



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μηχανολογική μελέτη-εγκατάσταση φυσικού αερίου σε
κτιριακό συγκρότημα**

Εισηγητής : Καθ. Μονιάκης Μύρων

Σπουδαστής : Βουλγαρόπουλος Αντώνης

"Η διδασκαλία ξεκινά όταν εσύ, ο δάσκαλος, μαθαίνεις από το μαθητή. Όταν μπαίνεις στη θέση του για να συνειδητοποιήσεις...τι μαθαίνει και με ποιον τρόπο το αντιλαμβάνεται"

Σέρεν Κίρκεγκορ
(Δανός φιλόσοφος)

"Η παιδεία είναι απλώς η ψυχή μιας κοινωνίας καθώς περνά από τη μια γενιά στην άλλη"

Γκίλμπερτ Τσέστερτον
(Άγγλος συγγραφέας και ποιητής)

"Παράδοση μαθήματος είναι η διαδικασία κατά την οποία οι σημειώσεις του καθηγητή μετατρέπονται σε σημειώσεις του μαθητή χωρίς να περάσουν από το μυαλό κανενός εκ των δυο"

P.K. Ράθμπαν
(Αμερικανός πανεπιστημιακός)

Ευχαριστίες

Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Μύρων Μονιάκη ο οποίος συνέβαλε αποφασιστικά στην περάτωση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Εκφράζω, επίσης, τις ευχαριστίες μου στους "Αδειούχους υδραυλικούς τρίτης ειδικότητας-Εγκαταστάτες αερίων καυσίμων" κ. Φωτιάδη Ηλία & κ. Καλλιοντζή Βασίλη οι οποίοι με τις εύστοχες και ουσιώδεις παρεμβάσεις βοήθησαν την -κατά το δυνατόν-ρεαλιστικότερη προσέγγιση της εν λόγω μελέτης. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρδίτσα Χρήστο "Μηχανολόγο Μηχανικό T.E. MSC Degree" για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε όσον αφορά τη δομή και το περιεχόμενο της ύλης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Α.Π.Θ. κ. Φωτιάδη Θωδωρή τόσο για το πλούσιο υλικό που μου χάρισε, όσο και για τις, ιδιαίτερα, χρήσιμες συζητήσεις που είχαμε και αφορούσαν το "θαυμαστό κόσμο του φυσικού αερίου" .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Εισαγωγή- Σκοπός της πτυχιακής εργασίας	1
1 Αέρια καύσιμα	2
1.1 Καύσιμα & πως διακρίνονται	2
1.2 Ιστορία αερίων καυσίμων	2
1.3 Διάκριση αερίων καυσίμων	3
1.4 Ιδιότητες αερίων καυσίμων	5
1.5 Φυσικές ιδιότητες αερίων καυσίμων	5
1.5.1 Μοριακή μάζα, Μοριακός όγκος	5
1.5.2 Καταστατική εξίσωση ιδανικού αερίου	7
1.5.3 Καταστατική εξίσωση πραγματικού αερίου	7
1.5.4 Πυκνότητα, Ειδικός όγκος	8
1.5.5 Κρίσιμα σημεία	8
1.5.6 Συνεκτικότητα-Ιξώδες	9
1.6 Χαρακτηριστικές ιδιότητες αερίων καυσίμων συνδεόμενες με την τεχνική της καύσης	11
1.6.1 Πυκνότητα, Σχετική πυκνότητα	11
1.6.2 Θερμογόνος δύναμη	11
1.6.3 Δείκτης Wobbe	13
1.7 Καύση αερίων καυσίμων	15
1.7.1 Αντιδράσεις αερίων καυσίμων	15
1.7.2 Απαιτούμενη ποσότητα αέρα & σύσταση καυσαερίων κατά την πλήρη καύση	16
1.7.3 Ειδικά χαρακτηριστικά καύσης αερίων καυσίμων	19
2 Φυσικό αέριο	22
2.1 Τι είναι & πως σχηματίζεται	22
2.2 Ιστορική αναδρομή	24
2.3 Το φυσικό αέριο στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή	24
2.3.1 Παραγωγή-Κατανάλωση φυσικού αερίου	25
2.3.2 Τα αποθέματα & το παγκόσμιο εμπόριο φυσικού αερίου	28
2.4 Διάκριση φυσικών αερίων	33
2.5 Το φυσικό στην ελληνική ενεργειακή σκηνή	35
2.5.1 Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου	38
2.6 Πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου	43
2.7 Χρήσεις του φυσικού αερίου	45
3 Νομοθεσία-Θεσμικό πλαίσιο	47
3.1 Απελευθέρωση εγχώριας αγοράς φυσικού αερίου	47

3.1.1	Σύντομη ιστορική αναδρομή & βασικό σκεπτικό	47
3.1.2	Η Κοινοτική Οδηγία 2003/ΕΚ-ΕΕ L 176/57	48
3.1.3	Το ψηφισθέν Σχέδιο Νόμου	49
4	Μελέτη εσωτερικής εγκατάστασης	53
4.1	Σύνδεση με το δίκτυο του φυσικού αερίου	53
4.2	Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης	55
4.3	Οικονομικά μεγέθη εγκατάστασης	65
4.4	Τεύχος υπολογισμών	70
	Παραρτήματα	147
	Παράρτημα Ι	147
	Διάγραμμα Moody-Πίνακας χαλύβδινων αγωγών μεσαίου βάρους	147
	Παράρτημα ΙΙ	148
	Τυποποιημένο φύλλο 1 :	148
	Προσδιορισμός διαμέτρου σωλήνων	
	Τυποποιημένο φύλλο 2 :	149
	Σύνοψη των συντελεστών τοπικών απωλειών ζ	
	Παράρτημα ΙΙΙ	150
	Πιστοποιητικό δοκιμής αντοχής & στεγανότητας για προσωρινή τροφοδότηση με αέριο	150
	Παράρτημα ΙV	152
	Πιστοποιητικό ολοκλήρωσης εγκατάστασης & ρύθμισης συσκευών αερίου για τελική τροφοδότηση με αέριο	152
	Παράρτημα V	154
	Σύμβολα μηχανολογικού εξοπλισμού εγκαταστάσεων φυσικού αερίου	154
	Παράρτημα VI	
	Εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την χρήση του φυσικού αερίου σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της ΕΠΑ Αττικής	155
	Βιβλιογραφία	157
	Πηγές από το διαδίκτυο	158

Εισαγωγή

Κατά τον ακριβή ορισμό της η ενέργεια είναι το ποσό του έργου που απαιτείται προκειμένου ένα σύστημα να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Κατ' ουσία η ενέργεια αποτελεί την κινητήρια δύναμη για να συμβεί και λειτουργήσει οτιδήποτε, αποτελεί δηλαδή τη βάση της ύπαρξης μας. Δεν μπορεί να υπάρξει πρόοδος και οποιαδήποτε ανάπτυξη δίχως την δράση της. Γι' αυτό, με τη συνεχώς αυξανόμενη κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας στις μέρες μας ο έλεγχος, η κατοχή και η πρόσβαση στις ενεργειακές πηγές προσδίδει σημαντική δύναμη και πλεονεκτήματα σ' αυτόν που τις διαχειρίζεται. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε ότι περιοχές όπως η Μέση Ανατολή έχουν αποτελέσει συχνά πεδίο έντονων αντιπαραθέσεων, κυρίως, εξαιτίας των πλούσιων ενεργειακών κοιτασμάτων που διαθέτουν και ειδικότερα πετρέλαιο, αλλά και φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο, το οποίο μπορεί να αποτελεί για την Ελλάδα μια νέα και σχετικά άγνωστη μορφή ενέργειας, όμως στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιείται, περίπου, από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Είναι αναμενόμενο, λοιπόν, η διείσδυση του στα ενεργειακά δρώμενα να συνοδεύεται και από τα αντίστοιχα "προβλήματα νεότητας" που σχετίζονται με το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την ασφαλή και ομαλή εισαγωγή του στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας, τη δημιουργία καταλλήλων προϋποθέσεων για απρόσκοπτο και ελεύθερο ανταγωνισμό, αλλά και των φορέων εκείνων που θα αποτελέσουν τη βάση της περαιτέρω ανάπτυξής του. Παρά, λοιπόν, τις όποιες ελλείψεις και παραλείψεις μπορεί να υπάρχουν και οι οποίες σταδιακά ξεπέρνιούνται ο ρόλος του φυσικού αερίου στον ενεργειακό χάρτη της Ελλάδας προβλέπεται να ενισχυθεί και σύντομα το νέο αυτό καύσιμο να γίνει μέρος της καθημερινότητάς μας. Τουλάχιστον, σε πρώτη φάση των κατοίκων των ηπειρωτικών περιοχών, καθώς η εισαγωγή του στα νησιωτικά διαμερίσματα και ειδικότερα στην Κρήτη δεν αποτελεί για την ώρα άμεση προτεραιότητα.

Υπό την σκιά των εξελίξεων και των ζυμώσεων που λαμβάνουν χώρα με την έλευση αυτής της νέας μορφής ενέργειας προέκυψε και η παρούσα πτυχιακή εργασία, ως μια απόπειρα γνωριμίας και επαφής με το παρελθόν, το παρόν, αλλά και το μέλλον του φυσικού αερίου.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι μελέτη όλων των παραμέτρων που σχετίζονται με την εγκατάσταση και λειτουργία ενός δικτύου φυσικού αερίου σε μια νεόδμητη πολυκατοικία. Επίσης, μια σειρά από ζητήματα που αφορούν την ολοένα και αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση, τα επιβεβαιωμένα και πιθανολογούμενα αποθέματα φυσικού αερίου, την παραγωγή και κατανάλωση παγκοσμίως, την αγορά και την αναμενόμενη απελευθέρωσή της, πρόκειται να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης.

1 Αέρια καύσιμα

1.1 Καύσιμα & πώς διακρίνονται

Καύσιμα ονομάζονται τα υλικά εκείνα, τα οποία περιέχουν χημική ενέργεια και με διάφορες διεργασίες την ελευθερώνουν. Τα καύσιμα διακρίνονται στα πυρηνικά και τα συμβατικά. Συμβατικά καύσιμα είναι τα υλικά τα οποία, όταν θερμαίνονται αντιδρούν χημικά με ένα οξειδωτικό μέσο (αέριο ή οξυγόνο) και ελευθερώνουν ενέργεια, η οποία εκλύεται υπό μορφή θερμότητας. Με τη σειρά τους, τα συμβατικά καύσιμα διακρίνονται στα πρωτεύοντα, τα οποία υπάρχουν στη φύση (ξύλο, γαιάνθρακες, αργό πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κ.α.), και τα δευτερεύοντα, που είναι τα παράγωγα υλικά που λαμβάνονται με κατάλληλες φυσικοχημικές διεργασίες από τα πρωτεύοντα, όπως ο ξυλάνθρακας, το κοκ, το φωταέριο, η βενζίνη, το ντίζελ, το μαζούτ κ.λ.π. Επίσης, τα συμβατικά καύσιμα ανάλογα με τη φυσική τους σύσταση ταξινομούνται σε στερεά, υγρά και αέρια.

Τα αέρια είναι μείγματα καυσίμων και αδρανών (άκαυστων) αερίων. Τα καύσιμα συστατικά τους είναι οι αέριοι υδρογονάνθρακες [μεθάνιο (CH_4), αιθάνιο (C_2H_6), προπάνιο (C_3H_8), βουτάνιο (C_4H_{10}) και πεντάνιο (C_5H_{12})], το υδρογόνο (H_2) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

1.2 Ιστορία των αερίων καυσίμων

Η ιστορία των αερίων καυσίμων, άρα και των φυσικών αερίων, αρχίζει με την παραγωγή καυσίμου αερίου με ξηρή απόσταξη από στερεά καύσιμα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για φωτισμό (φωταέριο). Ο πρώτος που φαίνεται να χρησιμοποίησε το φωταέριο για συνεχή φωτισμό ήταν ο Minkellers στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Επίσης, το 1791 ο Lebon προσπάθησε να χρησιμοποιήσει στο Παρίσι αέριο, που παρήγαγε από ξύλα για φωτισμό. Πάντως, το 1792 ο Murdock στο Μπίρμινγχαμ της Αγγλίας φώτισε την κατοικία και το εργαστήριο του με φωταέριο και στη συνέχεια, το 1798, προέβη στην ίδρυση του πρώτου εργοστασίου φωταερίου στον κόσμο. Όμως, τη μεγαλύτερη συμβολή στην ανάπτυξη του φωταερίου είχε ο Samuel Clegg, ο οποίος ήταν παλιός συνεργάτης του Murdock και εφεύρε όλα τα μηχανήματα για τον καθαρισμό, τη συλλογή και αποθήκευση, τη ρύθμιση της παραγωγής, αλλά και τη μέτρηση του φωταερίου. Επίσης, έδωσε ώθηση στην εξέλιξη των μηχανημάτων παραγωγής του. Με αυτά άλλωστε, φώτισε το 1813 τους δρόμους του Λονδίνου. Βέβαια, πολύ σύντομα το ευγενές αυτό καύσιμο χρησιμοποιήθηκε και για θερμικούς σκοπούς, όπως το μαγείρεμα, η θέρμανση νερού και η θέρμανση χώρων. Έπειτα από τη χρήση του φωταερίου αξιοποιήθηκε κάθε αέριο, το οποίο μπορούσε να παραχθεί με κάποιο τρόπο. Έτσι, ακολούθησε μια νέα εποχή, αυτή των βιομηχανικών αερίων. Ως πρώτο βιομηχανικό αέριο μπορεί να θεωρηθεί το αέριο των υψικαμίνων, το οποίο καιγόταν δίχως να αξιοποιείται. Έτσι, ο Bischof το 1839 συνέλαβε την ιδέα της εμφύσησης αέρα ανεπαρκούς για καύση μέσω διάπυρου στρώματος κοκ με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός πτωχού αερίου.



Εικ. 1-1 Μετρητής αερίου 19^{ου} αιώνα

Στη συνέχεια, αξιοποιήθηκε το φυσικό αέριο, του οποίου η διαδρομή στον χρόνο αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο. Η εκτεταμένη κατανάλωση αερίων καυσίμων ξεκίνησε με την ανάπτυξη της χαλυβουργίας, η οποία για την αναγωγή του σιδηρομεταλλεύματος σε πρωτόχυτο χυτοσίδηρο χρειαζόνταν μεγάλες ποσότητες κοκ. Το κοκ παράγεται με απαερίωση των γαιανθράκων. Όταν οι παραγόμενες ποσότητες αερίων ξεπερνούσαν τις ανάγκες της ίδιας της χαλυβουργίας, άρχισαν να διανέμονται σε τοπικά και στη συνέχεια σε ευρύτερα δίκτυα.

Τα αέρια που παράγονταν με απαερίωση και εξαερίωση και μεταφέρονταν σε μεγάλες αποστάσεις για να καταναλωθούν χαρακτηρίζονταν ως τηλεαέριο (Fern gas ή Grid Gas). Τα αέρια που παράγονταν κοντά στις πόλεις σε εργοστάσια, κυρίως, από υδρογονάνθρακες, αλλά και από άνθρακα χαρακτηρίζονταν ως αέριο πόλης ή φωταέριο (Stadtgas ή Town Gas).

1.3 Διάκριση αερίων καυσίμων

Η παλαιότερη διάκριση, κατά DIN 1340, γινόταν με βάση την περιοχή που βρίσκεται η ΑΘΔ, όπως φαίνεται στον παρακάτω [Πιν. 1-1].

ΟΜΑΔΑ	ΑΘΔ		ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
	MJ/m ³	Kcal/ m ³		
1	≤10	≤2400	N ₂ , CO, H ₂	Αέριο υφικαμίνων, αέριο εξαέρωσης
2	10-30	2400-7150	CO, H ₂ , CH ₄ , N ₂	Υδαταέριο, αέριο πόλης, τηλεαέριο
3	30-60	7150-14300	CH ₄ , C _n H _m	Φυσικό αέριο, αέριο ραφιναρίας
4	>60	>14300	C _n H _m	Προπάνιο, βουτάνιο

Πιν. 1-1 Διάκριση αερίων καυσίμων κατά DIN 1340

Υπήρχαν, όμως, κι άλλες διακρίσεις, όπως σε:

- Πτωχά ή ασθενή αέρια ($H_o \leq 9 \text{ MJ/m}^3$ ή 2150 Kcal/ m^3).

- Μέσα αέρια ($H_o = 9-15 \text{ MJ/m}^3$ ή $2150-3600 \text{ Kcal/m}^3$).
- Ισχυρά αέρια ($H_o = 15-23 \text{ MJ/m}^3$ ή $3600-5500 \text{ Kcal/m}^3$).
- Πλούσια αέρια ($H_o = 23 \text{ MJ/m}^3$ ή 5500 Kcal/m^3).

Σήμερα διεθνώς, τα διατιθέμενα σε δημόσια διανομή αέρια καύσιμα με, ως επί το πλείστον, κοινές ιδιότητες καύσης, συμπεριλαμβάνονται σε οικογένειες αερίων. Εφόσον απαιτείται για λόγους της τεχνικής των συσκευών, οι οικογένειες διαιρούνται σε ομάδες. Η ελληνική τεχνική οδηγία TOTEE 2471/86, όπως και το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 437 διακρίνει τρεις οικογένειες αερίων καυσίμων, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα [Πιν. 1-2]:

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΕΙΔΟΣ ΑΕΡΙΟΥ	ΟΜΑΔΑ	
1	S	Αέριο πόλης, τηλεαέριο	A	Αέριο πόλης
			B	Αέριο κωκερίας, τηλεαέριο
2	N	Φυσικό αέριο	L	Πτωχό φυσικό αέριο
			H	Πλούσιο φυσικό αέριο
			Εναλλάξιμα των παραπάνω	
3	F	Υγραέριο	Βουτάνιο (C_4H_{10})	
			Προπάνιο (C_3H_8)	
			Μειγμάτα των παραπάνω	

Πιν. 1-2 Διακρίση αερίων καυσίμων κατά TOTEE 2471/86 - ΕΛΟΤ EN 437

Ο γερμανικός σύνδεσμος για αέρια & ύδατα (DVGW: Deutscher Verein für Gas und Wasserfach) εισάγει και μια τέταρτη οικογένεια.

Η 4^η οικογένεια αερίων περιλαμβάνει μείγματα υδρογονανθράκων-αέρα, τα οποία παρασκευάζονται από υγραέρια ή κατ' αναλογία φυσικά αέρια και αέρα πρόκειται, δηλαδή, για τεχνητά αέρια.

1.4 Ιδιότητες αερίων καυσίμων

Οι ιδιότητες των αερίων καυσίμων εξαρτώνται από τη σύσταση τους, εφόσον είναι μείγματα αερίων και συνήθως, περιέχουν ορισμένες αέριες, υγρές ή και στερεές προσμίξεις. Τα αέρια καύσιμα σε χαμηλές πιέσεις (έως 100 mbar) και θερμοκρασίες κοντά στις ατμοσφαιρικές μπορούν με καλή ακρίβεια να αντιμετωπισθούν ως ιδανικά αέρια, ενώ υψηλές πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν απόκλιση στην ιδανική συμπεριφορά.

Το ιδανικό (ή τέλειο) αέριο είναι ένα θερμοδυναμικά πρότυπο αέριο, το οποίο έχει ορισθεί σκόπιμα για την περιγραφή της καταστατικής συμπεριφοράς των αερίων. Χαρακτηρίζεται από την έλλειψη ασκούμενων δυνάμεων μεταξύ των μορίων των αερίων και την παραδοχή μηδενικού όγκου των μορίων. Τα πραγματικά αέρια, φυσικά, αποτελούνται από μόρια τα οποία εξασκούν ελκτικές δυνάμεις μεταξύ τους, ενώ καταλαμβάνουν δεδομένο όγκο. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων μειώνονται όταν αυξάνουν οι αποστάσεις τους, δηλαδή όταν το αέριο έχει χαμηλή πίεση και συνεπώς είναι αραιό, ενώ οι δυνάμεις αυξάνονται όταν το αέριο έχει υψηλή πίεση.

Ορισμένες ιδιότητες των αερίων, όπως π.χ. η πυκνότητα εξαρτώνται από την πίεση και θερμοκρασία λειτουργίας, δηλαδή την κατάσταση του αερίου. Για τη σύγκριση μεγθών εξαρτώμενων από την κατάσταση χρησιμοποιείται μια κατάσταση αναφοράς κοινή για όλα, η οποία καλείται κανονική κατάσταση (n) και ορίζει:

- Κανονική πίεση $p_n = 1,01325 \text{ bar}$.
- Κανονική θερμοκρασία $T_n = 273,15 \text{ K}$ ή $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.5 Φυσικές ιδιότητες αερίων καυσίμων

1.5.1 Μοριακή μάζα, Μοριακός όγκος

1 Mol μιας ύλης είναι ένας συγκεκριμένος αριθμός μορίων :

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ μόρια}$$

Αντί της μάζας m μπορεί να μετριέται η ποσότητα της ύλης σε Kmol. Η μάζα την οποία έχει ένα Kmol μιας ύλης, είναι η μοριακή μάζα M (Kg/KMol), οπότε $m = n \cdot M$. Η μοριακή μάζα μιας χημικής ένωσης προκύπτει προσθετικά από τις ατομικές μάζες των στοιχείων σύμφωνα με τον μοριακό τύπο. Μοριακή μάζα ενός ομογενούς μείγματος (M_m), όπως είναι το φυσικό αέριο και τα υγραέρια, είναι η μάζα που περιέχεται σε 1 KMol του μείγματος $\Phi.A.$ και προκύπτει από την παρατήρηση ότι :

- Το άθροισμα των μερικών moles (γραμμομορίων) των συστατικών του αερίου n_i ισούται με το συνολικό αριθμό moles του αερίου μείγματος n .
- Το άθροισμα των μερικών μαζών των συστατικών του αερίου m_i ισούται με τη συνολική μάζα του αερίου μείγματος m . Δηλαδή : $n = \sum n_i$ και $m = \sum m_i$. Σχηματίζοντας το λόγο m/n προκύπτει :

$$\frac{m}{n} \equiv \sum \frac{m_i}{n} \Rightarrow$$

$$\frac{m}{n} \equiv \sum \left[\left(\frac{m_i}{n_i} \right) * \left(\frac{n_i}{n} \right) \right] \Rightarrow$$

$$\frac{m}{n} \equiv \sum \left[M_i * \left(\frac{n_i}{n} \right) \right] \Rightarrow$$

$$\frac{m}{n} \equiv \sum M_i * x_i$$

όπου x_i : n_i/n το μοριακό κλάσμα του συστατικού i .

Συνεπώς, η μοριακή μάζα M_M ενός ομογενούς μείγματος ισούται με το άθροισμα των γινομένων του μοριακού κλάσματος x_i επί τη μοριακή μάζα M_i των συστατικών αυτού i .

