



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τεχνοοικονομική Ανάλυση Χρήσης Συμπιεσμένου Φυσικού
Αερίου (CNG) σε Καταναλωτές εκτός δικτύου διανομής**

ΣΤΑΘΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΤΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Η. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ Μαρτίου 2011 και Σεπτεμβρίου 2011 και έχει σαν αντικείμενο την τεχνοοικονομική ανάλυση της χρήσης συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) σε καταναλωτές που βρίσκονται σε περιοχές που δεν έχουν συνδεθεί ακόμα με το εθνικό δίκτυο διανομής ή δεν είναι στα άμεσα σχέδια να συνδεθούν.

Επιβλέπων αυτής της εργασίας υπήρξε ο καθηγητής κ. Ηλίας Τατσιόπουλος στον οποίο θέλω να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου για την εμπιστοσύνη την οποία μου έδειξε αναθέτοντάς μου την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Αθανάσιο Ρεντιζέλα, Μηχανολόγο Μηχανικό Ε.Μ.Π. για την συνεχή και πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ολοκληρώνοντας την εργασία νιώθω ακόμα την ανάγκη να ευχαριστήσω την κα Ζ. Τριβυζά και τον κ. Α. Κουτρομπούση από την ΕΠΑ Αττικής για την άριστη συνεργασία και βοήθειά τους. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στην ΔΕΠΑ που με βοήθησαν με τις γνώσεις τους όσο δούλευα εκεί. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Στάθης Στυλιανός
Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Περιεχόμενα

Έποψη	9
1. Εισαγωγή	11
1.1 Σκοπός.....	11
1.2 Φυσικό Αέριο.....	12
1.2.1 Πώς δημιουργείται το φυσικό αέριο	13
1.2.2 Ύπαρξη Κοιτασμάτων Φυσικού Αερίου	14
1.2.3 Πώς μεταφέρεται το φυσικό αέριο	16
1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά Φυσικού Αερίου.....	17
1.4 Σύσταση του Φυσικού Αερίου.....	18
1.5 Φυσικές Ιδιότητες	19
1.6 Σύνθεση Του Ελληνικού Φ.Α.	20
1.7 Ιδιότητες Καύσης.....	20
1.7.1 Θερμογόνος Δύναμη	20
1.7.2 Δείκτης Wobbe	21
1.8 Χρήσεις του φυσικού αερίου	22
1.9 Άλλες μορφές του φυσικού αερίου.....	24
1.9.1 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gas, LNG).....	24
1.9.2 Συμπιεσμένο φυσικό αέριο (Compressed Natural Gas, CNG).....	25
2. Η Καύση και οι εκπομπές αερίων του φυσικού αερίου.....	27
2.1 Καύση	27
2.1.1 Ορισμοί	27
2.1.2 Η καύση του μεθανίου	28
2.1.3 Έλεγχος της καύσης.....	30
2.1.4 Υπολογισμός της απόδοσης της καύσης.....	30
2.2 Εκπομπές.....	31
2.2.1 Γενικά.....	31
2.2.2 Εκπομπές Αερίων Ρυπαντών	34
3. Εφαρμογές CNG – Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	35
3.1 Αεριοκίνηση οχημάτων	35
3.1.1 Εισαγωγή	35
3.1.2 Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα.....	36
3.1.3 Οι Διεθνείς και Ευρωπαϊκές εξελίξεις, τάσεις και προοπτικές.....	37
3.1.4 Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα.....	37
3.2 Χρήση CNG σε περιοχές εκτός δικτύου σύνδεσης φυσικού αερίου (virtual pipelines).....	39
3.2.1 Εισαγωγή	39
3.2.2 Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα.....	40
3.2.3 Διεθνείς εξελίξεις, τάσεις και προοπτικές	41
3.3 Οικιακός ανεφοδιασμός CNG στα ΙΧ	44

4.	Μέθοδοι συμπίεσης φυσικού αερίου, αποθήκευση και διανομή – Σταθμός συμπίεσης.....	45
4.1	Μέθοδοι συμπίεσης και αποθήκευσης του φυσικού αερίου.....	45
4.1.1	Εισαγωγή	45
4.1.2	Σταθμός πλήρωσης CNG.....	47
4.1.3	Συστήματα αποθήκευσης στο σταθμό ανεφοδιασμού CNG	47
4.1.4	Θερμοδυναμική ανάλυση.....	49
4.2	Οργάνωση και λειτουργία σταθμού συμπίεσης.....	54
4.3	Περιγραφή των απαιτούμενων υποδομών για συμπίεση και μεταφορά του φυσικού αερίου.....	57
4.4	Γενική περιγραφή του σταθμού συμπίεσης (mother station)	58
4.4.1	Βασικός εξοπλισμός.....	59
4.4.2	Θάλαμος μέτρησης αερίου.....	60
4.4.3	Εξοπλισμός ξήρανσης φυσικού αερίου	60
4.4.4	Συμπιεστής αερίου	60
4.4.5	Διανομέας (CNG Dispencer)	62
4.4.6	Μετρητής μάζας φυσικού αερίου	62
4.4.7	Σύστημα ψύξης αερίου	63
4.4.8	Ηλεκτρικός πίνακας.....	63
4.5	Όροι και προϋποθέσεις για τη χορήγηση αδειών ίδρυσης και λειτουργίας πρατηρίων πεπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG).....	64
4.5.1	Εγκαταστάσεις	65
4.5.2	Γενική περιγραφή της εγκατάστασης	65
4.5.3	Γενικές αρχές σχεδιασμού και εγκατάστασης	67
4.5.4	Τεχνικές προδιαγραφές του σταθμού.	69
4.6	Παροχή Φ.Α. μέσω κινητών δεξαμενών.....	74
4.6.1	Ασφάλεια στην οδική μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων	75
4.6.2	Τυπολογία κινητών δεξαμενών.....	76
4.7	Μονάδες αποσυμπίεσης.....	77
4.8	Οργάνωση δικτύου διανομής αερίου και χωροθέτηση σταθμού	77
5.	Οικονομική ανάλυση επένδυσης - Αξιολόγηση επενδύσεων	79
5.1	Εισαγωγή	79
5.2	Αξιολόγηση επενδύσεων	80
5.3	Βασικές έννοιες.....	81
5.3.1	Χρηματοροή.....	81
5.3.2	Χρονική αξία χρήματος	81
5.3.3	Αποσβέσεις	82
5.3.4	Κόστος χρηματοδότησης	83
5.4	Ανάλυση κόστους - οφέλους	84
5.5	Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης	84
5.5.1	Καθαρή παρούσα αξία	85
5.5.2	Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης	86
5.5.3	Έλεγχος αξιοπιστίας αποδοτικότητας - Ανάλυση αβεβαιότητας ..	87
5.6	Χρόνος ζωής	87

6.	Οικονομικά στοιχεία μελέτης – περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων.....	89
6.1	Περιγραφή μοντέλου	89
6.2	Κόστος εγκατάστασης	91
6.3	Κόστος κινητών δεξαμενών.....	93
6.4	Κόστος Τρακτόρων – οχημάτων μεταφοράς.....	95
6.5	Μισθός προσωπικού στο σταθμό.....	96
6.6	Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας.....	97
6.7	Κόστος μονάδων αποσυμπίεσης.....	98
6.8	Ανάλυση παραμέτρων μελέτης.....	99
7.	Αποτελέσματα.....	105
7.1	Σενάριο Α (εταιρία)	105
7.1.1	Ετήσια συνολική παραγωγή CNG για την εταιρία 6.000.000 m ³ , ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15% και επιτόκιο αναγωγής 8% ..	105
7.1.2	Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις, ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15% και μεταβαλλόμενο επιτόκιο αναγωγής.	112
7.1.3	Σταθερό επιτόκιο αναγωγής 8%, μεταβαλλόμενο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις.....	117
7.1.4	Μεταβαλλόμενη τιμή αγοράς του φυσικού αερίου, σταθερή τιμή πώλησης του CNG και μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις.....	123
7.1.5	Χρόνος απόσβεσης επένδυσης μεταβάλλοντας την παραγωγή και το ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG.....	129
7.2	Σενάριο Β (καταναλωτές – πελάτες)	133
7.2.1	Ετήσιες καταναλώσεις πελάτη 450.000 m ³ , ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15%.....	133
7.2.2	Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις (διαφορετικός πελάτης), μεταβαλλόμενο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG, σταθερές αποστάσεις πελατών από σταθμό ανεφοδιασμού.	136
7.2.3	Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις (διαφορετικός πελάτης), μεταβαλλόμενες αποστάσεις πελατών από σταθμό ανεφοδιασμού.....	144
7.2.4	Αναλογία τιμής CNG - μεταφορικών – κέρδους πελατών	151
7.2.5	Χρόνος απόσβεσης επένδυσης μεταβάλλοντας τις καταναλώσεις κάθε πελάτη και το ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG	154
8.	Συμπεράσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	157
8.1	Συμπεράσματα σεναρίου Α (εταιρία)	157
8.2	Συμπεράσματα σεναρίου Β (καταναλωτές - πελάτες).....	159
9.	Σύνοψη.....	163
	Βιβλιογραφία	165
	Παράρτημα Α.....	168
	Παράρτημα Β.....	170

Έποψη

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η ανάλυση της χρήσης συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) σε καταναλωτές εκτός δικτύου διανομής. Το κόστος επέκτασης του δικτύου διανομής είναι υψηλό και εξετάζονται εναλλακτικές μέθοδοι για την μεταφορά του φυσικού αερίου. Μία από αυτές είναι η μεταφορά φυσικού αερίου (αφού πρώτα συμπιεστεί ώστε να μειωθεί ο όγκος του και να μεταφέρονται μεγαλύτερες ποσότητες) με κινητές δεξαμενές (virtual pipelines) στους τελικούς καταναλωτές. Έτσι στόχος της μελέτης είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για την βιωσιμότητα της επένδυσης για την εταιρία παροχής αερίου αλλά και για τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν άλλα καύσιμα όπως πετρέλαιο ή υγραέριο και επιθυμούν την χρήση του φυσικού αερίου.

Αρχικά στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας γίνεται μια εισαγωγή στο φυσικό αέριο και στις μεθόδους δημιουργίας, εξαγωγής και διανομής του. Επίσης αναλύεται η σύσταση του αερίου, οι ιδιότητές του και οι χρήσεις του. Το φυσικό αέριο είναι από τα καύσιμα με τους λιγότερους ρύπους και η ζήτησή του αυξάνεται συνεχώς. Επίσης γίνονται αναφορές για το μέλλον του αερίου σε παγκόσμια κλίμακα αλλά και για την εισαγωγή του αερίου στον ελληνικό χώρο.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις εφαρμογές του CNG και στα χαρακτηριστικά τους. Η εφαρμογή που εξετάζεται στην εργασία για τους “απομακρυσμένους” καταναλωτές εφαρμόζεται με επιτυχία στο εξωτερικό και η τεχνολογία που ήδη υπάρχει βοηθάει στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την συγκεκριμένη μελέτη. Επίσης, η αεριοκίνηση με CNG είναι μία εφαρμογή που αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς.

Έπειτα, αναλύονται τεχνικά ζητήματα που αφορούν την συμπίεση του αερίου, την αποθήκευσή του και την διανομή του. Παρουσιάζεται ένας τυπικός σταθμός συμπίεσης και τα μέρη από τα οποία αποτελείται όπως εξοπλισμός μέτρησης φυσικού αερίου, εξοπλισμός ξήρανσης φυσικού αερίου, συμπιεστές, σύστημα ψύξης, συσκευές διανομής για τον ανεφοδιασμό των δεξαμενών (dispenser), αντλίες, ακροφύσια πλήρωσης, κλπ.

Στη συνέχεια περιγράφεται το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί στην μελέτη. Αναλύονται τα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας και οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν. Η ανάλυση θα γίνει από την σκοπιά της εταιρίας αλλά και από την σκοπιά των καταναλωτών. Στο μοντέλο από την πλευρά της εταιρίας υπολογίζονται οι ετήσιες εκροές, τα ετήσια έσοδα και τα λειτουργικά κόστη που προκύπτουν από τα δεδομένα τα οποία είναι το αρχικό κόστος εγκατάστασης του σταθμού και το λειτουργικό του κόστος, αγορά δεξαμενών και τρακτόρων μεταφοράς, μισθός προσωπικού, αγορά αερίου, κλπ. Από αυτά προκύπτουν οι δείκτες NPV και IRR και εξάγονται συμπεράσματα για την βιωσιμότητα της επένδυσης. Επίσης γίνεται μια ανάλυση ευαισθησίας μεταβάλλοντας κάποιες παραμέτρους όπως το επιτόκιο αναγωγής, την έκπτωση της τιμής διάθεσης του CNG σε σχέση με το LPG, την τιμή αγοράς του αερίου και την ετήσια ποσότητα CNG που θα πουληθεί ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την μεταβολή της αποδοτικότητας της επένδυσης. Όμοια και το μοντέλο για τους καταναλωτές υπολογίζει το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο, έσοδα και μεταφορικά κόστη από την χρήση του CNG και από αυτά υπολογίζεται κατά πόσο είναι ορθή η απόφαση αλλαγής καυσίμου ανάλογα τις καταναλώσεις του κάθε πελάτη, την απόστασή του από τον σταθμό και την τιμή διάθεσης του CNG σε σχέση με τα εναλλακτικά καύσιμα.

Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης σε πίνακες και διαγράμματα, εξάγονται συμπεράσματα και σχολιάζονται τα αποτελέσματα. Όσον αφορά την εταιρία τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται είναι για την τιμή διάθεσης του CNG, το μεικτό περιθώριο κέρδους που την συμφέρει να έχει και την ετήσια διανομή CNG (πελατεία) που θα χρειαστεί ώστε να συμφέρει η επένδυση. Όσον αφορά τους καταναλωτές τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται είναι για την έκπτωση που θα έχουν στην τιμή του CNG, για την αποδοτικότητα της επένδυσης ανάλογα την δυναμικότητα του πελάτη και την απόστασή του από το σταθμό και την γρήγορη απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου.

1. Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο σκοπό της εργασίας αυτής και μια εισαγωγή στο φυσικό αέριο. Επίσης, αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του αερίου, τις ιδιότητές του, πώς δημιουργείται, εξάγεται και μεταφέρεται. Παρουσιάζονται οι μορφές του αερίου (CNG, LNG) και οι χρήσεις του (στον οικιακό τομέα, στον βιομηχανικό, κλπ.).

1.1 Σκοπός

Στόχος της μελέτης αυτής είναι η ανάλυση της επένδυσης για τη διανομή φυσικού αερίου, τη συμπιέσή του σε ειδικές μονάδες, την εισαγωγή του σε ειδικές φιάλες και την μεταφορά των φιαλών και πώληση του περιεχομένου στους τελικούς καταναλωτές. Σκοπός είναι η εξυπηρέτηση χρηστών Φ.Α. από επιχειρήσεις του δευτερογενή και τριτογενή τομέα (ξενοδοχεία κλπ) σε περιοχές που δεν έχει προγραμματιστεί μακροπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα να συνδεθούν με το εθνικό δίκτυο Φυσικού Αερίου.

Σήμερα το “ Ελληνικό ” φυσικό αέριο εισάγεται στην Ελλάδα από το 1997 προερχόμενο από την Ρωσία και την Αλγερία με προορισμό να καλύψει τα ένα πέμπτο περίπου των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας.¹ Το Μεθάνιο, ως το κύριο συστατικό του, καθορίζει αποφασιστικά τις θερμοφυσικές του ιδιότητες. Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη από το πετρέλαιο, μπορεί να υποκαταστήσει άμεσα τον ηλεκτρισμό σε πολλές χρήσεις και η καύση του έχει σημαντικά μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον σε σχέση με τους άλλους (υγρούς και στερεούς) υδρογονάνθρακες.

Η μεταφορά και η διανομή του φυσικού αερίου γίνεται με κατάλληλα δίκτυα αγωγών – κατά κανόνα υπογείων – και η αντίστοιχη υποδομή αποτελεί για την Ελλάδα μία από τις μεγαλύτερες αναπτυξιακές υπενδύσεις. Η υλοποίηση της

¹ Πηγή: ΔΕΠΑ

υλικοτεχνικής υποδομής και η μελλοντική ευρεία χρήση του αερίου θέτει ως βασική προϋπόθεση την ελληνοποίηση της διεθνώς αναπτυσσόμενης τεχνολογίας του φυσικού αερίου και την περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή της σε ειδικές εφαρμογές στον ελληνικό χώρο.[7]

1.2 Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία τις τελευταίες δεκαετίες. Τα μεγάλα κοιτάσματα φυσικού αερίου σε Σιβηρία, Μέση Ανατολή, Αλγερία και Ευρώπη, που οδηγούνται μέσω δικτύων αγωγών στις καταναλώτριες χώρες συμβάλλουν σημαντικά στην ομαλή παροχή ενέργειας. Και στη Βόρειο Αμερική, τα κοιτάσματα φυσικού αερίου αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τον οικιακό και βιομηχανικό τομέα λόγω της ευκολίας χρήσης και της καθαρότητάς του ως καύσιμο. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου σε απομακρυσμένες περιοχές είναι αξιοποιήσιμα μόνο εάν η τιμή αγοράς κάνει βιώσιμη τη διαδικασία υδροποίησης ή συμπίεσης του φυσικού αερίου και μεταφοράς του με τα ειδικά πλοία στις χώρες κατανάλωσης.

Το φυσικό αέριο υπάρχει ως "ξηρό", δηλαδή καθαρό μεθάνιο, και "υγρό" μεθάνιο δηλαδή με κυμαινόμενες αναλογίες βαρύτερων υδρογονανθράκων. Η παρουσία αδρανών συστατικών όπως άζωτο και διοξείδιο άνθρακα, μειώνει τη θερμογόνο δύναμη του αερίου. Το υδρόθειο, όταν υπάρχει, πρέπει να απομακρύνεται λόγω της τοξικότητας και της διαβρωτικότητάς του. Οι αναλογίες ηλίου σε κοιτάσματα πλούσια σε άζωτο είναι σε γενικές γραμμές χαμηλές, και σε πολύ λίγες μόνο περιπτώσεις είναι οικονομικά συμφέρουσα η εκμετάλλευσή του. Τα κοιτάσματα του φυσικού αερίου βρίσκονται συνήθως σε επαφή με στρώματα γύψου ή ανυδριτών, οπότε η παρουσία υδρόθειου αποδίδεται στη βακτηριακή αναγωγή του θειικού ασβεστίου. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου με αξιόλογη αναλογία βαρύτερων υδρογονανθράκων είναι γνωστά και ως *κοιτάσματα συμπυκνωμάτων*. Ενώ το υγρό φυσικό αέριο και τα συμπυκνώματα βρίσκονται κοντά ή σε συνδυασμό με κοιτάσματα πετρελαίου, το ξηρό φυσικό αέριο βρίσκεται συνήθως σε ανεξάρτητα κοιτάσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η

πλειονότητα των ξηρών φυσικών αερίων προέρχεται από κηρογόνο τύπου III που προέρχεται από χερσαία φυτά. Άλλα ξηρά φυσικά αέρια σχηματίζονται σε μέρη βαθέων λεκανών, όπου η πίεση και η θερμοκρασία έχουν υπερβεί τις τιμές που οδηγούν στο σχηματισμό πετρελαίου. Υπάρχει επίσης και η διάκριση μεταξύ *συνδυασμένου αερίου* (associated gas), που σχετίζεται με αργό πετρέλαιο, και *μη συνδυασμένου ή φυσικού αερίου* (nonassociated or natural gas), το οποίο δημιουργείται ανεξάρτητα, κυρίως από κηρογόνο τύπου III. Το συνδυασμένο αέριο που είναι διαλυμένο στο αργό πετρέλαιο, απελευθερώνεται κατά την παραγωγή λόγω της εκτόνωσης της πίεσης. Εάν το αργό πετρέλαιο είναι υπέρκορο, τότε μέρος του αερίου μεταναστεύει προς τα επάνω και σχηματίζει ένα σκούφο αερίου, το οποίο υπό συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να εκμεταλλευτεί ανεξάρτητα.[3]

Το φυσικό αέριο σε σύγκριση με το πετρέλαιο έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη. Εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα καύσης, μεγαλύτερο βαθμό θερμικής απόδοσης εστίας (μέχρι και 10 %) και δεν απαιτεί αποθήκευση στο χώρο χρήσης, αφού διανέμεται με δίκτυο. Τέλος έχει το βασικό πλεονέκτημα, ότι τα καυσαέρια του έχουν τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα καυσαέρια όλων των συμβατικών καυσίμων οικιακής και βιομηχανικής χρήσης.

1.2.1 Πώς δημιουργείται το φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα από υδρογονάνθρακες σε αέρια μορφή και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο. Το λεγόμενο φυσικό αέριο που όταν γεννιέται δεν είναι και τόσο καθαρό, βρίσκεται στις περισσότερες περιπτώσεις στο υπέδαφος. Τα υπολείμματα από φυτική και ζωική ύλη που βρέθηκαν κάποτε στην επιφάνεια της γης εξαιτίας διαφόρων γεωλογικών ανακατατάξεων, υποχώρησαν, θάφτηκαν στο εσωτερικό της για πολύ καιρό κάτω από τεράστιες ποσότητες λάσπης και άλλων ιζημάτων, που άσκησαν βέβαια τεράστια πίεση. Προς το εσωτερικό της γης η θερμοκρασία αυξάνεται. Θερμοκρασία και πίεση έχουν ως αποτέλεσμα να σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των

ατόμων άνθρακα της ζωικής και φυτικής ύλης για να παραχθεί το λεγόμενο 'θερμογενές μεθάνιο', βασικό συστατικό του αερίου στα έγκατα της γης.

Ένας πρακτικός κανόνας λέει ότι, πιο κοντά στην επιφάνεια οι συνθήκες ευνοούν την παραγωγή πετρελαίου, ενώ πιο βαθιά, πέρα από τα τρία χιλιόμετρα, υπάρχει περισσότερο φυσικό αέριο. Επίσης φυσικό αέριο παράγεται όταν η ύλη που προέρχεται από διάφορους ζωντανούς οργανισμούς διασπάται με τη μεσολάβηση των λεγόμενων μεθανιογόνων μικροοργανισμών και προκύπτει μεθάνιο. Αυτοί οι μικροοργανισμοί απαντώνται κοντά στην επιφάνεια της Γης όπου υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, αλλά και στο πεπτικό σύστημα των περισσότερων ζώων και του ανθρώπου. Ένας τρίτος τρόπος παραγωγής μεθανίου ενεργείται μέσω αβιογενών διαδικασιών. Πολύ βαθιά κάτω από την επιφάνεια της γης υπάρχουν αέρια πλούσια σε υδρογόνο και μόρια άνθρακα, και καθώς ανέρχονται προς την επιφάνεια συναντώντας διάφορα μεταλλικά στοιχεία παράγονται πρώτα άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αργό και νερό και στη συνέχεια κάτω από την επίδραση της τεράστιας πίεσης δίδουν τελικά και μεθάνιο.

Θεωρητικά, μια άλλη αιτία δημιουργίας φυσικού αερίου είναι η δημιουργία του από πετρελαισχιστόλιθους (oil shales). Η διαδικασία φυσικής πυρόλυσης πισσοσχιστολίθων σε θερμοκρασίες αρκετά πάνω από τους 200 °C μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό φυσικού αερίου. [7]

1.2.2 Ύπαρξη Κοιτασμάτων Φυσικού Αερίου

Η σημασία των παραγωγών χωρών φυσικού αερίου εξαρτάται από τα διαθέσιμα αποθέματά τους. Οι ετήσιες παραγόμενες ποσότητες έχουν αυξηθεί ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης των δικτύων αγωγών φυσικού αερίου. Επιπρόσθετα, η χρήση φυσικού αερίου έχει τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών καταναλωτών λόγω της ευκολίας χρήσης και της καθαρότητάς του ως καύσιμο. Τα μεγάλα κοιτάσματα κάνουν πιο ελκυστικά οικονομικά την επένδυση για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μεταφοράς του φυσικού αερίου. Η παραγωγή

φυσικού αερίου δε σχετίζεται μόνο με τα διαθέσιμα αποθέματα. Για παράδειγμα, η παραγωγή φυσικού αερίου το 2005 στις ΗΠΑ ήταν 526×10^9 m³, ενώ στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης 760×10^9 m³. Την 1/1/2006 τα βεβαιωμένα και πιθανά αποθέματα φυσικού αερίου των ΗΠΑ ήταν περίπου 5.45×10^{12} m³, ενώ αυτά των χωρών της πρώην Σοβιετικής Ένωσης περίπου 58.3×10^{12} m³. Αυτή η διαφοροποίηση μεταξύ παραγωγής και αποθεμάτων οφείλεται στη διαφορετική ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής. Άλλες χώρες μεγάλοι παραγωγοί φυσικού αερίου είναι ο Καναδάς, η Ολλανδία, το Ιράν, η Βενεζουέλα, η Μεγάλη Βρετανία, η Ρουμανία, το Μεξικό, η Κίνα και η Γερμανία. Τα μεγάλα κοιτάσματα φυσικού αερίου στις χώρες του Περσικού Κόλπου, τη Νιγηρία και την Ινδονησία αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της απόστασης από τις καταναλώτριες χώρες, οπότε απαιτείται η υγροποίηση του φυσικού αερίου για τη μεταφορά του. Λόγω της σχετικά μικρής χωρητικότητας των δεξαμενόπλοιων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και των μεγάλων αποστάσεων που πρέπει να διανυθούν, η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου δεν είναι πάντα συμφέρουσα από οικονομική πλευρά.

Τα βεβαιωμένα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου την 1/1/2006, ανέρχονταν σε 179.8×10^{12} m³. Την πρώτη θέση κατέχουν οι χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, με τα μεγαλύτερα κοιτάσματα να βρίσκονται στη Δυτική Σιβηρία, ενώ έπονται οι χώρες της Μέσης Ανατολής. Η αύξηση των βεβαιωμένων αποθεμάτων σε αυτές τις δύο μεγάλες περιοχές οφείλεται σε ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων αλλά και σε επαναξιολόγηση των ήδη γνωστών. Ενώ τα αποθέματα της Αφρικής και της Βορείου Αμερικής παρουσιάζουν μείωση, τα αποθέματα της Δυτικής Ευρώπης έχουν αυξηθεί σημαντικά λόγω της ανάπτυξης νέων κοιτασμάτων στη Βόρειο Θάλασσα.[3]

	Συνολική Παραγωγή 10^9 m^3	Αποθέματα	
		Βεβαιωμένα και Πιθανά, 10^9 m^3	Προσδόκιμα, 10^9 m^3
Βόρειος Αμερική	35118	7039	18700
Νότιος – Κεντρ. Αμερική	3656	7431	10600
Μέση Ανατολή	4576	72126	26700
Αφρική	2616	14393	9300
Ασία – Ωκεανία	6225	14837	13700
Ευρώπη	8723	5682	7200
τ. Σοβιετική Ένωση	21307	58324	34800
Σύνολο	82219	179832	121000

Πίνακας 1.1 Παγκόσμια παραγωγή και αποθέματα Φυσικού αερίου²

1.2.3 Πώς μεταφέρεται το φυσικό αέριο

Επειδή στο εσωτερικό της γης βρίσκεται υπό πίεση, μια ποσότητα από το απόθεμα ανεβαίνει εύκολα στην επιφάνεια όπου επικρατεί σίγουρα μικρότερη ατμοσφαιρική πίεση. Από εκεί παραλαμβάνεται σε σωλήνες μικρής διαμέτρου και υπό χαμηλή πίεση οδηγείται σε κοντινή μονάδα προκειμένου να υποστεί μια πρώτη επεξεργασία για να απαλλαγεί από τις ανεπιθύμητες προσμείξεις. Στην περίπτωση των μεγάλων αποθεμάτων της Κεντρικής Ασίας αυτές οι εργασίες γίνονται επί τόπου και φυσικά εκεί κρατιούνται οι αρκετά χρήσιμες προσμείξεις.

Το καθαρό πια ‘φυσικό αέριο’ θα ταξιδέψει εύκολα ως τα σύνορά σε αγωγούς με διάμετρο από 6 ως και 48 ίντσες και με πίεση από 200 ως 1.500 psi που ελαττώνει τον όγκο του κατά 600 φορές. Ενδιάμεσα, σε αποστάσεις από 64 ως και 160 χλμ. παρεμβάλλονται σταθμοί για τη διατήρηση της πίεσης στο επιθυμητό επίπεδο. Στους σταθμούς αυτούς υπάρχουν στροβιλοκινητήρες που συμπιέζουν το αέριο, ενώ την απαραίτητη για την κίνησή τους ενέργεια αντλούν καίγοντας λίγο από το ίδιο το αέριο. Σε μερικούς σταθμούς, ειδικοί κινητήρες καίγοντας λίγο αέριο παράγουν ηλεκτρισμό εξασφαλίζοντας ενέργεια για τη λειτουργία του σταθμού. Στους σταθμούς υπάρχουν επίσης μετρητές για την ποσότητα αερίου που διέρχεται και ειδικοί διαχωριστές υγρών για να αφαιρούν

² Πηγή: ΔΕΠΑ

υδρατμούς και άλλες προσμείξεις από το αέριο. Ενδιάμεσα στους αγωγούς υπάρχουν και βαλβίδες που λειτουργούν σαν δικλίδες ασφαλείας, και έχουν τη δυνατότητα να κλείσουν απομονώνοντας ένα τμήμα του αγωγού προκειμένου να γίνουν με ασφάλεια εργασίες συντήρησης και αντικατάστασης. Όλα παρακολουθούνται από μακριά με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών στους μεγάλους σταθμούς ελέγχου. Τις πληροφορίες συλλέγουν ειδικοί αισθητήρες τοποθετημένοι κατά μήκος του αγωγού αλλά και τα 'γουρουνάκια', ρομποτικοί μηχανισμοί επάνω σε ρόδες που μπορούν να κινηθούν μέσα στον αγωγό και να εξετάζουν την κατάστασή του. [7]

1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο βρίσκεται σε υπόγεια κοιτάσματα και δημιουργείται κατά τη μεταμόρφωση υδρόβιων μικροοργανισμών κάτω από την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλων πιέσεων. Είναι μη τοξικό, καθαρό, άοσμο και άχρωμο, δεν διαλύεται στο νερό και σε συγκέντρωση 5% έως 15% κατ' όγκο στον αέρα μπορεί να αναφλέγεται. Για την μείωση των εξ αερίων κινδύνων επιβάλλεται και προσδίδεται οσμή.

Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και σε περίπτωση διαρροής διαφεύγει εύκολα στην ατμόσφαιρα. Η σχετική πυκνότητα είναι $d_{σχ} = 0,59$ (αέρας=1) έως και 0,605 (Ε/ΔΑ). Η κινηματική συνεκτικότητα είναι $\nu = 14 \times 10^{-6}$ m²/sec, θερμοκρασία ανάφλεξης = 650 οC έως 670 οC (στον αέρα), μέγιστη ταχύτητα ανάφλεξης 0,30 έως 0,35 m/sec, θερμοκρασία καύσης για $\lambda = 1$ (στοιχειομετρικό) 1950 οC έως 2000 οC, ελάχιστη πίεση φυσικού αερίου > 18 mbar, max CO 2% = 11,8% στα καυσαέρια.

Η διαφορά του φυσικού αερίου από το πετρέλαιο έγκειται στο ότι είναι μια υπόθεση υπό εξέλιξη. Όχι μόνο διότι μεθάνιο μπορεί να παραχθεί καίγοντας και τα σκουπίδια αλλά διότι ανακαλύπτονται και νέα κοιτάσματα. Ιδιαίτερα στις παγωμένες εκτάσεις τις Αλάσκας και τις Σιβηρίας υπάρχει ένας νέος σχηματισμός, οι υδρίτες μεθανίου. Χάρη στην ιδιότητα των παγοκρυστάλλων να

εγκλωβίζουν στο εσωτερικό τους άλλα μόρια μικρής μάζας, υπάρχουν τεράστια αποθέματα υδριτών, πάγου δηλαδή όπου στο εσωτερικό του υπάρχει μεθάνιο το οποίο μπορεί να απελευθερωθεί και να χρησιμοποιηθεί αργότερα σαν καύσιμο.[3]

1.4 Σύσταση του Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και ανήκει στη 2η Οικογένεια των αερίων καυσίμων. Στην 1η Οικογένεια ανήκουν τα βιομηχανικά αέρια (ιδιαίτερα τοξικά), που παρασκευάζονται με πυρόλυση ή απόσταση προϊόντων άνθρακα και με αποικοδόμηση και σχάση προϊόντων πετρελαίου ή φυσικών αερίων. Στην 3η Οικογένεια ανήκουν το υγραέριο (LPG), που παράγεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου, ενώ βρίσκεται και σε ορισμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου, από το οποίο διαχωρίζεται. Μια 4η Οικογένεια τείνουν να αποτελέσουν τα μείγματα υγραερίων με αέρα.

Το φυσικό αέριο αποτελεί το κατεξοχήν φυσικό προϊόν από τα αέρια καύσιμα. Για τα φυσικά αέρια έχει οριστεί μια κατάσταση αναφοράς που καλείται “κανονική” κατάσταση και σε αυτή ανάγονται οι ποσότητές τους. Αυτή είναι οι 273,15K (0oC) για τη θερμοκρασία και 1,01325 bar για την πίεση. Ο όγκος ενός κυβικού μέτρου αερίου σε κανονική κατάσταση αποτελεί ένα “κανονικό κυβικό μέτρο” αερίου (1Nm³).

Συστατικό	Μοριακό Κλάσμα
Υδρογονάνθρακες	
Μεθάνιο	0.75 – 0.99
Αιθάνιο	0.01 – 0.15
Προπάνιο	0.01 – 0.10
κ-Βουτάνιο	0.00 – 0.02
Ισοβουτάνιο	0.00 – 0.01
κ-Πεντάνιο	0.00 – 0.01
Ισοπεντάνιο	0.00 – 0.01
Εξάνιο	0.00 – 0.01
Επτάνιο και βαρύτεροι υδρογονάνθρακες	0.00 – 0.001
Μη Υδρογονάνθρακες	
Αζώτο	0.00 – 0.15
Διοξείδιο του Άνθρακα	0.00 – 0.30
Υδρόθειο	0.00 – 0.30
Ήλιο	0.00 – 0.05

Πίνακας 1.2 Τυπικά όρια περιεκτικότητας συστατικών φυσικού αερίου[3]

1.5 Φυσικές Ιδιότητες

Μοριακό Βάρος. Το φαινόμενο μοριακό βάρος M_a ενός αερίου μίγματος όπως το φυσικό αέριο είναι ίσο με το άθροισμα των μοριακών κλασμάτων y_i επί το

μοριακό βάρος M_i του κάθε συστατικού: $M_a = \sum y_i \cdot M_i$ (1)

Συστατικό	Μοριακό Βάρος M	Μοριακός Όγκος V	Πυκνότητα ρ	Σχετική Πυκνότητα d
	kg/kmol	m ³ /kmol	kg/m ³	(Αέρας = 1)
Μεθάνιο	16.043	22.360	0.7175	0.5549
Αιθάνιο	30.069	22.191	1.355	1.048
Προπάνιο	44.096	21.928	2.011	1.555
κ-Βουτάνιο	58.123	21.461	2.708	2.094
Ισοβουτάνιο	58.123	21.550	2.697	2.086
κ-Πεντάνιο	72.150 *	20.90 *	3.452 *	2.670 *
Ισοπεντάνιο	72.150 *	21.06 *	3.426 *	2.650 *
κ-Εξάνιο	86.177 *	20.10 *	4.29 *	3.315 *
κ-Επτάνιο	100.203 *	18.3 *	5.48 *	4.235 *
Αζώτο	28.0134	22.403	1.2504	0.9671
Διοξείδιο του Άνθρακα	44.0098	22.261	1.9770	1.5290
Υδρόθειο	34.076	22.192	1.5355	1.1875
Ήλιο	4.0026	22.426	0.17848	0.1380

* Υγρό σε κανονικές συνθήκες.

Πίνακας 1.3 Φυσικές ιδιότητες συστατικών φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες[3]

1.6 Σύνθεση Του Ελληνικού Φ.Α.

Η σύνθεση του “Ελληνικού” Φυσικού Αερίου στον τελικό καταναλωτή μεταβάλλεται μέσα σε περιορισμένα όρια μερικών ποσοστιαίων μονάδων, επειδή η προμήθειά του γίνεται από διαφορετικές χώρες – Αλγερία και Ρωσία με κατάληξη στα διυλιστήρια του Ασπροπύργου (ΕΛΔΑ) στην Αττική, όπου γίνεται η τελική μίξη και διοχέτευση στον εθνικό δίκτυο διανομής κυρίως στην περιοχή της Αττικής, ενώ στις τροφοδοτούμενες από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς περιοχές διοχετεύεται το αέριο Ρωσικής προελεύσεως (Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλος κ.τ.λ.). Ανάλογα με τις ανάγκες της κατανάλωσης και τη διαθεσιμότητα του Φ.Α. η σύνθεσή του κυμαίνεται μεταξύ του “Αλγερινού” και του “Ρωσικού” αερίου. Γι’ αυτό δεν είναι τελικά δυνατή μια απόλυτα σταθερή σύνθεση του Ελληνικού αερίου στον καταναλωτή. Αυτό συμβαίνει επίσης σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, επειδή το Ευρωπαϊκό Φ.Α. διακινείται σε διακρατικό, συνδεδεμένο δίκτυο, στο οποίο εισρέουν αέρια αντλούμενα σε διάφορες χώρες (Ρωσία, Γερμανία, Αγγλία, Νορβηγία, Ιταλία, Αλγερία, Ολλανδία και άλλες χώρες). Η μεταβολή της σύνθεσης είναι μικρή και πάντα με χαρακτηριστικό ότι η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από 90% σε όγκο.

1.7 Ιδιότητες Καύσης

1.7.1 Θερμογόνος Δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη (ή θερμότητα καύσης) του φυσικού αερίου ορίζεται ως η θερμότητα που εκλύεται κατά την πλήρη καύση της μονάδας μάζας αφυδατωμένου φυσικού αερίου με καθαρό οξυγόνο σε πίεση 0.101325 MPa. Η αρχική θερμοκρασία του φυσικού αερίου και του οξυγόνου είναι 25 °C. Τα προϊόντα της καύσης ψύχονται στην ίδια θερμοκρασία.

Κατά τον προσδιορισμό της *ανώτερης θερμογόνου δύναμης (GHV)*, όλο το παραγόμενο νερό κατά την καύση συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή. Για τον προσδιορισμό της *κατώτερης θερμογόνου δύναμης (NHV)*, όλο το νερό που

παράγεται κατά την καύση παραμένει στην αέρια φάση. Η διαφορά της ανώτερης από την κατώτερη θερμογόνο δύναμη είναι η λανθάνουσα θερμότητα (ενθαλπία) συμπύκνωσης του νερού. Η θερμογόνος δύναμη εκφράζεται συνήθως σε MJ/m³ ή btu/ft³. [3]

Θερμογόνος Δύναμη Αερίων Μιγμάτων. Η θερμογόνος δύναμη των φυσικών αερίων μπορεί να υπολογιστεί από τη μοριακή σύσταση και τις θερμογόνους δυνάμεις των συστατικών:

$$HV = \sum y_i \cdot HV_i \quad (2)$$

όπου y_i το μοριακό κλάσμα του συστατικού i , HV_i η ανώτερη θερμογόνος δύναμη του συστατικού i .

Συστατικό	Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (MJ/m ³)	Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη (MJ/m ³)
Μεθάνιο	39.819	35.883
Αιθάνιο	70.293	64.345
Προπάνιο	101.242	93.215
κ-Βουτάνιο	134.061	123.810
Ισοβουτάνιο	133.119	122.910
κ-Πεντάνιο	169.19 *	156.56 *
Ισοπεντάνιο	167.53 *	154.99 *
κ-Εξάνιο	208.70 *	193.38 *
κ-Επτάνιο	265.22 *	245.99 *
Υδροθείο	25.336	23.353

* Υγρό σε κανονικές συνθήκες.

Πίνακας 1.4 Θερμογόνουι δυνάμεις συστατικών φυσικού αερίου σε ΚΣ [3]

1.7.2 Δείκτης Wobbe

Όταν καίγονται σε σταθερή πίεση, οι διάφοροι τύποι φυσικού αερίου με διαφορετική σύσταση παράγουν το ίδιο ποσό θερμότητας ανά μονάδα χρόνου, εάν οι λόγοι της θερμογόνου δύναμής τους προς την τετραγωνική ρίζα των σχετικών πυκνοτήτων (Wobbe index) είναι ίσοι. Ο δείκτης Wobbe σχετίζεται με

$$W_{G,N} = \frac{HV_{G,N}}{\sqrt{d}} \quad (3)$$

την ανώτερη ή την κατώτερη θερμογόνο δύναμη

Από τη στιγμή που οι καυστήρες αερίου έχουν περιορισμένη ανοχή στις διακυμάνσεις στη θερμογόνο δύναμη του αερίου καυσίμου, οι διακυμάνσεις αυτές πρέπει να είναι περιορισμένες. Επομένως, οι προδιαγραφές του φυσικού αερίου καθορίζουν συνήθως όρια δείκτη Wobbe και όχι θερμογόνους δυνάμεις. Συνεπώς, συγκεκριμένοι τύποι φυσικού αερίου μπορεί να χρειαστούν ανάμιξη πριν οδηγηθούν στην κατανάλωση, ή μπορούν να λειτουργούν ξεχωριστά δίκτυα αγωγών με διαφορετικά φυσικά αέρια, που θα διαφοροποιούνται ως προς τα επίπεδα του δείκτη Wobbe.[3]

1.8 Χρήσεις του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται σήμερα σε πολλούς τομείς. Κάποιες από τις χρήσεις του παρουσιάζονται παρακάτω:

• οικιακή χρήση

Όχι μόνο είναι φθηνότερο για τον καταναλωτή, αλλά έχει και ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Οι πιο σημαντικοί τρόποι εκμετάλλευσής του στο σπίτι είναι η θέρμανση και το μαγείρεμα με φυσικό αέριο.

• τριτογενής εμπορικός τομέας

Η χρήση του είναι παρόμοια με την οικιακή, περιλαμβάνονται όμως υποδομές όπως γραφεία, σχολεία, εκκλησίες, ξενοδοχεία, εστιατόρια και κυβερνητικά κτίρια. Το φυσικό αέριο στον τομέα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση χώρου, θέρμανση νερού και ψύξη. Επίσης χρησιμοποιείται στη λειτουργία εξοπλισμού εστίασης. [7]

• Βιομηχανία

Το φυσικό αέριο έχει μια πληθώρα εφαρμογών και στη βιομηχανία, παρέχοντας την πρώτη ύλη για προϊόντα όπως το πλαστικό, τα λιπάσματα, τα αντιψυκτικά και την υφαντουργία. Ο βιομηχανικός τομέας αποτελεί και τον κύριο καταναλωτή φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο είναι η δεύτερη πιο χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας στη βιομηχανία, μετά την ηλεκτρική. [1]

- **Φυσικό αέριο και μεταφορές**

Το φυσικό αέριο εδώ και πολλά χρόνια θεωρείται ως ένα εναλλακτικό καύσιμο στον τομέα των μεταφορών. Τα περισσότερα οχήματα φυσικού αερίου κινούνται με χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG). Ο τρόπος αποθήκευσής του είναι παρόμοιος με αυτόν που ακολουθείται στα συμβατικής τεχνολογίας αυτοκίνητα για την αποθήκευση της βενζίνης. Το ντεπόζιτο ενός αυτοκινήτου φυσικού αερίου γεμίζει αντίστοιχα το ίδιο εύκολα και γρήγορα με ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Τα οχήματα φυσικού αερίου είναι περισσότερο κατάλληλα για εφοδιασμό μεγάλων στόλων οχημάτων που διανύουν καθημερινά μεγάλες αποστάσεις. Οχήματα όπως ταξί, λεωφορεία, οχήματα κατασκευών, απορριμματοφόρα, αυτοκίνητα διανομών, είναι τα πλέον κατάλληλα για κίνηση με φυσικό αέριο. [2]

- **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση του φυσικού αερίου- Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας**

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμεύσει στην παραγωγή ενέργειας με διαφορετικούς τρόπους. Η μέθοδος με τη μεγαλύτερη εφαρμογή είναι αυτή της μονάδας παραγωγής ατμού, όπου το φυσικό αέριο καίγεται και από την παραγόμενη θερμότητα ζεσταίνεται νερό, ατμοποιείται και μέσω ενός ατμοστρόβιλου, παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Το ίδιο το φυσικό αέριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έναν αεριοστρόβιλο, κατευθείαν, παράγοντας με παρόμοιο τρόπο ηλεκτρική ενέργεια. Οι αεριοστρόβιλοι συνήθως μπαίνουν σε λειτουργία σε περιόδους αυξημένης ζήτησης, επειδή είναι πολύ εύκολο να μπουν σε λειτουργία ή να σταματήσουν όταν χρειαστεί. Ορίζεται ως Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας, η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή. Με την εφαρμογή της συμπαγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας μπορούν επιτευχθούν πολύ υψηλότεροι βαθμοί απόδοσης, που μπορεί να φτάσουν μέχρι και 90 %. Η αύξηση στον βαθμό απόδοσης οφείλεται κυρίως στην ανάκτηση μέρους της θερμότητας και στην χρήση της σε θερμικές διεργασίες. [1],[4]

1.9 Άλλες μορφές του φυσικού αερίου

1.9.1 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gas, LNG)

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο, είναι φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί σε υγρή μορφή για να διευκολυνθεί η αποθήκευση και η μεταφορά του. Η διαδικασία υγροποίησης περιλαμβάνει τον αρχικό καθαρισμό του από ξένες προσμίξεις (π.χ. νερό, χώμα, ήλιο, βαρύτεροι υδρογονάνθρακες) και στη συνέχεια συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή σε πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική (η μέγιστη πίεση μεταφοράς είναι περίπου 25kPa (3.6 psi)) με ψύξη του στους -163 °C.

Η μεταφορά του γίνεται είτε μέσω ειδικά διαμορφωμένων πλοίων με την αντίστοιχη ψυκτική ικανότητα είτε μέσω αντίστοιχων βυτιοφόρων. Η αποθήκευσή του γίνεται σε ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές. Ο όγκος του είναι ίσος με το 1/614 του όγκου του φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, κάνοντας αποδοτική τη μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις, όπου δεν υπάρχουν αγωγοί.[10]

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο προσφέρει μια πυκνότητα ενέργειας συγκρίσιμη με εκείνη του πετρελαίου και της βενζίνης, ενώ ταυτόχρονα, δημιουργεί λιγότερη μόλυνση, όμως το σχετικά υψηλό κόστος της παραγωγικής διαδικασίας και η ανάγκη αποθήκευσής του σε μια ακριβή κρυογεννητική δεξαμενή, έχει περιορίσει την διάδοσή του για εμπορική χρήση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οχήματα φυσικού αερίου ως καύσιμο, αν και τα περισσότερα από αυτά είναι σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν συμπιεσμένο φυσικό αέριο.

