε σε 2027 δισ. m<sup>3</sup> καλύπτοντας το 23% περίπου των παγκόσμιων αναγκών πρωτογενούς ενέργειας. Το ίδιο έτος τα βεβαιωμένα αποθέματα Φυσικού Αερίου ανήλθαν σε 141.000 χιλ. δισ. m<sup>3</sup> προσφέροντας επάρκεια για 66 περίπου χρόνια (τα αποθέματα πετρελαίου επαρκούν για 43 περίπου χρόνια με βάση τα σημερινά επίπεδα κατανάλωσης).

#### **1.4. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ – ΤΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΤΟΥ ΠΑΡΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ**

Οι πρώτες προσπάθειες εκμετάλλευσης του Φυσικού Αερίου (Φ.Α) ως ενεργειακή πηγή χρονολογούνται από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όταν στις ΗΠΑ έγιναν οι πρώτες γεωτρήσεις και κατασκευάστηκαν οι πρώτοι υποτυπώδεις αγωγοί μεταφοράς. Όμως το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο μετεβλήθη λόγω της ενεργειακής κρίσης κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70. Η προσπάθεια για μείωση της

εξάρτησης της οικονομίας από το πετρέλαιο είχε σαν αποτέλεσμα την ισχυροποίηση της θέσης του φυσικού αερίου.

Κατά την περίοδο 1970-1996 η κατανάλωση του φυσικού αερίου τριπλασιάστηκε και έκτοτε συνεχίζει να αυξάνεται με ταχύ ρυθμό. Σήμερα, τα μεγαλύτερα γνωστά αποθέματα αερίου βρίσκονται στις χώρες της πρώην Σοβιετικής ένωσης (Ρωσία, χώρες της Κασπίας), στη Μέση Ανατολή, στις ΗΠΑ, στη Βενεζουέλα, στην Αλγερία και στη Νιγηρία. Συγκριτικά με το πετρέλαιο, υπάρχει πολύ μεγαλύτερη επάρκεια αποθεμάτων φυσικού αερίου (περίπου  $350 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ) και η τροφοδοσία της παγκόσμιας ενεργειακής αγοράς είναι κατά πολύ ασφαλέστερη. Ως εκ τούτου, η επιλογή του φυσικού αερίου ως κύριας ενεργειακής πηγής αποτελεί παγκόσμια στρατηγική επιλογή.

Σημαντικό ρόλο για την αποδοχή του φυσικού αερίου διαδραμάτισε η εκτεταμένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την καύση των συμβατικών καυσίμων. Σε μια εποχή όπου τα σοβαρά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης απαιτούν ενεργειακές επιλογές που συνδυάζουν την οικονομική ανάπτυξη με την περιβαλλοντική προστασία, είναι λογικό η ζήτηση του φυσικού αερίου να αυξάνεται ταχύτατα.

Το φυσικό αέριο, λόγω της μορφής και της σύστασης του, θεωρείται ένα κατεξοχήν οικολογικό καύσιμο. Οι ρύποι που εκλύονται στο περιβάλλον κατά την καύση του είναι σημαντικά μειωμένοι σε σχέση με αυτούς που παράγονται από τα άλλα συμβατικά καύσιμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το φυσικό αέριο, ενώ παγκοσμίως συμμετέχει στην κατανάλωση καυσίμων κατά 22,5%, ευθύνεται μόνο για το 16% των εκπομπών  $\text{CO}_2$ . Για την παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας, το φυσικό αέριο εκπέμπει 30% λιγότερο  $\text{CO}_2$  σε σχέση με το πετρέλαιο και 50% λιγότερο  $\text{CO}_2$  σε σχέση με τον άνθρακα. Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένου ότι το  $\text{CO}_2$  είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες δημιουργίας του Φαινομένου του Θερμοκηπίου.

Όσον αφορά τους άλλους παραγόμενους ρύπους, το φυσικό αέριο εκπέμπει 2 φορές λιγότερο CO και 4.700 φορές λιγότερο  $\text{SO}_2$  από το μαζούτ. Σε σύγκριση με το ντίζελ η εκπομπή CO και  $\text{SO}_2$  είναι μειωμένη κατά 2,3 και 733 φορές αντίστοιχα.

Η καύση του φυσικού αερίου είναι καθαρή, με αποτέλεσμα τη μειωμένη εκπομπή αιθάλης και αιωρούμενων σωματιδίων. Ως οικολογικό καύσιμο, το φυσικό αέριο παρουσιάζει ένα ακόμη πλεονέκτημα μιας και η υψηλότερη απόδοση της καύσης του έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 30%. Η μειωμένη εκπομπή των  $\text{SO}_x$  περιορίζει τη δημιουργία του φαινομένου της όξινης

βροχής, προστατεύοντας με αυτό τον τρόπο τα δάση και τους βιότοπους. Ταυτόχρονα, λόγω της χαμηλής εκπομπής  $SO_2$ , επιβραδύνεται η φορά αρχαίων μνημείων.

Το Φυσικό Αέριο κατά συνέπεια, έχει αναδειχθεί στο κατεξοχήν οικολογικό καύσιμο του 21<sup>ου</sup> αιώνα και η ισχυροποίηση της θέσης του στην ενεργειακή θέση της Ελλάδας θα προωθούσε ουσιαστικά εκείνο το είδος ανάπτυξης που συμβαδίζει με την προστασία της φύσης και του περιβάλλοντος.

## 1.5. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

Οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί με τεχνολογία Συνδυασμένου Κύκλου φυσικού αερίου στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και τα συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού - Θερμότητας, αποτελούν την βέλτιστη δυνατή επιλογή τόσο από πλευράς εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας και κόστους παραγωγής, όσο και από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Φούντη, 2003, Ανδρίτσος, 2004).



**Εικ. 1.1.:** Το φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή

Το προβάδισμα του φυσικού αερίου έναντι των συμβατικών καυσίμων αποτυπώνεται στην αυξανόμενη ζήτησή του στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, ανεβάζοντας την κατανάλωση σε 1,8 δις. m<sup>3</sup> το 2004, δηλαδή σε ποσοστό 72% της συνολικής κατανάλωσης αερίου στη χώρα μας.

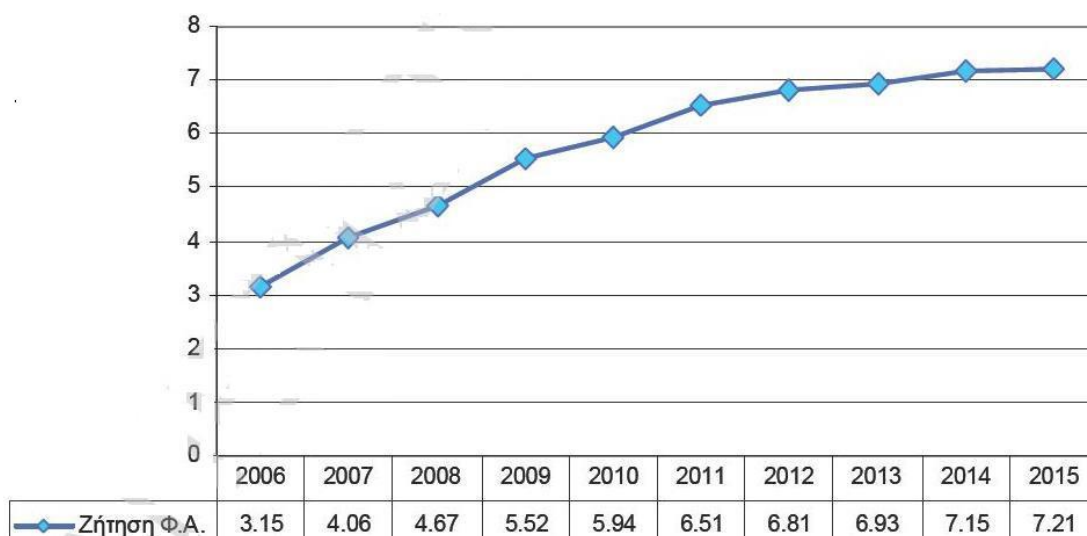
Η Δ.Ε.Η. Α.Ε. αποτελεί τον πρώτο και μεγαλύτερο πελάτη της ΔΕΠΑ, με ετήσια κατανάλωση που το 2004 ξεπέρασε τα 1,8 δις. m<sup>3</sup> φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για το σταθμό του Αγίου Γεωργίου Κερατσινίου και στους σταθμούς Συνδυασμένου Κύκλου στο Λαύριο και στην Κομοτηνή. Το καλοκαίρι του 2004, συνδέθηκε στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και λειτούργησε, ο πρώτος ιδιωτικός, εφεδρικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 148 MW, ο οποίος ανήκει στην εταιρία «ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Α.Ε.». Ο συγκεκριμένος σταθμός λειτουργεί με αεριοστρόβιλους σε Ανοικτό Κύκλο και βρίσκεται στη περιοχή της Θήβας. Η κατανάλωση του σταθμού για τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του (Αύγουστος 2004 - Αύγουστος 2005) ανήλθε σε 32 εκατ. m<sup>3</sup> φυσικού αερίου. Από το Μάιο του 2005, λειτουργεί ο Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Συνδυασμένου Κύκλου 390 MW της εταιρίας «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ Α.Ε.».

Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής αναμένονται σημαντικές εξελίξεις, καθώς η ΔΕΗ έχει αποφασίσει την αντικατάσταση λιγνιτικών μονάδων με μονάδες φυσικού αερίου στο Αλιβέρι της Εύβοιας και στη Μεγαλόπολη ενώ εξετάζει και την εγκατάσταση μιας ακόμη μονάδας στο Κερατσίνι. Παράλληλα, ο όμιλος «ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ Α.Ε.» προχωρεί στην κατασκευή ενεργειακού κέντρου στην περιοχή της Βοιωτίας που θα περιλαμβάνει μια μονάδα Συμπαραγωγής με φυσικό αέριο 334 MW για την κάλυψη των αναγκών της εταιρίας «ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ» και μιας ανεξάρτητης μονάδας ηλεκτροπαραγωγής Συνδυασμένου Κύκλου με φυσικό αέριο, 412 MW. Σύμφωνα με τα παραπάνω σε συνδυασμό με την απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου και την αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού που αναμένεται στα προσεχή χρόνια, η κατανάλωση του φυσικού αερίου εκτιμάται ότι το 2012 θα φτάσει στα επίπεδα των 3,6 - 4 δις. m<sup>3</sup>, στο συγκεκριμένο τομέα.

## 1.6. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΓΟΡΑ

Την τελευταία δεκαετία, το φυσικό αέριο είναι το καύσιμο που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διείσδυση στην ενεργειακή αγορά παγκοσμίως, με συνεχώς αυξανόμενα μερίδια έναντι των λοιπών καυσίμων (Kantor Capital, 2007, Tyler Miler, 2005). Η κατανάλωση του φυσικού αερίου στη δεκαετία 1995 – 2005 αυξήθηκε κατά 28%, ενώ το αντίστοιχο διάστημα η αντίστοιχη κατανάλωση του πετρελαίου αυξήθηκε κατά 18%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το φυσικό αέριο είναι πιο καθαρό καύσιμο σε σχέση με το πετρέλαιο και στο γεγονός ότι η τιμή του κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά του πετρελαίου. Η αυξητική τάση της ετήσιας κατανάλωσης φυσικού αερίου αναμένεται να συνεχιστεί, κυρίως λόγω του διαφορικού τιμής αλλά και της ευχρησίας του και της διευρυνόμενης περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

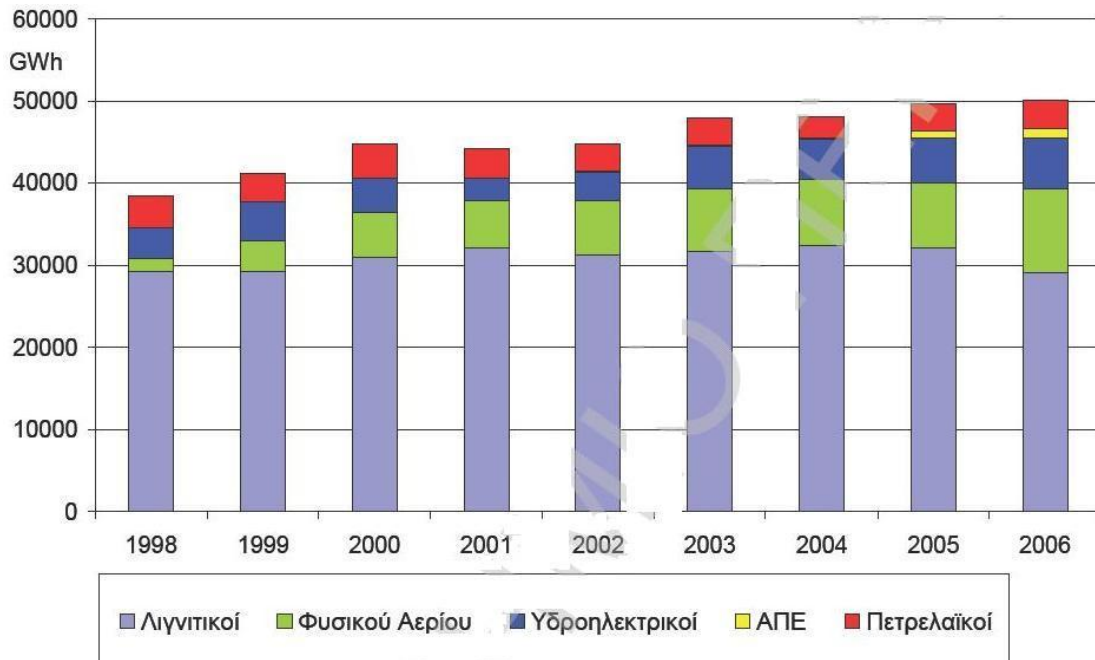
Στην Ελλάδα βρίσκονται έχουν υλοποιηθεί μερικά σημαντικά έργα φυσικού αερίου που έχουν αντίκτυπο στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και ισχυροποιούν τη θέση της χώρας στη διεθνή αγορά φυσικού αερίου. Κατασκευάστηκε ο αγωγός φυσικού αερίου από την Τουρκία στην Ελλάδα (Kagacabey – Κομοτηνή). Ο αγωγός μήκους 285 km έχει συνολική δυναμικότητα μεταφοράς 11-18 δισ. m<sup>3</sup> ετησίως και θα παρέχει στην ελληνική ΔΕΠΑ περίπου 0,75 δισ. m<sup>3</sup> ετησίως με προοπτική όμως αυτή η ποσότητα να αυξηθεί στο μέλλον.



Σχήμα 1.1.: Προβλέψεις Ζήτησης Φ.Α. στην Ελλάδα (σε δισ. κ.μ.) [Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης]

Επιπλέον, έχουν γίνει σημαντικά βήματα προετοιμασίας σχετικά με την κατασκευή του Ελληνο-Ιταλικού αγωγού φυσικού αερίου από τη Θεσσαλονίκη στο Οτράντο της Ιταλίας, ο οποίος στην τελική του φάση θα έχει τη δυνατότητα μεταφοράς περισσότερων από 8 δισ. m<sup>3</sup> φυσικού αερίου ετησίως. Στο παρακάτω σχήμα μπορεί να φανεί μία πρόβλεψη για την ζήτηση φυσικού αερίου στην Ελλάδα μέχρι το έτος 2015, σύμφωνα με το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2006 ανήλθε σε 59,2 TWh, σημειώνοντας ελαφρά μείωση της τάξεως του 0,5% σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος. Η μείωση αυτή συσχετίζεται με την ελαττωμένη εμφάνιση έντονων καιρικών φαινομένων σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η παραγωγή από λιγνίτη εμφανίζει μείωση λόγω των περιβαλλοντικών πιέσεων (πρόσθετο κόστος εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου) και λόγω αύξησης του μεριδίου που καταλαμβάνει το φυσικό αέριο (αλλά και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – ΑΠΕ).



**Σχήμα 1.2.:** Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

[Πηγή: ΔΕΗ, ΔΕΣΜΗΕ]

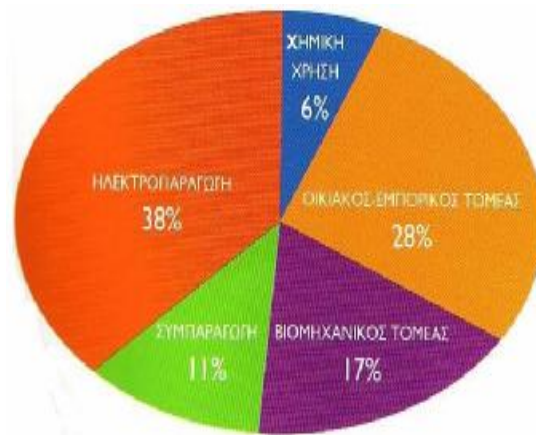
## 1.7. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Οι σημαντικότερες χρήσεις του φυσικού αερίου είναι οι ακόλουθες (Δημόσια Επιχείρηση αερίου, 2006):

- ▶ **Φυσικό αέριο στην Βιομηχανία.** Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται από βιομηχανίες για την κάλυψη των άμεσων και έμμεσων θερμικών αναγκών, καθώς και για την παραγωγή αμμωνίας. Η συνεχής παροχή του καυσίμου, οι μειωμένες εκπομπές ρύπων, το μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης και η αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία, καθιστούν την χρήση του φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα ιδιαίτερα ελκυστική.
- ▶ **Φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.** Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο το φυσικό αέριο εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς σε όλη την Ευρώπη. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού καθώς και οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου αποκτούν ιδιαίτερα επίκαιρο χαρακτήρα. Οι φυσικές αντιρρυπαντικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το φθινό κόστος παραγωγής και την υψηλή του απόδοση σε θερμική ενέργεια, το καθιστούν μοναδικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή.
- ▶ **Φυσικό αέριο για οικιακή χρήση.** Περισσότερο από 50 εκατομμύρια νοικοκυριά στην Ευρώπη και πάνω από τα μισά νοικοκυριά της Αμερικής χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο και εκμεταλλεύονται την αυτονομία, την ασφάλεια και την οικονομία που τους προσφέρει η μόνιμη και σταθερή παροχή του φυσικού αερίου στην θέρμανση, στο μαγείρεμα, στο ζεστό νερό και σε πολλές άλλες λειτουργίες του νοικοκυριού.
- ▶ **Φυσικό αέριο σε επιχειρήσεις του τριτογενούς τομέα.** Ξενοδοχεία και νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, μεγάλα κτίρια γραφείων, χώροι αναψυχής, εμπορικά κέντρα και καταστήματα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το φυσικό αέριο για θέρμανση των χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, μαγείρεμα καθώς και άλλες εξειδικευμένες εργασίες, εκμεταλλευόμενα τα πλεονεκτήματά του και επιτυγχάνοντας μεγάλες οικονομίες κλίμακας και απόλυτη λειτουργικότητα.



► **Φυσικό αέριο στην αυτοκίνηση.** Οι εφαρμογές του φυσικού αερίου συνεχώς επεκτείνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Ήδη σήμερα στο λεκανοπέδιο Αττικής κυκλοφορούν με φυσικό αέριο 415 λεωφορεία της ΕΘΕΛ, τα οποία ανεφοδιάζονται από τον σταθμό της ΔΕΠΑ στα Άνω Λιόσια, ενώ ο σταθμός της Ανθούσας θα μπορεί να ανεφοδιάζει επιπλέον 500 λεωφορεία. Ο Σταθμός Ανεφοδιασμού στην Ανθούσα Αττικής είναι ο δεύτερος που λειτουργεί στο λεκανοπέδιο, μετά από αυτόν στα Άνω Λιόσια. Είναι ο μεγαλύτερος σταθμός ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο στην Ευρώπη και διαθέτει ολοκληρωμένες οικολογικές εγκαταστάσεις με μηδενικές εκπομπές υδρογονανθράκων προς το περιβάλλον. Έχει τη δυνατότητα να ανεφοδιάζει έως και 36 λεωφορεία την ώρα με δυναμικότητα παράδοσης ωριαίως 5.000 κυβικών μέτρων φυσικού αερίου.



**Σχήμα 1.3.:** Αναμενόμενη κατανομή κατανάλωσης Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα, ανά τομέα χρήσης, κατά το έτος 2020 [Πηγή: ΔΕΠΑ]

Στο παραπάνω σχήμα, εμφανίζεται η προβλεπόμενη κατανομή της κατανάλωσης φυσικού αερίου στην Ελλάδα, ανά τομέα χρήσης, κατά το 2020.

Τα σημαντικότερα οφέλη από την χρήση του φυσικού αερίου είναι τα εξής:

► **Προστασία του περιβάλλοντος.** Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τυπικές τιμές μη ελεγχόμενων ρύπων, που εκπέμπονται κατά την καύση διαφόρων καυσίμων σε μονάδα ατμοπαραγωγής. Από τον πίνακα προκύπτει ότι το φυσικό αέριο εκπέμπει, σε σχέση με το μαζούτ, 4.700 φορές

λιγότερο διοξείδιο του θείου, 2 φορές λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα, 24 φορές λιγότερα σωματίδια, 3 φορές λιγότερους άκαυστους υδρογονάνθρακες και 1,7 φορές λιγότερα οξείδια του αζώτου. Ο μοναδικός ρύπος του οποίου η εκπομπή δεν μειώνεται σημαντικά με την χρήση φυσικού αερίου είναι τα οξείδια του αζώτου, καθώς ο σχηματισμός οξειδίων του αζώτου οφείλεται στο άζωτο που πάντα περιέχεται στον απαραίτητο για την καύση αέρα.

**Πίνακας 1.1.: Εκπεμπόμενοι Ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου**

Τύπος Καυσίμου	Σωματίδια	Οξείδια του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό Αέριο	4	100	0,3	17	1

Πηγή: ΔΕΠΑ

- ▶ **Εξοικονόμηση Ενέργειας.** Με την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο, κυρίως στις οικιακές και εμπορικές χρήσεις, θα αποφευχθούν οι απώλειες μετατροπής του σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και στη μεταφορά της. Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Λόγω της «καθαρότητας» των προϊόντων καύσης του φυσικού αερίου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών που έχουν ως συνέπεια ενεργειακές απώλειες.
- ▶ **Μείωση της εξάρτησης από πετρέλαιο.** Η χρήση του φυσικού αερίου θα έχει σημαντικές επιδράσεις στη δομή του ενεργειακού ισοζυγίου, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μειωθεί η εξάρτηση από το πετρέλαιο.
- ▶ **Τόνωση της βιομηχανικής απασχόλησης.** Το φυσικό αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης, σε

πολλούς βιομηχανικούς κλάδους. Παρέχει το κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του ενεργειακού εξοπλισμού των μονάδων. Ενισχύει την παραγωγή ποιοτικά ανωτέρων προϊόντων σε συγκεκριμένες βιομηχανίες.

## 1.8. ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εισαγωγή του φυσικού αερίου στην Ελλάδα αποφασίστηκε από την πολιτεία στα πλαίσια της προσπάθειας εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας. Το φυσικό αέριο είναι μια σύγχρονη και αποδοτική πηγή ενέργειας, που χρησιμοποιείται εύκολα και με ασφάλεια. Η υλοποίηση του αυτού του έργου έχει ανατεθεί στην Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) Α.Ε., ενώ η επένδυση χρηματοδοτείται κατά 75% περίπου από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Φούντη, 2003).

Η εισαγωγή και αξιοποίηση του Φυσικού Αερίου προϋποθέτουν την ύπαρξη κατάλληλης υποδομής, για την μεταφορά, την αποθήκευση και τη διανομή του. Η βασική υποδομή του Ελληνικού Συστήματος περιλαμβάνει:

- Τον κύριο αγωγό μήκους 511 χιλιομέτρων που εκτείνεται από τα βόρεια σύνορα μέχρι την Αττική, με παράπλευρους κλάδους μήκους 400 χιλιομέτρων.
- Τον τερματικό Σταθμό του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG), στην νησίδα Ρεβυθούσα στον κόλπο των Μεγάρων.
- Τα Δίκτυα Κατανομής και Διανομής Φυσικού Αερίου στις πόλεις, συνολικού μήκους 6.500 χιλιομέτρων περίπου.

Η ολοκλήρωση μεγάλου μέρους της υποδομής αυτής επέτρεψε την τροφοδότηση με αέριο του πρώτου βιομηχανικού καταναλωτή μέσα στο 1996. Οι συνολικές ποσότητες του Φυσικού Αερίου, σε πλήρη ανάπτυξη της αγοράς αναμένεται να φθάσουν στα 4 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το χρόνο περίπου.

Η δημιουργία του δικτύου για τη μεταφορά του Φυσικού Αερίου αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα αναπτυξιακά έργα που πραγματοποιήθηκαν στη χώρα. Το Φυσικό Αέριο εισάγεται στη χώρα μας μέσω αγωγών υψηλής πίεσης. Τα σημεία εισόδου του συστήματος μεταφοράς Φυσικού Αερίου είναι τρία.

Το πρώτο είναι στα **ελληνοβουλγαρικά σύνορα**, από όπου το Φυσικό Αέριο εισέρχεται στον κεντρικό αγωγό από τη Ρωσία (Gazexport) και σε ποσότητα 2,4 δις. m<sup>3</sup> ετησίως μέχρι το 2016. Ο κεντρικός αγωγός έχει συνολικό μήκος 599 χλμ. και

είναι υψηλής πίεσης 70 bar. Εκτείνεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως το Λαύριο Αττικής και από τη Θεσσαλονίκη έως τα ελληνοτουρκικά σύνορα (Κήποι). Το δεύτερο σημείο εισόδου είναι στα **ελληνοτουρκικά σύνορα**, όπου το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου διασυνδέεται με το τουρκικό σύστημα μεταφοράς. Το τρίτο σημείο εισόδου Φυσικού Αερίου βρίσκεται στη **νήσο Ρεβυθούσα** στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, όπου υπάρχουν οι εγκαταστάσεις εκφόρτωσης, αποθήκευσης και επαναεριοποίησης του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου από την Αλγερία σε υγροποιημένη μορφή (LNG), με ειδικό δεξαμενόπλοιο στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης της Ρεβυθούσας. Η ελάχιστη ετήσια ποσότητα είναι 0,68 δις κ.μ., με δυνατότητα μελλοντικής αύξησης.

Οι εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου (Υ.Φ.Α.) στη νήσο Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων Αττικής, αποτελούν τμήμα της βασικής υποδομής του έργου. Πρόκειται για μία σύγχρονη μονάδα που αποσκοπεί στην κάλυψη των αιχμών ζήτησης φυσικού αερίου και στην αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Περιλαμβάνει δύο δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου, συνολικής χωρητικότητας 130.000 εκ. m<sup>3</sup>, εγκαταστάσεις ελλιμενισμού δεξαμενόπλοιων, κρυογενικές εγκαταστάσεις και αεροποιητές για την επαναεριοποίηση του υγροποιημένου αερίου. Για την τροφοδοσία του Συστήματος Μεταφοράς, έχει κατασκευαστεί δίδυμος αγωγός που συνδέει τη Ρεβυθούσα με την ακτή της Αγ. Τριάδας. Το Δεκέμβριο του 1999 ολοκληρώθηκε η κατασκευή του Τερματικού Σταθμού, ενώ από το Φεβρουάριο του 2000 ο Σταθμός βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία. Για τη μεταφορά του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, έχει ναυλωθεί δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 29.500 m<sup>3</sup> Υ.Φ.Α.

Η ΔΕΠΑ βρίσκεται στη φάση εκτέλεσης μελέτης σκοπιμότητας για την επέκταση του Σταθμού, τόσο από πλευράς δυναμικότητας αποθηκευμένων ποσοτήτων (3<sup>η</sup> δεξαμενή) όσο και από πλευράς αύξησης της στιγμιαίας παροχής φυσικού αερίου προς το Εθνικό Δίκτυο Μεταφοράς.

Η πορεία του Φυσικού Αερίου συνεχίζεται μέσα από δίκτυα μέσης (19bar) και τελικά χαμηλής πίεσης (4bar). Τα δίκτυα Μέσης Πίεσης (19bar) έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο, Οινόφυτα, Θήβα, ευρύτερη περιοχή Χαλκίδας, Λαμία, Πλατύ Ημαθίας, Κατερίνη, Κιλκίς, Σέρρες, Δράμα, Ξάνθη, Καβάλα, Αλεξανδρούπολη, Κομοτηνή και έχουν αποδέκτες βιομηχανικούς καταναλωτές. Τα δίκτυα Χαμηλής Πίεσης (4bar) έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο, Οινόφυτα,

Κιλκίς, Ξάνθη, Κομοτηνή και εξυπηρετούν οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις (Δημόσια Επιχείρηση αερίου, 2006, Kantor Capital, 2003).

Το δίκτυο μεταφοράς του Φυσικού Αερίου περιλαμβάνει ακόμα: **1)** Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς Σταθμούς για την παροχή αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης, **2)** Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών, **3)** Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης στην Αττική, τη Θεσσαλονίκη και τη Θεσσαλία, **4)** Συνοριακό Σταθμό Εισόδου (Border Station).



**Εικ. 1.2.:** Χάρτης εγκαταστάσεων και δικτύου μεταφοράς πετρελαίου/ φυσικού αερίου [Πηγή: ΔΕΠΑ]

Το σύστημα του φυσικού αερίου έχει ως σκοπό την ασφαλή τροφοδοσία των μεγάλων καταναλωτικών κέντρων της χώρας και αποτελείται από: **(α)** το δίκτυο μεταφοράς, **(β)** τον τερματικό σταθμό αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυνθούσα και **(γ)** το σύστημα διανομής στους καταναλωτές. Το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:

- ▶ Κεντρικός αγωγός μεταφοράς αερίου υψηλής πίεσης (70 bar), από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα μέχρι την Αττική, συνολικού μήκους 512 χλμ.
- ▶ Κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης προς την ανατολική Μακεδονία και Θράκη, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο και την Αττική, συνολικού μήκους 440 χλμ.
- ▶ Μετρητικοί και ρυθμιστικοί σταθμοί για τη μέτρηση της παροχής αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης, Συνοριακός Σταθμός Εισόδου
- ▶ Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών
- ▶ Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης, στην Αττική, τη Θεσσαλονίκη, τη Θεσσαλία και στην Ξάνθη

Το Φυσικό Αέριο βρίσκει εφαρμογές σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι ο βιομηχανικός τομέας για θερμικές και χημικές χρήσεις (καύσιμο ή πρώτη ύλη) θα φθάσει σταδιακά να απορροφά το 23% των συνολικών ποσοτήτων. Αντίστοιχα για τον εμπορικό και οικιακό τομέα το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 28% και προορίζεται να καλύψει κυρίως ανάγκες σε θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό. Ένα σημαντικό μέρος των ποσοτήτων Φυσικού Αερίου, το 38% θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με χρήση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Περίπου το 11% των ποσοτήτων Φυσικού Αερίου προβλέπεται να απορροφηθεί από την αγορά της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.

Με τη χρησιμοποίηση του Φυσικού Αερίου θα μειωθεί η εξάρτηση της χώρας μας από τα πετρελαϊκά καύσιμα και θα εκσυγχρονισθεί σημαντικά ο θερμικός εξοπλισμός των βιομηχανιών, ενώ ο οικιακός καταναλωτής θα απολαύσει τα πλεονεκτήματα ενός οικονομικού, εύχρηστου, καθαρού και ασφαλούς καυσίμου.