Ο όγκος που καταλαμβάνει 1 ΚΜολ αερίου χαρακτηρίζεται σαν μοριακός όγκος (V_m), ενώ ο μοριακός όγκος σε κανονική κατάσταση χαρακτηρίζεται σαν μοριακός κανονικός όγκος ($V_{m,n}$). Ο μοριακός όγκος (V_m) εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση. Ο μοριακός κανονικός όγκος ενός ιδανικού αερίου, όπως προκύπτει από την καταστατική εξίσωση του ιδανικού αερίου, ισούται με $V_{m,n} = 22.4138 \text{ m}^3/\text{Kmol}$. Παρακάτω [Πιν. 1-3], φαίνονται οι μοριακές μάζες και μοριακοί κανονικοί όγκοι των βασικότερων συστατικών του Φ.Α. κατά DIN 1871 του 1980:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΜΟΡΙΑΚΗ ΜΑΖΑ	ΜΟΡΙΑΚΟΣ ΟΓΚΟΣ
		M	$V_{m,n}$
		Kg/Kmol	m^3/Kmol
Άνθρακας	C	12.0110	-
Υδρογόνο	H ₂	2.0158	22.428
Οξυγόνο	O ₂	31.9988	22.392
Άζωτο	N ₂	28.0134	22.403
Θείο	S	32.0602	-
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	28.0104	22.400
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	44.0098	22.261
Διοξείδιο του θείου	SO ₂	64.0590	21.856
Υδρόθειο	H ₂ S	34.0760	22.192
Υδρατμός	H ₂ O	18.0152	22.414
Μεθάνιο	CH ₄	16.0426	22.360
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	30.0694	22.191
Προπάνιο	C ₃ H ₈	44.0692	21.928
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	58.1230	21.461

Πιν. 1-3 Μοριακή μάζα-Μοριακός όγκος κυριότερων συστατικών Φ.Α.

1.5.2 Καταστατική εξίσωση ιδανικού αερίου

Η καταστατική εξίσωση 1 Kg ιδανικού αερίου i είναι :

$$p * v \equiv R_i * T$$

όπου p : Η απόλυτη πίεση του αερίου i ($p_{\text{abs}} = p_{\text{man}} + p_{\text{atm}}$) .

v : Ο ειδικός όγκος του αερίου i .

R_i : Η σταθερή του αερίου i .

T : Η θερμοκρασία του αερίου i σε K .

Η πίεση (p) και θερμοκρασία (T) είναι μεγέθη εντατικά, τα οποία καθορίζουν την κατάσταση του αερίου, μη εξαρτώμενα όμως, από την ποσότητά του. Θέτοντας για τον ειδικό όγκο $v = V/m$ η καταστατική εξίσωση του ιδανικού αερίου για μάζα m παίρνει τη μορφή :

$$p * V \equiv m * R_i * T$$

Για ποσότητα αερίου ίση με 1 $KMol$ ($m=M$), ο όγκος τον οποίο καταλαμβάνει το αέριο είναι ο μοριακός όγκος (V_m), οπότε :

$$p * V_m \equiv M * R_i * T$$

όπου $M * R_i = R_o$ η παγκόσμια σταθερή των αερίων με τιμή 8,31441 $KJ/Kmol \cdot K$ (κατά DIN 1871).

Συνεπώς :

$$p * V_m \equiv R_o * T$$

1.5.3 Καταστατική εξίσωση πραγματικού αερίου

Οι αποκλίσεις των πραγματικών αερίων (real gases) από την καταστατική εξίσωση του πρότυπου αερίου είναι σχετικά μικρές και συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη στους τεχνικούς υπολογισμούς. Αυτές για αέρα $p = 20$ bar και θερμοκρασία $T = 273$ K είναι, περίπου, της τάξης του 1% . Η απόκλιση ενός πραγματικού αερίου από την ιδανική συμπεριφορά ρυθμίζεται με ένα συντελεστή αναλογίας Z , ο οποίος ονομάζεται συντελεστής πραγματικού αερίου. Ο συντελεστής Z εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του αερίου. Επομένως, με την είσοδο του συντελεστή Z η θερμική καταστατική εξίσωση των αερίων παίρνει τη μορφή :

$$p * v_r \equiv Z * R_i * T$$

με το δείκτη r να υποδεικνύει το πραγματικό αέριο.

Στην κανονική κατάσταση ο Z παίρνει την τιμή Z_n με την καταστατική εξίσωση 1 Kg πραγματικού αερίου να είναι :

$$p_n * v_{n,r} \equiv Z_n * R_i * T_n$$

ενώ για 1 $Kmol$ πραγματικού αερίου είναι :

$$p_n * V_{m,n,r} \equiv Z_n * R_o * T_n$$

Εαν ανάγουμε το συντελεστή Z μιας τυχαίας φυσικής κατάστασης στο συντελεστή Z_n της κανονικής κατάστασης προκύπτει ο συντελεστής συμπίεστικότητας K . Έτσι, λοιπόν, ορίζεται ο συντελεστής συμπίεστικότητας K ως το πηλίκο του συντελεστή του πραγματικού αερίου Z προς το συντελεστή του πραγματικού αερίου σε κανονική κατάσταση Z_n , δηλαδή :

$$K \equiv \frac{Z}{Z_n}$$

Στην κανονική κατάσταση τόσο για το πραγματικό, όσο και το ιδανικό αέριο ισχύει $K=K_n=1$. Ο συντελεστής συμπίεστικότητας K προσδιορίζεται με ειδικές, κατά περίπτωση αερίου, μετρήσεις παίρνοντας τιμές μεγαλύτερες ή μικρότερες του 1. Ενδεικτικά, για πρόχειρους υπολογισμούς δικτύων μεταφοράς $\Phi.A.$ με θερμοκρασία, σε υπό την γη αγωγούς, της τάξης των $12^\circ C$ και πίεση έως 70 bar μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη σχέση :

$$K \equiv 1 - \frac{p_{abs}}{450}$$

ενώ, ειδικότερα, για το ρωσικό Φ.Α. ισχύει :

$$K \equiv 1 - \frac{p_{abs}}{476}$$

1.5.4 Πυκνότητα, Ειδικός όγκος

Η πυκνότητα (ρ) μιας ύλης είναι η μάζα της ύλης ανά μονάδα όγκου (Kg/m^3). Η πυκνότητα των υγρών και αερίων εξαρτάται από την πίεση και θερμοκρασία και αναφέρεται μαζί με τα μεγέθη αυτά, δηλαδή $\rho_{p,T}$.

$$\rho_{p,T} \equiv \frac{m}{V_{p,T}}$$

Η εξάρτηση αυτή είναι μεγαλύτερη στα αέρια απ' ότι στα υγρά. Η πυκνότητα των αερίων αυξάνει με αύξηση της πίεσης και μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας, όπως προκύπτει κι από το νόμο των πραγματικών αερίων :

$$p * v_r \equiv Z * R_i * T$$

όπου $v_r = 1/\rho$, συνεπώς :

$$\rho \equiv \frac{p}{Z * R_i * T}$$

Ο ειδικός όγκος (v) μιας ουσίας είναι ο όγκος, τον οποίο καταλαμβάνει 1 Kg της ουσίας (m^3/Kg), δηλαδή :

$$v \equiv \frac{V}{m}$$

Για την ίδια πίεση και θερμοκρασία ισχύει :

$$v * \rho \equiv 1$$

1.5.5 Κρίσιμα σημεία

Ως κρίσιμη θερμοκρασία ($T_{κρ}$) ορίζεται η θερμοκρασία, πάνω από την οποία ένα αέριο δεν μπορεί να υγροποιηθεί, ακόμα και αν εφαρμοστεί σ' αυτό υψηλή πίεση.

Στην κρίσιμη θερμοκρασία ένα αέριο μπορεί να υγροποιηθεί μόνο με εφαρμογή μιας συγκεκριμένης ελάχιστης πίεσης, της κρίσιμης πίεσης ($p_{κρ}$).

Ο όγκος μάζας 1 Kg αερίου στο κρίσιμο αυτό σημείο είναι ο κρίσιμος όγκος ($V_{κρ}$), ενώ η αντίστροφη τιμή του αποτελεί την κρίσιμη πυκνότητα ($\rho_{κρ}$).

Τα κρίσιμα σημεία των ομογενών μειγμάτων προκύπτουν από τα αντίστοιχα κρίσιμα σημεία των συστατικών αυτών, δηλαδή:

$$T_{κρ} \equiv \sum x_i * T_{κρ,i}$$

$$p_{κρ} \equiv \sum x_i * p_{κρ,i}$$

Στον ακόλουθο πίνακα [Πιν. 1-4] φαίνονται οι κρίσιμες σταθερές των βασικότερων συστατικών του Φ.Α. :

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		$P_{κρ}$	$T_{κρ}$	$V_{κρ}$	$\rho_{κρ}$
		MPa	°C	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{Kg}$	Kg/m^3
Μεθάνιο	CH ₄	4.60	-82.55	6.1709	162
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	4.88	32.55	4.9218	203
Προπάνιο	C ₃ H ₈	4.24	96.65	4.6035	217
i-Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	3.65	134.95	4.5248	221
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	3.80	152.05	4.3872	228
n- Πεντάνιο	C ₅ H ₁₂	3.37	196.45	4.2134	237
n- Εξάνιο	C ₆ H ₁₄	2.97	234.25	4.2934	233
n- Επτάνιο	C ₇ H ₁₆	2.73	267.05	4.3112	232
Αζωτο	N ₂	3.39	-146.95	3.1949	313
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	7.38	31.05	2.1359	468
Υδροθείο	H ₂ S	8.94	100.05	2.8903	346

Πιν. 1-4 Κρίσιμες σταθερές κυριότερων συστατικών Φ.Α.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Φ.Α. υγροποιείται στους -162 °C καταλαμβάνοντας 600 φορές λιγότερο όγκο απ' ότι σε αέρια μορφή.

1.5.6 Συνεκτικότητα-Ιξώδες

Συνεκτικότητα ή ιξώδες ενός ρευστού είναι το μέγεθος εκείνο, το οποίο εκφράζει την εσωτερική τριβή του κατά τη ροή. Το ιξώδες χαρακτηρίζει την ιδιότητα ενός υγρού ή αερίου, κατά την οποία παρουσιάζει μια αντίσταση στη σχετική κίνηση των στρωμάτων τους. Διακρίνεται σε κινηματικό ιξώδες [kinematic viscosity (ν)] και δυναμικό ιξώδες [dynamic viscosity (η)], τα οποία συνδέονται με την ακόλουθη σχέση :

$$\nu \equiv \frac{\eta}{\rho}$$

όπου ρ η πυκνότητα του ρευστού.

Η συνεκτικότητα εξαρτάται από την πίεση, τη θερμοκρασία και για τα μείγματα, και από τη σύσταση τους. Η εξάρτηση της δυναμικής συνεκτικότητας των αερίων από την πίεση μπορεί να αγνοείται, εκτός από την περιοχή γύρω από το κρίσιμο σημείο. Η κινηματική συνεκτικότητα, όμως, έχει άμεση εξάρτηση. Στα ιδανικά αέρια η συνεκτικότητα αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, σε αντίθεση με τα υγρά. Στα πραγματικά αέρια με μέση ή υψηλή πίεση το ιξώδες προσεγγίζει τη συμπεριφορά των υγρών, δηλαδή αυξάνει όταν αυξάνεται η πίεση και μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Η εξάρτηση της δυναμικής συνεκτικότητας των αερίων από τη θερμοκρασία περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση του Sutherland :

$$n_T \equiv n_o * \sqrt{\frac{T}{T_o}} * \left[\frac{1 + \left(\frac{C}{T_o}\right)}{1 + \left(\frac{C}{T}\right)} \right]$$

όπου n_o : Το δυναμικό ιξώδες στους T_o βαθμούς Κ.

n_T : Το δυναμικό ιξώδες στους T βαθμούς K .

C : Η σταθερή του Sutherland ($C = 0.8 \times T_{κρ}$).

Παρακάτω [Πιν. 1-5], μπορεί κανείς να δει τις τιμές της C για ορισμένα συστατικά του Φ.Α.:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
ΣΤΑΘΕΡΗ C	162	487	278	358	383

Πιν. 1-5 Τιμές σταθερής του Sutherland βασικότερων συστατικών Φ.Α.

Το δυναμικό ιξώδες αερίων μειγμάτων ($n_{T,\mu}$) μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$n_{T,\mu} \equiv \frac{\sum_{i=1}^v x_i * n_{T,i}}{\sum_{j=1}^v x_j * \Phi_{ij}}$$

$$\text{όπου } \Phi_{ij} \equiv \frac{1}{\sqrt{8}} * \left(1 + \frac{M_i}{M_j}\right)^{\frac{1}{2}} * \left[1 + \left(\frac{n_{T,i}}{n_{T,j}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{M_j}{M_i}\right)^{\frac{1}{4}}\right]^{-2}$$

όπου v : ο αριθμός των αερίων στο μείγμα.

x_i, x_j : τα γραμμομοριακά κλάσματα των συστατικών i και j .

$n_{T,i}, n_{T,j}$: τα ιξώδη των συστατικών i, j στους T βαθμούς K .

M_i, M_j : τα μοριακά βάρη των συστατικών.

Η ποσότητα Φ_{ij} είναι αδιάστατη και όταν $i=j$, $\Phi_{ij} = 1$.

Η προηγούμενη σχέση χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της θερμικής αγωγιμότητας μείγματος αερίων όπου το $n_{T,i}$ αντικαθίσταται από το $K_{T,i}$.

1.6 Χαρακτηριστικές ιδιότητες αερίων συνδεδεμένες με την τεχνική της καύσης

Με τον όρο χαρακτηριστικές ιδιότητες συνδεδεμένες με την τεχνική της καύσης εννοείται το σύνολο των χαρακτηριστικών δεδομένων, τα οποία καθορίζουν τη συμπεριφορά ενός αερίου και την ισχύ ενός καυστήρα.

1.6.1 Πυκνότητα, Σχετική πυκνότητα

Για την πυκνότητα έγινε λόγος νωρίτερα και αναφέρθηκε ως ένα μέγεθος μεταβλητό. Διακρίνεται σε κανονική και πυκνότητα λειτουργίας. Η πυκνότητα λειτουργίας ($\rho_{p,T} = \rho_\lambda$) εξαρτάται από το είδος του αερίου και τις συνθήκες και υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\rho_{p,T} \equiv \frac{m}{V_{p,T}}$$

ενώ η πυκνότητα στην κανονική κατάσταση (ρ_n):

$$\rho_n \equiv \frac{m}{V_n}$$

Στην τεχνική των αερίων χρησιμοποιείται συχνά η έννοια της σχετικής πυκνότητας (d) ενός αερίου, η οποία είναι ο λόγος της πυκνότητάς του (ρ_G) προς εκείνη του ξηρού αέρα ($\rho_L=1,293 \text{ Kg/m}^3$), στην ίδια πίεση και θερμοκρασία :

$$d \equiv \frac{\rho_G}{\rho_L}$$

Για τα αέρια μείγματα, όπως το Φ.Α. , η σχετική πυκνότητα μπορεί, επίσης, να υπολογιστεί από τη μοριακή μάζα (M_G) του αερίου, διαιρούμενη με τη μοριακή μάζα του αέρα ($M_L= 28,964 \text{ Kg/KMol}$), δηλαδή :

$$d \equiv \frac{M_G}{M_L}$$

Μπορούμε να γνωρίζουμε, έτσι, αν ένα αέριο σε περίπτωση διαφυγής οδηγηθεί προς τα πάνω -εφόσον είναι ελαφρύτερο του αέρα- ή καθίσει στο δάπεδο ή το έδαφος με ενδεχόμενο κίνδυνο πρόκλησης έκρηξης.

Ενδεικτικά, θα αναφέρουμε ότι η σχετική πυκνότητα του Φ.Α. που εισάγεται στη χώρα μας είναι $d_G = 0.57-0.60$ (ρωσικό-αλγερινό), με μια μέση τιμή να θεωρείται $d_G = 0.59$.

1.6.2 Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός καθαρού αερίου υδρογονάνθρακα δίνεται από την αρνητική τιμή της ενθαλπίας της αντίδρασης πλήρης καύσης (ΔH)_R του αερίου, η οποία εκλύεται υπό σταθερή πίεση $p = 1.01325 \text{ bar}$. Ταυτόχρονα τίθεται ως προϋπόθεση, ότι η θερμοκρασία των προϊόντων της αντίδρασης, μετά την καύση, είναι ίση με τη θερμοκρασία των αντιδρώντων πριν την καύση, η οποία διεθνώς θεωρείται ίση με 298 K ή 25°C (θερμοκρασία αναφοράς).

Ανάλογα με την κατάσταση των, κατά την καύση, παραγόμενων υδρατμών, δηλαδή του H_2O σε υγρή ή αέρια μορφή, διακρίνεται σε :

- Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (H_o ή HHV), η οποία παριστάνει τη θερμότητα που εκλύεται κατά την πλήρη καύση μιας ποσότητας ξηρού αερίου με καθαρό οξυγόνο, όταν ως προϊόντα λαμβάνονται μόνο CO_2 (αέριο), N_2 (αέριο), SO_2 (αέριο) και H_2O σε υγρή μορφή.

- Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη (H_u ή LHV), η οποία παριστάνει τη θερμότητα που εκλύεται κατά την πλήρη καύση μιας ποσότητας ξηρού αερίου με καθαρό οξυγόνο, όταν ως προϊόντα λαμβάνονται μόνο CO_2 (αέριο), N_2 (αέριο), SO_2 (αέριο) και H_2O σε αέρια μορφή.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, ότι η ΑΘΔ και η ΚΘΔ διαφέρουν εξορισμού ως προς την ενθαλπία συμπύκνωσης των υδρατμών στα καυσαέρια, δηλαδή :

$$H_o \equiv H_u + x_{v,n} * \Delta H_{v,n}$$

όπου $x_{v,n}$: Η ποσότητα υγρασίας, η οποία παράγεται κατά την καύση 1 m^3 αερίου,

$\Delta H_{v,n}$: Η θερμότητα εξάτμισης της ποσότητας νερού που παράγεται κατά την καύση στους 25°C με τιμή 1963 KJ/m^3 .

Η θερμογόνος δύναμη δίνεται, συνήθως, σε KWh/m^3 ή MJ/m^3 , ενώ ο προσδιορισμός ανά Kg ή KMol χρησιμοποιείται λιγότερο. Επειδή, όμως, ο όγκος

ως μέγεθος εξαρτάται από την κατάσταση (p,T), ο προσδιορισμός της κατάστασης είναι απαραίτητος. Έτσι, ορίζονται οι :

- $H_{o,n}$ και $H_{u,n}$ ανηγμένες στην κανονική κατάσταση.
- $H_{o,\Delta}$ και $H_{u,\Delta}$ ανηγμένες στη κατάσταση λειτουργίας με προσδιορισμό των p,T.

Σε ότι αφορά το Φ.Α., επειδή μεταξύ των συστατικών του δεν διεξάγονται χημικές αντιδράσεις, η θερμογόνος δύναμη του προκύπτει από τις επιμέρους θερμογόνες δυνάμεις των συστατικών του, εφόσον είναι γνωστή η σύσταση του Φ.Α. Δηλαδή :

$$H_{o,n} \equiv \sum H_{o,ni} * y_i$$

όπου $H_{o,n}$: Η ΑΘΔ του Φ.Α.

$H_{o,ni}$: Η ΑΘΔ των συστατικών του Φ.Α. i.

y_i : Το κλάσμα όγκου του συστατικού i σε m^3/m^3 αερίου.

$$H_{u,n} \equiv \sum H_{u,ni} * y_i$$

όπου $H_{u,n}$: Η ΚΘΔ του Φ.Α.

$H_{u,ni}$: Η ΚΘΔ των συστατικών του Φ.Α. i.

y_i : Το κλάσμα όγκου του συστατικού i σε m^3/m^3 αερίου.

Για ευκολότερο υπολογισμό της θερμογόνου δύναμης των καυσίμων έχουν αναπτυχθεί και ημ εμπειρικές σχέσεις, οι οποίες, όμως, υπολογίζουν τις θερμογόνες δυνάμεις προσεγγιστικά, όπως η ακόλουθη :

$$H_{u,n} \equiv 37797 * y_{CH_4} + 59955 * y_{C_2H_4} + 71176 * y_{C_mH_n} + 10760 * y_{H_2} + 12644 * y_{CO}$$

όπου y το κλάσμα όγκου των συστατικών του μείγματος (CH_4 , C_2H_6 , H_2 , CO και άλλων υδρογονανθράκων) σε m^3/m^3 αερίου.

1.6.3 Δείκτης Wobbe

Ο δείκτης Wobbe είναι μέτρο της θερμικής φόρτισης ενός καυστήρα ή αλλιώς, ένα μέτρο για την προσφορά ενέργειας από ένα καυστήρα. Η θερμοροή, λοιπόν, η οποία εξέρχεται από το ακροφύσιο ενός καυστήρα αερίου μεταφέρει ενέργεια :

$$E_G \equiv \dot{V}_n * H_{o,n}$$

Από τη ρευστομηχανική είναι γνωστό, ότι για πραγματική ροή με τριβές η εξερχόμενη παροχή δίνεται από τη σχέση :

$$\dot{V}_n \equiv A * u$$

όπου A : Η διαρρεόμενη διατομή και

u : Η μέση ταχύτητα διαρροής, η οποία σχετίζεται με την ταχύτητα ροής χωρίς τριβές (u_{th}) με την ακόλουθη εξίσωση :

$$u \equiv \alpha * u_{th}$$

όπου α : Ο συντελεστής του ακροφυσίου.