Η πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι περίπου 0.41 – 0.5 kg/L, ανάλογα με τη θερμοκρασία, την πίεση και τη σύσταση. Η θερμογόνος δύναμη που έχει δεν είναι συγκεκριμένη, εφόσον εξαρτάται από τη σύσταση του φυσικού αερίου, από την προέλευσή του και από την επεξεργασία του. Η ανώτερη

θερμογόνος δύναμή του είναι, κατ' εκτίμηση, 24MJ/L στους -164 °C ενώ για το ίδιο υγροποιημένο φυσικό αέριο, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη είναι 21MJ/L.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν περιέχει κανένα στοιχείο το οποίο να παγώνει στην θερμοκρασία υγροποίησης. Η τελική, καθαρή του μορφή μπορεί να περιέχει πάνω από 90% μεθάνιο (μερικές φορές και σχεδόν 100%), ενώ περιέχει επιπλέον αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο ή και βαρύτερα αλκάνια. [10]

1.9.2 Συμπιεσμένο φυσικό αέριο (Compressed Natural Gas, CNG)

Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι φυσικό αέριο το οποίο έχει συμπιεστεί και αποθηκευτεί σε συγκολλητές φιάλες, σε πιέσεις μέχρι και 3600 psi (25 MPa). Τυπικά η σύνθεσή του είναι η ίδια με εκείνη του φυσικού αερίου που μεταφέρεται με αγωγούς, με μια ποσότητα νερού να έχει αφαιρεθεί. Τόσο το υγροποιημένο φυσικό αέριο όσο και το συμπιεσμένο φυσικό αέριο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε κατάλληλα διαμορφωμένες μηχανές εσωτερικής καύσης. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί συμπιεσμένο φυσικό αέριο και η διαδικασία απαιτεί πολύ λιγότερο αρχικό εξοπλισμό και περίπου το 15% του αντίστοιχου με την κανονική διαδικασία παραγωγής, του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. [10]

Το CNG είναι το πιο ελκυστικό εναλλακτικό καύσιμο. Οι φυσικές και οι χημικές του ιδιότητες το κατατάσσουν σίγουρα πιο ασφαλές για καύσιμο οχημάτων απ' ότι η βενζίνη ή το LPG. Παρόλο που το CNG έχει σχετικώς υψηλό όριο αναφλεξιμότητας, ο βαθμός αναφλεξιμότητάς του είναι σχετικώς πιο περιορισμένος με τον αντίστοιχο των άλλων καυσίμων. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) αποτελεί ένα υποκατάστατο της βενζίνης και του ντίζελ.

Σε συνθήκες περιβάλλοντος αέρα, μία ποσότητα CNG το λιγότερο 5% απαιτείται να υποστηρίξει μία συνεχής φλόγα διάδοσης σε σύγκριση με το 2% για LPG και 1% βενζίνη σε αέρια μορφή. Συνεπώς, η θεωρούμενη διαρροή καυσίμου

πρέπει να αποδίδει ένα μείγμα αναφλεξιμότητας. Επιπλέον, οι πυρκαγιές που προκύπτουν από αναφλέξιμα μείγματα του μεθανίου είναι σχετικά εύκολα να κατασβηστούν.

Εξαιτίας των φυσικών ιδιοτήτων του φυσικού αερίου και της δομικής ακεραιότητας των συστημάτων καυσίμου φυσικού αερίου, τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο είναι πιο ασφαλή από τα οχήματα που κινούνται με καύσιμο βενζίνη, diesel ή άλλο εναλλακτικό καύσιμο.

Επειδή το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, όταν πραγματοποιηθεί διαρροή, τότε αυτό διαχέεται ακίνδυνα στην ατμόσφαιρα. Σε σήραγγες λοιπόν μικρές ποσότητες αερίου μπορούν να συγκεντρωθούν στις οροφές της όλης εγκατάστασης. Ακόμη αφού το φυσικό αέριο μπορεί να αναφλεχθεί, μόνο σε ένα ποσοστό του 5% -15% τού όγκου του φυσικού αερίου στον αέρα, οι διαρροές αυτές δεν είναι εύκολο να αναφλεγούν λόγω της έλλειψης επαρκούς οξυγόνου στην ατμόσφαιρα.

Προσθέτοντας στα παραπάνω το σύστημα καύσης CNG είναι ένα από τα ασφαλέστερα που υπάρχουν σήμερα. Οι πολύ δυνατές αποθηκευτικές απαιτήσεις και τα γενικότερα πιο ανθεκτικά χαρακτηριστικά των κυλίνδρων που χρησιμοποιούνται για αποθήκευση του CNG συνιστούν μεγαλύτερη ασφάλεια στα αντίστοιχα αυτοκίνητα. Επιπλέον θεωρείται μία περιβαλλοντικά «καθαρή» εναλλακτική λύση, αφού έχει πραγματοποιηθεί από τη συμπίεση του φυσικού αερίου. Σε απάντηση στις υψηλές τιμές των καυσίμων και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, το πεπιεσμένο φυσικό αέριο έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται σε ελαφρά εμπορικά οχήματα καθώς επίσης και στα επιβατικά οχήματα.

2. Η Καύση και οι εκπομπές αερίων του φυσικού αερίου

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η καύση του αερίου και όλα τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από αυτήν (οι θερμοκρασίες αναφλεξιμότητας, η περίσσεια αέρα και η αποδοτικότητα της καύσης). Επίσης, γίνεται αναφορά στις εκπομπές του φυσικού αερίου (σωματίδια που εκπέμπονται) και γίνεται σύγκριση με τα άλλα καύσιμα (πετρέλαιο, υγραέριο, κλπ).

2.1 Καύση

2.1.1 Ορισμοί

Η καύση είναι χημική αντίδραση οξειδωσης μεταξύ μιας καύσιμης ύλης και ενός οξειδωτικού μέσου, η οποία οδηγεί στην παραγωγή θερμότητας. Η καύσιμη ύλη μπορεί να βρίσκεται σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση (συνήθως άνθρακας, έλαια, βενζίνη, φυσικά και τεχνητά αέρια). Το οξειδωτικό μέσο είναι συνήθως ο αέρας ή ακριβέστερα το οξυγόνο (O₂) που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα μαζί με το άζωτο (N₂) (ατμοσφαιρικός αέρας: 21% οξυγόνο, 79% άζωτο).

Η αντίδραση είναι δυνατή εφόσον το καύσιμο και το οξυγόνο αναμιχθούν στις κατάλληλες αναλογίες, κάτω ή πάνω από τις οποίες δεν είναι δυνατό να λάβει χώρα η καύση.[8]

ΟΡΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ			
Αέριο	Τύπος	Κατώτερο όριο ανάφλεξης %	Ανώτερο όριο ανάφλεξης %
Υδρογόνο	H ₂	4	75
Μονοξ. άνθρακα	CO	12,5	74,2
Μεθάνιο	CH ₄	5	15
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	2,9	13
Προπάνιο	C ₃ H ₈	2,1	9,5

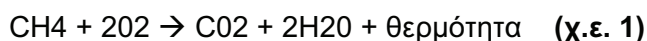
Πίνακας 2.1 Όρια ανάφλεξης ορισμένων αερίων αναμεμιγμένων με αέρα.[7]

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ		
ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ		
Αέριο	Τύπος	°c
Υδρογόνο	H ₂	400
Μονοξ. άνθρακα	CO	605
Μεθάνιο	CH ₄	537
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	515
Προπάνιο	C ₃ H ₈	493

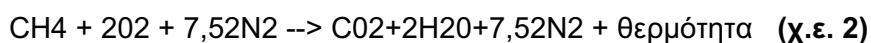
Πίνακας 2.2 θερμοκρασίες αυτανάφλεξης ορισμένων αερίων αναμεμιγμένων με αέρα.[7]

2.1.2 Η καύση του μεθανίου

Η αντίδραση καύσης του καθαρού μεθανίου είναι η εξής:



Εκτός από οξυγόνο, ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει άζωτο και άλλα αδρανή αέρια, τα οποία, λόγω της αδράνειάς τους, δεν συμμετέχουν ενεργώς στην χημική αντίδραση, η οποία (με την εισαγωγή των αδρανών αερίων και του αζώτου) έχει ως εξής:



Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άζωτο κυμαίνεται κατά κανόνα μεταξύ 70-75%, και συνεπώς το άζωτο ευθύνεται για την απώλεια σημαντικού ποσοστού της αισθητής θερμότητας, η οποία διαχέεται από την καπνοδόχο.[8]

Η θεωρητική ή στοιχειομετρική ποσότητα του αέρα που απαιτείται για την τέλεια καύση της μονάδας του όγκου (m³) ή του βάρους ενός καυσίμου καλείται «θεωρητικός αέρας» ή «στοιχειομετρικός αέρας» και εκφράζεται για τα αέρια καύσιμα σε m³ αέρα ανά m³ αερίου. Για τα υγρά και τα στερεά καύσιμα χρησιμοποιούνται ομοίως είτε m³ είτε kg αέρα ανά kg καυσίμου.

ΑΕΡΑΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ [7]

Ένωση	Τύπος	O ₂ m ³	N ₂ m ³	θεωρητικός αέρας
Μεθάνιο	CH ₄	2	7,52	9,52
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	3,5	13,17	16,67
Προπάνιο	C ₃ H ₆	5	18,81	23,81
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	6,5	24,45	30,95
Πεντάνιο	C ₅ H ₁₂	8	30,10	38,10
Εξάνια (μέσος όρος)	C ₆ H ₁₄	9,5	35,74	45,24
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂			
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	0,5	1,88	2,38
Υδρογόνο	H ₂	0,5	1,88	2,38

Πίνακας 2.3 ΑΕΡΑΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Καλούνται «θεωρητικά καυσαέρια» τα προϊόντα που προκύπτουν από τη στοιχειομετρική καύση της μονάδας του όγκου (m³) ή του βάρους (kg) ενός καυσίμου. Στα αέρια καύσιμα τα θεωρητικά καυσαέρια εκφράζονται σε m³ καυσαερίου ανά m³ αερίου, στα στερεά και τα υγρά καύσιμα σε m³ ή kg καυσαερίου ανά kg καυσίμων. Τα θεωρητικά ξηρά καυσαέρια αποτελούνται από διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο, ενώ τα υγρά προϊόντα της καύσης περιέχουν νερό υπό μορφή υδρατμών. Στα καυσαέρια που παράγονται από την καύση υπάρχουν επίσης και τα τυχόν αδρανή που περιέχονται στο καύσιμο.

Μέχρι στιγμής έγινε αναφορά στη στοιχειομετρική καύση θεωρώντας ότι η αντίδραση λαμβάνει χώρα υπό ιδανικές συνθήκες. Στην πραγματικότητα για την τέλεια καύση του καυσίμου απαιτείται μια περίσσεια αέρα για την αντιστάθμιση της μη-πλήρους ανάμιξης του καυσίμου με τον αέρα.

Ως «περίσσεια αέρα» νοείται η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της πραγματικής ποσότητας αέρα και της θεωρητικής ποσότητας του αέρα που απαιτείται για την καύση. Ο ίδιος ορισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την «έλλειψη αέρα», η οποία συνίσταται στην ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της θεωρητικής ποσότητας αέρα και της πραγματικής ποσότητας του αέρα που χρησιμοποιείται για την καύση.

Η ποσοστιαία περίσσεια ή έλλειψη αέρα (ε) μπορεί να υπολογισθεί εφόσον είναι γνωστός ο πραγματικός αέρας και ο θεωρητικός αέρας του καυσίμου:

$$\varepsilon = [(πραγματικός\ αέρας) - (θεωρητικός\ αέρας)] * 100 / (θεωρητικός\ αέρας) \quad (4)$$

2.1.3 Έλεγχος της καύσης

Ως έλεγχος της καύσης νοείται κατά κανόνα η ανάλυση των προϊόντων της καύσης με σκοπό να διαπιστωθεί αν το φαινόμενο λαμβάνει χώρα με τον ορθό τρόπο. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η ατελής καύση και η μεγάλη περίσσεια αέρα οδηγούν σε σπατάλη ενέργειας και, συνεπώς, σε μείωση της απόδοσης. Ο υπολογισμός της περισσειας ή της έλλειψης του αέρα που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της καύσης μπορεί να γίνει εύκολα με τα τριγωνικά διαγράμματα που μελετήθηκαν από τον Ostwald, τα ονομαζόμενα και τρίγωνα καύσης.

2.1.4 Υπολογισμός της απόδοσης της καύσης

Ως απόδοση ενός λέβητα ορίζεται ο λόγος της διαθέσιμης ωφέλιμης ενέργειας (θερμότητα που μεταδόθηκε στο νερό ή στον ατμό) και της ενέργειας που παρέχεται από το καύσιμο. Ο λόγος είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας και συνήθως εκφράζεται σε εκατοστιαίο ποσοστό (%). Δύο είναι τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν την απόδοση ενός λέβητα: οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του λέβητα και οι απώλειες της αισθητής θερμότητας από την καπνοδόχο. Φυσικά, αυτό ισχύει με την προϋπόθεση ότι τα καυσαέρια δεν περιέχουν άκαυστες ύλες.

Στους λέβητες που συνήθως κυκλοφορούν στο εμπόριο οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του λέβητα είναι πολύ περιορισμένες (από 1 έως 4%), αφού οι κατασκευάστριες εταιρίες μεριμνούν ιδιαίτερα για τη μόνωσή τους. Οι απώλειες αισθητής θερμότητας από την καπνοδόχο μπορούν να είναι λιγότερο ή περισσότερο σημαντικές και, όπως προαναφέρθηκε, εξαρτώνται από τη θερμοκρασία των καυσαερίων και την περίσσεια αέρα.

Για τον υπολογισμό των απωλειών της αισθητής θερμότητας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η παρακάτω εξίσωση:

$$Q_s = K \frac{t_f - t_a}{CO_2} \% \quad (5)$$

όπου:

Q_s = απώλεια (%) της αισθητής θερμότητας

t_f = θερμοκρασία καυσαερίων

t_a = θερμοκρασία του αέρα της καύσης

CO_2 = ποσοστό (%) διοξειδίου του άνθρακα στα καυσαέρια βάσει της ανάλυσης καυσαερίων

K = δείκτης ίσος προς $0,379 + 0,0097 \chi CO_2$ (%) (για το φυσικό αέριο).

Απλουστευτικά, η απόδοση του λέβητα μπορεί να υπολογισθεί εφόσον είναι γνωστές οι απώλειες της αισθητής θερμότητας (Q_s). θεωρώντας ότι τα προϊόντα της καύσης δεν περιέχουν άκαυστες ύλες και ότι η απώλεια θερμότητας από το κέλυφος του λέβητα είναι αμελητέα, ισχύει η παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Απόδοση \%} = 100 - Q_s \% \quad (6)$$

Η απόδοση που υπολογίζεται από την παραπάνω σχέση καλείται με περισσότερη ακρίβεια «απόδοση καύσης»

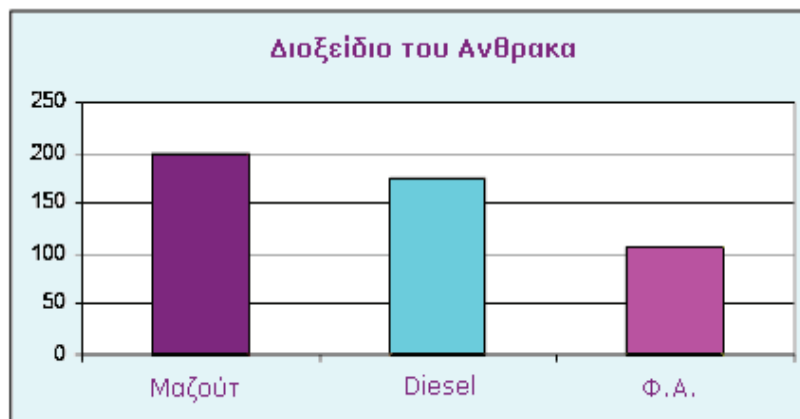
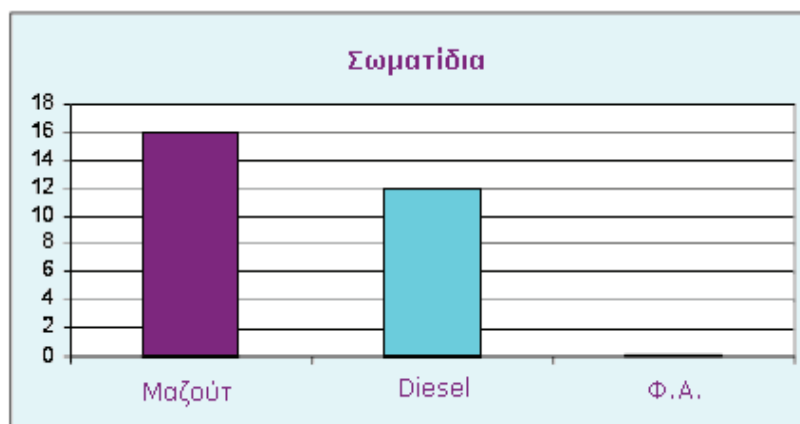
2.2 Εκπομπές

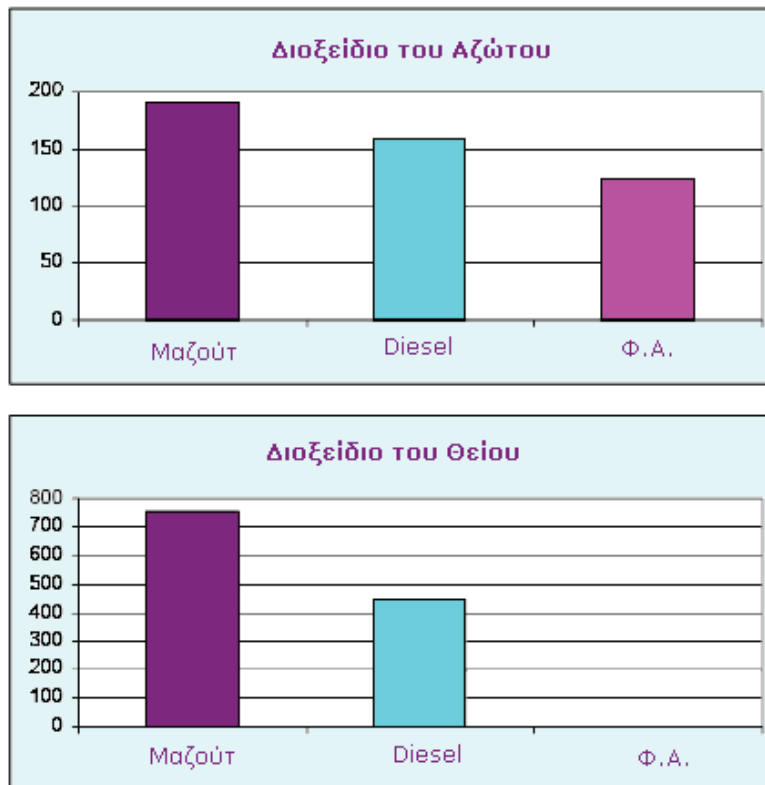
2.2.1 Γενικά

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με το πετρέλαιο ή το κάρβουνο, αφού έχει λιγότερες εκπομπές θείου, άνθρακα και αζώτου, και δεν έχει σχεδόν καθόλου

υπολειπόμενα σωματίδια μετά την καύση του. Επίσης η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Το γεγονός ότι είναι καθαρό καύσιμο είναι ο λόγος που η χρήση του φυσικού αερίου, ειδικά για παραγωγή ηλεκτρισμού, έχει αυξηθεί τόσο πολύ και αναμένεται να αυξηθεί και άλλο στο μέλλον.





Διάγραμμα 2.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι φυσικού αερίου, σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση [3]

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται καθαρά η μεγάλη διαφορά του φυσικού αερίου σε σχέση με τα άλλα καύσιμα αφού οι εκπομπές κατά την καύση του είναι συντριπτικά μικρότερες. Πιο συγκεκριμένα εξαλείφονται τα εκπεμπόμενα διοξείδια του θείου, μειώνονται σημαντικά τα αιωρούμενα σωματίδια και έχουμε μείωση του διοξειδίου του αζώτου και άνθρακα.

Το φυσικό αέριο εκπέμπει σε σχέση με το μαζούτ :

- 4.700 φορές λιγότερο διοξείδιο του θείου (SO₂)
- 2 φορές λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- 24 φορές λιγότερα σωματίδια.
- 3 φορές λιγότερους άκαυτους υδρογονάνθρακες.
- 1,7 φορές λιγότερα οξειδία του αζώτου (NO_X). [7]

2.2.2 Εκπομπές Αέριων Ρυπαντών

Οι οικολογικές βλάβες που προκαλεί η καύση του φυσικού αερίου προέρχονται από τις εστίες κεντρικής θέρμανσης, τους θερμοσίφωνες αερίου, τις βιομηχανικές εστίες καύσης, τις εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων ηλεκτροπαραγωγής και άλλες περιορισμένων εφαρμογών εγκαταστάσεις και συσκευές. Πρέπει να τονιστεί ότι το φυσικό αέριο, όπως σχεδόν όλα τα αέρια καύσιμα, είναι λιγότερο επιβλαβές περιβαλλοντικά σε σχέση με το πετρέλαιο ή τον άνθρακα. Αυτό όμως ισχύει αναφορικά με την παραγωγή οξειδίου του θείου και τα στερεά σωματίδια αιθάλης. Δεν ισχύει όμως πάντοτε για τα παραγόμενα κατά την καύση οξείδια του αζώτου.

Κατά την διάρκεια της απελευθέρωσης της θερμότητας σχηματίζονται σε μεγάλες ποσότητες αβλαβή αέρια καύσης, όπως είναι οι υδρατμοί H_2O και το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , του οποίου οι αρνητικές επιπτώσεις έχουν μακροσκοπικό χαρακτήρα, επειδή επηρεάζουν όχι άμεσα το περιβάλλον κοντά στην περιοχή, όπου αυτό παράγεται, αλλά γενικότερα συντείνουν στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου (βαθμιαία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας). Παράλληλα όμως σχηματίζονται και τα επιβλαβή αέρια καύσης, που είναι δηλητηριώδη ακόμα και σε μικρές ποσότητες. [3]

3. Εφαρμογές CNG – Βιβλιογραφική επισκόπηση

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική αναφορά στις εφαρμογές του CNG που υπάρχουν στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Η αεριοκίνηση των οχημάτων με CNG είναι πολύ διαδεδομένη πια παγκοσμίως και από οικονομικής πλευράς αλλά και περιβαλλοντικά. Επίσης, η μεταφορά CNG σε περιοχές εκτός δικτύου διανομής φυσικού αερίου με κινητές δεξαμενές (virtual pipelines) αρχίζει σταδιακά να εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία λόγω και του υψηλού κόστους των αγωγών μεταφοράς. Τέλος, ο οικιακός ανεφοδιασμός CNG σε ΙΧ βοηθάει την αεριοκίνηση να εξελιχθεί ακόμα περισσότερο αφού οι οδηγοί μπορούν να εφοδιάζουν με καύσιμο τα αυτοκίνητά τους κατ'οίκον.

3.1 Αεριοκίνηση οχημάτων

3.1.1 Εισαγωγή

Η διείσδυση του Φ.Α. στην Ελλάδα 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. Σε αυτό το πλαίσιο, οι κύριες χρήσεις του Φ.Α. αναφέρονται στη θέρμανση χώρων, στο μαγείρεμα και στην παραγωγή ζεστού νερού και ατμού (εμπορικοί και οικιακοί καταναλωτές), όπως επίσης και στην παραγωγή θερμότητας για βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες. Η ανάπτυξη περαιτέρω χρήσεων του Φ.Α. θα έδινε τη δυνατότητα να απορροφηθούν επιπλέον ποσότητες αερίου, συμβάλλοντας άμεσα στην απορρόπηση 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).

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

μεγαλουπόλεις. 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. [34]



Εικόνα 3.1 Αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν CNG

3.1.2 Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα

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 NOx μέχρι και 85%
- Μείωση των εκπομπών CO περισσότερο από 90%
- Μείωση των εκπομπών CO₂ μέχρι και 20%
- Μείωση του σχηματισμού όζοντος (νέφους) κατά 80-90%
- Μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων (PM) μέχρι και 99%

* ENGVA, European Natural Gas Vehicle Association

Τα οχήματα Φ.Α. θεωρούνται σήμερα ως τα καθαρότερα, μετά τα αυτοκίνητα «μηδενικών» εκπομπών (ηλεκτρικά, υδρογόνου), που όμως έχουν ακόμα σοβαρούς τεχνολογικούς περιορισμούς.[35]

3.1.3 Οι Διεθνείς και Ευρωπαϊκές εξελίξεις, τάσεις και προοπτικές

Ήδη κυκλοφορούν παγκοσμίως περί τα 4,6 εκατ. οχήματα Φ.Α. ενώ λειτουργούν και 8.965 σταθμοί τροφοδοσίας για τα οχήματα αυτά. 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 κυκλοφορούν περίπου 550.000 οχήματα Φ.Α. από τα οποία 380.000 περίπου στην Ιταλία

Η Ε.Ε. έχει θέσει ως στόχο το 10% των οχημάτων που θα κυκλοφορούν το 2020 να είναι οχήματα Φ.Α. Η Ε.Ε. έχει εντάξει την εισαγωγή της αεριοκίνησης τόσο στην περιβαλλοντική, όσο και στην ενεργειακή πολιτική της. Σε όλα τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. υλοποιούνται σήμερα εθνικές πολιτικές και προγράμματα ενθάρρυνσης της αυτοκίνησης με Φ.Α. Οι πολιτικές αυτές περιλαμβάνουν :

- οικονομικά και διοικητικά κίνητρα για χρήστες οχημάτων Φ.Α.
- προγράμματα κατασκευής δικτύων σταθμών ανεφοδιασμού CNG, σε συνεργασία με τις εταιρείες αερίου

3.1.4 Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα κυκλοφορούν, ήδη από το 2001, 295 λεωφορεία Φ.Α. της ΕΘΕΛ. Τα λεωφορεία αυτά ανεφοδιάζονται από το σταθμό CNG της ΔΕΠΑ κοντά στο αμαξοστάσιο των Άνω Λιοσίων. Η ΕΘΕΛ έχει προμηθευτεί επιπλέον 121 λεωφορεία Φ.Α., τα οποία παρελήφθησαν το 2005, ανεβάζοντας τη συμμετοχή των λεωφορείων CNG στο 20% περίπου του στόλου της εταιρείας.



Εικόνα 3.2 Σταθμός συμπιέσης και ανεφοδιασμού της ΔΕΠΑ

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 :

- τη μαζική (και, σε μερικές περιπτώσεις, ανεξέλεγκτη) εισαγωγή συστημάτων μετατροπής οχημάτων για χρήση φυσικού αερίου (π.χ. Ιταλία, Λατινική Αμερική, Αίγυπτος)
- την παρέμβαση σε νομοθετικό και μόνο επίπεδο, αφήνοντας την αγορά να προσαρμοστεί η ίδια στο νέο καύσιμο (π.χ. Η.Π.Α.)
- 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)

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

- Η δημιουργία επαρκούς δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού CNG (τόσο ανεξάρτητων σταθμών, όσο και ενσωματωμένων σε υφιστάμενα πρατήρια υγρών καυσίμων)

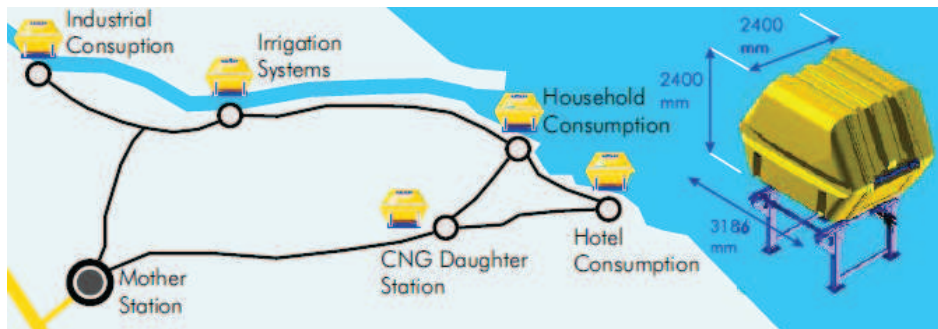
- Η παροχή από την Πολιτεία κατάλληλων οικονομικών κινήτρων στους ιδιοκτήτες οχημάτων Φ.Α., για περιβαλλοντικούς κυρίως λόγους
- Η υιοθέτηση κατάλληλων διεθνών τεχνικών προτύπων (standards), για την εμπέδωση της εμπιστοσύνης στην τεχνική αρτιότητα και την ασφάλεια των υποδομών και των οχημάτων Φ.Α.
- Η εισαγωγή κατάλληλων μοντέλων οχημάτων Φ.Α. και οχημάτων διπλού καυσίμου, καθώς και η δημιουργία επαρκούς υποδομής τεχνικής υποστήριξής τους.[35]

3.2 Χρήση CNG σε περιοχές εκτός δικτύου σύνδεσης φυσικού αερίου (virtual pipelines)

3.2.1 Εισαγωγή

Άλλη μία εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται το CNG αρκετά στο εξωτερικό είναι η δημιουργία μικρών αυτόνομων δικτύων φυσικού αερίου σε πόλεις και περιοχές που θα αργήσουν να συνδεθούν με το κεντρικό δίκτυο. Η πρωτοτυπία στο σχεδιασμό, έγκειται στο ότι τα δίκτυα αυτά τροφοδοτούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο – CNG (Compressed Natural Gas), που θα μεταφέρεται στην είσοδο του αυτόνομου δικτύου οδικώς (virtual pipelines), με φιάλες υψηλής πίεσης.

Η νέα τάση στον κλάδο είναι η χρήση ενός συστήματος μεσαίου μεγέθους κυλίνδρων, που ονομάζεται επίσης «εικονικός αγωγός», το οποίο παραδίδει συμπιεσμένο φυσικό αέριο (ή υγροποιημένο) απευθείας σε εγκαταστάσεις των πελατών. Τα συστήματα αυτά είναι ανεξάρτητα από σωληνώσεις και ως εκ τούτου προσφέρει βελτιωμένη πρόσβαση στα οφέλη του φυσικού αερίου, φθάνοντας σε μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων, εφαρμογών και τελικών χρηστών.



Εικόνα 3.3 Μεταφορά κινητών δεξαμενών από το σταθμό στους τελικούς καταναλωτές

3.2.2 Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα

Το μεγαλύτερο κόστος για τη διείσδυση του φυσικού αερίου, είναι τα έργα διασύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο, δηλαδή αγωγοί, σταθμοί μείωσης της πίεσης, μετρητικοί σταθμοί κλπ. Έτσι, επιλέγονται για σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου, μόνο τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα, καθώς προσφέρουν καταναλώσεις που μπορούν να αποσβέσουν ένα μέρος από τις επενδύσεις σύνδεσης. Με την τεχνολογία του CNG, η οποία επιτρέπει την αποθήκευση του φυσικού αερίου σε πίεση 200 ατμοσφαιρών, είναι δυνατόν να τροφοδοτηθούν και μικρότερες οικιστικές συγκεντρώσεις, καθώς οι επενδύσεις για την αποθήκευση CNG είναι σχετικά μικρές, ενώ τα δίκτυα στο εσωτερικό των κωμοπόλεων, θα αναπτύσσονται ανάλογα με τη ζήτηση.



Εικόνα 3.4 Κύλινδροι αποθήκευσης CNG στο σταθμό της ΔΕΠΑ

Εκτός από τις περιπτώσεις μικρών πόλεων, η χρήση του CNG συστήνεται και για βιομηχανικές επιχειρήσεις που λόγω απόστασης δεν μπορούν να συνδεθούν με το δίκτυο.

Η χρήση του συμπιεσμένου φυσικού αερίου προσφέρει μεγάλη ευελιξία, καθώς με μικρό κόστος, μπορεί να ικανοποιεί ανάγκες για μικρές ποσότητες, οι οποίες δεν επιτρέπουν την κατασκευή δικτύου. Η δημιουργία σημείων κατανάλωσης φυσικού αερίου με CNG, δημιουργεί προϋποθέσεις για την σε δεύτερη φάση, κατασκευή των δικτύων, όταν δηλαδή αυτή θα επιτρέψει την απόσβεση των επενδύσεων για τη διασύνδεση.

3.2.3 Διεθνείς εξελίξεις, τάσεις και προοπτικές

Στο εξωτερικό χρησιμοποιείται συχνά αυτή η εφαρμογή σε περιοχές που το δίκτυο του φυσικού αερίου δεν μπορεί να επεκταθεί (δυσπρόσιτες περιοχές) αλλά και σε περιοχές που η επένδυση για επέκταση του δικτύου δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα. Η διαδικασία είναι η συμπίεση του αερίου στους σταθμούς, η αποθήκευσή του σε φιάλες-κύλινδροι αποθήκευσης και η μεταφορά του οδικώς στους καταναλωτές. Η πίεση του αερίου είναι πολύ υψηλή (200 bar) οπότε πριν εισέλθει το αέριο στις συσκευές πρέπει πρώτα να περάσει από σύστημα αποσυμπίεσης ώστε η πίεσή του να επανέλθει ξανά στα φυσιολογικά επίπεδα.[34]

Στην Αργεντινή το φυσικό αέριο δεν φτάνει σε πολλές αγροτικές περιοχές αφού η χαμηλή ζήτηση δεν μπορεί να αντισταθμίσει το ακριβό κόστος κατασκευής αγωγών. Αυτό αφήνει πολλές απομονωμένες κοινότητες να βασίζονται σε πιο δαπανηρές λύσεις όπως δεξαμενές προπανίου, βουτανίου καθώς και πετρέλαιο, κάρβουνο για να ανταποκριθεί στις ανάγκες για θέρμανση και μαγείρεμα. Έτσι, αναπτύχθηκε από την αργεντίνικη εταιρία Grupo Galileo, το σύστημα που χρησιμοποιεί συμπιεσμένο φυσικό αέριο ή CNG, το οποίο παραδίδεται με φορητές δεξαμενές σε μικρές κοινότητες όπου αποσυμπιέζεται και τροφοδοτείται

στα μίνι δίκτυα φυσικού αερίου. Η Grupo Galileo εγκατέστησε τον πρώτο εικονικό αγωγό του (virtual pipeline) το Σεπτέμβριο του 2003 στην Κόρδοβα της Αργεντινής (κεντρική επαρχία) για να εξυπηρετήσει οκτώ κοινότητες που κυμαίνονται στο μέγεθος από 1.000 έως 6.000 κάτοικοι. Τώρα, μετά την επιτυχή παροχή φυσικού αερίου σε περίπου 20.000 ανθρώπους στη νότια Κόρδοβα, η εταιρεία σχεδιάζει να επεκταθεί, σύμφωνα με την πρόεδρο Fausto Maranca.



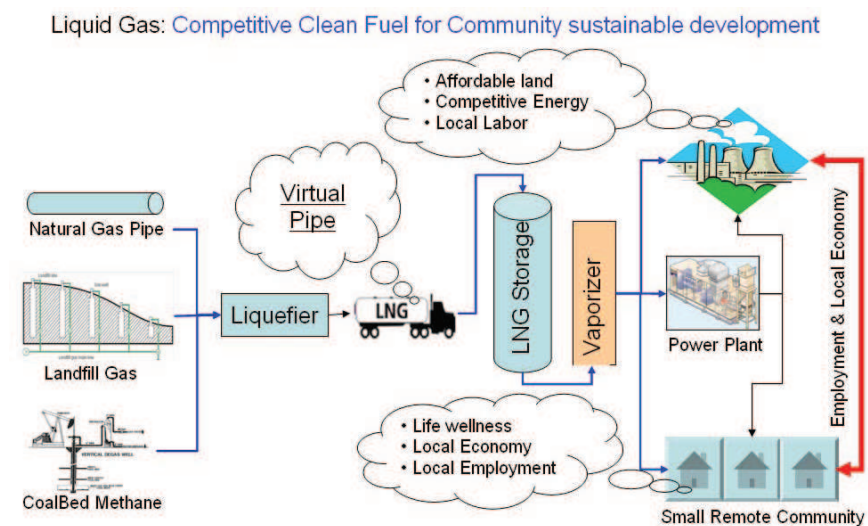
Εικόνα 3.5 Όχημα μεταφοράς των κινητών δεξαμενών

Καθώς το ενδιαφέρον του φυσικού αερίου έχει αυξηθεί εν μέσω υψηλών τιμών πετρελαίου παγκοσμίως, η Grupo Galileo έχει πουλήσει συστήματα πεπιεσμένου φυσικού αερίου και των προϊόντων της σε εταιρείες στις Φιλιππίνες και τη Βραζιλία, όπως αναφέρει ο Maranca. Η ιδιωτική εταιρεία έχει επίσης προσφέρει τεχνογνωσία και συμβουλές παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένης της Ινδίας, όπου το νέφος έπνιξε πόλεις όπως το Νέο Δελχί. Το εικονικό σύστημα αγωγών της Grupo Galileo χρησιμοποιεί σταθμούς συμπίεσης φυσικού αερίου που αξιοποιούν τους υπάρχοντες αγωγούς φυσικού αερίου. Το συμπιεσμένο αέριο στη συνέχεια μεταφέρεται με δοχεία - δεξαμενές. [36]



Εικόνα 3.6 Γέμισμα κινητών δεξαμενών

Επίσης, στο Μοντερέι εκτός από μεταφορά CNG μεταφέρουν και LNG (υγροποιημένο αέριο) σε απομονωμένες βιομηχανίες, σε βιομηχανικά πάρκα και ιδιωτικούς αγωγούς μεταφοράς αερίου.[37]

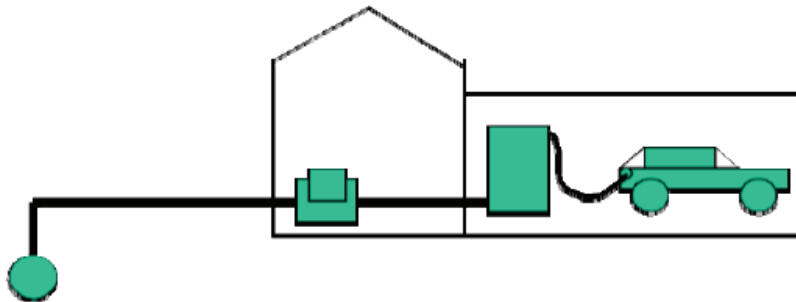


Εικόνα 3.7 Πορεία LNG από την δημιουργία του μέχρι την παράδοση στους καταναλωτές

Στην Karratha της δυτικής Αυστραλίας εγκαταστάθηκε μονάδα υδροποίησης φυσικού αερίου το οποίο μεταφέρεται οδικώς στη βορειοδυτική Αυστραλία σε αποστάσεις 2.000 km. Αυτός ο «Εικονικός αγωγός» εξυπηρετούσε τις ανάγκες των εν λόγω απομακρυσμένων κοινοτήτων, ενώ ένα έργο επέκτασης αγωγού εκτελέστηκε παράλληλα. [38]

3.3 Οικιακός ανεφοδιασμός CNG στα ΙΧ

Τέλος, άλλη μία εφαρμογή που χρησιμοποιείται αποκλειστικά στο εξωτερικό είναι ο οικιακός ανεφοδιασμός CNG στα αυτοκίνητα. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται μία παροχή φυσικού αερίου στην οικία, ένας μικρός οικιακός συμπιεστής φυσικού αερίου και ένα ακροφύσιο για την διανομή του CNG στο όχημα. Η μέθοδος διανομής του είναι η αργή πλήρωση και η διαδικασία αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 3.4 Σχηματική αναπαράσταση του οικιακού ανεφοδιασμού CNG



Εικόνα 3.5 Οικιακός ανεφοδιασμός CNG

4. Μέθοδοι συμπίεσης φυσικού αερίου, αποθήκευση και διανομή – Σταθμός συμπίεσης

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι συμπίεσης του αερίου, οι τρόποι αποθήκευσής του (buffer και cascade) και διανομής του. Επίσης, παρουσιάζονται αποτελέσματα από παλαιότερες μελέτες και έρευνες που έχουν γίνει πάνω στην συμπίεση του φυσικού αερίου. Παρουσιάζεται ένας τυπικός σταθμός συμπίεσης και οι εργασίες που χρειάζονται για την εγκατάστασή του (τόπος εγκατάστασης, άδειες λειτουργίας) αλλά και τα μέσα που θα χρειαστούν ώστε το CNG να φτάσει στον καταναλωτή (κύλινδροι μεταφοράς, τράκτορες).

4.1 Μέθοδοι συμπίεσης και αποθήκευσης του φυσικού αερίου

4.1.1 Εισαγωγή

Το φυσικό αέριο από τον αγωγό διανομής συμπιέζεται χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο συμπιεστή πολλαπλών σταδίων. Προκειμένου να καταστεί η χρήση του σταθμού ανεφοδιασμού πιο αποτελεσματική, το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε σύστημα αποθήκευσης. Υπάρχουν δυο μέθοδοι για την αποθήκευση των καυσίμων στους σταθμούς CNG : αποθήκευση με σύστημα buffer και σύστημα αποθήκευσης cascade. Στο σύστημα αποθήκευσης buffer υπάρχει μόνο ένα δοχείο πίεσης για την αποθήκευση του φυσικού αερίου στο σταθμό. Το σύστημα cascade συνήθως χωρίζεται σε τρεις δεξαμενές που ονομάζονται χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης.

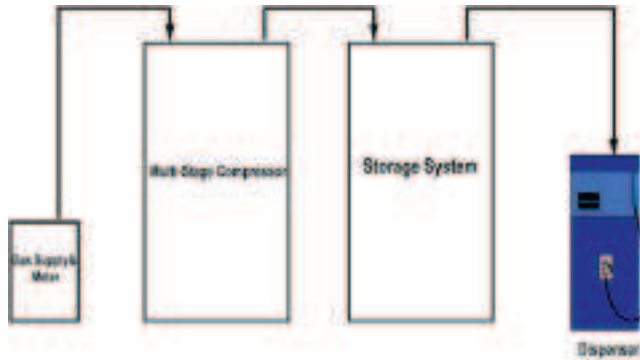
Για να κατανοηθεί η διαδικασία γρήγορης πλήρωσης και να μελετηθούν οι επιπτώσεις των τύπων αποθήκευσης σχετικά με την απόδοση ενός πρατηρίου CNG έχει αναπτυχθεί μία θεωρητική ανάλυση με βάση τον πρώτο και δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο, την διατήρηση της μάζας και του νόμου των πραγματικών αερίων. Στην διαδικασία της γρήγορης πλήρωσης έγινε η υπόθεση ότι είναι ημιστατική διαδικασία και ότι το φυσικό αέριο είναι καθαρό μεθάνιο (πραγματικό

αέριο). Η ανάλυση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου έχει χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της εντροπίας κατά την διάρκεια της διαδικασίας της γρήγορης πλήρωσης. Είναι γνωστό ότι μικρή ενθαλπία επιφέρει μικρότερη λειτουργία του συμπιεστή. [33]

Υπάρχουν περιορισμένες έρευνες στον τομέα της μοντελοποίησης της διαδικασίας πλήρωσης. Ο Kountz (1994) ήταν ο πρώτος που μοντελοποίησε την ταχεία διαδικασία πλήρωσης του κυλίνδρου αποθήκευσης φυσικού αερίου με βάση τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής. Ανέπτυξε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα για να μοντελοποιήσει την ταχεία πλήρωση για δεξαμενή πραγματικού αερίου. Οι Kountz και Blazek έχουν επίσης αναπτύξει έναν αλγόριθμο ελέγχου πλήρωσης φυσικού αερίου που εξασφαλίζει την πλήρη πλήρωση των κυλίνδρων υπό το σενάριο της ταχείας πλήρωσης. Οι ερευνητές επίσης στο πλαίσιο να μοντελοποιήσουν ένα γέμισμα βασισμένο στις υποδομές ανεφοδιασμού υδρογόνου συμπεριλαμβάνοντας την εργασία των Liss και Richards (2002), Liss (2003) και Newhouse έχουν μελετήσει την ταχεία πλήρωση του κυλίνδρου με υδρογόνο χρησιμοποιώντας αριθμό πειραμάτων. Ανέφεραν υψηλή θερμοκρασιακή αύξηση στον κύλινδρο κατά την διάρκεια της διαδικασίας.[30]

Μερικές πειραματικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν επίσης για να μελετήσουν την ταχεία πλήρωση των φιαλών φυσικού αερίου συμπεριλαμβανομένων των εργασιών των Thomas (2002) και Shipley (2002). Ο Shipley κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να έχει συνέπειες στη διαδικασία πλήρωσης. Επίσης ο δοκιμαστικός κύλινδρος δεν ήταν πλήρως γεμάτος κάθε φορά που ήταν σε ταχεία επαναφόρτιση. Οι Farzaneh-Gord (2007,2008) έχουν επίσης μοντελοποιήσει την ταχεία πλήρωση. Ανέπτυξαν ένα υπολογιστικό πρόγραμμα βασισμένο στην εξίσωση Penge-Robinson και στον πίνακα ιδιοτήτων μεθανίου για μονή δεξαμενή. Ερεύνησαν τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της αρχικής κυλινδρικής πίεσης στις τελικές κυλινδρικές συνθήκες.

4.1.2 Σταθμός πλήρωσης CNG



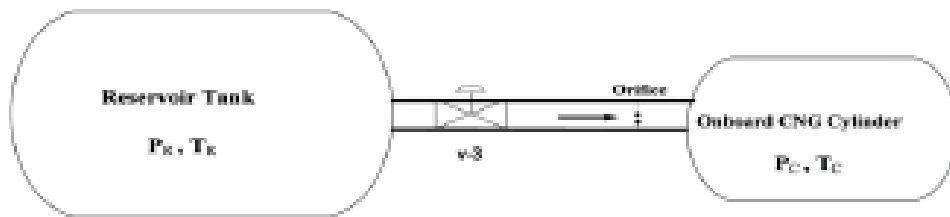
Εικόνα 4.1 Τυπικός σταθμός ανεφοδιασμού CNG

Στην εικόνα παραπάνω φαίνεται ένας τυπικός σταθμός ανεφοδιασμού CNG. Αέριο από τον αγωγό διανομής, συνήθως σε χαμηλή πίεση (<4 bar) ή πιθανώς σε μέση πίεση (16 bar), συμπιέζεται χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο συμπιεστή πολλαπλών σταδίων. Το σύστημα αποθήκευσης αποτελείται από αρκετούς μεγάλους κυλίνδρους οι οποίοι είναι διαθέσιμοι σε διάφορα μεγέθη, συνήθως από 50 l εσωτερικής χωρητικότητας μέχρι 100 l. Αυτό το σύστημα διατηρείται σε πίεση υψηλότερη απ ότι στις φιάλες των αυτοκινήτων ώστε το αέριο να ρέει στο όχημα. [33]

4.1.3 Συστήματα αποθήκευσης στο σταθμό ανεφοδιασμού CNG

Στο σταθμό CNG, δυο συστήματα αποθήκευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα οποία είναι το σύστημα buffer και το σύστημα cascade.

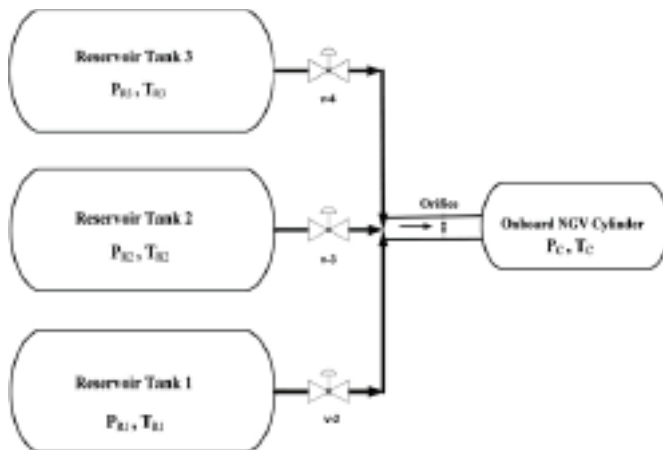
Το σύστημα αποθήκευσης buffer λειτουργεί στο εύρος των 20.5-25 MPa, ενώ το ανώτατο όριο πίεσης στον NGV κύλινδρο είναι 20 MPa. Σε αυτό το σύστημα αποθήκευσης όλοι οι κύλινδροι αποθήκευσης του σταθμού είναι συνδεδεμένοι να διατηρούνται σε ίδια πίεση όλη την ώρα.