Ιδιαίτερα θετικές θα είναι οι επιπτώσεις από την υλοποίηση του έργου στην βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, αφού με τη χρήση του Φυσικού Αερίου θα περιοριστούν οι εκπομπές επικίνδυνων για την υγεία ρυπαντών, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για περιβαλλοντικά επιβαρυνόμενες αστικές και βιομηχανικές περιοχές.

Σημαντικά οφέλη θα υπάρξουν επίσης και στον τομέα της απασχόλησης, καθώς θα δημιουργηθεί μεγάλος αριθμός νέων θέσεων εργασίας.

## 2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα φυσικά αέρια δημιουργήθηκαν προ πολλών εκατομμυρίων ετών στους πυθμένες θαλασσών από μεγάλες ποσότητες μικροοργανισμών τη απουσία αέρα και υπό την επίδραση βακτηριδίων. Κατά την διάρκεια γεωλογικών αιώνων, δηλ σε εκατομμύρια ετών, αυτό το υλικό βυθίσθηκε και καταπλακώθηκε από μεγάλα στρώματα γης. Το αέριο, που παρήχθη κατ' αυτόν τον τρόπο κατέφυγε στους πόρους του μητρικού στρώματος, όπου και συγκρατήθηκε προσωρινά.

Το φυσικό αέριο, που βγαίνει από την γη δεν είναι καθαρό. Περιέχει επιβλαβή ή και αδρανή στοιχεία. Κύριο επιβλαβές στοιχείο είναι το υδρόθειο, που μπορεί να περιέχεται σε μεγάλη αναλογία. Φυσικά αέρια, που περιέχουν υδρόθειο  $H_2S > 1\%$  κατ' όγκον χαρακτηρίζονται σαν όξινα αέρια. Φυσικά αέρια με περιεκτικότητα σε  $H_2S < 1\%$  χαρακτηρίζονται σαν ισχνά αέρια (lean gas, magergas). Αυτά μπορεί να αποθειωθούν με απλές μεθόδους. Καμιά φορά δίδονται και σε πλησίον κείμενους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς και χωρίς αποθείωση. Τα ελεύθερα υδροθείου αέρια χαρακτηρίζονται σαν γλυκά αέρια. Η αποθείωση πάντως οξίνων φυσικών αερίων είναι μια δύσκολη διαδικασία, με μεγάλο κόστος.

Φυσικό αέριο βρίσκεται και στις πετρελαιοπηγές αναμεμιγμένο με το πετρέλαιο. Όπως το πετρέλαιο ανεβαίνει προς την επιφάνεια της γης μειώνεται η πίεση εκλύεται αέριο και δημιουργείται αφρός, όπως ακριβώς συμβαίνει, αν ανοίξουμε προσεκτικά μια σαμπάνια. Ο διαχωρισμός αερίου και πετρελαίου γίνεται τελικά σε υπό πίεση δεξαμενές στην επιφάνεια της γης. Τα φυσικά αυτά αέρια περιέχουν συνήθως σημαντικό ποσοστό βαρύτερων αερίων υδρογονανθράκων, που πρέπει να διαχωριστούν και μπορούν να αποθηκευθούν υπό πίεση ως υγραέρια κατά τα προηγούμενα.

Τα φυσικά αέρια περιέχουν επίσης υδρατμό. Όπως συμβαίνει και με τον αέρα και το μίγμα “φυσικά αέριο” μπορεί να έχει υγρασία. Η απομάκρυνση των υδρατμών είναι αναγκαία για δύο λόγους. Πρώτον γιατί υπό ορισμένες συνθήκες πίεσεως και θερμοκρασίας σχηματίζουν με τους υδρογονάνθρακες ενώσεις κρυσταλλικές (τις λεγόμενες, Gas-Hydrate), που υπό μορφή χιονιού δημιουργούν βουλώματα στους αγωγούς. Δεύτερον γιατί σε συνδυασμό με το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα επίσης συστατικά του αερίου προκαλούν διαβρώσεις (Corrosion) στους αγωγούς. Η ξήρανση των αερίων γίνεται μέχρι σημείου δρόσου - 5 έως - 20°C για πιέσεις 70 έως 80 bar.

Η απομάκρυνση των υδρατμών από τα φυσικά αέρια γίνεται κυρίως, είτε με βαθιά ψύξη, είτε με υγρά απορροφητικά υλικά (σε ειδικές περιπτώσεις και με στερεά) κυρίως δε με γλυκόλη. Η βαθιά ψύξη γίνεται με εκτόνωση και όταν δεν επαρκεί αυτή με πρόσθετη ψύξη, που ως επί το πλείστον προηγείται της εκτονώσεως.

Οι φυσικές ιδιότητες του φυσικού αερίου εξαρτώνται από τη σύσταση του και από την περιεκτικότητα του στις συστατικές του χημικές ενώσεις. Οι ιδιότητες αυτές προσδιορίζονται με μαθηματικούς υπολογισμούς που βασίζονται στη σύνθεση του ή πειραματικά με εργαστηριακές αναλύσεις.

**Πίνακας 2.1.: Τυπική σύσταση φυσικού αερίου που εισάγεται στην Ελλάδα**

ΣΥΣΤΑΣΗ	ΡΩΣΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε :		
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	98	91,2
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0,6	6,5
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,2	1,1
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,2	0,2
Πεντάνιο και βαρύτερα	0,1	-
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	0,8	1,0
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	0,1	-
Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη	από 8,600 kcal/Nm <sup>3</sup>	από 9,640 kcal/Nm <sup>3</sup>
	έως 9,200 kcal/Nm <sup>3</sup>	έως 10,650 kcal/Nm <sup>3</sup>



Το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο. Δεν πρέπει να σχετίζεται με υγραέριο βουτάνιο ή προπάνιο που είναι συνήθως παράγωγο καύσιμο από τα διυλιστήρια. Το Φ.Α. είναι ελαφρύτερο από τον αέρα (σχετική πυκνότητα περίπου 0.55). Το υγραέριο είναι βαρύτερο από τον αέρα (σχετική πυκνότητα περίπου 1.8). Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του Φ.Α. κυμαίνεται περίπου από 8500 -11000 Kcal/Nm<sup>3</sup>. Η Α.Θ.Δ. του υγραερίου είναι υψηλότερη, 23000-30000 Kcal/Nm<sup>3</sup>. Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4,5% -15% ενώ του υγραερίου είναι 2% - 9,3%.

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Σ.Η.Θ.) είναι μία από τις αποδοτικές χρήσεις του Φ.Α., παρέχοντας οικονομική εναλλακτική λύση στις περιπτώσεις εκείνες που απαιτούνται ταυτόχρονα σημαντικές ποσότητες θερμικών φορτίων και ηλεκτρισμού. Συμπαραγωγή είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (ή ψύξης) από την ίδια ενεργειακή μονάδα. Τα πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής είναι η αυξημένη συνολική ενεργειακή απόδοση (έως 85%), η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων καθώς και η ενεργειακή αυτονομία που προσφέρει.

### Ø Μέτρηση του όγκου

Ο όγκος του αερίου μπορεί να μετρηθεί υπό διάφορες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, αλλά ανάγεται πάντοτε σε πρότυπες τιμές για τη διευκόλυνση των οικονομικών υπολογισμών. Ειδικότερα, για το φυσικό αέριο χρησιμοποιούνται κατά κανόνα δυο διαφορετικές μονάδες μέτρησης του όγκου: **1)** το Κανονικό κυβικό μέτρο (Nm<sup>3</sup>), είναι η μονάδα του φυσικού αερίου υπό συνθήκες 0°C και 1013 mbar, **2)** το Πρότυπο κυβικό μέτρο (Stm<sup>3</sup>), είναι η μονάδα όγκου του αερίου υπό συνθήκες 15°C και 1013 mbar.

### Ø Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη (ανώτερη και κατώτερη) μπορεί να υπολογισθεί θεωρητικά εφόσον είναι γνωστή η σύνθεση του εξεταζόμενου αερίου. Η μέτρηση της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης μπορεί να πραγματοποιηθεί και στο εργαστήριο με τη βοήθεια ειδικών οργάνων τα οποία ονομάζονται «θερμιδόμετρα» και μετρούν τη θερμότητα που μεταβιβάζεται σε έναν αγωγό θερμότητας (στην προκειμένη περίπτωση στο νερό) από τη καύση της μονάδας όγκου ενός αερίου.

Αποτελεί την ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται κατά την τέλεια καύση υπό σταθερή πίεση ενός m αερίου όταν τα προϊόντα της καύσης αναχθούν στην αρχική θερμοκρασία. Ειδικότερα, διακρίνονται δυο τύποι θερμογόνου δύναμης:

- **Ανώτερη θερμογόνος δύναμη ( $H_o$ )**

Η Α.Θ.Δ. είναι η ενέργεια ανά μονάδα μάζας καυσίμου, που απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση του, όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων που παράγονται φθάσει στους 25°C και οι παραγόμενοι υδρατμοί υγροποιηθούν απελευθερώνοντας έτσι τη θερμότητα συμπύκνωσής τους. Μονάδα μέτρησής της είναι:  $J/Nm^3$

- **Κατώτερη θερμογόνος δύναμη ( $H_u$ )**

Η Κ.Θ.Δ. είναι η ενέργεια ανά μονάδα μάζας του καυσίμου, που εκλύεται μετά από πλήρη καύση με την υποθετική προϋπόθεση, ότι τα καυσαέρια φθάνουν στους 25°C αλλά οι υδρατμοί δεν υγροποιούνται κρατώντας έτσι δεσμευμένη την ενέργεια συμπύκνωσής τους. Γι' αυτό είναι:  $K.Θ.Δ. < A.Θ.Δ.$

## 2.2. ΦΥΣΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

Τα φυσικά αέρια αποτελούνται κυρίως από μεθάνιο ενώ απουσιάζει τελείως από τη σύστασή τους το μονοξείδιο του άνθρακα το οποίο σημειωτέον είναι τοξικό. Δύο τύποι φυσικών αερίων διανέμονται στην Ευρώπη:

- Τα ονομαζόμενα ομάδα H, των οποίων η ανώτερη θερμογόνος δύναμη κυμαίνεται μεταξύ 10,7 και 13,1  $kWh/m^3$  (n).
- Τα ονομαζόμενα ομάδα L, των οποίων η ανώτερη θερμογόνος δύναμη κυμαίνεται μεταξύ 8,4 και 10,5  $kWh/m^3$  (n).

Στην πραγματικότητα, το μοναδικό αέριο L είναι το αέριο του Groningen. Τα αέρια αυτά αντικαθίστανται σταδιακά από αέρια ομάδας H.

Όλα τα άλλα γνωστά κοιτάσματα, συνήθως αποτελούνται από αέρια ομάδας H. Όσον αφορά στην Ελλάδα τα αέρια που θα διανέμονται από το έτος 1996 είναι: **1)** Το αέριο της Ρωσικής Δημοκρατίας της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, **2)** Το Αλγερινό φυσικό αέριο.

Και τα δύο ανήκουν στην ομάδα H, οι τυπικές τους συστάσεις εμφανίζονται στον Πίνακα 2.2 μαζί με τις συστάσεις και άλλων αερίων διαφορετικής προέλευσης.

**Πίνακας 2.2.: Σύσταση αερίων καυσίμων**

Αέριο καύσιμο		Υδρογονάνθρακες					H <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>					
Φυσικό Αέριο	Ρωσικό	98,0	0,6	0,2	0,2	0,1	–	–	0,8	0,1	–
	Αλγερινό	91,2	6,5	1,1	0,2	–	–	–	1,0	–	–
	Βόρειας Θάλασσας	88,6	4,6	1,1	0,3	0,1	–	–	3,9	1,4	–
	Groningen	82,9	3,2	0,6	0,2	0,1	–	–	12,0	1,0	–
	Lacq	96,8	2,2	0,3	0,1	0,1	–	–	0,5	–	–
Αέριο ΔΕΦΑ		71,1	–	–	–	6,7	15,4	0,9	–	5,9	–

### 2.3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι ιδιότητες των αερίων καυσίμων που συσχετίζονται περισσότερο με την καύση είναι η σχετική πυκνότητα, η θερμογόνο δύναμη και ο δείκτης Wobbe.

#### α. Πυκνότητα και Σχετική Πυκνότητα

Πυκνότητα ( $\rho$ ) είναι η μάζα που περιέχεται σε ένα κυβικό μέτρο ( $m^3$ ) αερίου υπό Κανονικές Συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Εκφράζεται δε σε  $kg/m^3$  ( $\eta$ ).

Η πυκνότητα των αερίων καυσίμων σε οποιοδήποτε συνθήκες, είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, της πίεσης και του συντελεστή συμπίεστικότητας ( $Z$ ).

Σχετική πυκνότητα ( $d$ ) είναι η σχέση μεταξύ της πυκνότητας του αερίου και του αέρα, στην ίδια θερμοκρασία και πίεση και είναι, μπορούμε να πούμε ανεξάρτητη από τις συνθήκες αναφοράς. Η σχετική πυκνότητα είναι αδιάστατος αριθμός.

Τα βιομηχανικά αέρια καύσιμα και τα φυσικά αέρια είναι ελαφρύτερα από τον αέρα. Το προπάνιο, το βουτάνιο το μίγμα καθώς και τα μίγματα τους με τον αέρα είναι βαρύτερα από τον αέρα. Αυτή η ιδιότητα είναι σημαντική για την αντιμετώπιση των προβλημάτων εξαερισμού των χώρων, όπου βρίσκονται εγκατεστημένες θερμικές συσκευές που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα.

Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά των αερίων χρησιμοποιούνται σε αρκετούς υπολογισμούς όπως π.χ.: **α)** των απωλειών πίεσης στις σωληνώσεις, **β)** των παροχών των εκχυτήρων των καυστήρων, **γ)** των δεικτών εναλλαξιμότητας αερίων καυσίμων.

Οι τιμές για τα μεγέθη  $\rho$  και  $d$ , δίνονται μαζί με τις θερμογόνες δυνάμεις στον Πίνακα 2.3.

**Πίνακας 2.3: Ιδιότητες αερίων καυσίμων**

Αέριο καύσιμο		Θερμογόνος Δύναμη				Πυκ- νότη- τα	Σχετική Πυκνό- τητα	Θερμογόνος Δύναμη / Μονάδα Μάζας				Λόγος ΚΘΔ/ΑΘΔ
		Ανώτερη		Κατώτερη				Ανώτερη		Κατώτερη		
		KWh/m <sup>3</sup> (n) MJ/m <sup>3</sup> (n)	KWh/m <sup>3</sup> (n) MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kg/m <sup>3</sup> (n)	---			kWh/ Kg	MJ/ kg	kWh/ Kg	MJ/ kg	
Φυσικό Αέριο	Ρωσικό	11,1	40,2	10,0	36,2	0,74	0,57	15,0	54	13,5	48,6	0,90
	Αλγερινό	11,8	42,3	10,6	38,2	0,78	0,60	15,1	54,4	13,6	18,9	0,90
	Βόρειας Θάλασσας	11,2	40,2	10,1	36,2	0,81	0,62	13,8	49,8	12,5	44,9	0,90
	Groningen	10,1	36,3	9,1	32,7	0,83	0,64	12,2	43,9	11,0	39,5	0,90
	Lacq	11,3	40,8	10,2	36,7	0,74	0,57	15,3	55,1	13,8	49,6	0,90
Αέριο ΔΕΦΑ		11,6	41,8	10,5	37,8	0,89	0,68	13,0	46,9	11,8	42,5	0,90

### β. θερμογόνος Δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου είναι η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την τέλεια καύση με αέρα υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση (1,013 bar) της ποσοτικής μονάδας του καυσίμου, όταν αυτό όπως και το οξειδωτικό μέσο έχουν θερμοκρασία 0°C και τα προϊόντα της καύσης ψύχονται στους 0°C.

Μονάδες θερμότητας που χρησιμοποιούνται είναι η kWh και το MJ (1 kWh = 3,6 MJ). Η ποσοτική μονάδα του αερίου καυσίμου είναι το κανονικό κυβικό μέτρο αερίου [m<sup>3</sup>(n)] δηλαδή η μάζα του αερίου που περιέχεται σε ένα κυβικό μέτρο στους 0°C, κάτω από πίεση 1,013 bar.

Χρησιμοποιείται ακόμη σαν ποσοτική μονάδα το χιλιόγραμμο (kg) κυρίως όμως για τα υγραέρια. Η θερμογόνος δύναμη ενός αερίου καυσίμου εκφράζεται σε kWh/m<sup>3</sup> (π) ή σε kWh/kg.

Η θερμογόνος δύναμη καλείται ανώτερη (ΑΘΔ) όταν το νερό που προκύπτει από την καύση του στοιχείου υδρογόνου των υδρογονανθράκων θεωρείται ότι βρίσκεται σε υγρή κατάσταση στα προϊόντα της καύσης.

Η θερμογόνος δύναμη καλείται κατώτερη (ΚΘΔ), όταν το νερό που προκύπτει από την καύση θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ατμού στα προϊόντα της καύσης (όπως συνήθως συμβαίνει στην πράξη).

Ο λόγος ΚΘΔ/ΑΘΔ για όλα τα καύσιμα εξαρτάται από την αναλογία του άνθρακα και του υδρογόνου στο αέριο καύσιμο. Για τους καθαρούς κεκορεσμένους

υδρογονάνθρακες η αναλογία C/H αυξάνει καθώς προχωρούμε από το μεθάνιο προς τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Αλλά για τα συνήθη αέρια καύσιμα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4 γενικά ισχύει  $KΘΔ/ΑΘΔ = 0,9$ .

Η Θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα μάζας είναι λόγος  $AΘΔ/ρ$  και εκφράζεται σε kWh/kg ή MJ/kg. Χρησιμοποιείται κυρίως για το βουτάνιο, το προπάνιο και το μίγμα τους που πωλούνται υγροποιημένα.

Η σύγκριση ανάμεσα στα διάφορα αέρια καύσιμα δείχνει ότι, τα φυσικά αέρια καθώς και τα υγραέρια, δηλαδή οι συνήθεις υδρογονάνθρακες, έχουν την ίδια τιμή του λόγου θερμογόνου δύναμης ανά μονάδα μάζας και ότι αυτή είναι σημαντικά ανώτερη των βιομηχανικών αερίων καυσίμων.

#### **γ. Δείκτης Wobbe**

Ο ρυθμός παροχής ενέργειας σε ένα καυστήρα (ισχύς εξόδου) εξαρτάται από δύο παράγοντες: **1)** Το ρυθμό ροής όγκου (μάζας) του καυσίμου, **2)** Τη θερμογόνο δύναμη του συγκεκριμένου καυσίμου.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την καύση είναι ανάλογη προς το γινόμενο του ρυθμού ροής όγκου και της θερμογόνου δυνάμεως.

Είναι γνωστό ότι σε αέρια καύσιμα που τροφοδοτούνται σε χαμηλές πιέσεις ο ρυθμός ροής του όγκου είναι ανάλογος της τετραγωνικής ρίζας της πίεσης και αντιστρόφως ανάλογος προς την τετραγωνική ρίζα της σχετικής του πυκνότητας.

Στις περιπτώσεις που τροφοδοτούνται διαφορετικά αέρια καύσιμα κάτω από ίδιες συνθήκες σε μία συσκευή ο δείκτης αυτός προσδιορίζει την αλλαγή (αύξηση ή μείωση) στην ισχύ εισόδου της συσκευής.

Αν θέλουμε να διατηρήσουμε λοιπόν τη ίδια ισχύ σε μία συσκευή όταν έχουμε δύο αέρια καύσιμα με διαφορετικό δείκτη Wobbe θα πρέπει να αλλάξουμε την πίεση τροφοδοσίας

Ο δείκτης Wobbe χρησιμοποιείται επίσης για να προσδιορίσουμε τη δυνατότητα εναλλαγής δύο αερίων καυσίμων σε μία συσκευή όπως επίσης και στην ταξινόμηση γενικότερα των αερίων καυσίμων.

## 2.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Σήμερα, η διάκριση εκείνη των αερίων καυσίμων, που είναι ευρύτερα διαδεδομένη στον κόσμο στηρίζεται αφενός μεν στην προέλευση τους, αφ' ετέρου δε στις ιδιότητες και στα χαρακτηριστικά της καύσης τους. Υπάρχουν τρεις βασικές οικογένειες, η πρώτη όπου ανήκουν τα βιομηχανικά αέρια, η δεύτερη για τα φυσικά αέρια και η τρίτη για τα υγραέρια.

Για τα μίγματα των υγραερίων με αέρα, των οποίων οι εφαρμογές όσο πάει και αυξάνονται, υπάρχει η τάση να θεωρείται ότι ανήκουν σε ξεχωριστή οικογένεια (τέταρτη οικογένεια). Οι οικογένειες των αερίων καυσίμων και τα χαρακτηριστικά τους εμφανίζονται στους Πίνακες 2.4, 2.5, 2.6 και 2.7.

**Πίνακας 2.4: 1<sup>η</sup> Οικογένεια αερίων καυσίμων**

Χαρακτηριστικά		Ομάδα Α			Ομάδα Β		
		kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe		6,4-7,8	23,0-28,1	5.504-6.708	7,8-9,3	28,1-33,5	6.708-7.998
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	Διακύμανση	4,5-5,5	16,6-19,8	3.956-4.730	5,5-5,9	18,0-21,2	4.300-5.074
	Ονομ. τιμή	4,9	17,6	4.214	5,5	19,8	4.730
Σχετική πυκνότητα		0,40-0,60			0,32-0,55		
Τύπος αερίου		Αέριο πόλεως			Αέριο κωκερίας, τηλαέριο		

**Πίνακας 2.5: 2<sup>η</sup> Οικογένεια αερίων καυσίμων**

Χαρακτηριστικά		Ομάδα L			Ομάδα H		
		kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe	Διακύμανση	10,5-13,0	37,8-46,8	9.030-11.180	12,8-15,7	46,1-56,5	11.008-13.502
	Ονομ. τιμή	12,4	44,6	10.664	15,0	54,0	12.900
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη		8,4-13,1 kWh/m <sup>3</sup> (n) 30,0-47,2 MJ/m <sup>3</sup> (n) 7.224-11.266 kcal/m <sup>3</sup> (n)					
Σχετική πυκνότητα		0,55-0,70					
Τύπος αερίου		Φτωχά φυσικά αέρια & εναλλάξιμα			Πλούσια φυσικά αέρια & εναλλάξιμα		

**Πίνακας 2.6: 3<sup>η</sup> Οικογένεια αερίων καυσίμων**

ΕΙΔΟΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ
ΠΡΟΠΑΝΙΟ	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	95% κατά μάζα (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ) κυρίως όμως C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
ΒΟΥΤΑΝΙΟ	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	95% κατά μάζα (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> ) κυρίως όμως C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
ΜΙΓΜΑ	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> + C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	60% κατά μάζα Υδρογονάνθρακες C <sub>4</sub> κατά μέγιστο

**Πίνακας 2.7: 4<sup>η</sup> Οικογένεια αερίων καυσίμων**

Χαρακτηριστικά	Μίγμα υγραερίου - αέρα			Μίγμα φυσικού αερίου - αέρα		
	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)	kWh/m <sup>3</sup> (n)	MJ/m <sup>3</sup> (n)	Kcal/m <sup>3</sup> (n)
Δείκτης Wobbe	6,8-7,0	24,5-25,2	5.848-6.020	7,0	25,2	6.020
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	7,5	27,0	6.450	6,0-6,4	21,6-23,0	5.160-5.504
Σχετική πυκνότητα	1,15-1,22			0,75-0,85		

## 2.5. ΚΑΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ. ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΥΣΗΣ

Τα προϊόντα καύσης των αερίων καυσίμων μετά την ολοκλήρωση των αντιδράσεων είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που βρίσκονται σε χημική ισορροπία. Για να ξεκινήσουν και να εξαπλωθούν οι αντιδράσεις της καύσης, πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- α. Το αέριο και το οξειδωτικό να είναι καλά αναμεμιγμένα.
- β. Το αέριο και το οξειδωτικό να βρίσκονται σε τέτοιες αναλογίες ώστε το μίγμα να είναι αναφλέξιμο.
- γ. Ένα σημείο του μίγματος αυτού να υψωθεί σε θερμοκρασία υψηλότερη της θερμοκρασίας ανάφλεξης.

Για να είναι δυνατή η συνέχιση της καύσης πρέπει επιπλέον:

- α. Να απομακρύνονται τα προϊόντα της καύσης αμέσως μόλις αυτά σχηματιστούν.
- β. Να συνεχίζεται η τροφοδότηση της συσκευής με καύσιμο και οξειδωτικό.
- γ. Η φλόγα να βρίσκεται σταθεροποιημένη στην κεφαλή του καυστήρα.

## 2.6. ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΗΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΥΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ

Ορισμένες ιδιότητες των αερίων καυσίμων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τεχνική της καύσης αλλά και στην εκμετάλλευση της χημικής ενέργειας που περιέχουν.

### α. Θερμοκρασία Ανάφλεξης

Η θερμοκρασία ανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία αρχίζει και επεκτείνεται η καύση σε όλη τη μάζα ενός ομογενούς μίγματος καυσίμου - αέρα. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται από ορισμένους και θερμοκρασία αυτανάφλεξης.

Σε πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική η θερμοκρασία ανάφλεξης για τους υδρογονάνθρακες (κυρίως  $\text{CH}_4$  και  $\text{C}_2\text{H}_6$ ) μειώνεται ελαφρώς με την αύξηση της πίεσης του μίγματος καυσίμου - αέρα. Για άλλα αέρια καύσιμα η μεταβολή είναι περισσότερο πολύπλοκη και υπάρχει μια περιοχή πιέσεων στην οποία επιτυγχάνονται “κρύες φλόγες” με θερμοκρασίες έναυσης που κυμαίνονται ανάμεσα στους  $300^\circ$  και  $400^\circ\text{C}$ .

Σε πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική η καμπύλη της θερμοκρασίας ανάφλεξης έχει ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο. Τα δύο αυτά σημεία έχουν τιμές που διαφέρουν ελάχιστα από τη θερμοκρασία ανάφλεξης σε ατμοσφαιρική πίεση.

Οι θερμοκρασίες ανάφλεξης για μίγματα αερίου - οξυγόνου είναι χαμηλότερες από εκείνες για τα μίγματα αερίου - αέρα (Πίνακας 2.8).

**Πίνακας 2.8: Θερμοκρασίες ανάφλεξης αερίων καυσίμων**

Αέριο καύσιμο	Αέριο – Αέρας $^\circ\text{C}$	Αέριο – Οξυγόνο $^\circ\text{C}$
Μεθάνιο	632	556
Μονοξείδιο του άνθρακα	609	588
Προπάνιο	493	468
Βουτάνιο	408	283
Υδρογόνο	572	560

### β. Θεωρητική θερμοκρασία Στοιχειομετρικής Καύσης

Θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης ονομάζουμε τη θερμοκρασία εκείνη την οποία θα είχαν τα προϊόντα της καύσης εάν όλη η εκλυόμενη



κατά την αντίδραση θερμότητα χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για να τα θερμάνει.

## 2.7. ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΝΗΘΗ ΑΕΡΙΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Οι θεωρητικές θερμοκρασίες καύσης για τα αέρια καύσιμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.9. Οι τιμές αυτές στον πίνακα αφορούν μίγματα αέρα - αερίου αρχικά ψυχρά. Σημειώνουμε ότι όσον αφορά στα φυσικά αέρια μία ανύψωση της θερμοκρασίας του στοιχειομετρικού μίγματος κατά 100°C, προκαλεί ανύψωση της θεωρητικής θερμοκρασίας στοιχειομετρικής καύσης κατά 37°C. Για τα μίγματα αερίου - οξυγόνου όπως φαίνεται στον ίδιο πίνακα η θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης είναι υψηλότερη των αντιστοίχων μιγμάτων αερίου - αέρα κατά 800°C περίπου.

**Πίνακας 2.9: Θεωρητικές θερμοκρασίες στοιχειομετρικής καύσης**

Αέριο καύσιμο		Αέριο – Αέρας °C	Αέριο – Οξυγόνο °C
Φυσικό Αέριο	Ρωσικό	1.945	2.770
	Αλγερινό	1.955	2.780
	Βόρειας Θάλασσας	1.945	2.765
	Groningen	1.930	2.750
	Lacq	1.950	2.780
Αέριο ΔΕΦΑ		1.930	2.750

## 2.8. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η καύση στην πραγματικότητα είναι ένα φαινόμενο που συνοδεύεται σχεδόν πάντοτε με απώλειες θερμότητας. Η θεωρητική θερμοκρασία που αναφέρθηκε παραπάνω δεν επιτυγχάνεται ποτέ (υπονοείται και από τον όρο θεωρητική) και κατά συνέπεια μόνο με υπολογιστική μέθοδο μπορεί κανείς να την προσεγγίσει. Η αρχή εξάλλου της μεθόδου αυτής συνίσταται στον καθορισμό της θερμοκρασίας εκείνης στην οποία το σύνολο του θερμικού περιεχομένου όλων των ενώσεων των υγρών προϊόντων της καύσης ταυτίζεται με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη.

Πάνω από τους 1700°C τα προϊόντα της τέλει καύσης CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O διασπώνται εν μέρει και εμφανίζονται ενώσεις και στοιχεία όπως CO, H<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Ο βαθμός διάσπασης εξαρτάται από τη θερμοκρασία καθώς και από την περιεκτικότητα σε αδρανή αέρια των προϊόντων της καύσης.

### 2.8.1. Όριο Ανάφλεξης

Η καύση ενός καυσίμου αερίου προϋποθέτει την ταυτόχρονη παρουσία αέρα (οξειδωτικό μέσο). Η δυνατότητα ανάφλεξης ενός μίγματος αερίου - αέρα περιορίζεται συνήθως σε μία περιοχή που έχει ως όρια ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο ποσοστό του αερίου στο μίγμα.

#### 2.8.1.1. Κατώτερο όριο ανάφλεξης

Κάτω από την τιμή αυτή συμβαίνει να υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα (ή λέμε ότι το μίγμα είναι φτωχό σε αέριο), ώστε η καύση δεν μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μίγματος.

#### 2.8.1.2. Ανώτατο όριο ανάφλεξης

Πάνω από την τιμή αυτή συμβαίνει να υπάρχει μεγάλη έλλειψη αέρα (ή λέμε ότι το μίγμα είναι πολύ πλούσιο σε αέριο) ώστε η καύση δεν μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μίγματος.

Τα όρια της ανάφλεξης δίνονται συνήθως σε ογκομετρικές αναλογίες.

$$\frac{\text{Όγκος καυσίμου αερίου}}{\text{Όγκος μίγματος}} \times 100$$

Πολλές φορές χρησιμοποιούμε τον παράγοντα αερισμού (για την έκφραση των ορίων ανάφλεξης) αντί της ποσοστιαίας σύστασης του μίγματος αερίου - αέρα. Οι τιμές (όπως το ποσοστό του καυσίμου στο μίγμα του με αέρα) που δίνονται στον Πίνακα 2.10 αποτελούν τα όρια ανάφλεξης για ένα μίγμα στους 0°C και κάτω από ατμοσφαιρική πίεση.

Τα όρια ανάφλεξης εξαρτώνται από την θερμοκρασία και την πίεση του μίγματος ειδικότερα η περιοχή ανάφλεξης μεγαλώνει σε εύρος όταν η θερμοκρασία του μίγματος αυξάνει.