Επίσης, η πίεση ροής του αερίου (p_e), όπως προκύπτει από την εξίσωση Bernoulli, είναι ίση με :

$$p_e \equiv \frac{\rho_G * u_{th}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{p_e}{\rho_G} \equiv \frac{u_{th}^2}{2} \Rightarrow$$

$$u_{th}^2 \equiv \frac{2 * p_e}{\rho_G} \Rightarrow$$

$$u_{th} \equiv \sqrt{\frac{2 * p_e}{\rho_G}}$$

όπου ρ_G : Η πυκνότητα του αερίου, η οποία συνδέεται με την σχετική πυκνότητα, όπως έχει αναφερθεί νωρίτερα, με τη σχέση :

$$d \equiv \frac{\rho_G}{\rho_L} \Rightarrow$$

$$\rho_G \equiv d * \rho_L$$

Συνεπώς, η θερμική φόρτιση της συσκευής θα είναι ίση με :

$$E_G \equiv A * \alpha * \sqrt{\frac{2 * p_e}{d * \rho_L}} * H_{o,n} \Rightarrow$$

$$E_G \equiv A * \alpha * \sqrt{\frac{2 * p_e}{\rho_L}} * \frac{H_{o,n}}{\sqrt{d}}$$

Εδώ, όμως :

$$A * \alpha * \sqrt{\frac{2 * p_e}{\rho_L}} \equiv const \equiv C,$$

όπου C μπορεί να ερμηνευθεί ως ο όγκος ροής του αέρα V_L , ο οποίος ρέει από το ακροφύσιο υπό τις ίδιες φυσικές συνθήκες, που υπάρχουν για το αέριο. Οπότε :

$$E_G \equiv C * \frac{H_{o,n}}{\sqrt{d}}$$

Δηλαδή, η εξερχόμενη ενέργεια (E_G) του ακροφυσίου είναι ανάλογη του λόγου $\frac{H_{o,n}}{\sqrt{d}}$. Ο λόγος αυτός, ο οποίος είναι ανηγμένος στην κανονική κατάσταση, καλείται δείκτης Wobbe. Όταν αναφέρεται στην ΑΘΔ ($H_{o,n}$) χαρακτηρίζεται ως ανώτερος δείκτης Wobbe ($W_{o,n}$) με :

$$W_{o,n} \equiv \frac{H_{o,n}}{\sqrt{d}}$$

ενώ όταν αναφέρεται στην ΚΘΔ ($H_{u,n}$) χαρακτηρίζεται ως κατώτερος δείκτης Wobbe ($W_{u,n}$) με :

$$W_{u,n} \equiv \frac{H_{u,n}}{\sqrt{d}}$$

Αν ένα αέριο (1) αντικατασταθεί από ένα άλλο (2), η θερμική φόρτιση θα μεταβληθεί ανάλογα με το λόγο των δεικτών Wobbe των αερίων, δηλαδή :

$$\frac{E_{G,2}}{E_{G,1}} \equiv \frac{W_{o,n,2}}{W_{o,n,1}}$$

Αυτό σημαίνει, ότι για καύσιμα αέρια με τον ίδιο δείκτη Wobbe ο καυστήρας αποδίδει την ίδια ποσότητα ενέργειας ή αλλιώς, ότι η θερμική ισχύς της συσκευής παραμένει αμετάβλητη.

Επειδή, όμως, η πίεση του δικτύου και άρα η πίεση σύνδεσης των συσκευών μπορεί να αυξομειώνεται, εισάγεται η έννοια του διευρυμένου δείκτη Wobbe. Ο διευρυμένος δείκτης Wobbe λαμβάνει υπόψη εκτός από τα υλικά μεγέθη και την επίδραση της πίεσης ροής (p_e) στην εκροή του αερίου και επομένως στη θερμική φόρτιση του καυστήρα. Έτσι, προκύπτει ο διευρυμένος ανώτερος δείκτης Wobbe ($W_{o,e}$) και ο διευρυμένος κατώτερος δείκτης Wobbe ($W_{u,e}$), όπως, αντίστοιχα, φαίνονται παρακάτω :

$$W_{o,e} \equiv W_{o,n} * \sqrt{p_e}$$

$$W_{u,e} \equiv W_{u,n} * \sqrt{p_e}$$

Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις για λόγους σύγκρισης χρησιμοποιείται ο σχετικός δείκτης Wobbe. Με τους σχετικούς δείκτες Wobbe ($W_{o,rel}$, $W_{u,rel}$) ανάγεται ο δείκτης Wobbe ενός αερίου σε εκείνον του μεθανίου (W_{o,CH_4} , W_{u,CH_4}), δηλαδή :

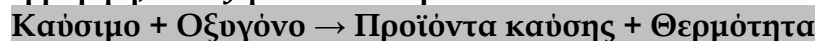
$$W_{o,rel} \equiv \frac{W_{o,n}}{W_{o,CH_4}}$$

$$W_{u,rel} \equiv \frac{W_{u,n}}{W_{u,CH_4}}$$

Δίνεται, έτσι, η δυνατότητα μιας άμεσης σύγκρισης διαφόρων αερίων καυσίμων ως προς τη θερμική φόρτισή τους.

1.7 Καύση αερίων καυσίμων

Ως καύση χαρακτηρίζεται η χημική αντίδραση καυσίμων ουσιών με αέριο οξυγόνο, σε υψηλές θερμοκρασίες, με τη σύγχρονη παραγωγή θερμότητας. Η αντίδραση της καύσης διεξάγεται, κατά κανόνα στην σφαίρα της φλόγας, από μόνη της και για ικανό χρονικό διάστημα έτσι, ώστε τα αντιδρώντα μέρη να προσφέρουν την απαραίτητη αναλογία καυσίμου-οξυγόνου. Το απαραίτητο για την καύση οξυγόνο, στις περισσότερες τεχνικές εφαρμογές, λαμβάνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιείται αέρας εμπλουτισμένος με οξυγόνο ή ακόμα και καθαρό οξυγόνο, όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες. Η εξίσωση της καύσης μπορεί να γραφεί σε γενική-ιδανική μορφή, όπως φαίνεται παρακάτω :

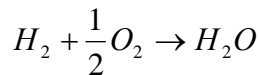
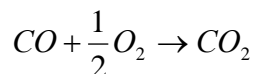
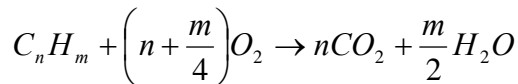


Στην πράξη, όμως, χρησιμοποιούνται οι όροι στοιχειομετρική καύση, ατελής καύση, τέλεια και πλήρης καύση, μη πλήρης καύση. Έτσι, αν τα συστατικά καούν, με την ακριβώς υπολογιζόμενη από τα ισοζύγια γραμμοατόμων ποσότητα οξυγόνου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια, η καύση χαρακτηρίζεται ως στοιχειομετρική. Αν στα καυσαέρια δεν περιέχονται άκαυστα συστατικά μέρη (καύσιμο ή οξυγόνο), τότε η καύση χαρακτηρίζεται ως πλήρης. Αν στο καύσιμο προσαχθεί λιγότερη ποσότητα οξυγόνου από τη στοιχειομετρικά απαιτούμενη, τότε η καύση είναι μη πλήρης. Η καύση χαρακτηρίζεται ως ατελής, όταν, παρότι, παρέχεται το στοιχειομετρικά απαιτούμενο οξυγόνο, δεν καταναλώνεται όλο το καύσιμο. Στην πράξη, οι καύσεις στην πλειοψηφία τους

είναι ατελείς, δηλαδή συναντώνται στα καυσαέρια άκαυστες ενώσεις και οξυγόνο.

1.7.1 Αντιδράσεις καύσης αερίων καυσίμων

Ενδιαφέρον για τους υπολογισμούς παρουσιάζουν μόνο οι τελικές αντιδράσεις καύσης και όχι οι ενδιάμεσες. Απαραίτητες για τους υπολογισμούς είναι οι χημικές αντιδράσεις καύσης όλων των συστατικών, τα οποία προκύπτουν από την ανάλυση των αερίων καυσίμων. Οι βασικές αντιδράσεις καύσης των συστατικών των αερίων καυσίμων περιγράφονται από τις ακόλουθες χημικές εξισώσεις :

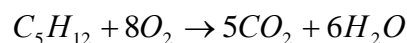
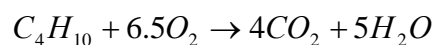
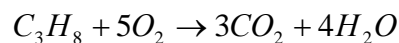
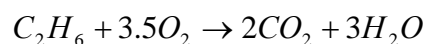
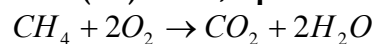


Για να ξεκινήσουν και εξαπλωθούν οι παραπάνω αντιδράσεις της καύσης πρέπει να ικανοποιούνται ορισμένες συνθήκες, όπως :

- Το αέριο καύσιμο και το οξειδωτικό να είναι καλά αναμεμειγμένα.
- Το αέριο καύσιμο και το οξειδωτικό να βρίσκονται σε τέτοιες αναλογίες έτσι, ώστε το μείγμα να είναι αναφλέξιμο.
- Ένα σημείο του μείγματος να υψωθεί σε θερμοκρασία υψηλότερη της θερμοκρασίας ανάφλεξης.

1.7.2 Απαιτούμενη ποσότητα αέρα και σύσταση καυσαερίων κατά την πλήρη καύση

Οι εξισώσεις της καύσης των συστατικών των αερίων καυσίμων, τα οποία είναι συνήθως υδρογονάνθρακες, μπορούν να σχηματισθούν ως ισοζύγια γραμμοατόμων με τη βοήθεια των εξισώσεων καύσης του άνθρακα (C) και του υδρογόνου (H₂). Έτσι, προκύπτουν οι ακόλουθες χημικές αντιδράσεις :



Από τις παραπάνω αντιδράσεις της καύσης μπορούν να υπολογισθούν τα στοιχειομετρικά μεγέθη της καύσης, όπως :

- Η θεωρητική (στοιχειομετρική) ποσότητα οξυγόνου (O_{2,min}).

Η θεωρητική ποσότητα O₂ είναι η ελάχιστη ποσότητα οξυγόνου, η οποία απαιτείται για την πλήρη καύση του αερίου καυσίμου και δίνεται από την σχέση :

$$O_{2,min} \equiv 0.5y_{H_2} + 0.5y_{CO} + 2y_{CH_4} + \sum (n + 0.25m)y_{C_n H_m} - y_{O_2}$$

όπου y_i : Το κλάσμα όγκου του συστατικού i.

- Η θεωρητική (στοιχειομετρική) ποσότητα ξηρού αέρα(L_{min}).

Το οξυγόνο, το οποίο χρησιμοποιείται στις καύσεις σε τεχνική κλίμακα λαμβάνεται από τον αέρα. Οπότε, είναι σημαντικό για τους υπολογισμούς καύσης

να γνωρίζουμε τη σύσταση του ξηρού αέρα. Η σύσταση του ατμοσφαιρικού ξηρού αέρα στην επιφάνεια της γης κατά DIN 1871 φαίνεται στον επόμενο πίνακα [Πιν. 1-7] :

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΚΛΑΣΜΑ ΜΑΖΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ-ΑΕΡΑ w (Kg/Kg)	ΚΛΑΣΜΑ ΟΓΚΟΥ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ-ΑΕΡΑ y (m ³ /m ³)	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ
Οξυγόνο	O ₂	0.23142	0.20938	W _{O₂,ΑΕΡΑ} =0.231
				y _{O₂,ΑΕΡΑ} =0.21
Άζωτο	N ₂	0.75542	0.78111	W _{N₂,ΑΕΡΑ} =0.769
				y _{N₂,ΑΕΡΑ} =0.79
Αργό με νέο	Ar	0.01265	0.00918	-
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0.00051	0.00033	-
Αναλογία N ₂ / O ₂		3.2643	3.7306	-

Πιν. 1-7 Σύσταση ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της γης

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω η ελάχιστη ποσότητα ξηρού αέρα, η οποία είναι απαραίτητη για την καύση 1 m³ καυσίμου, υπολογίζεται με βάση την ελάχιστη ποσότητα οξυγόνου ως εξής :

$$L_{\min} \equiv \frac{O_{2,\min}}{y_{O_2,ΑΕΡΑ}} \Rightarrow$$

$$L_{\min} \equiv \frac{O_{2,\min}}{0.21}$$

- Η πραγματική ποσότητα αέρα (L) και η περίσσεια αέρα (λ).

Επειδή στην πράξη, λόγω τεχνολογικών αδυναμιών, δεν είναι δυνατή η στοιχειομετρική καύση, δηλαδή η καύση με την θεωρητική-ελάχιστη ποσότητα αέρα, παρέχονται αυξημένες ποσότητες αέρα καύσης. Αυτή η ποσότητα αέρα καλείται πραγματική (L) και είναι L>L_{min}. Ο λόγος του πραγματικά παρεχόμενου αέρα καύσης (L) προς τον θεωρητικά απαιτούμενο (L_{min}) ονομάζεται αναλογία αέρα ή συντελεστής περίσσειας αέρα (λ) :

$$\lambda \equiv \frac{L}{L_{\min}}$$

Στις βιομηχανικές εφαρμογές η αναλογία αέρα (λ) παίρνει τιμές για τα υγρά καύσιμα από 1.15 έως 1.50, ενώ για τα αέρια καύσιμα από 1.08 έως 1.40.

Στις οικιακές εφαρμογές, ο λόγος αέρα (λ) πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει ελάχιστη τιμή 1.15, δηλαδή περίσσεια αέρα τουλάχιστον 15% για λόγους ασφαλείας, επειδή διαφορετικά θα γίνεται ατελής καύση και κατά συνέπεια παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ή και άκαυστων.

- Η υγρασία του αέρα και του καυσίμου.

Με τη σχετικά μικρότερη ή μεγαλύτερη υγρασία, η οποία υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα, αυξάνει από τη μια η αναγκαία ποσότητα αέρα καύσης και από την άλλη η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε υδρατμό.

Η αύξηση της απαραίτητης ποσότητας αέρα, εξαιτίας της υγρασίας του, είναι κατά κανόνα αμελητέα για όλες τις περιοχές της Γης, εκτός από τις τροπικές. Η επίδραση της υγρασίας, όμως, στην αύξηση των καυσαερίων σε υδρατμό είναι

σχετικά μεγάλη. Μπορεί να φθάσει, μάλιστα, έως και 20% του σχηματιζόμενου κατά την καύση υδρατμού και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται στους υπολογισμούς.

Συνήθως, δίνεται η σχετική υγρασία (Relative Humidity) του αέρα (ϕ_L), η οποία περιγράφεται από την σχέση :

$$\phi_L \equiv \frac{p_D}{p_s}$$

Η απόλυτη υγρασία (Humidity Ratio) του αέρα (w_L) ισούται με το κλάσμα όγκου των υδρατμών προς τον όγκο του ξηρού αέρα, δηλαδή :

$$w_L \equiv \frac{x_D}{x_L} \Rightarrow$$

$$w_L \equiv \frac{p_D}{p_L} \Rightarrow$$

$$w_L \equiv \frac{p_D}{p - p_D} \Rightarrow$$

$$w_L \equiv \frac{\phi_L * p_s}{p - \phi_L * p_s}$$

όπου p : Η συνολική πίεση του αέρα.

p_L : Η μερική πίεση του ξηρού αέρα.

p_D : Η μερική πίεση των υδρατμών.

p_s : Η πίεση κορεσμού των υδρατμών.

Επομένως, η απόλυτη υγρασία ενός αερίου καυσίμου (w_G) θα είναι ίση με :

$$w_G \equiv \frac{\phi_G * p_s}{p - \phi_G * p_s}$$

• Η σύσταση των καυσαερίων.

Τα αέρια τα οποία υπάρχουν στο χώρο καύσης έπειτα από την καύση ενός καυσίμου χαρακτηρίζονται ως καυσαέρια. Τα συστατικά μέρη των καυσαερίων είναι αέρια προϊόντα καύσης (πλήρους ή ατελούς), όπως CO, H₂O, SO₂ ή αδρανή αέρια συστατικά καύσης, όπως CO₂, N₂.

Ο συνολικός όγκος των καυσαερίων θα ισούται με :

$$V \equiv V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2}$$

Τα επιμέρους συστατικά των καυσαερίων, για την ιδανική συμπεριφορά, προκύπτουν ως εξής :

$$V_{CO_2} \equiv y_{CH_4} + 2 * y_{C_2H_4} + m * y_{C_mH_n} + y_{CO} + y_{CO_2}$$

$$V_{H_2O} \equiv 2 * y_{CH_4} + 2 * y_{C_2H_4} + 0.5n * y_{C_mH_n} + y_{H_2} + y_{H_2O}$$

$$V_{N_2} \equiv 0.79 * L_{min} + y_{N_2}$$

Σε μια στοιχειομετρική, τέλεια καύση (χωρίς περίσσεια αέρα) δεν υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια. Αντίθετα, σε πραγματική καύση ο όγκος του O₂, ο οποίος προκύπτει ως περίσσεια οξυγόνου είναι :

$$V_{O_2} \equiv (\lambda - 1) * O_{2,min} \Rightarrow$$

$$V_{O_2} \equiv 0.21(\lambda - 1) * L_{min}$$

Επιπλέον :

$$V_{N_2} \equiv 0.79 * L + y_{N_2}$$

Τα καυσαέρια , ανάλογα με το εάν έχει προσμετρηθεί σε αυτά η ποσότητα υδρατμών ή όχι, διακρίνονται σε ξηρά και υγρά καυσαέρια.

- Το σημείο δρόσου των καυσαερίων (Dew-point temperature).

Τα καυσαέρια περιέχουν πάντοτε ποσότητες υδρατμών, συνήθως σημαντικές. Οι υδρατμοί αυτοί προέρχονται από την καύση των υδρογόνων του καυσίμου, την υγρασία του καυσίμου και την υγρασία του αέρα καύσης. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, όταν κατά μια ισοβαρή ψύξη η θερμοκρασία των καυσαερίων πάνω στις επιφάνειες των θερμαντικών επιφανειών, σωλήνων ή αγωγών κλπ. φθάσει τη θερμοκρασία συμπύκνωσης των καυσαερίων, η οποία είναι γνωστή και ως θερμοκρασία (ή σημείο) δρόσου των καυσαερίων. Όταν στο καύσιμο υπάρχει θείο η θερμοκρασία δρόσου των καυσαερίων είναι σημαντικά υψηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης των καθαρών υδρατμών (άνω των 120 °C), το οποίο καιόμενο δίνει SO₂ και SO₃, τα οποία είναι ανυδρίτες του θειώδους (H₂SO₃) και θειικού οξέος (H₂SO₄), γνωστά διαβρωτικά οξέα.

Στη θερμοκρασία δρόσου των καθαρών υδρατμών η πίεση κορεσμού των υδρατμών (p_s) είναι ίση με τη μερική πίεση των υδρατμών (p_D), δηλαδή :

$$p_s \equiv p_D$$

Για το Φ.Α. της ομάδας Η της 2^{ης} οικογένειας αερίων δίνεται στον ακόλουθο πίνακα [Πιν. 1-8] το σημείο δρόσου ως συνάρτηση της περισσειας αέρα (λ) και της υγρασίας του αέρα καύσης. Προφανώς με την αύξηση του (λ) μειώνεται η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε υδρατμούς, άρα και το σημείο δρόσου.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ		ΛΟΓΟΣ ΑΕΡΑ (λ)								
	Φ _L	W _L	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.40	1.50
°C	%	g/m ³									
10	0	0	57.3	56.4	55.5	54.4	53.9	53.0	52.3	50.9	49.6
	25	1.91	57.6	56.7	55.8	54.8	54.2	53.4	52.7	51.3	50.0
	50	3.82	57.9	56.9	56.1	55.2	54.4	53.7	53.0	51.6	50.4
	75	5.72	58.2	57.2	56.4	55.6	54.8	54.1	53.4	52.0	50.8
	100	7.62	58.4	57.5	56.7	55.9	55.1	54.4	53.7	52.4	51.2
15	0	0	57.3	56.4	55.5	54.4	53.9	53.0	52.3	50.9	49.6
	25	2.70	57.7	56.8	55.9	54.9	54.4	53.5	52.8	51.3	50.2
	50	5.30	58.1	57.2	56.3	55.5	54.8	54.0	53.3	51.7	50.8
	75	7.70	58.5	57.6	56.7	55.9	55.2	54.5	53.8	52.1	51.3
	100	10.60	58.8	57.9	57.1	56.3	55.6	54.9	54.2	52.4	51.8
20	0	0	57.3	56.4	55.5	54.4	53.9	53.0	52.3	50.9	49.6
	25	3.70	57.8	57.0	56.1	55.1	54.5	53.7	53.0	51.6	50.4
	50	7.40	58.3	57.5	56.6	55.8	55.0	54.3	53.6	52.3	51.1
	75	11.00	58.8	58.0	57.2	56.4	55.6	54.9	54.3	53.0	51.8
	100	14.70	59.3	58.5	57.7	57.0	56.2	55.5	54.9	53.7	52.5
25	0	0	57.3	56.4	55.5	54.4	53.9	53.0	52.3	50.9	49.6
	25	5.00	58.0	57.2	56.3	55.3	54.7	53.9	53.2	51.9	50.7
	50	10.00	58.7	57.9	57.0	56.2	55.5	54.7	54.1	52.8	51.7
	75	15.00	59.4	58.6	57.7	57.0	56.3	55.5	54.9	53.7	52.7

	100	20.00	60.0	59.2	58.4	57.7	57.0	56.3	55.7	55.6	53.6
--	-----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Πιν. 1-8 Σημείο δρόσου Φ.Α. ως συνάρτηση της υγρασίας του αέρα καύσης & της περίσσειας αέρα

1.7.3 Ειδικά χαρακτηριστικά καύσης αερίων καυσίμων

Οι κυριότερες παράμετροι των συστημάτων καύσης αερίων καυσίμων είναι :

- Η θερμοκρασία ανάφλεξης (Ignition temperature).

Είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία αρχίζει και επεκτείνεται η καύση σε όλη τη μάζα ενός ομογενούς μείγματος (αέριο καύσιμο-αέρα) και στην οποία, μετά την ανάφλεξη, η καύση του μείγματος είναι αυτοσυντηρούμενη. Οι θερμοκρασίες ανάφλεξης για μείγματα αερίου-οξυγόνου είναι χαμηλότερες από εκείνες για τα μείγματα αερίου-αέρα, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα [Πιν. 1-9]:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ (°C)	
		ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΟΥ- ΟΞΥΓΟΝΟΥ	ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΟΥ- ΑΕΡΑ
Μεθάνιο	CH ₄	556	632
Προπάνιο	C ₃ H ₈	468	493
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	283	408
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	588	609
Υδρογόνο	H ₂	560	572

Πιν. 1-9 Θερμοκρασίες ανάφλεξης μειγμάτων αερίου-οξυγόνου & μειγμάτων αερίου-αέρα

- Τα όρια αναφλεξιμότητας (Limits of inflammability).

Η δυνατότητα ανάφλεξης και αυτοσυντήρησης της καύσης ενός μείγματος αερίου καυσίμου-αέρα καθορίζεται από την αναλογία του , η οποία πρέπει να κυμαίνεται σε ορισμένα όρια.