Εικόνα 4.2 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος buffer

Η εικόνα 4.2 παρουσιάζει ένα τυπικό σύστημα buffer. Σε αυτήν τη μελέτη, η θερμοκρασία και η πίεση της δεξαμενής έχει υποτεθεί να είναι 300K και 20.5MPa και αμετάβλητη αν δεν αναφέρεται αλλιώς.[33]

Το σύστημα αποθήκευσης cascade είναι συνήθως χωρισμένο σε τρεις δεξαμενές, που ονομάζονται συνήθως χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης δεξαμενές. Καθεμία από αυτές τις δεξαμενές αποτελείται από αρκετές μεγάλες φιάλες. Σε αυτό το σύστημα αποθήκευσης, οι κύλινδροι αποθήκευσης του σταθμού τοποθετούνται στη σειρά κατά αύξουσα πίεση.



Εικόνα 4.3 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος cascade

Η εικόνα 4.3 δείχνει ένα διάγραμμα του συστήματος αποθήκευσης cascade. Κατά την διάρκεια της ταχείας πλήρωσης, ο NGV κύλινδρος συνδέεται πρώτα στη δεξαμενή χαμηλής πίεσης. Καθώς η πίεση στην δεξαμενή πέφτει και αυτή στον NGV κύλινδρο αυξάνεται, η ροή του αερίου μειώνεται. Όταν η ταχύτητα

ροής μειωθεί σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο το σύστημα μεταφέρεται στην δεξαμενή μέσης πίεσης μετά τελικά στην δεξαμενή υψηλής πίεσης για να ολοκληρωθεί το γέμισμα. Αναμένεται ότι το σύστημα cascade θα είναι πιο αποτελεσματικό σε ένα πιο ολοκληρωμένο γέμισμα απ' ό,τι εάν ολόκληρο το σύστημα buffer διατηρούταν σε μία πίεση και θα εκμεταλλευτεί το συμπιεστή με την μέγιστη αποδοτικότητα.

Επιπλέον, όταν ο συμπιεστής ενεργοποιείται αυτόματα για την επαναπλήρωση των δεξαμενών γεμίζει πρώτα την δεξαμενή υψηλής πίεσης, μετά αλλάζει στην μέσης και στην χαμηλής πίεσης δεξαμενή. Αυτό εξασφαλίζει ότι η δεξαμενή υψηλής πίεσης (που χρησιμοποιείται για να ολοκληρωθεί η πλήρωση) διατηρείται σε μέγιστη πίεση όλη την ώρα, εξασφαλίζοντας ότι τα οχήματα είναι πάντοτε προμηθευμένα μαζί με την μέγιστη ποσότητα φυσικού αερίου. Οι σωστές προδιαγραφές της ικανότητας του συμπιεστή και ο όγκος του συστήματος cascade είναι αναγκαίο για να διασφαλίσει ότι ο σταθμός CNG μπορεί να αντιμετωπίσει τον τύπο (LGVs, λεωφορεία ή φορτηγά) και τη συχνότητα (περίοδος αιχμής) των οχημάτων που χρησιμοποιούν την εγκατάσταση.

4.1.4 Θερμοδυναμική ανάλυση

Ανάλυση του πρώτου νόμου

Σε αυτήν την μελέτη για να μοντελοποιηθεί η διαδικασία ταχείας πλήρωσης και να αναπτυχθεί μία μαθηματική μέθοδος, ο NGV κύλινδρος θεωρείται ως θερμοδυναμικά ανοιχτό σύστημα το οποίο περνάει από μία ημισταθερή διαδικασία.

Για να αναπτυχθεί μια θεωρητική ανάλυση, η αρχή της συνέχειας και ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής έχουν εφαρμοστεί στον κύλινδρο για να βρεθούν δυο θερμοδυναμικές ιδιότητες. Λαμβάνοντας υπόψη τον NGV κύλινδρο ως όγκο ελέγχου και ξέροντας ότι έχει μόνο μια είσοδο, η εξίσωση της συνέχειας (διατήρησης της μάζας) μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$\frac{dm_C}{dt} = \dot{m}_i \quad (7)$$

Στην εξίσωση (7) το \dot{m}_i είναι ο ρυθμός ροής της μάζας εισόδου και μπορεί να υπολογιστεί θεωρώντας μια ισεντροπική επέκταση με μια τρύπα, εφαρμόζοντας τους νόμους των αερίων:

$$\dot{m}_i = C_d \rho_R A_{\text{orifice}} \left(\frac{P_C}{P_R} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left\{ \left(\frac{2\gamma}{\gamma-1} \right) \left(\frac{P_R}{\rho_R} \right) \left[1 - \left(\frac{P_C}{P_R} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{if } \frac{P_C}{P_R} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (8)$$

$$\dot{m}_i = C_d \sqrt{\gamma P_R \rho_R} A_{\text{orifice}} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$

$$\text{if } \frac{P_C}{P_R} > \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (9)$$

Στις εξισώσεις (8) και (9) το C_d είναι ο συντελεστής παροχής του στομίου, ρ είναι η πυκνότητα του ρευστού, γ : ο λόγος ειδικών θερμοχωρητικοτήτων, P_C : η πίεση στον συμπιεστή.

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής για έναν όγκο ελέγχου στην γενική μορφή μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$\dot{Q}_{cv} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + V_i^2/2 + gz_i \right) = \sum \dot{m}_e \left(h_e + V_e^2/2 + gz_e \right) + \dot{W}_{cv} \quad (10)$$

$$\times \left[m \left(u + V^2/2 + gz \right) \right]_{cv}$$

όπου Q : η συναλλασσόμενη ενέργεια, h : η ενθαλπία, V : η απόλυτη ταχύτητα, W : συναλλασσόμενο έργο

Ο όρος του έργου είναι μηδενικός κατά την διαδικασία της πλήρωσης και η μεταβολή της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας μπορεί να αγνοηθεί. Η εξίσωση τότε μπορεί να απλοποιηθεί ως εξής:

$$\frac{dU_C}{dt} = \delta\dot{Q} + \dot{m}_i \left(\frac{V_i^2}{2} + h_i \right) \quad (11)$$

Ως $h_R = (V_i^2/2) + h_i$, η παραπάνω εξίσωση θα μπορούσε περαιτέρω να απλοποιηθεί ως:

$$\frac{dU_C}{dt} = \delta\dot{Q} + \dot{m}_i h_R \quad (12)$$

Η θερμότητα που χάνεται από τον NGV κύλινδρο στο περιβάλλον θα μπορούσε να υπολογιστεί ως:

$$\delta\dot{Q} = -U_{HC}A_C(T_C - T_\infty) \quad (13)$$

όπου T_C : η εσωτερική θερμοκρασία και T_∞ : η θερμοκρασία περιβάλλοντος

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (7), (12), και (13) σε μία, θα μπορούσε η παραπάνω εξίσωση να είναι ως εξής:

$$\frac{d(m_C u_C)}{dt} = -U_{HC}A_C(T_C - T_\infty) + \frac{dm_C}{dt} h_R \quad (14)$$

ή με την ακόλουθη μορφή:

$$\frac{d(m_C u_C)}{dt} - \frac{d(m_C h_R)}{dt} = -U_{HC}A_C(T_C - T_\infty) \quad (15)$$

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να μετατεθεί χρονικά ως εξής:

$$d(m_C u_C - m_C h_R) = -U_{HC}A_C(T_C - T_\infty) dt \quad (16)$$

Η παραπάνω εξίσωση θα μπορούσε να ενταχθεί από την έναρξη της πλήρωσης μέχρι την τρέχουσα στιγμή ως:

$$\int_s^c d(m_C u_C - m_C h_R) = - \int_0^t U_{HC}A_C(T_C - T_\infty) dt \quad (17)$$

Η ενσωμάτωση των παραπάνω εξισώσεων για μια ενιαία δεξαμενή καυσίμου του σταθμού έχει ως αποτέλεσμα:

$$m_C(u_C - h_R) - m_{Cs}(u_{Cs} - h_R) = -U_{HC}A_C\Delta T_{av}t \quad (18)$$

Όταν m_C, m_{Cs} είναι οι μάζες του πληρωμένου αερίου στην τρέχουσα στιγμή και στην έναρξη της διαδικασίας πλήρωσης και ΔT_{av} είναι η μέση διαφορά θερμοκρασίας κυλίνδρου και περιβάλλοντος τα οποία ορίζονται ως εξής:

$$\Delta T_{av} = \frac{1}{t} \int_0^t (T_C - T_\infty) dt \quad (19)$$

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής για τον NGV κύλινδρο τελικά θα μπορούσε να γραφτεί ως:

$$u_C = h_R - U_{HC}A_C\Delta T_{av}t + \frac{m_{Cs}}{m_C}(u_{Cs} - h_R) \quad (20)$$

Οι εξισώσεις (7), (8) και (20) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των δυο θερμοδυναμικών ιδιοτήτων σε κύλινδρο φυσικού αερίου ανά πάσα στιγμή. Με τη γνώση δυο ιδιοτήτων της θερμοδυναμικής (εδώ ειδικά την εσωτερική ενέργεια και τον ειδικό όγκο) θα μπορούσε να βρεθεί και ο άλλος κύλινδρος.

Αδιαβατικό σύστημα

Η εξίσωση (20) θα μπορούσε να είναι πιο απλοποιημένη για αδιαβατικό σύστημα:

$$u_C = h_R + \frac{m_{Cs}}{m_C}(u_{Cs} - h_R) \quad (21)$$

και αν $m_{Cs} = 0$, η επόμενη σχέση ισχύει για κάθε στιγμή:

$$u_C = h_R$$

Ανάλυση του δεύτερου νόμου

Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής και της ροής λαμβάνοντας τα δυο συστήματα αποθήκευσης του πρατηρίου καυσίμων CNG, το οποίο εγκρίθηκε στη μελέτη αυτή, καθιστά δυνατό να αξιολογήσει βάση του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, τον ρυθμό παραγωγής εντροπίας \dot{S}_{gen} για τους χαρακτηριστικούς κόμβους του συστήματος.

Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής για την διαδικασία της πλήρωσης ενός NGV κυλίνδρου θα μπορούσε να παρουσιαστεί ως εξής:

$$\dot{S}_{gen} = dS_C/dt - \delta\dot{Q}/T_\infty - \dot{m}_i s_i \geq 0 \quad (22)$$

όπου s: η εντροπία του συστήματος

Εδώ, όλη η σταθερότητα υποτίθεται ότι συμβαίνει από την είσοδο προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Αυτό κάνει μια ισεντροπική επέκταση από την δεξαμενή στην θέση εισόδου, πράγμα που σημαίνει $s_i = s_R$. Λαμβάνοντας υπόψη την παραδοχή και συνδυάζοντας τις εξισώσεις (1), (7) και (17) η ακόλουθη εξίσωση θα μπορούσε να γραφτεί :

$$\dot{S}_{gen} = \frac{d(m_C s_C)}{dt} - \frac{dm_C}{dt} s_R + \frac{U_{HC} A_C (T_C - T_\infty)}{T_\infty} \quad (23)$$

ή με την ακόλουθη μορφή:

$$\dot{S}_{gen} dt = d(m_C s_C - m_C s_R) + \frac{U_{HC} A_C (T_C - T_\infty)}{T_\infty} dt \quad (24)$$

Η παραπάνω εξίσωση θα μπορούσε να ενταχθεί από το ξεκίνημα της πλήρωσης μέχρι την τρέχουσα στιγμή όπως παρακάτω:

$$S_{gen} = \int_s^c d(m_C s_C - m_C s_R) + \int_s^c \frac{U_{HC} A_C (T_C - T_\infty)}{T_\infty} dt \quad (25)$$

Για ένα σταθερό ανεφοδιασμό με μία δεξαμενή στην οποία το S_R παραμένει σταθερό κατά την διάρκεια της πλήρωσης, η ενσωμάτωση της πιο πάνω εξίσωσης οδήγησε σε μια πιο απλή εξίσωση, όπως:

$$S_{gen} = m_C(s_C - s_R) - m_{Cs}(s_{Cs} - s_R) + \frac{U_{HC}A_C(T_{av} - T_{\infty})}{T_{\infty}} \quad (26)$$

Αδιαβατικό σύστημα

Η εξίσωση (25) θα μπορούσε να είναι πιο απλουστευμένη για ένα αδιαβατικό σύστημα όπως:

$$S_{gen} = m_C(s_C - s_R) - m_{Cs}(s_{Cs} - s_R) \quad (27)$$

Και αν ο κύλινδρος είναι κενός κατά την έναρξη της διαδικασίας της πλήρωσης ($m_{Cs} = 0$) η σχέση θα μπορούσε να γραφτεί:

$$S_{gen,max} = m_C(s_C - s_R) \quad (28)$$

4.2 Οργάνωση και λειτουργία σταθμού συμπίεσης

Η τροφοδοσία συμπιεσμένου Φ.Α. σε περιοχές που δεν έχουν σύνδεση με το εθνικό δίκτυο απευθύνεται σε επιχειρήσεις κυρίως από το δευτερογενή και τριτογενή τομέα και την μεταποίηση, δυναμική πελατεία αποτελούν επίσης όλες οι βιομηχανικές και όλες οι παραγωγικές δραστηριότητες σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από αγωγό και χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα μη φιλικά προς το περιβάλλον και με υψηλό κόστος λειτουργίας.

Η τροφοδοσία γίνεται με τη συμπίεση, αποθήκευση σε κινητές δεξαμενές και τη διανομή του φυσικού αερίου CNG. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να κατασκευαστούν οι εγκαταστάσεις συμπίεσης Φ.Α. ώστε να επιτρέπεται η μεταφορά ποσοτήτων συμπιεσμένου Φ.Α. από ειδικές πιστοποιημένες κινητές

δεξαμενές συμπιεσμένου Φ.Α. και έπειτα να αποσυμπιέζεται στους κατά τόπους τελικούς χρήστες με εγκαταστάσεις αποσυμπίεσης.[14]

Οι απαιτούμενες δράσεις υλοποίησης επιγραμματικά αποτελούνται από:³

- Ίδρυση φορέα / εταιρίας για τις διαδικασίες και προϋποθέσεις όπως θέτει το θεσμικό πλαίσιο
- Αναζήτηση ακινήτου
- Επιλογή εξοπλισμού σύμφωνα με τις ανάγκες και να τηρούν τις εθνικές και ευρωπαϊκές προδιαγραφές
- Αδειοδοτήσεις για τις εγκαταστάσεις (άδεια ίδρυσης , εγκαταστάσεις και λειτουργίας του σταθμού) και τον κινητών δεξαμενών.
- Αναζήτηση πελατείας

Οι λειτουργικές δραστηριότητες επικεντρώνονται στη, **συμπίεση, μεταφορά και διανομή συμπιεσμένου φυσικού αερίου CNG** με την κατασκευή και διαχείριση μονάδας συμπίεσης Φ.Α. για την πλήρωση κινητών δεξαμενών μεταφοράς για την διανομή - παροχή καυσίμου σε περιοχές εκτός Δικτύου.

Η μονάδα συμπίεσης θα είναι διαστασιολογημένη για να εξυπηρετεί τις αρχικές προβλεπόμενες ανάγκες, όταν μελλοντικά οι ποσότητες αυξηθούν η σχεδιασμένη υποδομή ευκόλως θα μπορεί να εγκαταστήσει και επιπλέον εξοπλισμό για την εξυπηρέτηση των μεγαλύτερων αναγκών, έτσι επιτρέπεται η μεταφορά ποσοτήτων συμπιεσμένου Φ.Α. από ειδικές πιστοποιημένες κινητές δεξαμενές συμπιεσμένου Φ.Α. και έπειτα να αποσυμπιέζεται στους κατά τόπους τελικούς χρήστες με εγκαταστάσεις αποσυμπίεσης.

Σημεία προς ανάλυση της δραστηριότητας λαμβάνοντας υπόψη το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον για μια επιχείρηση που πρέπει να λάβει μία απόφαση σε σχέση με τους στόχους που έχει θέσει ή με σκοπό την επίτευξή τους:

³ Πηγή: Enimex

ΔΥΝΑΜΕΙΣ

- ✓ Καλύτερη σχέση τιμής/απόδοσης για το Φ.Α. συγκριτικά με το υγραέριο και άλλα ανταγωνιστικά καύσιμα
- ✓ Φιλικότερο καύσιμο προς το περιβάλλον
- ✓ Μεγαλύτερη ευελιξία στην τροφοδότηση Φ.Α. σε σχέση με άλλους τρόπους (π.χ. σταθεροί αγωγοί)

ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ

- ✗ Ανάγκη πρόσθετων επενδύσεων για τη μετατροπή του εξοπλισμού καύσης από πετρέλαιο σε Φ.Α. στους τελικούς πελάτες

ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ

- ✓ Απελευθέρωση αγοράς
- ✓ Μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του κράτους αλλά και των καταναλωτών σε περιβαλλοντικά θέματα
- ✓ Υψηλές τιμές πετρελαίου και παραγώγων
- ✓ Στρατηγική μείωσης της εξάρτησης από το πετρέλαιο
- ✓ Έλλειψη άλλης επένδυσης – ανταγωνισμού

ΚΙΝΔΥΝΟΙ

- ✗ Έλλειψη σαφούς θεσμικού πλαισίου για τη διανομή και εμπορία συμπιεσμένου Φ.Α. σε φιάλες.
- ✗ Υψηλές διακυμάνσεις τιμής ανταγωνιστικών ενεργειακών προϊόντων (πετρέλαιο).

Σχήμα 4.1 Θετικά και αρνητικά στοιχεία για χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου

Η παροχή φυσικού αερίου με κινητές δεξαμενές επιτρέπει την τροφοδοσία Φ.Α. στους εξής χρήστες :

1. Όπου η διανομή φυσικού αερίου δεν φτάνει σε περιοχές όπου ο αγωγός δεν υπάρχει, αλλά βρίσκεται υπό κατασκευή
2. Τροφοδοσία σε εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες που βρίσκονται σε σημεία που δεν προβλέπεται η κατασκευή δικτύου
3. Σε περίπτωση διακοπής παροχής λόγω προγραμματισμένης συντήρησης του αγωγού.
4. Σε περίπτωση διακοπής παροχής λόγω απρόβλεπτων αιτίων
5. Τροφοδοσία σε ιδιωτικούς ή δημόσιους σταθμούς πεπιεσμένου Φ.Α. για αεριοκίνηση εκτός δικτύου



Εικόνα 4.4 Πλήρωση κινητών δεξαμενών με cng

4.3 Περιγραφή των απαιτούμενων υποδομών για συμπίεση και μεταφορά του φυσικού αερίου

Η δραστηριότητα της προμήθειας Φ.Α. με κινητές δεξαμενές περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους παραγωγικές διαδικασίες.[14]

- Μεταφορά αερίου από το εθνικό σύστημα Φ.Α. στον σταθμό συμπίεσης
- Συμπύεση Φ.Α.
- Πλήρωση κινητών δεξαμενών
- Μεταφορά κινητών δεξαμενών στις εγκαταστάσεις των πελατών



Εικόνα 4.5 Τυπικός σταθμός ανεφοδιασμού cng

4.4 Γενική περιγραφή του σταθμού συμπίεσης (mother station)

Η εγκατάσταση αποτελείται από τη μονάδα συμπίεσης που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο, σε πίεση που εξαρτάται από το δίκτυο, το οποίο μετά τις βάνες εισόδου φιλτράρεται, στη συνέχεια το Φ.Α. αφού διέλθει από το μετρητή του σταθμού εισέρχεται στην είσοδο του συμπιεστή και συμπιέζεται στη πίεση αποθήκευσης για τη μεταφορά του. Η υψηλή πίεση στις κινητές δεξαμενές επιτυγχάνεται από παλινδρομικούς ηλεκτροκίνητους συμπιεστές με μεγάλη ικανότητα παροχής πεπιεσμένου Φ.Α. στα 220bar. Ο ανεφοδιασμός των κινητών δεξαμενών γίνεται κατευθείαν από το συμπιεστή δια μέσου σταθερών φιαλών εξομάλυνσης στο διανομέα με φυσική ροή. Ο διανομέας τροφοδοσίας αποτελείται από μονάδα διανομής προαιρετικό μετρητή μάνικα και ακροφύσιο πληρωμής. Όλη η διαδικασία λειτουργίας καθώς επίσης και τα συστήματα ασφαλείας συμπιεσμένου Φ.Α. ελέγχονται και επιτηρούνται από αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου όπου καταγράφονται τα ιστορικά στοιχεία λειτουργίας και ασφαλείας της μονάδας συμπίεσης. [15]

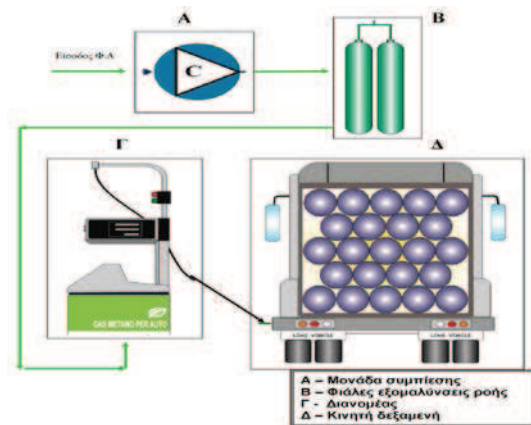


Εικόνα 4.6 Συστοιχία κινητών δεξαμενών

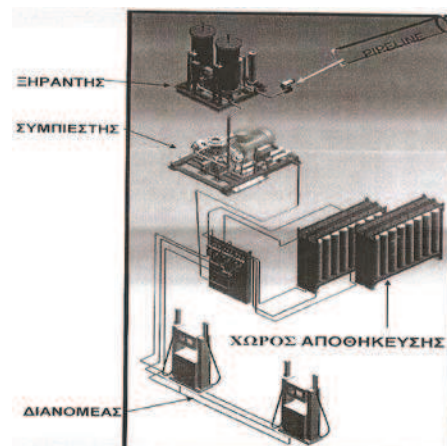
4.4.1 Βασικός εξοπλισμός

Οι εγκαταστάσεις του σταθμού συμπίεσης φυσικού αερίου περιλαμβάνουν τον εξής βασικό εξοπλισμό [14]

- Εξοπλισμός μέτρησης φυσικού αερίου
- Εξοπλισμός ξήρανσης φυσικού αερίου
- Συμπιεστές
- Σύστημα ψύξης φυσικού αερίου
- Συσκευές διανομής για τον ανεφοδιασμό των δεξαμενών (dispenser)
- Ηλεκτρικός πίνακας



Εικόνα 4.7 Διάγραμμα ροής εγγ από το συμπιεστή στους κυλίνδρους



Εικόνα 4.8 Εξοπλισμός σταθμού συμπίεσης

4.4.2 Θάλαμος μέτρησης αερίου

Ο θάλαμος μέτρησης εξασφαλίζει την μέτρηση του αερίου για την τιμολόγηση από την εταιρία παροχής αερίου και αποτελείται [16]

- Βάνα εισόδου
- Φίλτρο
- Μετρητή
- Αντεπίστροφη βάνα
- Μανόμετρα
- Μεταδότες πίεσης και θερμότητας
- Διορθωτή όγκου

4.4.3 Εξοπλισμός ξήρανσης φυσικού αερίου

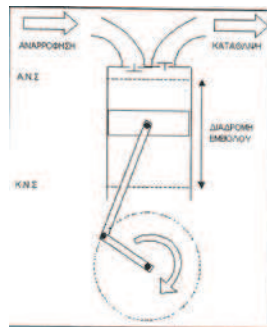
Ο εξοπλισμός ξήρανσης είναι το σύστημα που ελέγχει και μειώνει την υγρασία και την περιεκτικότητα σε υγρό του αερίου. Ο ξηραντής τοποθετείται πριν τον συμπιεστή ώστε η ποιότητα του αερίου από άποψη καθαρότητας και υγρασίας να καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές για τη σωστή λειτουργία του συμπιεστή και γενικότερα όλου του σταθμού συμπίεσης. Ο ξηραντής τοποθετείται μόνο εάν το ποσοστό υγρασίας (σύσταση του αερίου) μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία στο σύστημα συμπίεσης και διανομής. Ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας και την παροχή του σταθμού τοποθετούνται συμβατικοί ξηραντήρες ή με αναγέννηση.

4.4.4 Συμπιεστής αερίου

Συμπιεστές είναι εργομηχανές παραγωγής πεπιεσμένου φυσικού αερίου που αυξάνουν την πίεση του δικτύου (αναρρόφηση) έως την πίεση κατάθλιψης που στην αεριοκίνηση κυμαίνεται στα 210-250 bar.

Τα στάδια λειτουργίας του συμπιεστή είναι τα εξής:

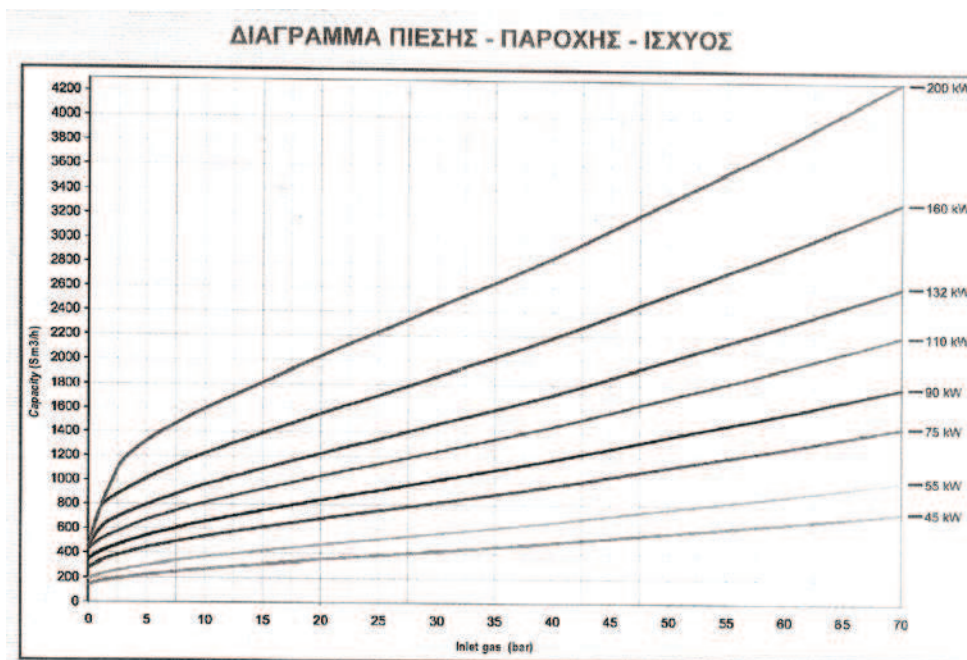
- Αναρρόφηση: Καθώς το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. δημιουργεί κενό μέσα στον κύλινδρο, ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης και ο κύλινδρος γεμίζει αέριο.
- Συμπίεση και κατάθλιψη: Καθώς το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. το αέριο που εισήλθε προηγουμένως στον κύλινδρο, συμπιέζεται και κλείνει τη βαλβίδα αναρρόφησης. Όσο το έμβολο συνεχίζει την κίνησή του προς τα πάνω τόσο το αέριο συμπιέζεται περισσότερο. Μόλις η πίεσή του φτάσει στο σημείο να υπερνικήσει τη δύναμη του ελατηρίου, που κρατά κλειστή τη βαλβίδα της καταθλίψεως, η τελευταία ανοίγει και το αέριο υπό πίεση κατευθύνεται προς την κατάθλιψη.



Εικόνα 4.9 Έμβολο συμπιεστή

Η επιλογή ενός παλινδρομικού συμπιεστή εξαρτάται από την πίεση εισόδου (πίεση αναρρόφησης) και την παροχή, τους διακρίνουμε σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους

- Ανάλογα με τον αριθμό φάσεων συμπίεσης (πολυδιάστατους έως 4 σταδίων)
- Ανάλογα με την ψύξη
- Ανάλογα με τον τρόπο που μεταδίδεται η κίνηση: ηλεκτροκινητήρας, μηχανή εσωτερικής καύσης, άμεσα ή έμμεσα (άξονας ή ιμάντες)
- Ανάλογα με τη διάταξη του άξονα, τους οριζόντιους, κατακόρυφους με διάταξη κυλίνδρων σε V ή W.



Εικόνα 4.10 Διάγραμμα πίεσης – παροχής - ισχύος

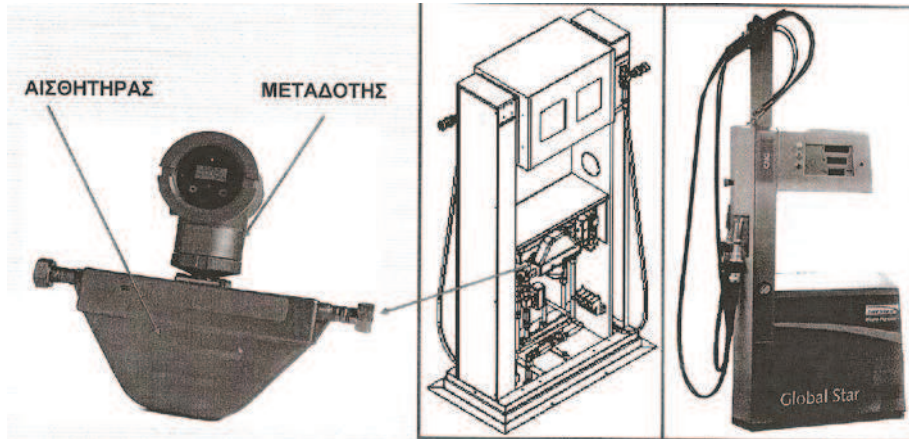
4.4.5 Διανομέας (CNG Dispencer)

Σύνθετη συσκευή η οποία τροφοδοτεί με φυσικό αέριο τα οχήματα ή και τις κινητές δεξαμενές είτε κατευθείαν από τον συμπιεστή ή μέσω δεξαμενής αποθήκευσης. Αποτελείται από μονάδα διανομής, μονάδα μέτρησης (μετρητής μάζας), μάνικα και ακροφύσιο πλήρωσης. Η πλήρωση γίνεται με ελεύθερη ροή με την αρχή λειτουργίας δοχείων σε διαφορετική πίεση.

4.4.6 Μετρητής μάζας φυσικού αερίου

Η μέτρηση του φυσικού αερίου σε KG δεν επηρεάζεται από μεταβολές πίεσης και θερμοκρασίας. Ο διανομέας CNG με μετρητή μάζας έχει σαν αρχή λειτουργίας τη φαινομενική πλάγια δύναμη, γνωστή σαν δύναμη CORIOLIS. Η δύναμη που ασκείται από το ρέον ρευστό σε έναν περιστρεφόμενο σωλήνα παρέχει μια μέτρηση του ρυθμού ροής της μάζας. Ο μετρητής μάζας επικοινωνεί

με το ηλεκτρονικό μέρος της κεφαλής του διανομέα και υπολογίζει την παρεχόμενη ποσότητα πεπιεσμένου αερίου στο όχημα.



Εικόνα 4.11 Μετρητής μάζας φυσικού αερίου

4.4.7 Σύστημα ψύξης αερίου

Το σύστημα ψύξης αερίου ελέγχει την θερμοκρασία του παρεχόμενου αερίου μετά τις δεξαμενές αποθήκευσης προς την κατανάλωση. Αποτελείται από τον ψύκτη, τη δεξαμενή νερού και εναλλάκτες αντιροής νερού αερίου. Η εγκατάσταση αυξάνει την παρεχόμενη ικανότητα πεπιεσμένου φυσικού αερίου του σταθμού γιατί η χαμηλότερη θερμοκρασία του, αυξάνει την τελική ποσότητα πλήρωσης στις δεξαμενές.

4.4.8 Ηλεκτρικός πίνακας

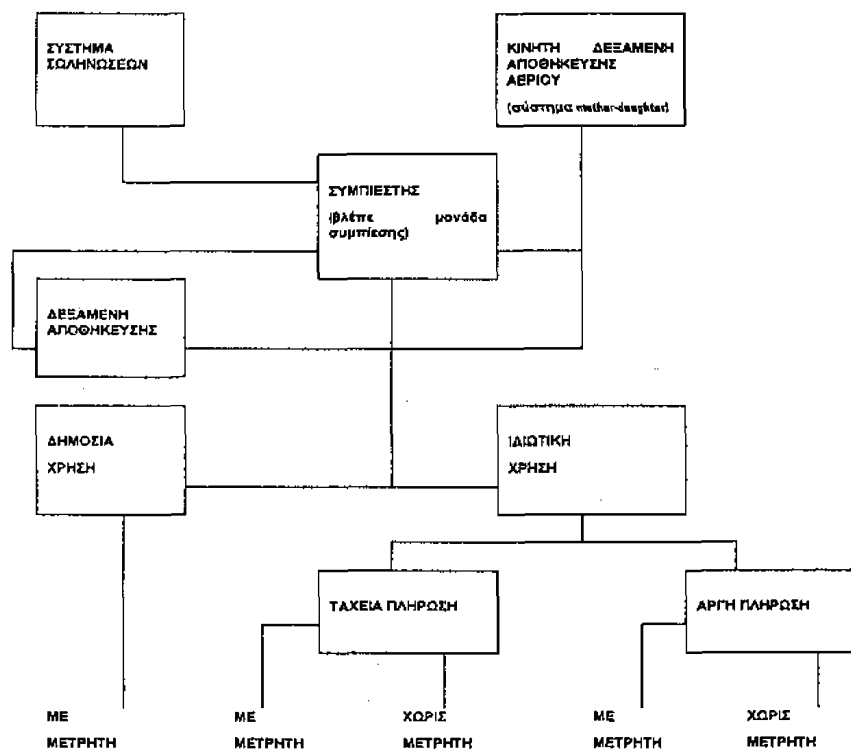
Από το πάνελ χειρισμού εποπτεύονται όλοι οι παράμετροι λειτουργίας και το status των alarm. Στον πίνακα συγκεντρώνονται όλα τα σήματα από το πεδίο για την αυτόματη λειτουργία του σταθμού, ακολουθιακός έλεγχος διαδικασίας (εκκίνηση, στάση, παρακολούθηση), απόκτηση ψηφιακών και αναλογικών σημάτων από τους αισθητήρες για την παρακολούθηση της υπό έλεγχο διαδικασίας μετάδοση σημάτων για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση διακοπών.

4.5 Όροι και προϋποθέσεις για τη χορήγηση αδειών ίδρυσης και λειτουργίας πρατηρίων πετρευσμένου φυσικού αερίου (CNG)

Η λειτουργία πρατηρίων πετρευσμένου φυσικού αερίου περιλαμβάνει εγκαταστάσεις τροφοδοσίας [17]

- Αργής ή Ταχείας πλήρωσης
- Ιδιωτικής ή Δημόσιας χρήσης
- Με μετρητή ή χωρίς μετρητή στο διανομέα
- Με κινητή δεξαμενή αποθήκευσης πετρευσμένου αερίου, με ή χωρίς ενσωματωμένο συμπιεστή.

όπως απεικονίζονται στο πληροφοριακό σχεδιάγραμμα που ακολουθεί



Εικόνα 4.12 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας σταθμού συμπίεσης

Τα πρατήρια πετρευσμένου φυσικού αερίου [CNG] σε ότι αφορά τον τρόπο τροφοδοσίας, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α. Πρατήρια τροφοδοτούμενα από το δίκτυο πετρευσμένου φυσικού αερίου,
- β. Πρατήρια που εφοδιάζονται με CNG από βυτιοφόρο (κινητές δεξαμενές).

4.5.1 Εγκαταστάσεις

Τα πρατήρια μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες

- Πρατήρια τροφοδοτούμενα από το δίκτυο πετρευσμένου φυσικού αερίου
Οι εγκαταστάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν : α. θάλαμο μέτρησης αερίου, β. θάλαμο συμπίεστών, γ. χώρο δεξαμενών αποθήκευσης, δ. μια ή περισσότερες αυτόματες συσκευές διανομής για ανεφοδιασμό, ε. χώρο στάθμευσης βυτιοφόρων, στ. χώρο μετασχηματιστή μέσης τάσης, αν απαιτείται, ζ. βοηθητικούς χώρους (γραφεία, αποθήκες, εξοπλισμός πρώτων βοηθειών, πλυντήρια, χώρους επισκευών οχημάτων χωρίς τη χρήση φλόγας, εστιατόριο, κλπ).

- Πρατήρια ανεφοδιαζόμενα από βυτιοφόρα (κινητές δεξαμενές)
Οι εγκαταστάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν : α. θάλαμο συμπίεστών, β. χώρο δεξαμενών αποθήκευσης, γ. μια ή περισσότερες αυτόματες συσκευές διανομής για ανεφοδιασμό, δ. έναν ή περισσότερους χώρους στάθμευσης βυτιοφόρων, ε. χώρο μετασχηματιστή μέσης τάσης, αν απαιτείται, στ. βοηθητικούς χώρους (γραφεία, αποθήκες, εξοπλισμός πρώτων βοηθειών, πλυντήρια, χώρους επισκευών οχημάτων χωρίς τη χρήση φλόγας, εστιατόριο, κλπ).

4.5.2 Γενική περιγραφή της εγκατάστασης

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η εγκατάσταση είναι τα εξής

ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΑΕΡΙΟΥ

Γενικά, οι συμπίεστες αερίου που χρησιμοποιούνται σε πρατήρια φυσικού αερίου διαθέτουν ρυθμιστές ροής που παράγουν υψηλή πίεση. Ένας συμπίεστής

μπορεί να παρέχει είτε δυνατότητα αποθήκευσης σε μεγάλη ποσότητα και / ή απευθείας δυνατότητα τροφοδοσίας. Ο συμπιεστής μπορεί να κινείται άμεσα ή έμμεσα από ηλεκτροκινητήρα ή μηχανή εσωτερικής καύσης.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ

Συγκεκριμένος όγκος αερίου αποθηκεύεται για να διευκολύνεται η συνεχής τροφοδοσία. Η αποθήκευση μπορεί να γίνεται σε δοχεία που είναι εσωτερικά χωρισμένα σε διαμερίσματα, έτσι ώστε να επιταχύνεται η τροφοδοσία, να μειώνεται το μέγεθος του συμπιεστή και να περιορίζεται ο αριθμός των κύκλων έναρξης - παύσης.

ΔΙΑΤΑΞΗ MOTHER - DAUGHTER

Όλα τα εξαρτήματα των ακίνητων μερών της διάταξης αυτής πρέπει να είναι σύμφωνα με το παρόν. Κατά τη μεταφορά η κινητή δεξαμενή (βυτιοφόρο) με ή χωρίς ενσωματωμένο συμπιεστή πρέπει να είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς ADR.

ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Εξαρτήματα

Ο διανομέας τροφοδοσίας αποτελείται από :

- ✓ μονάδα διανομής και προαιρετικά μονάδα μέτρησης (μετρητή),
- ✓ μάνικα πλήρωσης
- ✓ ακροφύσιο πλήρωσης

Το αέριο που διανέμεται προέρχεται είτε κατευθείαν από τον συμπιεστή ή μέσω δεξαμενής αποθήκευσης που βρίσκεται επί τόπου.

Μέθοδοι πλήρωσης (διανομής - ανεφοδιασμού)

Η πλήρωση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

- ✓ Ταχεία πλήρωση
- ✓ Αργή πλήρωση

Αν η αργή πλήρωση δεν γίνεται υπό παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση επιπλέον μέτρων ασφάλειας. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στις λειτουργίες αργής και ταχείας πλήρωσης διαφέρει ελάχιστα. Τα κύρια εξαρτήματα του συστήματος όμως, είναι παρόμοια.

Λειτουργία

Ο διανομέας μπορεί να λειτουργήσει με διάφορους τρόπους, όπως :
Χειροκίνητα ή αυτόματα, με μετρητή ή χωρίς μετρητή
Να είναι απλώς θέση τροφοδοσίας, που χρησιμοποιείται κυρίως για πρατήρια αργής πλήρωσης.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Σύστημα ελέγχου θέτει σε λειτουργία τον συμπιεστή και / ή τη δεξαμενή αποθήκευσης, ανάλογα με τις απαιτήσεις του διανομέα τροφοδοσίας.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Μπορεί να απαιτηθεί σύστημα ξήρανσης προκειμένου να ελέγχει την υγρασία και την περιεκτικότητα σε υγρό του αερίου, σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΑΕΡΙΟΥ

Σύστημα που μπορεί να χρειαστεί για να ελέγχει την θερμοκρασία του παρεχόμενου αερίου. [17]

4.5.3 Γενικές αρχές σχεδιασμού και εγκατάστασης

Παρακάτω παρουσιάζονται κανόνες σχεδιασμού των σταθμών συμπίεσης και ανεφοδιασμού.

ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Το σύνολο του εξοπλισμού, οι συσκευές, οι σωληνώσεις και οι σύνδεσμοι πρέπει να είναι τύπου και κατασκευής κατάλληλης για την συγκεκριμένη χρήση, για το σύνολο των πιέσεων, τον τύπο του αερίου, τις θερμοκρασίες και τα φορτία, που μπορεί να προκύψουν κάτω από κανονικές ή μη συνθήκες. Πρέπει να

συνοδεύονται από τα απαραίτητα πιστοποιητικά (για παράδειγμα EN10204), να εγκαθίστανται και να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Αναγκαίες προϋποθέσεις για τα διάφορα στοιχεία της κατασκευής.

Τα διάφορα στοιχεία της εγκατάστασης μελετώνται για να αντέχουν όχι μόνο κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης αλλά λαμβάνεται υπόψη, κατά το σχεδιασμό, η επίδραση των μεταβλητών δυνάμεων που μπορεί να είναι θερμοκρασιακές μεταβολές καθώς και δυνάμεις, ταλαντώσεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της κατασκευής και της συναρμολόγησης. Όλα τα στοιχεία της κατασκευής πρέπει να προστατεύονται έναντι διάβρωσης μέσω κατάλληλων μεθόδων, όπως βαφή, καθοδική προστασία, αφού ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

Περιοχή εργασίας.

Πρέπει να υπάρχει χώρος εργασίας ικανοποιητικών διαστάσεων για τον έλεγχο, την συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού.

Προστασία έναντι πρόσκρουσης.

Όλα τα στοιχεία του πρατηρίου πρέπει να προστατεύονται επαρκώς έναντι πρόσκρουσης από τα διερχόμενα οχήματα. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στην προστασία του χώρου αποθήκευσης του αερίου.

Διάταξη των διαφόρων στοιχείων της εγκατάστασης.

Ο εξοπλισμός πρέπει να τοποθετείται κατά προτίμηση σε ανοιχτούς χώρους ή κτίρια που είναι αποκλειστικά για τη συγκεκριμένη χρήση. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στις απαιτήσεις ασφάλειας και αερισμού.

Απομόνωση βασικών στοιχείων της εγκατάστασης.

Βαλβίδα απομόνωσης, χειροκίνητη πρέπει να τοποθετείται :

Στο στόμιο εισαγωγής του συμπιεστή από το σύστημα σωληνώσεων.

Στα στόμια εισαγωγής / εξαγωγής κάθε ομάδας δεξαμενών αποθήκευσης.

Στο στόμιο εισαγωγής κάθε διανομέα.[17]

4.5.4 Τεχνικές προδιαγραφές του σταθμού.

Πρέπει να ισχύουν οι τεχνικές προδιαγραφές και κατευθύνσεις του σχεδίου prEN 13268 της CEN/TC 326, καθώς και οι ευρωπαϊκοί κώδικες σχεδιασμού στους οποίους το ίδιο σχέδιο παραπέμπει.

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ.

Η τήρηση των προδιαγραφών ελέγχεται και πιστοποιείται, τόσο στη φάση της μελέτης όσο και στη φάση της κατασκευής του σταθμού, από ελεγκτικούς οίκους αναγνωρισμένους για την πιστοποίηση των πιεστικών δοχείων και των φιαλών και συσκευών αερίου σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

Θέση

Τα πρατήρια διανομής CNG για ανεφοδιασμό οχημάτων μπορούν να εγκαθίστανται:

- α) Σε βιομηχανικές ζώνες ή βιομηχανικά πάρκα οριζόμενα από τις διατάξεις των περιπτώσεων β και γ της παρ. 2 του άρθρου 1 του Ν.2545/1997, σε ζώνες του άρθρου 24 του Ν.1650/1986 που έχουν ως αποκλειστική ή κύρια χρήση τη βιομηχανία καθώς και σε κάθε άλλη περιοχή ή ζώνη που καθορίζεται σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις της χωροταξικής και πολεοδομικής νομοθεσίας με αποκλειστική ή κύρια χρήση τη βιομηχανία ή τη βιοτεχνία.
- β) Σε περιοχές εκτός σχεδίου πόλεως εφ' όσον δεν απαγορεύεται από άλλες πολεοδομικές διατάξεις.
- γ) Κατ' εξαίρεση των ανωτέρω και σε περίπτωση έλλειψης αντίστοιχων χώρων, πρατήρια διανομής CNG, μπορούν να εγκατασταθούν και σε περιοχές γενικής κατοικίας ή πολεοδομικού κέντρου αρκεί το εμβαδόν του οικοπέδου να είναι τουλάχιστον 1.000 M² για πρατήρια ταχείας πλήρωσης. Το εμβαδόν του οικοπέδου μπορεί να είναι και μικρότερο των 1000 M² για μικρά πρατήρια βραδείας πλήρωσης.

Επιπλέον, θα υπόκεινται στους κάτωθι όρους και προϋποθέσεις που ισχύουν και για τα πρατήρια υγρών καυσίμων, κατ' αναλογία εφαρμοζόμενα και για τα πρατήρια πεπεισμένου Φ.Α.:

α) Π .Δ. 1224/81 (για τα πρατήρια δημόσιας χρήσης), άρθρο 5, παρ. 2 περιπτ. (α), (β), (γ), (ε), παρ. 3 περιπτ. (α), (β), (ε), παρ. 4, άρθρο 6, άρθρο 7, άρθρο 8 και άρθρο 9,

β) Π.Δ. 1224/81 (για τα πρατήρια ιδιωτικής χρήσης), άρθρο 5, παρ. 2 περιπτ. (α), (β), (γ), (ε), παρ. 3(ε), παρ. 4, άρθρο 6 παραγρ. 3,

γ) Όπου αναφέρεται η θέση της «νησίδα των αντλιών ή του φρεατίου της δεξαμενής καυσίμων ή της προβολής του στομίου του σωλήνος εξαερώσεως» θα νοείται η «νησίδα των διανομέων Φ.Α. ή η εγκατάσταση αποθήκευσης πεπεισμένου Φ.Α. ή οι συμπιεστές Φ.Α.»

Εγκαταστάσεις αερίου

Οι εγκαταστάσεις απαρτίζονται από τις αναγκαίες σωληνώσεις, βαλβίδες αποκοπής, βαλβίδες εκτόνωσης και ασφαλείας, καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση, συμπίεση, εξομάλυνση αιχμών και το δίκτυο διανομής.

Οι πιέσεις σχεδιασμού των εγκαταστάσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 10% μεγαλύτερες από τις μέγιστες ονομαστικές πιέσεις λειτουργίας και, σε κάθε περίπτωση, όχι κατώτερες από τις ονομαστικές πιέσεις ανοίγματος των βαλβίδων ασφαλείας.

Σωληνώσεις αερίου

Οι διαστάσεις του συστήματος σωληνώσεων του αερίου πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις αναρρόφησης του συμπιεστή και η λειτουργία του συμπιεστή σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να προκαλεί πρόβλημα χαμηλής ροής, χαμηλής πίεσης, διακύμανσης για το εισερχόμενο σύστημα σωληνώσεων του αερίου.