Παραδείγματος χάριν για το καθαρό μεθάνιο (βασικό συστατικό του φυσικού αερίου) η μεταβολή των ορίων ανάφλεξης είναι αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 2.11.

Για το καθαρό προπάνιο τα δύο όρια μεταβάλλονται από το 2,5 - 9,3% που είναι στους 0°C σε εκείνα των 1,4-11% αντίστοιχα στους 400°C, σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης.

**Πίνακας 2.10: Όρια ανάφλεξης μιγμάτων αερίων καυσίμων - αέρα**

Αέριο καύσιμο		Αναλογίες όγκου		Παράγοντας αερισμού (η)	
		Κατώτερο %	Ανώτερο %	Κατώτερος	Ανώτερος
Φυσικό Αέριο	Ρωσικό	5,2	14,3	1,91	0,62
	Αλγερινό	4,8	13,9	1,88	0,59
	Βόρειας Θάλασσας	5,2	14,5	1,90	0,61
	Groningen	5,7	15,6	1,89	0,62
	Lacq	5,1	14,0	1,92	0,63
Αέριο ΔΕΦΑ		5,0	15,8	1,92	0,54

**Πίνακας 2.11: Μεταβολή ορίων ανάφλεξης του μεθανίου με τη θερμοκρασία του μίγματος**

Θερμοκρασία μίγματος °C	Κατώτερο Όριο	Ανώτατο Όριο
	% του μίγματος	
0	5,2	13,4
100	4,7	13,7
200	4,2	14,7
300	3,7	15,9
400	3,1	17,3

### 2.8.2. Ταχύτητα Μετάδοσης Καύσης (φλόγας)

Η καύση είναι μία σειρά αντιδράσεων που προκαλούνται και μεταδίδονται κυρίως με τρεις τρόπους με τοπική θέρμανση από σπινθήρα, με θερμική αγωγή και τέλος με ακτινοβολία.

### 2.8.2.1. Διαδικασία μετάδοσης της καύσης

Η έναρξη της καύσης μπορεί να συμβεί με δύο (2) μηχανισμούς που λειτουργούν ταυτόχρονα:

- Με θέρμανση μέσω μεταφοράς θερμότητας με αγωγή και ακτινοβολία από το σώμα του μίγματος που καίγεται προς το γειτονικό μίγμα που δεν έχει ακόμα αναφλεγεί. Αυτό εθεωρείτο στο παρελθόν ως ο μόνος μηχανισμός μετάδοσης της καύσης. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα και τη θερμοκρασία ανάφλεξης του μίγματος.
- Με διάχυση των ελευθέρων ριζών, από το σώμα του μίγματος που καίγεται προς το γειτονικό μίγμα που δεν έχει ακόμα αναφλεγεί. Η ερμηνεία αυτή είναι και η πλέον σύγχρονη. Η ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας εξαρτάται επομένως από την ταχύτητα διάχυσης των ελεύθερων ριζών (ενεργές ομάδες ατόμων είτε και ενεργά άτομα) καθώς και από την ικανότητα των ελευθέρων ριζών να προκαλέσουν την έναρξη των αντιδράσεων της καύσης. Οι παράμετροι αυτοί που βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της πειραματικής έρευνας, παρόλο που η ερμηνεία αυτή έχει γίνει ευρέως αποδεκτή.

### 2.8.2.2. Ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας

Η ταχύτητα αυτή ( $V_F$ ) μετάδοσης της φλόγας είναι μετρήσιμο φυσικό μέγεθος. Συνηθίζεται δε να δίνεται η μέγιστη τιμή του μεγέθους αυτού για ένα μίγμα αερίου - αέρα σε συνθήκες γραμμικής ροής. Αποτελεί λοιπόν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των καυσίμων αερίων και εκφράζεται σε m/s ή σε cm/s.

Υπό συνθήκες τυρβώδους ροής (φλόγας) η ταχύτητα αυτή ( $V_p$ ) είναι σαφώς μεγαλύτερη και εξαρτάται κυρίως από τις τοπικές συνθήκες ροής του μίγματος.

Η ταχύτητα ( $V_F$ ) είναι μεγαλύτερη για μίγματα αερίου - οξυγόνου από εκείνη για τα μίγματα αερίου - αέρα. (Πίνακας 2.12) Η μέγιστη τιμή της  $V_F$  επιτυγχάνεται όταν το αέριο καύσιμο και αέρας βρίσκονται σε στοιχειομετρικές αναλογίες ή για τιμές κοντινές σ' αυτή τη σχέση. Αυτό όμως δεν ισχύει γενικά (π.χ. για μίγματα αέρα - υδρογόνου).

Η καμπύλη που παρουσιάζει αυτή την ταχύτητα σε σχέση με την περιεκτικότητα του μίγματος σε αέριο καύσιμο είναι μια καμπύλη συχνά συμμετρική.

Η  $V_F$  δεν υπολογίζεται αλλά μετρείται πειραματικά και αυξάνει με την άνοδο της θερμοκρασίας.

Φαινόμενα όπως η αποκόλληση της φλόγας ή οπισθοδρόμηση της σχετίζονται άμεσα με την ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας ενός αερίου καυσίμου.

**Πίνακας 2.12: Ταχύτητες καύσης αερίων καυσίμων**

Αέριο καύσιμο	Αέριο - Αέρας m/s	Αέριο - Οξυγόνο m/s
Μεθάνιο	0,38	3,20
Μονοξείδιο του άνθρακα	0,45	1,00
Προπάνιο	0,43	3,60
Βουτάνιο	0,40	3,50
Υδρογόνο	2,50	8,90

## 2.9. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΗΣ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η σύσταση του αερίου καυσίμου προσδιορίζει μονοσήμαντα ορισμένα χαρακτηριστικά που χρησιμεύουν στους υπολογισμούς και την μελέτη της καύσης (Πίνακας 2.13).

### α. Στοιχειομετρικός Αέρας ( $V_a$ )

Στοιχειομετρικός αέρας ενός αερίου ονομάζεται η ικανή και αναγκαία ποσότητα αέρα για την πραγματοποίηση τέλει καύσης μιας μονάδας μάζας του αερίου αυτού. Ο στοιχειομετρικός αέρας, παρέχει την δυνατότητα πραγματοποίησης τέλει καύσης χωρίς περίσσεια ή έλλειψη αέρα. Ο Στοιχειομετρικός αέρας ( $V_a$ ) εκφράζεται σε  $m^3$  (n) αέρα/ $m^3$  (n) αερίου.

Το μέγεθος του στοιχειομετρικού αέρα εκφράζεται από έναν αριθμό που βρίσκεται πολύ κοντά στην κατώτερη θερμογόνο δύναμη εκφρασμένη σε  $kWh/m^3$  (n). Η σχέση  $V_a/K\Theta\Delta$  κυμαίνεται από 0,93 έως 0,96 τόσο για τα φυσικά αέρια, όσο και για τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου. Το μίγμα ενός  $m^3$  (n) αερίου με τον στοιχειομετρικό αέρα ονομάζεται στοιχειομετρικό μίγμα ή θεωρητικό μίγμα.

**Πίνακας 2.13: Χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης**

Σύσταση αερίου καυσίμου		Στοιχειομετρικός αέρας καύσης		Σχετική πυκνότητα		Ολικό διοξείδιο του άνθρακα		Ολικός όγκος νερού		Θερμογόνος δύναμη			
						V <sub>CO2</sub> (m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> )/m <sup>3</sup> αερίου		V <sub>H2O</sub> (m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O)/m <sup>3</sup> αερίου					
		Va(m <sup>3</sup> αέρα)/m <sup>3</sup> αερίου		d				Ανώτερη kWh/m <sup>3</sup> (n)		Κατώτερη kWh/m <sup>3</sup> (n)			
		B	AXB	Γ	AXΓ	Δ	AXΔ	E	AXE	Z	AXZ	H	AXH
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>	9,54		0,555		1		2		11,08		9,97	
Αιθάνιο	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	16,84		1,048		2		3		19,58		17,88	
Προπάνιο	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	24,37		1,557		3		4		28,22		25,94	
Βουτάνιο	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	32,41		2,096		4		5		37,41		34,49	
Πεντάνιο	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	40,87		2,671		5		6		47,11		43,52	
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	2,36		0,069		0		1		3,52		2,96	
Μονοξείδιο άνθρακα	CO	2,38		0,968		1		0		3,51		3,51	
Άζωτο	N <sub>2</sub>	0		0,968		0		0		0		0	
Διοξείδιο άνθρακα	CO <sub>2</sub>	0		1,529		1		0		0		0	
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	-4,77		1,105		0		0		0		0	

### β. Καπνογόνος Ισχύς (V'<sub>f0</sub>, V<sub>f0</sub>)

Η καπνογόνος ισχύς ενός αερίου καυσίμου είναι ο όγκος, σε κανονικές συνθήκες των προϊόντων της καύσης που προκύπτουν από την αντίδραση ενός m<sup>3</sup> (n) αερίου.

Η καπνογόνος ισχύς εκφράζεται σε m<sup>3</sup> (n) προϊόντων της καύσης ανά m<sup>3</sup> (n) αερίου. Διακρίνεται σε:

- Υγρή καπνογόνο ισχύ (V'<sub>f0</sub>), όταν το νερό που παράγεται από την καύση βρίσκεται σε αέρια κατάσταση. Είναι ουσιαστικά ο όγκος των καυσαερίων που πρέπει στην πραγματικότητα να απομακρυνθεί. Εξαίρεση αποτελούν ειδικές περιπτώσεις ορισμένων συσκευών, όπως οι λέβητες συμπύκνωσης, στους οποίους ένα μέρος του ατμού της καύσης συμπυκνώνεται.
- Ξηρή καπνογόνος ισχύ (V<sub>f0</sub>), όταν θεωρούμε ότι το νερό που παράγεται από τις αντιδράσεις της καύσης και επομένως παραλείπεται στους υπολογισμούς του όγκου των προϊόντων της καύσης.

Για όλα τα αέρια καύσιμα που διανέμονται μέσω δικτύου η υγρή καπνογόνος ισχύς ανά kWh, κυμαίνεται μεταξύ 1,00 και 1,07.

#### **γ. Ολικό Διοξείδιο του Άνθρακα ( $V_{CO_2}$ )**

Το ολικό διοξείδιο του άνθρακα ( $V_{CO_2}$ ) είναι ο όγκος σε  $m^3$  (n) του διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτει από την τέλεια καύση ενός  $m^3$  (n) αερίου. Εκφράζεται σε  $m^3$  (n)  $CO_2/m^3$  (n) αερίου.

#### **δ. Ολικός Όγκος Νερού ( $V_{H_2O}$ )**

Ο ολικός όγκος νερού ( $V_{H_2O}$ ) δίνεται σε  $m^3$  (n) και είναι, ο όγκος νερού υπό μορφή ατμού που παράγεται από την τέλεια καύση ενός  $m^3$  (n) αερίου. Το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε  $m^3$  (n) ατμού νερού/ $m^3$  (n) αερίου.

Αντί του όγκου του ατμού του νερού μπορεί κανείς να αναφερθεί στη μάζα του νερού (είτε υπό μορφή ατμού, είτε υγρού) και να εκφραστεί έτσι, σε  $kg/m^3$  (n) αερίου.

Είναι πολύ σημαντικό και χρήσιμο να γνωρίζει κανείς και τη μάζα του παραγόμενου νερού ανά kWh αερίου όπως για παράδειγμα ότι ποσότητα αερίου που αντιπροσωπεύει μία kWh (ΚΘΔ) δίνει όταν αυτή καίγεται 0,85  $m^3$  (n) ξηρά καυσαέρια και 160 gr νερό, περίπου. Ο συγκεκριμένος αυτός τρόπος έκφρασης όλων των χαρακτηριστικών μεγεθών ανά μονάδα ενέργειας του αερίου καυσίμου, έχει να κάνει περισσότερο με το Σημείο Δρόσου των καυσαερίων, καθώς και με συγκρίσεις για την αξιολόγηση των καυσίμων στην βάση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός εκάστου.

Ο ολικός όγκος νερού ( $V_{H_2O}$ ) είναι προφανώς η διαφορά μεταξύ της υγρής και της ξηρής καπνογόνο ισχύος.

#### **ε. Μέγιστη Περιεκτικότητα $CO_2$ των Ξηρών Καυσαερίων της Καύσης ( $\gamma_{CO_2}$ )**

Ονομάζεται “ $CO_2$  max” και συμβολίζεται με ( $\gamma_{CO_2}$ ) ο λόγος του συνολικού διοξειδίου του άνθρακα προς την ξηρή καπνογόνο ισχύ.

$$\gamma(CO_2) = V_{CO_2} / V_{fo}$$

Για τα φυσικά αέρια, η ποσότητα ( $V_{CO_2}$ ) προσεγγίζει στο 12% ενώ για το βουτάνιο και το προπάνιο “του εμπορίου” φθάνει στο 14%.

## 2.10. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Τα παρακάτω μεγέθη αφορούν τα αρχικά μίγματα αέρα - καυσίμου με τα οποία τροφοδοτούνται οι καυστήρες, αλλά εφαρμόζονται γενικά και σε όλους τους τύπους της καύσης και διευκολύνουν πάρα πολύ τους υπολογισμούς.

### α. Λόγος Αέρα - Αερίου (R)

Είναι η αναλογία μεταξύ του όγκου του αέρα της καύσης και του όγκου του αερίου καυσίμου σε  $m^3$  (n) αέρα/ $m^3$  (n) αερίου.

Στη θεωρητική καύση έχουμε  $R = V_a$  στην καύση με περίσσεια αέρα  $R > V_a$  και στην καύση με έλλειψη αέρα  $R < V_a$ .

Είναι πιο συνηθισμένο και πιο πρακτικό όλοι οι υπολογισμοί των μεγεθών που υπεισέρχονται στην καύση, να στηρίζονται στις σχετικές τιμές και όχι σε απόλυτα μεγέθη.

### β. Παράγων Αερισμού (n)

Ο παράγων είναι η σχέση μεταξύ του πραγματικά διατιθέμενου αέρα προς τον στοιχειομετρικό αέρα για την καύση ενός  $m^3$  (n) αερίου.

$$n = R / V_a$$

σε  $m^3$  (n) πραγματ. αέρα /  $m^3$  (n) αερίου

---

$$m^3$$
 (n) στοιχ. αέρα /  $m^3$  (n) αερίου

- Στην στοιχειομετρική καύση  $n = 1$
- Στην πλήρη καύση με περίσσεια αέρα έχουμε  $n > 1$ , οπότε προκύπτει μια περίσσεια αέρα  $e$  (%) =  $100 (n - 1)$ .
- Στην πλήρη καύση με έλλειψη αέρα έχουμε  $n < 1$ , οπότε προκύπτει έλλειψη αέρα  $d$  (%) =  $100 (1 - n)$ .
- Στην ατελή καύση ο παράγων αερισμού (n) παίρνει οποιαδήποτε τιμή και πρέπει να διακρίνεται (διαχωρίζεται) σε λόγο αέρα καύσης και λόγο αδιάθετου αέρα.



## γ. Λόγος Αέρα Καύσης και Λόγος Αδιάθετου Αέρα

Στην ατελή καύση, ο παράγων αερισμού είναι το σύνολο του λόγου αέρα καύσης ( $t_c$ ) και του λόγου αδιάθετου αέρα ( $t_a$ ):

$$n = t_c + t_a$$

Η καύση μπορεί να είναι ατελής ακόμη και αν ο αέρας και το αέριο βρίσκονται σε στοιχειομετρικές αναλογίες όπως για παράδειγμα συμβαίνει όταν μία κρύα εσωτερική επιφάνεια σωλήνα εμποδίζει την καύση. Εάν  $t_c = 0,9$  και  $t_a = 0,1$  έχουμε  $n = 1$ , αλλά 10% του καυσίμου δεν οξειδώθηκε και 10% του αέρα παρέμεινε αχρησιμοποίητο. Στην πλήρη καύση με έλλειψη αέρα (ολοκληρωτική χρήση οξυγόνου),  $t_a=0$  και  $t_c=n$ .

### 2.11. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΥΣΗΣ

Η ποιότητα μιας καύσης σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις μιας θερμικής διεργασίας καθορίζουν τη σωστή λειτουργία μιας συσκευής ή ενός καυστήρα.

Όλες οι καύσεις που πραγματοποιούνται ανήκουν σε μία από τις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό ολοκλήρωσης των αντιδράσεων και με την ποσότητα του αέρα που χρησιμοποιήθηκε.

#### α. Στοιχειομετρική Καύση

Είναι η καύση που προκύπτει από την αντίδραση ενός  $m^3$  ( $n$ ) αερίου αναμεμειγμένου πλήρως με την ποσότητα του στοιχειομετρικού αέρα.

Όλος ο άνθρακας και όλο το υδρογόνο οξειδώνονται ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιείται ολόκληρη η ποσότητα οξυγόνου του αέρα. Τα προϊόντα της καύσης, περιέχουν μόνον: **1)** Διοξείδιο του άνθρακα, **2)** Ατμό νερού, **3)** Άζωτο.

Στις περιπτώσεις αυτές ισχύουν: **1)**  $V_f=V_{f0}$ , **2)**  $n=1$ , **3)**  $t_c=1=n$ , **4)**  $t_a=0$

Ο τύπος αυτός της καύσης είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί στην πράξη, αφού και η παραμικρή ανομοιογένεια του μίγματος μπορεί να προκαλέσει ατελή καύση.

## β. Πλήρης Καύση με περίσσεια Αέρα (Ολοκληρωτική Χρήση του Αερίου)

Είναι η καύση που προκύπτει από την αντίδραση ενός  $m^3$  (n) αερίου αναμεμιγμένου πλήρως με όγκο αέρα ανώτερο του στοιχειομετρικού.

Για κάθε  $m^3$  (n) αερίου, ένα μέρος του αναμεμιγμένου αέρα (ίσο με τον στοιχ. αέρα) χρησιμοποιείται για τέλεια οξειδωση του άνθρακα και του υδρογόνου. Το υπόλοιπο μέρος, ο αέρας δηλαδή που περισσεύει, δεν συμμετέχει στην καύση και απαντάται εξ ολοκλήρου στα προϊόντα της καύσης, στα οποία περιλαμβάνονται οι παρακάτω ενώσεις και στοιχεία: **1)** Διοξείδιο του άνθρακα, **2)** Νερό (συνήθως σε κατάσταση ατμού), **3)** Οξυγόνο, **4)** Άζωτο. Εδώ έχουμε:  $V_f = V_{fo} + (n-1)V_a$ ,  $n > 1$ ,  $t_c = 1$ ,  $t_a > 0$   
Αυτός ο τύπος της καύσης είναι και ο συνηθέστερος.

## γ. Πλήρης Καύση με Έλλειψη Αέρα (Ολοκληρωτική Χρήση Οξυγόνου)

Είναι η καύση που προκύπτει από την αντίδραση ενός  $m^3$  (n) αναμεμιγμένου με όγκο αέρα κατώτερο του στοιχειομετρικού, όταν οι αντιδράσεις της καύσης λάβουν χώρα μέχρι το τελευταίο στάδιο. Στα προϊόντα της καύσης ταυτοποιούνται ύστερα από ανάλυση οι παρακάτω ενώσεις και στοιχεία: **1)** Άκαυστα: μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο και όταν επικρατεί σημαντική έλλειψη αέρα, μεθάνιο και άνθρακας, **2)** Άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και νερό υπό μορφή ατμού.

Στην περίπτωση αυτή ισχύει:  $V_f < V_{fo}$ ,  $n < 1$ ,  $t_c = n < 1$ ,  $t_a = 0$

Αυτός ο τύπος της καύσης είναι συχνά επιθυμητός, σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές λόγω της επίδρασης των προϊόντων της καύσης στην ατμόσφαιρα των συσκευών. Στην πράξη, είναι δύσκολη η πραγματοποίηση της και κατ' ακολουθία αρκετά δύσκολος ο έλεγχος και ρύθμιση της αναγωγικής ατμόσφαιρας.

## δ. Ατελής Καύση (Μερική Χρήση Αερίου Καυσίμου και Οξυγόνου)

Συμβαίνει κυρίως όταν ένα  $m^3$  (n) αερίου αναμιγνύεται με μια οποιαδήποτε ποσότητα αέρα και λόγω κακών συνθηκών, μέρος του αερίου, δεν συμμετέχει στην καύση. Η καύση αυτή χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη παρουσία οξυγόνου και άκαυστων στα προϊόντα της καύσης. Ο τύπος αυτός της καύσης απαντάται όταν το αέριο και ο αέρας που διατίθενται δεν αντιδρούν ολοκληρωτικά στη ζώνη της καύσης.

Αυτό μπορεί να οφείλεται στη φθορά του καυστήρα, εξαιτίας της οποίας η ανάμιξη είναι ατελής, ή σε απότομη ψύξη που προκαλεί την διακοπή της καύσης. Ακόμη, μια τέτοια καύση απαντάται σε βιομηχανικούς κλιβάνους, όταν ένα μέρος του αέρα απορροφάται από ανοίγματα εξαιτίας της διαφοράς πίεσης που επικρατεί εντός και εκτός του κλιβάνου. Εδώ τα μεγέθη  $V_f$  και  $n$ , μπορούν να πάρουν τιμές είτε μεγαλύτερες είτε μικρότερες από τα  $V_{f0}$  και  $l$  αντίστοιχα ενώ ισχύουν:  $t_c < n$  και  $t_c < l$ ,  $t_a > 0$

Η καύση αυτή σχεδόν ποτέ δεν είναι επιθυμητή και οφείλεται όπως προαναφέρθηκε σε κακά ρυθμισμένο ή και φθαρμένο εξοπλισμό καθώς και σε κακές συνθήκες λειτουργίας των συσκευών.

## 2.12. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ

Για να έχουμε την πλήρη εικόνα μιας καύσης αυτό προϋποθέτει τη γνώση ορισμένων βασικών μεγεθών. Για το σκοπό αυτό για κάθε αέριο κατασκευάζεται και το αντίστοιχο διάγραμμα καύσης.

### 2.12.1. Διαγράμματα Καύσης Ostwald και Biard

Για δεδομένο αέριο, είναι δυνατό να παρουσιαστεί σε διάγραμμα η σύνθεση των ξηρών προϊόντων της καύσης, που αντιστοιχούν στους τέσσερις διαφορετικούς τύπους καύσης. Το διάγραμμα αυτό είναι γνωστό σαν διάγραμμα Ostwald. Σχεδιάζεται σε ορθογώνια διάταξη σε συνάρτηση με τις περιεκτικότητες σε οξυγόνο (άξονας των τετμημένων) και με τις περιεκτικότητες σε διοξείδιο του άνθρακα (άξονας των τεταγμένων).

Κατασκευασμένο με τον ίδιο τρόπο και σε συνδυασμό με το διάγραμμα ισορροπίας των καυσαερίων, το διάγραμμα του Biard δίνει τα αντιπροσωπευτικά σημεία όλων των τύπων καύσης που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός τριγώνου, που ορίζεται από τρεις ευθείες:

- Μια ευθεία ανώτερη, που ενώνει το σημείο των διατάξεων  $[O, (\gamma_{CO_2})_o]$  με το σημείο των διατάξεων  $(21,0)$ . Αυτή η ευθεία, γνωστή ως ευθεία του Grebel, αντιπροσωπεύει όλους τους τύπους τέλει καύσης με περίσσεια αέρα, και είναι διαβαθμισμένη σε σχετική περίσσεια αέρα.

- Το σημείο των διατάξεων  $[O, (\gamma_{CO_2})_0]$  αντιστοιχεί στην τέλεια καύση χωρίς περίσσεια ή έλλειψη αέρα. Είναι το μέγιστο σημείο των τεταγμένων ισούται δε με το μέγιστο, επί τοις εκατό, ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στα ξηρά προϊόντα της καύσης. Το σημείο των τετμημένων  $(21,0)$  αντιστοιχεί σε άπειρη αραιώση των προϊόντων της τέλει καύσης στον αέρα. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, ισούται τότε με την περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αέρα.
- Ο άξονας των τετμημένων αντιπροσωπεύει (απεικονίζει) όλες τις περιπτώσεις τέλει καύσης με έλλειψη αέρα, με πλήρη χρήση του οξυγόνου. Είναι διαβαθμισμένη σε σχετικές ελλείψεις αέρα.
- Μια ευθεία, κατώτερη, τέτοια ώστε, το σημείο συνάντησής της με άξονα των τετμημένων να αντιστοιχεί σε έλλειψη αέρα για την οποία, η περιεκτικότητα σε αέριο του μίγματος καύσης να ισούται με το ανώτερο όριο ανάφλεξης (αυτή η ευθεία δεν έχει χαραχθεί στα διαγράμματα).

Όλα τα σημεία που βρίσκονται στο εσωτερικό αυτού του τριγώνου αντιπροσωπεύουν (αντιστοιχούν) τις περιπτώσεις ατελούς καύσης. Η καμπύλη  $n - I = 0$  χωρίζει το διάγραμμα σε δύο περιοχές στην δεξιά υπάρχει περίσσεια αέρα, στην αριστερή έλλειψη αέρα.

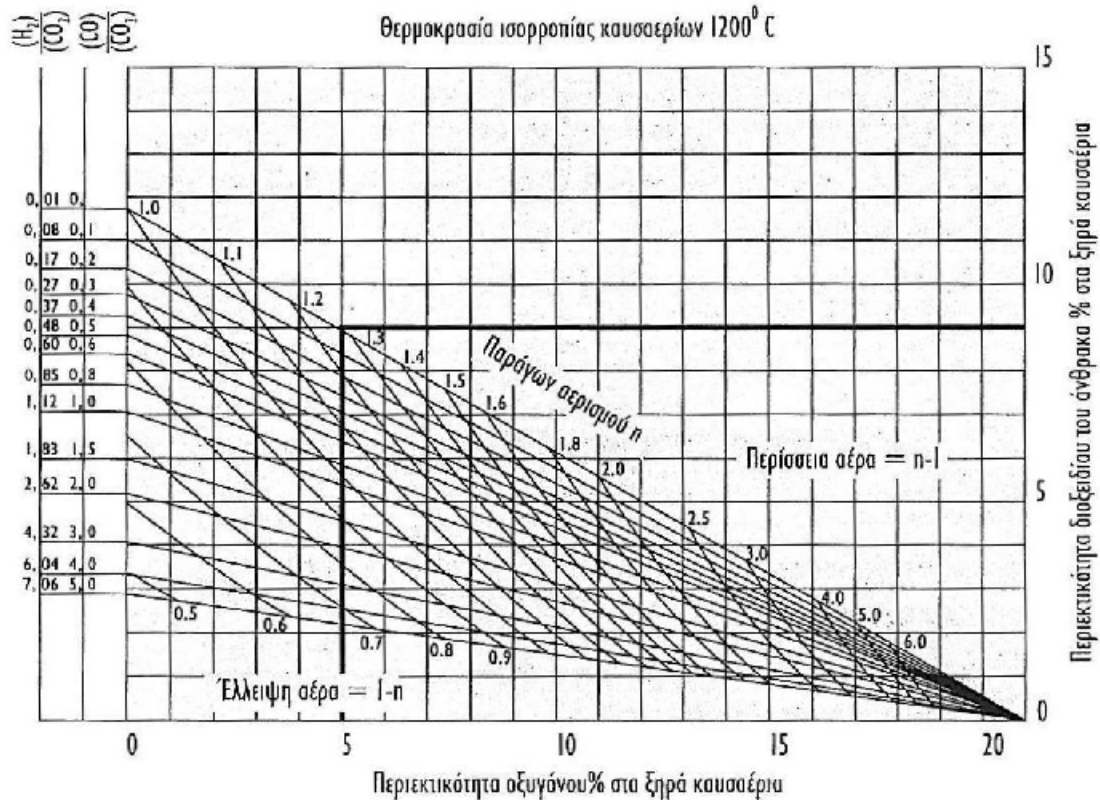
Επιπλέον, στο διάγραμμα του Biard, είναι χαραγμένες οι καμπύλες ίσης περιπτώσεως αέρα και οι ευθείες (συγκλίνουσες στο μέγιστο σημείο του άξονα των τετμημένων) ίσης αναλογίας  $\gamma_{CO}/\gamma_{CO_2}$ .

Με την μέτρηση δύο συστατικών των ξηρών προϊόντων της καύσης (συνήθως διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο), το διάγραμμα του Biard μας επιτρέπει να γνωρίσουμε τον παράγοντα αερισμού και την τέλεια σύνθεσή τους, απ' όπου στη συνέχεια μπορούν να υπολογισθούν ο όγκος του αέρα της καύσης, ο όγκος των ξηρών καυσαερίων καθώς και τα μεγέθη  $t_c$  και  $t_a$ . Για να αποφύγουμε τους υπολογισμούς αυτούς έχουν σχεδιαστεί ειδικά διαγράμματα ατελούς καύσης από τα οποία προσδιορίζονται εύκολα τα  $t_c$  και  $t_a$ .

### 2.12.1.1. Παρατήρηση

Το εσωτερικό ενός διαγράμματος καύσης στηρίζεται εξ' ολοκλήρου σε δεδομένα από το διάγραμμα ισορροπίας καυσαερίων της καύσης του αερίου που με τη σειρά του εξαρτάται από την επιλογή των συνθηκών ισορροπίας ( $T=1200^\circ\text{C}$ ).

Παρόλο που έχουμε θεωρήσει ως θερμοκρασία ισορροπίας τους 1200°C, τα διαγράμματα αυτά βρίσκουν ικανοποιητική εφαρμογή όταν έχουμε γενικά προϊόντα καύσης από φλόγα. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για καυσαέρια που προκύπτουν από αντιδράσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες.



**Διάγραμμα 2.1:** Διάγραμμα καύσης φυσικού αερίου

Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται ο τρόπος χρήσης του Διαγράμματος 2.1 που αφορά σε καύση φυσικού αερίου.

Η ανάλυση ξηρών προϊόντων της καύσης φυσικού αερίου έδωσε:  $CO_2=9\%$ ,  $O_2=5\%$ ,  $CO=0$  (όχι άκαυστα). Εάν τοποθετήσει κανείς τα δεδομένα αυτά στο διάγραμμα καύσης του φυσικού αερίου θα συμπεράνει πως πρόκειται για τέλεια καύση με 26% περίσσεια αέρα.