Το ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό αερίου στο μείγμα καλούνται όρια αναφλεξιμότητας του μείγματος. Η τιμή κάτω από την οποία υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα (ή αλλιώς, το μείγμα είναι φτωχό σε αέριο) έτσι, ώστε η καύση να μην μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μείγματος αποτελεί το ελάχιστο όριο αναφλεξιμότητας. Η τιμή πάνω από την οποία υπάρχει μεγάλη έλλειψη αέρα (ή αλλιώς, το μείγμα είναι πλούσιο σε αέριο) έτσι, ώστε η καύση να μην μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο της μάζας του μείγματος αποτελεί το μέγιστο όριο αναφλεξιμότητας. Τα όρια αναφλεξιμότητας δίνονται, συνήθως, σε ογκομετρικές αναλογίες [Πιν. 1-10] :

ΑΕΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΟ		ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΟΓΚΟΥ	
		Κατώτερο (%)	Ανώτερο (%)
ΦΥΣΙΚΟ	ΡΩΣΙΚΟ	5.2	14.3
ΑΕΡΙΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ	4.8	13.9

	ΒΟΡΕΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	5.2	14.5
	GRONINGEN	5.7	15.6
	LACQ	5.1	14.0
	ΑΕΡΙΟ ΔΕΦΑ	5.0	15.8

Πιν. 1-10 Όρια αναφλεξιμότητας σε ογκομετρικές αναλογίες για διαφόρους τύπους Φ.Α.

Προκύπτουν δηλαδή :

$$\frac{\text{Όγκος αερίου καυσίμου}}{\text{Όγκος μείγματος}} * 100$$

και εξαρτώνται από την πίεση και θερμοκρασία του μείγματος, ειδικότερα, η περιοχή ανάφλεξης μεγαλώνει σε εύρος με αύξηση της θερμοκρασίας του μείγματος.

- Η ταχύτητα φλόγας ή καύσης (Flame speed).

Είναι η ταχύτητα με την οποία η φλόγα διαδίδεται στο μείγμα. Αποτελεί βασική παράμετρο σχεδιασμού και λειτουργίας του καυστήρα. Συνηθίζεται δε να δίνεται η μέγιστη τιμή του μεγέθους αυτού για ένα μείγμα αερίου-αέρα σε συνθήκες στρωτής ροής, ενώ υπό συνθήκες τυρβώδους ροής παίρνει μεγαλύτερες τιμές και εξαρτάται, κυρίως, από τις τοπικές συνθήκες ροής του μείγματος. Φαινόμενα όπως η αποκόλληση ή οπισθοδρόμηση της φλόγας σχετίζονται, άμεσα, με την ταχύτητα μετάδοσης της καύσης. Στον πίνακα που έπεται [Πιν. 1-11] μπορεί κανείς να δει ενδεικτικές τιμές της ταχύτητας καύσης των αερίων καυσίμων σε μείγμα αερίου-αέρα και αερίου-οξυγόνου :

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ - ΦΛΟΓΑΣ (m/s)	
		ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΟΥ-ΟΞΥΓΟΝΟΥ	ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΟΥ- ΑΕΡΑ
Μεθάνιο	CH ₄	3.20	0.38
Προπάνιο	C ₃ H ₈	3.60	0.43
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	3.50	0.40
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	1.00	0.45
Υδρογόνο	H ₂	8.90	2.50

Πιν. 1-11 Ταχύτητα μετάδοσης της φλόγας κυριότερων συστατικών Φ.Α. σε μείγμα αερίου-οξυγόνου & μείγμα αερίου-αέρα

2 Φυσικό Αέριο

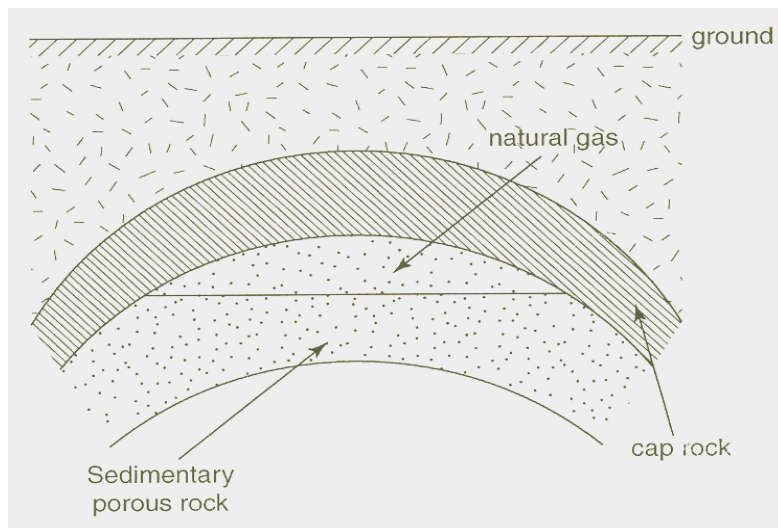
2.1 Τι είναι και πώς σχηματίζεται

Με την ευρύτερη έννοια του όρου, φυσικό αέριο μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε φυσική ουσία βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης σε αέρια κατάσταση, η οποία-εκτός από ελαφρότερους κορεσμένους υδρογονάνθρακες- μπορεί να περιέχει διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και αργό.

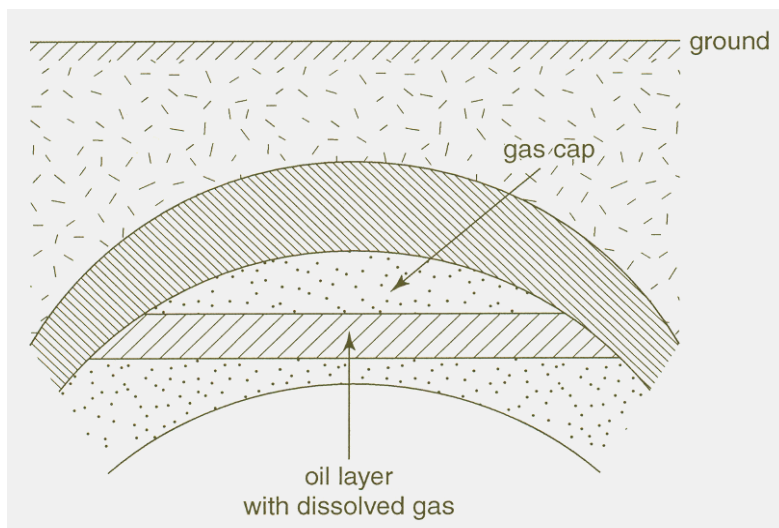
Στην πράξη, όμως, φυσικό αέριο εννοείται κάθε μείγμα αερίων υδρογονανθράκων με υψηλή αναλογία σε μεθάνιο, το οποίο περιέχει σε μικρότερες αναλογίες βαρύτερους υδρογονάνθρακες και ενδεχομένως μικρές ποσότητες αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου, ίχνη άλλων ενώσεων και στοιχείων. Αυτό το αέριο μείγμα είναι παγιδευμένο σε μια φυσική δεξαμενή που σχηματίζεται από ένα στεγανό στρώμα (cap rock) και ένα πορώδες ιζηματογενές στρώμα (sedimentary porous rock) [Εικ. 2-1]. Επίσης, κάτω από το χώρο τον οποίο καταλαμβάνει το φυσικό αέριο υπάρχει, συνήθως, νερό, όπως μπορεί να υπάρχει και αέριο αναμεμειγμένο με πετρέλαιο [Εικ. 2-2].

Το φυσικό αέριο μέχρι τελευταία θεωρείτο ότι είναι οργανικής προέλευσης. Μια νεότερη θεωρία υποστηρίζει ότι το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων του φυσικού αερίου προέρχεται από την πρωταρχική ύλη του ηλιακού συστήματος και όχι από βιολογικές διεργασίες. Έτσι, σε μεγάλα βάθη στο εσωτερικό της Γης θα πρέπει να υπάρχουν τεράστια αποθέματα Φ.Α. και ως απόδειξη αναφέρονται οι έντονες εκλύσεις αερίων κατά τις εκρήξεις ηφαιστειών και σεισμών. Ενδείξεις για την ορθότητα της συγκεκριμένης θεωρίας έδωσαν γεωτρήσεις στις ΗΠΑ σε βάθη 4.5 έως 9 Km και στη χερσόνησο Κόλα, κοντά στο Μουρμάνσκ της Ρωσίας, σε βάθη 12 Km.

Η επικρατούσα άποψη, πάντως, υποστηρίζει την οργανική προέλευση του Φ.Α., ως αποτέλεσμα δυο διαδικασιών, της δημιουργίας του μαζί με το πετρέλαιο και μαζί με τους άνθρακες. Στην πρώτη, τα νεκρά υπολείμματα πλαγκτού και αλγών σε αβαθείς αρχέγονες θάλασσες, τα οποία υπέστησαν ζύμωση στους πυθμένες των θαλασσών και έπειτα καλύφθηκαν από ανόργανα ιζήματα (άμμο, άσβεστο, πηλό) μετατραπήκαν, μέσω καταλυτικών διεργασιών, σε άσφαλτο. Έτσι, με την αυξανόμενη βύθιση του πυθμένα της θάλασσας, η οποία συνοδεύεται από αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας, σχηματίστηκαν από την άσφαλτο υγροί και αέριοι υδρογονάνθρακες. Φυσικό αέριο μέσω της προαναφερθείσας διαδικασίας εμφανίζεται στις πλούσιες σε υδρογονάνθρακες λεκάνες της Γης, όπως η περιοχή της Βόρειας Θάλασσας και του Περσικού Κόλπου.



Εικ. 2-1 Παγιδευμένο αέριο ανάμεσα σε ένα στεγανό & ένα πορώδες ιζηματογενές στρώμα



Εικ. 2-2 Πετρέλαιο αναμεμιγμένο με αέριο ανάμεσα σε ένα στεγανό & ένα πορώδες ιζηματογενές στρώμα

Κατά τη δεύτερη διαδικασία, ανώτεροι φυτικοί οργανισμοί από παλαιότερες γεωλογικές περιόδους, κυρίως την Εποχή του Άνθρακα, ύστερα από απότομη βύθιση του εδάφους βρέθηκαν σε βαθύτερα στρώματα της Γης. Αυτή η φυτική ύλη, μέσω της διεργασίας της ενανθράκωσης, μετατράπηκε κατά σειρά σε τύρφη, λιγνίτη, λιθάνθρακα και ανθρακίτη. Στη διάρκεια της ενανθράκωσης σχηματίστηκαν σε μεγάλες ποσότητες αέρια προϊόντα διάσπασης, κυρίως μεθάνιο. Στην Ολλανδία και το νότιο τμήμα της Βόρειας Θάλασσας συναντάται Φ.Α. το οποίο δημιουργήθηκε με την ανωτέρω διαδικασία.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Ο 19^{ος} αιώνας αποτέλεσε την αφετηρία της βιομηχανίας αερίων καυσίμων. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο [Παρ. 1.2], τα πρώτα αέρια καύσιμα χρησιμοποιήθηκαν, κυρίως, για φωτισμό. Πρώτα απ' όλους, οι Αμερικανοί σκεφτήκαν να συλλέξουν και αξιοποιήσουν, αντί να καίνε, το εξαγόμενο Φ.Α. Έτσι, το 1858 δημιουργήθηκε η πρώτη εταιρεία παραγωγής Φ.Α. στην Πολιτεία της Νέας Υόρκης (Fredonia Gas Light). Σύντομα δημιουργήθηκαν τα πρώτα δίκτυα μεταφοράς, καταρχήν για βιομηχανική χρήση και ύστερα για την κάλυψη αναγκών στον οικιακό και εμπορικό τομέα. Μάλιστα, το 1891 κατασκευάστηκε αγωγός μεταφοράς Φ.Α. μήκους 160 Km, ο οποίος συνέδεε το Σικάγο με την Ιντιάνα. Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα οι ΗΠΑ κατείχαν κυρίαρχη θέση στον τομέα του Φ.Α., καθώς παρήγαγαν το 80 % της παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλισκαν το 90 % αυτής.

Η ανάπτυξη στον τομέα του Φ.Α. σημειώθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 50 με την παράλληλη ανάπτυξη του πετρελαίου σε χώρες όπως η Βενεζουέλα, η πρώην Σοβιετική Ένωση, η Ρουμανία, το Ιράν και η Σαουδική Αραβία.

Στην Ευρώπη, η παραγωγή Φ.Α. ξεκίνησε με την εύρεση κοιτασμάτων στην Ιταλία, Γαλλία (1957) και Ολλανδία (1959). Ακολούθησε η ανακάλυψη κοιτασμάτων στη Βόρεια Θάλασσα, το 1967 στη Βρετανική ζώνη και το 1968 στη Νορβηγική ζώνη.

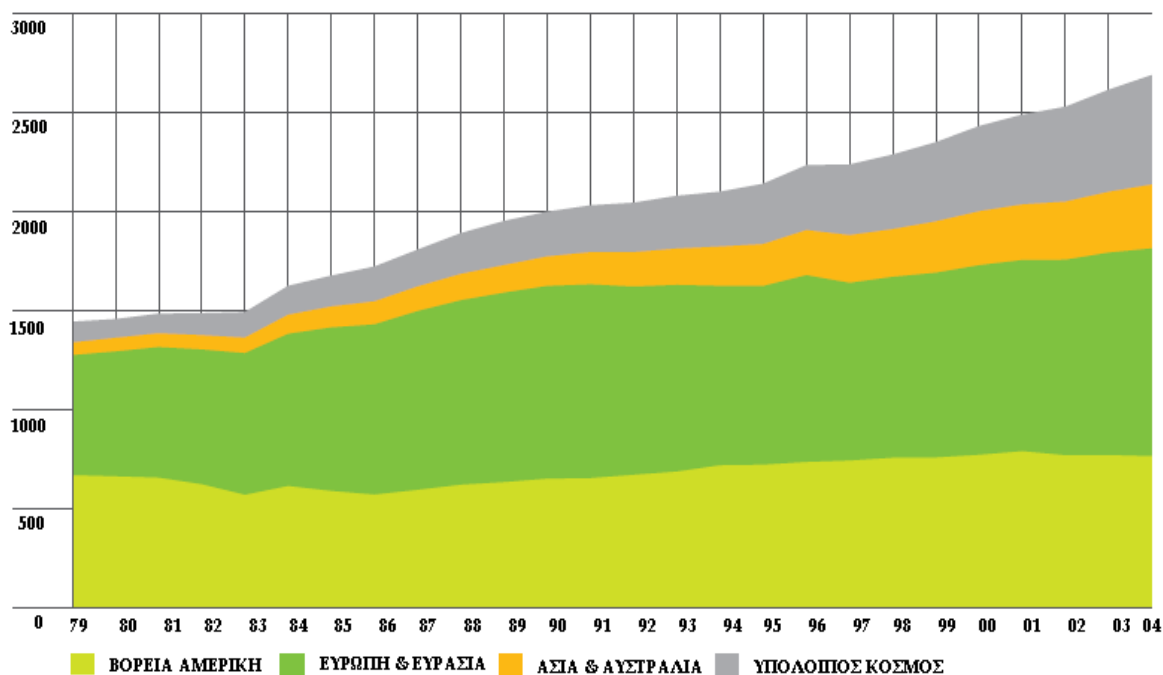
Στις αρχές της δεκαετίας του 70 η ανάπτυξη του Φ.Α. επεκτάθηκε στη Λατινική Αμερική, Ασία, Αφρική και τη Μέση Ανατολή. Ιδιαίτερα μετά τις δυο πετρελαϊκές κρίσεις (1973-1974, 1979), παρατηρήθηκε στροφή σε άλλες μορφές πρωτογενούς ενέργειας με στόχο την απεξάρτηση από τις χώρες του ΟΠΕΚ. Ο τομέας του Φ.Α. που μέχρι τότε είχε αναπτυχθεί μόνο στις χώρες οι οποίες διέθεταν ίδια αποθέματα, άρχισε στη συνέχεια να αναπτύσσεται παντού : με τους αγωγούς και τα πλοία δημιουργήθηκε ένα δίκτυο ικανό να μεταφέρει το Φ.Α. ακόμα και πολύ μακριά από τα σημεία εξαγωγής. Έτσι, το μερίδιο του Φ.Α. στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί από 18 % στις αρχές της δεκαετίας του 80 σε 25 % το 2010.

2.3 Το Φ.Α. στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή

Οι καθημερινά αυξανόμενες ανάγκες σε ενέργεια και πρώτες ύλες από τη μια και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του έναντι των άλλων καυσίμων από την άλλη συντέλεσαν στην ενδυνάμωση του ρόλου του Φ.Α. στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή. Παγκοσμίως, η κατανάλωση Φ.Α. αυξήθηκε κατά 3.3 % το 2004, ενώ το 2005 το ποσοστό αυτό κυμάνθηκε στα επίπεδα του μέσου ρυθμού αύξησης της τελευταίας δεκαετίας, δηλαδή στο 2.3 %. Οι ποσότητες Φ.Α. που διακινήθηκαν μέσω αγωγών ανά τον κόσμο το 2004 σημείωσαν αύξηση 10 % , ενώ οι ποσότητες Υ.Φ.Α. οι οποίες μεταφέρθηκαν με πλοία μέσα στο 2004 παρουσίασαν αύξηση 5.4 % .

2.3.1 Παραγωγή-Κατανάλωση Φ.Α.

Η συνολική παραγωγή Φ.Α. ανά τον κόσμο το 2004 έφτασε τα 2691.6 δις m³ σημειώνοντας αύξηση 2.8 % σε σύγκριση με το 2003.



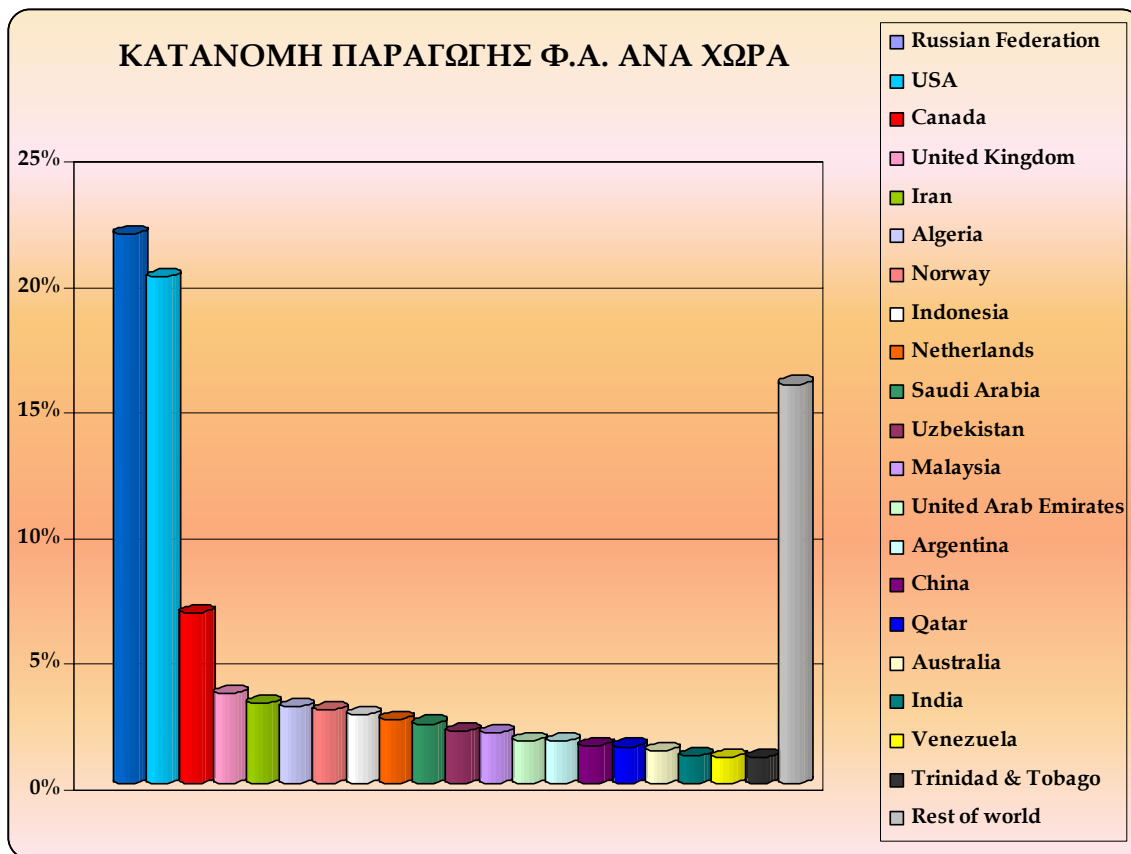
Γραφ. 2-1 Παραγωγή Φ.Α. ανά περιοχή (Δισ m³)

Η παγκόσμια παραγωγή Φ.Α. [Γραφ. 2-1] κατανέμεται γεωγραφικά ως εξής :

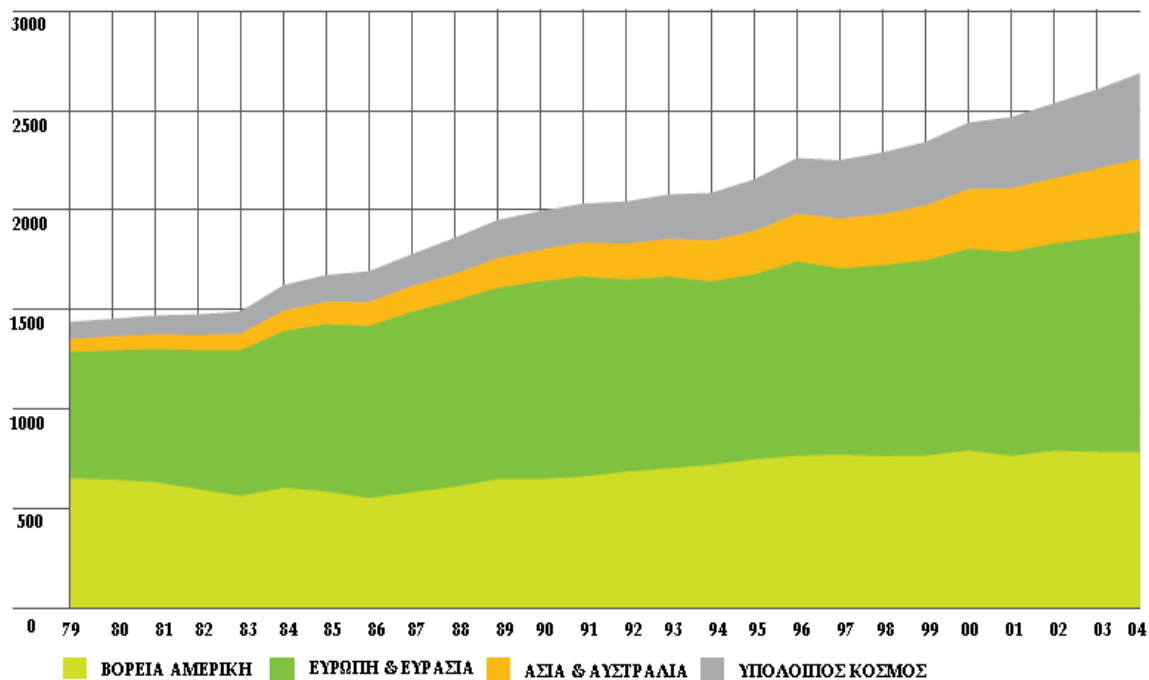
- Ευρώπη & Ευρασία 39.1 % (1051.5 δισ m³).
- Βόρεια Αμερική με 28.3 % (762.8 δισ m³).
- Ασία & Ωκεανία 12 % (323.2 δισ m³).
- Μέση Ανατολή 10.4 % (279.9 δισ m³).
- Αφρική 5.4 % (145.1 δισ m³).
- Νότια & Κεντρική Αμερική 4.8 % (129.1 δισ m³).