Σύστημα αντεπιστροφής

Σύστημα αντεπιστροφής πρέπει να τοποθετείται αμέσως μετά τον μετρητή παράλληλα με την ροή και να είναι αποδεκτού τύπου από την εταιρεία μεταφοράς αερίου. Το σύστημα πρέπει να αποτελείται από δύο διατάξεις τουλάχιστον, διάταξη αντεπιστροφής και slam shut (απότομης διακοπής) που λειτουργεί με πίεση (πιεσοστατική βαλβίδα).

Διακόπτης πίεσης αερίου

Διακόπτης αερίου χαμηλής πίεσης πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να αντιλαμβάνεται την πτώση της πίεσης του αερίου που πάει στον συμπιεστή, κάτω από ένα αποδεκτό όριο. Αν υπάρξει βλάβη στην πίεση του αερίου που πάει στον συμπιεστή, πρέπει να διακόπτεται η λειτουργία του συμπιεστή και να μην μπορεί να επαναλειτουργήσει αυτόματα. Τέτοιος διακόπτης πρέπει να εγκρίνεται από την εταιρεία μεταφοράς αερίου.

Διάταξη μέτρησης

Αν εγκαθίσταται σε ανοιχτό χώρο, πρέπει να είναι εξοπλισμένη με γωνίες και διαστολές. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της διάταξης μέτρησης και της περιφραγής που περιβάλλει το πρατήριο πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα.

Σωληνώσεις σταθμού και βοηθητικές διατάξεις

ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥ

Οι σωληνώσεις και οι σύνδεσμοι πρέπει να στερεώνονται σταθερά και ασφαλώς προκειμένου να αποφευχθεί αποσύνδεση σε κανονική λειτουργία που θα μπορούσε να προκληθεί από ταλάντωση, στροφή και μετακίνηση.

ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Το υλικό των σωληνώσεων τροφοδοσίας πρέπει να είναι σύμφωνο με τους ισχύοντες κανονισμούς και να λαμβάνεται υπόψη η πίεση παροχής. Αναγνωρισμένος Κανονισμός είναι ο σχετικός Εθνικός Κανονισμός, ή σχετικό

πρότυπο ΕΛΟΤ, ή εναρμονισμένο Ευρωπαϊκό Πρότυπο της ΕΕ, ή ελλείπει τέτοιων, Εθνικό πρότυπο μιας των χωρών - μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΙΕΣΗΣ

Οποιοσδήποτε μετρητής πρέπει να έχει πλήρη κλίμακα ανάγνωσης τουλάχιστον 1,2 φορές της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας.

Όλοι οι μετρητές που βρίσκονται στο πρατήριο, στις δεξαμενές αποθήκευσης και στους διανομείς πρέπει να έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης.

Χώρος αποθήκευσης αερίου (περιλαμβανομένων και βοηθητικών διατάξεων).

ΔΟΧΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Τα δοχεία αποθήκευσης πρέπει να είναι σύμφωνα με το ISO DIS 11439.

Πρέπει να παρέχονται τα μέσα ώστε να εμποδίζεται η απομόνωση κάθε δοχείου που είναι υπό πίεση από την διάταξη ανακούφισης της πίεσης. Αυτό μπορεί να επιτυγχάνεται με την αφαίρεση κάθε λαβής (χειριστήριο) της βαλβίδας απομόνωσης και την υιοθέτηση επίσημων διαδικασιών για τη θέση εκτός λειτουργίας κάθε ανεξάρτητου δοχείου.

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Τουλάχιστον μία κατάλληλη διάταξη ασφαλείας ανεξάρτητη από την θερμοκρασία πρέπει να τοποθετείται σε κάθε πολλαπλή ομάδα δεξαμενών για να προστατεύεται η αποθήκευση από υψηλότερες πιέσεις από την πίεση σχεδιασμού, με ταχύτητα αποφόρτισης που είναι κατάλληλη για να εξασφαλίζεται η ελεγχόμενη αποσυμπίεση του συστήματος.

Τουλάχιστον μία κατάλληλη διάταξη που απελευθερώνει την πίεση σε μία θερμοκρασία περίπου 1000C όταν χρησιμοποιούνται μεταλλικά δοχεία πίεσης πρέπει να τοποθετείται σε κάθε πολλαπλή ομάδα δεξαμενών, προκειμένου να επιτρέπει την ελεγχόμενη αποφόρτιση σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται δοχεία πίεσεως από άλλο υλικό, πρέπει να αποδεικνύεται ότι η διάταξη ασφαλείας θα λειτουργήσει πριν την καταστροφή του υλικού, λόγω υψηλής θερμοκρασίας, σε περίπτωση φωτιάς.

Τυπολογία σταθμών συμπίεσης

Η δυνατότητα του σταθμού συμπίεσης αναφέρεται στη ποσότητα παροχής Φ.Α. παρακάτω παρουσιάζεται μια συνοπτική τυπολογία δυο σταθμών συμπίεσης.

Πίνακας 5.1 Εξοπλισμός σταθμού συμπίεσης

Εξοπλισμός ⁴	ΤΥΠΟΣ Α	ΤΥΠΟΣ Β
Μονάδα συμπίεσης	4.500m ³ /h	3.000m ³ /h
Διανομέας	Δυο διπλοί	Ένας διπλός +ένας μονός
Κινητές δεξαμενές	Δυο ρυμουλκά	Δυο ρυμουλκά
Απαιτούμενη έκταση	4.500 ÷ 5.500 μ ²	3.000 ÷ 4.300 μ ²
Λειτουργικό τεχνικό προσωπικό	(3)Τρία / οκτάωρο	(2) Δυο / οκτάωρο

Τυπολογία πελατών με βάση την κατανάλωση

Πίνακας 5.2 Τυπολογία βιομηχανικών πελατών

Βιομηχανικοί πελάτες				
Τυπολογία πελάτη	Τυπολογία σταθμού	Κατανάλωση Nm ³ /h	Ημερησία Κατανάλωση Nm ³ (12 ώρες)	Πίεση παροχής (bar)
Μεγάλοι	Τύπος Α	1500	18000	1
Μεσαίοι	Τύπος Α	1000	12000	1
Μικροί	Τύπος Α	600	7200	0.8

Πίνακας 5.3 Τυπολογία πελατών τριτογενή τομέα

Τριτογενείς τομέας				
Τυπολογία πελάτη	Τυπολογία σταθμού	Κατανάλωση Nm ³ /h	Ημερησία Κατανάλωση Nm ³ (12 ώρες)	Πίεση παροχής (bar)
A	Τύπος Α	400	4800	0.8
B	Τύπος Β	200	2400	0.3
Γ	Τύπος Γ	100	1200	0.3
Δ	Τύπος Δ	50	600	0.3

⁴ Πηγή: Enimex

4.6 Παροχή Φ.Α. μέσω κινητών δεξαμενών

Κινητή δεξαμενή είναι η πολυκυλινδρική διάταξη μόνιμα στηριγμένη σε ειδική κινητή βάση , που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του συμπιεσμένου φυσικού αερίου σε άλλα σημεία τροφοδοσίας.

Η παροχή μέσω κινητών δεξαμενών διαφόρων διαστάσεων με συγκεκριμένες διατάξεις σε ό,τι αφορά τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που διέπεται από τον κανονισμό που εφαρμόζεται για την κατασκευή των οχημάτων βάσης μηχανοκίνητων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων τους που προορίζονται για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων (ADR).

Οι διατάξεις και το ωφέλιμο φορτίο διαφέρουν ανάλογα με τη χρήση, την προγραμματισμένη διαδρομή και την ποσότητα μεταφοράς φυσικού αερίου στον τελικό ή τελικούς χρήστες.

Βασικά οι τυπολογίες κινητών δεξαμενών διαφέρουν από το μέγεθος των φιαλών .[14]

Ο όγκος αποθήκευσης **C** υπολογίζεται από:

$$C = V \times P / P_0 \quad (29)$$

όπου:

V = Γεωμετρικός όγκος δεξαμενών σε m³;

P = μέγιστη απόλυτη πίεση σε bar;

P₀ = Βαρομετρική απόλυτη πίεση σε bar με τιμή ίση (ενός) 1 bar.

Η επιλογή της κατάλληλης δεξαμενής ανάλογα με την τυπολογία των πελατών , βασίζεται στην εκτίμηση του ετήσιου κόστους μεταφοράς. Το ετήσιο κόστος για κάθε είδος δεξαμενής προκύπτει από τον αριθμό των δρομολογίων και της απόσβεσης της δεξαμενής.



Εικόνα 4.13 Κινητές δεξαμενές

4.6.1 Ασφάλεια στην οδική μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων

Η συμφωνία ADR αποτελεί την "Ευρωπαϊκή Συμφωνία για την Ασφάλεια στις Διεθνείς Οδικές Μεταφορές Επικινδύνων Εμπορευμάτων" και έχει ονομαστεί έτσι από τα αρχικά των λέξεων του γαλλικού κειμένου "Accord European relatif au transport international des marchandises dangereuses par route".

Η εναρμόνιση της Συμφωνίας ADR στην Ελληνική Νομοθεσία έχει γίνει με την Υπουργική Απόφαση Φ2/21099/1700/ΦΕΚ 509B/7-4-2000.

Η Συμφωνία αναφέρεται στην ασφαλή μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων - μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τα εκρηκτικά, τα υγροποιημένα αέρια (π.χ. προπάνιο, βουτάνιο κ.α.), τα εύφλεκτα υγρά (π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο κ.α.), τα οξέα κλπ, και στις ειδικές απαιτήσεις, που πρέπει να πληρούν τα οχήματα και οι οδηγοί τους.

Οι έλεγχοι των δεξαμενών οχημάτων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: [16]

1. Αρχικός Έλεγχος
2. Περιοδικός Έλεγχος βετίας (Εσωτερικός - Εξωτερικός έλεγχος, Υδραυλική δοκιμή, Στεγανότητα και έλεγχος λειτουργίας εξοπλισμού)
3. Περιοδικός Έλεγχος ζετίας (Δοκιμές Στεγανότητας και έλεγχος εξοπλισμού)



Εικόνα 4.14 Οχήματα μεταφοράς

4.6.2 Τυπολογία κινητών δεξαμενών

ΠΟΛΥΑΡΙΘΜΕΣ ΜΙΚΡΕΣ ΦΙΑΛΕΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ :

Όγκος lt	35.4	40	50	60	80	90
Μήκος mm	819	906	1094	1282	1659	1847
Βάρος kg	41.6	45.3	53.3	61.3	77.4	85.5

ΟΛΙΓΑΡΙΘΜΕΣ ΜΕΓΑΛΕΣ ΦΙΑΛΕΣ

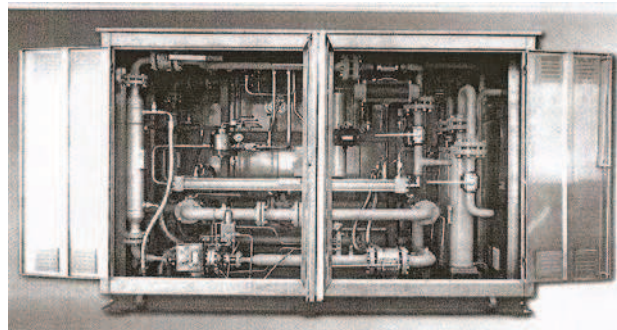
Όγκος lt	1785	1826	1868	2426
Μήκος mm	9100	9300	9500	12192
Βάρος kg	2002	2045	2088	2672



Εικόνα 4.15 τράκτορας μεταφοράς των κινητών δεξαμενών

4.7 Μονάδες αποσυμπίεσης

Για να μειωθεί η τιμή της πίεσης από τις κινητές δεξαμενές (αρχική τιμή 220bar) στις ονομαστικές τιμές λειτουργίας του εξοπλισμού του καταναλωτή (0,25mbar, 1-2bar) εγκαθιστούνται μονάδες αποσυμπίεσης.[14]



Εικόνα 4.16 Μονάδα αποσυμπίεσης

4.8 Οργάνωση δικτύου διανομής αερίου και χωροθέτηση σταθμού

Η μεταφορά στον τελικό καταναλωτή έχει δυο εναλλακτικές επιλογές:

1. Μεταφορά από ιδιόκτητο στόλο από πράκτορες
2. Ανάθεση μεταφοράς εξειδικευμένη εταιρία

Το πλεονεκτήματα της μεταφοράς των καυσίμων με ιδιόκτητους πράκτορες έγκειται στη μείωση του κόστους και τον καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας . Από τη άλλη πλευρά η ανάθεση της μεταφοράς σε άλλη εταιρία παρέχει το πλεονέκτημα της περισσότερο αποτελεσματικής διακίνησης, ιδίως σε επικίνδυνα φορτία όπως η μεταφορά του συμπιεσμένου Φ.Α. και το μικρότερο διοικητικό κόστος για την επιχείρηση.

Η επιλογή της καλύτερης μεθόδου σχετίζεται με τον αριθμό των δρομολογίων, την συχνότητα. Συγκεκριμένα συνήθως αλλά όχι απόλυτα, σε μεγάλους αριθμούς δρομολογίων μα καθημερινή συχνότητα προτιμάτε η χρήση ιδιοκτήτου στόλου, ενώ σε περιπτώσεις με περιοδική μεταφορά προτιμάτε η ανάθεση σε άλλη εταιρία.

Η επιλογή της τοποθεσίας της εγκατάστασης των σταθμών συμπίεσης επηρεάζονται από: [14]

1. Γειτνίαση με τους αγωγούς μεταφοράς Φ.Α.

Η απόσταση του σταθμού συμπίεσης από τον αγωγό Φ.Α. αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για το κόστος του σταθμού και την βιωσιμότητα της επιχείρησης.

2. Απόσταση από δυνητικούς πελάτες

Σημαντικός παράγοντας για την χωροθέτηση των σταθμών είναι η απόσταση από τους δυνητικούς πελάτες στους οποίους θα απευθύνετε ο σταθμός Φ.Α. Στους πελάτες με μεγάλες ημερήσιες ανάγκες η μεγάλη απόσταση από τον σταθμό συμπίεσης αυξάνει τον κίνδυνο μη ομαλής τροφοδοσίας (καιρικές συνθήκες, οδική κατάσταση, απεργίες κτλ) και το κόστος διανομής.

3. Διαθεσιμότητα υποδομών

Τέλος στην επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης του σταθμού συμπίεσης είναι χρήσιμο να εξετασθή η διαθεσιμότητα των υποδομών . Η χωροθέτηση σε θεσμοθετημένη περιοχή η όχι, διευκολύνει την διαδικασία αδειοδοτήσεων, τους όρους πρόσβασης στους αγωγούς Φ.Α.

5. Οικονομική ανάλυση επένδυσης - Αξιολόγηση επενδύσεων

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ανάλυση και αξιολόγηση των επενδύσεων. Αναφέρονται οικονομικοί όροι (χρηματοροή, χρονική αξία χρήματος, αποσβέσεις, κλπ), κριτήρια αξιολόγησης (καθαρή παρούσα αξία, κλπ) και μεταβλητές που θα χρειαστούν στη μελέτη που αναλύεται σε αυτήν την εργασία.

5.1 Εισαγωγή

Η εγκατάσταση και εκμετάλλευση ενός σταθμού συμπίεσης, αποτελεί μια επένδυση. Επένδυση σημαίνει μια πολυσύνθετη δραστηριότητα, κατά την οποία δεσμεύονται οικονομικοί πόροι σε μια παραγωγική δραστηριότητα, με την προσδοκία κάποιων ωφελειών στο μέλλον.

Η οικονομική βιωσιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι των οποίων είναι το κόστος αγοράς του εξοπλισμού, το κόστος γης και έργων υποδομής, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του σταθμού και η διάρκεια ζωής του, η τιμή πώλησης του συμπιεσμένου φυσικού αερίου, το κόστος του χρήματος, το νομοθετικό πλαίσιο, αλλά και οι εναλλακτικές επενδυτικές ευκαιρίες.

Η αφητηρία μιας επένδυσης γίνεται με την επισήμανση της επιχειρηματικής ιδέας, η οποία συγκεκριμενοποιείται σταδιακά μετά από λεπτομερή μελέτη. Αν η ιδέα κριθεί αποδοτική σύμφωνα με κάποια κριτήρια αποδοτικότητας, υλοποιείται. Στο χρονικό διάστημα στο οποίο εκτιμάται ότι θα λειτουργήσει, απορροφά πλουτοπαραγωγικούς πόρους αποδίδοντας παράλληλα αγαθά.

Η προώθηση της επένδυσης προϋποθέτει τη μελέτη, τον προγραμματισμό και τον συντονισμό πολλών δραστηριοτήτων υπό το πρίσμα:

- ✓ Επιχειρηματικό: δέσμευση οικονομικών πόρων, ανάληψη ευθυνών, πρωτοβουλιών και κινδύνων.
- ✓ Τεχνικό: επιλογή τεχνολογίας, τεχνικός σχεδιασμός

- ✓ Χρηματοδοτικό: εξασφάλιση των αναγκαίων χρηματικών κεφαλαίων για την ταμειακή εξυπηρέτηση της επένδυσης.
- ✓ Οικονομικό: εξασφάλιση της οικονομικής αποδοτικότητας μετά από έλεγχο των χρηματικών εισροών και εκροών.
- ✓ Χωροταξικό: επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας
- ✓ Περιβαλλοντικό: έλεγχος των επιπτώσεων στο φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον.
- ✓ Κοινωνικό: έλεγχος των επιπτώσεων στο κοινωνικό περιβάλλον.[24]

5.2 Αξιολόγηση επενδύσεων

Η διαδικασία αξιολόγησης της επένδυσης διαφοροποιείται εν μέρει ανάλογα με την οπτική γωνία από την οποία γίνεται. Συγκεκριμένα, άλλες παραμέτρους κόστους και οφέλους θα συμπεριλάβει ένας ιδιώτης επενδυτής και άλλες ένας δημόσιος φορέας ή και το ίδιο το κράτος.

Στην πρώτη περίπτωση, εφαρμόζεται η ιδιωτικό-οικονομική (χρηματική) αξιολόγηση, δηλαδή εξετάζεται, αν η επένδυση αποφέρει χρηματικό κέρδος στον επιχειρηματία επενδυτή για τα κεφάλαια που διέθεσε. Η ανάλυση στηρίζεται αποκλειστικά στις χρηματικές (ταμειακές) ροές της επένδυσης και αγνοεί τις ευρύτερες επιπτώσεις της στην εθνική οικονομία, στην τοπική ανάπτυξη, στην απασχόληση και στο περιβάλλον.

Σήμερα η πολλαπλότητα και η σοβαρότητα των επιδράσεων απαιτεί συνολική αξιολόγηση. Η ιδιωτική χρηματική αποδοτικότητα αποτελεί απαραίτητο όρο για την υλοποίηση και επιβίωση της επένδυσης. Αντίστοιχα τα οφέλη, που μπορεί να προκύψουν από την επένδυση για το κοινωνικό σύνολο, μπορεί να στρέψει προς άλλες κατευθύνσεις την τελική λήψη απόφασης. Στην περίπτωση που μια επένδυση εμφανίζεται χρήσιμη για το κοινωνικό σύνολο, αλλά μη αποδοτική για τον επενδυτικό φορέα, το κράτος ως φορέας του κοινωνικού συμφέροντος μπορεί να μετατρέψει με διάφορα κίνητρα (επιδοτήσεις, χαμηλότοκα δάνεια) την κοινωνικά ενδιαφέρουσα πρόταση, σε ελκυστική και για τον ιδιώτη επενδυτή.

5.3 Βασικές έννοιες

Σκοπός της ιδιωτικό-οικονομικής ή χρηματικής ανάλυσης είναι να διερευνήσει την ιδιωτική ή χρηματική αποδοτικότητα (επικερδότητα) του σχεδίου επένδυσης. Η ουσία είναι να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ απόδοσης (κέρδους) και επενδύμενου κεφαλαίου.

5.3.1 Χρηματοροή

Ο όρος χρηματοροή ή ταμειακή ροή (cash flow) αναφέρεται στο χρηματικό ποσό που εισέρχεται ή εξέρχεται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή από την επιχείρηση που θα επενδύσει στο σύστημα CNG.

Μια επένδυση χαρακτηρίζεται από μια σειρά χρηματοροών που αρχίζουν από τη φάση της προεπένδυσης και εξακολουθούν να λαμβάνουν χώρα σε όλο το διάστημα της παραγωγικής λειτουργίας της μονάδας. Η αξιοπιστία του σχεδίου επένδυσης προϋποθέτει τον υπολογισμό των χρηματοροών αυτών, αφού ο επενδυτικός φορέας πρέπει να γνωρίζει «αν κάθε στιγμή υπάρχουν διαθέσιμα μετρητά για να πληρωθούν οι λογαριασμοί» που προκύπτουν από την κατασκευή και λειτουργία της παραγωγικής μονάδας.

Θετικές χρηματοροές (ταμειακές εισροές) θεωρούνται όλες οι εισροές μετρητών από τους χρηματοδοτικούς πόρους (ιδία κεφάλαια, δανεισμός, πιστώσεις) και τα έσοδα πωλήσεων της μονάδας (εισπράξεις). Αρνητικές χρηματοροές (ταμειακές εκροές) θεωρούνται οι συνολικές επενδύσεις και εγκαταστάσεις, το λειτουργικό κόστος, η εξυπηρέτηση των δανείων, οι πληρωμές φόρων. Η διαφορά των δύο (εισροές μείον εκροές) δίνει την καθαρή χρηματοροή (πλεόνασμα ή έλλειμμα).

5.3.2 Χρονική αξία χρήματος

Ο όρος χρονική αξία χρήματος εκφράζει τη διαπίστωση ότι ένα χρηματικό ποσό που είναι διαθέσιμο σήμερα είναι περισσότερο χρήσιμο από ένα ίσο που

διατίθεται κάποια χρονική στιγμή στο μέλλον. Ποσοτικοποιείται με ένα επιτόκιο (interest rate) που εκφράζει την αμοιβή δανειζομένου κεφαλαίου και υπολογίζεται συνήθως σε ετήσια βάση σαν ποσοστό του κεφαλαίου αυτού. Το επιτόκιο των τραπεζικών καταθέσεων αποδίδει με τον απλούστερο τρόπο την έννοια αυτής της αμοιβής.

Ένα επενδυτικό σχέδιο χαρακτηρίζεται από μια σειρά χρηματοροών που η κάθε μια απ' αυτές γίνεται σε διαφορετική χρονική στιγμή. Επομένως λόγω της χρονικής αξίας του χρήματος δεν είναι ομοιογενείς και συγκρίσιμες. Η αναγκαία για την οικονομική αξιολόγηση του σχεδίου επένδυσης ομοιογένεια, επιτυγχάνεται με την αναγωγή όλων των χρηματοροών σε κοινή χρονική βάση.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για μια τέτοια αναγωγή είναι ο ανατοκισμός και η προεξόφληση. Με τον ανατοκισμό, οι σημερινές αξίες μετατρέπονται σε ισοδύναμες μελλοντικές, με βάση ένα ορισμένο επιτόκιο i που εκφράζει τη χρονική αξία του χρήματος. Αν C η αξία μιας χρηματοροής σήμερα ή ένα αρχικό ποσό χρημάτων (π.χ. αρχική επένδυση), t ο αριθμός των ετών (χρονική περίοδος) και S_t η μελλοντική αξία της αξίας C μετά την περίοδο t ισχύει η σχέση:

$$S_t = C \cdot (1 + i)^t \quad (30)$$

Με την προεξόφληση, αξίες που αναφέρονται σε κάποια χρονική στιγμή στο μέλλον, ανάγονται σε σημερινές τιμές. Εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της παρούσας αξίας μιας μελλοντικής χρηματοροής C . Έστω C η αξία μιας χρηματοροής ή το κόστος μιας επένδυσης που θα πραγματοποιηθεί μετά από t έτη και P_0 η παρούσα αξία της χρηματοροής C , ισχύει η σχέση:

$$P_0 = C \cdot (1 + i)^{-t} \quad (31)$$

5.3.3 Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των παγίων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης (λόγω φθοράς, τεχνολογικής

απαξίωσης) και θεωρητικά επιτρέπει την αντικατάσταση τους μετά το τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής τους.

Με τη μέθοδο των αποσβέσεων επιδιώκεται η κατανομή του κόστους παγίων στοιχείων σε όλο το χρόνο ζωής τους και η αντίστοιχη επιβάρυνση του κόστους παραγωγής (με συνέπεια και την αντίστοιχη φορολογική ελάφρυνση). Η επιβάρυνση αυτή δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή κατά τα έτη της παραγωγικής λειτουργίας, αφού η δαπάνη για την απόκτηση του περιουσιακού στοιχείου σημειώθηκε κατά την χρονική στιγμή της απόκτησής του. Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου, πρέπει να είναι γνωστά το αρχικό κόστος επένδυσης, ο χρήσιμος χρόνος ζωής του και η υπολειμματική αξία. Στην πράξη χρησιμοποιείται ένα σταθερό συντελεστή απόσβεσης στη θέση του χρήσιμου χρόνου ζωής. Για κάθε κατηγορία περιουσιακού στοιχείου, ισχύει ένας ανώτατος συντελεστής απόσβεσης που καθορίζεται νομοθετικά. Με τους νόμους περί κινήτρων οι συντελεστές αυτοί είναι δυνατόν να προσαυξηθούν ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης της επένδυσης. Η προσαύξηση αυτή, αποτελεί μια έμμεση οικονομική ενίσχυση της επιχείρησης, ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της.

5.3.4 Κόστος χρηματοδότησης

Ένα τμήμα του απαιτούμενου κόστους για την πραγματοποίηση ενός σχεδίου επένδυσης, καλύπτεται συχνά με δανειακά κεφάλαια. Κάθε δάνειο χαρακτηρίζεται από το ύψος του, το χρόνο λήψης, την περίοδο χάριτος αν υπάρχει, το επιτόκιο με το οποίο υπολογίζονται οι τόκοι του δανείου, τη συμφωνία ή όχι των τόκων κατά την περίοδο χάριτος, και τον τρόπο αποπληρωμής του δανείου. Η αποπληρωμή γίνεται με τοκοχρεολυτικές δόσεις που περιλαμβάνουν το χρεολύσιο, δηλαδή την επιστροφή του δανείου και τον τόκο για το υπόλοιπο κεφάλαιο.

5.4 Ανάλυση κόστους - οφέλους

Η ανάλυση κόστους - οφέλους (Cost - Benefit Analysis) υπολογίζει την ισοδύναμη χρηματική αξία κόστους και οφέλους για την κοινωνία κάποιων έργων ή προγραμμάτων για να αποδείξει αν αξίζει να πραγματοποιηθούν ή όχι. Αυτά τα προγράμματα μπορεί να είναι γέφυρες, αυτοκινητόδρομοι και φράγματα ή ακόμα εκπαιδευτικά σεμινάρια και συστήματα υγείας.[13]

Η ανάλυση κόστους οφέλους προσδιορίζει αρχικά τις συνιστώσες κόστους και οφέλους ενός έργου ή μιας επένδυσης, αφού πρώτα έχει γίνει μελέτη και καθορισμός όλων των παραμέτρων που αφορούν στο έργο, π.χ. τεχνολογικές και περιβαλλοντικές. Στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση του σχεδίου με τη χρήση κριτηρίων οικονομικής αποδοτικότητας, έτσι ώστε να εκτιμηθεί κατά πόσο θα πρέπει να γίνει μια επένδυση ή όχι.

Για να αποφασιστεί το αν ένα σχέδιο αξίζει να πραγματοποιηθεί ή όχι, πρέπει όλες οι πλευρές του, αρνητικές και θετικές, να εκφράζονται σε όρους μιας κοινής μονάδας. Η πιο βολική κοινή μονάδα είναι τα χρήματα. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα οφέλη και τα κόστη ενός προγράμματος πρέπει να μετρώνται με την ισοδύναμη χρηματική τους αξία, π.χ. με ευρώ. Επίσης θα πρέπει τα κόστη και τα οφέλη να εκφράζονται σε ευρώ συγκεκριμένης χρονικής στιγμής.

5.5 Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης

Η απόφαση για την προώθηση μιας επένδυσης είναι ιδιαίτερα σημαντική και επομένως είναι απαραίτητη η διερεύνηση της χρηματο-οικονομικής αποδοτικότητας του εξεταζόμενου σχεδίου επένδυσης, για τον ίδιο τον επενδυτή.

Η διαδικασία της οικονομικής ανάλυσης περιλαμβάνει σύνθεση των στοιχείων κόστους και οφέλους της επένδυσης. Πιο αναλυτικά πρέπει να εκτιμηθούν τα εξής στοιχεία: [22]

- ✓ Το συνολικό κόστος της επένδυσης και η σχεδιαζόμενη χρονική κατανομή των εκροών
- ✓ Το κατάλληλο χρηματοδοτικό σχήμα, δηλαδή το ύψος του μετοχικού κεφαλαίου, η επιχορήγηση και το δάνειο
- ✓ Ο προβλεπόμενος χρήσιμος χρόνος ζωής της επένδυσης
- ✓ Η προβλεπόμενη παραγωγή και τα αναμενόμενα έσοδα
- ✓ Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- ✓ Η πιθανή υπολειμματική αξία της επένδυσης
- ✓ Το νομικό και οικονομικό περιβάλλον μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει η επιχείρηση και το οποίο καθορίζει το ύψος των φορολογικών συντελεστών, το ρυθμό απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων και το ύψος του πληθωρισμού.

5.5.1 Καθαρή παρούσα αξία

Το κριτήριο αυτό αποτελεί ένα ευρύτατο εφαρμοζόμενο μέτρο οικονομικής αποδοτικότητας για την αξιολόγηση των σχεδίων επένδυσης. Η καθαρή παρούσα αξία γνωστή με τα αρχικά NPV (Net present value) εκφράζει την αξία σε χρηματικές μονάδες, που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των καθαρών χρηματοροών κάθε έτους (διαφορά των μελλοντικών ταμειακών εισροών ή εσόδων και εκροών ή εξόδων) για ολόκληρο τον χρονικό ορίζοντα του σχεδίου επένδυσης.

Υπολογίζεται από την γενική σχέση:

$$NPV = \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1+i)^{-t} \quad (32)$$

όπου i το επιτόκιο προεξόφλησης, t η περίοδος προεξόφλησης και n το σύνολο των χρονοσειρών ή ροών.

Το επιτόκιο προεξόφλησης επιλέγεται με βάση τις τρέχουσες συνθήκες της τραπεζικής αγοράς, εφόσον αυτή λειτουργεί ομαλά και αντανακλά τις

πραγματικές συνθήκες προσφοράς και ζήτησης κεφαλαίων. Συνήθως προστίθεται στο τραπεζικό επιτόκιο ένα επιπλέον ποσοστό, το λεγόμενο περιθώριο κινδύνου, που έχει σκοπό να αντισταθμίσει το ρίσκο του εγχειρήματος και κυμαίνεται μεταξύ 1% και 4% ανάλογα με το βαθμό αβεβαιότητας του σχεδίου επένδυσης.

Η καθαρή παρούσα αξία είναι αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης γιατί μετατρέπει τις μελλοντικές ροές αξιών του σχεδίου επένδυσης σε παρούσες αξίες, δηλαδή αυτές που ισχύουν τη στιγμή που παίρνεται η απόφαση. Η ίδια η τιμή της NPV δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία. Αυτό που ενδιαφέρει είναι αν είναι θετική ή αρνητική. Γενικά αν η NPV είναι θετική, αυτό σημαίνει ότι η αποδοτικότητα είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό. Αν η NPV είναι αρνητική, σημαίνει ότι η αποδοτικότητα είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο απορρίπτεται. Αν η NPV είναι μηδέν, η αποδοτικότητα είναι οριακή.

5.5.2 Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης

Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης γνωστός με τα αρχικά IRR (Internal rate of return) είναι το υπολογιζόμενο επιτόκιο (εσωτερική αποδοτικότητα) με το οποίο η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών είναι ίση με την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών. Δηλαδή η άθροιση των καθαρών χρηματοροών όλου του χρονικού ορίζοντα του σχεδίου επένδυσης είναι ίση με το μηδέν.

Με μαθηματική έκφραση το κριτήριο αυτό διατυπώνεται ως εξής:

$$NPV = \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad (33)$$

Με άλλα λόγια είναι ένα μοναδικό επιτόκιο που κάνει την προηγούμενη NPV να είναι μηδέν.

Από την σύγκριση της τιμής του IRR με το επίσημο επιτόκιο της αγοράς i συμπεραίνεται η αποδοτικότητα (αν ο IRR είναι μεγαλύτερος) ή μη του σχεδίου

επένδυσης (αν ο IRR είναι μικρότερος). Σε περίπτωση εναλλακτικών σχεδίων επιλέγεται εκείνο που έχει τον υψηλότερο IRR.

5.5.3 Έλεγχος αξιοπιστίας αποδοτικότητας - Ανάλυση αβεβαιότητας

Μετά την εκτίμηση της αποδοτικότητας του σχεδίου επένδυσης, ελέγχουμε και αξιολογούμε την τυχούσα αβεβαιότητα που συνδέεται με την εκτίμηση αυτή. Αφορά την ακρίβεια των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν ή και εξωγενείς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές αυτές στο μέλλον.

Η ανάλυση αβεβαιότητας είναι επιβεβλημένη όταν η φύση του κλάδου και το συγκεκριμένο σχέδιο συνδέονται με ορισμένους προβλέψιμους ή όχι κινδύνους. Ο κίνδυνος (risk) και η αβεβαιότητα που είναι εγγενείς σε διάφορα σχέδια επένδυσης καθιστούν αναγκαία τη διερεύνηση του θέματος αυτού κατά τη διαδικασία αξιολόγησης.

Υπάρχουν πολλές μορφές κινδύνων και αβεβαιότητας στα σχέδια επένδυσης, που επηρεάζουν τα βασικά μεγέθη των ταμειακών ροών τους, πράγμα που επιδρά τελικά στην αποδοτικότητα τους.

Με την ανάλυση αβεβαιότητας επιχειρείται η ποσοτική διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει η διακύμανση μιας σημαντικής παραμέτρου στην οικονομικότητα της επένδυσης. Συγκεκριμένα υπολογίζεται η τιμή του κριτηρίου της οικονομικής αποδοτικότητας (π.χ. IRR) για μια σειρά τιμών που πιθανά θα λάβει μια παράμετρος στο μέλλον.

5.6 Χρόνος ζωής

Ο χρήσιμος χρόνος ζωής ενός σταθμού, αφορά το χρόνο λειτουργίας του. Για τις περισσότερες περιπτώσεις χρηματοοικονομικής ανάλυσης σαν χρονικός

ορίζοντας λαμβάνονται τα 15 έτη, και αν ο χρήσιμος χρόνος ζωής είναι μεγαλύτερος λαμβάνεται υπόψη η υπολειμματική αξία της επένδυσης.

Ο επενδυτής πρέπει να έχει υπόψη του ότι πριν αρχίσει η εγκατάσταση πρέπει να προηγηθεί μια περίοδος μετρήσεων. Παράλληλα μπορεί να αρχίσει η διαδικασία αδειοδότησης, η οποία σε πολλές περιπτώσεις είναι αρκετά χρονοβόρα και μπορεί να διαρκέσει από 12 μήνες μέχρι και 36 μήνες. Ακολουθεί η περίοδος κατασκευής, όπου περιλαμβάνεται η μεταφορά του εξοπλισμού, η κατασκευή των έργων υποδομής (δρόμοι, σύνδεση με δίκτυο), ακολουθεί η θεμελίωση, η ανέγερση και η έναρξη λειτουργίας (commissioning).

Γενικά ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης, δεν περιλαμβάνει τα αρχικά στάδια μέτρησης και το χρόνο που απαιτεί η αδειοδοτική διαδικασία παρόλο που σε αυτές τις φάσεις υπάρχουν σημαντικές δαπάνες, αλλά ξεκινάει τη στιγμή που έχει εκδοθεί η άδεια και αρχίζει η κατασκευή — εγκατάσταση.

6. Οικονομικά στοιχεία μελέτης – περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη. Αναλύονται τα σταθερά κόστη της μελέτης (εγκατάστασης, λειτουργίας, κλπ.) και οι παράμετροι του μοντέλου (καθορισμός τιμής CNG, μικτό περιθώριο κέρδους για την εταιρία, μέγεθος πελατών, κλπ.)

6.1 Περιγραφή μοντέλου

Τα βασικά μεγέθη που απαιτούνται για την ανάλυση μιας επένδυσης είναι τα παρακάτω:

- Έτος: Αφορά την περίοδο της επένδυσης η οποία συνήθως είναι ετήσια. Η πρώτη περίοδος (0) αναφέρεται στο παρόν. Εάν η περίοδος είναι διαφορετική του έτους το επιτόκιο αναγωγής (όπου χρησιμοποιείται) θα πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα. Εδώ, ο ορίζοντας της μελέτης είναι τα 20 χρόνια.
- Εκροές: Αναφέρεται στο κόστος της επένδυσης (π.χ. κατασκευή κτιρίων, αγορά εξοπλισμού). Στη μελέτη αυτή οι εκροές αναφέρονται στο συνολικό κόστος κατασκευής του σταθμού, στην αγορά των φιαλών και των οχημάτων μεταφοράς και συμβαίνουν στο έτος 0 δηλαδή στην αρχή της μελέτης. Επίσης, περίπου κατά το δέκατο έτος θα χρειαστεί μία επανεπένδυση που αναφέρεται στο κόστος βαριάς συντήρησης ή ανακατασκευής του σταθμού.
- Εισροές: Οι εισροές (έσοδα) που πετυχαίνει η επένδυση ανά περίοδο. Σε κάθε περίοδο οι εισροές μπορεί να είναι διαφορετικές. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι εισροές είναι τα έσοδα από την πώληση του CNG και το κόστος των μεταφορικών για την μεταφορά του CNG στους πελάτες το οποίο είναι κόστος για τους πελάτες
- Κόστη λειτουργίας: Το κόστος λειτουργίας της επένδυσης (π.χ. μισθοί, πρώτες ύλες κλπ). Σε κάθε περίοδο το κόστος λειτουργίας μπορεί να

είναι διαφορετικό. Το κόστος λειτουργίας αναφέρεται στους μισθούς των εργαζομένων στο σταθμό, στην αγορά του φυσικού αερίου από τη ΔΕΠΑ, στο λειτουργικό κόστος του σταθμού (ρεύμα, συντήρηση, αναλώσιμα, κλπ.) και στο λειτουργικό κόστος μεταφοράς του CNG στους πελάτες (καύσιμα, οδηγοί, συντήρηση) τα οποία τα πληρώνει η εταιρία αφού τα έχει εισπράξει αρχικά από τους πελάτες.

- Μεικτά αποτελέσματα: Υπολογίζονται ανά περίοδο και ισχύει
Μεικτά αποτελέσματα = Εισροές - Εκροές - Κόστη λειτουργίας
- Αποσβέσεις: Οι αποσβέσεις υπολογίζονται βάσει του συντελεστή απόσβεσης και της αξίας του παγίου εξοπλισμού της επένδυσης. Έτσι εάν ο συντελεστής απόσβεσης είναι $X\%$ και το κόστος εξοπλισμού της επένδυσης (εκροές) είναι $Z\text{€}$, η ετήσια απόσβεση υπολογίζεται ως $X\% * Z\text{€}$ και αποτελεί ένα γραμμικό συντελεστή απόσβεσης. Στην απλοποιημένη μορφή των προβλημάτων ανάλυσης επένδυσης ο συντελεστής απόσβεσης εφαρμόζεται στις «εκροές». Οι αποσβέσεις υπάρχουν μέχρι τη χρονική στιγμή που το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης για εξοπλισμό (εκροές) έχει αποσβεσθεί πλήρως. Εάν υπάρχουν εκροές σε περισσότερα από ένα έτη, οι αποσβέσεις πρέπει να υπολογίζονται σε διαφορετικές στήλες για κάθε εκροή. Όπως προκύπτει από τους πίνακες Αποσβέσεων - Συντελεστές Αποσβέσεων⁵ ο συντελεστής απόσβεσης για το σταθμό συμπίεσης είναι 3% , για τις φιάλες μεταφοράς είναι 13% , για τα οχήματα είναι 18% και για τα μηχανήματα και τις εγκαταστάσεις των πρατηρίων είναι 12% .
- Καθαρά αποτελέσματα προ φόρων: Υπολογίζονται ανά περίοδο και ισχύει
Καθαρά αποτελέσματα προ φόρων = Μεικτά αποτελέσματα - Αποσβέσεις
- Φόρος: Υπολογίζεται ανά περίοδο ως εξής:
Φόρος = Συντελεστής φορολόγησης * Καθαρά αποτελέσματα προ φόρων
Ο φόρος υπολογίζεται μόνο εάν υπάρχουν θετικά καθαρά αποτελέσματα

⁵ Πηγή: <http://www.taxheaven.gr>

προ φόρων. Εδώ ο συντελεστής φορολόγησης για το φυσικό αέριο είναι 20%⁶.

- Καθαρό κέρδος: Υπολογίζεται ανά περίοδο ως εξής:
Καθαρό κέρδος = Μεικτά αποτελέσματα - Φόρος.
- Εναπομένουσα Αξία: Ονομάζεται και «Υπολειμματική Αξία» και φανερώνει την αξία της επένδυσής στο τέλος του ορίζοντα της επένδυσης (διάρκεια επένδυσης). Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά, η εναπομένουσα αξία είναι οι συνολικές εκροές (δαπάνες για την «ανάπτυξη» της επένδυσης μείον τις συνολικές αποσβέσεις).
- Καθαρές ροές: Οι καθαρές ροές διαφοροποιούνται ως προς το καθαρό κέρδος μόνο στο τελευταίο έτος της επένδυσης καθώς στο έτος αυτό προστίθεται η εναπομένουσα αξία στο καθαρό κέρδος αν υπάρχει.

Με την παραπάνω διαδικασία πετυχαίνεται ο υπολογισμός των καθαρών ροών (ταμειακές ροές) ανά περίοδο που απαιτούνται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράμετροι του μοντέλου και τα κόστη της επένδυσης.

6.2 Κόστος εγκατάστασης

Ένας τυπικός σταθμός συμπίεσης και ανεφοδιασμού έχει περιγραφεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Εν συντομία, τα κυριότερα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας σταθμός είναι

- Εξοπλισμός μέτρησης φυσικού αερίου
- Εξοπλισμός ξήρανσης φυσικού αερίου
- Συμπιεστές
- Σύστημα ψύξης φυσικού αερίου
- Συσκευές διανομής για τον ανεφοδιασμό των δεξαμενών (dispenser)
- Ηλεκτρικοί πίνακες
- Αντλίες, μάνικες, ακροφύσια πλήρωσης, κλπ.

⁶ Πηγή: ΕΠΑ Αττικής

Στην συγκεκριμένη μελέτη ο σταθμός που θα εγκατασταθεί θα είναι γρήγορης πλήρωσης με παροχή 5000 m³ /h και θα αποτελείται από 2 – 3 διπλά dispenser. Το κόστος του σταθμού μαζί με εξοπλισμό και διαμόρφωση χώρου ανέρχεται περίπου στο 1.500.000 €⁷.



Εικόνα 6.1 Τυπικός σταθμός συμπίεσης

Ένα από τα πιο ιδανικά μέρη για την εγκατάσταση του σταθμού θα ήταν η ευρύτερη περιοχή του Κορωπίου (εκτός της κατοικημένης περιοχής). Το σημείο αυτό πληροί τις προϋποθέσεις για την βέλτιστη χωροθέτηση του σταθμού που έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα, αγωγός μέσης πίεσης είναι εγκατεστημένος στην συγκεκριμένη περιοχή, οπότε η συμπίεση του αερίου θα ξεκινάει από μεγαλύτερη πίεση. Επίσης, ο σταθμός θα είναι σε κοντινή απόσταση από τις περιοχές που θα εξυπηρετηθούν (Μαραθώνας και Σούνιο). Τέλος, η περιοχή επειδή είναι βιομηχανική-ημιαστική υπάρχουν οι υποδομές για την εγκατάσταση του σταθμού. Η συνολική απόσταση του σταθμού συμπίεσης (από και προς τους πελάτες) κυμαίνεται από 50 – 90 km.

⁷ Πηγή: ENIMEX



Εικόνα 6.2 Χάρτης Κορωπίου με τους υπάρχοντες αγωγούς διανομής φυσικού αερίου

6.3 Κόστος κινητών δεξαμενών

Οι κινητές δεξαμενές που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι σε συστοιχία πολυάριθμες μικρές φιάλες συνολικής χωρητικότητας 5000 m³ και ολιγάριθμες μεγάλες φιάλες συνολικής χωρητικότητας πάλι 5000 m³. Ο κάθε πελάτης θα χρησιμοποιεί μία συστοιχία φιαλών και όταν αδειάζει ένας τράκτορας θα φέρνει τις γεμάτες φιάλες και θα παίρνει τις άδειες για γέμισμα.

Το κόστος για την μία συστοιχία πολυάριθμων μικρών φιαλών είναι 200000 €, ενώ η συστοιχία των ολιγάριθμων μεγάλων φιαλών κοστίζει 250000 €. Ο αριθμός των φιαλών που θα αγοραστούν πρέπει να υπολογιστεί με βάση το πόσο πελάτες θα υπάρχουν και να προστεθούν ανάλογα και κάποιες ακόμα φιάλες

που θα είναι άδειες. Οι «ελεύθερες» φιάλες θα είναι το 1/3 των φιαλών που θα αντιστοιχούν στους πελάτες και είναι υπεραρκετές ώστε κάθε φορά ο κάθε πελάτης να παίρνει την γεμάτη φιάλη και να δίνει την άδεια. Η παροχή του σταθμού θα είναι 5000 m³/h, οπότε η κάθε συστοιχία γεμίζει σε μία ώρα και τα ακροφύσια πλήρωσης θα είναι 2 – 3.

Ανάλογα την πελατεία προκύπτει και ο αριθμός των φιαλών. Δηλαδή,

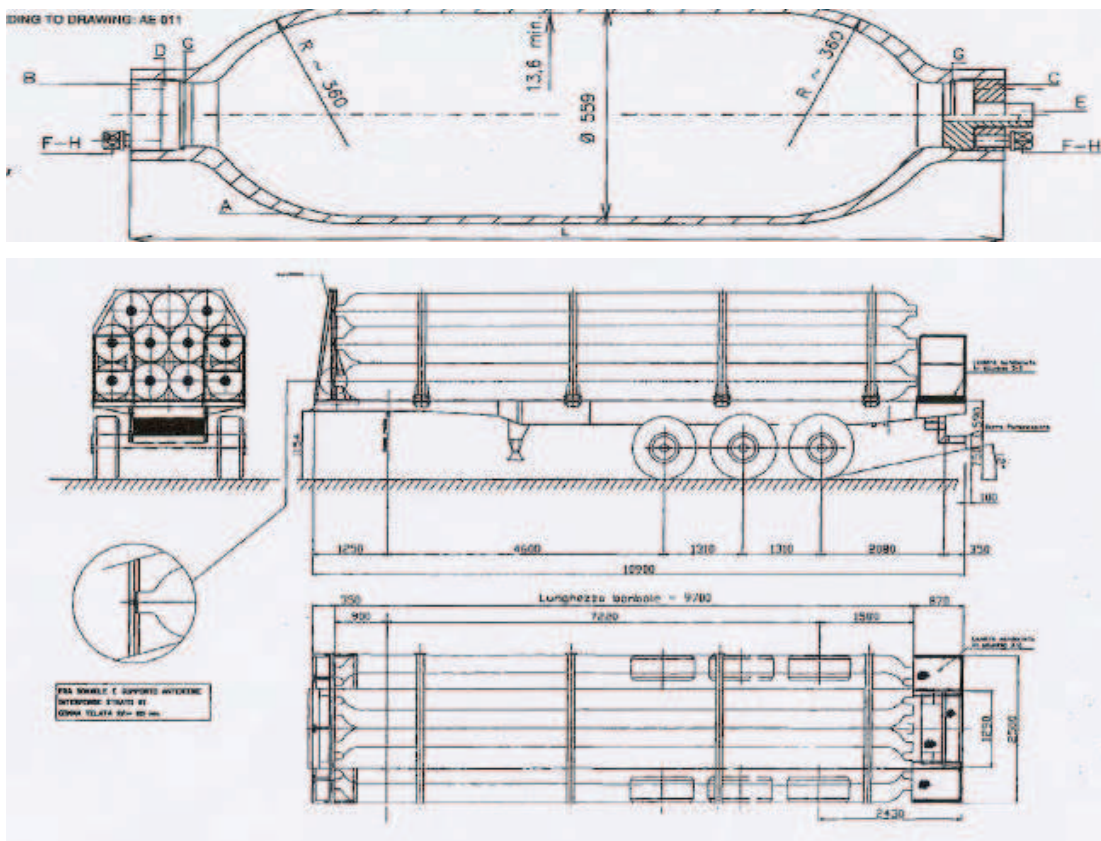
$$A.Φ. = (K/MK) + (K/MK)/3$$

Όπου Α.Φ. = αριθμός φιαλών,

K = ετήσιες καταναλώσεις σταθμού

MK = κατανάλωση μέσου πελάτη = 382.000 m³ (από στατιστική έρευνα)

K/MK = αριθμός πελατών



Εικόνα 6.3 Διαστασιολόγηση φιαλών

6.4 Κόστος Τρακτόρων – οχημάτων μεταφοράς

Οι κινητές δεξαμενές μεταφέρονται στους πελάτες με τράκτορες. Τοποθετείται η γεμάτη δεξαμενή, μεταφέρεται και παραδίδεται στον πελάτη και η άδεια δεξαμενή επιστρέφει στον σταθμό για να ξαναγεμίσει και να μεταφερθεί σε άλλο πελάτη.