### 2.13. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Στην θερμοκρασία των 1200°C, η θερμοδυναμική επιτρέπει να προβλέψει κανείς, λαμβάνοντας υπ' όψιν την αναλογία αέρα - αερίου, την παρουσία των παρακάτω στοιχείων ή ενώσεων στα προϊόντα της καύσης:

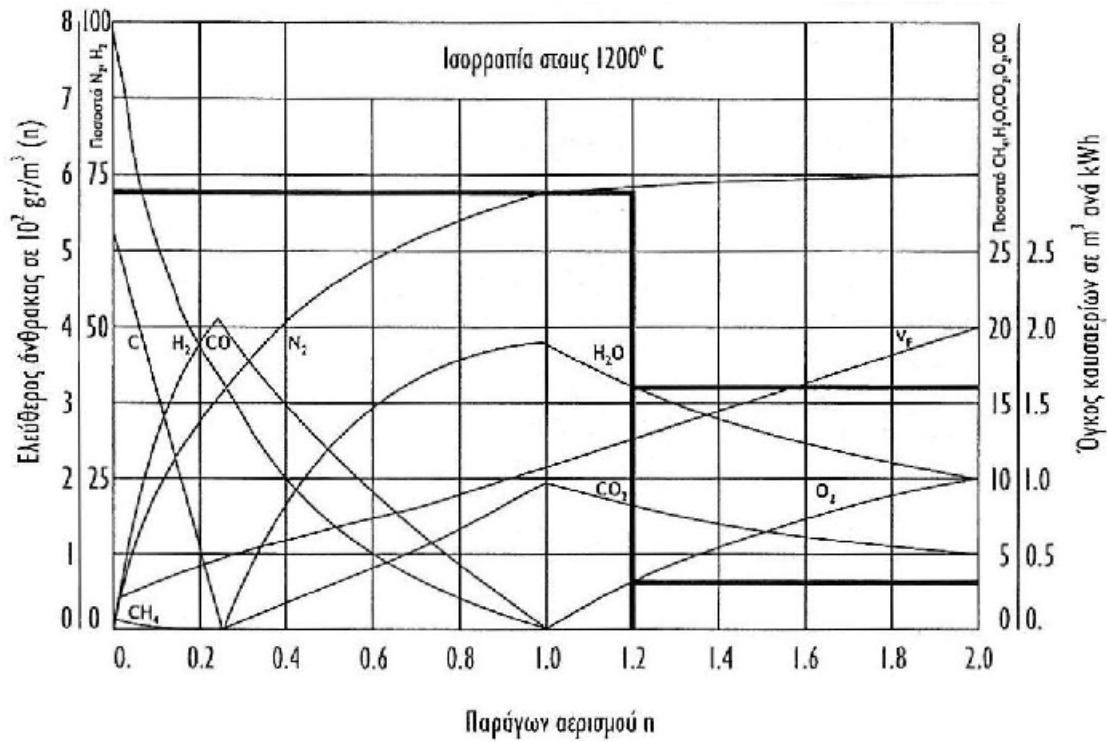
- α.** Του άνθρακα (C) σε ελεύθερη μορφή.
- β.** Του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του διοξειδίου (CO<sub>2</sub>) και του μεθανίου (CH<sub>4</sub>), που είναι ο μοναδικός υδρογονάνθρακας σε κατάσταση ισορροπίας.
- γ.** Του υδρογόνου (H<sub>2</sub>) και ατμών νερού (H<sub>2</sub>O).
- δ.** Του οξυγόνου (O<sub>2</sub>) και του αζώτου (N<sub>2</sub>).

Στα οκτώ αυτά συστατικά προστίθεται και ο όγκος των καυσαερίων.

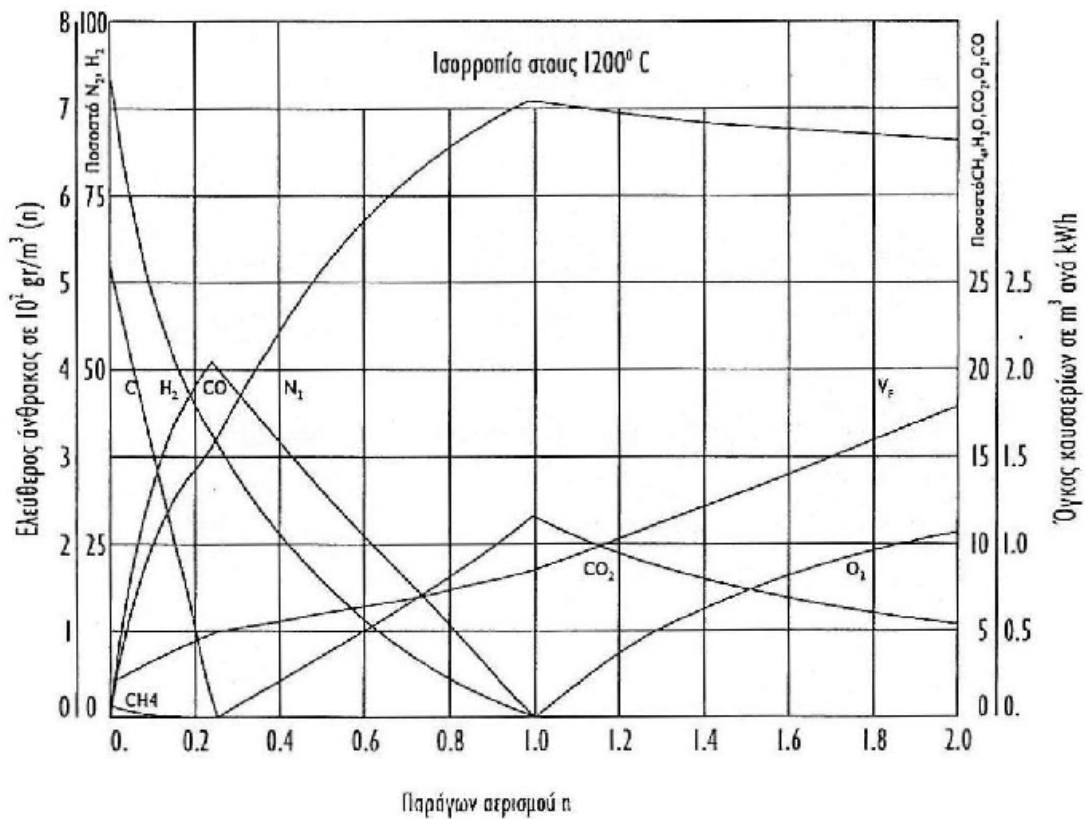
Διαγράμματα ισορροπίας (2.2 και 2.3) που αντιστοιχούν σε πλήρη καύση (με περίσσεια ή με έλλειψη αέρα) όπως αυτή ορίστηκε στις προηγούμενες παραγράφους έχουν χαραχθεί, το μεν ένα για υγρά καυσαέρια, το δε άλλο για ξηρά.

Τα διαγράμματα αυτά έχουν υπολογισθεί σε κανονικές συνθήκες (0°C και 1013 mbar) και αφορούν τα καυσαέρια που προκύπτουν από την καύση ενός m<sup>3</sup> (n) φυσικού αερίου. Χαραγμένα σε συνάρτηση με τον παράγοντα αερισμού, περιλαμβάνουν τρεις κλίμακες:

- α.** Η εξωτερική, αριστερά δίνει την ποσότητα ελεύθερου άνθρακα σε μονάδες μάζας, ανά μονάδα όγκου καυσίμου.
- β.** Η εσωτερική, αριστερά, δίνει από το 0 έως το 100, τα ποσοστά του H<sub>2</sub> και του N<sub>2</sub>.
- γ.** Η τρίτη κλίμακα δεξιά διαβαθμίζεται από 0 έως 40 σε ποσοστά επί τοις εκατό και δίνει τις συγκεντρώσεις σε CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (εάν αυτό υπάρχει). Όταν διαβαθμίζεται, όμως σε m<sup>3</sup> δίνει το μέγεθος του όγκου των καυσαερίων (V<sub>f</sub>) σε περίπτωση υγρών καυσαερίων και V<sub>f</sub> σε περίπτωση ξηρών σε m<sup>3</sup> (n)/kWh.



**Διάγραμμα 2.2:** Διάγραμμα ισορροπίας υγρών καυσαερίων φυσικού αερίου



**Διάγραμμα 2.3:** Διάγραμμα ισορροπίας ξηρών καυσαερίων φυσικού αερίου

### 2.13.1. Παρατηρήσεις

- α. Τα διαγράμματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θερμοκρασίες φλόγας μεταξύ 1100°C και 1700°C, που συναντώνται στην πράξη (φούρνοι, στεγνωτήρια, καυστήρες κλπ.). Το σφάλμα που υπεισέρχεται τότε είναι σε επίπεδο σφάλματος μέτρησης.
- β. Η γνώση της συγκέντρωσης ενός μόνου συστατικού, του O<sub>2</sub> σε περίσσεια αέρα, του CO σε έλλειψη αέρα, επιτρέπει σφαιρική γνώση της ισορροπίας.
- γ. Η σχέση της συγκέντρωσης του O<sub>2</sub> και του παράγοντα αερισμού ισχύει για το σύνολο των πλούσιων καυσίμων, λόγω των ασήμαντων μεταβολών του λόγου  $V_{f0}/V_a$ .

#### Παράδειγμα

Σε μια θερμική διεργασία το ποσοστό O<sub>2</sub> που μετράμε στα ξηρά καυσαέρια είναι 3,5%. Στο διάγραμμα ισορροπίας ξηρών καυσαερίων αυτό αντιστοιχεί σ' ένα λόγο αερισμού 1,2 (20% περίσσεια αέρα). Η πραγματική σύνθεση των καυσαερίων από το διάγραμμα ισορροπίας των υγρών καυσαερίων, είναι η ακόλουθη: O<sub>2</sub> : 3%, CO<sub>2</sub> : 8%, H<sub>2</sub>O : 16%, N<sub>2</sub> : 73%

### 2.14. ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΗΣ

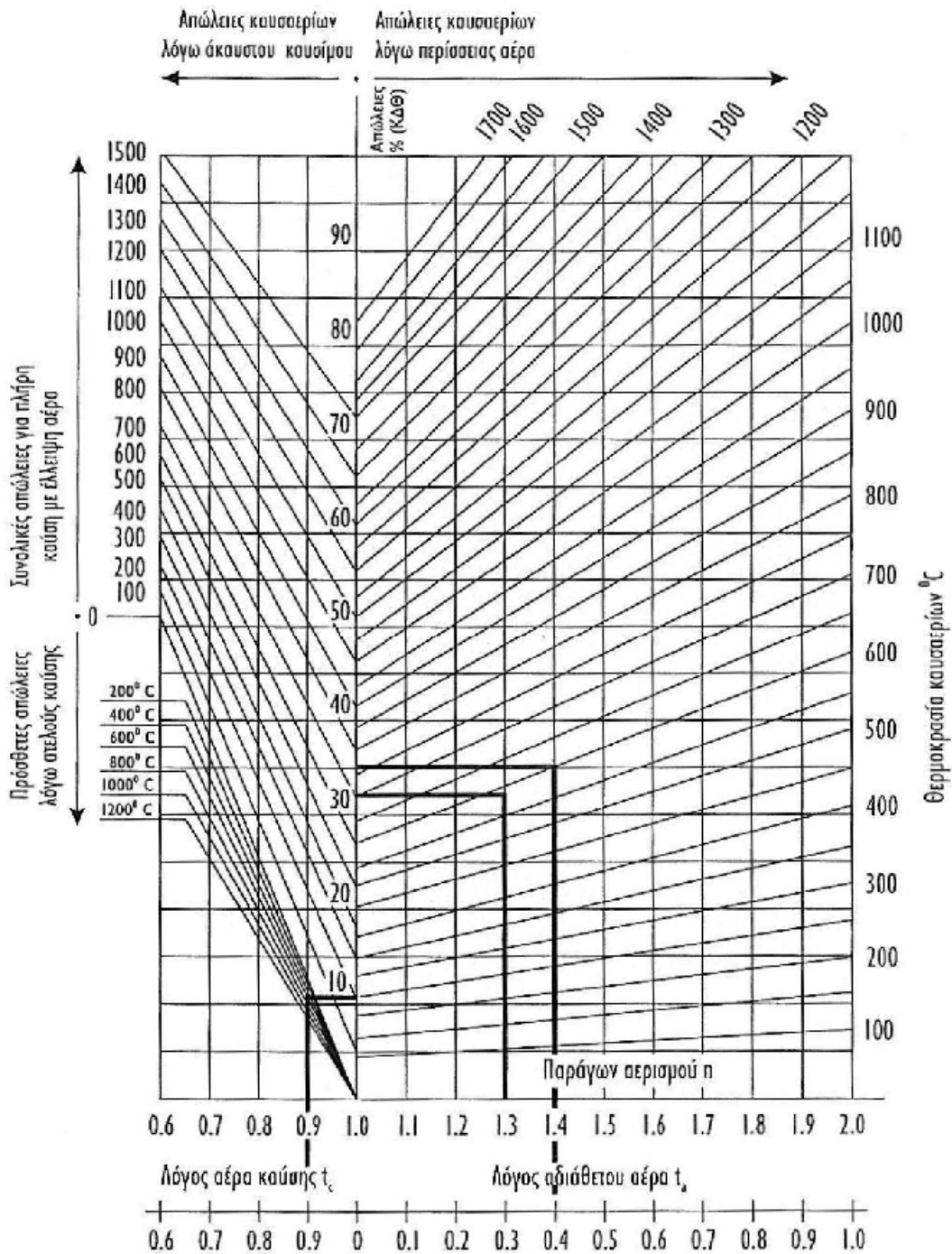
Γενικά ως απόδοση καύσης θεωρείται το προς αξιοποίηση ποσοστό της θερμογόνου δυνάμεως εάν αφαιρέσουμε τις απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια. Έχει να κάνει τόσο με τη λειτουργία του καυστήρα (ποιότητα καύσης) όσο και με την απόδοση της συσκευής (θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων).

Τις απώλειες από τα καυσαέρια αποτελούν η αισθητή θερμότητα όλων των αερίων συστατικών τους καθώς και η λανθάνουσα θερμότητα του νερού. Η απόδοση της καύσης προσδιορίζεται συνήθως με την βοήθεια των διαγραμμάτων.

Παρακάτω φαίνεται το Διάγραμμα 2.4 με τις απώλειες των προϊόντων της καύσης των φυσικών αερίων και αφορά όλους τους τύπους καύσης. Είναι προσαρμοσμένο για βιομηχανικές εφαρμογές, η θερμοκρασία καυσαερίων μπορεί να είναι αρκετά υψηλή (έως 1700°C), καύση με έλλειψη ή περίσσεια αέρα μέχρι 100%. Πρόκειται για ένα μέσο διάγραμμα που κατασκευάστηκε θεωρώντας τον αέρα ξηρό



στους 0°C και είναι αρκετά ακριβές για τους συνήθεις υπολογισμούς εάν λάβει κανείς υπ' όψιν του το σφάλμα των μετρήσεων.



**Διάγραμμα 2.4:** Απώλειες καυσαερίων – καύση φυσικού αερίου

Για να επιτύχει κανείς μεγαλύτερη προσέγγιση σε τέτοιου είδους υπολογισμούς θα πρέπει να εφαρμόσει εργαστηριακή μέθοδο μέτρησης και να λάβει υπ' όψιν του τα πραγματικά χαρακτηριστικά (θερμοκρασία, πίεση και υγρασία) του αέρα της καύσης.

Οι απώλειες, εκφρασμένες ως ποσοστό επί της ΚΘΔ δίνονται από τις συνεχείς ευθείες για τις τέλειες καύσεις για τιμές του παράγοντα αερισμού που κυμαίνονται από 0,6 έως 2,0. Για παράδειγμα, προϊόντα της καύσης στους 600°C, για μια καύση τέλεια με 30% περίσσεια αέρα, αντιστοιχούν σε μια απώλεια στα καυσαέρια 32,5% επί της ΚΘΔ.

Σε περίπτωση ατελούς καύσης (ταυτόχρονη παρουσία άκαυστων και οξυγόνου) πρέπει να προσθέσουμε στις απώλειες που δίνονται με συνεχείς γραμμές για τον λόγο αδιάθετου αέρα  $t_a$  και τις απώλειες λόγω ατελούς καύσης που δίνονται στο κάτω αριστερό τμήμα του διαγράμματος για τον λόγο αέρα καύσης  $t_c$ .

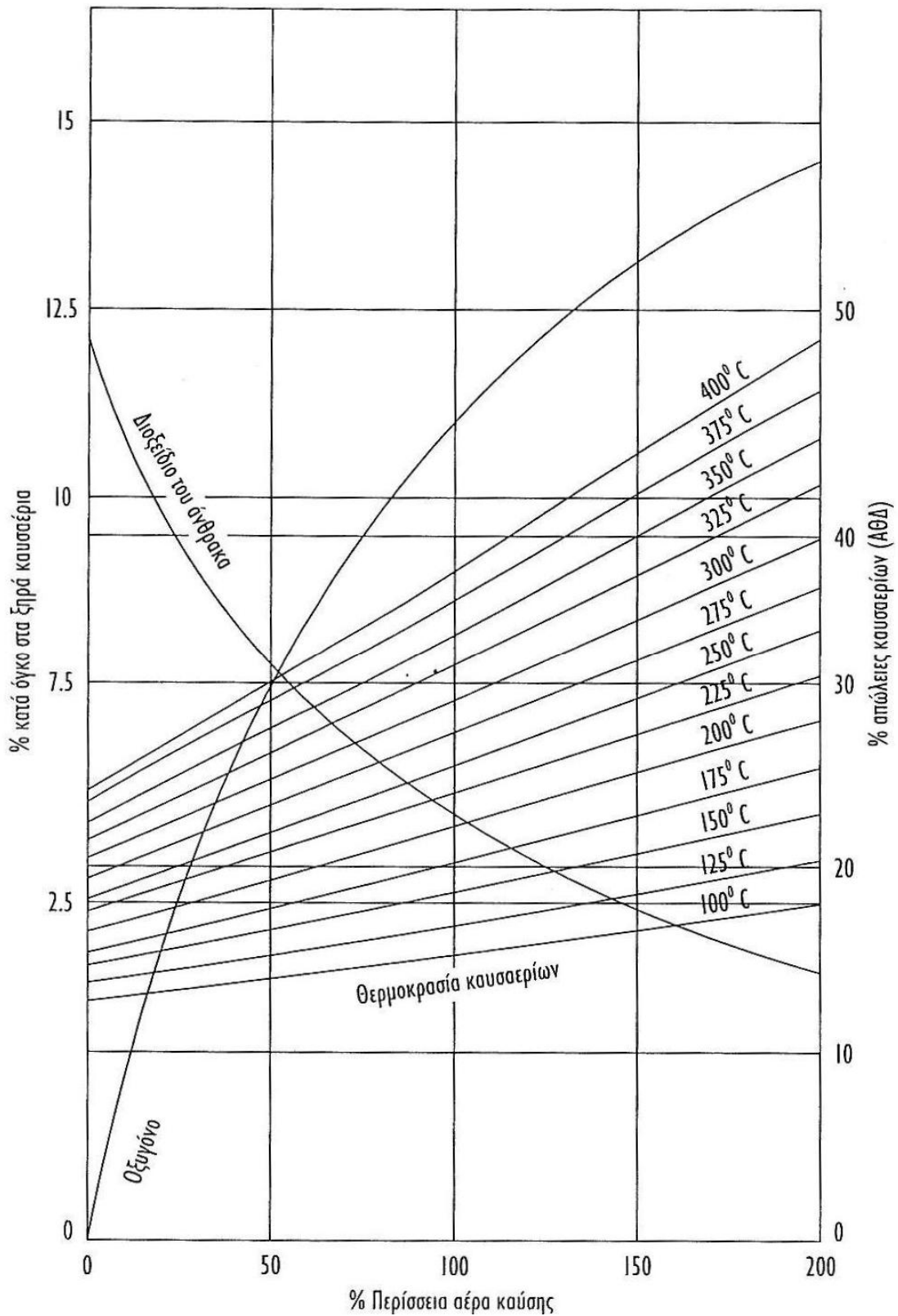
### **Παράδειγμα**

Σε μια θερμική διεργασία τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται στους 600°C, ενώ ο παράγων αερισμού είναι 1,30. Θεωρώντας αυτή τη φορά λόγο αέρα καύσης  $t_c = 0,90$  και λόγο αδιάθετου αέρα  $t_a = 0,40$  έχουμε: **1)** Για  $t_a = 0,40$  απώλειες 35%, **2)** Για  $t_c = 0,90$  πρόσθετες απώλειες 11%, δηλαδή συνολικές απώλειες 46%.

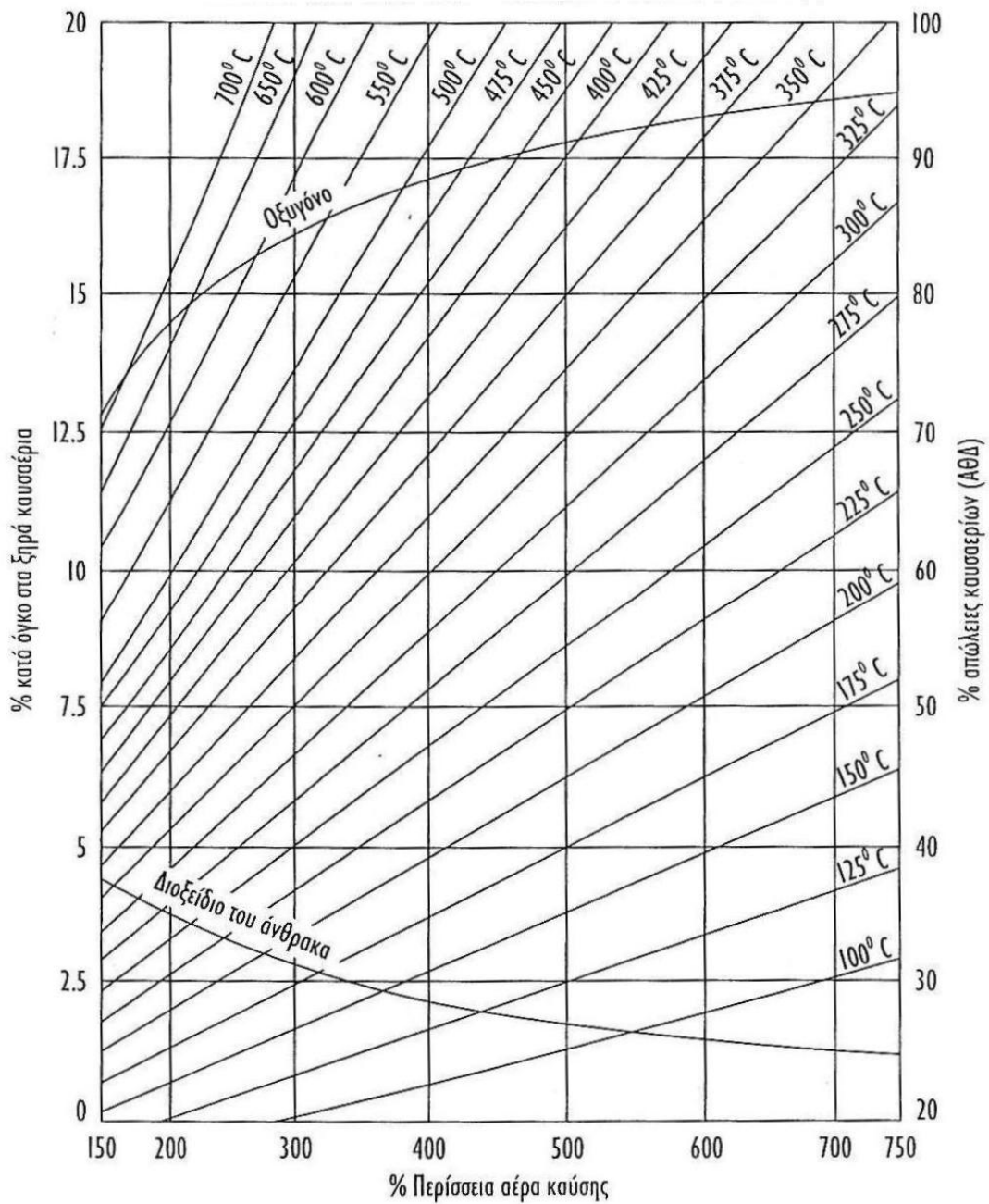
Παρατηρούμε λοιπόν ότι στις περιπτώσεις παλιών καυστήρων έχουμε μια σημαντική αύξηση των απωλειών, η οποία στο παράδειγμά μας είναι:

$$\frac{46 - 32,5}{32,5} \times 100 = 41,5\%$$

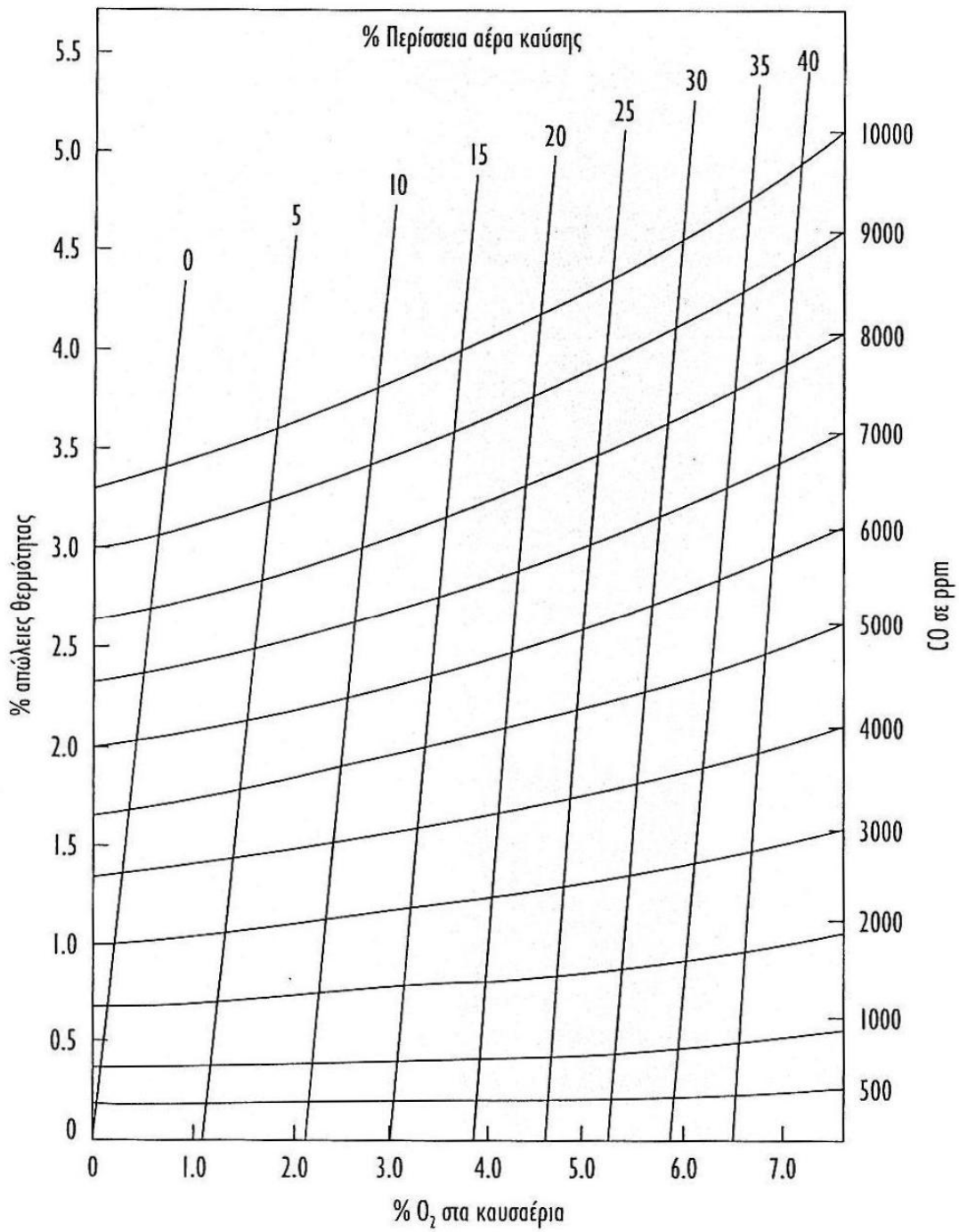
Στις περιπτώσεις που έχουμε σχεδόν πλήρη καύση με περίσσεια αέρα και το ποσοστό του CO στα ξηρά καυσαέρια δεν υπερβαίνει το 0,1% τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα Διαγράμματα 2.5, 2.6 και 2.7.



**Διάγραμμα 2.5:** Απώλειες καυσαερίων – καύση φυσικού αερίου



**Διάγραμμα 2.6:** Απώλειες καυσαερίων - καύση φυσικού αερίου



**Διάγραμμα 2.7:** Απώλειες καυσαερίων – καύση φυσικού αερίου

## 2.15. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο συχνά ονομάζεται λόγω συντομίας μεθάνιο, επειδή ο υδρογονάνθρακας αυτός αποτελεί το κύριο συστατικό του. Η εκατοστιαία

περιεκτικότητα του φυσικού αερίου τόσο σε μεθάνιο όσο στα υπόλοιπα συστατικά ποικίλλει από κοίτασμα σε κοίτασμα αλλά τα κύρια χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου που εισάγεται στην Ελλάδα βρίσκονται εντός των ορίων ανοχής και δεν δημιουργούν κανένα πρόβλημα στην κατανάλωση.

Το φυσικό αέριο είναι ένωση άχρωμη, άοσμη και μη-τοξική. Χάρη στη καθαρότητα του, η καύση του παράγει ουσιαστικά μόνο υδρατμούς και CO<sub>2</sub> και άρα αποτελεί μεταξύ των ορυκτών καυσίμων (υδρογονάνθρακες και άνθρακας), την καθαρότερη και λιγότερο ρυπογόνο πρωτογενή πηγή ενέργειας που είναι σήμερα διαθέσιμη.

Το φυσικό αέριο αποτελείται από ένα μείγμα υδρογονανθράκων, προερχόμενο από πετρελαιοφόρες κοιλότητες. Τα κυριότερα συστατικά του είναι το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το αιθάνιο (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), ενώ η κατώτερη θερμογόνος δύναμή του κυμαίνεται από 30 έως 40 MJ/m<sup>3</sup>. Είναι ορυκτό καύσιμο, άρα η διαθεσιμότητά του εξαρτάται από την επάρκεια των κοιτασμάτων (οι σημερινές προβλέψεις λένε για 80 – 100 χρόνια). Εξάγεται από φυσικές κοιλότητες, υπόγειες ή υποθαλάσσιες και μετά από πρωτογενή επεξεργασία, μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι τις περιοχές κατανάλωσής του, μέσω ειδικών αγωγών, μεγάλης διαμέτρου, σε υψηλή πίεση. Δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα και είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα καύσιμα παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- ▶ Δεν χρειάζεται εκτεταμένη επεξεργασία πριν την χρήση
- ▶ Δεν απαιτεί αποθηκευτικούς χώρους, αφού η παροχή από το δίκτυο διανομής είναι συνεχής
- ▶ Αναμιγνύεται άμεσα με τον αέρα καύσης, χωρίς να απαιτείται διάταξη διασκορπισμού
- ▶ Έχει σχετικά υψηλή θερμογόνο δύναμη
- ▶ Δεν περιέχει θείο (το οποίο είναι επικίνδυνο για το περιβάλλον και ισχυρά διαβρωτικό όταν μετατρέπεται σε θειικό οξύ)
- ▶ Είναι σχετικά φθηνό
- ▶ Η καύση του είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν παράγονται επικίνδυνοι ρύποι
- ▶ Δεν είναι τοξικό.

Οι υδρογονάνθρακες είναι ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου (HC), οι οποίες έχουν την ιδιότητα να οξειδώνονται ταχέως, δηλαδή να καίγονται παράγοντας θερμότητα. Η δημιουργία τους αποδίδεται σε μια διαδικασία μετασχηματισμού

αποσύνθεσης ζωικών και φυτικών οργανικών φυτικών υλών που είναι εγκλωβισμένες σε ιζηματογενή πετρώματα.

Το πέτρωμα από το οποίο προέρχεται ο φυσικός υδρογονάνθρακας ονομάζεται «μητρικό πέτρωμα». Στις περισσότερες περιπτώσεις το πέτρωμα αυτό είναι αργιλώδους και σπανίως ασβεστώδους σύστασης. Οι υδρογονάνθρακες τείνουν να μεταναστεύσουν από το μητρικό πέτρωμα προς την επιφάνεια, εξαιτίας των θερμικών μεταβολών και των πιέσεων οι οποίες αναπτύσσονται στο υπέδαφος ή εξαιτίας της δράσεως υπογείων υδάτων και τεκτονικών φαινομένων.