Ειδικότερα, οι χώρες με τη μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής Φ.Α. [Γραφ. 2-2] είναι οι :

- Ρωσία 21.9 % (589.1 δισ m³).
- ΗΠΑ 20.2 % (542.9 δισ m³).
- Καναδάς 6.8 % (182.8 δισ m³).
- Μεγάλη Βρετανία 3.6 % (95.9 δισ m³).
- Ιράν 3.2 % (85.5 δισ m³).
- Αλγερία 3.0 % (82.0 δισ m³).



Γραφ. 2-2



Γραφ. 2-3 Κατανάλωση Φ.Α. ανά περιοχή (Δις m³)

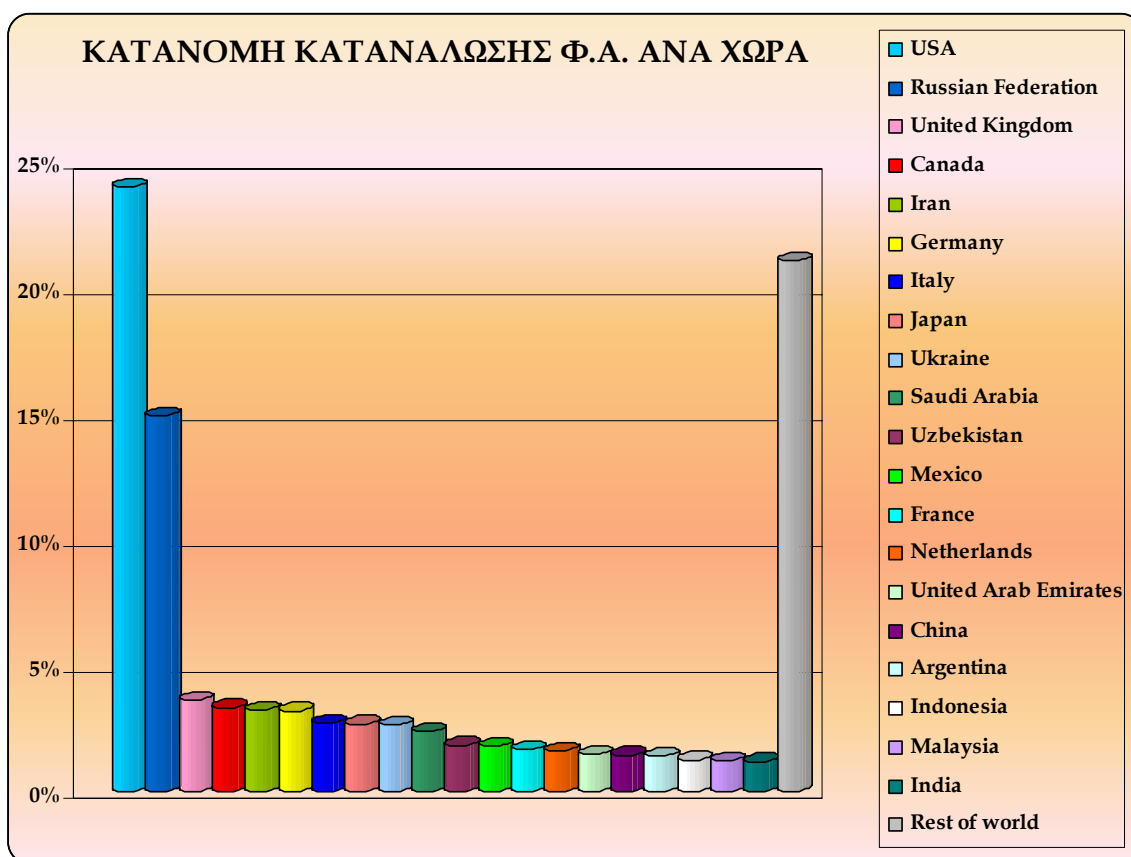
Στον αντιποδα, η παγκόσμια κατανάλωση Φ.Α. [Γραφ. 2-3] κατανέμεται γεωγραφικά ως εξής :

- Ευρώπη & Ευρασία 41.2 % (1108.5 δις m³).

- Βόρεια Αμερική με 29.2 % (784.3 δις m³).
- Ασία & Ωκεανία 13.7 % (367.7 δις m³).
- Μέση Ανατολή 9.0 % (242.2 δις m³).
- Νότια & Κεντρική Αμερική 4.4 % (117.9 δις m³).
- Αφρική 2.6 % (68.6 δις m³).

Ειδικότερα, οι χώρες με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε Φ.Α. [Γραφ. 2-4] είναι οι :

- ΗΠΑ 24.0 % (646.7 δις m³).
- Ρωσία 15.0 % (402.1 δις m³).
- Μεγάλη Βρετανία 3.6 % (98.0 δις m³).
- Καναδάς 3.3 % (89.5 δις m³).
- Ιράν 3.2 % (87.1 δις m³).
- Γερμανία 3.2 % (85.9 δις m³).

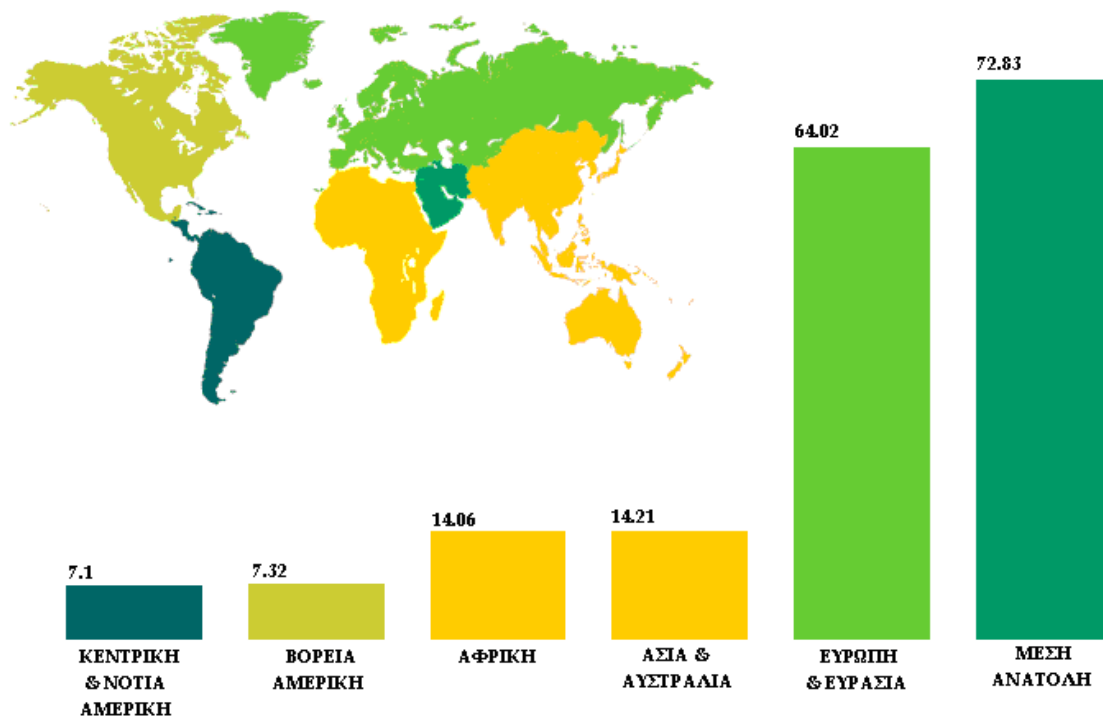


Γραφ. 2-4

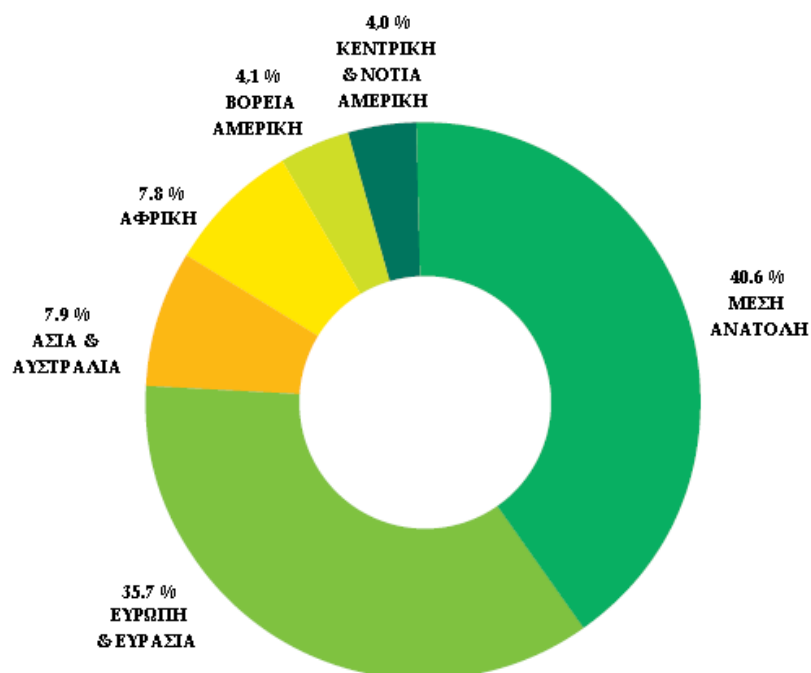
2.3.2 Τα αποθέματα και το παγκόσμιο εμπόριο Φ.Α.

Τα συνολικά ασφαλή-επιβεβαιωμένα, μέσω γεωτρήσεων, αποθέματα Φ.Α. ανέρχονται σε 179.53 τρις m³ ή 161.58 Gtoe (1000 m³ = 0.9 toe : ton of oil equivalent ή τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου). Αυτά γεωγραφικά κατανέμονται ως εξής :

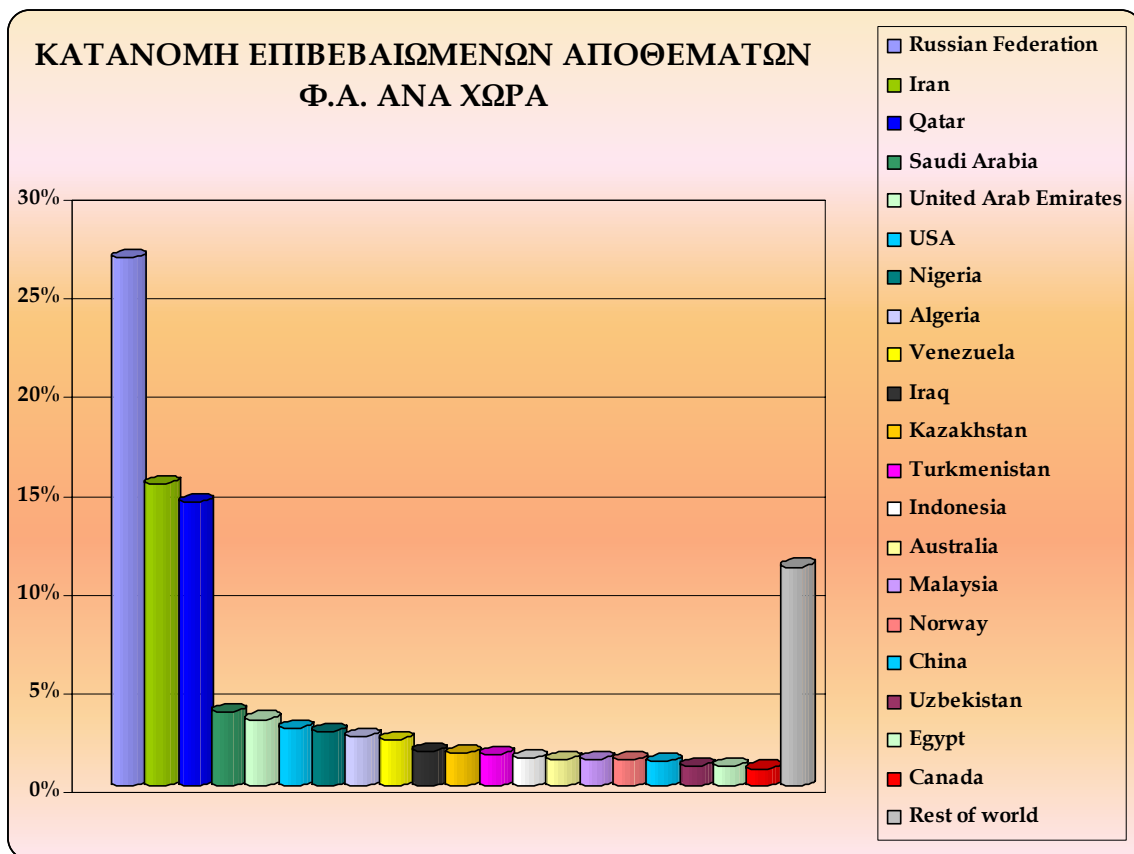
- Μέση Ανατολή 40.6 % (72.83 τρις m³).
- Ευρώπη & Ευρασία 35.7 % (64.02 τρις m³).
- Ασία & Ωκεανία 7.9 % (14.21 τρις m³).
- Αφρική 7.8 % (14.06 τρις m³).
- Βόρεια Αμερική με 4.1 % (7.32 τρις m³).
- Νότια & Κεντρική Αμερική 4.0 % (7.1 τρις m³).



Γραφ. 2-5 Επιβεβαιωμένα αποθέματα Φ.Α. ανά τον κόσμο (Τρις m³)



Γραφ. 2-6 Κατανομή επιβεβαιωμένων αποθεμάτων Φ.Α.



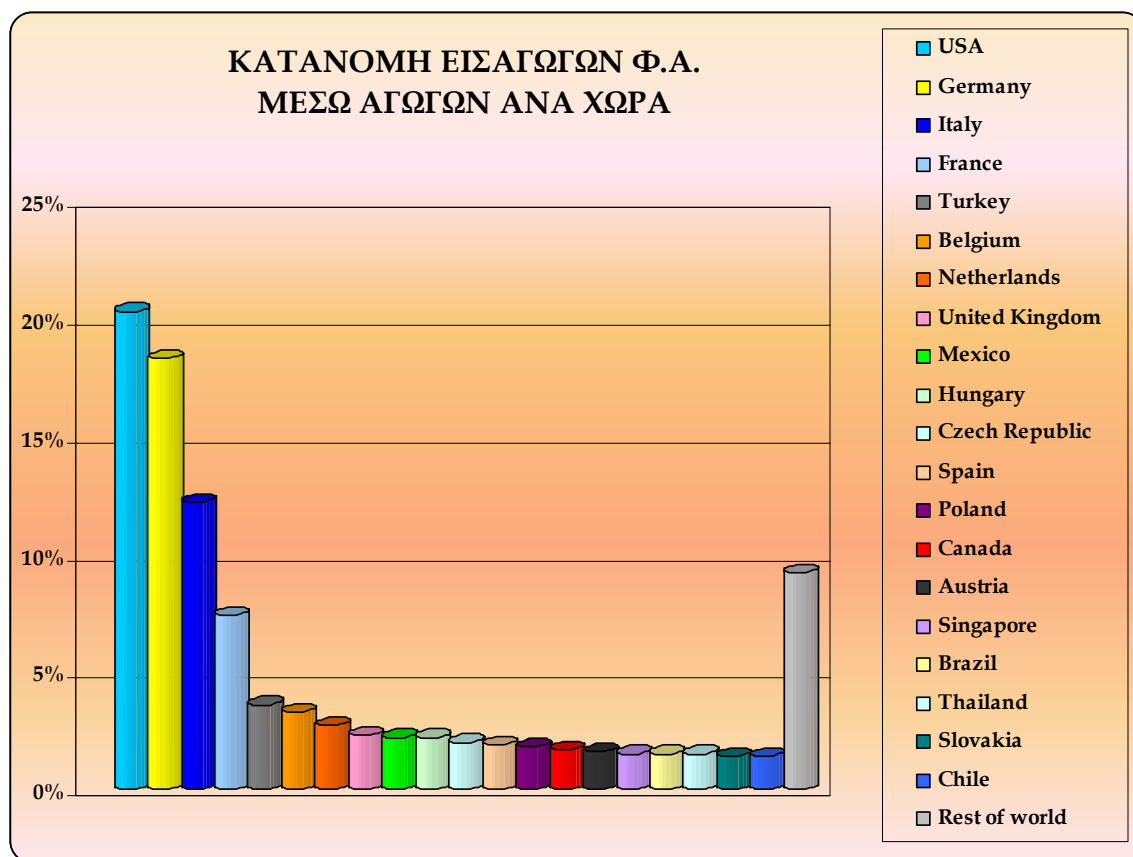
Γραφ. 2-7

Αναλυτικότερα, οι χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά επί των διαπιστωμένων αποθεμάτων Φ.Α. [Γραφ. 2-7] είναι οι :

- Ρωσία 26.7 % (48.00 τρις m³).
- Ιράν 15.3 % (27.50 τρις m³).
- Κατάρ 14.4 % (25.78 τρις m³).
- Σαουδική Αραβία 3.8 % (6.75 τρις m³).
- Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα 3.4 % (6.06 τρις m³).
- ΗΠΑ 2.9 % (5.29 τρις m³).
- Νιγηρία 2.8 % (5.00 τρις m³).
- Αλγερία 2.5 % (4.55 τρις m³).
- Βενεζουέλα 2.4 % (4.22 τρις m³).

Όπως φαίνεται στο ακόλουθο γράφημα [Γραφ. 2-8] οι ΗΠΑ προκειμένου να ικανοποιήσουν τις μεγάλες τους απαιτήσεις σε Φ.Α. εισάγουν αντιστοίχως μεγάλες ποσότητες, όντας ο μεγαλύτερος εισαγωγέας Φ.Α. παγκοσμίως. Πιο αναλυτικά :

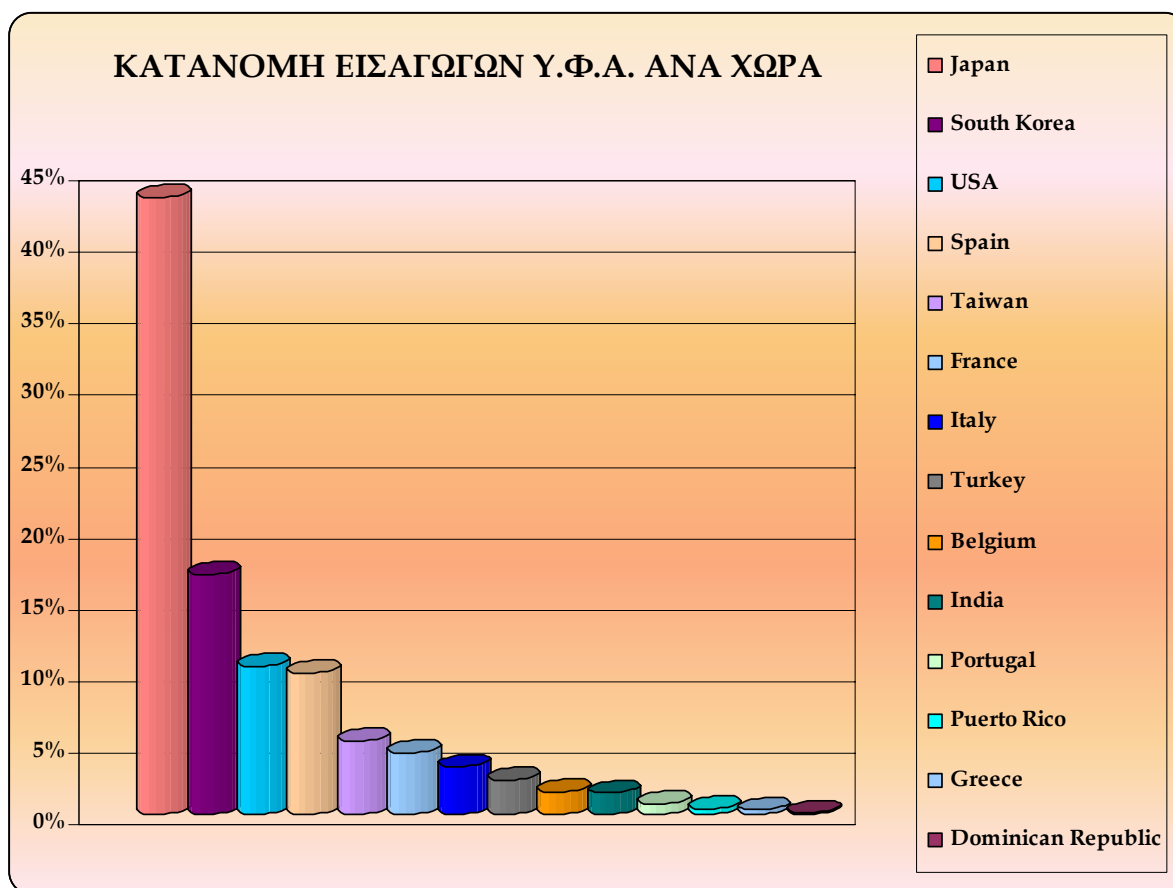
- ΗΠΑ 20.3 % (102.05 δις m³).
- Γερμανία 18.3 % (91.76 δις m³).
- Ιταλία 12.2 % (61.40 δις m³).
- Γαλλία με 7.4 % (37.05 δις m³).