Ένας ενδεικτικός τράκτορας είναι της εταιρίας MAN ο TGS 440 PS αυτόματος και μεικτό βάρος 18 τόνοι. Η αξία αγοράς του είναι περίπου 70000 €⁸ και το κόστος θα το επιβαρυνθεί η εταιρία που θα πουλήσει το CNG. Για τον υπολογισμό του αριθμού των οχημάτων θα λάβουμε υπ όψιν την συχνότητα των δρομολογίων και των αριθμό των πελατών. Για να υπολογιστεί ο αριθμός των οχημάτων που θα χρειαστούν για να μεταφέρουν τις φιάλες στους πελάτες θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία.

Διάρκεια ταξιδιού Δ.Τ. = (ΑΠ/ΜΤ),

όπου ΑΠ = απόσταση πελάτη από και προς το σταθμό (50-90 km)

ΜΤ = μέση ταχύτητα του οχήματος μεταφοράς (για ημιαστική περιοχή περίπου 45 km/h)

Έτσι, για μέση απόσταση πελάτη από σταθμό 70km η διάρκεια ταξιδιού είναι 1,55 h. Επίσης, η διάρκεια σύνδεσης και αποσύνδεσης των φιαλών είναι περίπου 15 min (0.25h) και η διάρκεια φόρτωσης και εκφόρτωσης αυτών είναι περίπου 15 min (0.25h). Έτσι, ένας πελάτης απασχολεί 2 ώρες ένα όχημα και ένα όχημα εξυπηρετεί 4 πελάτες σε ένα οχτάωρο.

Οι μεγαλύτεροι πελάτες (900.000 m³) χρειάζονται μέρα παρά μέρα γέμισμα (900.000/5.000=180 φορές γέμισμα ανά έτος). Άρα, ένα όχημα αρκεί για 8 μεγάλους πελάτες (η ανώτερη περίπτωση). Οπότε ανάλογα την πελατεία προκύπτει και ο αριθμός των οχημάτων και ο αριθμός των οδηγών τους.

⁸Πηγή: MAN HELLAS



Εικόνα 6.4 Τράκτορας μεταφοράς φιαλών

6.5 Μισθός προσωπικού στο σταθμό

Στον σταθμό συμπίεσης της ΔΕΠΑ στην Ανθούσα απασχολούνται 12 άτομα. Σύμφωνα με την σύμβαση του προσωπικού των πάσης φύσεων επιχειρήσεων πετρελαίου και υγραερίων ένας καθαρός μηνιαίος μέσος μισθός μιας μέσης ηλικίας εργαζομένου είναι 1150€. Ο μικτός προκύπτει 1645€ ώστε αφαιρώντας 30% που είναι οι κρατήσεις να προκύψει ο καθαρός. Επίσης για τις εργοδοτικές εισφορές ισχύει: (μικτά) +29%*(μικτά). Άρα ο μηνιαίος μισθός μαζί και με τις εργοδοτικές εισφορές προκύπτει 2122,05€ και ο ετήσιος είναι (14 μισθοί): 29708,70€.

Ανάλογα για τους οδηγούς ένας καθαρός μηνιαίος μέσος μισθός μιας μέσης ηλικίας εργαζομένου είναι 1200€. Με ανάλογο τρόπο υπολογισμού, ο μικτός προκύπτει 1700€, με τις εργοδοτικές εισφορές προκύπτει 2193€ και ο ετήσιος (*14) είναι 30702€. Ο οδηγός όμως θα πληρώνεται ανάλογα τις ώρες που θα οδηγεί.

Έτσι ο τύπος υπολογισμού για το ωρομίσθιο είναι :

$$(\Omega.M) = (H.M)/6,667, (H.M) = (M.M)/25, (M.M) = (E.M)/12$$

όπου $\Omega.M$ = ωρομίσθιο
 $H.M$ = ημερομίσθιο
 $M.M$ = μηνιαίος μισθός
 $E.T$ = ετήσιος μισθός

Ο αριθμός 25 είναι οι μέρες ασφάλισης κάθε μήνα και ο αριθμός 6,667 είναι οι ημερήσιες ώρες ασφάλισης και προκύπτει από $40/6=6,667$ όπου 40 = οι ώρες εργασίας ανά εβδομάδα και 6 είναι οι μέρες ασφάλισης την εβδομάδα.
 Έτσι, ο ωρομίσθιος μισθός για τους οδηγούς προκύπτει 15,35 €.

6.6 Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του σταθμού υπολογίζεται στα 0,065€/m³⁹. Στο λειτουργικό κόστος περιλαμβάνεται το ηλεκτρικό ρεύμα για την λειτουργία του σταθμού και την συμπίεση του φυσικού αερίου, την προγραμματισμένη συντήρηση και τα αναλώσιμα. Η συντήρηση του σταθμού γίνεται κάθε 1.000 ώρες λειτουργίας και η γενική κάθε 4.000 ώρες. Επίσης, μετά τις 30.000 ώρες χρειάζεται ανακατασκευή ή βαριά συντήρηση με κόστος περίπου 1.000.000€.

Όσον αφορά το λειτουργικό κόστος των οχημάτων έχουμε για τα καύσιμα ότι η κατανάλωση καυσίμου των τρακτόρων είναι περίπου 0.31 λίτρα/km και η μέση τιμή πετρελαίου κίνησης είναι 1,4 €/λίτρο. Έτσι, υπολογίζονται τα καύσιμα ανάλογα με τα χιλιόμετρα που διανύει ο τράκτορας. Ο τύπος υπολογισμού είναι

$$\text{Κοστος.Μεταφορικων} = (\text{Ποσοτητα.Καυσιμου}) * (\text{Κοστος.Καυσιμου})$$

$$\text{Ποσοτητα.Καυσιμου} = \frac{(\text{καταναλωση.καυσιμου.οχηματος} \text{ ανα } \text{km}) * (\text{ετησια.χιλιομετρα.οχηματος})}{\text{km}}$$

⁹ Πηγή: ENIMEX

Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο μισθός των οδηγών είναι 15,35€/ώρα και ανάλογα την διάρκεια και την συχνότητα των δρομολογίων προκύπτει ο τελικός μισθός. Τέλος, τα τέλη κυκλοφορίας για τον τράκτορα είναι 700€, η ασφάλεια περίπου 400€ και περίπου 900€ το χρόνο για συντήρηση και αναλώσιμα¹⁰. Άρα, το συνολικό κόστος συντήρησης είναι 2000€ και αν διαιρεθεί με τα συνολικά ετήσια χιλιόμετρα που κάνει το όχημα προκύπτει το κόστος σε €/km. Όσον αφορά το συνολικό κόστος των μεταφορικών που θα πληρώσει ο πελάτης θα είναι το άθροισμα των τριών προηγούμενων ποσών, δηλαδή (Συνολικό κόστος) = (κόστος καυσίμων) + (κόστος οδηγού) + (κόστος λειτουργικό). Έτσι, προκύπτει ένα συνολικό ετήσιο ποσό για την λειτουργία των τρακτόρων το οποίο μπορεί να εκφρασθεί και σε €/m³ (διαιρώντας με τις συνολικές ετήσιες καταναλώσεις) ώστε να υπολογίζεται η τελική αξία των μεταφορικών που θα επιβαρυνθούν οι καταναλωτές.

6.7 Κόστος μονάδων αποσυμπίεσης

Για να μειωθεί η τιμή της πίεσης από τις κινητές δεξαμενές (αρχική τιμή 220bar) στις ονομαστικές τιμές λειτουργίας του εξοπλισμού του καταναλωτή (0,25mbar, 1-2bar) εγκαθιστούνται μονάδες αποσυμπίεσης. Το κόστος των μονάδων αυτών περίπου 10.000 – 15.000€ και επιβαρύνουν τους καταναλωτές. Επίσης, κάποιοι καταναλωτές θα χρειαστεί να κάνουν αλλαγές στο υπάρχων σύστημα σωληνώσεων ώστε να λειτουργεί με ασφάλεια το σύστημα λόγω αλλαγής καυσίμου. Αυτές οι αλλαγές (αν χρειάζονται) κοστολογούνται περίπου από 20.000 – 100.000€. Όσο μεγαλύτερος είναι ο καταναλωτής τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος των αλλαγών λόγω μεγαλύτερων σωληνώσεων και εξαρτημάτων σε μήκος και διάμετρο. Έτσι θεωρήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης αυτής ότι για καταναλωτή με 20.000 m³ το κόστος αλλαγών μπορεί να φτάσει στα 15.000€, για καταναλωτή με 200.000 m³ το κόστος μπορεί να φτάσει τα 30.000€, για καταναλωτή με 450.000 m³ το κόστος μπορεί να φτάσει τα 50.000€, για καταναλωτή με 700.000 m³ το κόστος μπορεί να φτάσει τα 50.000€ και για καταναλωτή με 900.000 m³ το κόστος μπορεί να φτάσει τα 100.000€

¹⁰ Πηγή: MAN HELLAS

6.8 Ανάλυση παραμέτρων μελέτης

Από στατιστική ανάλυση (ερωτηματολόγια) στις περιοχές του Μαραθώνα και του Σουνίου 10 διαφορετικά αντιπροσωπευτικά δείγματα καταναλωτών (ξενοδοχεία) είναι τα εξής

Πίνακας 6.1 Κατηγοριοποίηση πελατών

α/α	Δυναμικότητα πελατών (m ³)
1	900.000
2	750.000
3	600.000
4	500.000
5	400.000
6	300.000
7	200.000
8	100.000
9	50.000
10	25.000

Δηλαδή ένας μέσος καταναλωτής θα έχει κατανάλωση περίπου 382.000m³.

Ο συντελεστής φορολόγησης που θα χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί ο φόρος είναι 20%¹¹ για το φυσικό αέριο. Όσον αφορά τους συντελεστές απόσβεσης που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής

Πίνακας 6.2 Συντελεστές απόσβεσης¹²

	Σταθμός Συμπίεσης	Φιάλες μεταφοράς	Οχήματα	Μηχανήματα και εγκαταστάσεις πρατηρίων
Συντελεστής απόσβεσης	3%	13%	18%	12%

Για το επιτόκιο αναγωγής συνήθως χρησιμοποιείται η τιμή 8%, αλλά στην συγκεκριμένη μελέτη σε κάποια σενάρια θα είναι ως μεταβλητό κριτήριο με τιμές 4% - 12%.

Ένα άλλο κριτήριο στην μελέτη θα είναι η διαφορετική παραγωγή CNG από την εταιρία, δηλαδή ανάλογα πόσους πελάτες θα έχει το χρόνο. Για ένα μέσο καταναλωτή 382000 m³, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι τιμές για το κριτήριο αυτό θα μεταβάλλονται από 2*10⁶ m³ (περίπου 5 πελάτες) μέχρι 10*10⁶ m³ (περίπου 26 πελάτες).

Ένα από τα βασικά έξοδα της εταιρίας θα είναι η αγορά φυσικού αερίου ώστε αργότερα να μεταπωληθεί συμπιεσμένο. Για την τιμή αγοράς του αερίου θα γίνει μία προσέγγιση ώστε να υπολογιστεί με το μικρότερο δυνατό σφάλμα γιατί η πραγματική τιμή του δεν μπορεί να υπολογιστεί ακριβώς λόγω έλλειψης στοιχείων. Για την προσέγγιση της τιμής θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία: Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας δημοσιοποιεί κάθε μήνα την μεσοσταθμική τιμή εισαγωγής φυσικού αερίου. Σύμφωνα με το άρθρο **European Residential Energy Price Report 2011** η παραπάνω τιμή είναι το 62% της συνολικής τιμής. Το υπόλοιπο 28% ανήκει στα έξοδα μεταφοράς του αερίου στην Ελλάδα και

¹¹ Πηγή: ΕΠΑ Αττικής

¹² Άρθρο Πίνακες Αποσβέσεων – Συντελεστές Αποσβέσεων – www.taxheaven.gr

στην αποθήκευσή του και το άλλο ποσοστό ανήκει σε φόρους κλπ. Επίσης, η μηνιαία τιμή του αερίου προκύπτει από τις τιμές του Brent που ισχύουν τους έξι προηγούμενους μήνες και ανάλογα αυξομειώνεται. Έτσι σύμφωνα με τους πίνακες της ΡΑΕ η μεσοσταθμική τιμή εισαγωγής του αερίου τους τελευταίους δώδεκα μήνες (μέσος όρος) είναι περίπου 22,3 €/MWh το οποίο είναι το 62% της τιμής όπως αναφέρθηκε πριν. Επίσης, για την συνολική τιμή θα υπολογιστεί ακόμα μόνο το 14% που αναφέρεται στα μεταφορικά γιατί το υπόλοιπο ποσοστό δεν αφορά την εταιρία όπως η ίδια ανέφερε. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω και με την πορεία των τιμών Brent μία καλή προσέγγιση της τιμής αγοράς του φυσικού αερίου θα μπορούσε να είναι περίπου 30€/MWh. Όμως επειδή η τιμή αυτή είναι προσεγγιστική και μπορεί να διαφέρει από την πραγματική, σε ένα από τα σενάρια που θα γίνουν η τιμή αυτή θα μεταβάλλεται από 24 €/MWh μέχρι 36 €/MWh.

Η τιμή πώλησης του CNG θα είναι ένα από τα αποτελέσματα που θα πρέπει να προκύψουν από αυτήν την μελέτη. Για να είναι συμφέρουσα η επένδυση για τους καταναλωτές και να αποφασίσουν την αντικατάσταση του υπάρχοντος καυσίμου και το κόστος της αλλαγής αυτής θα πρέπει προφανώς η τιμή του CNG που θα προκύψει να είναι πιο ανταγωνιστική από αυτές των LPG (υγραέριο) και πετρελαίου.

Μία μέση τιμή LPG για εμπορική χρήση είναι περίπου 880€/MT=0,88€/kg. Για να γίνει σύγκριση με το φυσικό αέριο πρέπει να γίνει μετατροπή σε MWh το οποίο γίνεται διαιρώντας την παραπάνω τιμή με 12,38 kWh/kg (Κατωτέρα θερμογόνος δύναμη για το LPG). Έτσι η ισοδύναμη τιμή είναι 71,05€/MWh. Ο όρος ισοδύναμη τιμή σημαίνει ότι οι τα ποσά είναι ίδια (ισοδύναμα) αλλά σε άλλες μονάδες μέτρησης. Για να γίνει μετατροπή σε m³ φυσικού αερίου θα πολλαπλασιαστεί με 0,01034 MWh/Nm³ (Κατωτέρα θερμογόνος δύναμη για το φυσικό αέριο). Έτσι, προκύπτει η ισοδύναμη τιμή πώλησης του CNG ίση με 0,735 €/m³. Το σκεπτικό για την παραπάνω μετατροπή είναι το εξής: Αν καεί 1 kg LPG παράγονται περίπου 13,38 kWh ΑΘΔ και η μηχανή που θα τροφοδοτηθεί θα εκμεταλλευτεί 13,37 X (1-7,5%) = 12,38 kWh ΚΘΔ. (υποθέτοντας βαθμό απόδοσης 100%), όπου 7.5% είναι ο λόγος κατωτέρας

προς την ανωτέρα θερμογόνο δύναμη. Δηλαδή θα απαιτηθούν $12,38/10.34 = 1,197 \text{ Nm}^3$ Φυσικού Αερίου για το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα (υποθέτοντας ίδιο θερμικό βαθμό απόδοσης καύσης LPG και Φ.Α.). Άρα αφού 1 kg LPG κοστίζει 0,88 € που είναι ισοδύναμο ενεργειακά με $1,197 \text{ Nm}^3$ Φ.Α., το κυβικό Φ.Α. θα κοστίζει 0,735 €/Nm³. Ο λόγος για τον οποίο η μετατροπή γίνεται βάση της κατωτέρας θερμογόνου και όχι της ανωτέρας είναι ο εξής: Οι τιμές πώλησης του Φ.Α. ανάγονται σε Ανωτέρα Θερμογόνο Δύναμη καθώς στους Σταθμούς Μέτρησης το μέγεθος που μετράμε (εκτός του όγκου σε Κ.Σ.) είναι η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη. Αντίθετα για ενεργειακούς - τεχνικούς υπολογισμούς θα πρέπει να χρησιμοποιείται η ΚΘΔ, καθώς κατά την καύση όλων των υγρών, αέριων ή στερεών καυσίμων η θερμότητα που είναι εκμεταλλεύσιμη από τα μηχανήματα (εξάιρεση είναι οι λέβητες συμπύκνωσης) είναι η Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη.

Έχοντας την τιμή του υγραερίου είναι εφικτή η σύγκρισή του με την τιμή του CNG. Στην μελέτη τα ποσοστά μείωσης της τιμής του CNG από του LPG θα μεταβάλλονται από 25% μέχρι 0%. Πρακτικά το 0% σημαίνει ότι η τιμή του υγραερίου θα είναι ίδια με την τιμή του CNG και συνυπολογίζοντας το κόστος των αλλαγών η επένδυση δεν θα είναι συμφέρουσα αλλά μπαίνει ως κριτήριο για καλύτερα συγκριτικά αποτελέσματα.

Μικτό περιθώριο κέρδους είναι το κέρδος της εταιρίας από την πώληση του αερίου, δηλαδή η διαφορά της τιμής πώλησης του CNG από την τιμή αγοράς του αερίου. Ανάλογα το πώς διαμορφώνεται η τιμή του CNG αυξομειώνεται το περιθώριο κέρδους για την εταιρία.

Το ετήσιο κέρδος των καταναλωτών θα υπολογίζεται από την διαφορά της τιμής του υγραερίου (ή πετρελαίου) από την τιμή του CNG επί τις ετήσιες καταναλώσεις του κάθε καταναλωτή. Οι εκροές θα είναι το αρχικό κόστος της μετατροπής του συστήματος και το λειτουργικό κόστος θα είναι τα μεταφορικά (καύσιμα δρομολογίων, μισθοδοσία οδηγών, συντήρηση οχημάτων και αναλώσιμα) τα οποία έχουν υπολογιστεί παραπάνω και ανάγονται σε €/m³

ώστε να υπολογίζονται για κάθε πελάτη ξεχωριστά. Το ποσό αυτό θα πληρώνεται από τους πελάτες στην εταιρία (ενσωμάτωση στην τιμή του CNG). Στα μεταφορικά κόστη δεν περιλαμβάνεται το κόστος αγοράς των οχημάτων και των κινητών δεξαμενών που θα επιβαρύνουν την εταιρία.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το ποσοστό μείωσης της τιμής του CNG θα μεταβάλλεται από 25% μέχρι 0%. Αυτό το ποσοστό όμως αναφέρεται μόνο στην τιμή των καυσίμων. Για να βγουν συγκριτικά συμπεράσματα θα πρέπει να υπολογιστεί ένα συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας έχοντας συμπεριλάβει το αρχικό κεφάλαιο και τα ετήσια λειτουργικά κόστη. Επίσης, το λειτουργικό κόστος θα ενσωματωθεί στην τιμή του CNG. Για να πραγματοποιηθεί αυτό θα πρέπει να υπολογιστεί το ποσοστό κέρδους ενσωματώνοντας τα κόστη λειτουργίας χωρίς το αρχικό κεφάλαιο. Έτσι, το ποσοστό αυτό πρακτικά θα είναι το πραγματικό ποσοστό μείωσης της τιμής του CNG που θα πληρώνει ο καταναλωτής χωρίς να πληρώνει μεταφορικά κόστη αφού ενσωματώθηκαν στην τιμή. Ένα παράδειγμα, αν ο καταναλωτής πληρώσει 15% φθηνότερα το CNG από το υγραέριο και τα ανάλογα μεταφορικά κόστη είναι ισοδύναμο να πληρώσει 13,2% φθηνότερα χωρίς να πληρώσει μεταφορικά.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις βασικές παραμέτρους της μελέτης. Για καλύτερη απεικόνιση με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται τα δεδομένα της μελέτης (τα εισάγει ο χρήστης του μοντέλου και μπορεί να τα μεταβάλλει όποτε θέλει) και με μπλε χρώμα παράμετροι που υπολογίζονται μετά από μαθηματικούς τύπους (μεταβάλλονται αυτόματα αν μεταβληθεί κάποιο δεδομένο).

Συγκεντρωτικά,

Πίνακας 6.3 Παράμετροι μελέτης

Σταθμός Συμπίεσης (€/μονάδα)	1.500.000	Έσοδα εταιρίας από πελάτες για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων (€/MWh)	1,136051
Φιάλες (€/μονάδα)	200.000 – 250.000		
Οχήματα μεταφοράς (€/μονάδα)	70.000	Τιμή αγοράς φυσικού αερίου (€/MWh)	30
Μισθός προσωπικού (€/άτομο)	29.710	Τιμή LPG	71,05
Λειτουργικό Κόστος (ρεύμα, συντήρηση, αναλώσιμα) (€/m ³)	0,065	Τιμή πώλησης CNG (€/MWh)	60,40
Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση, κλπ.) - Έσοδα εταιρίας (€/m ³)	0,013053 για μέση διανυθείσα απόσταση 70 km για 1 γέμισμα	Μικτό περιθώριο κέρδους (€/MWh)	30,40
		Διάρκεια ζωής (ώρες)	30.000

Επιτόκιο αναγωγής	8,00%
Συντελεστής φορολόγησης	20,00%

	Σταθμός Συμπίεσης	Φιάλες μεταφοράς	Οχήματα	Μηχανήματα και εγκαταστάσεις πρατηρίων
Συντελεστής απόσβεσης	3%	13%	18%	12%

7. Αποτελέσματα

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης σύμφωνα με τα δεδομένα και τις παραμέτρους που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά, θα παρουσιαστεί ένα σενάριο με συγκεκριμένα στοιχεία (καταναλώσεις, ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG, επιτόκιο αναγωγής), ενώ στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα μεταβάλλοντας τις παραπάνω παραμέτρους. Το σενάριο Α αναφέρεται στην ανάλυση που θα γίνει από την σκοπιά της Εταιρίας Παροχής Αερίου, ενώ το σενάριο Β αναφέρεται στην ανάλυση από την σκοπιά των καταναλωτών.

7.1 Σενάριο Α (εταιρία)

Το σενάριο Α παρουσιάζει την ανάλυση και τα αποτελέσματα της επένδυσης που θα χρειαστεί να κάνει η εταιρία και θα εξαχθούν συμπεράσματα για το αν συμφέρει αυτή η επένδυση ή όχι και σε ποια όρια.

7.1.1 Ετήσια συνολική παραγωγή CNG για την εταιρία 6.000.000 m³, ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15% και επιτόκιο αναγωγής 8%

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η ετήσια συνολική παραγωγή CNG θα είναι 6*10⁶m³, η τιμή διάθεσης του CNG θα είναι 15% μικρότερη από το υγραέριο και το επιτόκιο αναγωγής έχει υποτεθεί ίσο με 8%. Οι υπόλοιποι παράμετροι διαμορφώνονται ως εξής:

Επιτόκιο αναγωγής	8,00%		Σταθμός Συμπίεσης	Φιάλες μεταφοράς	Οχήματα	Μηχάνηματα και εγκαταστάσεις πρατηρίων
Συντελεστής φορολόγησης	20,00%	Συντελεστής απόσβεσης	3%	13%	18%	12%

Πίνακας 7.1 Δεδομένα σεναρίου

		Ποσότητα	Συνολικό κόστος (€)
Σταθμός Συμπίεσης (€/μονάδα)	1.500.000	1	1.500.000
Φιάλες (€/μονάδα)	225.000	21	4.725.000
Οχήματα μεταφοράς (€/μονάδα)	70.000	2	140.000
Μισθός προσωπικού (€/άτομο)	29.710	12	356.520
Λειτουργικό Κόστος (ρεύμα, συντήρηση, αναλώσιμα) (€/m ³)	0,065	6.000.000	390.000
Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγοί, συντήρηση, κλπ.) - Έξοδα εταιρίας (€/m ³)	0,013053	6.000.000	78.319,33
Έσοδα εταιρίας από πελάτες για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων (€/MWh)	1,136051	68.940	78.319,33
Τιμή αγοράς φυσικού αερίου (€/MWh)	30	68.940	2.068.200
Τιμή LPG	71,05	Ποσοστό μείωσης CNG από LPG	15,0%
Τιμή πώλησης CNG (€/MWh)	60,40	68.940	4.163.728
Μικτό περιθώριο κέρδους (€/MWh)	30,40	68.940	2.095.528

Και τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 7.2. Αποτελέσματα επένδυσης

Έτος	Εκροές	Εισροές	Κόστη Λειτουργίας	Μεικτά Αποτελέσματα	Αποσβέσεις	Καθαρά αποτελέσματα προ φόρων	Φόρος	Καθαρές ροές
0	6.365.000			-6.365.000		-6.365.000		-6.365.000
1		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	684.450	664.558,49	132.911,69	1.216.096,79
2		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	684.450	664.558,49	132.911,69	1.216.096,79
3		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	684.450	664.558,49	132.911,69	1.216.096,79
4		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	684.450	664.558,49	132.911,69	1.216.096,79
5		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	684.450	664.558,49	132.911,69	1.216.096,79
6		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	673.250	675.758,49	135.151,69	1.213.856,79
7		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	659.250	689.758,49	137.951,69	1.211.056,79
8		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	470.250	878.758,49	175.751,69	1.173.256,79
9		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	45.000	1.304.008,49	260.801,69	1.088.206,79
10	1.000.000	4.242.047,83	2.893.039,33	349.008,50	45.000	304.008,49	60.801,69	288.206,79
11		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
12		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
13		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
14		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
15		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
16		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
17		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
18		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	165.000	1.184.008,49	236.801,69	1.112.206,79
19		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	85.000	1.264.008,49	252.801,69	1.096.206,79
20		4.242.047,83	2.893.039,33	1.349.008,50	45.000	1.304.008,49	260.801,69	1.088.206,79
			NPV	6.416.570,79 €			NPV	4.721.797,15 €
			IRR	20,2%			IRR	17,4%

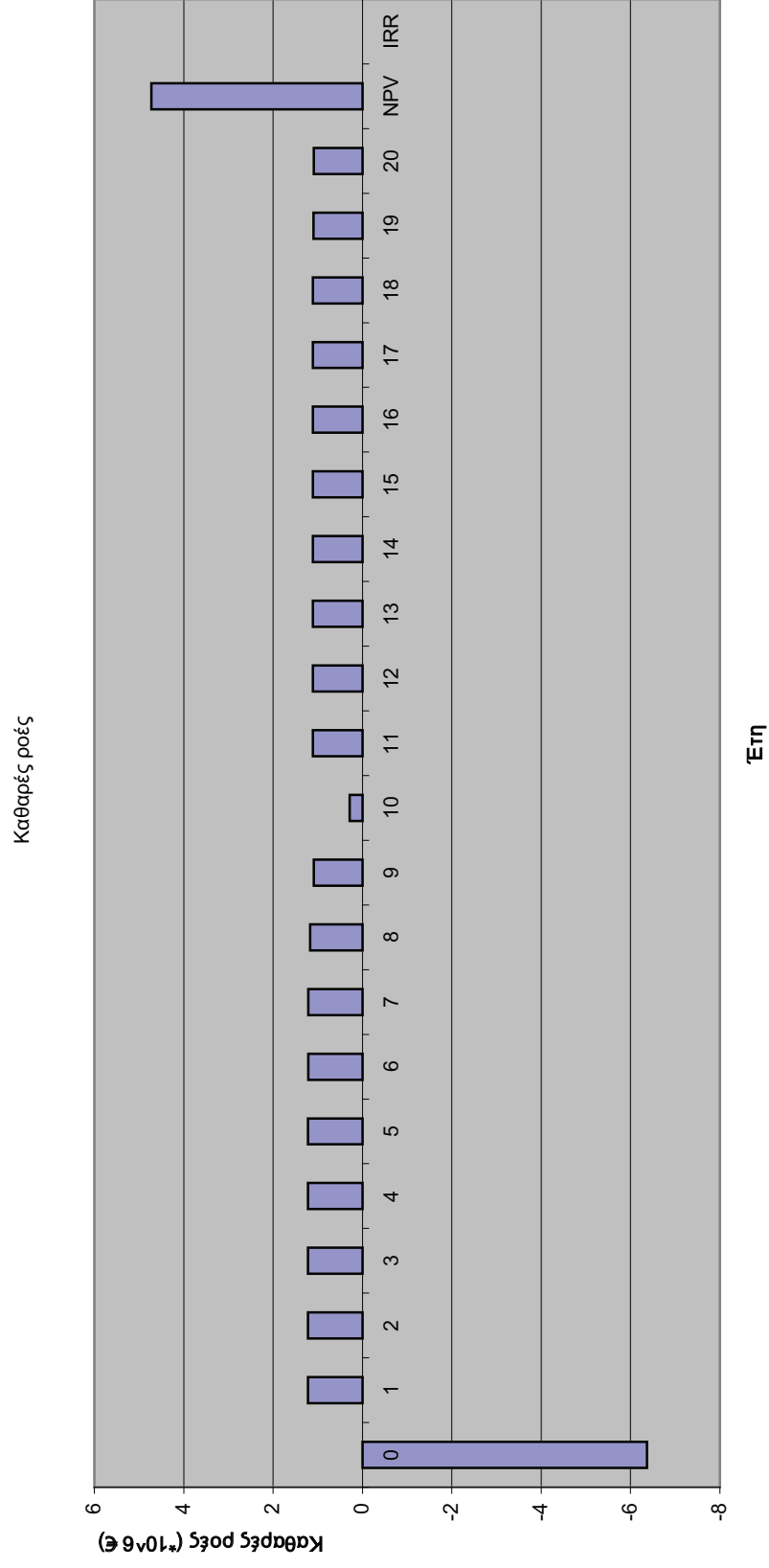
Αρχικά, έγινε ένα σενάριο με συγκεκριμένα δεδομένα για συγκεκριμένη παραγωγή CNG ετησίως, τιμή διάθεσης του CNG και επιτόκιο αναγωγής. Έτσι προκύπτουν τα λειτουργικά κόστη, το αρχικό κεφάλαιο και οι ετήσιες χρηματοροές για τα 20 χρόνια της μελέτης και φαίνονται στους αντίστοιχους πίνακες.

Συγκεκριμένα στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται όλα τα ετήσια κόστη, αποσβέσεις, φόρος και τα καθαρά αποτελέσματα. Στο τέλος υπολογίζεται το NPV και IRR τα οποία προ φόρου είναι 6.416.570,79 € και 20,2% αντίστοιχα, ενώ μετά φόρων 4.721.797,15 € και 17,4% αντίστοιχα. Έτσι η επένδυση φαίνεται να είναι αρκετά συμφέρουσα με τα συγκεκριμένα δεδομένα.

Επίσης, οι καθαρές ροές μπορούν να απεικονιστούν και στο παρακάτω διάγραμμα 7.1. Στο διάγραμμα αποτυπώνονται οι ετήσιες καθαρές ροές. Στο έτος 0 η ροή μετρητών είναι αρνητική αφού έχουμε το κεφάλαιο επένδυσης, ενώ στο δέκατο έτος υπάρχει πτώση λόγω της αύξησης κόστους (παρόλο που τα έσοδα είναι σταθερά) το οποίο είναι λογικό αφού εκείνη την χρονιά υπάρχει η επανεπένδυση (βαριά συντήρηση ή ανακατασκευή του σταθμού).

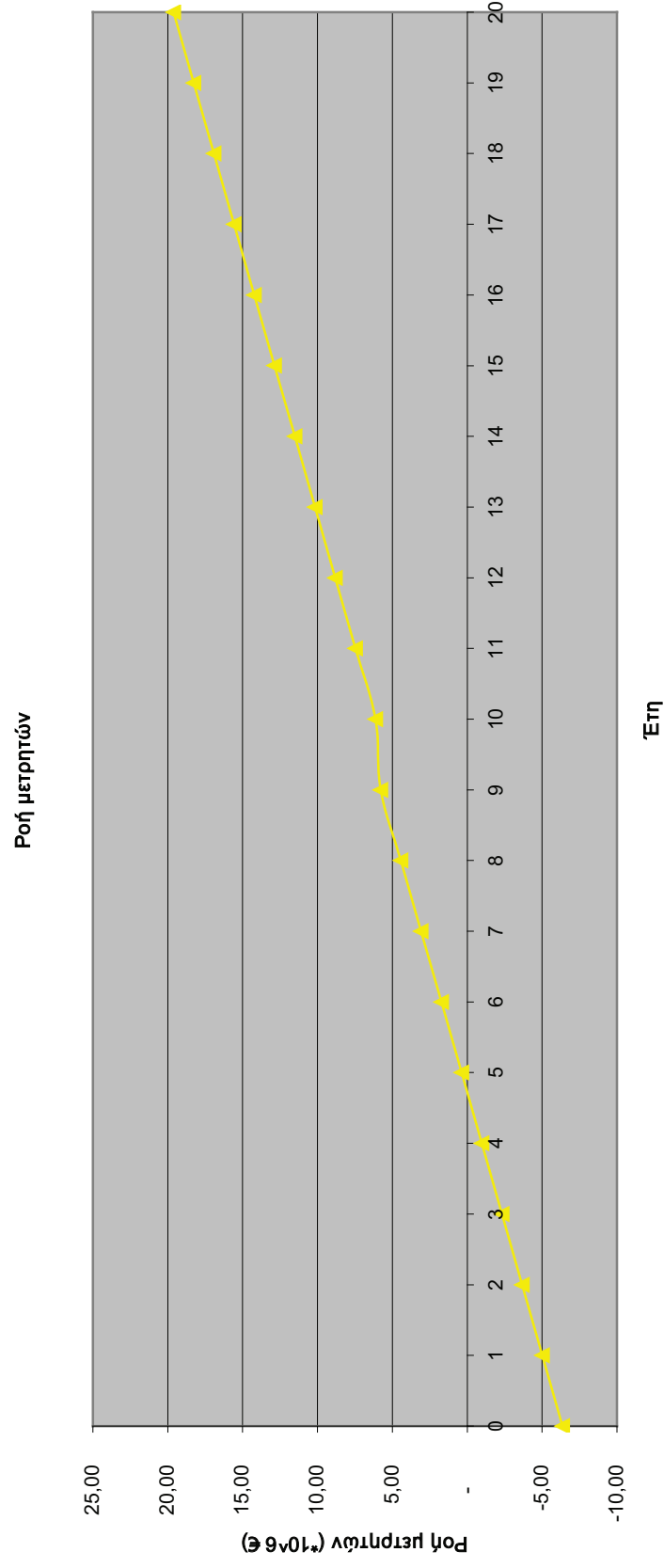
Στο διάγραμμα 7.2 παρουσιάζεται ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης. Ο χρόνος φαίνεται όταν η συνολική ροή των χρημάτων γίνει κάποιο έτος θετική. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι περίπου στο πέμπτο έτος.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα 7.1 και 7.2



Διάγραμμα 7.1 Καθαρές ροές

Ο χρόνος απόσβεσης φαίνεται παρακάτω



Διάγραμμα 7.2 Χρόνος απόσβεσης

Οι αποσβέσεις των μηχανημάτων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 7.3 Αποσβέσεις μηχανημάτων

Αποσβέσεις	Σταθμός Συμπύεσης	Φιάλες	Οχήματα μεταφοράς	Μηχανήματα και εγκαταστάσεις πρατηρίων
0				
1	45.000	614.250	25.200	
2	45.000	614.250	25.200	
3	45.000	614.250	25.200	
4	45.000	614.250	25.200	
5	45.000	614.250	25.200	
6	45.000	614.250	14.000	
7	45.000	614.250	-	
8	45.000	425.250	-	
9	45.000	-	-	
10	45.000	-	-	
11	45.000	-	-	120.000
12	45.000	-	-	120.000
13	45.000	-	-	120.000
14	45.000	-	-	120.000
15	45.000	-	-	120.000
16	45.000	-	-	120.000
17	45.000	-	-	120.000
18	45.000	-	-	120.000
19	45.000	-	-	40.000
20	45.000	-	-	-

Στον πίνακα 7.3 υπολογίστηκαν οι αποσβέσεις των μηχανημάτων ανάλογα με τον συντελεστή τους. Τα ποσά αυτά δεν είναι λογιστικά, απλώς σύμφωνα με αυτά υπολογίζεται για κάθε έτος η φορολογία.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται διαφορετικά παραδείγματα μεταβάλλοντας τις παραμέτρους για να εξαχθούν περισσότερα συμπεράσματα.

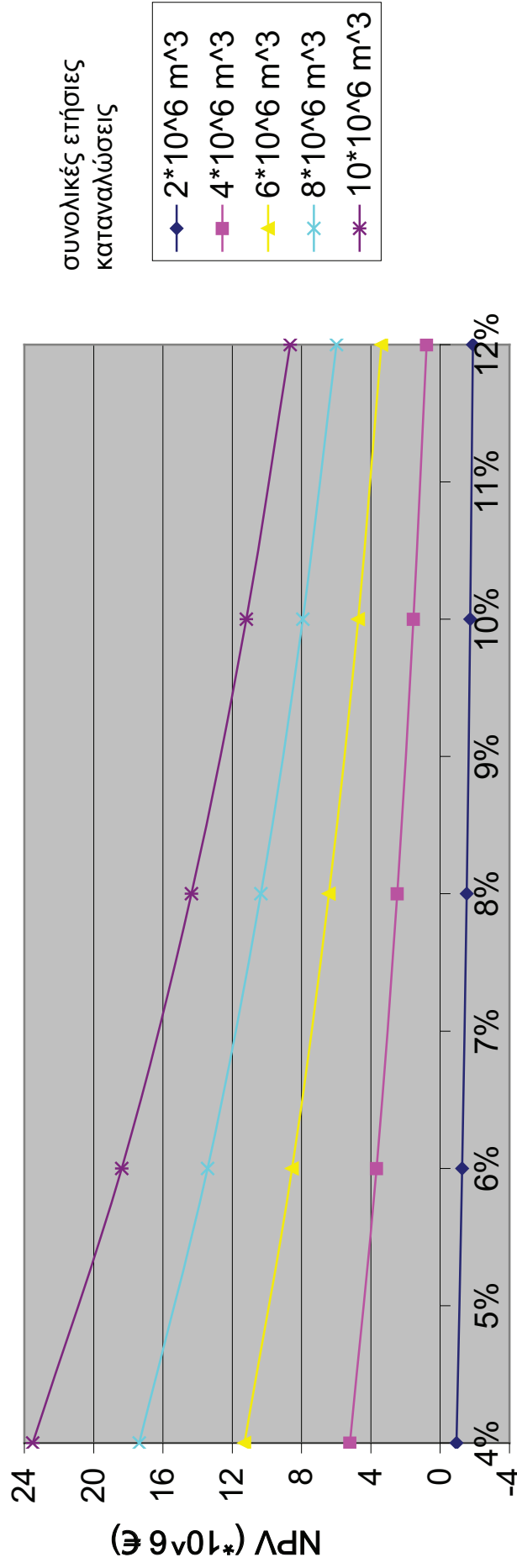
7.1.2 Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις, ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15% και μεταβαλλόμενο επιτόκιο αναγωγής.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η ετήσια συνολική παραγωγή CNG θα μεταβάλλεται μεταξύ $2 \cdot 10^6$ m³ μέχρι $10 \cdot 10^6$ m³, η τιμή διάθεσης του CNG έχει υποτεθεί να είναι 15% μικρότερη από το υγραέριο και το επιτόκιο αναγωγής θα μεταβάλλεται από 4% μέχρι 12%.

καταναλώσεις (m ³)	επιτόκιο αναγωγής	προ φόρων	προ φόρων	μετά φόρων	μετά φόρων
		npv (€)	irr	npv (€)	irr
2,E+06	4%	-9,40E+05	0,28%	-1,04E+06	-0,24%
	6%	-1,27E+06	0,28%	-1,35E+06	-0,24%
	8%	-1,53E+06	0,28%	-1,58E+06	-0,24%
	10%	-1,73E+06	0,28%	-1,77E+06	-0,24%
	12%	-1,88E+06	0,28%	-1,92E+06	-0,24%
4,E+06	4%	5,21E+06	14,68%	3,97E+06	12,65%
	6%	3,67E+06	14,68%	2,66E+06	12,65%
	8%	2,48E+06	14,68%	1,64E+06	12,65%
	10%	1,54E+06	14,68%	8,30E+05	12,65%
	12%	7,88E+05	14,68%	1,82E+05	12,65%
6,0,E+06	4%	1,13E+07	20,15%	8,82E+06	17,44%
	6%	8,55E+06	20,15%	6,52E+06	17,44%
	8%	6,42E+06	20,15%	4,72E+06	17,44%
	10%	4,73E+06	20,15%	3,30E+06	17,44%
	12%	3,39E+06	20,15%	2,16E+06	17,44%
8,E+06	4%	1,74E+07	23,21%	1,36E+07	20,09%
	6%	1,34E+07	23,21%	1,03E+07	20,09%
	8%	1,04E+07	23,21%	7,78E+06	20,09%
	10%	7,93E+06	23,21%	5,75E+06	20,09%
	12%	5,99E+06	23,21%	4,12E+06	20,09%
1,0,E+07	4%	2,35E+07	25,38%	1,85E+07	21,95%
	6%	1,84E+07	25,38%	1,42E+07	21,95%
	8%	1,44E+07	25,38%	1,09E+07	21,95%
	10%	1,12E+07	25,38%	8,26E+06	21,95%
	12%	8,66E+06	25,38%	6,14E+06	21,95%

Πίνακας 7.4 NPV, IRR σε σχέση με καταναλώσεις και επιτόκιο αναγωγής

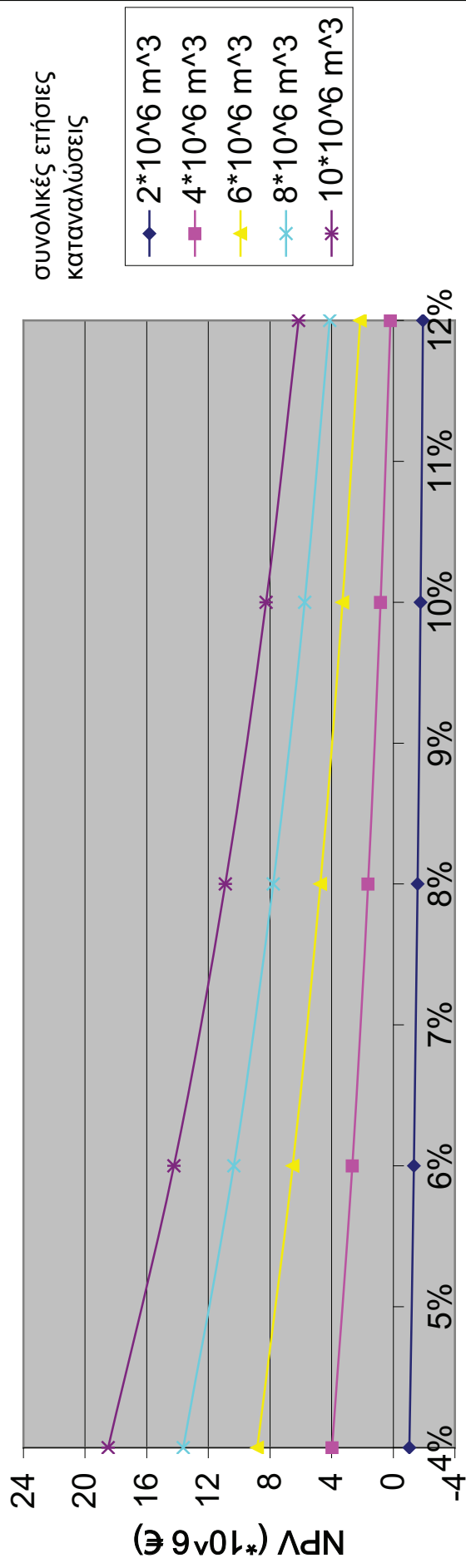
NPV (προ φόρων)



Επιτόκιο αναγωγής (%)

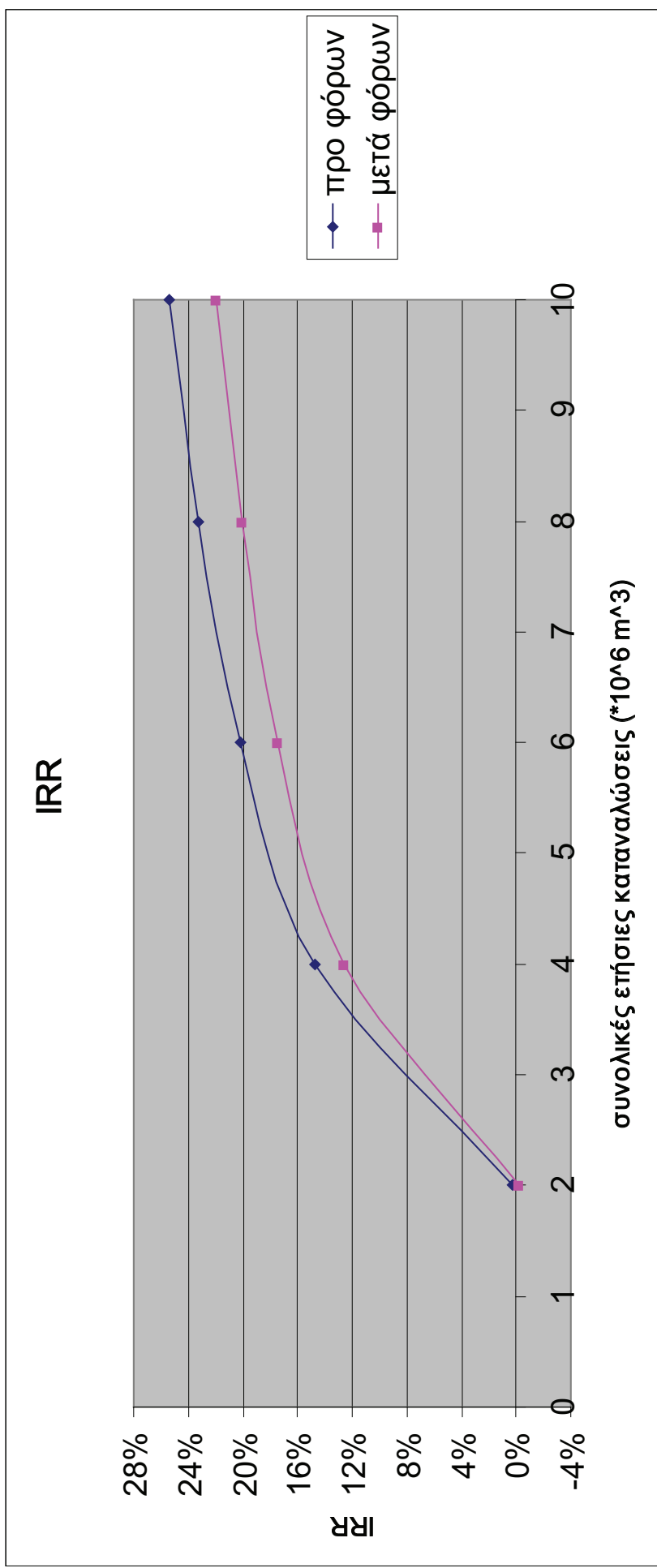
Διάγραμμα 7.3 NPV σε συνάρτηση με επιτόκιο αναγωγής και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ φόρων)

NPV (μετά φόρων)



Επιτόκιο αναγωγής (%)

Διάγραμμα 7.4 NPV σε συνάρτηση με επιτόκιο αναγωγής και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (μετά φόρων)



Διάγραμμα 7.5 IRR σε συνάρτηση με συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ και μετά φόρων)

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται πώς επηρεάζεται NPV και IRR όταν μεταβάλλεται ο αριθμός πελατών και το επιτόκιο αναγωγής.