Κατά την ανοδική τους πορεία οι υδρογονάνθρακες συναντούν πορώδη πετρώματα (άμμο, ψαμμόλιθο) τα οποία αποτελούν ιδανικό καταφύγιο τους. Μάλιστα, πάνω από τα πετρώματα υπάρχει ένα μη-διαπερατό στρώμα λόγω χάρη ένα αργιλώδες ίζημα, το οποίο εμποδίζει την περαιτέρω μετακίνηση, συγκρατώντας τους μέσα στο πορώδες πέτρωμα. Το πέτρωμα αυτό ονομάζεται «πέτρωμα αποθήκευσης». Το μη-διαπερατό στρώμα ονομάζεται «πέτρωμα κάλυψης». Οι φυσικοί υδρογονάνθρακες ταξινομούνται ως εξής:

- Υγροί: το αργό πετρέλαιο από το οποίο λαμβάνονται με απόσταξη τα υγρά καύσιμα (πετρέλαιο, μαζούτ, βενζίνη, κλπ), η άσφαλτος και το υγροποιημένο Φ.Α. (LPG).
- Αέριοι: το φυσικό αέριο, που αποτελείται ουσιαστικά από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), το οποίο κατά κανόνα δεν απαιτεί καμιά προηγούμενη επεξεργασία «αναμόρφωσης», διανέμεται στα αστικά δίκτυα αντικαθιστώντας το αέριο πόλης (π.χ. φωταέριο), που συνήθως παράγονταν από ορυκτό άνθρακα, λιγνίτη, τύρφη, ή από καυσόξυλα.
- Στερεοί: υπάρχουν και ορισμένοι στερεοί φυσικοί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι εντούτοις δε θα μας απασχολήσουν λόγω του ότι η χρησιμοποίησή τους δε σχετίζεται με τους αέριους υδρογονάνθρακες.

Υπάρχει επίσης δυνατότητα θαλάσσιας μεταφοράς του σε μορφή υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) με ειδικά δεξαμενόπλοια σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία  $-162^\circ\text{C}$ . Δεν περιέχει μονοξειδίο του άνθρακα και δεν είναι τοξικό. Επίσης είναι ελαφρύτερο από τον αέρα ( $d_{\sigma\chi} = 0,59$ ).

## 2.16. ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Οι χημικές ιδιότητες του φυσικού αερίου προσδιορίζονται με τη μέθοδο της χρωματογραφικής ανάλυσης, η οποία επιτρέπει τον καθορισμό της σύνθεσης του. Το φυσικό αέριο που διανέμεται στην Ελλάδα έχει ελάχιστη περιεκτικότητα σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), 85%. Τα λοιπά συστατικά του φυσικού αερίου είναι το αιθάνιο ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), το προπάνιο ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), το βουτάνιο ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), το πεντάνιο ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), το άζωτο ( $\text{N}_2$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), κ.λπ.

Το φυσικό αέριο αποτελεί μίγμα κορεσμένων αλειφατικών υδρογονανθράκων, δηλαδή των κοινώς ονομαζόμενων παραφινών. Κορεσμένοι είναι οι υδρογονάνθρακες εκείνοι όπου το κάθε άτομο του άνθρακα (C), ο οποίος είναι τετρασθενές στοιχείο, συνδέεται με 4 άλλα άτομα (C ή/και H). Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες έχουν τον γενικό χημικό τύπο  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Το πρώτο μέλος αυτής της σειράς υδρογονανθράκων είναι το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ). Ακολουθούν με αύξουσα τιμή του  $n$ , το αιθάνιο ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), το προπάνιο ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) κλπ.

Στους υδρογονάνθρακες (παραφίνες) με αριθμό ατόμων άνθρακα C μεγαλύτερο ή και ίσο του 4 εμφανίζεται το φαινόμενο της ισομέρειας δηλαδή ενώσεις που έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά διαφορετική δομή. Όσο αυξάνει η τιμή του  $n$  τόσο αυξάνει αριθμός των ισομερών.

## 2.17. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

Σήμερα διακρίνουμε τα αέρια σε τρεις οικογένειες, κατά κάποιο τρόπο συνδέουν την προέλευση με τις ιδιότητες, που ενδιαφέρουν στη χρήση. Κατά τον DVGW-Arbeitsbatt G260 (DVGW είναι ο γερμανικός σύνδεσμος για αέρια και ύδατα) τα αέρια διακρίνονται σε τρεις οικογένειες και κατά περίπτωση σε δυο ομάδες, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.14.



**Πίνακας 2.14: Διάκριση αερίων**

Οικογένεια	Σύμβολο	Είδος αερίου	Ομάδα
1	S	Αέριο πόλεως, τηλαέριο	A: Αέριο πόλεως B: Αέριο κοκερίας τηλαέριο
2	N	Φυσικό Αέριο	L: πτωχό Φ.Α H: πλούσιο Φ.Α
3	F	Υγραέριο	- Προπάνιο, βουτάνιο - μίγματα αυτών

Όροι και συμβολισμοί που έχουν επιβληθεί διεθνώς είναι:

- Grogogenetics=αέρια που υγροποιούνται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 150°C.
- L.N.G. (Liquified natural gas)= υγροποιημένο δια ψύξεως φυσικό αέριο.
- L.P.G. (Liquified petroleum gas)=υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο, όπως βουτάνιο ή προπάνιο.
- S.N.G. (Substitute (or synthetic) natural gas)=υποκατάστατο ή συνθετικό αέριο.

Διάφοροι κανονισμοί προτείνουν όρια για τις διάφορες προσμίξεις, που συνοδεύουν τα αέριο π.χ. για το συνολικό ποσοστό S έχουν τεθεί όρια για μεν την πρώτη οικογένεια τα 200mg/m<sup>3</sup>, για δε τη δεύτερη τα 150 mg/m<sup>3</sup>, ενώ και για τις δυο οικογένειες η περιεκτικότητα σε O<sub>2</sub> δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 3% κατ' όγκο. Αντίστοιχα όρια τίθενται και για άλλες προσμίξεις, όπως για τους υδρατμούς, την γλυκόζη, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, την αμμωνία, το υδροκυάνιο κοκ.

## 2.18. ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το Φυσικό Αέριο λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων του σε σχέση με τα άλλα καύσιμα βρίσκει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Αναλυτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί: **α)** Στην ηλεκτροπαραγωγή, **β)** Στον Βιομηχανικό τομέα για θερμικές χρήσεις αλλά και σαν πρώτη ύλη για παραγωγή χημικών προϊόντων (κυρίως αμμωνία - μεθανόλη), **γ)** Στον Εμπορικό τομέα για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως και σε άλλες εξειδικευμένες χρήσεις, **δ)** Στον οικιακό

τομέα επίσης για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αλλά και μαγείρεμα, ε) Στην Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητας.

## **2.19. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΚΑΥΣΕΙΣ**

Κατά τη διεργασία της καύσης σχηματίζονται χημικές ενώσεις οι οποίες εκλύονται στο περιβάλλον προκαλώντας ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι κυριότεροι ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου SO<sub>2</sub>, τα οξειδία του αζώτου NO<sub>x</sub>, το μονοξείδιο του άνθρακα CO, τα αιωρούμενα σωματίδια και οι άκαυστοι πτητικοί υδρογονάνθρακες.

Το Φυσικό Αέριο λόγω της μορφής και της σύστασής του θεωρείται κατ'εξοχήν οικολογικό καύσιμο. Η χρήση του Φυσικού Αερίου συμβάλει στον περιορισμό των μεταλλικών ρύπων. Στον άνθρακα και στο πετρέλαιο υπάρχουν π.χ. ίχνη υδραργύρου, μόλυβδου, βαναδίου και νικελίου τα οποία δεν περιέχονται στο Φυσικό Αέριο.

Υπάρχουν διεθνώς δύο μέθοδοι για τη μείωση των παραγόμενων NO<sub>x</sub>. Η πρώτη στηρίζεται στην καταλυτική επεξεργασία των απαερίων (selective catalytic reduction) και η δεύτερη σε επεμβάσεις στη διεργασία της καύσης.

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Ερευνών Ηλεκτρικής Ενέργειας των ΗΠΑ έδειξε ότι η μέθοδος καταλυτικής επεξεργασίας απαερίων έχει δεκαπλάσιο κόστος από αυτήν των επεμβάσεων στη διεργασία της καύσης.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να περιοριστεί σημαντικά μέσω της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων η οποία επιτυγχάνεται με τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της καύσης. Το Φυσικό Αέριο παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης κατά τη χρήση του, προσφέροντας μείωση της κατανάλωσης καυσίμων κατά 4-10%. Επιπλέον επιτρέπει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με υψηλό ενεργειακό βαθμό απόδοσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου (εξοικονόμηση ενέργειας 18-20%) και συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

## 3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

### 3.1. ΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Βασικά κείμενα που συνθέτουν τον κορμό του Θεσμικού Πλαισίου το οποίο αφορά στην χρησιμοποίηση του Φυσικού Αερίου είναι:

- **Κοινοτική Οδηγία 98/30:** «Κοινοί κανόνες της εσωτερικής αγοράς φυσικού αερίου». Η οδηγία αυτή προδιαγράφει το βασικό πλαίσιο διαμόρφωσης της απελευθερωμένης αγοράς του φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και την παρέκκλιση της Ελλάδας από διατάξεις της έως το έτος 2006.
- **Οδηγία 91/296/ΕΟΚ:** «Διαμετακόμιση φυσικού αερίου μέσω των μεγάλων δικτύων». Τροποποίηση 95/49/ΕΚ (ΕΕ L 233 30.09.95 σ. 86).
- **83/230/ΕΟΚ:** «Σύσταση του Συμβουλίου της 21ης Απριλίου 1983 σχετικά με τους τρόπους διαμόρφωσης των τιμών και των τιμολογίων για το φυσικό αέριο στην Κοινότητα».
- **Ν. 2364/95 (Φ.Ε.Κ. Α' 252/06-12-95):** «Σύσταση του σώματος Ενεργειακού Ελέγχου και σχεδιασμού. Εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις». Με τον νόμο αυτό συστάθηκε το Σώμα Ενεργειακού Ελέγχου και καθορίστηκαν οι βασικές αρχές της αγοράς του φυσικού αερίου: **1)** Εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου, **2)** Εταιρίες Διανομής Αερίου (ΕΔΑ), **3)** Συμμετοχή της Τοπικής Αυτοδιοίκησης στο μετοχικό κεφάλαιο των ΕΔΑ, **4)** Μεταβίβαση των εγκατεστημένων δικτύων αερίου της ΔΕΦΑ στη ΔΕΠΑ. Ο Νόμος τροποποιήθηκε αργότερα σύμφωνα με τα άρθρα 9 και 10 του Ν. 2528/97.
- **Π.Δ. 10/98 (Φ.Ε.Κ. Α' 19/30-01-98):** «Καθορισμός των όρων διενέργειας και των προϋποθέσεων συμμετοχής σε διαγωνισμό ιδιωτών επενδυτών σε εταιρίες Παροχής Αερίου». Με το διάταγμα αυτό καθορίστηκαν οι όροι και οι προϋποθέσεις διενέργειας των διαγωνισμών για την ανάδειξη επενδυτών που θα συμμετέχουν

στις Ανώνυμες Εταιρίες Παροχής Αερίου που θα συσταθούν στις περιοχές Αττικής, Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης, σύμφωνα με τον Ν. 2364/95 και τον Ν. 2528/97.

- **Ν. 2593/98 (Φ.Ε.Κ. Α' 59/20-03-98):** «Αναδιοργάνωση της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου (Δ.Ε.Π. Α.Ε.) και των θυγατρικών της εταιριών, καταστατικό αυτής και άλλες διατάξεις». Ο νόμος αυτός προβλέπει την αναδιοργάνωση της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ Α.Ε.) και των θυγατρικών αυτής (ΕΚΟ, Χημικά Μακεδονίας, ΕΑΔΑ, ΔΕΠ Έρευνα - Εκμετάλλευση υδρογονανθράκων) καθώς και τη μεταβίβαση του 85% των μετοχών της ΔΕΠΑ στο Ελληνικό Δημόσιο.
- **Π.Δ. 420/87 (Φ.Ε.Κ. Α' 187/20-10-87):** «Εγκατάσταση δικτύων αερίων καυσίμων σε νέες οικοδομές». Το διάταγμα αυτό βασίζεται στην τεχνική οδηγία 2471/1987 του Τ.Ε.Ε. η οποία από την ψήφισή του αποτελεί νόμο του κράτους και καθορίζει τις προδιαγραφές των εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου σε νεοαναγειρόμενες κατασκευές.
- **Ν. 2299/95 (Τεύχος Φ.Ε.Κ. Α' 66/07-04-95):** «Κύρωση του Προσαρτήματος της 1ης Ιουλίου 1993 και του Πρωτοκόλλου της 19<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1994 μεταξύ της Ελληνικής Δημοκρατίας και της Ρωσικής Ομοσπονδίας στη Διακρατική Συμφωνία της 7<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1987 για την προμήθεια του φυσικού αερίου στην Ελληνική Δημοκρατία».
- **Π.Δ. 78/00 (Φ.Ε.Κ. Α' 66/10-03-00):** «Όροι και διαδικασίες συμμετοχής των Νομικών Προσώπων της Τοπικής Αυτοδιοίκησης στις Εταιρίες Διανομής Αερίου (Ε.Δ.Α)».
- **Π.Δ. 341/96 (Φ.Ε.Κ. Α' 225/11-09-96):** «Αντικατάσταση του παραρτήματος του άρθρου 4 του Προεδρικού Διατάγματος 161/1992 «Διαμετακόμιση φυσικού αερίου μέσω μεγάλων δικτύων μεταφοράς υψηλής πίεσης σε εναρμόνιση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 91/296/ΕΟΚ της 31 Μαΐου 1991» (Φ.Ε.Κ. 74/Α/12.5.1992) σε συμμόρφωση προς την Οδηγία της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 95/49/ΕΚ της 26<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1995 όπως αυτό αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Προεδρικού Διατάγματος 450/95 (Φ.Ε.Κ. 263/Α/29.12.1995)».
- **Υ.Α. 8678 (Φ.Ε.Κ. Β' 1252/17-06-99):** «Παράταση ισχύος της άδειας εγκατάστασης του Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου της ΔΕΠΑ Α.Ε.».
- **Υ.Α. 20260 (Φ.Ε.Κ. Β' 1252/17-06-99):** «Έγκριση Προσαρμογής Καταστατικού της Ανωνύμου Εταιρίας "ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ Α.Ε." (ΔΕΠΑ Α.Ε.)».

- **Η Υπουργική Απόφαση Δ3/Α/5286 (Φ.Ε.Κ. Β' 236/26.3.97):** «Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50 mbar και μέγιστη πίεση λειτουργίας έως 16 bar».
- **Η Υπουργική Απόφαση Δ3/Α/11346 (Φ.Ε.Κ. Β' 963/15.7.2003):** «Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar.
- **Η Υπουργική Απόφαση 31856 (Φ.Ε.Κ. Β' 1257/3.9.2003):** «Τεχνικός Κανονισμός Εγκαταστάσεων Υγραερίου στα κτίρια (πλην βιομηχανιών - βιοτεχνιών)».

### 3.2. ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Για τις εγκαταστάσεις καυσίμων αερίων πρέπει ακόμη (κατά περίπτωση) να λαμβάνονται υπ' όψη τα πρότυπα:

#### ΕΛΟΤ

- **ΕΛΟΤ 267.01:** Σπειρώματα σωλήνων όπου η στεγανότητα υπό πίεση των σωλήνων οφείλεται στα σπειρώματα. Χαρακτηρισμός, διαστάσεις, ανοχές.
- **ΕΛΟΤ 268:** Χαλυβδοσωλήνες κατάλληλοι για κοχλιοτόμηση σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 267.1 - Σειρά βαρέος τύπου.
- **ΕΛΟΤ 269:** Χαλυβδοσωλήνες κατάλληλοι για κοχλιοτόμηση σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 267.1 - Σειρά μεσαίου τύπου

#### ΕΛΟΤ EN

- **ΕΛΟΤ EN 161:** Αυτόματες βαλβίδες διακοπής για καυστήρες και συσκευές αερίου.
- **ΕΛΟΤ EN 203-1:** Συσκευές μεγάλων μαγειρείων για αέρια καύσιμα - Απαιτήσεις ασφαλείας.
- **ΕΛΟΤ EN 203-2:** Συσκευές μεγάλων μαγειρείων για αέρια καύσιμα - Ορθολογική χρήση ενέργειας.
- **ΕΛΟΤ EN 287-1:** Δοκιμασία έγκρισης συγκολλητών - Συγκόλληση με τήξη – Χάλυβες.
- **ΕΛΟΤ EN 288-1:** Προδιαγραφή και καταλληλότητα διαδικασιών συγκόλλησης για μεταλλικά υλικά - Γενικοί κανόνες για συγκόλληση με τήξη.
- **ΕΛΟΤ EN 288-2:** Προδιαγραφή και καταλληλότητα διαδικασιών συγκόλλησης για μεταλλικά υλικά - Προδιαγραφή διαδικασίας συγκόλλησης για ηλεκτροσυγκόλληση.
- **ΕΛΟΤ EN 334:** Ρυθμιστές πίεσης αερίου για πιέσεις εισόδου μέχρι 100 bar.

- **ΕΛΟΤ EN 337:** Λιπαντικά για συσκευές και τον εξοπλισμό τους με χρήση καυσίμων αερίων εκτός από τις προοριζόμενες για βιομηχανική χρήση.
- **ΕΛΟΤ EN 437:** Αέρια δοκιμών - πιέσεις δοκιμής - Κατηγορίες συσκευών.
- **ΕΛΟΤ EN 449 :** Προδιαγραφή συσκευών υγραερίου - Οικιακές συσκευές θέρμανσης χώρου χωρίς καπνοδόχο (περιλαμβανομένων και των συσκευών με καταλυτική καύση).
- **ΕΛΟΤ EN 509:** Διακοσμητικές συσκευές αερίου.
- **ΕΛΟΤ EN 549:** Ελαστικά υλικά για στεγανοποιητικά και μεμβράνες για συσκευές και εξοπλισμό αερίου.
- **ΕΛΟΤ EN 682 :** Elastomeric seals - Materials requirements for seals used in pipes and fittings carrying gas hydrocarbon fluids.
- **ΕΛΟΤ EN 730:** Εξοπλισμός οξυγονοκόλλησης - Εξοπλισμός χρησιμοποιούμενος για οξυγονοκόλληση, κοπή και συναφείς διεργασίες, διατάξεις ασφαλείας για αέρια καύσιμα και για οξυγόνο ή συμπιεσμένο αέρα - Γενικές προδιαγραφές, απαιτήσεις και δοκιμές.
- **ΕΛΟΤ EN 746-2:** Βιομηχανικός εξοπλισμός θερμικής επεξεργασίας - Μέρος 2: Απαιτήσεις ασφαλείας για συστήματα καύσης και διαχείρισης καυσίμου.
- **ΕΛΟΤ EN 751-1:** Υλικά στεγανοποίησης για μεταλλικές κοχλιωτές συνδέσεις σε επαφή με αέρια 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> οικογένειας και θερμού νερού - Μέρος 1: Αναερόβιες συνδετικές ουσίες.
- **ΕΛΟΤ EN 751-2:** Υλικά στεγανοποίησης για μεταλλικές κοχλιωτές συνδέσεις σε επαφή με αέρια 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> οικογένειας και θερμού νερού - Μέρος 2: Μη σκληρυνόμενες συνδετικές ουσίες.
- **ΕΛΟΤ EN 751-3:** Υλικά στεγανοποίησης για μεταλλικές κοχλιωτές συνδέσεις σε επαφή με αέρια 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> οικογένειας και θερμού νερού - Μέρος 3: Μη τηκόμενες ταινίες PTFE.
- **ΕΛΟΤ EN 1044:** Σκληρές κολλήσεις - Πρόσθετα υλικά κόλλησης.
- **ΕΛΟΤ EN 1045:** Σκληρές κολλήσεις - Συλλιπάσματα για σκληρές κολλήσεις - Ταξινόμηση και τεχνικές συνθήκες παράδοσης.
- **ΕΛΟΤ EN 1057:** Χαλκός και κράματα χαλκού - Στρογγυλοί χαλκοσωλήνες χωρίς ραφή για νερό και αέριο σε εγκαταστάσεις υγιεινής και θέρμανσης
- **ΕΛΟΤ EN 1254-1:** Χαλκός και κράματα χαλκού - Εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων - Μέρος 1: Εξαρτήματα για σύνδεση χαλκοσωλήνων με τριχοειδή μαλακή ή σκληρή κόλληση.

- **ΕΛΟΤ EN 1254-2:** Χαλκός και κράματα χαλκού - Εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων - Μέρος 2: Εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης για σύνδεση με χαλκοσωλήνες.
- **ΕΛΟΤ EN 1254-4:** Χαλκός και κράματα χαλκού - Εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων - Μέρος 4: Εξαρτήματα που συνδυάζουν άλλες συνδέσεις άκρων με άκρα τριχοειδούς σύνδεσης ή μηχανικής σύσφιξης. Χαλκός και κράματα χαλκού - Εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων - Μέρος 4: Εξαρτήματα που συνδυάζουν συνδέσεις άκρου σωλήνα με τριχοειδή κόλληση ή με μηχανική σύσφιξη με άκρο άλλου τύπου σύνδεσης.
- **ΕΛΟΤ EN 1254-5:** Χαλκός και κράματα χαλκού - Εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων - Μέρος 5: Εξαρτήματα με κοντά άκρα για σύνδεση με χαλκοσωλήνες με σκληρή τριχοειδή κόλληση.
- **ΕΛΟΤ EN 1359:** Μετρητές αερίου - Μετρητές αερίου με διάφραγμα.
- **EN 1763-1:** Ελαστικοί και πλαστικοί σωλήνες, σωληνώσεις και συστήματα σωληνώσεων για το εμπορικό προπάνιο, βουτάνιο και τα μίγματα τους σε αέρια φάση – Μέρος 1: Απαιτήσεις για ελαστικούς και πλαστικούς σωλήνες και σωληνώσεις.
- **ΕΛΟΤ EN 1775:** Παροχή Αερίου. Σωληνώσεις αερίου για κτίρια - MOP 5 bar. Γενικές λειτουργικές υποδείξεις).
- **ΕΛΟΤ EN 10020:** Ορισμός και κατάταξη ποιοτήτων χάλυβος.
- **ΕΛΟΤ EN 10204 + AI:** Μεταλλικά προϊόντα - Τύποι εγγράφων επιθεώρησης.
- **ΕΛΟΤ EN 10240:** Εσωτερικές ή/και εξωτερικές προστατευτικές επικαλύψεις για χαλύβδινους σωλήνες - Προδιαγραφές για επιψευδαργυρώσεις με εν θερμώ εμβάπτιση σε αυτόματες εγκαταστάσεις.
- **ΕΛΟΤ EN 10241:** Χαλύβδινα εξαρτήματα σωλήνων με σπείρωμα.
- **ΕΛΟΤ EN 10242:** Εξαρτήματα σωλήνων με σπείρωμα από μαλακό χυτοσίδηρο.
- **ΕΛΟΤ EN 1092-1:** Φλάντζες και οι συνδέσεις τους - Κυκλικές φλάντζες για σωλήνες, δικλείδες, ειδικά τεμάχια και εξαρτήματα - Μέρος 1: Χαλύβδινες φλάντζες, χαρακτηρισμένες με PN.

### 3.3. ΑΛΛΕΣ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

- Νόμος 3054 (ΦΕΚ 320/A/ 2 Οκτωβρίου 2002): "Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις".
- **Προεδρικό Διάταγμα 71/88**: Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων (ΦΕΚ 32/A/17.2.88).
- **Προεδρικό Διάταγμα 335/93**: Απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 92/42/ΕΟΚ της 21 ης Μαΐου 1992.
- **Προεδρικό Διάταγμα 334/94**: Προϊόντα Δομικών Κατασκευών για την προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ .
- Π.Δ. 1180 (ΦΕΚ 293 Α/6-10-81) περί ορίων στάθμης θορύβου.
- ΚΥΑ 15233/91 (ΦΕΚ 487 Β/4-7-91) "Συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την 90/396/ΕΟΚ Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων σχετικά με τις συσκευές αερίου".
- ΚΥΑ Οικ. Β 3380/737 (ΦΕΚ 134 Β/1-3-95) Τροποποίηση της υπ' αριθ. 15233/91 ΚΥΑ των Υπ. Εθν. Οικονομίας και Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας σχετικά με τις συσκευές αερίου σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 93/68/ΕΟΚ.
- ΚΥΑ 16289/330/1999 (ΦΕΚ 987 Β799) Συμμόρφωση ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 97/23/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου σχετικά με τον εξοπλισμό υπό πίεση.
- Οδηγία 97/23/ΕΟΚ του Ευρ. Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29<sup>ης</sup> Μαΐου 1997, για την προσέγγιση των Νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τον εξοπλισμό υπό πίεση.
- ΚΥΑ 14132/618 (ΦΕΚ 1626 Β76-12/2001) Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 1996/36 του Συμβουλίου της 29<sup>ης</sup> Απριλίου 1999 σχετικά με το μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση όπως αυτή τροποποιήθηκε με νεώτερη Οδηγία 2001/12/ΕΚ της Επιτροπής της 4<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 2001 (παράρτημα V) για προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της Οδηγίας.
- 1996/36/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με το μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση.
- Οδηγία 99/36/ΕΚ για την προσέγγιση των Νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με το μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση.
- Οδηγία 89/392/ΕΟΚ: Περί Μηχανών.
- Οδηγία 92/42/ΕΟΚ: Λέβητες ζεστού νερού.



- Κτηριοδομικός Κανονισμός (ΦΕΚ 59/Δ/3.2.89).
- ΚΥΑ Δ3/14858 (ΦΕΚ 477 ΒV1 -7-1993).
- ΥΑ 2923/161/21.2.1986 (ΦΕΚ 176/Β/14.4.1986).
- ΚΕΗΕ: Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.
- ΥΑ Β/19340/1946/87: "Συγκολλητές φιάλες αερίου από μη κεκραμένο χάλυβα" σε συμμόρφωση της Οδηγίας 84/527/ΕΟΚ.
- ΥΑ 14165/Φ17.4/373: "Θέσπιση Κανονισμού για την ασφαλή κατασκευή και κυκλοφορία δοχείων πίεσης και συσκευών αερίου" (ΦΕΚ 673/Β/2-9-93).
- ΤΟΤΕΕ 2412/86 : Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα : Αποχετεύσεις.

## **4. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ**

### **4.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΙΣΧΥΟΝ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Έχουν συγκροτηθεί και δραστηριοποιηθεί έγκυροι φορείς όπως η Δ.ΕΠ.Α., οι Ε.Δ.Α. (Αττικής, Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης), όπως και οι αντίστοιχες Ε.Π.Α. Χωρίς να μπορεί να μιλήσει κανείς για άριστη κατάσταση υπάρχει μία ορατή και δυναμική παρουσία προσώπων (Μάνατζερ και Μηχανικών) όπως και διοικητικών μηχανισμών που αναπτύσσουν γόνιμη δραστηριότητα για την διάδοση των εφαρμογών του Φυσικού Αερίου. Στην προσπάθεια των φορέων αυτών σημαντική είναι και η συμβολή των Επιστημονικών - Επαγγελματικών Συλλόγων των Μηχανικών με κορυφαία την πολύπλευρη δραστηριότητα του Σ.Μ.Η.Β.Ε. (Σύλλογος Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδας).

Οι αρμόδιοι τεχνικοί της Δ.ΕΠ.Α., των Ε.Δ.Α. και των Ε.Π.Α. φαίνονται πρόθυμοι να συνεργασθούν εποικοδομητικά με τους Μηχανικούς (Μελετητές και Κατασκευαστές εγκαταστάσεων Φ.Α.), όπως και με τους συλλογικούς φορείς των τεχνικών.

### **4.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΥΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ**

Το πετρέλαιο ντίζελ, ως καύσιμο, έχει δύο ιδιαίτερα σημαντικά μειονεκτήματα σε σχέση με το φυσικό αέριο: αφενός παρουσιάζει μειωμένο βαθμό απόδοσης κατά την καύση του και συνεπώς δεν επιτυγχάνεται σαφής εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή της θερμικής ενέργειας. Αφετέρου δε οι εκπομπές αερίων ρύπων που προκύπτουν κατά την καύση του είναι κατά 30% υψηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του φυσικού αερίου.

Σε ότι αφορά τα οικονομικά στοιχεία, το φυσικό αέριο είναι κατά 30% φθηνότερο από το πετρέλαιο θέρμανσης. Συγκεκριμένα για την Αττική, το τιμολόγιο της Εταιρείας Παροχής Αερίου Αττικής Α.Ε. διαμορφώνεται μία φορά κάθε δίμηνο και πάντα σε συνάρτηση με την τιμή του πετρελαίου θέρμανσης. Ο καθορισμός της τιμής γίνεται ως εξής: ως βάση λαμβάνεται η μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, σύμφωνα με την ελεύθερα διαμορφούμενη τιμή διυλιστηρίου, από τις γνωστοποιήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης. Στην παραπάνω τιμή προστίθενται το περιθώριο κέρδους των διανομέων, οι νόμιμοι φόροι και ο ΦΠΑ, ενώ λαμβάνονται υπόψη και οι βαθμοί απόδοσης καύσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Η τελική τιμή χρέωσης του φυσικού αερίου διαμορφώνεται πάντοτε έτσι ώστε να είναι κατά 30% χαμηλότερη από την με τον παραπάνω τρόπο υπολογισθείσα τελική τιμή του πετρελαίου.

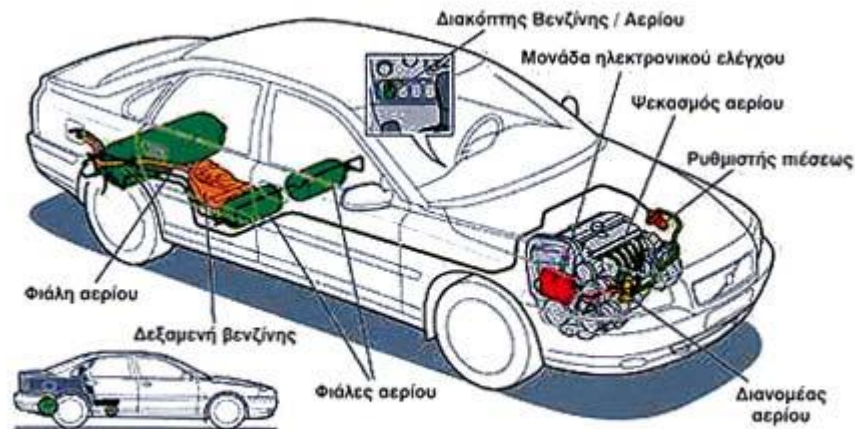


Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο ντίζελ και το μαζούτ, είναι το γεγονός ότι η προμήθειά του και η διανομή του εντός της επιχείρησης ως τα σημεία κατανάλωσης απαιτεί λιγότερη φροντίδα και λιγότερο χρόνο από το προσωπικό της επιχείρησης, δηλ. τελικά λιγότερο κόστος (δεν απαιτούνται διαδικασίες παραγγελίας και παραλαβής, δεν απαιτούνται δεξαμενές αποθήκευσης, δεν απαιτείται προθέρμανσή του, όπως συχνά συμβαίνει με το μαζούτ κλπ).