Γραφ. 2-8

Το εμπόριο Υ.Φ.Α. απαιτεί εγκαταστάσεις ελλιμενισμού και υποδοχής των ειδικών πλοίων μεταφοράς του και δε θα μπορούσε να αφορά παρά νησιωτικές ή χώρες που βρέχονται από θάλασσα. Έτσι, λοιπόν, οι μεγαλύτερες ποσότητες Υ.Φ.Α [Γραφ. 2-9] εισάγονται από τις ακόλουθες χώρες :

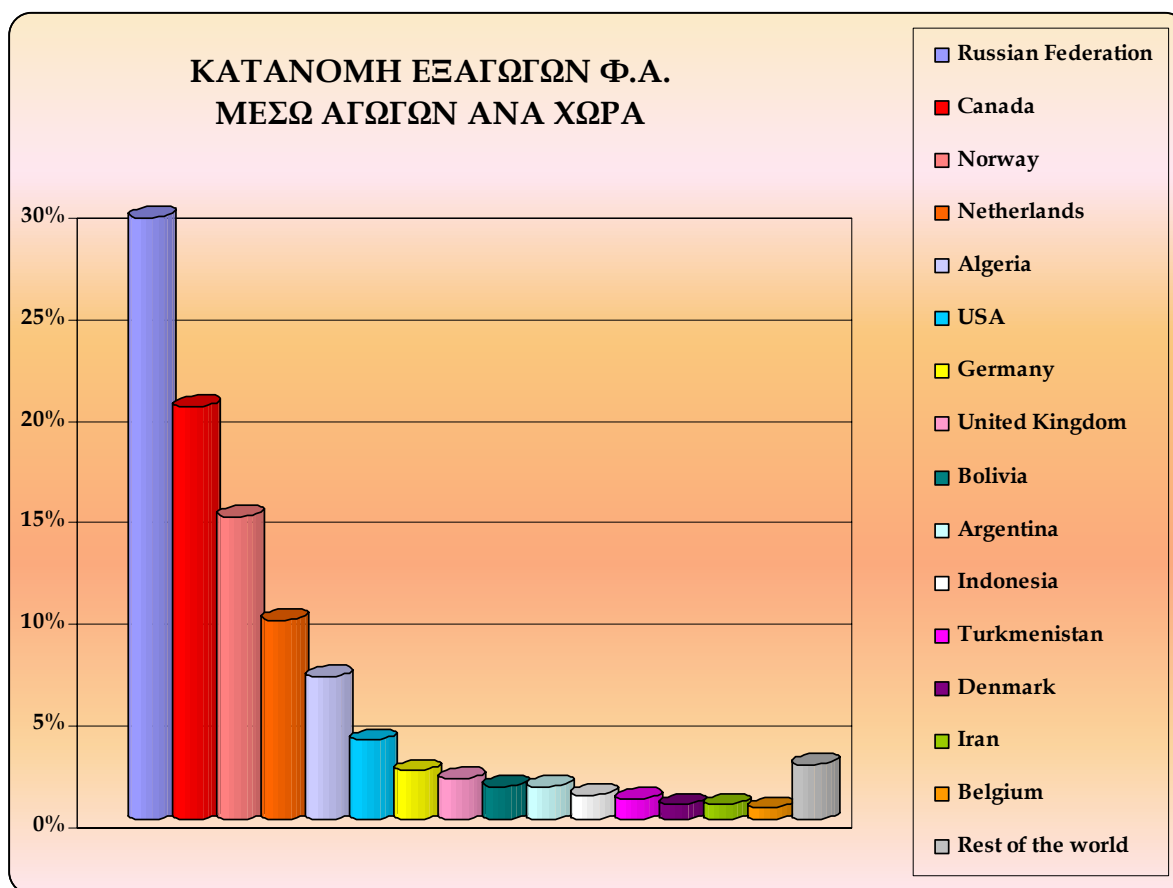
- Ιαπωνία 76.95 δις m³ (43.2 %).
- Νότιος Κορέα 29.89 δις m³ (16.8 %).
- ΗΠΑ 18.47 δις m³ (10.4%).
- Ισπανία 17.51 δις m³ (9.9 %).
- Ταϊβάν 9.13 δις m³ (5.1 %).
- Γαλλία 7.63 δις m³ (4.3 %).
- Ιταλία 5.90 δις m³ (3.3 %).



Γραφ. 2-9

Ο συνολικός όγκος Φ.Α. που διακινήθηκε το 2004 μέσω των διεθνών δικτύων μεταφοράς και πιο συγκεκριμένα διαμέσου των αγωγών υψηλής πίεσης έφτασε τα 502.06 δις m³ . Όσον αφορά τις εξαγωγές Φ.Α. μέσω των διεθνών δικτύων αγωγών τα μεγαλύτερα μερίδια [Γραφ. 2-10] κατέχουν οι ακόλουθες χώρες :

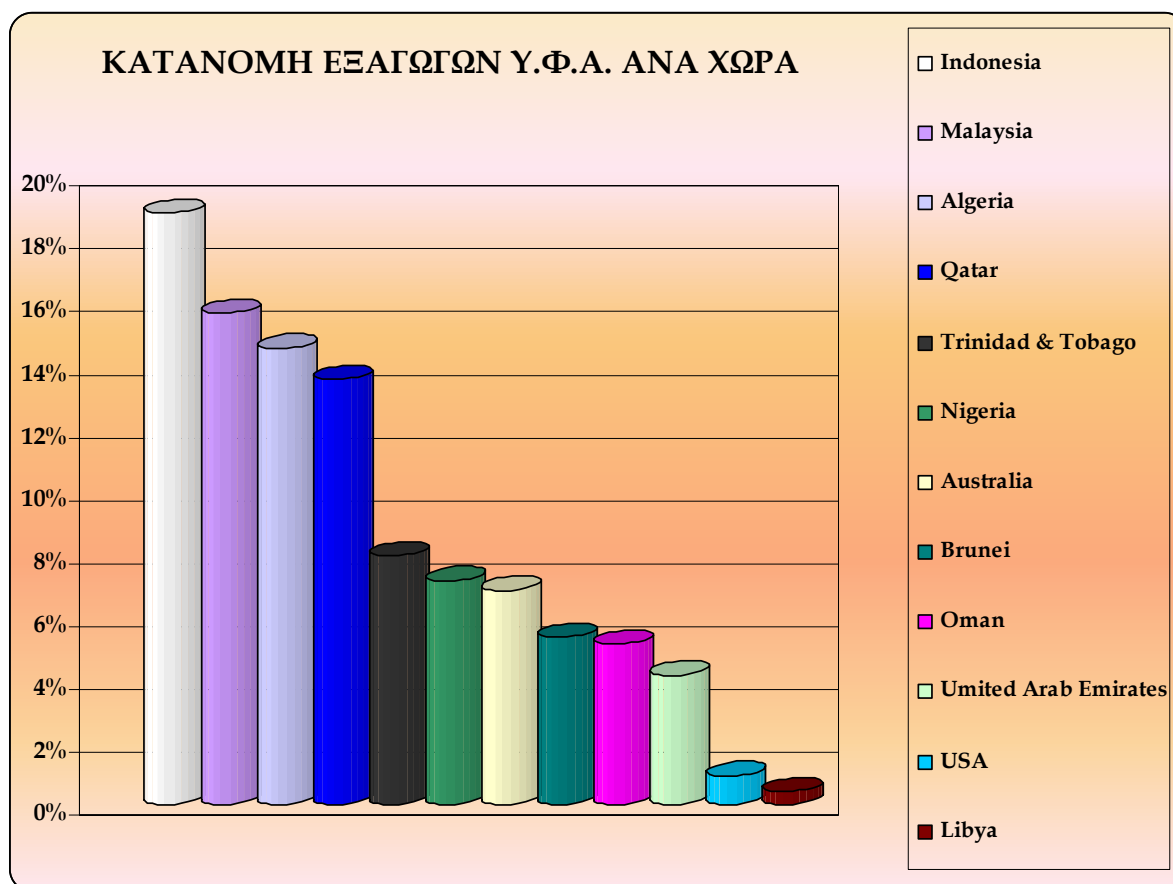
- Ρωσία 29.6 % (148.44 δις m³).
- Καναδάς 20.3 % (102.05 δις m³).
- Νορβηγία 14.9 % (74.86 δις m³).
- Ολλανδία 9.8 % (49.20 δις m³).
- Αλγερία 7.0 % (35.12 δις m³).
- ΗΠΑ 3.9 % (19.73 δις m³).



Γραφ. 2-10

Ο αντίστοιχος όγκος Υ.Φ.Α. που διακινήθηκε μέσα στο 2004 κυμάνθηκε στα 177.95 δις m³. Στις εξαγωγές Υ.Φ.Α. [Γραφ. 2-11 μέσω των ειδικών πλοίων μεταφοράς κυρίαρχο ρόλο κατέχουν οι κάτωθι χώρες :

- Ινδονησία 18.8 % (33.49 δις m³).
- Μαλαισία 15.6 % (27.68 δις m³).
- Αλγερία 14.5 % (25.75 δις m³).
- Κατάρ 13.5 % (24.06 δις m³).
- Τρινιδάντ & Τομπάγκο 7.9 % (13.99 δις m³).
- Νιγηρία 7.1 % (12.59 δις m³).
- Αυστραλία 6.8 % (12.17 δις m³).
- Μπρουνέι 5.3 % (9.50 δις m³).
- Ομάν 5.1 % (9.03 δις m³).
- Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα 4.1 % (7.38 δις m³).



Γραφ. 2-11

2.4 Διάκριση φυσικών αερίων

Το Φ.Α. πριν φθάσει στον καταναλωτή διαμέσου των δικτύων μεταφοράς και διανομής (transmission & distribution networks) θα πρέπει να απαλλαγεί από τις ανεπιθύμητες ξένες προσμίξεις, οι οποίες δημιουργούν προβλήματα στην περαιτέρω επεξεργασία, μεταφορά και διανομή του. Σε πολλά κοιτάσματα (gas fields) το ανακτώμενο Φ.Α. περιέχει σημαντικές ποσότητες H_2S και CO_2 , οι οποίες αποτελούν και τις κυρίως ακαθαρσίες.

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε H_2S τα Φ.Α. διακρίνονται σε :

- Όξινα, εάν η H_2S -περιεκτικότητα τους είναι >1 % κ.ο .
- Ισχνά, εάν η H_2S -περιεκτικότητα τους είναι <1 % κ.ο .

Τα όξινα αέρια αποθειώνονται ή γλυκαίνονται (γι' αυτό και τα αποθειωμένα Φ.Α. χαρακτηρίζονται γλυκά αέρια), ώστε οι συγκεντρώσεις του H_2S να συγκρατούνται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της υψηλής τοξικότητάς του. Κατά την καύση του H_2S σχηματίζεται παράλληλα με το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τριοξείδιο του θείου (SO_3) σε πολύ μικρότερο ποσοστό, τα οποία είναι επίσης τοξικά. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη σελίδα, το SO_3 και το SO_2 είναι ανυδρίτες του θειώδους (H_2SO_3) και του θειικού οξέος (H_2SO_4), τα οποία διαβρώνουν έντονα τους κοινούς χάλυβες.

Η απομάκρυνση του H_2S από το Φ.Α. επιτυγχάνεται με έκπλυση του αερίου με κατάλληλα υδατικά διαλύματα, στα οποία το υδρόθειο είναι διαλυτό. Τα διαλύματα αναγέννιούνται και ανακτώνται τα απορροφηθέντα όπου το παραγόμενο τελικό προϊόν είναι το στοιχειακό θείο, το οποίο αποτελεί βασική πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Η μέθοδος αυτή ελάχιστα επιβαρύνει την

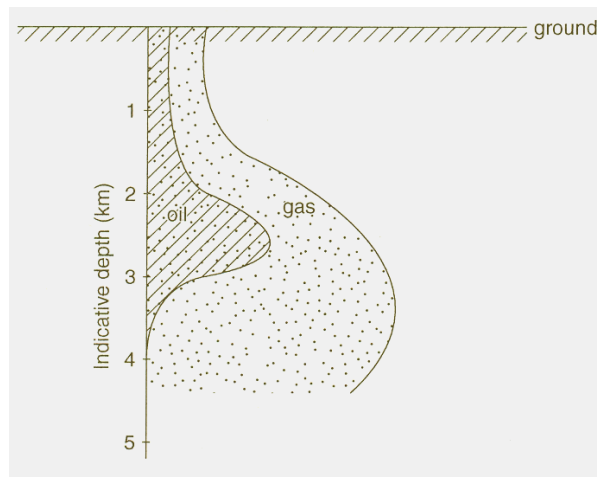
ατμόσφαιρα, αν και η αποθείωση είναι μια διαδικασία δύσκολη και δαπανηρή. Στο προς διανομή Φ.Α., πάντως, περιέχονται ίχνη θείου ($5-10 \text{ mg/m}^3$) οφειλόμενα στην πρόσμιξη ουσιών με προειδοποιητική οσμή [Μερκαπτάνες : ΤΗΤ ή $\text{C}_4\text{H}_8\text{S}$ (Τετραυδροθειοφίνη)] για λόγους ασφαλείας.

Σε αντίθεση με το H_2S το CO_2 δεν μπορεί να γίνει ανεκτό παρά μόνο σε πολύ μικρά ποσοστά διότι :

- Αυξάνει το κόστος μεταφοράς του Φ.Α.
- Μειώνει τις ιδιότητες ανάφλεξης και τη θερμογόνο δύναμη του Φ.Α.
- Προκαλεί σε συνέργεια με το νερό τοπικές οξειδώσεις στα μέταλλα.

Η αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα από το Φ.Α. γίνεται με παρόμοιο τρόπο όπως και στην περίπτωση του υδρόθειου.

Φυσικό αέριο συναντάται και στις πετρελαιοπηγές αναμεμιγμένο με πετρέλαιο [Εικ. 2-3]. Κάθε πετρελαϊκό κοιτάσμα βρίσκεται υπό ορισμένη πίεση και θερμοκρασία. Ενδεικτικά, αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε 100 m βάθους αυξάνεται η πίεση κατά 10 bar και η θερμοκρασία κατά 3°C . Πρακτικά αυτό σημαίνει, ότι ένα κοιτάσμα που βρίσκεται σε βάθος 3 Km έχει πίεση 300 bar και θερμοκρασία 90°C . Είναι προφανές, ότι υπό τέτοιες συνθήκες βρίσκεται διαλυμένο στο πετρέλαιο σημαντική ποσότητα Φ.Α.



Εικ. 2-3 Πετρέλαιο αναμεμιγμένο με φυσικό αέριο

Καθώς το πετρέλαιο ανέρχεται προς την επιφάνεια της γης μειώνεται η πίεση, εκλύεται αέριο και δημιουργείται αφρός, όπως κατά το άνοιγμα μιας σαμπάνιας. Ο διαχωρισμός αερίου και πετρελαίου λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια σε υπό πίεση δεξαμενές. Αυτά τα Φ.Α. περιέχουν συνήθως σημαντικό ποσοστό βαρύτερων υδρογονανθράκων (πεντάνια, εξάνια, φυσική βενζίνη κ.λ.π.) και χαρακτηρίζονται ως "έφυγρα" αέρια ("wet" gases). "Ξηρά" αέρια ("dry gases") χαρακτηρίζονται εκείνα, τα οποία εξάγονται από γεωτρήσεις Φ.Α. και δεν περιέχουν ανώτερους υδρογονάνθρακες. Η συγκράτηση των συστατικών αυτών γίνεται με διάφορες τεχνικές όπως, η υγροποίηση με συμπίεση και ψύξη (στους -30°C), η απορρόφηση σε πύργους απορρόφησης και η προσρόφηση σε φίλτρα ενεργού άνθρακα. Τα συστατικά αυτά μπορεί να συμπυκνωθούν και να δημιουργήσουν προβλήματα κατά τη μεταφορά και διανομή του Φ.Α. Η συμπύκνωση υδρογονανθράκων εξαρτάται από το είδος και την ποσότητα των συμπυκνώσιμων συστατικών, καθώς και από την πίεση και θερμοκρασία. Ο περιορισμός επιτυγχάνεται με τον καθορισμό του σημείου συμπύκνωσης, δηλαδή

μιας θερμοκρασίας πάνω από την οποία για μια καθορισμένη πίεση ή κατ' αναλογία για μια περιοχή πιέσεων δεν πρέπει να εμφανισθεί καθόλου συμπύκνωση.

Επιπλέον, τα συστατικά αυτά, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, σχηματίζουν με το νερό ένυδρες κρυσταλλικές ενώσεις (gas hydrate), οι οποίες με μορφή χιονιού προκαλούν αποφράξεις στους αγωγούς. Για την αποφυγή σχηματισμού αέριων ένυδρων ουσιών μειώνεται η περιεχόμενη υγρασία του Φ.Α. με προσδιορισμό του σημείου δρόσου. Η μείωση του σημείου δρόσου του νερού στους -5 έως -8 °C σε σχέση με τη μέγιστη πίεση μεταφοράς αναφέρεται συνήθως στις προδιαγραφές του αερίου.

2.5 Το Φ.Α. στην ελληνική ενεργειακή σκηνή

Πρόδρομος του Φ.Α. στην Ελλάδα ήταν το φωταέριο. Το διέθεσε για πρώτη φορά το 1857, η γαλλική Εταιρεία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στο Δήμο Αθηναίων. Η δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο έως το 1984. Τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπόργου (ΕΛΔΑ) και ξεκίνησε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε έως το 1997. Φ.Α. λαμβάνεται μετά το 1982 από τις πετρελαιοπηγές του Πρίνου και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία λιπασμάτων. Κατανάλωση αερίου κωκακερίας (ΑΚ) υπήρχε από το 1972 έως το 1981, ενώ κατανάλωση αερίου υψικαμίνου (ΑΥ) από το 1967 έως το 1981. Η κατανάλωση υγρών υδρογονανθράκων του φυσικού αερίου (ΥΦΑ) άρχισε το 1985. Το 1983 όμως, είναι το έτος που καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το Φ.Α. στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και το 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την προμήθεια Φ.Α. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την ρωσική Sojuzgazexport, σήμερα Gazexport (θυγατρική της Gazprom), και με την Sonatrach της Αλγερίας. Η επιλογή της εισαγωγής Υ.Φ.Α. από την Αλγερία, παρότι συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με την εισαγωγή Φ.Α. από τη Ρωσία, εντούτοις κρίνεται ωφέλιμη, καθώς εξασφαλίζει την κάλυψη της ημερήσιας ζήτησης αιχμής, με τον εμπλουτισμό των ήδη υπαρχόντων ποσοτήτων αερίου, αλλά και ενισχύει την αξιοπιστία του Συστήματος με τη διασφάλιση της πτώσης πίεσης, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες που είναι σήνηθες φαινόμενο. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η νεότερη συμφωνία με την τουρκική εταιρεία Botas, η οποία υπογράφηκε στις 23 Δεκεμβρίου 2003, για την προμήθεια 0,75 δις m³ Φ.Α. ετησίως, μόλις ολοκληρωθούν τα έργα σύνδεσης των δικτύων των δυο χωρών.

Το Φ.Α. δεν έχει σταθερή σύνθεση και μπορεί να διαφέρει από κοίτασμα σε κοίτασμα. Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με την ανάγκη μεταφοράς του μέσω διεθνών διασυνδεδεμένων δικτύων καθιστά απαραίτητο τον έλεγχο της σύστασης και των ιδιοτήτων του για τον υπολογισμό των ποσοτήτων ενέργειας και του κόστους βάσει των διεθνών συμβάσεων προμήθειας. Στον ακόλουθο πίνακα [Πιν. 2-1] φαίνονται η χημική σύσταση και οι ιδιότητες των δυο τύπων Φ.Α. τους οποίους εισάγει η χώρα μας :

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ		ΡΩΣΙΚΟ Φ.Α.	ΑΛΓΕΡΙΝΟ Φ.Α.
Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε :			
Μεθάνιο	CH ₄	min 85	85.6-96.6
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	max 7	3.2-8.5
Προπάνιο	C ₃ H ₈	max 3	0-3
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	max 2	0-1.2
Πεντάνιο	C ₅ H ₁₂	max 1	0-0.7
Αζωτο	N ₂	max 5	0.2-1.4
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	max 3	-
Θειούχες ενώσεις :			
Υδρόθειο	H ₂ S	max 5 mg/m ³	max 0.5ppm
Μερκαπτάνες	C _v H _{2v} S	max 15 mg/m ³	max 2.3 mg/m ³
Σύνολο Θείου	S ₂	max 60 mg/m ³	max 30 mg/m ³
Πυκνότητα	ρ	0.685 Kg/ m ³	0.74-0.82 Kg/ m ³
Μέση Α.Θ.Δ.	H ₀	9524 Kcal/Nm ³	9982 Kcal/Nm ³
Μέση Κ.Θ.Δ.	H _u	8686 Kcal/Nm ³	9016 Kcal/Nm ³

Πιν. 2-1

Σημείωση : Για το ρωσικό Φ.Α. το m³ και η ΑΘΔ ορίζονται σε θερμοκρασία 20°C και πίεση 1.01325 bar, ενώ για το αλγερινό Φ.Α. τα αντίστοιχα μεγέθη ορίζονται στους 0°C και 1.01325 bar.

Το Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύθηκε η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως 100% θυγατρική της τότε ΔΕΠ, σήμερα Ελληνικά Πετρέλαια (ΕΠ), η οποία κατέχει πλέον το 35% της ΔΕΠΑ, ενώ το υπόλοιπο 65% έχει περιέλθει στο Ελληνικό Δημόσιο.

Η ΔΕΠΑ είναι υπεύθυνη για την:

I. Εισαγωγή, μεταφορά και αποθήκευση του Φ.Α.

Η σύμβαση με την Gazexport είναι εικοσαετούς διάρκειας με αφετηρία το Σεπτέμβριο του 1996 και αφορά στην προμήθεια 2,24 δις m³ ετησίως με δυνατότητα επέκτασης στα 2,8 δις m³ έως το 2016 και με πρόβλεψη ανανέωσης της έως το 2026. Με την αλγερινή Sonatrach είχε αφετηρία τον Φεβρουάριο του 2000, αντίστοιχης διάρκειας (έως το 2020) και αφορά την τροφοδοσία 0,51-0,68 δις m³ Φ.Α. ετησίως.