Στα διαγράμματα 7.3 και 7.4 παρουσιάζονται καμπύλες που η κάθε μια αναφέρεται σε διαφορετική ετήσια παραγωγή. Έτσι “διαβάζοντας” τα διαγράμματα φαίνονται όλοι οι συνδυασμοί. Για παράδειγμα για παραγωγή <3.000.000 m³ CNG η επένδυση δεν είναι βιώσιμη για κανένα επιτόκιο αναγωγής, ενώ για 3.000.000 – 4.000.000 m³ η επένδυση είναι συμφέρουσα για επιτόκιο <10%. Για παραγωγή >4.000.000 m³ η επένδυση είναι συμφέρουσα για κάθε επιτόκιο αναγωγής. Γενικά, όσο αυξάνεται η παραγωγή CNG (δηλαδή όσο αυξάνεται ο αριθμός των πελατών), η αποδοτικότητα της επένδυσης αυξάνεται όπως και όταν το επιτόκιο αναγωγής μειώνεται πάλι η επένδυση γίνεται πιο συμφέρουσα.

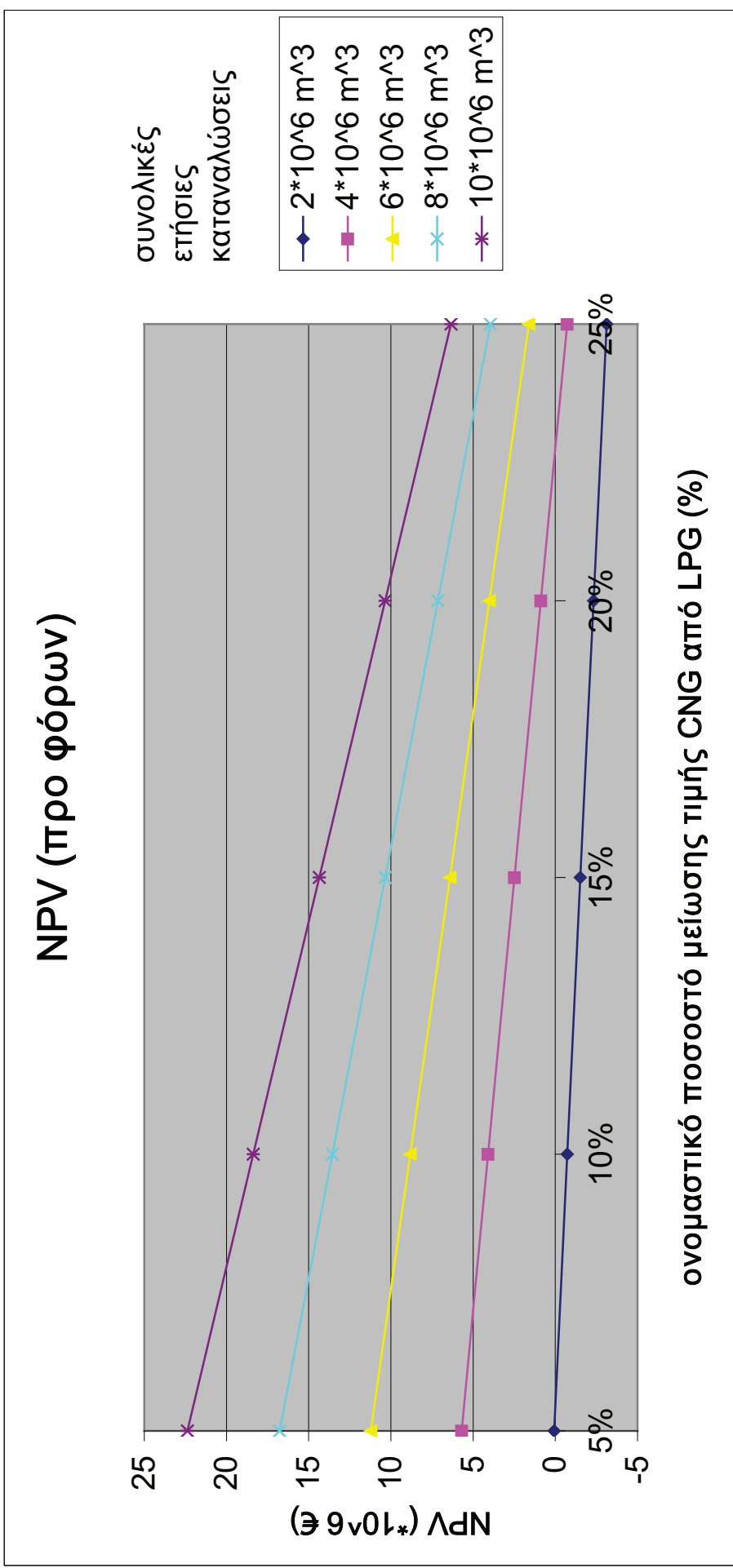
Στο διάγραμμα 7.5 αποτυπώνονται τα ίδια αποτελέσματα αλλά με άλλο δείκτη (τον IRR). Έτσι όσο αυξάνεται η παραγωγή CNG, αυξάνεται και ο IRR δηλαδή η αποδοτικότητα της ανάλυσης.

7.1.3 Σταθερό επιτόκιο αναγωγής 8%, μεταβαλλόμενο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις.

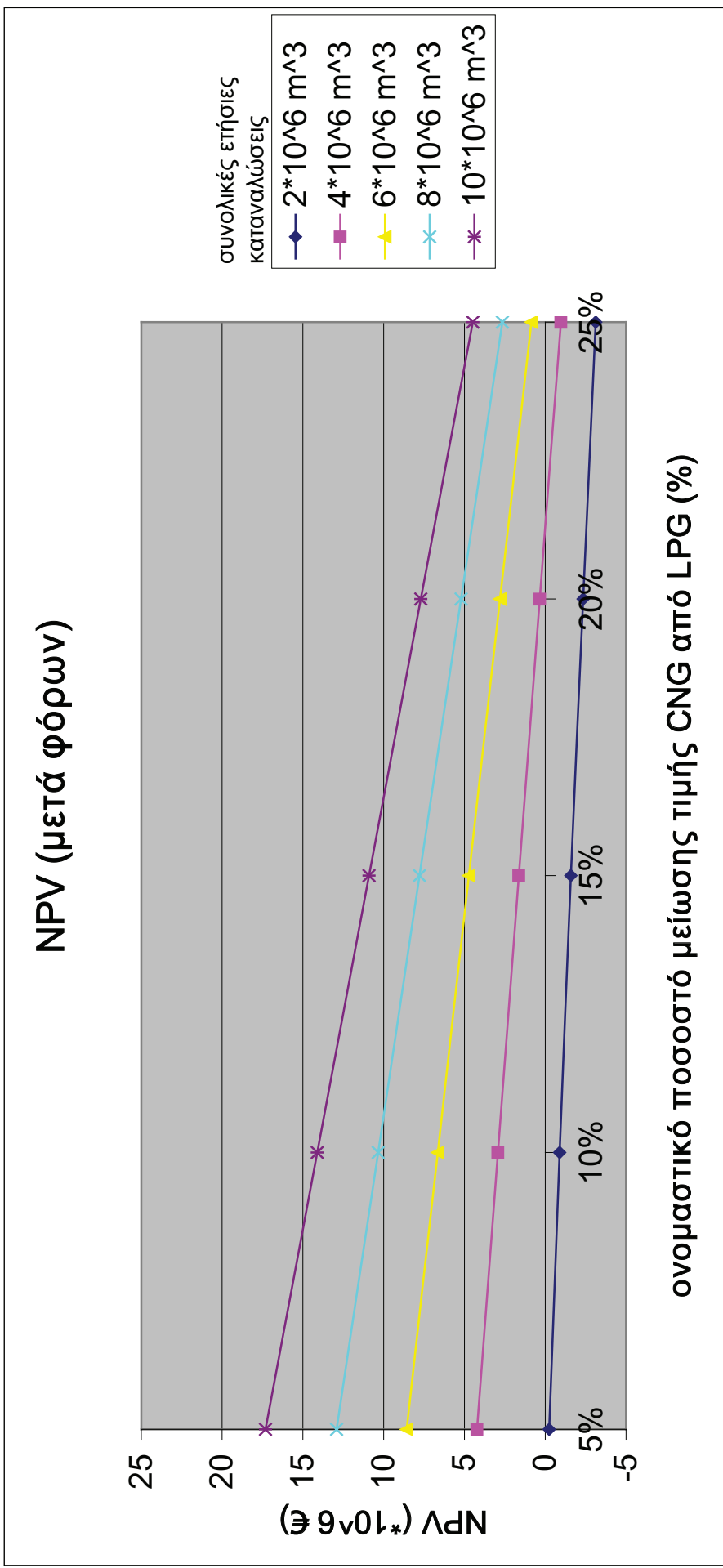
Στην συγκεκριμένη εκδοχή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επένδυσης όταν η τιμή διάθεσης του CNG διαμορφώνεται με έκπτωση από 5% μέχρι 25% σε σχέση με το υγραέριο και παράλληλα μεταβολή της παραγωγής CNG από $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ μέχρι $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

m ³	Ποσοστό μείωσης CNG από LPG	προ φόρων	προ φόρων	μετά φόρων	μετά φόρων
		npv (€)	irr	npv (€)	irr
2,E+06	25%	-3,13E+06		-3,13E+06	
	20%	-2,33E+06		-2,34E+06	
	15%	-1,53E+06	0,28%	-1,58E+06	-0,24%
	10%	-7,25E+05	4,61%	-8,85E+05	3,70%
	5%	7,63E+04	8,34%	-2,36E+05	6,91%
4,E+06	25%	-7,26E+05	5,81%	-9,69E+05	4,90%
	20%	8,77E+05	10,47%	3,40E+05	9,01%
	15%	2,48E+06	14,68%	1,64E+06	12,65%
	10%	4,08E+06	18,62%	2,94E+06	16,02%
	5%	5,69E+06	22,42%	4,23E+06	19,21%
6,0,E+06	25%	1,61E+06	11,30%	8,57E+05	9,88%
	20%	4,01E+06	15,86%	2,80E+06	13,81%
	15%	6,42E+06	20,15%	4,72E+06	17,44%
	10%	8,82E+06	24,28%	6,65E+06	20,91%
	5%	1,12E+07	28,33%	8,57E+06	24,26%
8,E+06	25%	3,94E+06	14,21%	2,65E+06	12,46%
	20%	7,15E+06	18,81%	5,22E+06	16,38%
	15%	1,04E+07	23,21%	7,78E+06	20,09%
	10%	1,36E+07	27,50%	1,03E+07	23,66%
	5%	1,68E+07	31,71%	1,29E+07	27,14%
1,0,E+07	25%	6,34E+06	16,17%	4,49E+06	14,17%
	20%	1,04E+07	20,86%	7,69E+06	18,16%
	15%	1,44E+07	25,38%	1,09E+07	21,95%
	10%	1,84E+07	29,80%	1,41E+07	25,62%
	5%	2,24E+07	34,17%	1,73E+07	29,22%

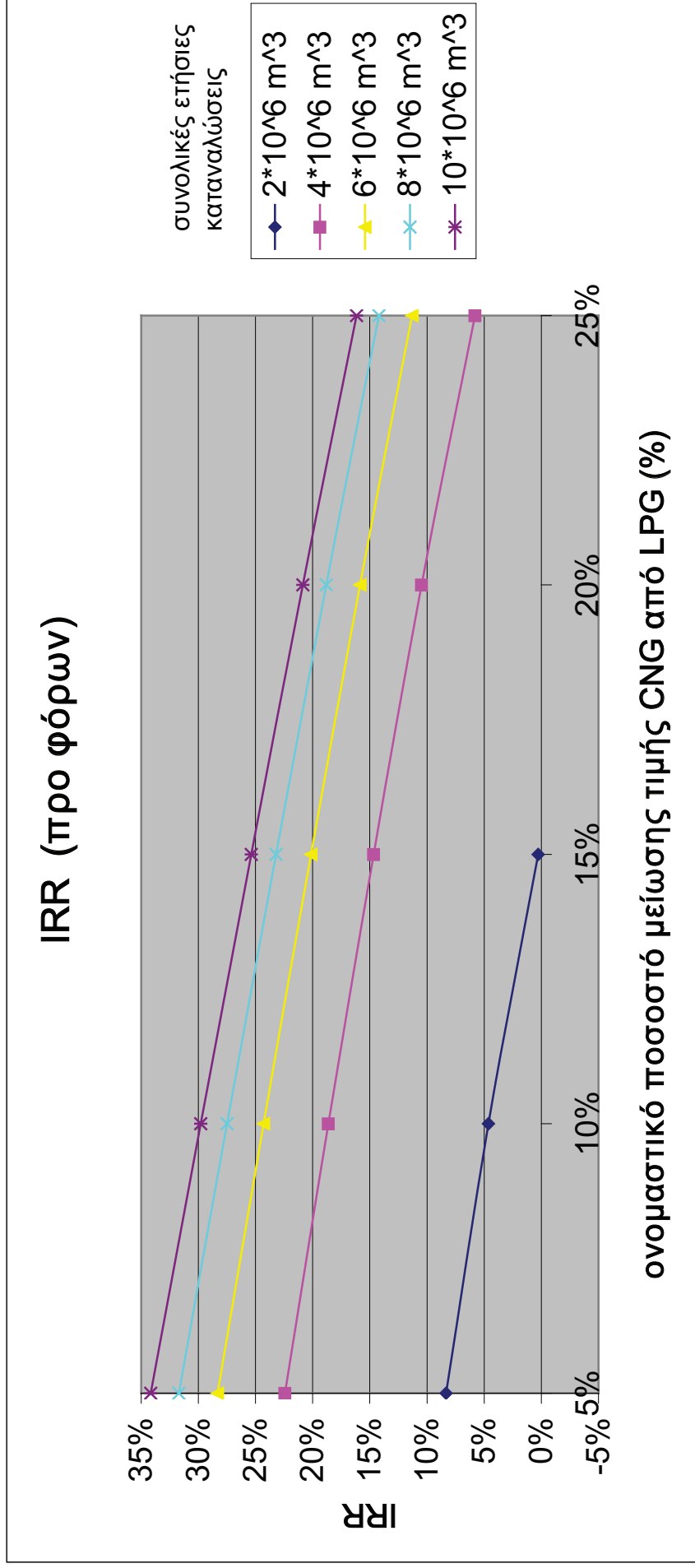
Πίνακας 7.5 NPV,IRR σε σχέση με καταναλώσεις και μικτό περιθώριο κέρδους



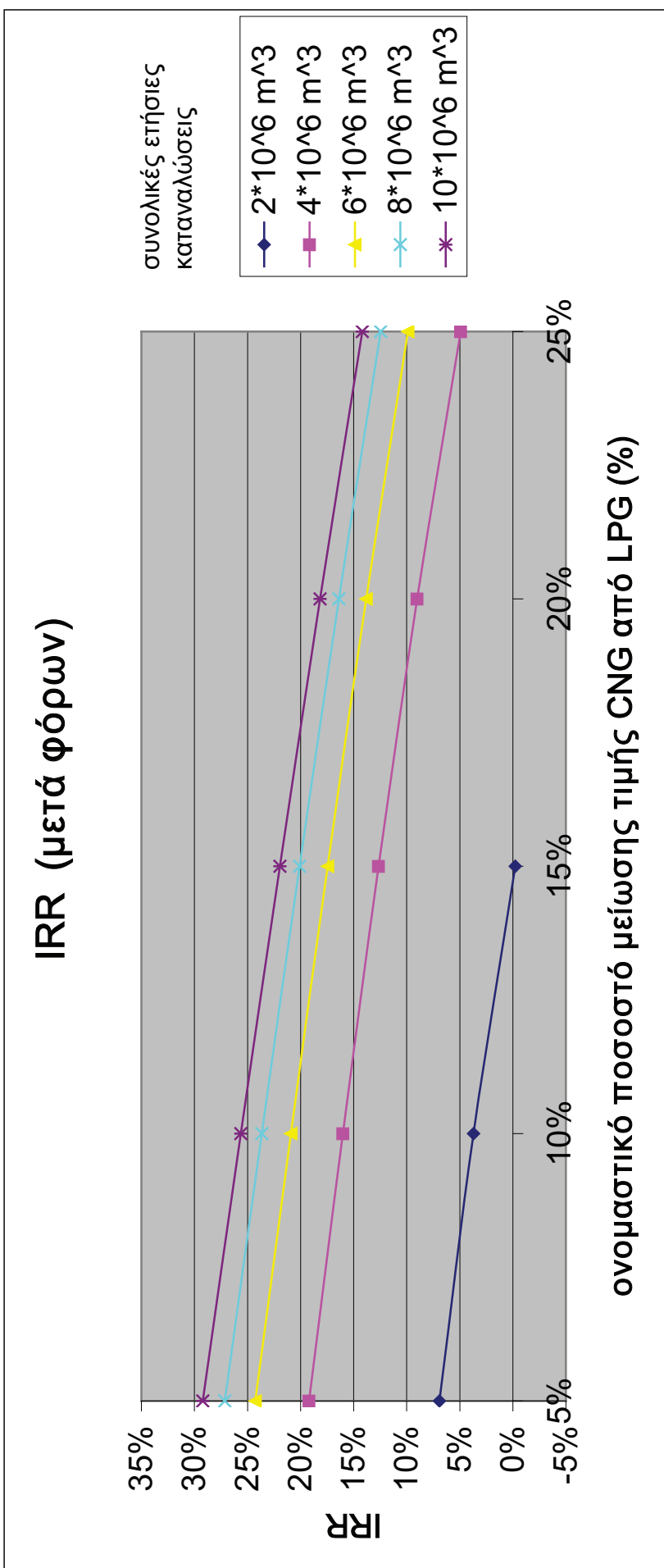
Διάγραμμα 7.6 NPV σε συνάρτηση με ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.7 NPV σε συνάρτηση με ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (μετά φόρων)



Διάγραμμα 7.8 IRR σε συνάρτηση με ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.9 IRR σε συνάρτηση με ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (μετά φόρων)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση μεταβάλλεται η τιμή διάθεσης του CNG. Η τιμή διάθεσης του CNG θα είναι φθηνότερη του υγραερίου ώστε να είναι πιο ανταγωνιστικό και οι καταναλωτές να αποφασίσουν να κάνουν αλλαγή καυσίμου. Η έκπτωση αυτή θα είναι από 5% μέχρι 25%. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα 7.6 έως 7.9 . Συνοπτικά, για παραγωγή <math><2.000.000 \text{ m}^3 \text{ CNG}</math> το NPV είναι αρνητικό (δεν συμφέρει η επένδυση) για καμία τιμή CNG. Για έκπτωση <math><15\%</math> η επένδυση είναι βιώσιμη με παραγωγή περίπου $4.000.000 \text{ m}^3$, ενώ για παραγωγή $>6.000.000 \text{ m}^3$ συμφέρει ανεξάρτητα το ποσοστό. Σε πολύ υψηλές καταναλώσεις (>math>10.000.000 \text{ m}^3</math>) η εταιρία θα έχει υψηλά κέρδη ακόμα και με 25% έκπτωση στην τιμή. Γενικά όσο μικρότερη είναι η έκπτωση το κέρδος είναι περισσότερο αφού τα έσοδα από την πώληση του CNG θα είναι περισσότερα, αλλά σε μεγάλες καταναλώσεις θα έχει η εταιρία τη δυνατότητα να προσφέρει μεγάλες εκπτώσεις.

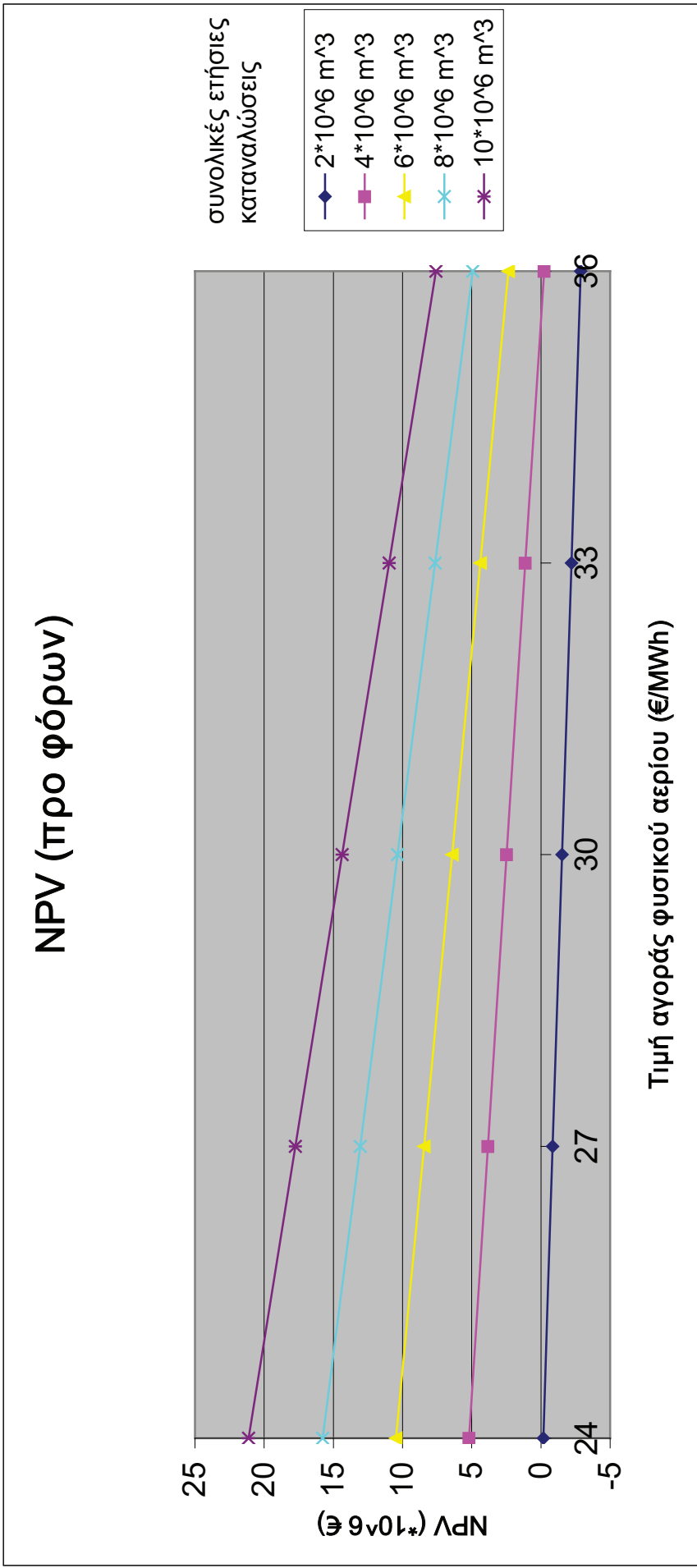
7.1.4 Μεταβαλλόμενη τιμή αγοράς του φυσικού αερίου, σταθερή τιμή πώλησης του CNG και μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις

Στην συγκεκριμένη εκδοχή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επένδυσης όταν η τιμή διάθεσης του CNG διαμορφώνεται με σταθερή έκπτωση 15% σε σχέση με το υγραέριο και παράλληλα μεταβολή της παραγωγής CNG από $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ μέχρι $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και της τιμής αγοράς του αερίου από 24 €/MWh μέχρι 36 €/MWh.

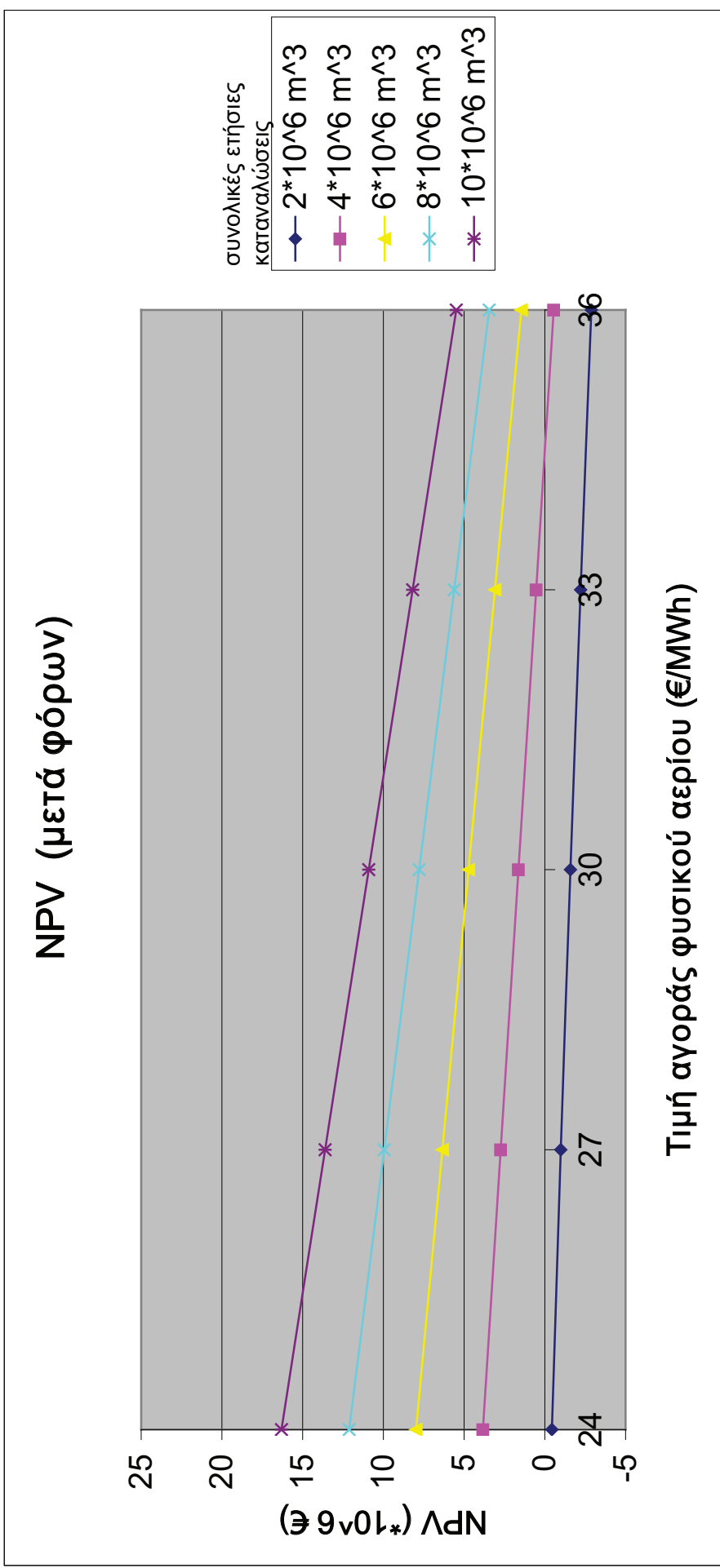
m ³	Τιμή αγοράς φυσικού αερίου (€/MWh)	προ φόρων	προ φόρων	μετά φόρων	μετά φόρων
		npv (€)	irr	npv (€)	irr
2,E+06	24	-1,73E+05	7,22%	-4,38E+05	5,95%
	27	-8,50E+05	3,99%	-9,86E+05	3,16%
	30	-1,53E+06	0,28%	-1,58E+06	-0,24%
	33	-2,20E+06	-4,33%	-2,22E+06	-4,58%
	36	-2,88E+06		-2,88E+06	
4,E+06	24	5,19E+06	21,25%	3,83E+06	18,24%
	27	3,83E+06	18,02%	2,73E+06	15,51%
	30	2,48E+06	14,68%	1,64E+06	12,65%
	33	1,13E+06	11,15%	5,41E+05	9,60%
	36	-2,28E+05	7,33%	-5,54E+05	6,27%
6,0,E+06	24	1,05E+07	27,07%	7,97E+06	23,22%
	27	8,45E+06	23,65%	6,35E+06	20,37%
	30	6,42E+06	20,15%	4,72E+06	17,44%
	33	4,39E+06	16,54%	3,10E+06	14,39%
	36	2,35E+06	12,76%	1,46E+06	11,14%
8,E+06	24	1,58E+07	30,40%	1,21E+07	26,07%
	27	1,31E+07	26,83%	9,95E+06	23,11%
	30	1,04E+07	23,21%	7,78E+06	20,09%
	33	7,65E+06	19,50%	5,62E+06	16,97%
	36	4,94E+06	15,67%	3,45E+06	13,71%
1,0,E+07	24	2,11E+07	32,81%	1,63E+07	28,10%
	27	1,77E+07	29,12%	1,36E+07	25,05%
	30	1,44E+07	25,38%	1,09E+07	21,95%
	33	1,10E+07	21,57%	8,19E+06	18,76%
	36	7,59E+06	17,66%	5,48E+06	15,44%

Πίνακας 7.6 NPV, IRR ανάλογα την τιμή αγοράς του αερίου και την ετήσια παραγωγή CNG

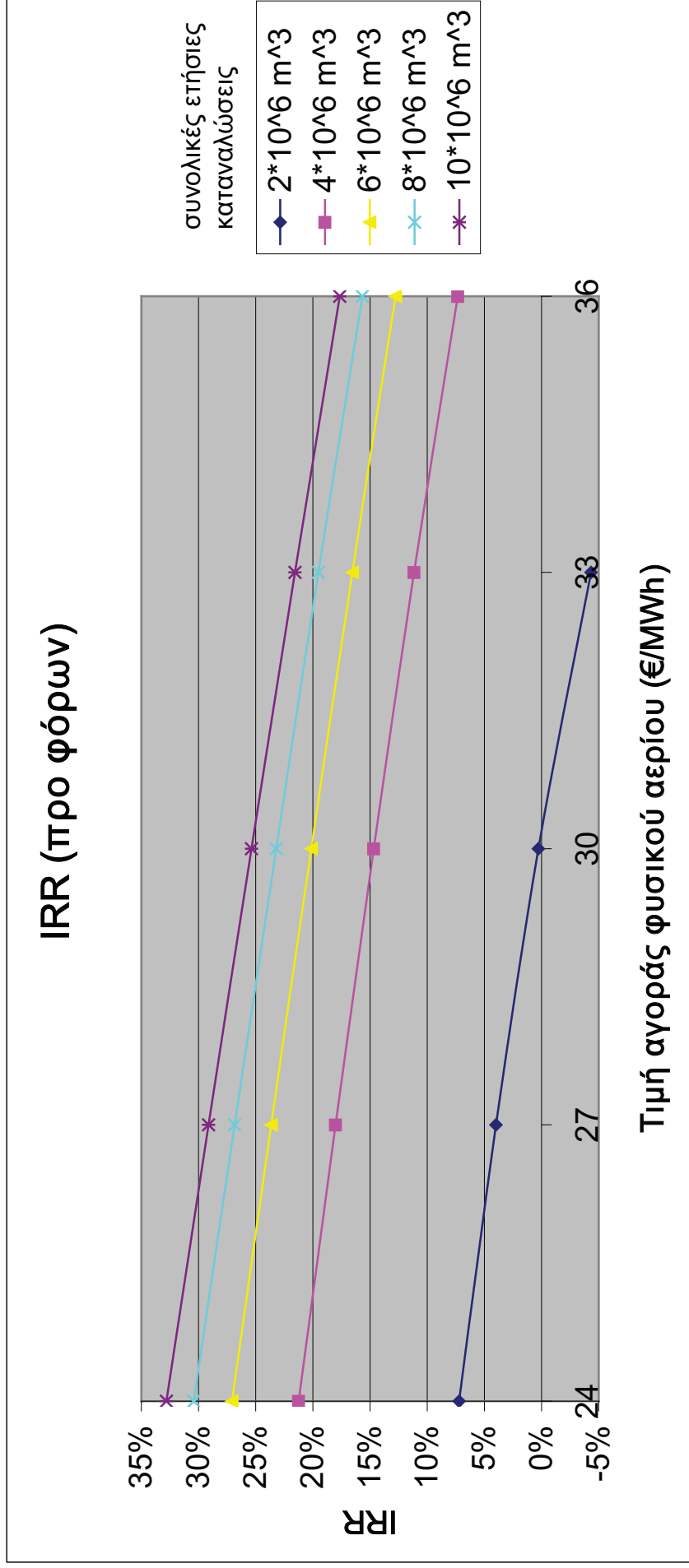
Από τον παραπάνω πίνακα και τα αντίστοιχα διαγράμματα φαίνεται πώς επηρεάζεται η αποδοτικότητα της επένδυσης μεταβάλλοντας την τιμή αγοράς του φυσικού αερίου. Για μικρή ετήσια παραγωγή (περίπου 2-3.000.000 m³) η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα. Για μεγαλύτερη παραγωγή (>4.000.000) η παραγωγή είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα και ειδικά για τιμές αγοράς φυσικού αερίου από 24 €/MWh μέχρι 30 €/MWh.



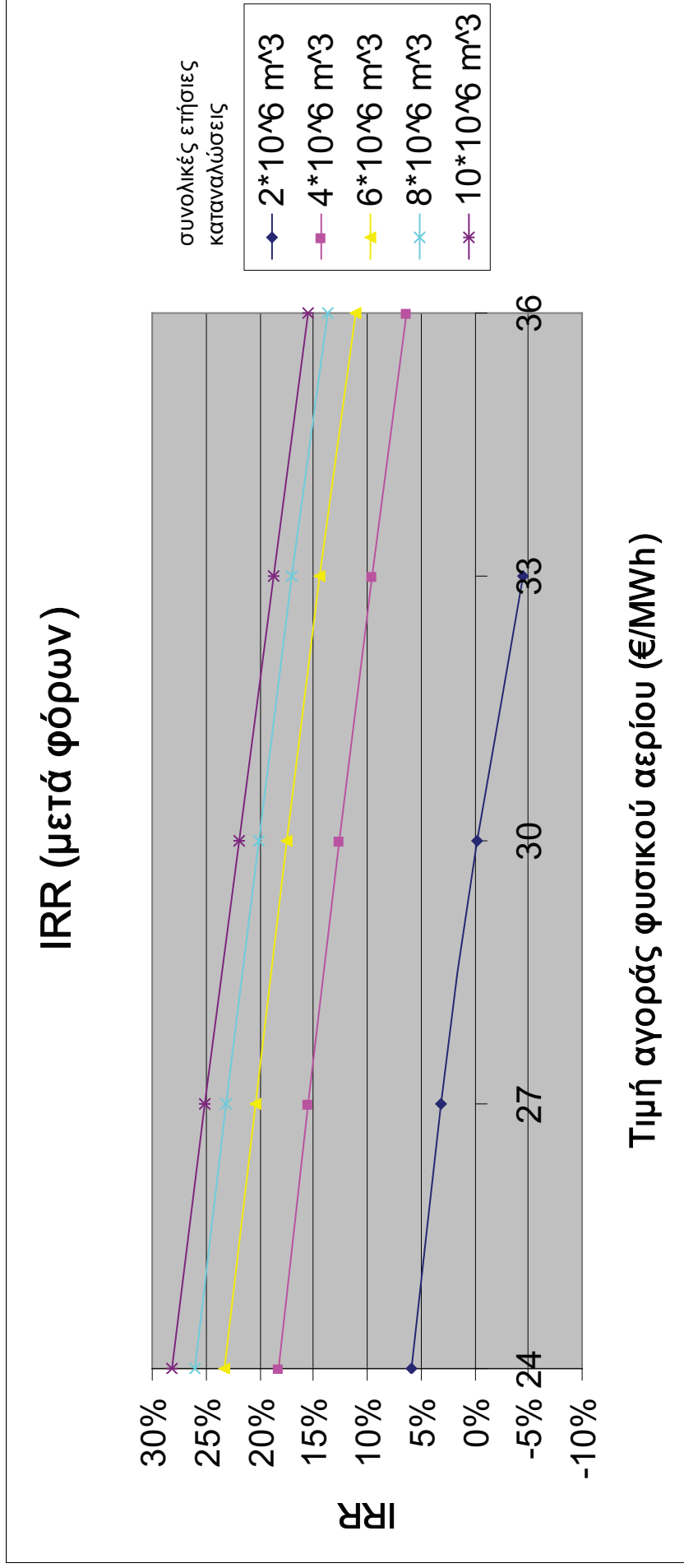
Διάγραμμα 7.10 NPV σε συνάρτηση με τιμή αγοράς φυσικού αερίου και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.11 NPV σε συνάρτηση με τιμή αγοράς φυσικού αερίου και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (μετά φόρων)



Διάγραμμα 7.12 IRR σε συνάρτηση με τιμή αγοράς φυσικού αερίου και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.13 IRR σε συνάρτηση με τιμή αγοράς φυσικού αερίου και συνολικές ετήσιες καταναλώσεις (μετά φόρων)

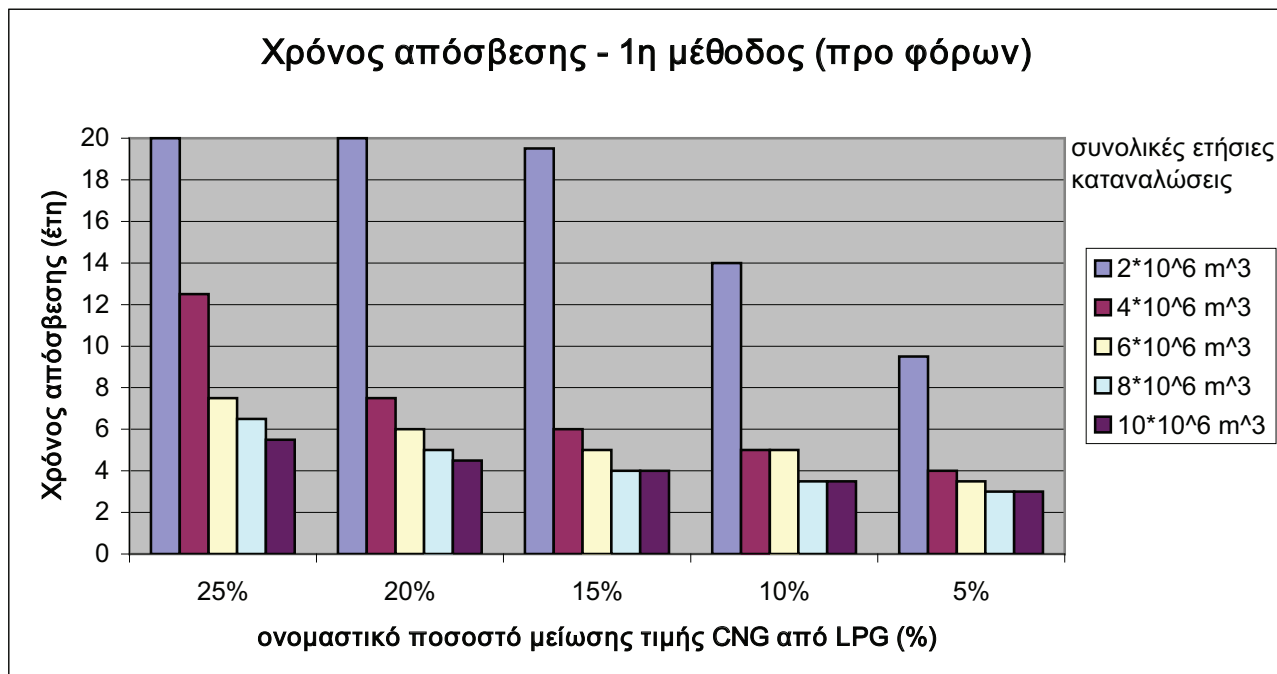
7.1.5 Χρόνος απόσβεσης επένδυσης μεταβάλλοντας την παραγωγή και το ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG

Ο χρόνος απόσβεσης θα υπολογιστεί με δυο μεθόδους. Στην πρώτη περίπτωση στις ετήσιες καθαρές ροές δεν υπολογίζεται η χρονική αξία του χρήματος δηλαδή έχουν χρησιμοποιηθεί οι τρέχουσες τιμές ενώ στην δεύτερη περίπτωση οι ετήσιες καθαρές ροές έχουν υπολογιστεί με βάση τις αντίστοιχες παρούσες αξίες. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τους χρόνους απόσβεσης και για τις δυο περιπτώσεις προ και μετά φόρων μεταβάλλοντας την παραγωγή CNG και την τιμή πώλησης του CNG.

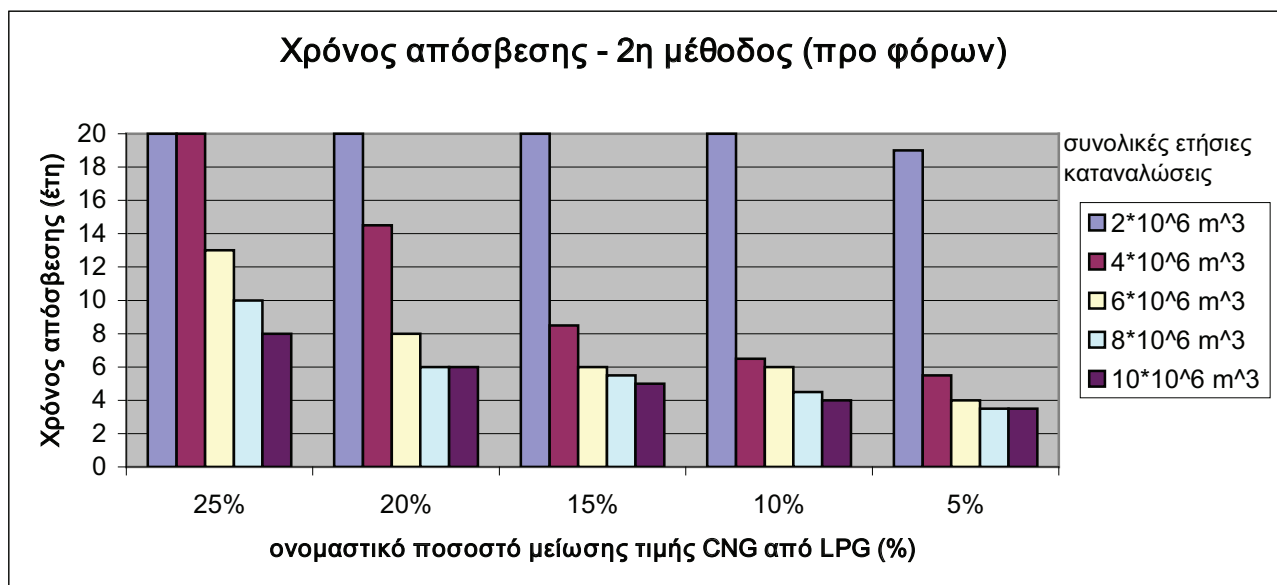
m ³	Ποσοστό μείωσης CNG από LPG	προ φόρων	προ φόρων	μετά φόρων	μετά φόρων
		1η μέθοδος - Τρέχουσες τιμές	2η μέθοδος - Παρούσες αξίες	1η μέθοδος- Τρέχουσες τιμές	2η μέθοδος- Παρούσες αξίες
2,E+06	25%	>20	>20	>20	>20
	20%	>20	>20	>20	>20
	15%	19,5	>20	>20	>20
	10%	14	>20	15	>20
	5%	9,5	19	12	>20
4,E+06	25%	12,5	20	13,5	>20
	20%	7,5	14,5	8	17
	15%	6	8,5	6,5	11,5
	10%	5	6,5	5,5	7,5
	5%	4	5,5	5	6
6,0,E+06	25%	7,5	13	8	15
	20%	6	8	6,6	10
	15%	5	6	5,5	7
	10%	5	6	4,5	6
	5%	3,5	4	4	5
8,E+06	25%	6,5	10	7	11,5
	20%	5	6	5,5	7,5
	15%	4	5,5	4,5	6
	10%	3,5	4,5	4	5
	5%	3	3,5	3,5	4,5
1,0,E+07	25%	5,5	8	6	9
	20%	4,5	6	5	6,5
	15%	4	5	4,5	5,5
	10%	3,5	4	5	5
	5%	3	3,5	3,5	4

Πίνακας 7.7 Χρόνος απόσβεσης ανάλογα την παραγωγή CNG και την τιμή του

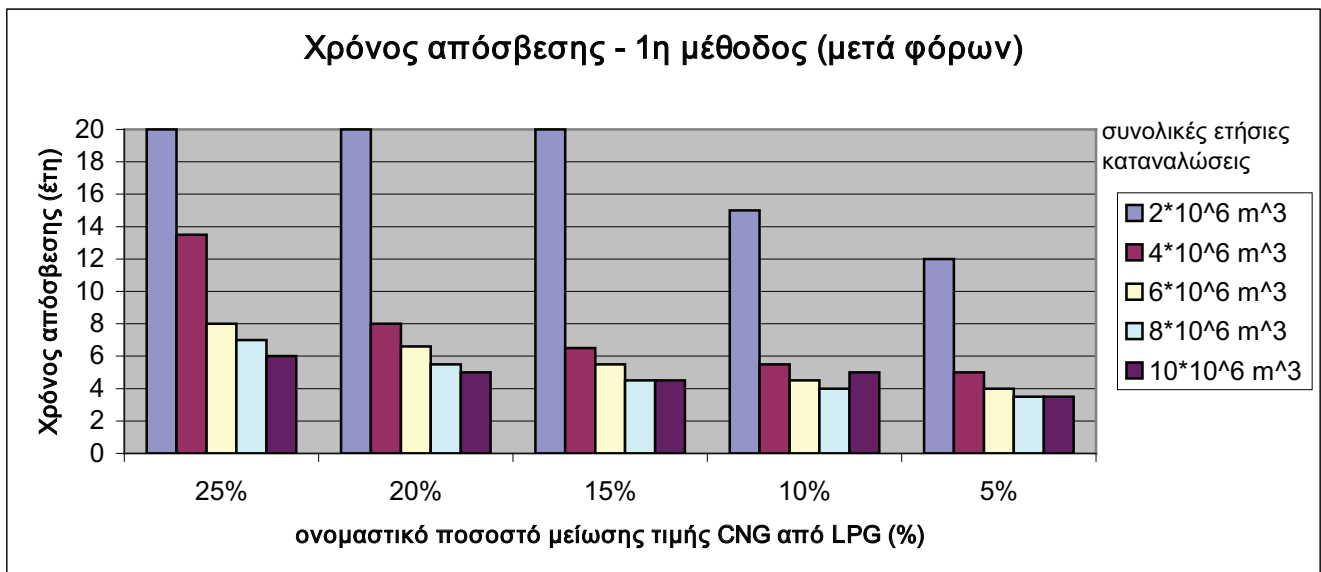
Παρακάτω παρουσιάζεται ο παραπάνω πίνακας σε διαγράμματα.