#### **4.3. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ**

Το διογκούμενο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων επιβάλλει τον σαφή προσανατολισμό σε καύσιμα αποδοτικά αλλά και φιλικά προς το

περιβάλλον. Τα μεγάλα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα από την καθαρότητα των καυσαερίων, το άψογο ιστορικό ασφαλείας και η ωριμότητα της σχετικής τεχνολογίας καθιστούν σήμερα την κίνηση των οχημάτων με συμπιεσμένο φυσικό αέριο επιβεβλημένη λύση για τη σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις.



Σχηματική παράσταση συστήματος τροφοδοσίας φυσικού αερίου

Η κίνηση των οχημάτων με φυσικό αέριο σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα συντελεί στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα αστικά κέντρα, με λειτουργικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Η τεχνολογία των σταθμών συμπίεσης και οχημάτων CNG είναι γνωστή, ώριμη και ασφαλής.

Η έλλειψη κοινής πολιτικής των μεταφορών, η συνεχή εξάπλωση των αστικών κέντρων, η μη εξέλιξη της αστικής συγκοινωνίας, η ελαστικότητα της χρήσης του Ι.Χ αυτοκινήτου, έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξανόμενη συγκέντρωση οχημάτων στα αστικά κέντρα, με αποτέλεσμα τα μεταφορικά μέσα να αποτελούν τη κύρια αιτία στη ρύπανση του περιβάλλοντος, στη μείωση αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων και την συνεχή ανοδική πορεία των τιμών τους. Η χρήση του συμπιεσμένου Φ.Α ως εναλλακτικό καύσιμο οχημάτων επιδρά σημαντικά στη μείωση των ανωτέρω προβλημάτων. Στόχος της Ε.Ε. η υποκατάσταση κατά 20% των συμβατικών καυσίμων με εναλλακτικά καύσιμα στον τομέα των οδικών μεταφορών.

#### 4.4. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ



Η κίνηση με φυσικό αέριο στα αυτοκίνητα παρουσιάζει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την χρήση συμβατικών κινητήρων βενζίνης και diesel:

**A) Πιο οικονομική λειτουργία.** Οι νέοι κινητήρες αποκλειστικής καύσεως φυσικού αερίου είναι πιο αποτελεσματικοί οικονομικά από τους συμβατικούς κινητήρες βενζίνης ή diesel. Η οικονομικότητα του φυσικού αερίου σε σχέση με τα υγρά καύσιμα επιτρέπει την ανάκτηση του επιπλέον κόστους κεφαλαίου για την δυνατότητα καύσης φυσικού αερίου σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το ίδιο ισχύει και για τις μετατροπές αυτοκινήτων από καύση βενζίνης ή πετρελαίου σε καύση φυσικού αερίου, η οποία γίνεται πλέον εύκολα και οικονομικά με βάση διεθνώς εγκεκριμένους κανονισμούς.

**B) Μικρότερες εκπομπές αερίων ρύπων και θορύβου.** Η καύση του φυσικού αερίου αποδίδει μηδενικές εκπομπές οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) σε σχέση με την καύση βενζίνης ή πετρελαίου diesel. Σαφώς μικρότερες με τα ευρέως διαδεδομένα καύσιμα στην αυτοκίνηση είναι και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μικροσωματιδίων (καπνού) και οξειδίων του αζώτου. Περαιτέρω, οι κινητήρες φυσικού αερίου λειτουργούν αθόρυβα και χωρίς κραδασμούς σε σχέση με τους συμβατικούς, βελτιώνοντας έτσι σημαντικά το συνολικό αισθητικό αποτέλεσμα.

## 4.5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η χρήση φυσικού αερίου από οχήματα είναι εφικτή με την τοποθέτηση ειδικών φιαλών στα οχήματα για την αποθήκευση του καύσιμου οι οποίες κατασκευάζονται από υπερανθεκτικά υλικά και τοποθετούνται στα οχήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρήξης τους ακόμα και στις πιο σφοδρές συγκρούσεις. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις φιάλες του οχήματος υπό υψηλή πίεση (250 bar) εξ' ου και αποκαλείται Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο (Compressed Natural Gas ή CNG).



Το ότι η αεριοκίνηση είναι επισφαλής λόγω της πιθανότητας εκρήξεως αποτελεί μύθο καθώς πέραν από τις υψηλές προδιαγραφές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται, η ασφαλής λειτουργία ενισχύεται λόγω της ιδιότητας του φυσικού αερίου να αναφλέγεται μόνο σε περιορισμένο εύρος μίγματος με αέρα (5% έως 15% κατ' όγκο, ελαφρύτερα ή βαρύτερα μίγματα δεν αναφλέγονται).

Ο ανεφοδιασμός των οχημάτων φυσικού αερίου γίνεται από εξειδικευμένους σταθμούς οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με το τοπικό δίκτυο παροχής φυσικού αερίου. Ο κινητήρας που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα φυσικού αερίου είναι παρόμοιος με τον ευρέως διαδεδομένο κινητήρα εσωτερικής καύσης για βενζίνη (με σπινθηριστή) και αυτός είναι ο λόγος που είναι εύκολη η μετατροπή ενός υφιστάμενου βενζινοκίνητου κινητήρα για καύση φυσικού αερίου με σχετικά χαμηλό κόστος.

#### 4.6. ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Η πλέον διαδεδομένη χρήση της αεριοκίνησης σήμερα είναι στα μέσα μαζικής μεταφοράς (κυρίως αστικά λεωφορεία) καθώς σε αυτό το τομέα παρουσιάζονται τα σημαντικά εγγενή πλεονεκτήματα του υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης και του σταθερού και προκαθορισμένου κυκλοφοριακού φορτίου των οχημάτων που προσδίδουν όγκο και προβλεψιμότητα στις ανάγκες ανεφοδιασμού και συνεπώς περιορίζουν την ανάγκη ύπαρξης εκτεταμένου δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού.

Στην Αθήνα, κυκλοφορεί σήμερα μεγάλος αριθμός λεωφορείων φυσικού αερίου (της Εταιρίας Θερμικών Λεωφορείων / ΕΘΕΛ, θυγατρικής του ΟΑΣΑ) ενώ αναμένεται η περαιτέρω αύξηση τους. Τα λεωφορεία φυσικού αερίου της ΕΘΕΛ ανεφοδιάζονται από τον σταθμό των Άνω Λιοσίων της ΔΕΠΑ ενώ υπό κατασκευή βρίσκεται και δεύτερος σταθμός ανεφοδιασμού στην Ανθούσα.



Όλα κινούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο, μια τεχνολογία που ονομάζεται CNG ή Compressed Natural Gas. Η τροφοδοσία τους γίνεται στο κέντρο τροφοδοσίας φυσικού αερίου, στην Ανθούσα και τα Άνω Λιόσια, με δυναμικότητα των συγκεκριμένων σταθμών στα  $5000\text{Nm}^3/\text{h}$ , γεγονός που τους κατατάσσει ανάμεσα στους μεγαλύτερους σταθμούς της Ευρώπης. Η αεριοκίνηση αναμένεται να δώσει

λύσεις και σημαντικό διέξοδο στα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ενώ παράλληλα θα συνεισφέρει θετικά στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Τα περιθώρια αύξησης της αεριοκίνησης των αστικών λεωφορείων του ΟΑΣΑ είναι ακόμα πολύ σημαντικά ενώ επίσης σημαντική είναι και η προοπτική της εισαγωγής της αεριοκίνησης στις δημοτικές συγκοινωνίες της Αθήνας καθώς και της εισαγωγής της στα αστικά λεωφορεία της περιφέρειας της Θεσσαλονίκης αρχικά και των λοιπών μεγάλων πόλεων της Ελλάδας σε επόμενο στάδιο.

Μια άλλη κατηγορία οχημάτων στα οποία μπορεί να εισαχθεί η χρήση φυσικού αερίου με γρήγορους ρυθμούς είναι τα απορριμματοφόρα οχήματα που επίσης έχουν υψηλό συντελεστή ημερήσιας χρησιμοποίησης στα αστικά κέντρα και θα μπορούσαν εύκολα να ανεφοδιάζονται από τους υφιστάμενους και μελλοντικούς σταθμούς ανεφοδιασμού της ΕΘΕΛ.

Μέσα στο 2009 διανεμήθηκαν και τέθηκαν σε κυκλοφορία πάνω από 150 οχήματα φυσικού αερίου σε στόλους απορριμματοφόρων σε διάφορους Δήμους της Αττικής, ενώ υπάρχει σχεδιασμός για πάνω από 200 απορριμματοφόρα σε Λαμία, Βόλο, Λάρισα, Θεσσαλονίκη το 2011.

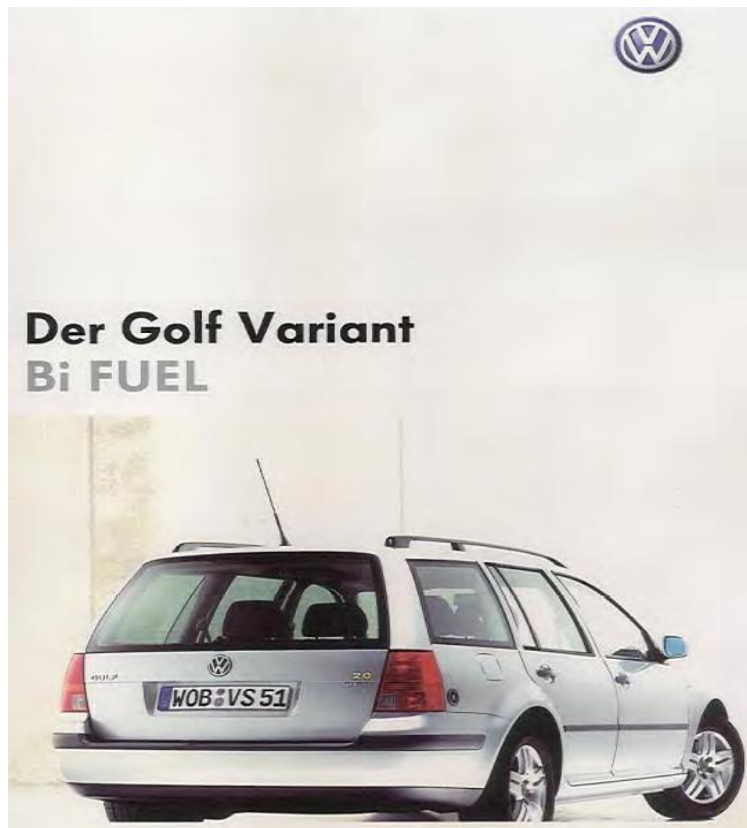


Η ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ GAS A.E. προβλέποντας την άνθηση του τομέα έχει συνάψει σημαντικές στρατηγικές συμφωνίες με μεγάλους οίκους του εξωτερικού που εξειδικεύονται εδώ και δεκαετίες στο χώρο της αεριοκίνησης οχημάτων, με σκοπό να διατηρήσει την πρωτοπορία και σε αυτό τον τομέα της αγοράς φυσικού αερίου.



#### 4.7. ΚΙΝΗΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το φυσικό αέριο αποτελεί το μόνο βιώσιμο εναλλακτικό καύσιμο για τα οχήματα, καθώς όσα το χρησιμοποιούν ήδη χαρακτηρίζονται από τα “καθαρότερα”, μαζί μ' αυτά που κυκλοφορούν με υγραέριο, μετά βεβαίως τα ηλεκτρικά οχήματα, που έχουν μηδενικούς ρύπους.



Ένα αυτοκίνητο, το οποίο κινείται με φυσικό αέριο, εκπέμπει λιγότερα μη-μεθανιούχα σωματίδια. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων, επέρχεται μείωση εκπομπών NOx μέχρι και 85%, μείωση CO πάνω από 90% και μείωση CO<sub>2</sub> μέχρι και 20%, ενώ συμβάλλει στη μείωση εκπομπών λεπτών σωματιδίων (PM) μέχρι και 99%. Το φυσικό αέριο εκπέμπει λιγότερους ρύπους ακόμη κι όταν ο καταλύτης είναι παλιός και θέλει αντικατάσταση, κάτι που στην πράξη σημαίνει ρύπανση του περιβάλλοντος σε μεγάλο βαθμό.

Αρκετές μελέτες, που έχουν ως κύριο αντικείμενό τους την κίνηση οχημάτων με φυσικό αέριο, καταλήγουν ότι είναι από τα καθαρότερα οχήματα, όπως και αυτά του βιοαερίου ή και του υδρογόνου. Η ιδέα των βιοκαυσίμων δεν είναι ώριμη στην Ελλάδα και στην Ευρώπη και όπως δείχνουν τα πράγματα θα χρειαστούν περίπου

15 χρόνια συντονισμένης έρευνας και μελέτης για να μπορέσουν να βγουν χρήσιμα συμπεράσματα, υλοποιήσιμα πάνω στα αυτοκίνητα. Από την άλλη, δεν θα πρέπει να παραγνωρίσουμε το γεγονός ότι τα βιοκαύσιμα συντείνουν στην αύξηση των τιμών των τροφίμων, με όλες τις επιπτώσεις που υπάρχουν παγκοσμίως στον πληθυσμό και στο επίπεδο διαβίωσης των πολιτών.



Η τεχνολογία των αυτοκινήτων που κινούνται με φυσικό αέριο είναι αρκετά ώριμη και ασφαλής. Το φυσικό αέριο καίγεται σε κινητήρα τύπου Otto (με σπινθήρα), καθιστώντας δυνατή την εναλλαγή καυσίμου μεταξύ της βενζίνης και του φυσικού αερίου. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο κάνουν λιγότερο θόρυβο από ότι τα πετρελαιοκίνητα. Έρευνες κάνουν λόγο για μείωση θορύβου κατά 1 db κατά την κίνηση, με σταθερή ταχύτητα και 3,3 db, κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης. Κατανοώντας το μέγεθος του θορύβου, αρκεί να επισημάνουμε ότι μια διαφορά τριών ντεσιμπέλ ισοδυναμεί με υποδιπλασιασμό του θορύβου.

#### **ΜΟΝΤΕΛΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΔΙΕΘΝΗ ΑΓΟΡΑ**



OPEL ZAFIRA



VOLVO S60



FIAT MULTIPLA

Ορισμένες από τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν αρχίσει ήδη να παράγουν, σε μαζική κλίμακα, οχήματα αποκλειστικά φυσικού αερίου. Αν και το φυσικό αέριο (CNG), δεν αποτελεί το πιο “καθαρό” καύσιμο από όσα προτείνονται, μπορεί όμως για έναν μεγάλο χρονικό ορίζοντα να επιλύσει προβλήματα ενεργειακά και περιβαλλοντικά. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που αποτελεί το βασικό εναλλακτικό καύσιμο, που έχει επιλέξει η Ιταλία, όπου το ποσοστό από τις συνολικές ευρωπαϊκές πωλήσεις αυτοκινήτων CNG, φθάνει το 70%. Μεγάλα ποσοστά αυτοκινήτων που κινούνται με φυσικό αέριο έχει και η Γερμανία (27%), ενώ πολύ πιο πίσω ακολουθούν η Ελβετία (2,5%) και η Μεγάλη Βρετανία, η Γαλλία και η Αυστρία με ποσοστά κάτω της μονάδας. Ο ανεφοδιασμός των οχημάτων φυσικού αερίου γίνεται από εξειδικευμένους σταθμούς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με το τοπικό δίκτυο παροχής φυσικού αερίου.

Αναλύοντας την τιμή του φυσικού αερίου για την κίνηση των αυτοκινήτων, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και παγκόσμια δεδομένα, βλέπουμε ότι η τελική τιμή του

είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή της βενζίνης (“αγγίζει” ακόμη και το 50%), ενώ είναι περίπου 25-30% χαμηλότερη απ’ αυτή του πετρελαίου..

Οι βασικές διαφορές μεταξύ υγραερίου (LPG/Liquid Petroleum Gas) και συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG/Compressed Natural Gas) είναι: το υγραέριο, το τελευταίο διάστημα έγινε ευρύτερα γνωστό και σε κάθε πόλη πλέον υπάρχει έστω και ένα εξειδικευμένο συνεργείο που τοποθετεί συστήματα υγραεριοκίνησης. Πρακτικά, το LPG δεν έχει κανένα απολύτως οικολογικό όφελος με εξαίρεση τη χαμηλότερη κατανάλωση και πιο συμφέρουσα τιμή πώλησης.

Το CNG από την άλλη είναι πιο οικολογικό, αλλά έχει ένα βασικό μειονέκτημα στη χρήση του. Δεν μπορεί να έχει την αυτονομία ενός βενζινοκινητήρα. Για να γίνει αυτό πρέπει να έχει μεγάλο ρεζερβουάρ που αποτελεί μεγάλο πρόβλημα ως προς την αποθήκευσή του. Έτσι, επιλέχθηκε η αποθήκευσή του σε ειδικές μπουκάλες σε αέρια μορφή και αυτό υπό υψηλή πίεση (έως και 200 bar) προκειμένου να καταλαμβάνεται λιγότερος χώρος. Οι δεξαμενές του φυσικού αερίου, είναι τοποθετημένες κάτω από το δάπεδο και δεν επηρεάζουν την παθητική ασφάλεια του αυτοκινήτου, όπως δείχνουν τα τεστ του EuroNCAP.

Σε περίπτωση που το CNG τελειώσει και μέχρι τον ανεφοδιασμό, ο οδηγός μπορεί να επιλέξει τη συμβατική λειτουργία, δηλαδή να το “γυρίσει” στο βασικό του καύσιμο. Με δεδομένο ότι στην Αιθιοπία υπάρχει μεγάλος – αν όχι ο μεγαλύτερος – σταθμός ανεφοδιασμού αυτοκινήτων της Ευρώπης, είναι βέβαιο ότι πολύ σύντομα, δειλά-δειλά, θα ξεκινήσουν και οι μετατροπές αρκετών αυτοκινήτων, στα πρότυπα της υγραεριοκίνησης, που θα δώσουν οικονομικές λύσεις στον κάτοχο των αυτοκινήτων, αλλά και θα δείξουν περισσότερη περιβαλλοντολογική ευαισθησία.

Ίσως ένα από τα μειονεκτήματα που εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό είναι το δίκτυο ανεφοδιασμού, που κάνει την αγορά ενός τέτοιου αυτοκινήτου προβληματική για τα δεδομένα της χώρας μας. Εκτός κι αν τα δεδομένα αλλάξουν και τα βενζινάδικα εκτός από υγραέριο εφοδιαστούν και με φυσικό αέριο.

Η κίνηση οχημάτων με φυσικό αέριο “άνοιξε την όρεξη” των ανθρώπων της αυτοκίνησης, που αποφάσισαν να “τρέξουν” ένα πιλοτικό σχέδιο κίνησης αυτοκινήτων με φυσικό αέριο, έχοντας βάλει στόχο την επέκταση του προγράμματος σε όλες τις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας και σε επιλεγμένα σημεία της εθνικής οδού για να υπάρχει οργανωμένο δίκτυο τροφοδοσίας.



Αρκετές μελέτες, που έχουν ως κύριο αντικείμενό τους την κίνηση οχημάτων με φυσικό αέριο, καταλήγουν ότι είναι από τα καθαρότερα οχήματα, όπως και αυτά του βιοαερίου ή και του υδρογόνου



Η χρήση φυσικού αερίου από οχήματα είναι εφικτή με την τοποθέτηση σε αυτά ειδικών φιαλών για την αποθήκευση του καυσίμου, οι οποίες κατασκευάζονται από υπερανθεκτικά υλικά και τοποθετούνται στα οχήματα, με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρήξης τους ακόμα και στις πιο σφοδρές συγκρούσεις. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις φιάλες του οχήματος υπό υψηλή πίεση (250 bar), γι' αυτό και αποκαλείται «Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο» (Compressed Natural Gas ή CNG).

Ένα θέμα, πάντως, που είναι προς συζήτηση είναι η αποδοτικότητα του κινητήρα με φυσικό αέριο. Μηχανικοί κάνουν λόγο για αρκετά κατάλοιπα κατά την καύση, ενώ η ιπποδύναμη του αυτοκινήτου μειώνεται σε μικρή κλίμακα. Σε αντίθεση με το υγραέριο, που ο κινητήρας έχει καλύτερη καύση, υπάρχει μακροζωία και ελάχιστη αύξηση της δύναμης για νέες γενιές συστήματα.

#### 4.8. ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

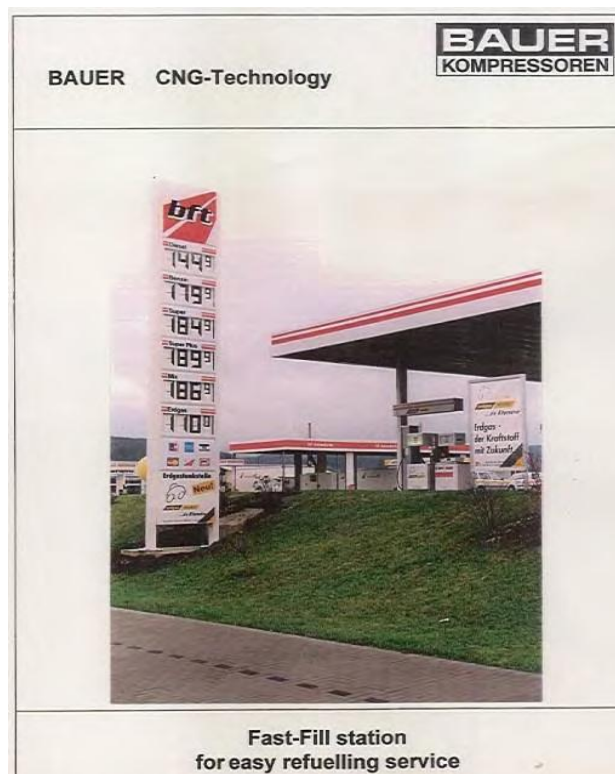
- Η αεριοκίνηση οχημάτων αποτελεί σήμερα μία σημαντική και αποτελεσματική διέξοδο στο οξύ πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που αντιμετωπίζουν πολλές μεγαλουπόλεις.



- Η τεχνολογία των οχημάτων που κινούνται με πεπιεσμένο Φ.Α, (CNG) είναι: **1)** Γνωστή, **2)** Ωριμη, **3)** Ασφαλής, **4)** Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του μεθανίου σε υδρογόνο, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα υψηλής ποιότητας καύσιμο για Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, **5)** Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου ανά kg μάζας, ξεπερνά αυτήν όλων των υπόλοιπων υδρογονανθράκων ( $H_u = 47,6 \text{ MJ/kg}$  ή  $36,5 \text{ MJ/m}^3$ ), **6)** Επιπλέον, το φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται από υψηλό αριθμό οκτανίου, με συνέπεια να μπορεί να καίγεται σε βενζινοκινητήρες υψηλής σχέσης συμπίεσης χωρίς κίνδυνο κτυπήματος.
- Το Φ.Α. καίγεται σε κινητήρα τύπου Otto (με σπινθήρα), καθιστώντας δυνατή την εναλλαγή καυσίμου μεταξύ βενζίνης και Φ.Α.
  - ∅ Η δυνατότητα της εναλλαγής εφαρμόζεται, κυρίως, στα μικρά οχήματα.
  - ∅ Μεγαλύτερα οχήματα που κινούνται σε συγκεκριμένες διαδρομές (λεωφορεία, απορριματοφόρα, κλπ.) κατασκευάζονται αποκλειστικά για καύση Φ.Α., για οικονομικούς λόγους.

- Με τη χρήση Φ.Α. στα οχήματα επιτυγχάνεται, ανάλογα με το συγκρινόμενο καύσιμο και τον τύπο του οχήματος:
  - ∅ Μείωση των εκπομπών μη-μεθανιούχων υδρογονανθράκων μέχρι και 80%.
  - ∅ Ελαχιστοποίηση έως και μηδενισμός των εκπομπών καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων.
  - ∅ Μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub> μέχρι και 85%.
  - ∅ Μείωση των εκπομπών CO περισσότερο από 90%.
  - ∅ Μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι και 30%.
  - ∅ Μείωση του σχηματισμού όζοντος (νέφους) κατά 80-90%.
  - ∅ Μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων (PM) μέχρι και 99%.
- Τα οχήματα Φ.Α. θεωρούνται σήμερα ως τα καθαρότερα, μετά τα αυτοκίνητα «μηδενικών» εκπομπών (ηλεκτρικά, υδρογόνου), που όμως έχουν ακόμα σοβαρούς τεχνολογικούς περιορισμούς.

#### ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΜΙΚΤΟ ΠΡΑΤΗΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ



Οι εφαρμογές σε στατικούς κινητήρες συνδεδεμένους στο υπάρχον δίκτυο φυσικού αερίου, είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές και γι' αυτό πολυάριθμες, ιδίως για

συμπαγωγή θερμότητας - ηλεκτρισμού, με βενζινοκινητήρες φτωχής καύσης, υψηλού βαθμού απόδοσης που πλησιάζει αυτόν των κινητήρων Diesel.

#### **4.9. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ**

- Το κύριο μειονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου σε κινητήρες οχημάτων, είναι η αδυναμία υγροποίησής του (κρίσιμη κρίσιμη θερμοκρασία:  $-162^{\circ}\text{C}$ ).
- Εξαιτίας αυτού απαιτείται η αποθήκευσή του στο αυτοκίνητο σε αέρια μορφή, κατ' ανάγκη σε υψηλή πίεση της τάξης των 200 bar, για να καταλαμβάνει κατά το δυνατόν μικρότερο όγκο.
- Η περιορισμένη δυνατότητα αποθήκευσης στο αυτοκίνητο, επιβάλλει τον σχεδιασμό των οχημάτων ως bi-fuel, ώστε να καίνε εναλλακτικά και βενζίνη.

#### **4.10. ΟΧΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Τα οχήματα φυσικού αερίου (NGV) διαθέτουν κινητήρες εσωτερικής καύσης με ανάφλεξη (εκτός από τα οχήματα μίγματος καυσίμου-βλ. παρακάτω) και είναι παρόμοια με τα βενζινοκίνητα οχήματα, αλλά με διαφορετικό εξοπλισμό αποθήκευσης και παροχής του καυσίμου.

Το φυσικό αέριο όταν συμπιέζεται δεν υγροποιείται και για τον λόγο αυτό αποθηκεύεται επάνω στο όχημα ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) υπό πολύ υψηλή πίεση, συνήθως 200 bar, ή ως κρυογονικά υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) σε θερμοκρασίες κάτω από  $-180^{\circ}\text{C}$ . Μεταξύ των δύο μορφών, συνηθέστερη είναι η αποθήκευση του αερίου ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο εξαιτίας του κόστους και της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του υγροποιημένου φυσικού αερίου και εξαιτίας των επαγόμενων προβλημάτων αεριοποίησης λόγω βρασμού κατά την διανομή και χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης του συμπιεσμένου φυσικού αερίου πρέπει να αντέχουν στις μεγάλες πιέσεις των 200 και πλέον bar και γι' αυτό τον λόγο κατασκευάζονται από παχύ και βαρύ χάλυβα. Αντίθετα οι δεξαμενές του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι πολύ ελαφρότερες- στην πραγματικότητα είναι μεγάλα ισοθερμικά δοχεία – όμως είναι ογκώδεις ώστε να περιέχουν κατάλληλο



πάχος μόνωσης για την αποφυγή της θέρμανσης και βρασμού του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Επομένως η δεξαμενή αποθήκευσης των οχημάτων φυσικού αερίου είναι είτε βαριά είτε ογκώδης, γεγονός που σημαίνει το φυσικό αέριο είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί σε βαρέα οχήματα όπως σε μικρά ή μεγάλα φορτηγά και λεωφορεία. Σε ορισμένες χώρες η ευνοϊκή φορολογική πολιτική για τα οχήματα φυσικού αερίου έχει οδηγήσει σε σημαντική διάδοση των οχημάτων αυτών.

#### 4.11. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Υπάρχουν τρεις τύποι οχημάτων φυσικού αερίου: τα οχήματα που λειτουργούν αποκλειστικά με φυσικό αέριο, τα οχήματα διπλού καυσίμου που λειτουργούν με φυσικό αέριο ή βενζίνη και τα οχήματα μίγματος φυσικού αερίου και Diesel όπου τα ποσοστά των δύο καυσίμων μεταβάλλονται ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπάρχουν σε όλους τους τύπους:



Τα οχήματα **αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου** βελτιώνονται ώστε να λειτουργούν με υψηλότερες σχέσεις συμπίεσης, γεγονός που σε γενικές γραμμές οδηγεί σε μεγαλύτερη απόδοση του κινητήρα. Αυτό είναι δυνατό λόγω του ότι το φυσικό αέριο έχει μεγαλύτερο αριθμό οκτανίων<sup>1</sup> από την βενζίνη ή το πετρέλαιο και

<sup>1</sup> Ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου περιγράφει μία ιδιότητα της καύσης του: την αντικρουστική ικανότητα καύσης του ή πιο απλά την ικανότητά του να καίγεται ομαλά σε υψηλότερες σχέσεις συμπίεσης χωρίς προανάφλεξη του καυσίμου που προκαλεί «χτυπήματα» του κινητήρα.

επομένως η σχέση συμπίεσης μπορεί να αυξηθεί χωρίς πρόκληση «χτυπημάτων» του κινητήρα. Επίσης στα οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου είναι δυνατή η χρήση καταλύτη ειδικά σχεδιασμένου έτσι ώστε να κατακρατεί το μεθάνιο πιο αποτελεσματικά από τους συνήθεις καταλύτες βενζίνης ή Diesel. Τα περισσότερα οχήματα φυσικού αερίου που διατίθενται από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη είναι οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου.

Πολλά επαγγελματικά αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά έχουν κινητήρες **διπλού καυσίμου** κυρίως για να αποφεύγεται ο κίνδυνος εξάντλησης των καυσίμων σε περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιος κοντινός σταθμός ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο. Αυτό συνήθως αποτελεί πρόβλημα στα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα επειδή δεν έχουν την δυνατότητα να εφοδιάζονται με μεγάλα ντεπόζιτα φυσικού αερίου και επειδή τα χαρακτηριστικά χρήσης τους συχνά μεταβάλλονται και είναι περισσότερο απρόβλεπτα από αυτά των μεγάλων φορτηγών και λεωφορείων. Τα οχήματα φυσικού αερίου διπλού καυσίμου όμως δεν μπορούν να βελτιωθούν ώστε να λειτουργούν ως οχήματα αποκλειστικής χρήσης φυσικού αερίου και για τον λόγο αυτό δεν έχουν την δυνατότητα σημαντικής μείωσης των καυσαερίων τους.

Οι κινητήρες **μίγματος φυσικού αερίου-πετρελαίου** έχουν τα πλεονεκτήματα των κινητήρων Diesel, οι οποίοι είναι πιο αποδοτικοί σε χαμηλά φορτία λόγω των μειωμένων απωλειών στην διαδικασία έγχυσης και καύσης του καυσίμου στους κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση (αυτανάφλεξη). Το πετρέλαιο αναφλέγεται με συμπίεση και δρα σαν βοηθητική πηγή ανάφλεξης του φυσικού αερίου. Σε χαμηλά φορτία (π.χ. με την μηχανή κοντά στο «ρελαντί») οι κινητήρες με μίγμα αερίου-πετρελαίου λειτουργούν κυρίως ή αποκλειστικά με πετρέλαιο, όμως σε υψηλότερα φορτία χρησιμοποιούν ένα μίγμα των δύο καυσίμων με περίπου 80 έως 90% φυσικό αέριο για πολύ υψηλά φορτία. Μια μικρή ποσότητα πετρελαίου πάντα ψεκάζεται στον θάλαμο καύσης, αφού οι κινητήρες μίγματος φυσικού αερίου πετρελαίου αναφλέγονται με συμπίεση.