II. Κατασκευή και εκμετάλλευση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ).

III. Πώληση Φ.Α. σε μεγάλους καταναλωτές με ετήσια κατανάλωση άνω των 10 εκατομμυρίων m³.

IV. Πώληση Φ.Α. σε Εταιρείες Παροχής Αερίου (ΕΠΑ), στις οποίες συμμετέχουν ιδιώτες επενδυτές κατά 49 %.

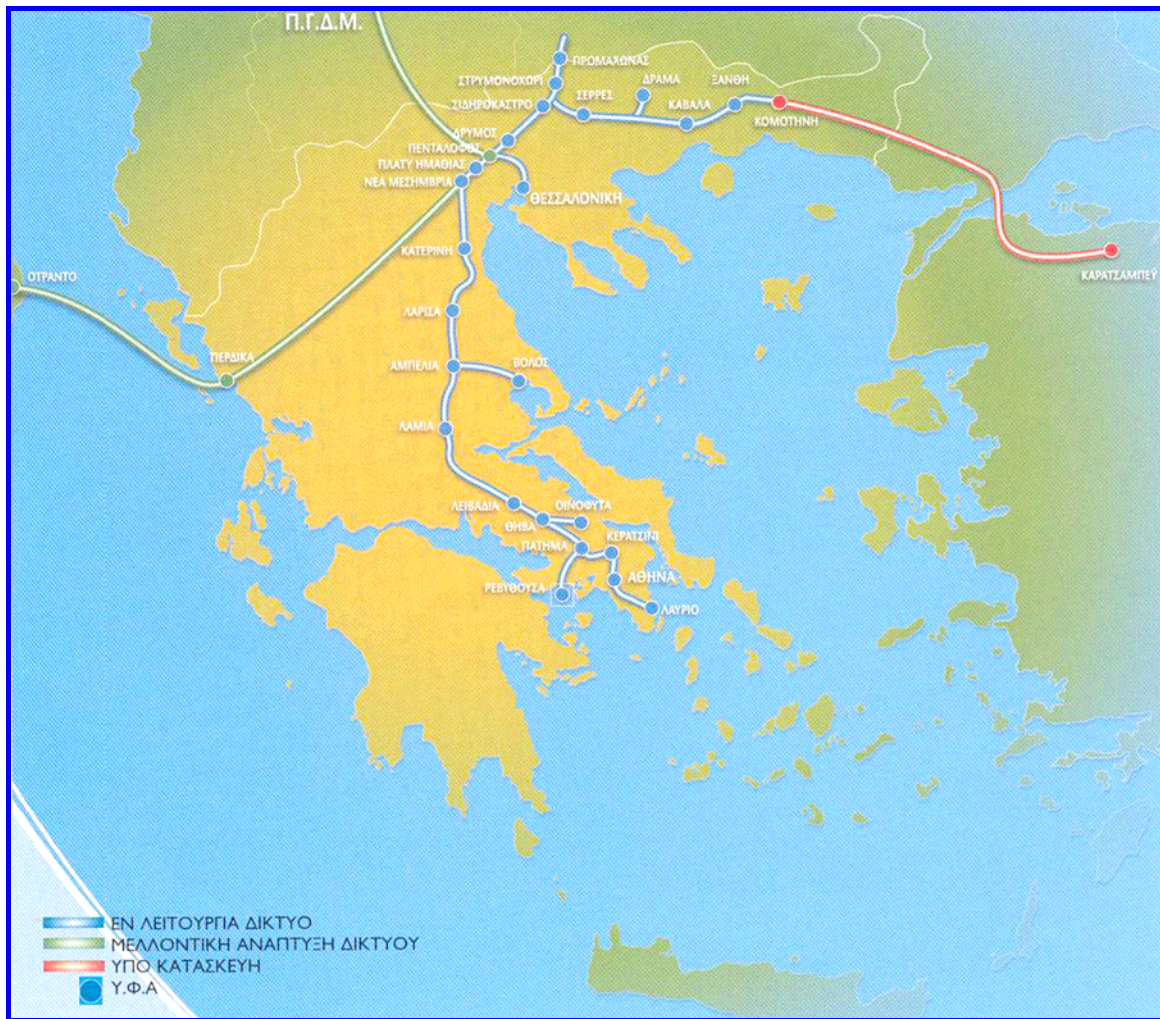
Το 1995 η ΔΕΠΑ ίδρυσε τρεις θυγατρικές εταιρείες, τις Εταιρείες Διανομής Αερίου (ΕΔΑ) Αττικής, Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας, των οποίων σήμερα κατέχει το σύνολο των μετοχών τους. Οι τρεις ΕΔΑ διεξήγαγαν διεθνείς Διαγωνισμούς για την εξεύρεση ιδιωτών επενδυτών, προκειμένου από κοινού να συστήσουν τις αντίστοιχες ΕΠΑ, οι οποίες δραστηριοποιούνται στους τομείς της

ανάπτυξης, λειτουργίας, συντήρησης και εκμετάλλευσης του Συστήματος Διανομής Αερίου που εντάσσεται στις περιοχές τους. Μετά την ολοκλήρωση των Διαγωνισμών, που ανέδειξαν ως πλειοδότες τις εταιρείες Cinergy-Shell για την περιοχή της Αττικής και Italgas για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας, συστήθηκαν οι ΕΠΑ Αττικής, ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και ΕΠΑ Θεσσαλίας, με συμμετοχή των αντίστοιχων ΕΔΑ κατά 51% και των Cinergy-Shell και Italgas αντίστοιχα κατά 49% . Η ΔΕΠΑ βρίσκεται στη διαδικασία ίδρυσης νέων θυγατρικών εταιρειών (ΕΠΑ), οι οποίες θα δραστηριοποιούνται στις περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης καθώς και στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας.

V. Διανομή Φ.Α. σε περιοχές όπου δεν έχουν συσταθεί Εταιρείες Παροχής Αερίου.

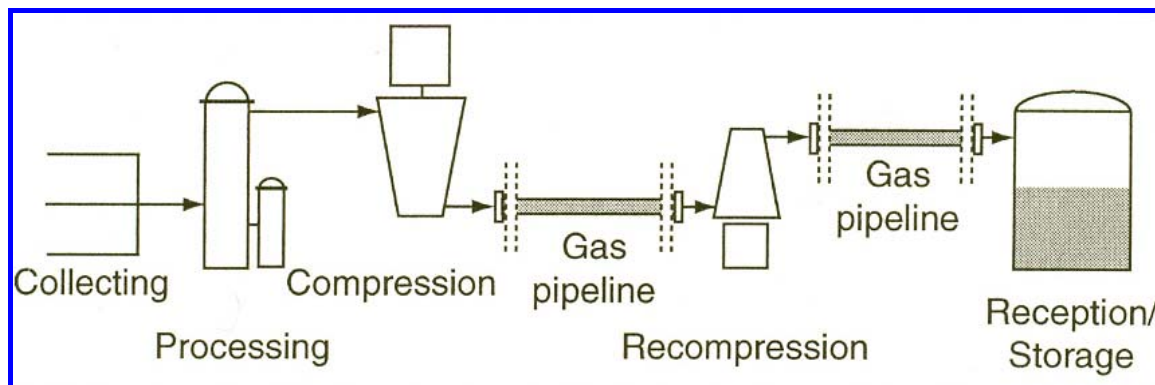
Αξιζει να σημειωθεί, πάντως, ότι μετά την επικείμενη απελευθέρωση της αγοράς Φ.Α. ο ρόλος της ΔΕΠΑ αναμένεται να μεταβληθεί έτσι, ώστε να είναι σύμφωνη με τις διατάξεις της Κοινοτικής Οδηγίας 2003/55/ΕΚ (ΕΕ L 176/57), όπως θα διαβάσετε σε επόμενες σελίδες.

2.5.1 Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς

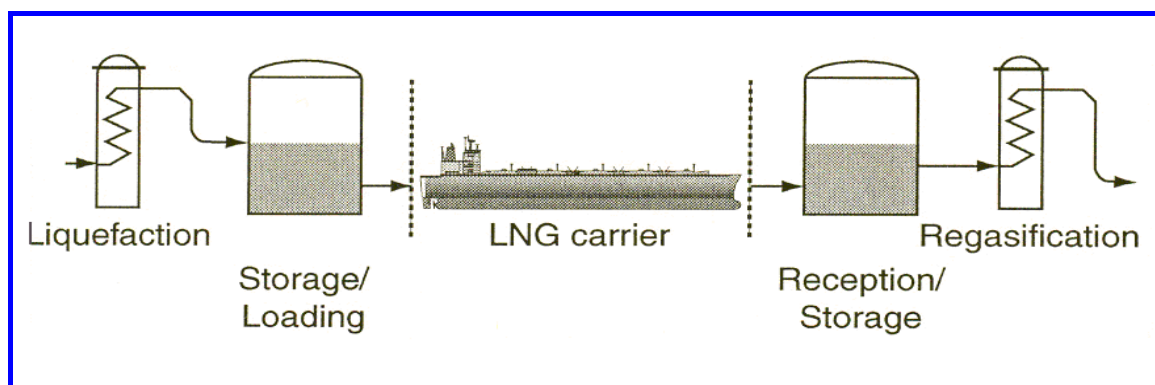


Εικ. 2-4 Ελληνικό σύστημα μεταφοράς Φ.Α.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, το Φ.Α. αφού συλλεχθεί και υποστεί τον απαραίτητο καθαρισμό, μεταφέρεται στο χώρο χρησιμοποίησης του. Οι εξελιγμένες τεχνολογίες επιτρέπουν σήμερα τη μεταφορά του Φ.Α. σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Η μεταφορά του Φ.Α. επιτυγχάνεται με δυο τρόπους [Εικ. 2-5, 2-6]. Ο ένας αφορά τη μεταφορά του υπό υψηλή πίεση μέσω υπόγειου ή υποθαλάσσιου δικτύου αγωγών, όπου κάθε 200-350 Km απαιτείται επανασυμπύεση του αερίου, η οποία γίνεται σε ειδικούς σταθμούς. Σε περιοχές που δεν προσφέρονται για μεταφορά με αγωγούς, το Φ.Α. υγροποιείται και μεταφέρεται με ειδικά δεξαμενόπλοια. Το Φ.Α. υγροποιείται στους $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ και παρουσιάζει μείωση του όγκου του 600:1 .



Εικ. 2-5 Διαδικασία μεταφοράς Φ.Α. μέσω αγωγών



Εικ. 2-6 Διαδικασία μεταφοράς Υ.Φ.Α. μέσω ειδικών πλοίων

Η εισαγωγή και αξιοποίηση του Φ.Α. προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλης υποδομής για τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη διανομή του. Η βασική υποδομή του Ελληνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου [Εικ. 2-4] περιλαμβάνει:

I. Τον κύριο χαλύβδινο αγωγό υψηλής πίεσης, μήκους 511 Km, ο οποίος εισέρχεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (περιοχή Κούλας) στον Προμαχώνα με πίεση εισόδου της τάξης των 50 bar (προδιαγραφών αντοχής 70 bar) και διάμετρο έως τη Νέα Μεσήμβρια \varnothing 36" (inch). Ο κυρίως αγωγός συνεχίζει διασχίζοντας μέσω των Τερπών τη Θεσσαλία, την Φθιώτιδα και μέσω της Βοιωτίας καταλήγει στην Αττική, στην περιοχή Ασπροπόργου, βόρεια των Ελληνικών Διυλιστηρίων (ΕΛΔΑ). Παράλληλα συνδέεται με παράπλευρους κλάδους μήκους 400 Km και διαμέτρου έως και \varnothing 30" (inch). Ενδεικτικά, αναφέρονται οι ακόλουθες διατομές των αγωγών Θεσσαλονίκης A & B (24 in), Κομοτηνής (24 in), Πλατέος Ημαθίας (10 in), Βόλου (10 in), Οινόφυτων (10 in), Λαυρίου (30/24 in), Κερατσινίου (30/14 in) και των υποθαλάσσιων αγωγών σύνδεσης της Ρεβυθούσας (24 in).

II. Το συνοριακό σταθμό μέτρησης του Στρυμονοχωρίου (Border station) και τον Τερματικό Σταθμό της Ρεβυθούσας (αναλυτικότερα στις παρακάτω σελίδες), οι οποίοι παραλαμβάνουν τις ποσότητες Φ.Α. και Υ.Φ.Α. από Ρωσία και Αλγερία, αντιστοίχα. Ο Σταθμός του Στρυμονοχωρίου αποτελείται από 4 παράλληλους αγωγούς και διαθέτει τον εξοπλισμό για μέτρηση και έλεγχο της ποιότητας του Φ.Α. Πιο συγκεκριμένα, εκεί μετρούνται:

- Οι εισαγόμενες ποσότητες με μετρητές διαφράγματος.

- Η θερμοκρασία και η πίεση, οι οποίες επεξεργάζονται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, καθώς και η ποιότητα του καυσίμου με τη βοήθεια χρωματογράφων, που κι αυτοί με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένοι με υπολογιστικές μονάδες.

III. Τον Τερματικό Σταθμό Υποδοχής Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη βραχονησίδα Ρεβουθούσα [Εικ.2-9], στον κόλπο των Μεγάρων, ο οποίος περιλαμβάνει:

- Εγκαταστάσεις υποδοχής και ελλιμενισμού δεξαμενοπλοίων Υ.Φ.Α. (LNG) μεγέθους έως 130.000 m³.

- Δυο δεξαμενές αποθήκευσης Υ.Φ.Α. χωρητικότητας 65.000 m³ η καθεμιά, οι οποίες είναι υπόγειες έως το ύψος πλήρωσής τους και έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τον αμερικάνικο κανονισμό NFPA 59A.

- Δυο βραχίονες, μήκους 12 ποδιών (ft) έκαστος, φορτοεκφόρτωσης από την προβλήτα.

- Δυο αεριοποιητές θαλασσινού νερού ανοικτού τύπου για εξαέρωση του Υ.Φ.Α. και τροφοδοσία-σύνδεση στον κύριο αγωγό μεταφοράς δια μέσου των δυο δίδυμων υποθαλάσσιων αγωγών διασύνδεσης(Ø 24") της Ρεβουθούσας με την απέναντι ακτή της Αγίας Τριάδας.

- Αντλιοστάσια Υ.Φ.Α.

- Δυο συμπιεστές για την υγροποίηση ασυμπύκνωτων αερίων.

- Σύστημα πυρσού με πυρσούς εδάφους, για την καύση περισσευμάτων αερίου.

- Σύστημα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης.

- Υποσταθμό ΔΕΗ.

- Αίθουσα ελέγχου και λειτουργίας, κτίρια διοίκησης, πυροσβεστικό σταθμό, σταθμό πρώτων βοηθειών και εκπαίδευσης προσωπικού.

Η μεταφορά του Υ.Φ.Α. από την Αλγερία στην Ελλάδα γίνεται με το ειδικά κατασκευασμένο κρυογενικό πλοίο "Century" [Εικ. 2-7, 2-8], με χρονοναυλοσύμφωνο που υπογράφηκε μεταξύ της ΔΕΠΑ και της πλοιοκτητρίας εταιρείας BERGESEN στις 19/1/1998. Το "Century", που ναυπηγήθηκε το 1974 και διαθέτει 4 σφαιρικές δεξαμενές αλουμινίου τύπου Moss, χωρητικότητας 29.500 m³ Υ.Φ.Α., μπορεί να μεταφέρει, επίσης, αιθάνιο, αιθυλένιο και υγραέριο σε 8 ημέρες, που διαρκεί ένα ολοκληρωμένο ταξίδι (Αλγερία-Ρεβουθούσα-Αλγερία).

Σε εξέλιξη βρίσκεται η κατασκευή και τρίτης δεξαμενής, η οποία προβλέπεται να αυξήσει τη δυναμικότητα αεριοποίησης Υ.Φ.Α. από 270 m³/h σε 1000 m³/h.



Εικ. 2-7 Ειδικό πλοίο μεταφοράς Υ.Φ.Α. "Century"



Εικ. 2-8 Ειδικό πλοίο μεταφοράς Υ.Φ.Α. "Century"

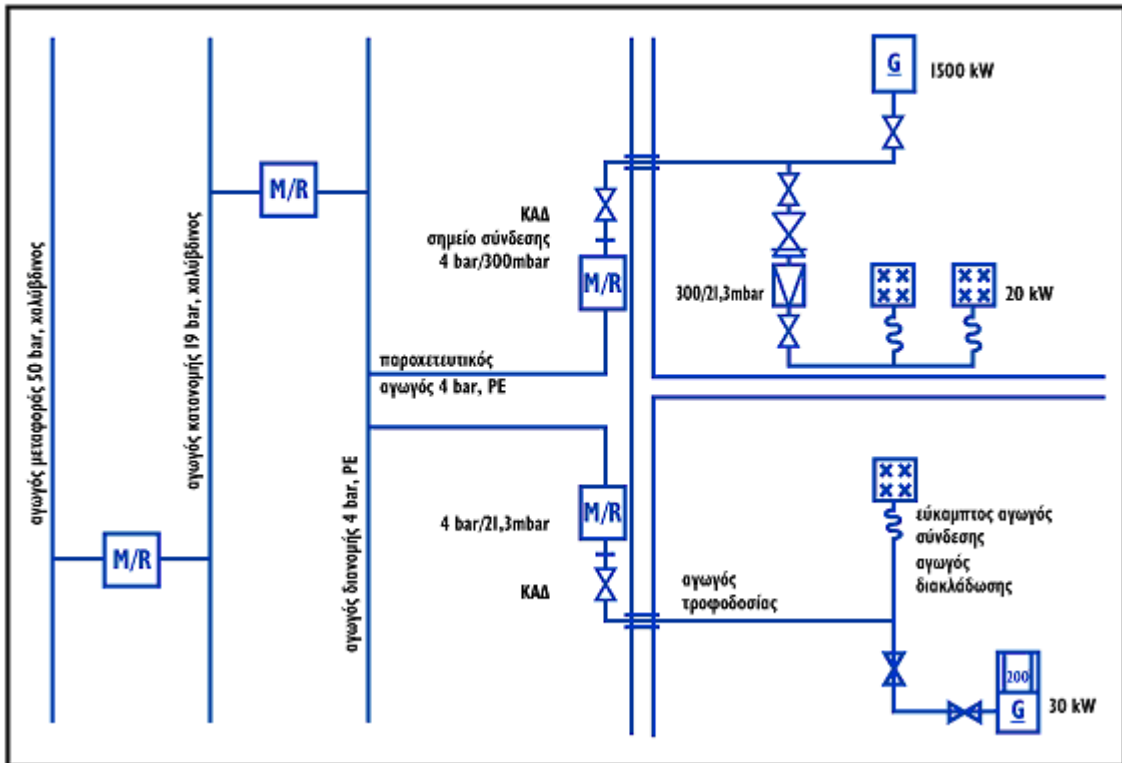


Εικ. 2-9 Πανοραμική άποψη εγκαταστάσεων υποδοχής Υ.Φ.Α. νήσου Ρεβυθούσας

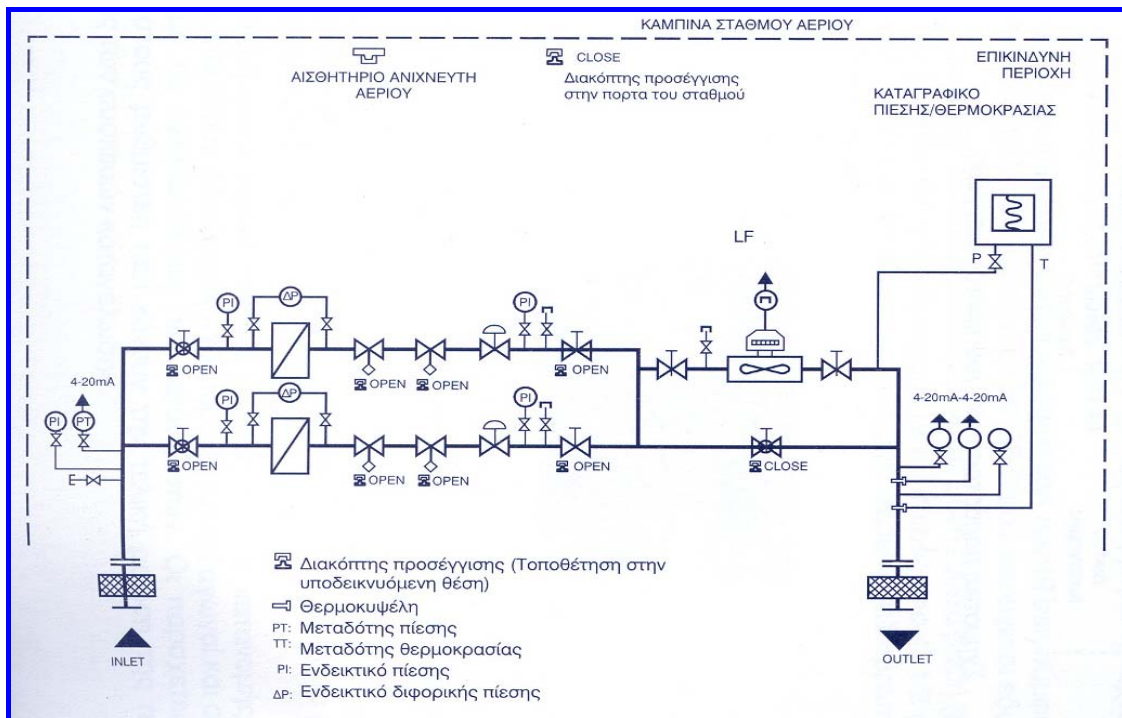
IV. Τους σταθμούς μέτρησης και μείωσης της πίεσης (Metering & Regulating Stations ή αλλιώς M/R), οι οποίοι διακρίνονται σε σταθμούς τροφοδότησης M/R 60/19 (60 bar→19 bar) και σταθμούς διανομής M/R 19/4 (19 bar→4 bar). Οι σταθμοί M/R 19/4 τροφοδοτούν τα δίκτυα μέσης και χαμηλής πίεσης. Τα δίκτυα κατανομής και διανομής Φ.Α. στις πόλεις αριθμούν, περίπου, 3000 Km, ενώ αναμένεται κατά την πλήρη ανάπτυξη του έργου να φτάσουν τα 6500 Km. Στα ακόλουθα γραφήματα απεικονίζεται ένα τυπικό σύστημα διανομής φυσικού αερίου [Εικ. 2-10], η καμπίνα αερίου [Εικ. 2-11] και καμπίνα ελέγχου [Εικ. 2-12] ενός σταθμού διανομής (M/R 19/4).

V. Τα κέντρα λειτουργίας και συντήρησης στην Αττική, τη Θεσσαλία και τη Θεσσαλονίκη, όπως επίσης και το Κέντρο κατανομής και ελέγχου φορτίου, το οποίο βρίσκεται στο Πάτημα Ελευσίνας. Οι εγκαταστάσεις στο Πάτημα είναι εφοδιασμένες με το σύστημα τηλεμετρίας, δηλαδή σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων (SCADA) της εταιρείας Valmet, το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα που συλλέγονται από τους σταθμούς αερίου. Επιπλέον, διαθέτουν εκτεταμένο σύστημα κινητών και σταθερών τηλεπικοινωνιών, το οποίο υποστηρίζεται από δίκτυο οπτικών ινών.

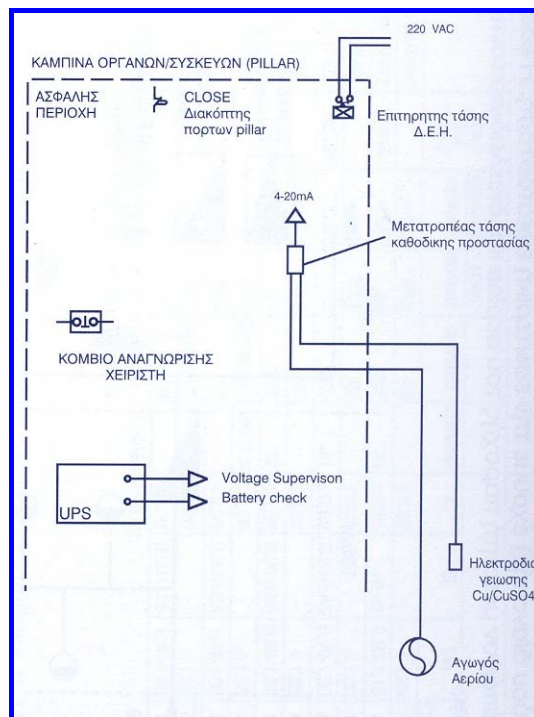
Τυπική διάταξη συστήματος διανομής



Εικ. 2-10



Εικ. 2-11 Καμπίνα σταθμού διανομής M/R 19/4 bar



Εικ. 2-12 Καμπίνα οργάνων/συσκευών σταθμού διανομής M/R 19/4 bar

2.6 Πλεονεκτήματα Φ.Α.