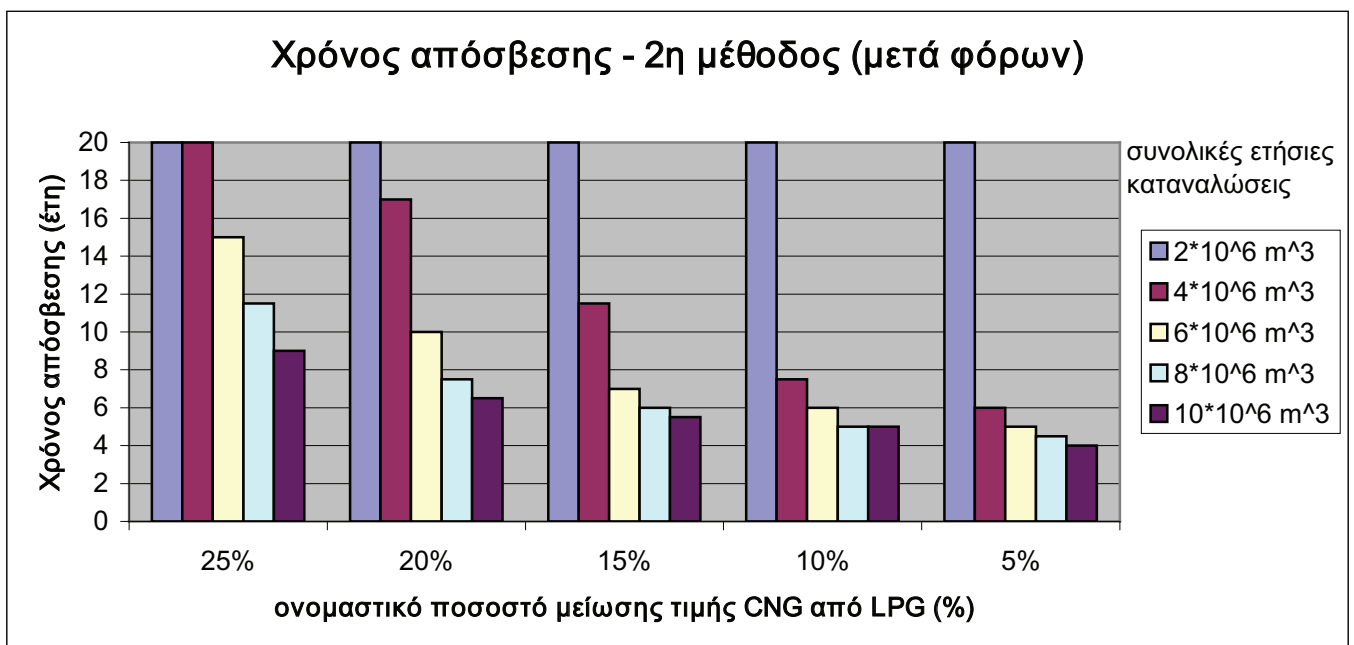
Διάγραμμα 7.14 Χρόνος απόσβεσης με την πρώτη μέθοδο (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.15 Χρόνος απόσβεσης με την δεύτερη μέθοδο (προ φόρων)



Διάγραμμα 7.16 Χρόνος απόσβεσης με την πρώτη μέθοδο (μετά φόρων)



Διάγραμμα 7.17 Χρόνος απόσβεσης με την πρώτη μέθοδο (προ φόρων)

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι για παραγωγή 2.000.000 m³ η επένδυση δεν αποσβένεται στα πρώτα 20 χρόνια. Στις άλλες περιπτώσεις όσο η παραγωγή αυξάνεται τόσο μικραίνει ο χρόνος απόσβεσης και το ίδιο συμβαίνει και όσο μικραίνει η έκπτωση στην τιμή του CNG. Η διαφορά στις δυο μεθόδους για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης είναι ότι στην πρώτη περίπτωση δεν υπολογίζεται η χρονική αξία του χρήματος ενώ στην δεύτερη υπολογίζεται και αυτός είναι και ο λόγος που στην δεύτερη περίπτωση ο χρόνος απόσβεσης είναι μεγαλύτερος από την πρώτη.

7.2 Σενάριο Β (καταναλωτές – πελάτες)

Το σενάριο Β παρουσιάζει την ανάλυση και τα αποτελέσματα της επένδυσης από την πλευρά των πελατών και θα εξαχθούν συμπεράσματα για το αν συμφέρει η αλλαγή καυσίμου και πόσο ανάλογα την δυναμικότητα του καταναλωτή.

7.2.1 Ετήσιες καταναλώσεις πελάτη 450.000 m³, ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG 15%

Η συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρεται σε καταναλωτή με ετήσιες καταναλώσεις καυσίμου 450.000 m³, τιμή διάθεσης CNG 15% φθηνότερα από το LPG και διανυθείσα απόσταση του τράκτορα σε κάθε γέμισμα 70 km.

Οι υπόλοιπες παράμετροι φαίνονται στον πίνακα παρακάτω. Οι υπολογισμοί έχουν αναλυθεί στο 6^ο κεφάλαιο. Για καλύτερη απεικόνιση με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται τα δεδομένα της μελέτης (τα εισάγει ο χρήστης του μοντέλου και μπορεί να τα μεταβάλλει όποτε θέλει) και με μπλε χρώμα παράμετροι που υπολογίζονται μετά από μαθηματικούς τύπους (μεταβάλλονται αυτόματα αν μεταβληθεί κάποιο δεδομένο).

Πίνακας 7.8 Δεδομένα σεναρίου

Κόστος αλλαγών (€)	50.000	Κόστος μεταφορικών (καύσιμο)		Μισθός οδηγών		Κόστος λειτουργίας τρακτόρων (συντήρηση, κλπ.)	
CNG		Συνολική διανυθείσα απόσταση τράκτορα σε κάθε γέμισμα, (τιμές 50-90km)	70	Διάρκεια μεταφοράς (ώρες)	1,56	Λειτουργικό Κόστος οχήματος (συντήρηση, αναλώσιμα, τέλη κυκλοφορίας, ασφάλεια)	2.000
Ετήσιες Καταναλώσεις (m3)	450.000	Ετήσιες επισκέψεις γεμίσματος	90	Διάρκεια φόρτωσης - εκφόρτωσης φιαλών	0,25	Λειτουργικό Κόστος όλων των οχημάτων	4.000
LPG		Συνολικά ετήσια km	6.300	Διάρκεια σύνδεσης - αποσύνδεσης φιαλών	0,25	Συνολικά ετήσια km (για όλους τους πελάτες)	84.000
Ετήσιες Καταναλώσεις (kg)	386712	Κατανάλωση καυσίμου (l/km)	0,31	Ετήσια διάρκεια μεταφοράς (ώρες)	185	Λειτουργικό Κόστος οχήματος ανά km	0,048
Τιμή υγραερίου (€/MT)	880	Συνολική ετήσια κατανάλωση καυσίμου (l)	1.953	ωριαίος μισθός οδηγού (€/ώρα)	15,35	Κόστος λειτουργίας των τρακτόρων για τον συγκεκριμένο πελάτη (€)	300
Τιμή υγραερίου (€/MWh)	71,05	Τιμή πετρελαίου κίνησης (€/l)	1,4	ετήσιος μισθός οδηγού για τον συγκεκριμένο πελάτη (€)	2.839,75		
ισοδύναμη τιμή cng (€/MWh)	71,05	Συνολική ετήσια αξία μεταφορικών για τον συγκεκριμένο πελάτη (€)	2.734,2				
ισοδύναμη τιμή cng (€/m3)	0,735						
Ποσοστό μείωσης CNG από LPG	15,0%						
τελική τιμή cng (€/m3)	0,624						
Κέρδος (€/m3)	0,110						
Ετήσιο Κέρδος (€)	49.591,93						

Και τα αποτελέσματα είναι

Έτος	Εκροές	Εισροές	Κόστη Λειτουργίας	Μεικτά Αποτελέσματα
0	50.000			- 50.000,00
1		49.591,93	5.873,95	43.717,98
2		49.591,93	5.873,95	43.717,98
3		49.591,93	5.873,95	43.717,98
4		49.591,93	5.873,95	43.717,98
5		49.591,93	5.873,95	43.717,98
6		49.591,93	5.873,95	43.717,98
7		49.591,93	5.873,95	43.717,98
8		49.591,93	5.873,95	43.717,98
9		49.591,93	5.873,95	43.717,98
10		49.591,93	5.873,95	43.717,98
NPV				243.351,18 €
IRR				87,3%

Συνολικό Κόστος 10ετίας με υγραέριο	2.218.439,06 €
Συνολικό Κόστος 10ετίας με cng	1.975.087,88 €
Συνολικό Ποσοστό Μείωσης (κέρδος δεκαετίας)	10,97%
Ισοδύναμο ποσοστό έκπτωσης ενσωματώνοντας τα μεταφορικά	13,22%

Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση, κλπ.) €/m ³	0,013053
Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση, κλπ.) €/MWh	1,136051

Πίνακας 7.9 Αποτελέσματα σεναρίου

Από τα παραπάνω φαίνεται αναλυτικά σε τι τιμή θα πληρώσει ο πελάτης το CNG και τι κέρδος θα έχει από το LPG. Επίσης, φαίνεται αναλυτικά το ποσό που αντιστοιχεί στο ετήσιο κόστος μεταφοράς των φιαλών που θα επιβαρυνθεί ο πελάτης και πόσες θα είναι οι επισκέψεις ετησίως. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου θα γίνει σχεδόν στο τέλος του πρώτου έτους. Έτσι στην συγκεκριμένη εκδοχή ο καταναλωτής θα χρεωθεί για το CNG 0,624€/m³. Τα κόστη λειτουργίας και το ετήσιο κέρδος λόγω του ότι το CNG είναι φθηνότερο από το υγραέριο φαίνονται στον πίνακα 7.9. Το NPV είναι 243.351,18€. Το συνολικό ποσοστό κέρδους της δεκαετίας για τον καταναλωτή είναι 10.97% με δεδομένο ότι η διαφορά στην τιμή θα είναι 15%. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο καταναλωτής θα πληρώσει 15% φθηνότερα το CNG αλλά θα πληρώσει επιπλέον κόστη λειτουργίας (μεταφορικά). Ισοδύναμα μπορούν τα μεταφορικά να ενσωματωθούν στην τιμή και το ποσοστό μείωσης τιμής του CNG να γίνει 13,2%.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται διάφορα παραδείγματα μεταβάλλοντας τις καταναλώσεις των πελατών, την διαφορά στις τιμές των καυσίμων και την απόσταση των καταναλωτών από τον σταθμό ανεφοδιασμού.

7.2.2 Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις (διαφορετικός πελάτης), μεταβαλλόμενο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG, σταθερές αποστάσεις πελατών από σταθμό ανεφοδιασμού.

Η συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρεται σε καταναλωτές με ετήσιες καταναλώσεις καυσίμου από 20.000 m³ μέχρι 900.000 m³, τιμή διάθεσης CNG από 0% μέχρι 25% φθηνότερα από το LPG και η συνολική διανυθείσα απόσταση του τράκτορα σε κάθε γέμισμα έχει οριστεί 70 km .

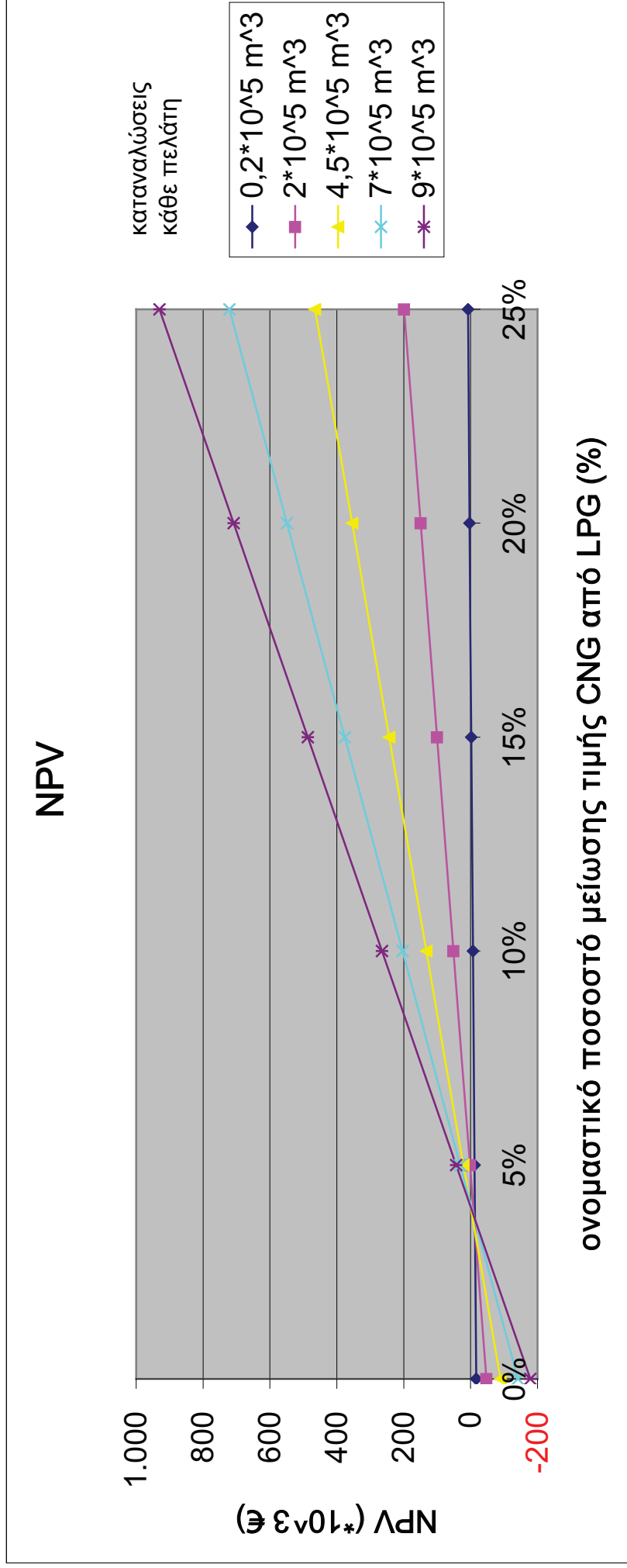
		ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG					
		NPV	25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%
καταναλώσεις	0,20*10 ⁵ m ³	7,90E+03	2,97E+03	-1,96E+03	-6,89E+03	-1,18E+04	-1,68E+04
	2*10 ⁵ m ³	1,99E+05	1,50E+05	1,00E+05	5,11E+04	1,78E+03	-4,75E+04
	4,5*10 ⁵ m ³	4,65E+05	3,54E+05	2,43E+05	1,32E+05	2,15E+04	-8,94E+04
	7*10 ⁵ m ³	7,21E+05	5,49E+05	3,76E+05	2,04E+05	3,12E+04	-1,41E+05
	9*10 ⁵ m ³	9,30E+05	7,09E+05	4,87E+05	2,65E+05	4,30E+04	-1,79E+05

		ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG					
		IRR	25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%
καταναλώσεις	0,20*10 ⁵ m ³	18,63%	12,2%	5,00%	-3,75%	-	-
	2*10 ⁵ m ³	113,69%	89,10%	64,32%	38,75%	9,30%	-
	4,5*10 ⁵ m ³	153,54%	120,45%	87,27%	53,6%	16,80%	-
	7*10 ⁵ m ³	149,28%	117,10%	84,82%	52,06%	16,04%	-
	9*10 ⁵ m ³	153,54%	120,45%	87,27%	53,63%	16,80%	-

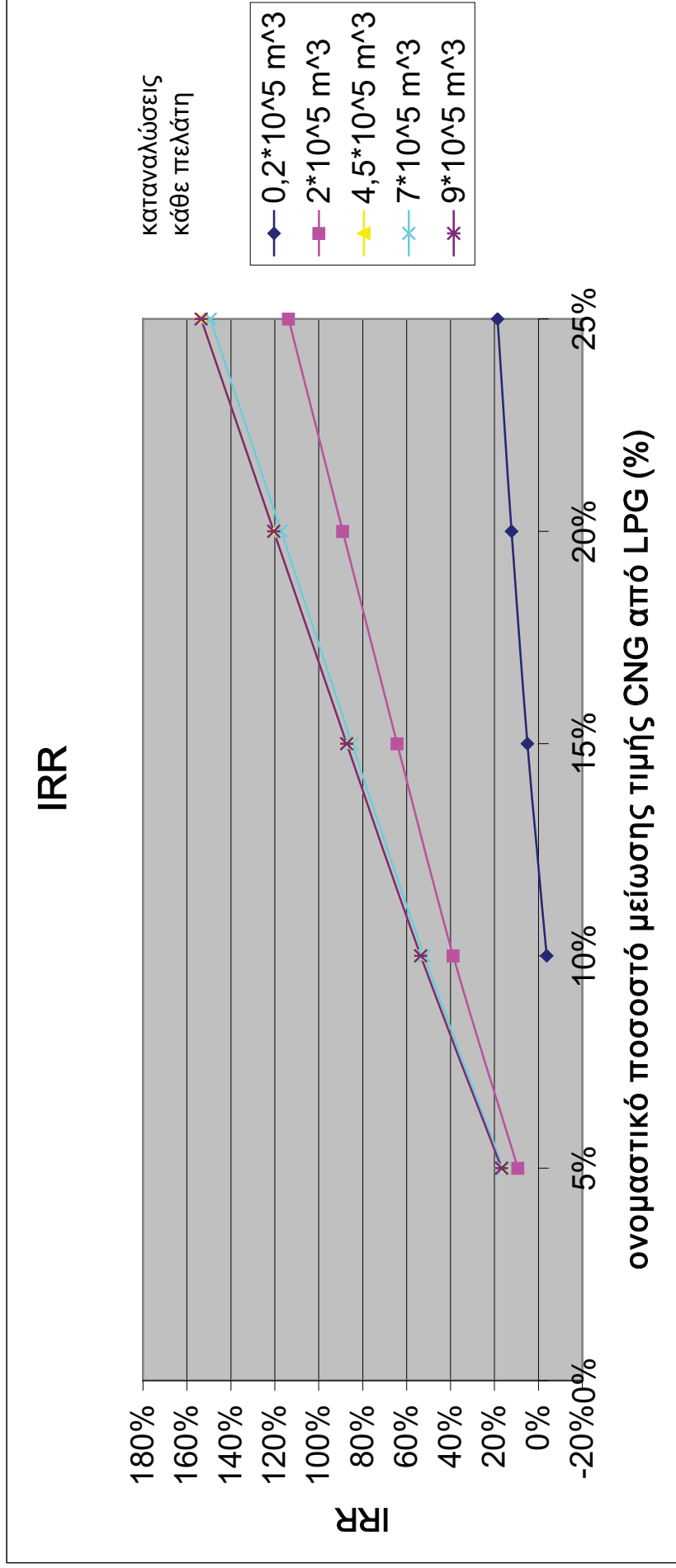
Πίνακας 7.10 NPV, IRR σε σχέση με το ονομαστικό ποσοστό κέρδους τιμής CNG από LPG και διαφορετικό πελάτη

Από τα διαγράμματα 7.18 και 7.19 φαίνεται ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα για τους καταναλωτές ακόμα και για 5% έκπτωση και για “μικρούς” καταναλωτές. Βέβαια, στους “μικρούς” καταναλωτές τα κέρδη θα είναι λίγα για ποσοστό 5% και η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου θα αργήσει να γίνει, ενώ στους “μεγάλους” καταναλωτές γίνεται άμεση απόσβεση. Πιο συγκεκριμένα για καταναλωτές με ετήσιες καταναλώσεις καυσίμου περίπου 20.000 m³ η αλλαγή καυσίμου σε CNG είναι οριακά συμφέρουσα μόνο με έκπτωση >20% από το LPG. Από καταναλώσεις 200.000 m³ και πάνω η επένδυση είναι συμφέρουσα για όλο το εύρος των τιμών πώλησης του CNG αλλά σίγουρα όσο μικρότερη η τιμή του τόσο περισσότερα θα είναι τα κέρδη. Έτσι η εταιρία αερίου μπορεί να διαμορφώσει την τιμολογιακή πολιτική προς κάθε πελάτη ανάλογα το περιθώριο κέρδους που επιθυμεί να έχει από τον κάθε πελάτη, γνωρίζοντας παράλληλα τη εξοικονόμηση προσφέρει στον ίδιο τον πελάτη.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα 7.18 και 7.19 που απεικονίζουν τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων.



Διάγραμμα 7.18 NPV σε συνάρτηση με το ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και τις καταναλώσεις κάθε πελάτη



Διάγραμμα 7.19 IRR σε συνάρτηση με το ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG και τις καταναλώσεις κάθε πελάτη

		ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG					
		25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	0,00%
καταναλώσεις	Συνολικό Ποσοστό κέρδους δεκαετίας						
	0,20*10 ⁵ m ³	8,01%	3,01%	-1,99%	-6,99%	-11,99%	-16,99%
	2*10 ⁵ m ³	20,18%	15,18%	10,18%	5,18%	0,18%	-4,82%
	4,5*10 ⁵ m ³	20,97%	15,97%	10,97%	5,97%	0,97%	-4,03%
	7*10 ⁵ m ³	20,91%	15,91%	10,91%	5,91%	0,91%	-4,09%
	9*10 ⁵ m ³	20,97%	15,97%	10,97%	5,97%	0,97%	-4,03%

Πίνακας 7.11 Συνολικό ποσοστό κέρδους

		ονομαστικό ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG					
		25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	0,00%
καταναλώσεις	Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG αν τα μεταφορικά ενσωματωθούν στην τιμή πώλησης						
	0,20*10 ⁵ m ³	23,22%	18,22%	13,22%	8,22%	3,22%	-1,78%
	2*10 ⁵ m ³	23,22%	18,22%	13,22%	8,22%	3,22%	-1,78%
	4,5*10 ⁵ m ³	23,22%	18,22%	13,22%	8,22%	3,22%	-1,78%
	7*10 ⁵ m ³	23,22%	18,22%	13,22%	8,22%	3,22%	-1,78%
	9*10 ⁵ m ³	23,22%	18,22%	13,22%	8,22%	3,22%	-1,78%

Πίνακας 7.12 Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG αν τα μεταφορικά ενσωματωθούν στην τιμή πώλησης

Ο πρώτος πίνακας αναφέρεται στο συνολικό ποσοστό κέρδους που θα έχει ο κάθε πελάτης συνολικά στο τέλος του δέκατου έτους (συμπεριλαμβανομένων των αρχικών αλλαγών που έχει κάνει και του μεταφορικού κόστους). Ο δεύτερος πίνακας παρουσιάζει το ισοδύναμο ποσοστό μείωσης της τιμής του CNG από το LPG αν τα μεταφορικά κόστη ενσωματωθούν στην τιμή. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο στα μεταφορικά κόστη περιλαμβάνονται τα καύσιμα που καταναλώνει ο τράκτορας για την μεταφορά των κινητών δεξαμενών από το

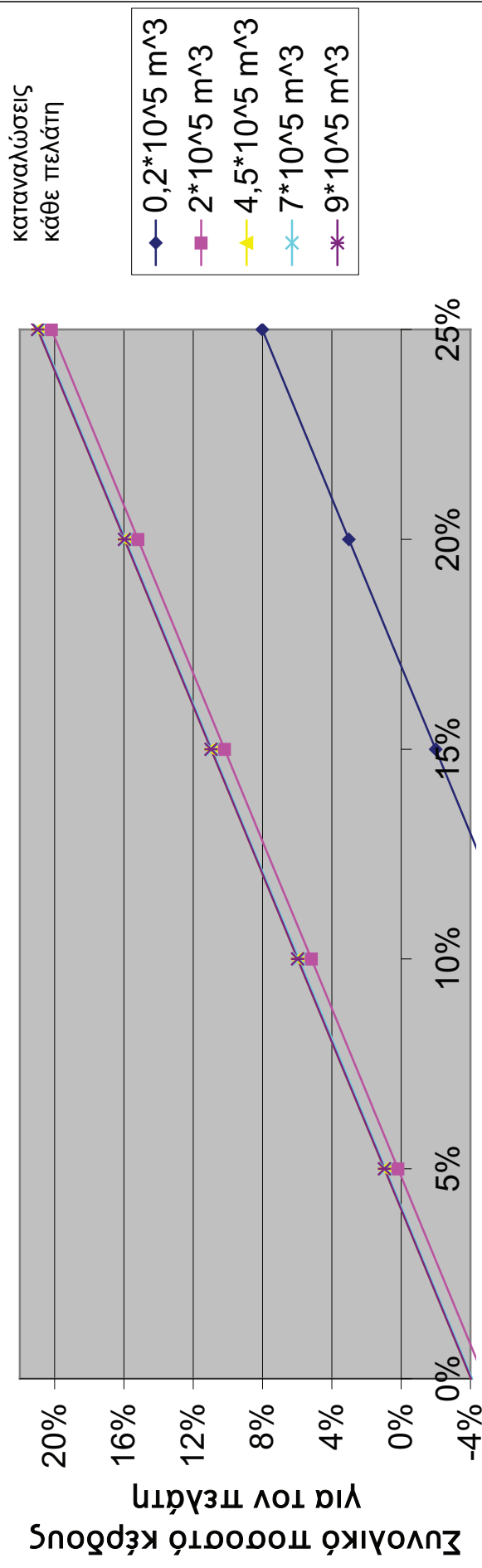
σταθμό ανεφοδιασμού στον τελικό καταναλωτή, ο μισθός των οδηγών και η συντήρηση των τρακτόρων (service, αναλώσιμα, τέλη κυκλοφορίας κλπ) και τα οποία χρεώνονται στον πελάτη. Η αγορά των οχημάτων και των κινητών δεξαμενών θα χρεωθούν στην εταιρία και θα περιέλθουν στην ιδιοκτησία της.

Στο διάγραμμα 7.20 απεικονίζεται το συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας που θα έχει ο καταναλωτής ανάλογα τις καταναλώσεις που έχει και την τιμή CNG που θα πληρώνει. Έτσι, για ένα μικρό καταναλωτή (περίπου 20.000 m³) το ποσοστό κέρδους θα είναι μικρό (3% και 8%) ακόμα και για μεγάλες εκπτώσεις (20% και 25% αντίστοιχα). Αντίθετα το κέρδος για τους μεγάλους καταναλωτές (>200.000 m³) θα είναι περίπου 21% για έκπτωση 25%, 16% για έκπτωση 20%, 11% για έκπτωση 15% κοκ.

Στο διάγραμμα 7.21 παρουσιάζεται η ισοδύναμη έκπτωση του CNG αν στην τιμή ενσωματωθούν τα μεταφορικά. Έτσι, αν η έκπτωση διαμορφωθεί στα 25% τότε ο καταναλωτής μπορεί να πληρώνει το CNG με έκπτωση 23,2% και δεν θα πληρώνει μεταφορικά έξοδα. Ομοίως, για ποσοστό 20% η ενσωματωμένη τιμή θα είναι 18,2%, για 15% η τιμή γίνεται 13,2%, για 10% γίνεται 8,2% και για 5% η τιμή διαμορφώνεται στο 3,2% ενσωματώνοντας τα μεταφορικά.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι παραπάνω πίνακες σε διαγράμματα.

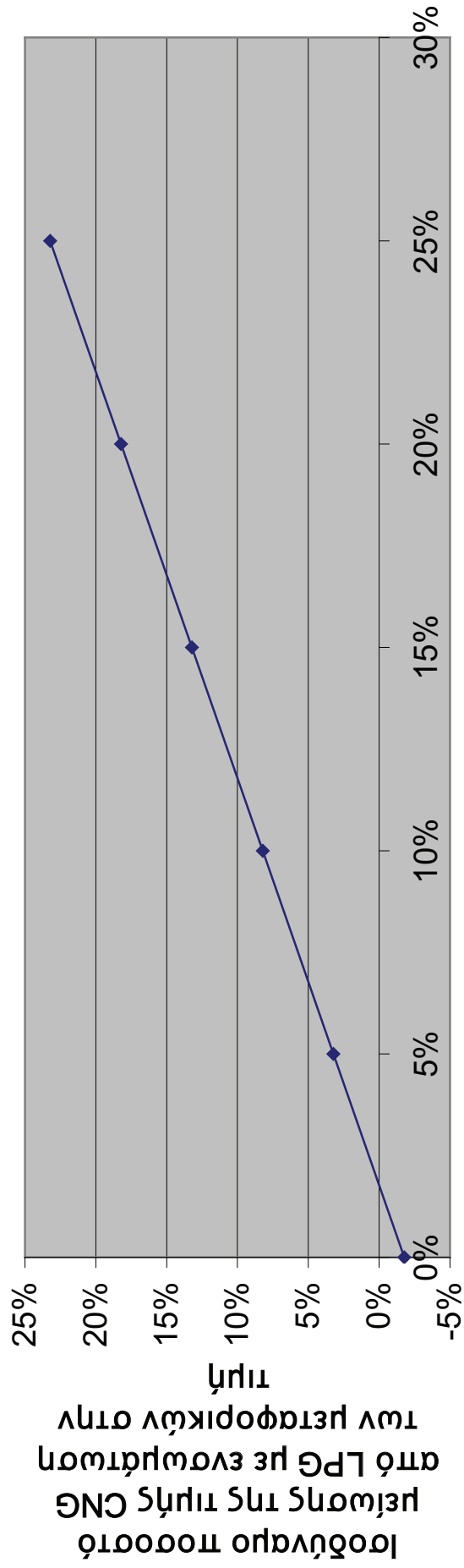
Συνολικό ποσοστό κέρδους για τον πελάτη



ονομαστικό ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG (%)

Διάγραμμα 7.20 Συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας (συμπεριλαμβάνεται το αρχικό κόστος και τα μεταφορικά) για την επένδυση σε συνάρτηση με το ονομαστικό ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG και τις καταναλώσεις κάθε πελάτη

Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG με ενσωμάτωση μόνο των μεταφορικών στην τιμή



ονομαστικό ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG (%)

Διάγραμμα 7.21 Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG με ενσωμάτωση μόνο των μεταφορικών στην τιμή

7.2.3 Μεταβαλλόμενες ετήσιες καταναλώσεις (διαφορετικός πελάτης), μεταβαλλόμενες αποστάσεις πελατών από σταθμό ανεφοδιασμού.

Μεταβάλλοντας την απόσταση των πελατών από το σταθμό αλλάζουν τα μεταφορικά κόστη άρα και η αποδοτικότητα της επένδυσης. Η απόσταση που θα χρειαστεί να διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση κινητής δεξαμενής θα μεταβάλλεται από 30km μέχρι 110km (η οποία αποτελεί την διπλάσια απόσταση του πελάτη από το σταθμό), ενώ η έκπτωση του CNG έχει οριστεί 15%.

	Η απόσταση που θα διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση				
	30 km	50 km	70 km	90 km	110 km
Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση, κλπ.) €/m ³	0,006471	0,00976	0,01305	0,01634	0,01964

Πίνακας 7.13 Λειτουργικό κόστος οχημάτων σε €/m³ σε σχέση με την απόσταση

	Λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση, κλπ.) €/έτος	Η απόσταση που θα διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση				
		30 km	50 km	70 km	90 km	110 km
καταναλώσεις	20.000 m ³	1,29E+02	1,95E+02	2,61E+02	3,27E+02	3,93E+02
	200.000 m ³	1,29E+03	1,95E+03	2,61E+03	3,27E+03	3,93E+03
	450.000 m ³	2,91E+03	4,39E+03	5,87E+03	7,35E+03	8,84E+03
	700.000 m ³	4,53E+03	6,83E+03	9,14E+03	1,14E+04	1,37E+04
	900.000 m ³	5,82E+03	8,79E+03	1,17E+04	1,47E+04	1,77E+04

Πίνακας 7.14 Ετήσιο λειτουργικό κόστος οχημάτων που θα χρεωθεί κάθε πελάτης ανάλογα την διανυθείσα απόσταση ανά παράδοση κινητής δεξαμενής

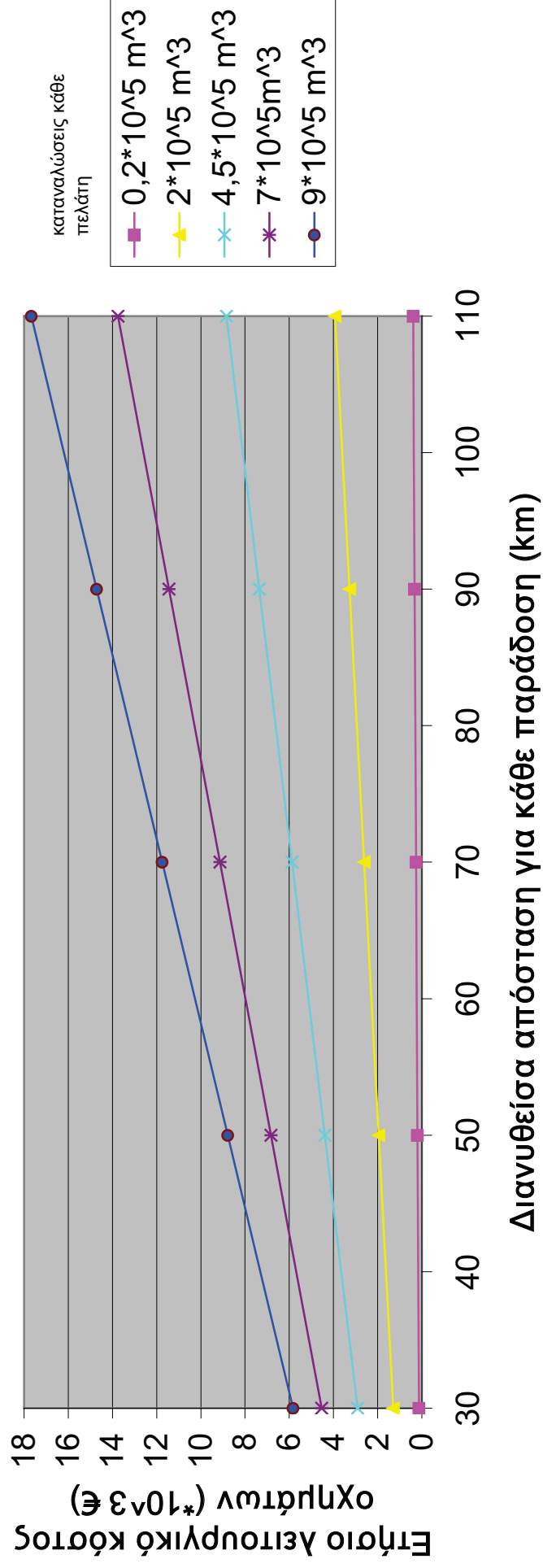
		Η απόσταση που θα διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση				
NPV (€)		30 km	50 km	70 km	90 km	110 km
καταναλώσεις	0,2*10 ⁵ m ³	-1,08E+03	-1,52E+03	-1,96E+03	-2,40E+03	-2,85E+03
	2*10 ⁵ m ³	1,09E+05	1,05E+05	1,00E+05	9,60E+04	9,15E+04
	4,5*10 ⁵ m ³	2,63E+05	2,53E+05	2,43E+05	2,33E+05	2,23E+05
	7*10 ⁵ m ³	4,07E+05	3,92E+05	3,76E+05	3,61E+05	3,45E+05
	9*10 ⁵ m ³	5,26E+05	5,07E+05	4,87E+05	4,67E+05	4,47E+05

Πίνακας 7.15 NPV σε σχέση με την απόσταση και τον πελάτη

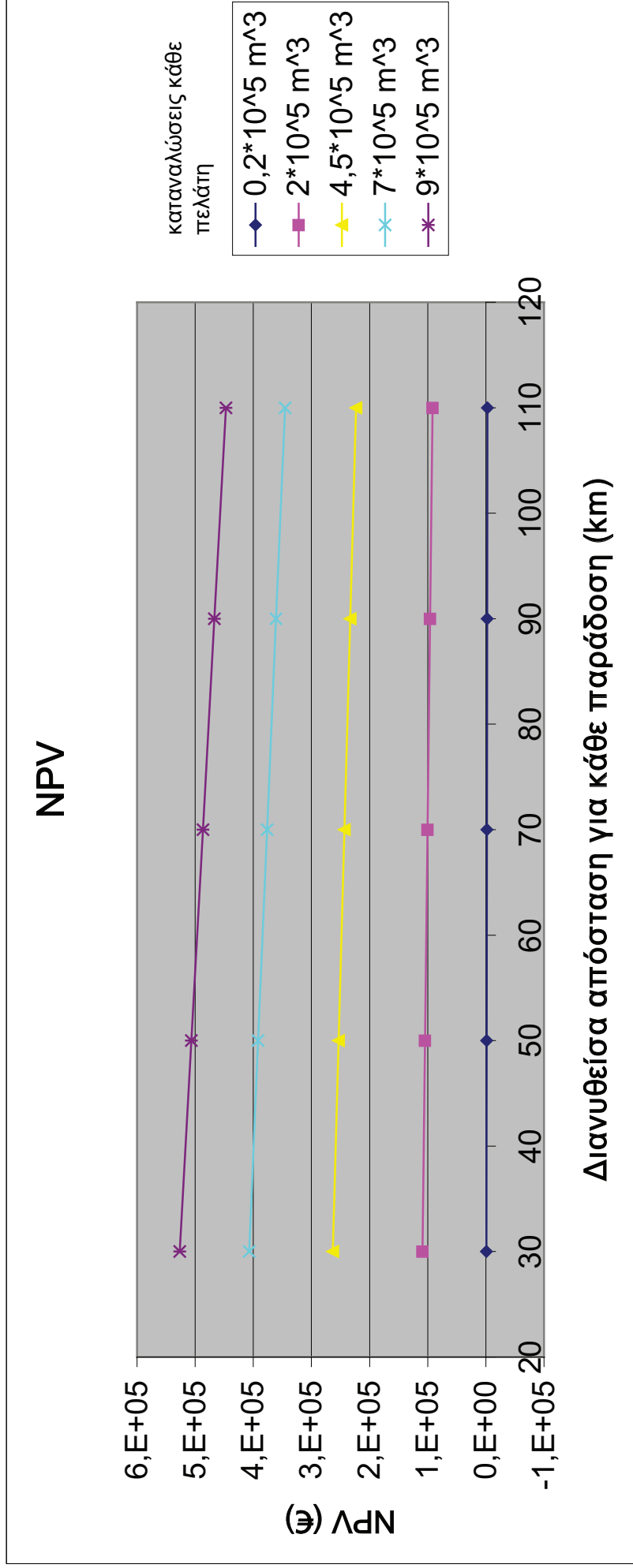
Στους παραπάνω πίνακες παρουσιάστηκαν χρήσιμα αποτελέσματα σχετικά με τη απόσταση των καταναλωτών από τον σταθμό και πόσο επηρεάζει την επένδυση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα. Αρχικά, στο διάγραμμα 7.22 αποτυπώνεται το λειτουργικό κόστος (καύσιμα, οδηγό, συντήρηση) ανάλογα την διανυθείσα απόσταση ανά παράδοση κινητής δεξαμενής. Προφανώς, όσο αυξάνεται η απόσταση, αυξάνεται το λειτουργικό κόστος. Επίσης, όσο μεγαλύτερες είναι οι καταναλώσεις ενός πελάτη τα μεταφορικά αυξάνονται αφού αυξάνεται ο αριθμός επισκέψεων για γέμισμα. Ενδεικτικά, για πελάτη με 200.000m³ με συνολική διανυθείσα απόσταση ανά παράδοση 50km το κόστος είναι περίπου 1.950€ ετησίως, ενώ για πελάτη 900.000 m³ με διανυθείσα απόσταση ανά παράδοση περίπου 90km το κόστος είναι περίπου 14.700€ ετησίως.

Τέλος, στο διάγραμμα 7.23 αποτυπώνεται το πόσο επηρεάζεται η αποδοτικότητα της επένδυσης ανάλογα την απόσταση του καταναλωτή. Όπως είναι λογικό η καμπύλες είναι φθίνουσες όσο αυξάνεται η απόσταση αλλά με μικρή κλίση που σημαίνει ότι το NPV δεν επηρεάζεται σημαντικά.

Ετήσιο λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγοί, συντήρηση, κλπ.)



Διάγραμμα 7.22 Ετήσιο λειτουργικό κόστος οχημάτων (καύσιμα, οδηγοί, συντήρηση, κλπ.) σε συνάρτηση με την διανυθείσα απόσταση για κάθε παράδοση και τις καταναλώσεις του κάθε πελάτη



Διάγραμμα 7.23 NPV σε συνάρτηση με την διανυθείσα απόσταση για κάθε παράδοση και τις καταναλώσεις του κάθε πελάτη

		Η απόσταση που θα διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση				
Συνολικό Ποσοστό Κέρδους Δεκαετίας		30 km	50 km	70 km	90 km	110 km
καταναλώσεις	0,2*10 ⁵ m ³	-1,09%	-1,54%	-1,99%	-2,44%	-2,89%
	2*10 ⁵ m ³	11,08%	10,63%	10,18%	9,73%	9,28%
	4,5*10 ⁵ m ³	11,87%	11,42%	10,97%	10,52%	10,07%
	7*10 ⁵ m ³	11,80%	11,35%	10,91%	10,46%	10,01%
	9*10 ⁵ m ³	11,87%	11,42%	10,97%	10,52%	10,07%

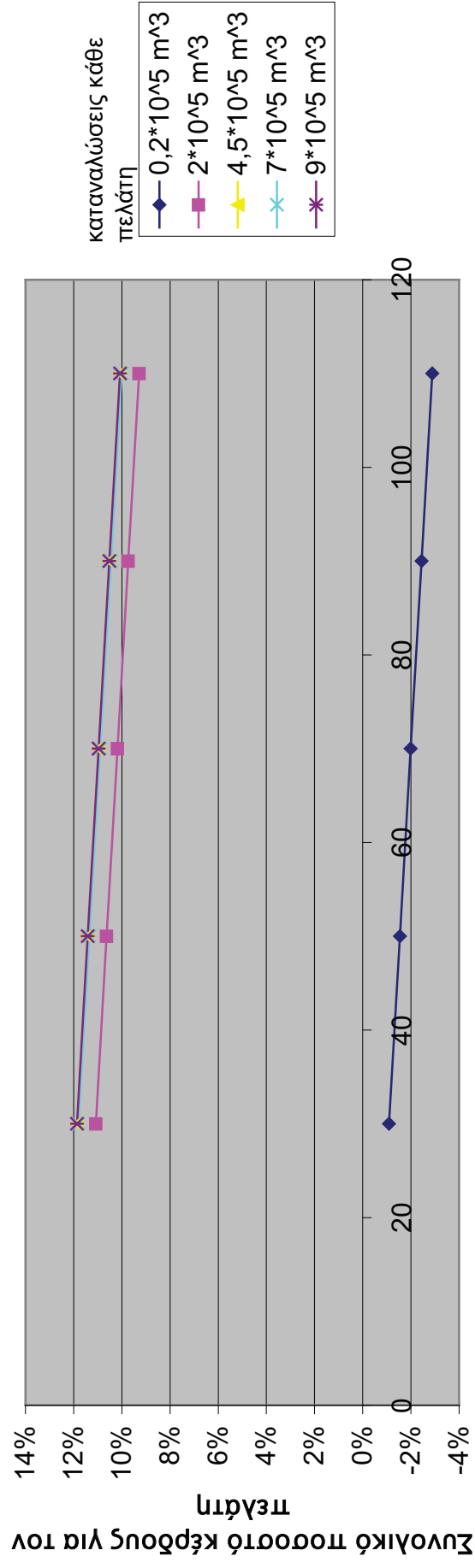
Πίνακας 7.16 Συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας (συμπεριλαμβάνεται το αρχικό κόστος και τα μεταφορικά) σε σχέση με την διανυθείσα απόσταση ανά παράδοση και τις καταναλώσεις

		Η απόσταση που θα διανύσει ο τράκτορας σε κάθε παράδοση				
Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG αν τα μεταφορικά ενσωματωθούν στην τιμή πώλησης		30 km	50 km	70 km	90 km	110 km
καταναλώσεις	0,2*10 ⁵ m ³	14,12%	13,67%	13,22%	12,78%	12,33%
	2*10 ⁵ m ³	14,12%	13,67%	13,22%	12,78%	12,33%
	4,5*10 ⁵ m ³	14,12%	13,67%	13,22%	12,78%	12,33%
	7*10 ⁵ m ³	14,12%	13,67%	13,22%	12,78%	12,33%
	9*10 ⁵ m ³	14,12%	13,67%	13,22%	12,78%	12,33%

Πίνακας 7.17 Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης τιμής CNG από LPG αν τα μεταφορικά ενσωματωθούν στην τιμή πώλησης

Από τους παραπάνω πίνακες και τα αντίστοιχα διαγράμματα φαίνεται ότι για τους μεγάλους καταναλωτές η απόστασή τους από το σταθμό δεν επηρεάζει πολύ το ποσοστό κέρδους τους ανεξαρτήτως της δυναμικότητας του πελάτη. Αντίθετα για τους μικρούς καταναλωτές (20.000 m³) η απόσταση επηρεάζει το αποτέλεσμα αρνητικά.