#### 4.12. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Φ.Α. CNG

- Αυξημένη τιμή κατώτερης θερμογόνου δύναμης.
- Μείωση κρουστικής καύσης.
- Σταθερό και ομογενές μίγμα.
- Αυξημένη ροπή.
- Μείωση στις επικαθήσεις άκαυστων ουσιών στο θάλαμο καύσης.
- Απουσία μίξεις καυσίμου με το λιπαντικό του κινητήρα.
- Μείωση θορύβου, κύκλος ΟΤΤΟ (σε σχέση με το ντίζελ).
- Μειωμένο κόστος Φ.Α (η εγχώρια τιμή δεν έχει ακόμη καθοριστεί).

#### 4.13. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Η διαχειριστική επιλογή στο σταδιακό προσανατολισμό λειτουργίας στόλου ανεφοδιασμένο με Φ.Α. λαμβάνει υπόψη, τους εξής παράγοντες: **1)** Μετατόπιση αμαξοστασίου (περίπτωση αστικών συγκοινωνιών), **2)** Απόσταση σταθμού συμπίεσης πλήρωσης Φ.Α., **3)** Κόστος νομοθετικής προσαρμογής των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, **4)** Κόστος αγοράς ή μετατροπής αυτοκινήτων /λεωφορείων CNG, **5)** Κόστος εγκαταστάσεων, απόσταση του αγωγού και πίεση λειτουργίας φυσικού αερίου, **6)** Επιλογή αργής η ταχείας πλήρωσης, **7)** Μέγεθος κρατικών επιδοτήσεων.

Ανεξαρτήτως του αυξημένου αρχικού κόστους η επιλογή οχημάτων με Φ.Α μακροπρόθεσμα οδηγεί σε σημαντική μείωση των λειτουργικών εξόδων, ωφελούμενα κυρίως στη διαφορά τιμής Φ.Α και ντίζελ η βενζίνης, -επίσης εφαρμόζεται τεχνολογία φιλική ως προς το περιβάλλον.

**Πίνακας 4.1.: Μοντέλα οχημάτων Φ.Α που διατίθενται στη διεθνή αγορά**

Επιβατικά	VANS	Φορτηγά	Απορριματοφόρα
Citroen Berlingo Multispace XA GNV	Citroen Berlingo 1,4 GNV	Chevy Silverado CNG	Mercedes-Benz Econic
Fiat Dobló SX 1.6 B1 Power	Citroen Jumper GNV	GMC Sierra CNG	
Fiat Punto 1,2 60 BiPower	Fiat Doblo Cargo bipower	Volvo FL	
Fiat Multiple Bipower	Fiat Ducato bipower	Renault	
Ford Focus CNG	Ford Transit CNG	Iveco	

<b>Επιβατικά</b>	<b>VANS</b>	<b>Φορτηγά</b>	<b>Απορριματοφόρα</b>
Mercedes-Benz E200 NGT	Iveco Daily CNG	Mercedes	
Opel Zafira 5 D 1,6 Comfort	Mercedes-Benz Sprinter NGT	MAN	
Volkswagen Golf Variant 2,0 BiFuel	Opel Combo 1,6 CNG Tour		
Volvo S60 BI-Fuel CNG	Peugeot Partner bivalent		
Volvo S80 BI-Fuel CNG	Peugeot Boxer bivalent		
Volvo V70 BI-Fuel CNG			
Honda Civic GX CNG			

<b>Λεωφορεία</b>			
<b>✓ EnoBus</b>	<b>ü MAN</b>	N 4007CNG Centre Midigelenk	L30LF (LNG)
Otaro/Otaro G/Otaro U CNG	SL 200 CNG	N 4409 CNG	L35LF (LNG)
Mercedes-Benz 0305 CNG (Australia)	SL 202 CNG	N 4411 CNG Centroliner Solo	L40LF (LNG)
0 405N/0 405 N <sup>2</sup> CNG	NL 202 CNG	<b>N 4413/1 CNG, N 4413/2 CNG</b>	<b>ü Scania</b>
0 405NH CNG (Australia Only)	NL 232 CNG	N 4416 CNG Csntrollner Soto	L113CLB/L113CLL/L113CR B/L113CRL CNG
0405NU CNG	NL 243 CNG	N 4420 CNG Centrollner	L94UB CNG
0405GN/O 405 GN <sup>2</sup> CNG	NL 313 CNG	N 4421 CNG Centrollner Gelenk	OmniCity/OmniLink CNG
OC500LE1825 hG modular bus chassis	NG 313 CNG	N 4426/3 CNG	<b>ü Volvo</b>
<b>ü Irisbus</b>	NU243 CNG	<b>üNew Flyer</b>	B10L CNG
Iveco/Irisbus CityClass CNG	NU 313 CNG	C30LF (CNG)	B10BLECNG
Renault/Irisbus Agora/Agora L GNV	<b>ü Neoplan</b>	C35LF (CNG)	B9L/B9LA CNG
Irisbus Otelis 12/Citelis 18 GNV	N3316 U Euroliner	C40LF (CNG)	7700CNG

## ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ



### 4.14. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ Φ.Α.

Οι εγκαταστάσεις του σταθμού συμπίεσης Φ.Α. διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: **1)** Σταθμοί τροφοδοτούμενοι από το δίκτυο Φ.Α., **2)** Σταθμοί που εφοδιάζονται με πεπιεσμένο Φ.Α από βυτιοφόρα (κινητές δεξαμενές), περιλαμβάνοντας τον εξής εξοπλισμό:

- Εξοπλισμός μέτρησης Φ.Α.
- Εξοπλισμός ξήρανσης Φ.Α.
- Πολυσταδιακοί παλινδρομικοί συμπιεστές.
- Δεξαμενές αποθήκευσης πεπιεσμένου Φ.Α.
- Σύστημα ελέγχου (priority panel).
- Σύστημα ψύξης Φ.Α.
- Συσκευές διανομής για τον ανεφοδιασμό των οχημάτων.
- Ηλεκτρικός πίνακας.
- Οπτική αναγνώριση οχημάτων.



#### 4.15. ΓΕΝΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΑΝΘΟΥΣΑ

Ο Σταθμός Ανεφοδιασμού Λεωφορείων με συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο στην Ανθούσα αποτελεί σήμερα τον μεγαλύτερο σταθμό στο είδος του στην Ευρώπη και είναι ένας από τους μεγαλύτερους στον κόσμο.

#### ΑΝΤΛΙΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Φ.Α



Είναι πλήρως οικολογικός, με μηδενικές εκπομπές υδρογονανθράκων προς το περιβάλλον κατά την κανονική λειτουργία του, αφού ακόμα και οι πολύ μικρές ποσότητες φυσικού αερίου που εγκλωβίζονται στον ελαστικό σωλήνα ανεφοδιασμού κάθε διανομέα μετά από κάθε ανεφοδιασμό, ανακτώνται πλήρως και επιστρέφουν προς το σύστημα.

Έχει δυναμικότητα να παραδίδει συμπιεσμένο φυσικό αέριο με ροή 5000 Nm<sup>3</sup>/h. Η πίεση παράδοσης συμπιεσμένου φυσικού αερίου προς τα οχήματα είναι 220 barg. Μπορεί να ανεφοδιάζει έως και 36 λεωφορεία την ώρα, ενώ έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (EN) και τους ισχύοντες Ελληνικούς κανονισμούς.

#### **4.16. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Ο Σταθμός τροφοδοτείται με φυσικό αέριο από τον κλάδο Λαυρίου σε πίεση από 25 έως 38 bar, το οποίο μετά τη βάνα εισόδου διέρχεται δια μέσου των φίλτρων εισόδου.

Στη συνέχεια το φυσικό αέριο αφού διέλθει από το γενικό μετρητή του σταθμού (φωτ. Γενικός μετρητής του σταθμού) – ο οποίος μετράει το σύνολο της μάζας του φυσικού αερίου που εισέρχεται στην εγκατάσταση – περνά από τους αφυγραντές του φυσικού αερίου (φωτ. Αφυγραντές φυσικού αερίου) και συμπιέζεται (φωτ. Συμπιεστές φυσικού αερίου) σε μέγιστη πίεση 270 bar για να φτάσει τέλος στο στάδιο της αποθήκευσης, σε σύστημα φιαλών συμπιεσμένου φυσικού αερίου.

#### **ΓΕΝΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**



## ΑΦΥΓΡΑΝΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



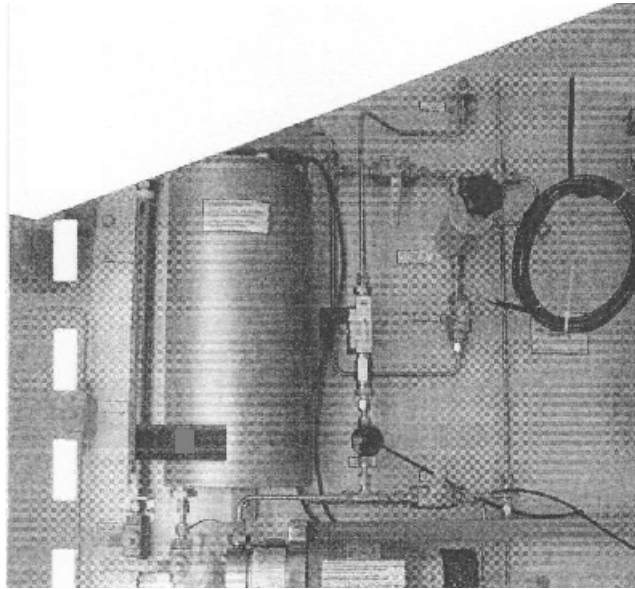
## ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ





Πριν την είσοδο του στους συμπιεστές, του προστίθεται οσμητική ουσία (φωτ. Προσθήκη οσμητικής ουσίας πριν την είσοδο στους συμπιεστές), διαδικασία η οποία έχει σχεδιαστεί ώστε να γίνεται αντιληπτή η τυχόν διαρροή του από τον άνθρωπο.

### **ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΣΜΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΣΤΟΥΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ**



Ο ανεφοδιασμός των οχημάτων γίνεται απευθείας από το αποθηκευτικό σύστημα (φωτ. Απευθείας ανεφοδιασμός οχημάτων από το αποθηκευτικό σύστημα) με φυσική ροή διαμέσου των διανομέων (φωτ. Ανεφοδιασμός οχημάτων με φυσική ροή διαμέσου διανομέων) προς τα οχήματα με μέγιστη πίεση τα 220 barg.

## ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



## ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΦΥΣΙΚΗ ΡΟΗ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΔΙΑΝΟΜΕΩΝ



Όλη η διαδικασία λειτουργίας του καθώς επίσης και τα συστήματα ασφαλείας-συμπιεσμένου φυσικού αερίου ελέγχονται και επιτηρούνται από πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα κεντρικού ελέγχου, με εποπτεία από το κέντρο ελέγχου του Σταθμού, όπου καταγράφονται όλα τα ιστορικά στοιχεία λειτουργίας και ασφαλείας του.

Οι παραδιδόμενες ποσότητες φυσικού αερίου, τα οχήματα τα οποία ανεφοδιάσθηκαν και οι χρονοσημάνσεις παράδοσης / ανεφοδιασμού, καταγράφονται αυτόματα σε βάση δεδομένων και χρησιμοποιούνται για λογιστικούς και λειτουργικούς σκοπούς.

## **5. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **5.1. ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί καταναλώσεων και εκπομπών CO<sub>2</sub> φυσικού αερίου βάση τιμών και μετρήσεων των δρομολογίων του ΚΤΕΛ Λειβαδιάς.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΑΝΑ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ**

ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ (km)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (bar)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (lit)
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΘΗΒΑ - ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	14	270	3780	616	1.636,74	2.948,40
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	4	68	272	44	117,78	212,16
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	62	62	10	26,85	48,36
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΤΙΘΩΡΕΑ - ΑΜΦΙΚΛΕΙΑ - ΒΑΣΙΛΙΚΑ - ΠΑΡΟΡΙ - ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑ - ΑΝΘΟΧΩΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	108	216	35	93,53	168,48
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΜΦΙΚΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	94	94	15	40,70	73,32
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΤΣΟΥΚΑΛΑΔΕΣ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	75	75	12	32,48	58,50
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	74	74	12	32,04	57,72
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΥΡΙΑΚΙ - ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ - ΣΤΕΙΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	90	270	44	116,91	210,60
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΑΓ. ΑΝΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	19	50,23	90,48
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	5	45	225	37	97,43	175,50
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΠΥΡΓΟΣ - ΔΙΟΝΥΣΟΣ - ΚΑΡΥΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	19	50,23	90,48
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	19	26	494	81	213,90	385,32
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΠΑΥΛΟ - ΛΟΥΤΣΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	72	216	35	93,53	168,48
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	64	64	10	27,71	49,92
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΡΩΜΑΪΚΟ - ΠΡΟΣΗΛΙΟ - ΑΚΟΝΤΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	35	70	11	30,31	54,60
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΣΩΛΗΝΑΡΙ - ΥΨΗΛΑΝΤΗΣ - ΠΕΤΡΑ - ΜΑΖΙ - ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	75	150	24	64,95	117,00
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΟΡΩΝΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	38	76	12	32,91	59,28
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	8	80	640	104	277,12	499,20
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΔΕΣΦΙΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	101	202	33	87,47	157,56
ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ - ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΓΕΙΑ - ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	33	66	10	28,58	51,48
		<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7.278,00</b>	<b>1.183,00</b>	<b>3.151,37</b>	<b>5.227,56</b>
Πολλαπλασιάζοντας επί 5 (τόσες είναι οι ημέρες της εβδομάδας) παίρνουμε		<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>36.390,00</b>	<b>5.915,00</b>	<b>15.756,87</b>	<b>26.137,80</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΣΑΒΒΑΤΟΥ**

Α/Α	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (bar)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (lit)	
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ-ΑΛΙΑΡΤΟΣ-ΘΗΒΑ-ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	14	270	3.780	616	1.636,74	2.948,40	
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	68	204	33	88,33	159,12	
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	62	62	10	26,85	48,36	
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	74	74	12	32,04	57,72	
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ- ΚΥΡΙΑΚΙ-ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ-ΣΤΕΙΡΙ- ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	90	270	44	116,91	210,60	
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΑΓ. ANNA - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	19	50,23	90,48	
7	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	45	90	15	38,97	70,20	
8	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΔΙΟΝΥΣΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	38	76	12	32,91	59,28	
9	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	13	26	338	55	146,35	263,64	
10	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΠΑΥΛΟ - ΛΟΥΤΣΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	72	144	23	62,35	112,32	
11	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΡΩΜΑΪΚΟ - ΠΡΟΣΗΛΙΟ - ΑΚΟΝΤΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	35	35	6	15,16	27,30	
12	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	8	80	640	104	277,12	499,20	
13	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΔΕΣΦΙΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	2	202	33	87,47	157,56	
14	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ - ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΓΕΙΑ - ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	33	66	11	28,58	51,48	
				<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>6.097</b>	<b>993</b>	<b>2.640,00</b>	<b>4.755,66</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΗΣ**

Α/Α	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΑΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (bar)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (lit)
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΘΗΒΑ - ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	11	270	2.970	484	1.286,01	2.316,60
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	68	68	11	29,44	58,04
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	74	74	12	32,04	57,72
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΥΡΙΑΚΙ - ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ - ΣΤΕΙΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	90	180	29	77,94	140,40
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	45	70	11	30,31	54,60
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	7	26	182	30	78,81	141,96
7	ΛΕΙΒΑΔΙΑ-ΔΙΣΤΟΜΟ- ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	6	80	480	78	207,84	374,40
8	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΔΕΣΦΙΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	101	202	33	87,47	157,56
			<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4.226</b>	<b>688</b>	<b>1.829,86</b>	<b>3.301,28</b>

ΣΥΝΟΛΟ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (km)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α.(bar)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (lit)
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	46.713,00	7.596,00	20.226,73	34.194,74
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	186.852,00	30.384,00	80.906,92	136.778,96
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	2.242.224,00	364.608,00	970.883,04	1.641.347,52

Από το Αμαξοστάσιο της Ανθούσας επιλέγουμε ως πρότυπο λεωφορείο το **IRISBUS AGORA S CNG** το οποίο έχει συντελεστή κατανάλωσης Φ.Α 0,433 kg/km και υπολογίζουμε την κατανάλωση Φ.Α σε kg πολλαπλασιάζοντας το κάθε ΣΥΝΟΛΟ (km) με τον συντελεστή.

Από την καταστατική εξίσωση των αερίων:  $PV = nRT$  υπολογίζουμε την κατανάλωση Φ.Α σε bar.

$$\left. \begin{array}{l} PV = nRT \\ \rho = \frac{m}{V} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Παίρνοντας ως δεδομένα} \\ V = 22,4 \text{ Lit/mol (Κ.Σ.)} \\ R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{k} \\ T = 27^\circ \text{C} = 300^\circ \text{K} \\ P = 1 \text{ atm} \\ MB_{\Phi.A} = 292 \\ 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} \end{array}$$

Έτσι η σχέση μετασχηματίζεται σε:

$$P = \rho \left( \frac{R}{MB} \right) \cdot T \quad (1)$$

και στην συνέχεια υπολογίζουμε την πυκνότητα:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{όπου } m \text{ η κατανάλωση } \Phi.A \text{ σε kg, και όπου } v = 22,4 \text{ L/mol.}$$

Από τον Πίνακα 5.1, χρησιμοποιούμε τις καταναλώσεις Φ.Α (kg).

$$\text{Για κατανάλωση } 1.636,74 \text{ kg } \Phi.A \text{ έχουμε: } \rho_1 = \frac{1.636,74}{22,4} \Rightarrow \rho_1 = 73,069 \text{ kg/lit}$$

$$\text{Για κατανάλωση } 117,78 \text{ kg } \Phi.A \text{ έχουμε: } \rho_2 = \frac{117,78}{22,4} \Rightarrow \rho_2 = 5,258 \text{ kg/lit}$$

$$\text{Έτσι από την σχέση } P = \rho \left( \frac{R}{MB} \right) \cdot T \text{ έχουμε: } P = \rho \left( \frac{8,314}{292} \right) \cdot 300 \Rightarrow$$

$$P = \rho \cdot 8,542$$

\*Με τον όρο **κατανάλωση Φ.Α. σε bar** εννοούμε την πίεση που θα πρέπει να ασκηθεί από την μπουκάλα αποθήκευσης του φυσικού αερίου ώστε το Φ.Α. που είναι σε αέρια μορφή να φτάσει στον κινητήρα.



**5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO<sub>2</sub> (ΚΓ) ΒΑΣΕΙ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑΣ ΚΑΤΑ-  
ΝΑΛΩΣΗΣ (ΚΓ) ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4**

<b>ΣΥΣΤΑΣΗ</b> <b>Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε:</b>	<b>ΡΩΣΙΚΟ Φ.Α.</b>
Μεθάνιο (C1)	98.0
Αιθάνιο (C2)	0.6
Προπάνιο (C3)	0.2
Βουτάνιο (C4)	0.2
Πεντάνιο (C5) και βαρύτερα	0.1
Αζωτο	0.8
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	---
Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη	8.600 kcal/Nm <sup>3</sup>
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	9.200 kcal/Nm <sup>3</sup>

Από τον πίνακα της σύστασης του φυσικού αερίου μπορούμε να βρούμε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά 100 kgmol Φ.Α.

i) Βρίσκουμε αρχικά το Μ.Β. των κάθε στοιχείων της σύστασης του Φ.Α.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5**

<b>Σύσταση Φ.Α.</b>	<b>Μοριακό Βάρος</b>
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	16
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	30
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	44
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	58
Πεντάνιο (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	72
Αζωτο (N <sub>2</sub> )	28
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	44

- ii) Στον Πίνακα 5.6 αναρτούνται οι εκπομπές των συστατικών του Ρωσικού Φ.Α. ανά kgmol. Αρχικά μετατρέπουμε τα (kgmol) σε (kg).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6**

Σύσταση Φ.Α.	Περιεκτικότητα (%) (kgmol)	Μάζα (kg)
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	98.0	1.568
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.6	18
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0.2	8.8
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0.2	11.6
Πεντάνιο (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0.1	7.2
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	0.8	22.4

Συνολικά η μάζα των συστατικών σε (kg) είναι 1.636

Εφόσον στα 100 kgmol Φ.Α η μάζα είναι 1.636 kg τότε για τον υπολογισμό της εβδομαδιαίας, μηνιαίας και ετήσιας κατανάλωσης έχουμε αντίστοιχα:

- Για εβδομαδιαία κατανάλωση έχουμε:  $\frac{20.226,73}{1.636} \cdot 100 \Rightarrow$

**Εβδομαδιαία κατανάλωση = 1.236 kgmol**

- Για μηνιαία κατανάλωση έχουμε:  $\frac{80.906,92}{1.636} \cdot 100 \Rightarrow$

**Μηνιαία κατανάλωση = 4.945 kgmol**

- Για ετήσια κατανάλωση έχουμε:  $\frac{970.883,04}{1.636} \cdot 100 \Rightarrow$

**Ετήσια κατανάλωση = 59.345 kgmol**

Επομένως

<b>ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ</b>	<b>kgmol</b>
<b>ΕΒΔΟΜΔΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α</b>	1.236
<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α</b>	4.945
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α</b>	59.345

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε (kg):

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7**

Σύσταση Φ.Α.	Περιεκτικότητα (%)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg)
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	98.0	4.312
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.6	52.8
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0.2	26.4
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0.2	35.2
Πεντάνιο (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0.1	22

Συνολικά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> σε (kg) είναι 4.448,4

Εφόσον 100 kgmol Φ.Α εκπέμπουν κατά την καύση 4.448,4 kgCO<sub>2</sub> τότε για να υπολογίσουμε την εβδομαδιαία, μηνιαία και ετήσια εκπομπή έχουμε αντίστοιχα:

- Για εβδομαδιαία κατανάλωση CO<sub>2</sub> έχουμε:  $\frac{1.236 \cdot 4.448,4}{100} \Rightarrow$

**Εβδομαδιαία κατανάλωση CO<sub>2</sub> = 54.982 kg CO<sub>2</sub>**

- Για μηνιαία κατανάλωση CO<sub>2</sub> έχουμε:  $\frac{4.945 \cdot 4.448,4}{100} \Rightarrow$

**Μηνιαία κατανάλωση CO<sub>2</sub> = 219.973 kg CO<sub>2</sub>**

- Για ετήσια κατανάλωση CO<sub>2</sub> έχουμε:  $\frac{59.345 \cdot 4.448,4}{100} \Rightarrow$

**Ετήσια κατανάλωση CO<sub>2</sub> = 2.639.903 kg CO<sub>2</sub>**

Επομένως

<b>ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ CO<sub>2</sub> Φ.Α</b>	54.982
<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ CO<sub>2</sub> Φ.Α</b>	219.973
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ CO<sub>2</sub> Φ.Α</b>	2.639.903

Εξετάζοντας τους πίνακες με την συνολική κατανάλωση Φ.Α των δρομολογίων του ΚΤΕΛ Λιβαδειάς και γνωρίζοντας ότι κάθε δεξαμενή αποθήκευσης Φ.Α αποτελείται από 150 μπουκάλες με χωρητικότητα 80 kg η κάθε μια και γνωρίζοντας ότι η εβδομαδιαία κατανάλωση Φ.Α στην Λειβαδιά είναι 20.226,73 kg, βγάζουμε το συμπέρασμα ότι για την πόλη της Λειβαδιάς μπορεί να δημιουργηθεί ένας Σταθμός Ανεφοδιασμού Φ.Α ο οποίος θα έχει 3 δεξαμενές χωρητικότητας δηλαδή 36.000 kg Φ.Α, ο οποίος θα είναι υπεραρκετός για να καλύψει τις ανάγκες της πόλης και ο ανεφοδιασμός του θα μπορούσε να γίνει λιγότερο από μια φορά την εβδομάδα.

Για το Δρομολόγιο Λειβαδιά – Αθήνα – Λειβαδιά επειδή η χιλιομετρική απόσταση είναι σχετικά μεγάλη και γνωρίζοντας ότι το λεωφορείο Φ.Α έχει δεξαμενή η οποία αποτελείται από 8 μπουκάλες με 155 lit δηλαδή ένα σύνολο 1.240 lit κάτω από πίεση 220 bar και λαμβάνοντας υπόψη ότι το λεωφορείο για να εκτελέσει αυτό το δρομολόγιο απαιτούνται 211 lit μπορούμε να υπολογίσουμε ότι μπορεί το ίδιο λεωφορείο να εκτελέσει αυτό το δρομολόγιο με ασφάλεια 5 φορές και να επιστρέψει πίσω στη βάση του και να ανεφοδιαστεί. Σε περίπτωση που απαιτηθεί για οποιοδήποτε λόγο ανεφοδιασμός, αυτός μπορεί να γίνει στην Αθήνα στον Σταθμό Ανεφοδιασμού της Ανθούσας.

### 5.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΥΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το πετρέλαιο ντίζελ, ως καύσιμο, έχει δύο ιδιαίτερα σημαντικά μειονεκτήματα σε σχέση με το φυσικό αέριο: αφενός παρουσιάζει μειωμένο βαθμό απόδοσης κατά την καύση του και συνεπώς δεν επιτυγχάνεται σαφής εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή της θερμικής ενέργειας. Αφετέρου δε οι εκπομπές αερίων ρύπων που προκύπτουν κατά την καύση του είναι κατά 30% υψηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του φυσικού αερίου.

Σε ότι αφορά τα οικονομικά στοιχεία, το φυσικό αέριο είναι κατά 30% φθηνότερο από το πετρέλαιο θέρμανσης. Συγκεκριμένα για την Αττική, το τιμολόγιο της Εταιρείας Παροχής Αερίου Αττικής διαμορφώνεται μια φορά κάθε δίμηνο και πάντα σε συνάρτηση με την τιμή του πετρελαίου θέρμανσης. Ο καθορισμός της τιμής γίνεται ως εξής: ως βάση λαμβάνεται η μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, σύμφωνα με την ελεύθερα διαμορφούμενη τιμή διυλιστηρίου, από τις γνωστοποιήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης. Στην παραπάνω τιμή προστίθενται το περιθώριο κέρδους των διανομέων, οι νόμιμοι φόροι και ο Φ.Π.Α, ενώ λαμβάνονται υπόψη και οι βαθμοί απόδοσης καύσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Η τελική τιμή χρέωσης του φυσικού αερίου διαμορφώνεται πάντοτε έτσι ώστε να είναι κατά 30% χαμηλότερη από την με τον παραπάνω τρόπο υπολογισθείσα τελική τιμή του πετρελαίου.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο ντίζελ και το μαζούτ, είναι το γεγονός ότι η προμήθειά του και η διανομή του εντός της επιχείρησης ως τα σημεία κατανάλωσης απαιτεί λιγότερη φροντίδα και λιγότερο χρόνο από το προσωπικό της επιχείρησης, δηλ. τελικά λιγότερο κόστος (δεν απαιτούνται διαδικασίες παραγγελίας και παραλαβής, δεν απαιτούνται δεξαμενές αποθήκευσης, δεν απαιτείται προθέρμανσή του, όπως συχνά συμβαίνει με το μαζούτ κλπ).

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί καταναλώσεων πετρελαίου, με βάση των τιμών και μετρήσεων του Λεωφορείου ΚΤΕΛ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ, δημιουργώντας μια εικόνα που χαρακτηρίζει την κατανάλωση πετρελαίου σε σχέση με το Φ.Α.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΑΝΑ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ**

Α/Α	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ (km)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)	
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΘΗΒΑ - ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	14	270	3.780	1.916,46	2.268,00	
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	4	68	272	137,90	163,20	
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	62	62	31,43	37,20	
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΤΙΘΩΡΕΑ - ΑΜΦΙΚΛΕΙΑ - ΒΑΣΙΛΙΚΑ - ΠΑΡΟΡΙ - ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑ - ΑΝΘΟΧΩΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	108	216	109,51	129,6	
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΜΦΙΚΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	94	94	47,66	56,40	
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΤΣΟΥΚΑΛΑΔΕΣ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	75	75	38,03	45,00	
7	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	74	74	37,52	44,40	
8	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΥΡΙΑΚΙ - ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ - ΣΤΕΙΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	90	270	136,89	162,00	
9	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΑΓ. ΑΝΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	58,81	69,60	
10	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	5	45	225	114,08	135,00	
11	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΠΥΡΓΟΣ - ΔΙΟΝΥΣΟΣ - ΚΑΡΥΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	58,81	69,60	
12	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	19	26	494	250,46	296,40	
13	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΠΑΥΛΟ - ΛΟΥΤΣΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	72	216	109,51	129,60	
14	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	64	64	32,45	38,40	
15	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΡΩΜΑΙΚΟ - ΠΡΟΣΗΛΙΟ - ΑΚΟΝΤΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	35	70	35,49	42,00	
16	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΣΩΛΗΝΑΡΙ - ΥΨΗΛΑΝΤΗΣ - ΠΕΤΡΑ - ΜΑΖΙ - ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	75	150	76,05	90,00	
17	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΟΡΩΝΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	38	76	38,53	45,60	
18	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	8	80	640	324,48	384,00	
19	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΔΕΣΦΙΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	101	202	102,41	121,20	
20	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ - ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΓΕΙΑ - ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	33	66	33,46	39,60	
				<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7.278</b>	<b>3.689,94</b>	<b>4.237,20</b>

Πολλαπλασιάζοντας επί 5 (τόσες είναι οι ημέρες της εβδομάδας) παίρνουμε

<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>36.390</b>	<b>18.449,70</b>	<b>21.186,00</b>
---------------	---------------	------------------	------------------

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΣΑΒΒΑΤΟΥ**

Α/Α	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)	
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΛΙΑΡΤΟΣ - ΘΗΒΑ - ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	14	270	3.780	1.916,46	2.268,00	
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	68	204	103,43	122,40	
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΘΟΥΡΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	62	62	31,43	37,20	
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	74	74	37,52	44,40	
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΥΡΙΑΚΙ - ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ - ΣΤΕΙΡΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	3	90	270	136,89	162,00	
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΑΓ. ΑΝΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	58	116	58,81	69,60	
7	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	45	90	45,63	54,00	
8	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΔΙΟΝΥΣΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	38	76	38,53	45,60	
9	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	13	26	338	171,37	202,80	
10	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΑΣΤΡΟ - ΠΑΥΛΟ - ΛΟΥΤΣΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	72	144	73,00	86,40	
11	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΡΩΜΑΙΚΟ - ΠΡΟΣΗΛΙΟ - ΑΚΟΝΤΙΟ - ΧΑΙΡΩΝΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	35	35	17,75	21,00	
12	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	8	80	640	324,48	384,00	
13	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΔΕΣΦΙΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	2	202	102,41	121,20	
14	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΓ. ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ - ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ - ΜΑΥΡΟΓΕΙΑ - ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	33	66	33,46	39,60	
				<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>6.097</b>	<b>3.091,17</b>	<b>3.658,20</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΗΣ**

Α/Α	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km)	ΣΥΝΟΛΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΑΛΙΑΡΤΟΣ – ΘΗΒΑ – ΑΘΗΝΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	11	270	2.970	1.505,79	1.782,00
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΘΟΥΡΙΟ – ΧΑΙΡΩΝΙΑ – ΑΓ. ΒΛΑΣΙΟΣ – ΜΑΥΡΟΝΕΡΙ – ΔΑΥΛΕΙΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	68	68	34,48	40,80
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΑΡΑΧΩΒΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1	74	74	37,52	44,40
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΚΥΡΙΑΚΙ – ΟΣ. ΛΟΥΚΑΣ – ΣΤΕΙΡΙ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	90	180	91,26	108,00
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ – ΑΓ. ΤΡΙΑΔΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	45	70	35,49	42,00
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	7	26	182	92,27	109,20
7	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΔΙΣΤΟΜΟ – ΑΝΤΙΚΥΡΑ – ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	6	80	480	243,36	288,00
8	ΛΕΙΒΑΔΙΑ – ΔΙΣΤΟΜΟ – ΑΣ. ΣΠΙΤΙΑ – ΑΝΤΙΚΥΡΑ – ΔΕΣΦΙΝΑ – ΛΕΙΒΑΔΙΑ	2	101	202	102,41	121,20
			<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4.226</b>	<b>2142,58</b>	<b>2535,6</b>

ΣΥΝΟΛΟ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (km)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	46.713	23.683,45	27.379,80
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	186.852	94.733,80	109.519,20
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	2.242.224	1.136.805,60	1.314.230,40



Από τα ΚΤΕΛ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ επιλέγουμε ως πρότυπο λεωφορείο το **NEOPLAN MERCEDES** με πετρελαιοκινητήρα το οποίο έχει συντελεστή κατανάλωσης 0,6 lit/km και 0,447 kg/km. Έτσι πηγαίνουμε στον πίνακα των δρομολογίων και υπολογίζουμε την κατανάλωση σε lit και σε kg αντίστοιχα πολλαπλασιάζοντας τα με το κάθε ΣΥΝΟΛΟ (km). Έτσι συμπληρώνεται ο πίνακας του πετρελαίου.

#### 5.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ Φ.Α – ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Από τα αποτελέσματα του Φυσικού Αερίου βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα την εκπομπή ρύπων CO<sub>2</sub> (εβδομαδιαία, μηνιαία και ετήσια)

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	kgCO <sub>2</sub>
ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub> Φ.Α	54.982
ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub> Φ.Α	219.973
ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub> Φ.Α	2.639.903

Γνωρίζοντας ότι το πετρέλαιο έχει συντελεστή εκπομπών ρύπων CO<sub>2</sub> της τάξεως 30% έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- Για **εβδομαδιαία εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 54.982 kgCO<sub>2</sub> + 30%.  
Άρα 71.477 kgCO<sub>2</sub>
- Για **μηνιαία εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 219.973 kgCO<sub>2</sub> + 30%.  
Άρα 285.965 kgCO<sub>2</sub>
- Για **ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 2.639.903 kgCO<sub>2</sub> + 30%.  
Άρα 3.431.874 kgCO<sub>2</sub>

Και επομένως θα είχαμε μια μείωση εκπομπής ρύπων CO<sub>2</sub>

<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ:</b> 16.495 kgCO <sub>2</sub>
<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ:</b> 65.992 kgCO <sub>2</sub>
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ:</b> 791.971 kgCO <sub>2</sub>

Στο δικό μας πείραμα όμως χρησιμοποιήσαμε ως πρότυπο λεωφορείο Φ.Α το **IRISBUS AGORA S CNG** το οποίο είναι αστικής χρήσεως και επομένως οι συντελεστές κατανάλωσης Φ.Α θα είναι υψηλότεροι, και το λεωφορείο του ΚΤΕΛ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ εκτελεί υπεραστικά δρομολόγια.

Έτσι σε μια σύγκριση τιμών όπως βλέπουμε στον παρακάτω ενδεικτικό πίνακα, το πετρέλαιο έχει συντελεστή εκπομπής CO<sub>2</sub> της τάξεως 17%.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ Φ.Α ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ	ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α (kg) / ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ (kg) ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ					
		ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ		ΣΑΒΒΑΤΟ		ΚΥΡΙΑΚΗ	
		Φ.Α.	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Φ.Α.	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Φ.Α.	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ
1	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΘΗΝΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1.636,74	1.916,46	1.636,74	1.916,46	1.286,01	1.505,79
2	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΑΥΛΕΙΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	117,78	137,90	88,33	103,43	29,44	34,48
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΑΡΑΧΩΒΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	32,04	37,52	32,04	37,52	32,04	37,52
4	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΚΥΡΙΑΚΙ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	116,91	136,89	116,91	136,89	77,94	91,26
5	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	213,90	250,46	146,35	171,37	78,81	92,27
6	ΛΕΙΒΑΔΙΑ - ΔΙΣΤΟΜΟ - ΑΝΤΙΚΥΡΑ - ΛΕΙΒΑΔΙΑ	277,12	324,48	277,12	324,48	207,84	243,36

Επομένως για τις εκπομπές ρύπων του πετρελαίου θα έχουμε:

- Για **εβδομαδιαία εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 54.962 + 17% ⇒ 64.629 kgCO<sub>2</sub>
- 
- Για **μηνιαία εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 219.973 + 17% ⇒ 257.368 kgCO<sub>2</sub>
- 
- Για **ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub>**: 2.639.903 + 17% ⇒ 3.088.687 kgCO<sub>2</sub>

ΕΚΠΟΜΠΕΣ	
ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub>	64.629 kgCO <sub>2</sub>
ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub>	257.368 kgCO <sub>2</sub>
ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ CO <sub>2</sub>	3.088.687 kgCO <sub>2</sub>

Έτσι υπολογίζουμε τη μείωση εκπομπής ρύπων CO<sub>2</sub>

<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ</b>	9.347 kgCO <sub>2</sub>
<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ</b>	37.395 kgCO <sub>2</sub>
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΗΣ</b>	448.784 kgCO <sub>2</sub>

## 5.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ

Με βάση την έρευνα που πραγματοποιήθηκε μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα και να συγκρίνουμε την κατανάλωση του λεωφορείου με φυσικό αέριο με αυτό του πετρελαίου. Έτσι από τα δεδομένα των παρακάτω πινάκων μπορούμε να δούμε τόσο την κατανάλωση όσο και το θέμα από οικονομικής άποψης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12**

<b>A/A</b>	<b>ΚΑΥΣΙΜΟ</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg/km)</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lt/km)</b>	<b>ΤΙΜΗ (kg)</b>	<b>ΤΙΜΗ (lt)</b>	<b>ΤΙΜΗ (€/km)</b>
<b>1</b>	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	0,433	0,78	1,08	0,59	0,46
<b>2</b>	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	0,507	0,6	1,38	1,17	0,7

Έτσι από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα μπορούμε να δούμε ότι:

Για το **φυσικό αέριο**:

<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ.Α. (lit)</b>
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	34.194,74
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	136.778,96
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	1.641.347,52

Για το **πετρέλαιο**:

<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (lit)</b>
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	27.379,80
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	109.519,20
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	1.314.230,40

Από την σύγκριση αυτή μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι το λεωφορείο που χρησιμοποιεί πετρέλαιο έχει ένα κέρδος κατανάλωσης σε λίτρα της τάξης:

- **ΕΒΔΟΜΑΔΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:** 6.814,94 lit
- **ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:** 27.259,76 lit
- **ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:** 327.117,12 lit

Αυτή η διαφορά οφείλεται στο ότι η σύγκριση των δύο λεωφορείων δεν είναι ακριβής διότι το λεωφορείο του Φ.Α είναι αστικής χρήσεως ενώ το λεωφορείο του ΚΤΕΛ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ εκτελεί υπεραστικά δρομολόγια και ο κύκλος κατανάλωσης εντός και εκτός της πόλης διαφέρει.

Όταν όμως δούμε το θέμα από οικονομικής άποψης και με δεδομένα ότι το φυσικό αέριο πωλείται στην ΕΘΕΛ 0,59€/lit, ενώ το πετρέλαιο πωλείται στο ΚΤΕΛ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ 1,17€/lit, παρατηρούμε ότι το λεωφορείο με το Φ.Α καταναλώνει 0,46€/km, ενώ το λεωφορείο με το πετρέλαιο καταναλώνει 0,70€/km. Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τις διαφορές για τα χιλιόμετρα που διανύουν και τα δύο λεωφορεία.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13: ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ**

ΣΥΝΟΛΟ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (km)	ΤΙΜΗ (€/km)
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	46.713,00	21.488,00
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	186.852,00	85.952,00
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	2.242.224,00	1.031.423,00

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14: ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ**

ΣΥΝΟΛΟ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (km)	ΤΙΜΗ (€/km)
<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	46.713,00	32.699,00
<b>ΜΗΝΙΑΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	186.852,00	130.796,00
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	2.242.224,00	1.569.557,00

Επομένως μπορούμε να βγάλουμε ως συμπέρασμα ότι το Φ.Α είναι οικονομικότερο του πετρελαίου με οικονομικό κέρδος της τάξης:

- **ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ:** 11.211€
- **ΜΗΝΙΑΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ:** 44.844€
- **ΕΤΗΣΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ:** 538.134€

## 6. ΤΑΣΕΙΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΛΥΣΕΙΣ

### 6.1. ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Ήδη κυκλοφορούν παγκοσμίως περί τα 4,6 εκατ. οχήματα Φ.Α. ενώ λειτουργούν και 8.965 σταθμοί τροφοδοσίας για τα οχήματα αυτά. 1,4 εκατομμύρια οχήματα λειτουργούν στην Αργεντινή και 1 εκατομμύριο στην Βραζιλία. Η τάση είναι αυξητική: Μόνο τον τελευταίο χρόνο ο αριθμός των οχημάτων Φ.Α. αυξήθηκε κατά 21% ενώ ο αριθμός των σταθμών ανεφοδιασμού CNG κατά 15%. Στην Ευρώπη ο μεγαλύτερος στόλος οχημάτων φυσικού αερίου παρουσιάζεται στην Ιταλία με 420.000 οχήματα και ακολουθούν η Γερμανία και η Ιρλανδία με 27.000 και 10.000 οχήματα αντιστοίχως. Στην Μαδρίτη κυκλοφορούν περισσότερα από 500 δημόσιας χρήσης οχήματα φυσικού αερίου ενώ στην Αθήνα κυκλοφορούν περισσότερα από 400 λεωφορεία φυσικού αερίου.

#### Μακέτα επιβατηγού οχήματος φυσικού αερίου



Οχήματα φυσικού αερίου σήμερα κατασκευάζουν πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες μεταξύ των οποίων οι Cummins, ERF, Ford, General Motors, Iveco, Volkswagen και Volvo.



Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο το 10% των οχημάτων που θα κυκλοφορούν το 2020 στην Ε.Ε. να είναι οχήματα εναλλακτικών καυσίμων έναντι σημερινού ποσοστού 0,2% και έχει εντάξει την εισαγωγή της αεριοκίνησης τόσο στην περιβαλλοντική όσο και στην ενεργειακή της πολιτική. Έτσι, σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. υλοποιούνται σήμερα εθνικές πολιτικές και προγράμματα εισαγωγής και ενθάρρυνσης της αυτοκίνησης με φυσικό αέριο. Οι πολιτικές αυτές, περιλαμβάνουν οικονομικά και διοικητικά κίνητρα για τους χρήστες οχημάτων φυσικού αερίου, καθώς επίσης και προγράμματα κατασκευής δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού συμπιεσμένου φυσικού αερίου, σε συνεργασία με τις εταιρείες αερίου.



**Εικ. 4.10.:** Μοντέλα οχημάτων Φυσικού Αερίου που διατίθενται στη διεθνή αγορά

Η γενικότερη πολιτική της ΔΕΠΑ για την προώθηση της αεριοκίνησης στη χώρα μας έχει ήδη ως αποτέλεσμα την κίνηση στην Ελλάδα 415 λεωφορείων Φυσικού Αερίου της ΕΘΕΛ, ανεβάζοντας τη συμμετοχή των λεωφορείων CNG στο 30% περίπου του στόλου της εταιρείας. Για την ισόρροπη κατανομή ανεφοδιασμού τους, πέραν του υπάρχοντος Σταθμού Ανεφοδιασμού Λεωφορείων με φυσικό αέριο στα Άνω Λιόσια προβλέφθηκε και κατασκευάστηκε και δεύτερος Σταθμός Ανεφοδιασμού Λεωφορείων με Φυσικό Αέριο στην Ανθούσα, εντός των ορίων του Αμαξοστασίου της ΕΘΕΛ.

Η διείσδυση του Φ.Α. στη χώρα μας και ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις βρίσκεται σε εξέλιξη, με κύρια χαρακτηριστικά της τη συνεχιζόμενη επέκταση των υφιστάμενων υποδομών διανομής Φ.Α. (δίκτυα) και την υλοποίηση νέων συνδέσεων καταναλωτών. Η ανάπτυξη περαιτέρω χρήσεων του Φ.Α. θα έδιδε τη δυνατότητα να απορροφηθούν επιπλέον ποσότητες αερίου, συμβάλλοντας άμεσα στην



απορρύπανση του αστικού περιβάλλοντος. Η υπ' αριθμόν ένα εναλλακτική και πρωτοποριακή, κατά τα παραπάνω, χρήση του αερίου σε ολόκληρο τον κόσμο είναι η κίνηση οχημάτων (αεριοκίνηση).



## 6.2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ Φ.Α. ΣΤΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Η διαμόρφωση ενός στρατηγικού σχεδίου ανάπτυξης της αυτοκίνησης με Φ.Α. στην Ελλάδα προβάλλει ως επιτακτική ανάγκη. Μία διεθνής «περιήγηση» στον κόσμο της αεριοκίνησης δείχνει ότι δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο μοντέλο που έχει ακολουθηθεί παγκοσμίως, για την εισαγωγή και χρήση του Φ.Α. στα οχήματα

Οι τρόποι εισαγωγής της αεριοκίνησης ποικίλλουν, από:

- Ø τη μαζική (και, σε μερικές περιπτώσεις, ανεξέλεγκτη) εισαγωγή συστημάτων μετατροπής οχημάτων για χρήση φυσικού αερίου (π.χ. Ιταλία, Λατινική Αμερική, Αίγυπτος)
- Ø την παρέμβαση σε νομοθετικό και μόνο επίπεδο, αφήνοντας την αγορά να προσαρμοστεί η ίδια στο νέο καύσιμο (π.χ. Η.Π.Α.)
- Ø την προσεκτική εισαγωγή της αεριοκίνησης βάσει συγκροτημένου σχεδίου παρέμβασης της Πολιτείας, που περιλαμβάνει όλους τους «κρίκους» της

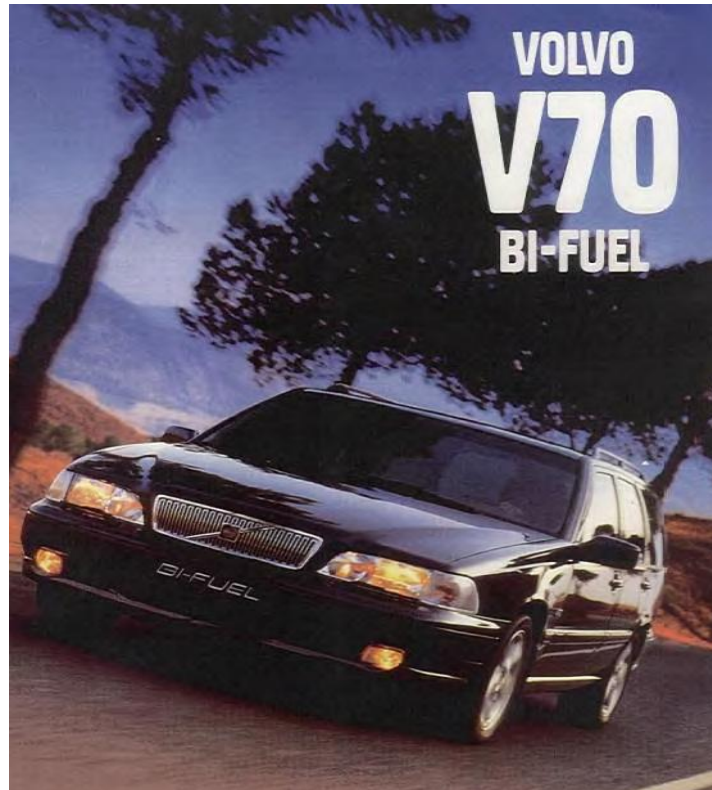
αλυσίδας : αυτοκινητοβιομηχανίες - εταιρείες αερίου - χρήστες - Πολιτεία (π.χ. Γερμανία, Γαλλία, Σουηδία)

- Η τελευταία «σχολή» συνιστάται περισσότερο για την Ελλάδα.



### 6.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Τα οχήματα φυσικού αερίου σε γενικές γραμμές είναι πολύ φιλικά προς το περιβάλλον αναφορικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων, δηλ. τις εκπομπές που επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία όπως τα ιπτάμενα σωματίδια (PM), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και των καρκινογόνων υδρογονανθράκων (HC). Τα οχήματα φυσικού αερίου έχουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές σωματιδίων γεγονός που τους δίνει μεγάλο πλεονέκτημα έναντι των πετρελαιοκίνητων και αποτελεί έναν από τους βασικούς λόγους αντικατάστασης βαρέων οχημάτων diesel με αντίστοιχα φυσικού αερίου.



Το μεθάνιο είναι και αυτό ένας υδρογονάνθρακας όμως συνήθως αντιμετωπίζεται διαφορετικά σε σχέση με τους υπόλοιπους υδρογονάνθρακες, αφού δεν είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία αλλά είναι ένα από τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για αυτόν τον λόγο, αναφορικά με τα οχήματα φυσικού αερίου, συχνά αναφέρονται εκπομπές “μη μεθανιούχων υδρογονανθράκων” αντί απλά εκπομπές υδρογονανθράκων γενικώς.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα οχήματα που χρησιμοποιούν αποκλειστικά φυσικό αέριο συνήθως έχουν καταλύτες μεθανίου σχεδιασμένους κατάλληλα ώστε να κατακρατούν και να αφαιρούν τις σχετικά υψηλές εκπομπές μεθανίου που εκπέμπουν τα οχήματα αυτά. Οι καταλύτες μεθανίου δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε οχήματα διπλού καυσίμου ή μίγματος καυσίμων και συνεπώς τα οχήματα αυτά είναι προβληματικά όσον αφορά τις εκπομπές μεθανίου και στην επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Ένα όχημα φυσικού αερίου που λειτουργεί σε σχετικά υψηλά φορτία συνήθως εκπέμπει περίπου 20% λιγότερο  $\text{CO}_2$  από ένα παρόμοιο όχημα που λειτουργεί με βενζίνη και 5 έως 10% λιγότερο  $\text{CO}_2$  από ένα Diesel. Πολλές φορές όμως και ιδιαίτερα σε συνθήκες αστικού κυκλοφοριακού φόρτου, το πλεονέκτημα αποδοτικότητας των κινητήρων Diesel σε χαμηλά φορτία αναιρεί το παραπάνω πλεονέκτημα των οχημάτων φυσικού αερίου με αποτέλεσμα τα οχήματα Diesel και

φυσικού αερίου στην περίπτωση αυτή να εμφανίζουν παρόμοια επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα στις εκπομπές CO<sub>2</sub> των οχημάτων diesel και φυσικού αερίου, αυτά οφείλονται σε δυο διαφορετικούς λόγους: οι κινητήρες diesel είναι πιο αποδοτικοί (κινητική ενέργεια ως ποσοστό της συνολικής ενέργειας των καυσίμων) και αντίστοιχα η καύση του φυσικού αερίου παράγει λιγότερο CO<sub>2</sub> ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας εξαιτίας της χαμηλότερης αναλογίας άνθρακα και υδρογόνου στην μοριακή του δομή.

Δυστυχώς τα οχήματα που κινούνται με μίγμα πετρελαίου και φυσικού αερίου, μετατρέπονται σχεδόν ολοκληρωτικά σε οχήματα πετρελαίου όταν κυκλοφορούν μέσα στην πόλη (σε χαμηλά φορτία), όπως εξηγήθηκε παραπάνω. Δηλαδή, ακριβώς εκεί όπου τα πλεονεκτήματα των μειωμένων αέριων ρύπων που παρουσιάζουν τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο είναι σημαντικότερα. Για τον λόγο αυτό, η εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός οχήματος μίγματος πετρελαίου-φυσικού αερίου πρέπει να γίνεται προσεκτικά και ιδιαίτερω όταν τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα εκπομπών ρύπων αφορούν το σύνολο των εκπομπών του πρότυπου κύκλου δοκιμής εντός αλλά και εκτός πόλης αθροιστικά.

#### **6.4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ**

Όπως και τα άλλα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων, τα οχήματα φυσικού αερίου χαρακτηρίζονται και αυτά από υψηλότερο κόστος αγοράς αλλά από χαμηλότερο κόστος καυσίμων. Επιπρόσθετα το κόστος για την κατασκευή ενός σταθμού ανεφοδιασμού οχημάτων φυσικού αερίου είναι επίσης υψηλό (αρκετά υψηλότερο από αυτούς του υγραερίου) και οι σταθμοί αυτοί είναι επιχειρηματικά βιώσιμοι μόνο όταν ανεφοδιάζουν ένα σχετικά υψηλό αριθμό οχημάτων. Το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στην διάδοση των οχημάτων φυσικού αερίου καθώς οι εταιρείες καυσίμων εμφανίζονται απρόθυμες να κατασκευάσουν σταθμούς ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο μέχρι να υπάρξει επαρκής αριθμός σχετικών οχημάτων ενώ αντίστοιχα οι χρήστες εμφανίζονται απρόθυμοι να αγοράσουν οχήματα φυσικού αερίου μέχρι να υπάρξει ικανοποιητικό δίκτυο με σταθμούς ανεφοδιασμού.

## 6.5. ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΧΡΗΣΗΣ Φ.Α. ΣΕ ΣΤΟΛΟΥΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Οι κύριες κατηγορίες οχημάτων που εντοπίζονται ως στόχοι για χρήση Φ.Α. στην Ελλάδα είναι, κατά προτεραιότητα, οι εξής:

- Λεωφορεία και απορριμματοφόρα.
  - Ø Πραγματοποιούν πολλά χιλιόμετρα μέσα στο αστικό περιβάλλον και, επομένως, το όφελος από τη μείωση της αέριας ρύπανσης και του θορύβου που προκαλούν είναι μεγάλο.
  - Ø Ο ανεφοδιασμός τους μπορεί να γίνεται από ειδικά σχεδιασμένους σταθμούς, με εκμετάλλευση των οικονομιών κλίμακας.
  - Ø Η κυκλοφορία τους συμβάλλει στη δημιουργία θετικού κλίματος στο ευρύ κοινό, για τη γενικότερη αποδοχή της τεχνολογίας της αεριοκίνησης.
- Ιδιωτικοί στόλοι διανομής προϊόντων μέσα στην πόλη.
  - Ø Ισχύουν εν πολλοίς τα ίδια ως άνω επιχειρήματα.
- Μικρά επιβατηγά Ι.Χ. και επαγγελματικά αυτοκίνητα.
  - Ø Η αγορά αυτή θα πρέπει να αναπτυχθεί με οχήματα διπλού καυσίμου
  - Ø Αναμένεται επιτάχυνση της ανάπτυξης της αγοράς αυτής μετά την ανάπτυξη επαρκούς δικτύου ανεφοδιασμού με Φ.Α.
  - Ø Αναμένεται, στο άμεσο μέλλον, η παραγωγή περισσότερων νέων μοντέλων οχημάτων Φ.Α. από τις αυτοκινητοβιομηχανίες.

## 6.6. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΚΙΝΗΤΡΑ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ

- Οικονομικά κίνητρα:
  - Ø Τιμή Φ.Α. για αεριοκίνηση σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη για τα συμβατικά καύσιμα
  - Ø Επιχορήγηση μέρους ή / και του συνόλου του επιπλέον κόστους για την αγορά οχημάτων Φ.Α.
  - Ø Ισχυρή επιχορήγηση του κόστους επένδυσης σταθμών ανεφοδιασμού
  - Ø Ευνοϊκή φορολογία για την εισαγωγή και την κυκλοφορία νέων και μεταχειρισμένων οχημάτων Φ.Α.

- Πρωτοβουλίες:
  - ∅ Ανάπτυξη δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού Δ.Χ. μέσα στην πόλη, ιδιαίτερα μέσα από ενσωμάτωση σταθμών ανεφοδιασμού με CNG σε υφιστάμενα πρατήρια υγρών καυσίμων.
  - ∅ Συμφωνίες με χρήστες για την ίδρυση και συντήρηση σταθμών CNG.
  - ∅ Γνωστοποίηση και επίδειξη των πλεονεκτημάτων των οχημάτων αερίου σε εν δυνάμει χρήστες, αλλά και στο ευρύ κοινό.

## **6.7. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να προωθηθούν, ώστε να αναπτυχθεί η αεριοκίνηση οχημάτων στην Ελλάδα είναι:

- Η δημιουργία επαρκούς δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού CNG.
- Η παροχή από την Πολιτεία κατάλληλων οικονομικών κινήτρων στους ιδιοκτήτες οχημάτων Φ.Α., για περιβαλλοντικούς κυρίως λόγους.
- Η υιοθέτηση κατάλληλων διεθνών τεχνικών προτύπων (standards), για την εμπέδωση της εμπιστοσύνης στην τεχνική αρτιότητα και την ασφάλεια των υποδομών και των οχημάτων Φ.Α.
- Η εισαγωγή κατάλληλων μοντέλων οχημάτων Φ.Α. και οχημάτων διπλού καυσίμου, καθώς και η δημιουργία επαρκούς υποδομής τεχνικής υποστήριξής τους.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Από πολλές πλευρές το φυσικό αέριο είναι ένα άριστο καύσιμο. Έχει την υψηλότερη θερμογόνο δύναμη από όλα τα ορυκτά καύσιμα. Είναι πολύ εύκολο να ελέγξουμε την παραγόμενη ενέργεια από την καύση, διότι οι καυστήρες φυσικού αερίου έχουν τη δυνατότητα άμεσης έναρξης ή σταματήματος. Το φυσικό αέριο είναι εντελώς καθαρό, δεν παράγει τέφρα (εκπομπές σωματιδίων) και δεν απαιτεί αποθηκευτικούς χώρους. Δεν χρειάζεται να κανονίζουμε περιοδικές λήψεις καυσίμου και έχουμε καύσιμο αμέσως μόλις ανοίξουμε μία βάνα.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του φυσικού αερίου είναι πολλά και ειδικά στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Το θέμα της αποθήκευσής του είναι πολύπλοκο, όχι μόνο από τεχνικής απόψεως, αλλά και από οικονομικής απόψεως. Το γεγονός ότι δε χρειάζεται αποθήκευση το φυσικό αέριο αποτελεί μεγάλη ευκολία και μειώνει το κόστος κεφαλαίου. Όμως τα τελευταία χρόνια η μη αποθήκευση του φυσικού αερίου σε σεβαστές ποσότητες, και γενικώς όλων των ενεργειακών καυσίμων, αυξάνει τον κίνδυνο διακοπής της τροφοδοσίας. Οι λόγοι για να γίνει κάτι τέτοιο είναι πολλοί. Κοινωνικοπολιτική αστάθεια στις περιοχές από τις οποίες διέρχονται οι αγωγοί, ενδεχόμενη δολιοφθορά, απρόβλεπτη πορεία των τιμών των ενεργειακών προϊόντων και άλλα.

Η αύξηση του ποσοστού της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο προϋποθέτει τη λήψη μέτρων υποδομής που θα εξασφαλίζουν συνεχή παροχή του καυσίμου. Τέτοια μέτρα υποδομής μπορεί να είναι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του φυσικού αερίου. Μία τέτοια επένδυση είναι ζωτικής σημασίας όσο αφορά την ενεργειακή ασφάλεια του δικτύου. Λόγω της ρευστότητας που υπάρχει στον ενεργειακό χάρτη της Ευρώπης, αλλά και παγκοσμίως, η ενεργειακή ασφάλεια αποτελεί πρωτεύον θέμα προβληματισμού στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μεγάλες προσπάθειες γίνονται για εκμετάλλευση των εγχώριων ενεργειακών πόρων, είτε μιλάμε για ορυκτούς πόρους, είτε για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ελλάδα έχει μεγάλα αποθέματα ορυκτών πόρων και έχει την πέμπτη θέση στα αποθέματα λιγνίτη παγκοσμίως, οπότε βασίζοντας την ηλεκτροπαραγωγή στο συγκεκριμένο καύσιμο μειώνει δραστικά την ενεργειακή της εξάρτηση από άλλους

φορείς. Όμως, η καύση του λιγνίτη επιβαρύνει πολύ το περιβάλλον και, δεδομένων των περιορισμών που επιβάλλονται από το πρωτόκολλο του Κιότο, δεν είναι δυνατό να καλυφθούν οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια αποκλειστικά από το λιγνίτη.

Η είσοδος νέων ενεργειακών πηγών στον τομέα της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής είναι αναπόφευκτη και μία λύση που έχει ήδη βρει πρακτική εφαρμογή είναι η χρήση του φυσικού αερίου. Όταν μιλάμε για ενεργειακή ασφάλεια στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής με χρήση του φυσικού αερίου είναι δύσκολο να αποτιμήσουμε το κόστος των επενδύσεων που πρέπει να γίνουν βάσει των αναγκών της χώρας. Ας μην ξεχνάμε ότι το φυσικό αέριο αναμένεται να καλύψει μόνο ένα μέρος της ηλεκτροπαραγωγής, είναι ένα εισαγόμενο προϊόν και με δεδομένη την αστάθεια του ενεργειακού τομέα υπάρχει ο κίνδυνος να γίνει μια κοστολόγηση των επενδύσεων που να μην ανταποκρίνεται στις ανάγκες της χώρας. Ας μην ξεχνάμε ότι η Ελλάδα έχει άφθονο δυναμικό αιολικής και ηλιακής ενέργειας, οπότε μια επένδυση σε έργα αποθήκευσης φυσικού αερίου θα πρέπει να συγκριθεί με μια εναλλακτική επένδυση προς αυτή την κατεύθυνση ή σε κάποιο άλλο σενάριο όπως βελτιωμένες μέθοδοι καύσης του λιγνίτη.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Βαλσαμάκης Β., *Φυσικό αέριο και περιβάλλον*, Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 45, σελ. 2 – 4, Οκτώβριος 1995
2. ΔΕΠΑ, *Το φυσικό αέριο και οι χρήσεις του*, Έκδοση Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε, Αθήνα, 2000
3. ΔΕΠΑ, *Σταθμός Ανεφοδιασμού Λεωφορείων με συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο – Ανιθούσα* -, Έκδοση Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε, Αθήνα
4. Λέφα Κ., *Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου*, Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ – 4Μ ΕΠΕ, 2004
5. Μουρελάτος Α., Κανελλόπουλος Π., *Φυσικό αέριο και συμπαραγωγή: επιπτώσεις στην ενέργεια, το περιβάλλον και την οικονομία*, Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 60, σελ. 1-5, Φεβρουάριος 1997