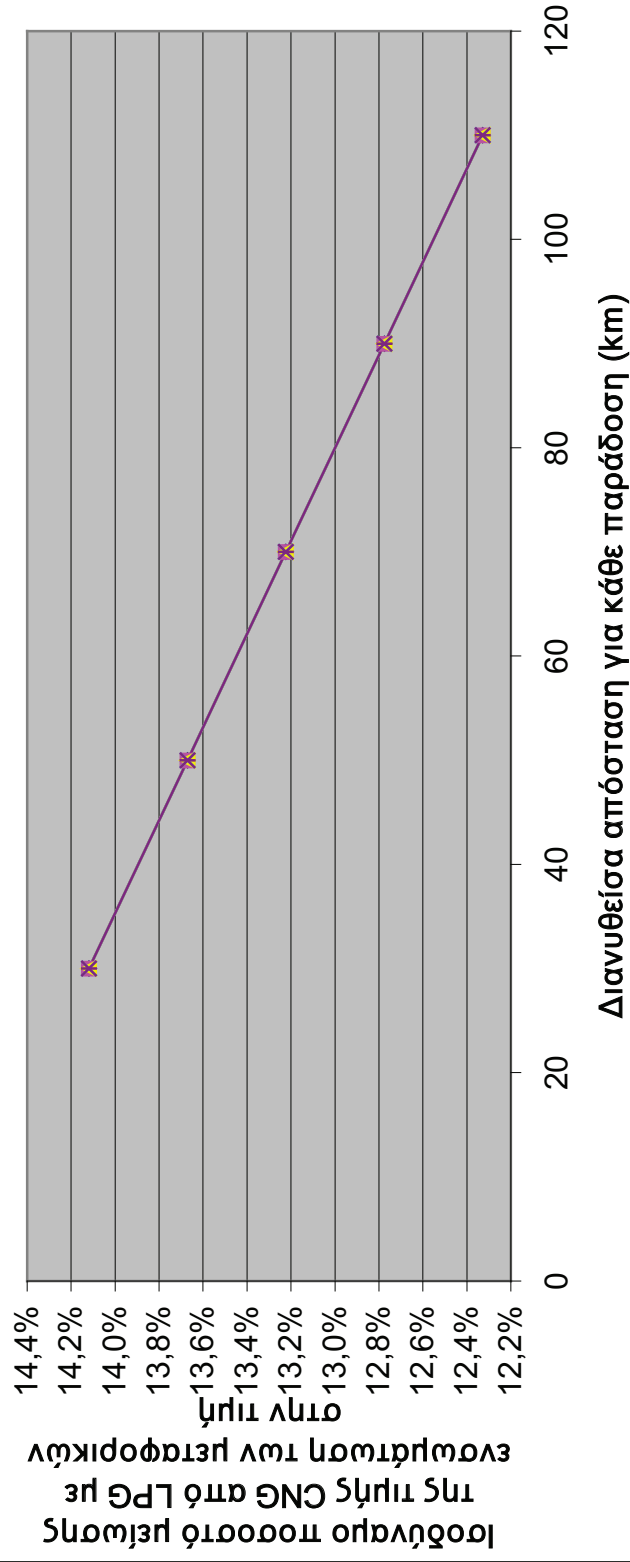
Συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας για τον πελάτη



Διανυθείσα απόσταση για κάθε παράδοση (km)

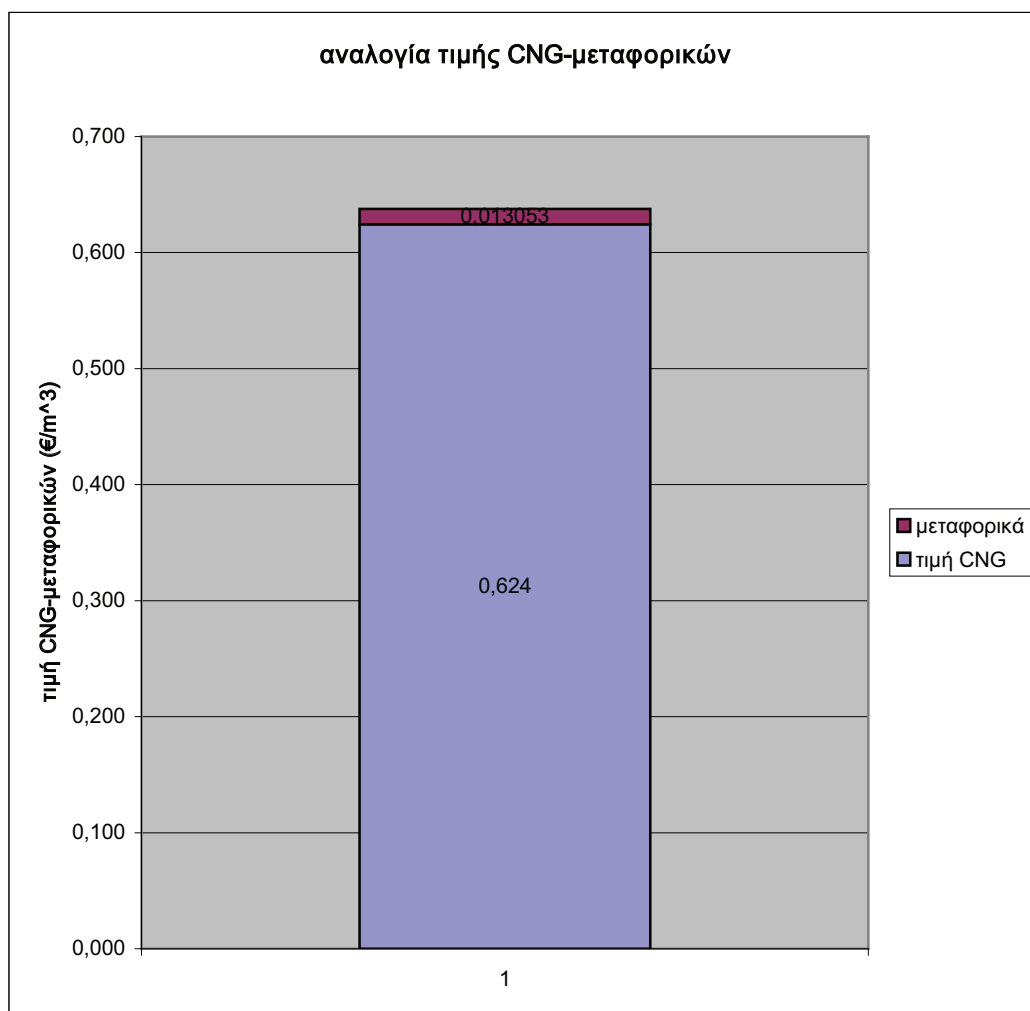
Διάγραμμα 7.24 Συνολικό ποσοστό κέρδους δεκαετίας για τον πελάτη (μαζί με αρχικό κεφάλαιο και μεταφορικά) σε συνάρτηση με την διανυθείσα απόσταση για κάθε παράδοση και τις καταναλώσεις του κάθε πελάτη για ονομαστική έκπτωση τιμής 15%

Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG με ενσωμάτωση των μεταφορικών στην τιμή



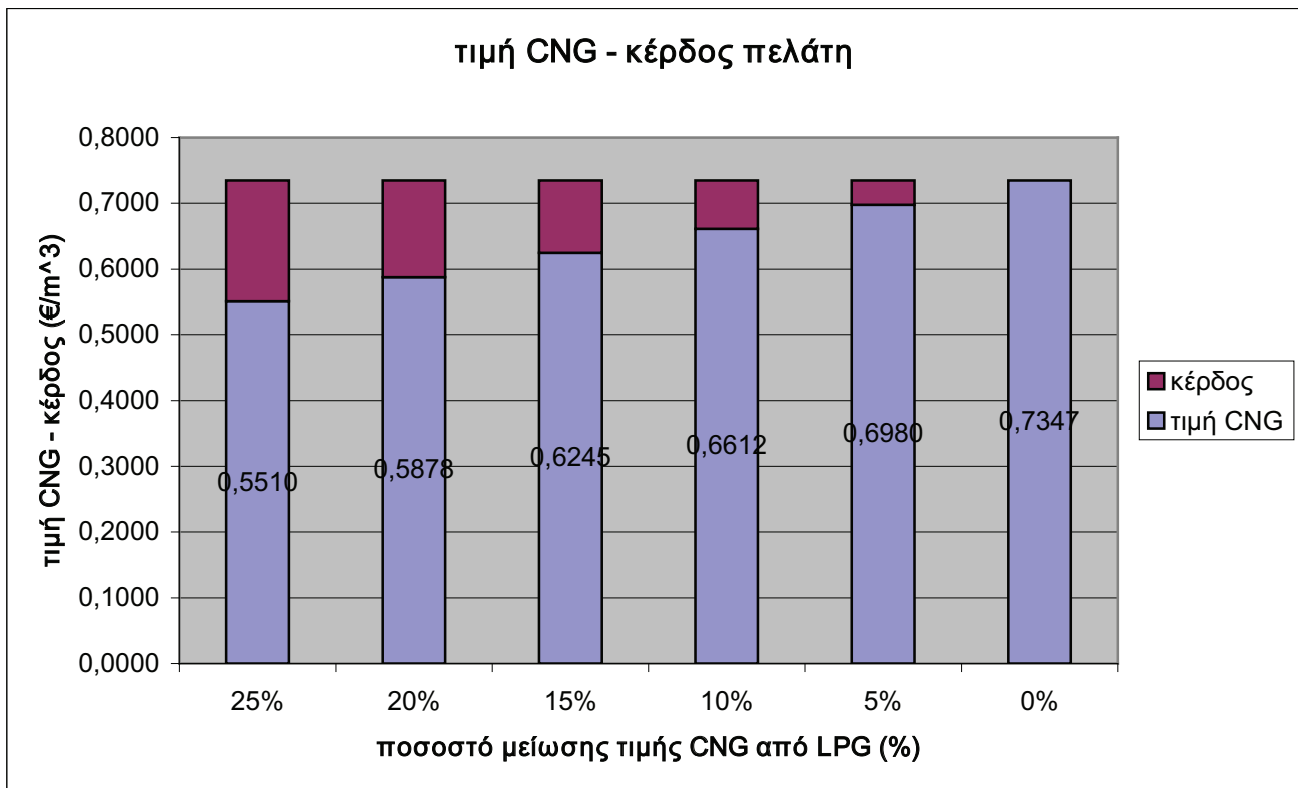
Διάγραμμα 7.25 Ισοδύναμο ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG με ενσωμάτωση των μεταφορικών στην τιμή σε συνάρτηση με την διανυθείσα απόσταση για κάθε παράδοση και τις καταναλώσεις του κάθε πελάτη για ονομαστική έκπτωση τιμής 15%

7.2.4 Αναλογία τιμής CNG - μεταφορικών – κέρδους πελατών



Διάγραμμα 7.26 Αναλογία τιμής CNG-μεταφορικών

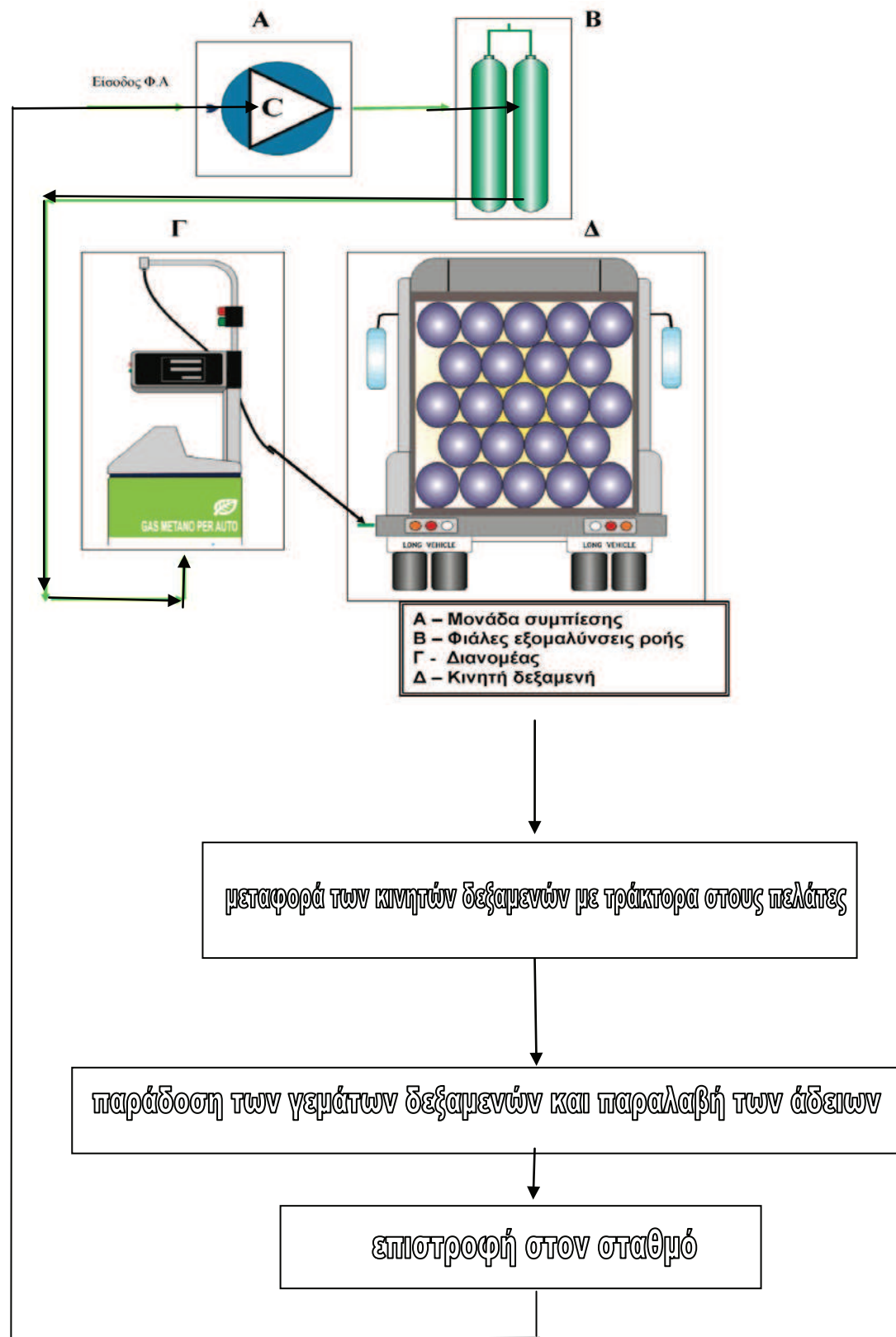
Στο διάγραμμα 7.26 φαίνεται η αναλογία της τιμής CNG και των μεταφορικών για μια μέση διανυθείσα απόσταση ανά γέμισμα 70 km. Τα μεταφορικά κόστη, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, περιλαμβάνουν μόνο τα καύσιμα που καταναλώνει το όχημα ανά γέμισμα, ο μισθός των οδηγών και η συντήρηση του οχήματος και όχι η αγορά του. Σίγουρα το ποσοστό συνεισφοράς των μεταφορικών στην συνολική τιμή του CNG είναι μικρή περίπου 2%.



Διάγραμμα 7.27 τιμή CNG – κέρδος πελάτη

Στο διάγραμμα 7.27 παρουσιάζεται το κέρδος (€/m³) που έχει ο καταναλωτής από τη χρήση του CNG σε σχέση με το υγραέριο ανάλογα με το ποσοστό έκπτωσης που θα έχει κάθε φορά (από 0% μέχρι 25%).

Παρακάτω παρουσιάζεται σε διάγραμμα ροής η διαδικασία που ακολουθείται από την συμπίεση του φυσικού αερίου, την αποθήκευσή του στις κινητές φιάλες και την αποστολή του με τράκτορα στους πελάτες.



7.2.5 Χρόνος απόσβεσης επένδυσης μεταβάλλοντας τις καταναλώσεις κάθε πελάτη και το ποσοστό μείωσης της τιμής CNG από LPG

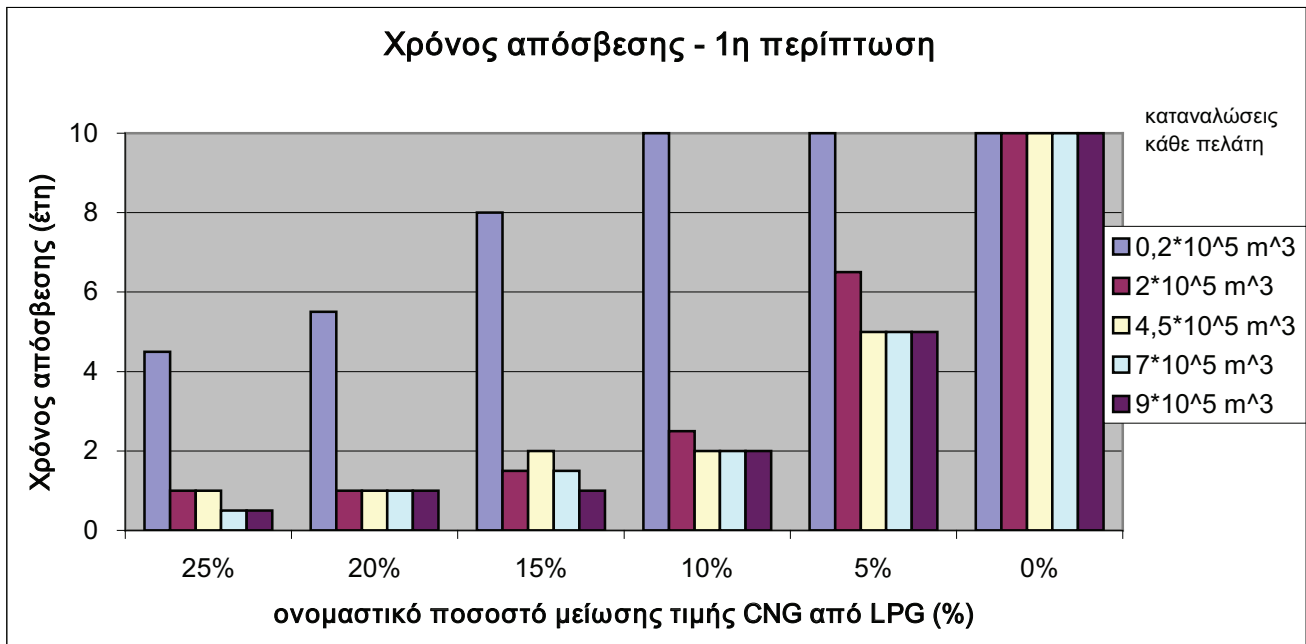
Ο χρόνος απόσβεσης θα υπολογιστεί με δυο μεθόδους. Στην πρώτη περίπτωση στις ετήσιες καθαρές ροές δεν υπολογίζεται η χρονική αξία του χρήματος δηλαδή έχουν χρησιμοποιηθεί οι τρέχουσες τιμές ενώ στην δεύτερη περίπτωση οι ετήσιες καθαρές ροές έχουν υπολογιστεί με βάση τις αντίστοιχες παρούσες αξίες. Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες με τους χρόνους απόσβεσης και για τις δυο περιπτώσεις μεταβάλλοντας την παραγωγή CNG και την τιμή πώλησης του CNG.

		ποσοστό μείωσης τιμής από CNG σε LPG					
		25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	0,00%
καταναλώσεις	χρόνος απόσβεσης (1η περίπτωση)						
	0,20*10 ⁵ m ³	4,5	5,5	8	>10	>10	>10
	2*10 ⁵ m ³	1	1	1,5	2,5	6,5	>10
	4,5*10 ⁵ m ³	1	1	2	2	5	>10
	7*10 ⁵ m ³	0,5	1	1,5	2	5	>10
	9*10 ⁵ m ³	0,5	1	1	2	5	>10

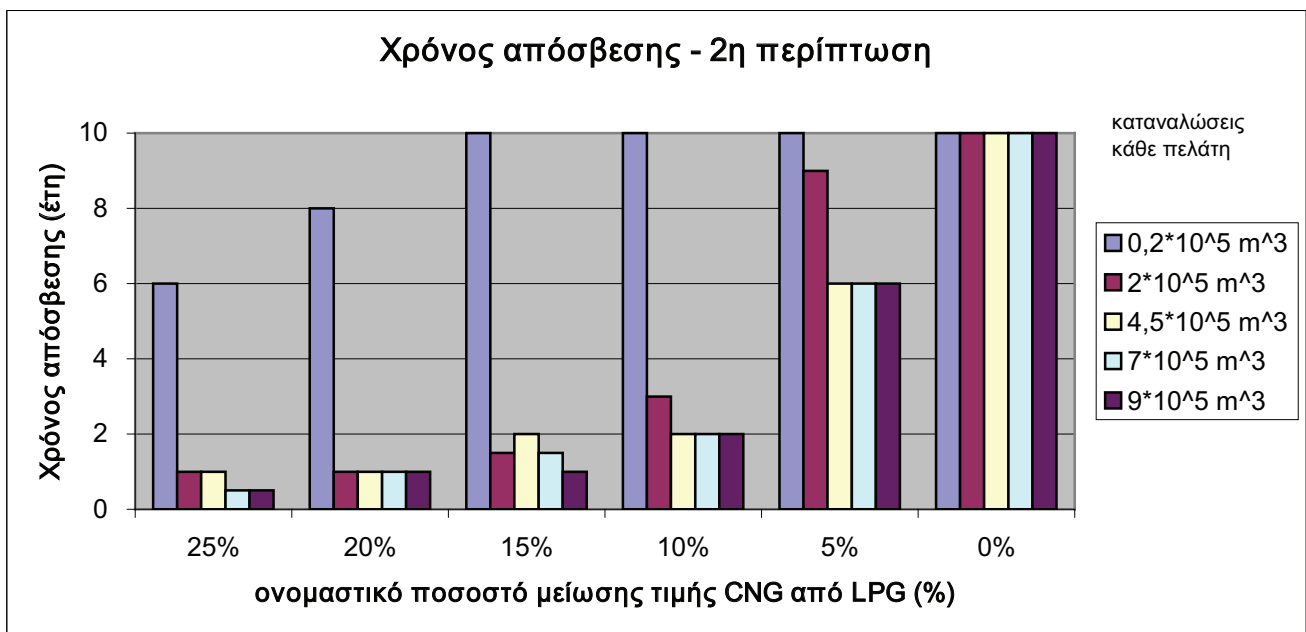
Πίνακας 7.18 Χρόνος απόσβεσης (1^η περίπτωση)

		ποσοστό μείωσης τιμής από CNG σε LPG					
		25,00%	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	0,00%
καταναλώσεις	χρόνος απόσβεσης (2η περίπτωση)						
	0,20*10 ⁵ m ³	6	8	>10	>10	>10	>10
	2*10 ⁵ m ³	1	1	1,5	3	9	>10
	4,5*10 ⁵ m ³	1	1	2	2	6	>10
	7*10 ⁵ m ³	0,5	1	1,5	2	6	>10
	9*10 ⁵ m ³	0,5	1	1	2	6	>10

Πίνακας 7.19 Χρόνος απόσβεσης (2^η περίπτωση)



Διάγραμμα 7.28 Χρόνος απόσβεσης – 1^η περίπτωση



Διάγραμμα 7.29 Χρόνος απόσβεσης – 2^η περίπτωση

Για μικρό καταναλωτή (20.000 m³) ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι μεγαλύτερος από 10 χρόνια για εκπτώσεις μικρότερες από 15%, ενώ για μεγαλύτερες εκπτώσεις αποσβένεται πιο γρήγορα. Για μεγάλους καταναλωτές η απόσβεση είναι σχετικά άμεση (1-2 χρόνια) για όλο το εύρος των εκπτώσεων εκτός από το 5 % που η απόσβεση γίνεται μετά από 6 με 8 χρόνια. Η διαφορά στις δυο μεθόδους για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης είναι ότι στην πρώτη περίπτωση δεν υπολογίζεται η χρονική αξία του χρήματος ενώ στην δεύτερη υπολογίζεται και αυτός είναι και ο λόγος που στην δεύτερη περίπτωση ο χρόνος απόσβεσης είναι μεγαλύτερος από την πρώτη.

8. Συμπεράσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και εξάγονται συμπεράσματα για την βιωσιμότητα της επένδυσης. Αρχικά θα γίνει ο σχολιασμός του σεναρίου A που αναλύει τα αποτελέσματα της ανάλυσης από την σκοπιά της εταιρίας και μετά θα γίνει ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων του σεναρίου B από την σκοπιά των καταναλωτών.

8.1 Συμπεράσματα σεναρίου A (εταιρία)

Στο σενάριο A αναλύθηκε η βιωσιμότητα της επένδυσης από την σκοπιά της εταιρίας που θα παρέχει το φυσικό αέριο (θα το συμπιέζει και θα το διανέμει στους τελικούς καταναλωτές). Παρακάτω θα αναλυθούν τα πιο σημαντικά συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτήν την ανάλυση.

- Τιμή πώλησης CNG

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της ανάλυσης είναι ο καθορισμός της τιμής πώλησης του CNG. Προφανώς η τιμή του πρέπει να είναι χαμηλότερη της τιμής του υγραερίου (LPG) που είναι από τα πιο ανταγωνιστικά καύσιμα για τον τριτογενή τομέα έτσι ώστε ο καταναλωτής – πελάτης να αποφασίσει την αλλαγή καυσίμου κάνοντας τις ανάλογες μετατροπές.

Επομένως, η αρχή γίνεται με την τιμή πώλησης του LPG για εμπορική χρήση. Μία μέση τιμή είναι 880 €/kg. Μετά από μετατροπές (χρησιμοποιώντας την κατωτέρα θερμογόνο) που φαίνονται στο 6^ο κεφάλαιο η ισοδύναμη τιμή του CNG διαμορφώνεται περίπου 71,05 €/MWh ή 0,735 €/m³. Σε αυτήν την τιμή όμως θα πρέπει να γίνει κάποια έκπτωση ώστε να είναι πιο ανταγωνιστική από το υγραέριο έτσι ώστε να συμφέρει τους καταναλωτές αλλά παράλληλα και την εταιρία.

Έτσι, η έκπτωση μπορεί να είναι από 5% μέχρι και 25%. Από την ανάλυση φάνηκε ότι η έκπτωση 25% από το LPG δεν είναι και τόσο συμφέρουσα για τη εταιρία, ενώ είναι αρκετά συμφέρουσα για τους πελάτες. Αντίθετα, η έκπτωση 5% φέρνει μεγάλα έσοδα στην εταιρία αλλά για τους πελάτες θα είναι δύσκολη η απόφαση να αλλάξουν καύσιμο με τόσο μικρή έκπτωση. Έτσι όσον αφορά την εταιρία η τιμή πώλησης του CNG μπορεί να διαμορφωθεί με έκπτωση μικρότερη από 25% σε σχέση με το LPG. Επίσης, η τιμή μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα την δυναμικότητα του πελάτη και το περιθώριο κέρδους που επιθυμεί η εταιρία από αυτόν. Έτσι, για τους “μεγάλους” καταναλωτές (με ετήσιες καταναλώσεις μεγαλύτερες από 400.000m³) η εταιρία θα έχει το περιθώριο να κάνει έκπτωση περίπου 20% ώστε να πειστούν και να γίνουν πελάτες της. Όσον αφορά τους καταναλωτές θα γίνει ανάλυση στην επόμενη υποενότητα.

- Ετήσια διανομή συμπιεσμένου αερίου

Άλλη μία πάρα πολύ σημαντική παράμετρος είναι η ετήσια διανομή συμπιεσμένου αερίου δηλαδή η πελατεία που θα εξυπηρετείται από το σταθμό. Στην συγκεκριμένη ανάλυση το εύρος των τιμών της παραμέτρου ήταν από 2.000.000 m³ μέχρι 10.000.000 m³. Αν υποθεθεί ότι ένας μέσος καταναλωτής έχει καταναλώσεις περίπου 382.000 m³ (από στατιστική ανάλυση) αυτό σημαίνει ότι οι παραπάνω καταναλώσεις αντιστοιχούν περίπου σε 5 με 25 καταναλωτές αντίστοιχα. Από την στατιστική ανάλυση που έγινε εξήχθη το συμπέρασμα ότι μπορεί να βρεθεί πελατεία σε αυτό το εύρος αλλά και ο σταθμός μπορεί να εξυπηρετήσει αυτά τα όρια.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της μελέτης με αυτά τα όρια για ετήσιες καταναλώσεις περίπου 2.000.000 m³ η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα και η λύση είναι η αύξηση παραγωγής CNG δηλαδή μεγαλύτερη πελατεία. Οπότε ο στόχος της εταιρίας είναι να έχει ετήσια διανομή CNG πάνω από 4.000.000 m³ που όπως φαίνεται από την μελέτη οδηγεί σε θετικά αποτελέσματα. Αυτό

πετυχαίνεται με αύξηση πελατείας δίνοντας ως κίνητρο χαμηλή τιμή δηλαδή μείωση εξόδων για τον καταναλωτή.

- Τιμή αγοράς αερίου

Η τιμή αγοράς του αερίου που επιβαρύνει την εταιρία γίνεται σημαντική παράμετρος γιατί δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς, μπορεί όμως να γίνει μια καλή προσέγγιση. Η προσέγγιση αυτή έγινε σύμφωνα με τις τιμές εισαγωγής του αερίου και τις τιμές Brent και διαμορφώθηκε περίπου στα 30 €/MWh. Επειδή όμως αυτή η τιμή μπορεί να διαφέρει από την πραγματική γι αυτό ήταν σκόπιμο να γίνει και μια ανάλυση ευαισθησίας μεταβάλλοντας και αυτήν την τιμή στα όρια $\pm 20\%$ ώστε να εκτιμηθεί το τυχόν σφάλμα. Από την μελέτη φάνηκε ότι για τιμή αγοράς μικρότερη από 32 €/MWh η επένδυση είναι συμφέρουσα.

8.2 Συμπεράσματα σεναρίου B (καταναλωτές - πελάτες)

Στο σενάριο B αναλύθηκε η βιωσιμότητα της επένδυσης από την σκοπιά των καταναλωτών και κατά πόσο θα ήταν συμφέρουσα η αλλαγή καυσίμου σε CNG. Παρακάτω θα αναλυθούν τα πιο σημαντικά συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτήν την ανάλυση.

- Τιμή πώλησης CNG

Παραπάνω αναλύθηκε η διαμόρφωση της τιμής πώλησης από την πλευρά της εταιρίας. Όσον αφορά τους καταναλωτές πρέπει να τους δοθεί ένα καλό κίνητρο ώστε να αποφασίσουν να αλλάξουν καύσιμο. Το πιο σημαντικό κίνητρο σίγουρα είναι η εξοικονόμηση χρημάτων. Έτσι μια σημαντική έκπτωση στο καύσιμο θα μειώσει αρκετά τα έξοδα του καταναλωτή. Από την ανάλυση φάνηκε ότι έκπτωση 5% δεν είναι επαρκές κίνητρο για να αλλάξει ο καταναλωτής το καύσιμο που χρησιμοποιεί. Έτσι, η έκπτωση θα πρέπει να διαμορφωθεί πάνω από 10%.

Στην στατιστική έρευνα που έγινε οι καταναλωτές υποστήριξαν ότι για να αλλάξουν καύσιμο και να κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές ήθελαν τουλάχιστον 15% με 20% έκπτωση από το υπάρχον καύσιμο που χρησιμοποιούν. Επίσης για το υπόλοιπο εύρος των εκπτώσεων η αποδοτικότητα της επένδυσης εξαρτάται και από την δυναμικότητα του κάθε πελάτη, δηλαδή έναν “μεγάλο” καταναλωτή τον συμφέρει η αλλαγή ακόμα και με μικρή έκπτωση, ενώ τον “μικρό” καταναλωτή με μεγάλη. Αυτό το ζήτημα θα αναλυθεί καλύτερα παρακάτω.

- Δυναμικότητα πελάτη

Σημαντική παράμετρος της μελέτης είναι η δυναμικότητα του πελάτη δηλαδή οι ετήσιες καταναλώσεις του σε καύσιμο. Ένας “μικρός” πελάτης (περίπου 20.000 m³) θέλει σημαντική έκπτωση (>20%) ώστε να τον συμφέρει η αλλαγή, ενώ οι μεγαλύτεροι πελάτες έχουν το περιθώριο και με μικρότερη έκπτωση. Από την μελέτη φάνηκε ότι για πελάτες με καταναλώσεις μεγαλύτερες από 450.000 m³ η έκπτωση της τάξης του 10% είναι αρκετά συμφέρουσα, ενώ στον “μικρό” καταναλωτή η έκπτωση θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 20% ώστε να τον συμφέρει η αλλαγή καυσίμου.

Από την άλλη μεριά η εταιρία προτιμά τους μεγαλύτερους καταναλωτές (περισσότερα έσοδα) και για να τους έχει μπορεί να προσφέρει περισσότερα κίνητρα, ενώ από τους “μικρούς” καταναλωτές δεν θα έχει πολλά έσοδα οπότε δεν θα έχει την δυνατότητα μεγάλων εκπτώσεων που οι συγκεκριμένοι πελάτες επιθυμούν. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα εύρος τιμών πώλησης του αερίου ανάλογα την δυναμικότητα των πελατών και την οικονομική άνεση της εταιρίας.

- Απόσταση πελατών από το σταθμό

Άλλη μία σημαντική παράμετρος είναι η απόσταση των πελατών από το σταθμό, λόγω του κόστους μεταφοράς των φιαλών CNG το οποίο το επιβαρύνεται ο πελάτης. Έτσι σε μακρινές αποστάσεις (>35 km) το κόστος των

μεταφορικών είναι υψηλό και το ποσοστό κέρδους μικραίνει. Ειδικά για “μικρό” πελάτη με καταναλώσεις περίπου 20.000 m³ σε μακρινή απόσταση δεν συμφέρει αρκετά η επένδυση. Έτσι μπορεί να υπάρξει και κάποια διαβάθμιση στην τιμή πώλησης του CNG ανάλογα την απόσταση.

Επίσης στην ανάλυση που έγινε υπολογίστηκαν κάποια ποσοστά έκπτωσης στην τιμή ενσωματώνοντας τα μεταφορικά σε αυτήν. Πρακτικά η εταιρία θα τιμολογεί τους πελάτες με ποσοστό έκπτωσης έχοντας συμπεριλάβει το κόστος μεταφοράς του CNG στην τιμή πώλησής του. Πιο συγκεκριμένα, αν η εταιρία θέλει να κάνει έκπτωση 15% σε κάποιον πελάτη, τότε θα υπολογίσει το ετήσιο μεταφορικό κόστος που του αναλογεί και θα το ενσωματώσει στην έκπτωση που θέλει να του κάνει. Έτσι, ισοδύναμα ο καταναλωτής θα πληρώσει τιμή ισοδύναμη με 13,2% έκπτωσης (αντί για 15%) χωρίς να πληρώνει επιπλέον τα μεταφορικά.

- Αρχικό κόστος αλλαγών - Πρόγραμμα χρηματοδότησης

Τέλος, ένα μεγάλο ζήτημα είναι το αρχικό κεφάλαιο που θα χρειαστεί ο καταναλωτής να διαθέσει για τις αλλαγές στις σωληνώσεις και σε ότι άλλο χρειάζεται ώστε να γίνει η αλλαγή καυσίμου. Σίγουρα θα χρειαστεί ένα σύστημα αποσυμπίεσης ώστε να αποσυμπιεστεί το αέριο για να λειτουργήσει σε κανονικές συνθήκες αλλά μπορεί να χρειαστούν και αλλαγές στις σωληνώσεις. Το κόστος αυτό μπορεί να φτάσει από 15.000€ μέχρι και 100.000€ για τους “μεγάλους” καταναλωτές με κλιμακούμενη αύξηση ανάλογα τις καταναλώσεις. Αυτό σημαίνει ότι το αρχικό κόστος είναι πολύ υψηλό και οι καταναλωτές θα είναι δύσκολο να το πληρώσουν. Έτσι μπορεί η εταιρία να προσφέρει κάποιο πρόγραμμα χρηματοδότησης έτσι ώστε οι πελάτες να πληρώσουν σταδιακά το αρχικό κόστος των αλλαγών ενσωματώνοντάς το στην τιμή του CNG.

Από την ανάλυση υπολογίστηκαν κάποια ποσοστά κέρδους δεκαετίας τα οποία συμπεριλάμβαναν το αρχικό κεφάλαιο και τα μεταφορικά. Έτσι η έκπτωση 15% μπορεί να γίνει 11% σε κάποιον πελάτη και να μην πληρωθούν αρχικό κεφάλαιο και μεταφορικά από τον ίδιο αλλά από την εταιρία. Αυτό θα βοηθήσει τους

πελάτες να αποφασίσουν την αλλαγή του καυσίμου αφού θα έχουν έκπτωση στην τιμή του καυσίμου χωρίς να καταβάλουν κάποιο αρχικό κεφάλαιο. Επίσης μπορεί να εξισωθεί η τιμή του CNG με το LPG τα πρώτα χρόνια της επένδυσης ώστε να γίνει η εξόφληση του αρχικού κεφαλαίου και μετά η τιμή να επιστρέψει στην ανάλογη έκπτωση που έχει συμφωνηθεί. Έτσι, οι καταναλωτές θα χρησιμοποιούν το CNG με την ίδια τιμολόγηση που είχαν και πριν από το καύσιμο που χρησιμοποιούσαν και χωρίς να πληρωθεί άμεσα το υψηλό κοστολόγιο των αλλαγών θα ενταχθούν στην μειωμένη τιμολόγηση όταν πια έχει αποσβεσθεί.

9. Σύνοψη

Ολοκληρώνοντας την εργασία θα γίνει μία σύνοψη στα σημαντικά στοιχεία που αναπτύχθηκαν σε αυτήν. Αρχικά παρουσιάστηκε η διαδικασία που θα ακολουθηθεί ώστε το φυσικό αέριο να μεταφερθεί με κινητές δεξαμενές (virtual pipelines) σε καταναλωτές εκτός δικτύου διανομής. Το πρώτο στάδιο είναι η εισαγωγή του αερίου από τον αγωγό μέσης πίεσης στο συμπιεστή και η συμπίεσή του. Έπειτα η αποθήκευσή του σε κινητές φιάλες και η μεταφορά του στους τελικούς καταναλωτές. Έτσι υπάρχει ένας εναλλακτικός τρόπος διανομής του φυσικού αερίου σε περιοχές που δεν έχουν συνδεθεί ακόμα με το δίκτυο ή δεν πρόκειται να συνδεθούν στο μέλλον.

Οι απαραίτητες ενέργειες που θα χρειαστεί η εταιρία να πραγματοποιήσει ώστε να υλοποιήσει αυτήν την νέα επενδυτική ιδέα είναι η κατασκευή ενός σταθμού συμπίεσης και ανεφοδιασμού, η αγορά των κινητών δεξαμενών αποθήκευσης και των οχημάτων μεταφοράς. Η ανάλυση που έγινε στην εργασία έδειξε ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα με την προϋπόθεση ότι η πελατεία θα είναι ικανή να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ισχυρά κίνητρα προς τους πελάτες όπως μια σημαντική έκπτωση στην τιμή διάθεσης του CNG σε σχέση με το LPG. Η ανάλυση έδειξε ότι για σημαντική έκπτωση τα κέρδη από την αλλαγή του καυσίμου είναι αρκετά ώστε να αποφασίσει ο καταναλωτής αυτήν την αλλαγή.

Τέλος, η συγκεκριμένη μελέτη εστιάστηκε στην εξυπηρέτηση περιοχών που δεν είναι συνδεδεμένα στο εθνικό δίκτυο διανομής εντός Αττικής. Για περαιτέρω επέκταση της συγκεκριμένης επένδυσης και χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας μπορεί να μελετηθεί και η χρήση του CNG σε απομακρυσμένες περιοχές σε όλη την χώρα δημιουργώντας σταθμούς συμπίεσης σε διάφορα σημεία και η μεταφορά των δεξαμενών οδικώς στις ευρύτερες περιοχές. Επίσης, στα νησιά η πιο εύκολη μεταφορά του αερίου είναι με την υγροποιημένη μορφή του τοποθετώντας το σε τάνκερ.

Βιβλιογραφία

- [1] <http://www.naturalgas.org>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas
- [3] Τεχνολογία πετρελαίου και φυσικού αερίου, Δ. Καρώνης, Λέκτορας ΕΜΠ
- [4] ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, ΧΑ. Φραγκόπουλος, Η.Π. Καρυδογιάννης, Γ.Κ. Καραλής, ΕΛΚΕΠΑ Αθήνα 1994
- [5] Hohmeyer O., Ottinger R.L. (1994), "Social Costs of Energy. Present Status and Future Trends", Springer - Verlag
- [6] European Commission. DGXII, Science, Research and Development (1998), "ExternE: Externalities of Energy", Vol 7, Methodology 1998 Update, European Commission, Luxembourg
- [7] <http://www.depa.gr>
- [8] Τα χαρακτηριστικά του Φυσικού Αερίου, Αέριο Θεσσαλονίκης
- [9] Μοιρασγεντής Σ.Δ. (1998), "Το Εξωτερικό Κόστος της Ηλεκτροπαραγωγής: Αποτίμηση και Επιπτώσεις στον Ενεργειακό Σχεδιασμό", Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas
- [11] Mansfield E. (1995), "Managerial Economics. Theory, Application and Cases", W.W.Norton & Company, New York, London
- [12] Waterson M. (2001), "The Virtual Developing Country", Institute for Learning and Research Technology, University of Bristol
- [13] Watkins T. (2001), "Introduction to Cost Benefit Analysis", S.J.S.U.
- [14] "ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ", Μαχαιρόπουλος, Enimex
- [15] <http://www.enimex.gr>
- [16] <http://www.enimexenergia.gr/>
- [17] ΥΑ 5063_2000, Όροι και προϋποθέσεις για τη χορήγηση αδειών ίδρυσης και λειτουργίας πρατηρίων πεπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG)

- [18] Τεχνολογία Φυσικού Αερίου τ.1 : θεωρία, ιδιότητες, χρήση, μεταφορά, διανομή, αποθήκευση, μηχανές, συσκευές, εγκαταστάσεις, ορολογία, κανονισμοί, νομοθεσία / Δημήτρης Γ. Παπανίκας Αθήνα, 1997.
- [19] Φυσικό Αέριο , Βιομηχανικές και εμπορικές χρήσεις, ΔΕΠΑ Αθήνα, 1994.
- [20] www.aerioattikis.gr
- [21] <http://www.iea.org> : International Energy Agency
- [22] Συστημική μεθοδολογία και τεχνική οικονομική, Δ. Παναγιωτακόπουλος, 2005
- [23] Κατάρτιση και αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και προγραμμάτων, Κ.Αραβώσης
- [24] Εγχειρίδιο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων, Σ.Θεοφανίδης
- [25] Natural gas in nontechnical language / Institute of Gas Technology, Busby, Rebecca L.
- [26] Natural gas production engineering , Chi U. Iko
- [27] Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου , Λέφας, Κωνσταντίνος Χ
- [28] Quantitative Risk Assessment to Site CNG Refuelling Stations, Naser Badri, Farshad Nourai
- [29] The use of compressed natural gas (CNG) in motor vehicles and its effect on employment and air quality, Chung J. Liew, Chong K. Liew
- [30] Prediction of natural gas behaviour in loading and unloading operations of marine CNG transportation systems/Journal of Natural Gas Science and Engineering 1 (2009) 31–38, Erika L. Beronich, Majid Abedinzadegan Abdi, Kelly A. Hawboldt
- [31] CNG cylinder burst in a bus during gas filling – Lesson learned/Safety Science 48 (2010) 1516–1519, G. Bhattacharjee, S. Bhattacharya, S. Neogi, S.K. Das
- [32] Comparative engine performance and emission analysis of CNG and gasoline in a retrofitted car engine/Applied Thermal Engineering 30 (2010) 2219-2226, M.I. Jahirul, H.H. Masjuki, R. Saidur, M.A. Kalam, M.H. Jayed, M.A. Wazed
- [33] Studying effects of storage types on performance of CNG filling stations/Journal of Natural Gas Science and Engineering 3 (2011) 334-340, Mahmood Farzaneh-Gord, Mahdi Deymi-Dashtebayaz, Hamid Reza Rahbari

[34] Η ανάπτυξη της αυτοκίνησης με φυσικό αέριο στην Ελλάδα, Α. Σγουράκης,
ΔΕΠΑ

[35] Εναλλακτικά αέρια καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης, Γ Μερκούριος

[36] <http://www.gasandoil.com>

[37] Non Conventional Gas High Monetization Technology, EPA –Methane to
Market - Jan, 2009 - Monterrey

[38] <http://www.kryopak.com>

Παράρτημα Α

Ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε

Ο τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του **Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου**, στο πλαίσιο εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας του φοιτητή Σ. Στάθη υπό την επίβλεψη του καθηγητή Η. Τατσιόπουλου και του Δρ Α. Ρεντιζέλα σε συνεργασία με την **ΕΠΑ Αττικής**, διερευνά την ενσωμάτωση ενεργειακών πρακτικών που ακολουθούνται στο εξωτερικό στην Ελληνική αγορά. Συγκεκριμένα, διερευνάται η προοπτική χρήσης συμπιεσμένου φυσικού αερίου (Compressed Natural Gas – CNG) ως καύσιμο για θέρμανση και επαγγελματική χρήση σε περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο διανομής Φυσικού Αερίου, δηλαδή με μεταφορά του με ειδικά οχήματα και αποθήκευσή του σε ειδικές δεξαμενές.

Για το λόγο αυτό ζητείται η συνεργασία σας για τη συλλογή βασικών χαρακτηριστικών των συσκευών που χρησιμοποιείτε και ποσοτήτων καυσίμου που καταναλώνετε, ώστε να μπορέσει να αξιολογηθεί τεχνοοικονομικά η απαιτούμενη επένδυση για την υποκατάσταση υφιστάμενων καυσίμων από Φυσικό Αέριο με γνώμονα τις πραγματικές ανάγκες των εταιρειών.

Οι πληροφορίες που θα πρέπει να συμπληρωθούν αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ στο τέλος αυτού παρατίθενται μερικές επιπλέον ερωτήσεις.

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα για τη συνεργασία σας.

Επωνυμία Εταιρείας Δραστηριότητα Πελάτη Έδρα εταιρείας	

	Πλήθος συσκευών	Τύπος Συσκευής	Ισχύς/ Συνολική Ισχύς συσκευή ή (Kcal/h)	Συνολικ ή Ισχύς συσκευή ή (KW)	Ισχύς Συνολικ ή Ισχύς (KW)	Διάρκεια λειτουργίας / ημέρα (h)	Καύσιμο
Συσκευή 1							
Συσκευή 2							
Συσκευή 3							
Συσκευή 4							
Συσκευή 5							
Συσκευή 6							
Συσκευή 7							
Συσκευή 8							
Συσκευή 9							
Συσκευή 10							

Υπάρχον Καύσιμο 1		Υπάρχον Καύσιμο 2		Υπάρχον Καύσιμο 3		
	Ετήσια Ποσότητα				Ετήσια Ποσότητα	
	Μονάδα μέτρησης				Μονάδα μέτρησης	

Ημέρες Λειτ./Εβδομάδα	
Ωρες Λειτ. Μήνα	
Περίοδος Διακοπής λειτουργίας	
Περίοδος Υψηλής λειτουργίας	
Περίοδος Χαμηλής λειτουργίας	
Μελλοντικά Πλάνα Επέκτασης	
% Εκτιμώμενη Αύξηση Ενδιαφέρον για το Φ.Α (συμπιεσμένο)	

1. Ποιο το χρονικό διάστημα που θεωρείτε αποδεκτό ώστε να γίνει απόσβεση του αρχικού κόστους επένδυσης; (συμπεριλαμβανομένου κόστους εγκατάστασης μονάδας τροφοδοσίας φυσικού αερίου, καθώς και κόστους επένδυσης σε συσκευές/ μετατροπή συσκευών / αγορά οχημάτων μεταφοράς CNG)_____
2. Ποιο ποσοστό μείωσης επί του συνολικού ετησίου κόστους (συμπεριλαμβανομένου κόστους λειτουργίας και κόστους συντήρησης) θα θέλατε να υπάρξει ώστε να αποφασίσετε αλλαγή του υπάρχοντος καυσίμου σε συμπιεσμένο φυσικό αέριο; _____

Για τυχόν απορίες παρακαλούμε απευθυνθείτε:
Σ. Στάθης (τηλ: 6978655187, e-mail: ste.stathis@gmail.com)

Παράρτημα Β

Απαντήσεις των ερωτηματολογίων

- ARION RESORT (ASTIR PALACE), Βουλιαγμένη, 123 Δωμάτια
Ετήσια κατανάλωση 450000 ltr υγραέριο, χρήσεις: Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX), Θέρμανση, Ατμός, Μαγείρεμα
- THE WESTIN ATHENS (ASTIR PALACE), Βουλιαγμένη, 159 Δωμάτια
Ετήσια κατανάλωση 750000 ltr υγραέριο, χρήσεις: ZNX, Θέρμανση, Ατμός, Μαγείρεμα
- Cape Soupio, Σούνιο, 154 Δωμάτια
Ετήσια κατανάλωση 150000 ltr προπάνιο, χρήσεις: ZNX, Θέρμανση, Μαγείρεμα
- Thomas Beach, Νέα Μάκρη, 40 Δωμάτια
Ετήσια κατανάλωση 36000 ltr υγραέριο, χρήσεις: ZNX, Θέρμανση, Στεγνωτήριο, Μαγείρεμα
- Ήρα Hotel, Βουλιαγμένη
Ετήσια κατανάλωση 6000 ltr πετρέλαιο, χρήσεις: ZNX

Επειδή το δείγμα είναι μικρό συμφωνήθηκε να προστεθούν κάποια ξενοδοχεία από στοιχεία της εταιρίας.

- Ξενοδοχείο 1, Ετήσια κατανάλωση 900000 ltr υγραέριο
- Ξενοδοχείο 2, Ετήσια κατανάλωση 600000 ltr υγραέριο
- Ξενοδοχείο 3, Ετήσια κατανάλωση 300000 ltr υγραέριο
- Ξενοδοχείο 4, Ετήσια κατανάλωση 220000 ltr υγραέριο
- Ξενοδοχείο 5, Ετήσια κατανάλωση 75000 ltr υγραέριο