- Οικονομικότερο σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. Η τιμή του φυσικού αερίου αναθεωρείται σε μηνιαία βάση και προκύπτει σε σχέση με τη μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης (συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ) του προηγούμενου μήνα. Η μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης ανακοινώνεται από τα Ελληνικά Διυλιστήρια και λαμβάνεται επίσημα από το Υπουργείο Ανάπτυξης. Στην τιμή αυτή προστίθεται το περιθώριο κέρδους των διανομέων πετρελαίου, οι νόμιμοι φόροι και ο ΦΠΑ. Η τελική τιμή χρέωσης του φυσικού αερίου υπολογίζεται έτσι ώστε να είναι 20% οικονομικότερη από την τελική τιμή του πετρελαίου θέρμανσης. Έτσι, στις εμπορικές χρήσεις το Φ.Α. είναι 30 % φθηνότερο από το πετρέλαιο κίνησης, 45 % οικονομικότερο από το υγραέριο όταν χρησιμοποιείται για ζεστό νερό και ατμό, 65 % πιο οικονομικό από το ηλεκτρικό ρεύμα όταν χρησιμοποιείται για μαγείρεμα και ψήσιμο. Στις οικιακές χρήσεις, και συγκεκριμένα στη θέρμανση, είναι τουλάχιστον 20 % φθηνότερο από το πετρέλαιο θέρμανσης, ενώ για ζεστό νερό και μαγείρεμα είναι 60 % οικονομικότερο από το ηλεκτρικό ρεύμα. Στο παράρτημα VI διατίθενται αναλυτικά στοιχεία που δικαιολογούν την εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την χρήση του Φ.Α. , σύμφωνα με στοιχεία της ΕΠΑ Αττικής.

- Πληρωμή λογαριασμού μετά την κατανάλωση.

Σε αντίθεση με το πετρέλαιο, το οποίο εξοφλείται κατά την παραλαβή, η πληρωμή των λογαριασμών Φ.Α. πραγματοποιείται μετά την κατανάλωση του, βάσει των ενδείξεων του μετρητή.

- Αδιάλειπτη παροχή-Μη απαίτηση αποθηκευτικού χώρου.

Η συνεχής ροή του Φ.Α. στα δίκτυα διανομής το καθιστά εύχρηστο, απαλλάσσοντας ταυτόχρονα τον καταναλωτή από τα προβλήματα της προμήθειας, της καθυστέρησης ανεφοδιασμού και των περιοδικών ελέγχων των αποθεμάτων.

- Φιλικότερο προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα.

Το Φ.Α. είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ΑΠΕ, καθώς συμβάλλει θετικά, τόσο στη μείωση των εκπεμπόμενων στην ατμόσφαιρα ρύπων, όσο και στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Οι κυριότεροι ρύποι που προκύπτουν από την χρήση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια και οι άκαυστοι πτητικοί υδρογονάνθρακες. Στον επόμενο πίνακα [Πιν. 2-2] παρουσιάζονται τυπικές τιμές μη ελεγχόμενων ρύπων (mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου), οι οποίοι εκπέμπονται κατά την καύση διαφόρων καυσίμων σε μονάδα ατμοπαραγωγής.

ΡΥΠΟΙ	ΤΥΠΟΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ			
	ΚΑΡΒΟΥΝΟ	ΜΑΖΟΥΤ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Φ.Α.
SO ₂	2450	1400	220	0.3
NO _x	387	170	100	100
CO	13	14	16	7
Σωματίδια	1092	96	6	4
Υδρογονάνθρακες	2	3	3	1

Πιν. 2-2 Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά την καύση διαφόρων καυσίμων σε ατμοπαραγωγική μονάδα

- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση.

Η χρησιμοποίηση του Φ.Α. έχει αποδειχθεί ότι συνεισφέρει, σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό, στην εξοικονόμηση ενέργειας, ειδικότερα στο βιομηχανικό τομέα, διότι :

I. Οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας είναι καθαρότερες απ' ό τι κατά τη χρήση πετρελαίου, λόγω της έλλειψης αποθέσεων από τέφρα, κάπνα και θείο, οπότε η μετάδοση θερμότητας στις επιφάνειες συναλλαγής είναι μεγαλύτερη.

II. Η περίσσεια αέρα κατά την καύση του Φ.Α. (10-15 %) είναι μικρότερη απ' ό τι κατά την καύση του πετρελαίου (20-30 %), με συνέπεια τη μείωση των απωλειών θερμότητας στην καμινάδα.

III. Το Φ.Α. επιτρέπει τη μέγιστη εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων, λόγω των αμελητέων εκπομπών οξειδίου του θείου, ακόμα και την εκμετάλλευση της θερμότητας συμπύκνωσης των υδρατμών σε ειδικά σχεδιασμένες συσκευές.

- Σταθερή ποιότητα καυσίμου για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Σταθερή θερμοκρασία καύσης και σταθερή ποιότητα φλόγας.
- Δυνατότητα μεγάλης προθέρμανσης του αέρα και κατά συνέπεια οικονομικότερη λειτουργία.

2.7 Χρήσεις του Φ.Α.

Ως απόρροια των σημαντικών προτερημάτων του Φ.Α. έναντι των άλλων καυσίμων είναι το ευρύ πεδίο εφαρμογών του. Μπορεί, λοιπόν, να χρησιμοποιηθεί :

- Στην ηλεκτροπαραγωγή.

- Στο βιομηχανικό τομέα τόσο σαν πηγή θερμικής ενέργειας, όσο και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων χημικών ουσιών, όπως η αμμωνία (NH₃), η αιθάλη (carbon black), το υδρογόνο (H₂) κλπ.

Ως πηγή θερμικής ενέργειας το Φ.Α. μπορεί να βρει άμεση και έμμεση εφαρμογή. Στην άμεση θερμική χρήση του η καύση πραγματοποιείται αποκεντρωμένα, στη θέση τελικής κατανάλωσης της ενέργειας. Τέτοιες χρήσεις, οι οποίες είναι συνήθως και ιδιαίτερα ενεργοβόρες, συναντώνται σε βιομηχανίες τσιμέντου, μετάλλων, γυαλιού, οικοδομικών υλικών, τροφίμων, ηλεκτρικών συσκευών, υφαντουργίας και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράσεις. Στις έμμεσες θερμικές χρήσεις, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεταφέρεται με θερμοδοφώρα ρευστά στη θέση τελικής κατανάλωσης της. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την χρήση λεβήτων και τα θερμοδοφώρα ρευστά είναι ο ατμός, το ζεστό νερό και το λάδι ανάλογα με τη θερμοκρασία που απαιτείται στην τελική χρήση.

- Στον εμπορικό και οικιακό τομέα, για θέρμανση και ψύξη χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, αλλά και μαγείρεμα.

Οι κυριότερες εφαρμογές της χρήσης Φ.Α. στον εμπορικό και οικιακό τομέα συναντώνται σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εστιατόρια, εργαστήρια ζαχαροπλαστικής, αρτοποιεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, χώρους αναψυχής, πλυντήρια-καθαριστήρια, εμπορικά καταστήματα, θερμοκήπια, εργαστήρια αργυροχρυσοχοΐας, φούρνους βαφής αυτοκινήτων.

- Στη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι μια από τις αποδοτικότερες εφαρμογές του Φ.Α. παρέχοντας οικονομική εναλλακτική λύση στις περιπτώσεις τις οποίες απαιτούνται ταυτόχρονα σημαντικές ποσότητες θερμικών φορτίων και ηλεκτρισμού.

Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές συμπαραγωγής είναι τα :

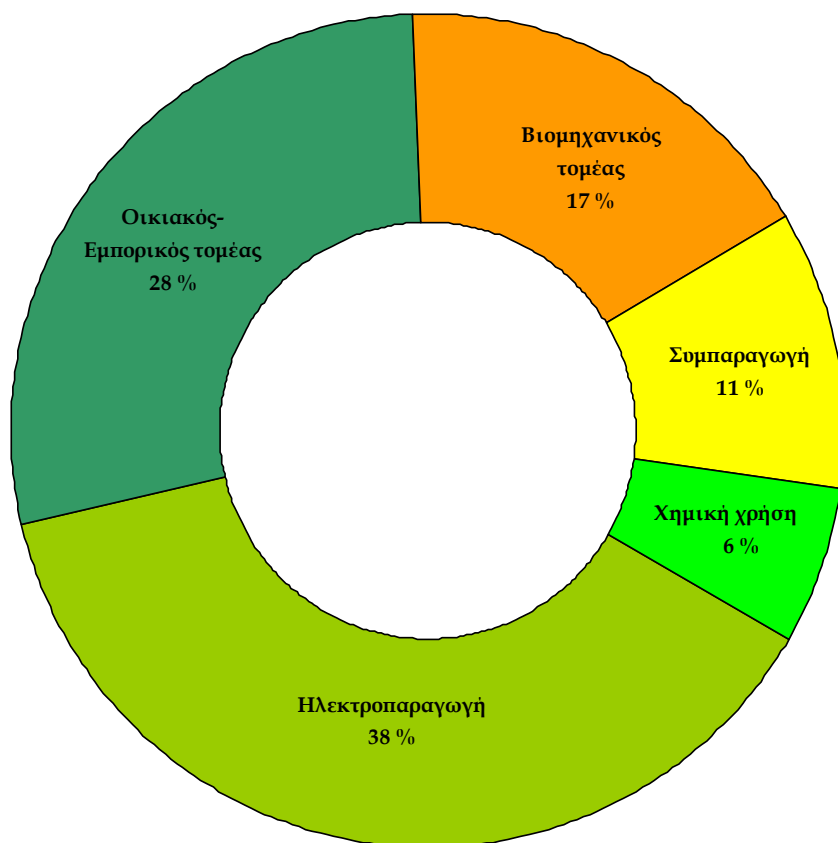
- Συστήματα ατμοστροβίλου απομάστευσης (συμπύκνωσης) και ατμοστροβίλου αντίθλιψης (χωρίς ψυγείο ατμού).

- Συστήματα αεροστροβίλου ανοικτού κυκλώματος και αεροστροβίλου κλειστού κυκλώματος.

- Συστήματα πετρελαιοκινητήρων.

- Συστήματα συνδυασμένου κύκλου.

Στο ακόλουθο γράφημα εμφανίζεται η προβλεπόμενη κατανομή της κατανάλωσης Φ.Α. ανά τομέα χρήσης στην Ελλάδα κατά το 2020, έτος πλήρους ανάπτυξης του έργου.



Γραφ. 2-12 Αναμενόμενη κατανομή εγχώριας κατανάλωσης Φ.Α. ανά τομέα χρήσης το έτος 2020

3 Νομοθεσία-Θεσμικό Πλαίσιο

Βασικά κείμενα που συνθέτουν τον κορμό του Θεσμικού Πλαισίου το οποίο αφορά τη χρησιμοποίηση του Φ.Α. είναι :

- ΤΟΤΕΕ 2471/86 :

" Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Διανομή καυσίμων αερίων (Αναθεώρηση του Σχεδίου ΤΟΤΕΕ 2471/80)".

- Υπουργική Απόφαση Δ3/Α/5286 (Φ.Ε.Κ. Β' 236/26-03-1997) :

"Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50 mbar και μέγιστη πίεση λειτουργίας έως και 16bar".

- Υπουργική Απόφαση Δ3/Α/11346 (Φ.Ε.Κ. Β' 963/15-07-2003):

"Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 mbar".

- Εγκύκλιος 27/04-03-2004 :

"Διευκρινίσεις για την εφαρμογή του Τεχνικού Κανονισμού Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 mbar, στις νέες και υφιστάμενες κτιριακές εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις".

- Προεδρικό Διάταγμα 420/87 (Φ.Ε.Κ. Α' 187/20-10-1987) :

"Εγκατάσταση δικτύων αερίων καυσίμων σε νέες οικοδομές", άρθρο 30 του Ν.3175/03 ("Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις").

Ιδιαίτερης αναφοράς χρήζει ο " Τεχνικός Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar " , ο οποίος παρέχει γενικές οδηγίες για τον ασφαλή σχεδιασμό, την ασφαλή κατασκευή, μετατροπή, δοκιμή, λειτουργία και συντήρηση μιας εσωτερικής εγκατάστασης με πίεση έως και 1 bar. Ο συγκεκριμένος κανονισμός αφορά εγκαταστάσεις Φ.Α. οι οποίες πραγματοποιούνται (συναρμολογούνται) στο χώρο του καταναλωτή και υπ' ευθύνη του. Επίσης, ισχύει για το τμήμα της εγκατάστασης αερίου μετά το σημείο παράδοσης-παραλαβής του αερίου από τον τοπικό φορέα διαχείρισης του αερίου (ΕΠΑ) έως το σημείο εξόδου της εγκατάστασης απαγωγής των καυσαερίων στην ύπαιθρο. Ο κανονισμός αυτός αποτελεί σημαντικό εργαλείο για κάθε μελετητή και φυσικά αποτέλεσε οδηγό για την παρούσα πτυχιακή εργασία. Το πλήρες κείμενο του κανονισμού περιλαμβάνεται στο συνοδευτικό CD-ROM.

3.1 Απελευθέρωση εγχώριας αγοράς φυσικού αερίου

3.1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή και βασικό σκεπτικό

Η διείσδυση του Φ.Α. στην ελληνική αγορά είναι σχετικά πρόσφατη, σε αντίθεση προς όλες σχεδόν τις λοιπές χώρες της Ε.Ε. Στην πραγματικότητα, μόλις περί το τέλος του έτους 1996 πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά εισαγωγή Φ.Α. στην Ελλάδα. Έκτοτε το Φ.Α. χρησιμοποιείται κατεξοχήν στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και δευτερευόντως σε άλλες βιομηχανικές χρήσεις καθώς και στον οικιακό τομέα.

Σήμερα πλέον, οι προοπτικές περαιτέρω διείσδυσης και χρήσης του Φ.Α. διαφαίνονται ιδιαίτερα θετικές, καθώς οι διεθνείς διασυνδέσεις, η

ηλεκτροπαραγωγή με χρήση Φ.Α. και οι επεκτάσεις του δικτύου σε νέες περιοχές της χώρας, αναμένεται να οδηγήσουν σε διπλασιασμό της εγχώριας κατανάλωσης Φ.Α. στο άμεσο μέλλον.

Παράλληλα, σε επίπεδο κοινοτικού δικαίου σημειώθηκαν σημαντικές εξελίξεις προς την κατεύθυνση της δημιουργίας της εσωτερικής αγοράς και στον τομέα του Φ.Α. , ιδίως με τη θέσπιση της Οδηγίας 2003/55/EK (ΕΕ L 176/57), η οποία αποτελεί ένα περαιτέρω, ουσιαστικό βήμα προς την εμπέδωση του ανταγωνισμού στον τομέα αυτό .

Παρότι ενόψει της ιδιαιτερότητας της ελληνικής αγοράς Φ.Α. , η οποία λόγω του πρόσφατου ιστορικού ανάπτυξης φέρει τα χαρακτηριστικά της "αναδυόμενης αγοράς" και για το λόγο τούτο έχει χορηγηθεί παρέκκλιση στην Ελλάδα από την υποχρέωση άμεσης προσαρμογής προς τις ρυθμίσεις της παραπάνω Οδηγίας έως τον Νοέμβριο του έτους 2006. Γεγονός είναι ότι λόγω της παράλληλης προσπάθειας επίσπευσης της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλεται η θέσπιση σχετικών ρυθμίσεων και σε σχέση με την αγορά του Φ.Α. νωρίτερα από το χρόνο ισχύος των παρεκκλίσεων που έχουν χορηγηθεί.

Ενόψει τούτων, η θέσπιση κατάλληλου κανονιστικού και ρυθμιστικού πλαισίου της αγοράς Φ.Α. σε συμφωνία με τις ρυθμίσεις και τις αρχές του ισχύοντος κοινοτικού δικαίου κρίνεται καθοριστικής σημασίας, ώστε να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά τόσο θέματα σχετικά με την ανάπτυξη ανταγωνισμού στην αγορά, όσο και θέματα σχετικά με την ασφάλεια εφοδιασμού και την παροχή υπηρεσιών κοινής ωφέλειας γενικότερα.

3.1.2 Η Κοινοτική Οδηγία 2003/55/EK-ΕΕ L 176/57

Οι βασικές ρυθμίσεις της Οδηγίας 2003/55/EK αναφέρονται στα εξής:

I. Στη διασφάλιση της πρόσβασης τρίτων στα δίκτυα Φ.Α. και στις λοιπές υποδομές που φέρουν χαρακτηριστικά "φυσικού μονοπωλίου", χάριν της ανάπτυξης του ανταγωνισμού.

II. Στον ορισμό φορέα διαχείρισης των δικτύων μεταφοράς και διανομής Φ.Α. και στη διασφάλιση της ανεξαρτησίας των φορέων αυτών έναντι καθέτως ολοκληρωμένων επιχειρήσεων Φ.Α.

III. Στην σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς, η οποία επιτυγχάνεται μέσω του σταδιακού προσδιορισμού των Επιλεγέντων Πελατών, των πελατών δηλαδή που έχουν δικαίωμα επιλογής προμηθευτή.

IV. Στην ενίσχυση του ρόλου των ανεξάρτητων ρυθμιστικών αρχών, αναγνωρίζοντας και κατοχυρώνοντας ένα ελάχιστο πλαίσιο αρμοδιοτήτων που ισχύουν για όλα τα Κράτη μέλη, έτσι, ώστε να διαφυλάσσεται η πρακτική αποτελεσματικότητα του ρυθμιστικού πλαισίου που αποβλέπει στην εγγύηση της άνευ διακρίσεων πρόσβασης τρίτων στα δίκτυα.

V. Στην τήρηση συγκεκριμένων αρχών σε σχέση με την τιμολόγηση υπηρεσιών που αφορούν στα φυσικά μονοπώλια, ώστε να διασφαλίζεται η μη διάκριση και να αντανakλάται στο κόστος.

VI. Στην υποχρέωση τήρησης χωριστών λογαριασμών για τις επιχειρήσεις που ασκούν περισσότερες από μια δραστηριότητες Φ.Α.

3.1.3 Το ψηφισθέν σχέδιο νόμου

Το σχέδιο νόμου το οποίο εισηγήθηκε η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και ψηφίστηκε από τη Βουλή των Ελλήνων λαμβάνει υπόψη πλήρως τις ρυθμίσεις της Οδηγίας 2003/55/ΕΚ καθώς και τις πραγματικές συνθήκες υπό τις οποίες θα αναπτυχθεί η αγορά Φ.Α. στην Ελλάδα και διαρθρώνεται σε δέκα επιμέρους κεφάλαια, όπως αναλύεται στη συνέχεια :

I. Στο πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται γενικές διατάξεις σχετικά με (α) τη διάκριση των δραστηριοτήτων στον τομέα του Φ.Α. (προμήθεια, μεταφορά, διανομή και αποθήκευση), η οποία αποτελεί ουσιώδη προϋπόθεση για την αποτελεσματική απελευθέρωση της αγοράς και την επίτευξη των στόχων διαχωρισμού που τίθενται κατά το Κοινοτικό Δίκαιο, (β) την ορολογία που χρησιμοποιείται στις επιμέρους διατάξεις, (γ) την κατανομή των αρμοδιοτήτων μεταξύ ΡΑΕ και Υπουργείου Ανάπτυξης καθώς και τις γενικές αρχές που διέπουν την άσκηση των αρμοδιοτήτων σχετικά με το Φ.Α. , (δ) την παρακολούθηση της ασφάλειας εφοδιασμού από τη ΡΑΕ σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Κοινοτικό Δίκαιο και (ε) τις υποχρεώσεις των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην αγορά Φ.Α.

II. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνονται ρυθμίσεις σχετικά με το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ). Στο πλαίσιο αυτό ορίζεται καταρχήν ότι το ΕΣΦΑ περιλαμβάνει το υφιστάμενο σύστημα περιλαμβανομένου και του τερματικού σταθμού της Ρεβυθούσας καθώς και τις προγραμματισμένες επεκτάσεις αλλά και τις επεκτάσεις οι οποίες θα προγραμματίζονται σύμφωνα με τις ειδικές διατάξεις του ίδιου σχεδίου νόμου.

Για την επίτευξη του νομικού και λειτουργικού διαχωρισμού του διαχειριστή του ΕΣΦΑ, όπως απαιτείται σύμφωνα με την Οδηγία 2003/55/ΕΚ, ιδρύεται ανώνυμη εταιρεία, θυγατρική της ΔΕΠΑ Α.Ε. , με την επωνυμία Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) και λαμβάνεται μέριμνα για τη διαφύλαξη της ανεξαρτησίας της εταιρείας αυτής έναντι της ΔΕΠΑ. Στον ΔΕΣΦΑ μεταβιβάζεται η κυριότητα του ΕΣΦΑ, χωρίς δικαίωμα περαιτέρω μεταβίβασης ή εκχώρησης, και παραχωρούνται τα αποκλειστικά δικαιώματα λειτουργίας, διαχείρισης, εκμετάλλευσης και ανάπτυξης του, τα οποία ασκούνται με την Άδεια Κυριότητας & Διαχείρισης του ΕΣΦΑ. Οι αρμοδιότητες και οι υποχρεώσεις του ΔΕΣΦΑ καθορίζονται αναλυτικά έτσι, ώστε να διαφυλάσσεται η οικονομική αποδοτικότητα και η τεχνική αρτιότητα του Συστήματος καθώς και η απρόσκοπτη και χωρίς διακρίσεις πρόσβαση των χρηστών στο ΕΣΦΑ. Στο ίδιο πλαίσιο προβλέπεται ειδική διαδικασία σχετικά με την ανάπτυξη του ΕΣΦΑ, η οποία συνίσταται στην περιοδική εκπόνηση Μελετών Ανάπτυξης & Προγραμμάτων Ανάπτυξης από τον ΔΕΣΦΑ και την έγκρισή τους από τον Υπουργό Ανάπτυξης μετά από γνώμοδότηση της ΡΑΕ.

Ειδικές διατάξεις ρυθμίζουν θέματα σχετικά με τη δέσμευση και αποδέσμευση μεταφορικής ικανότητας ή δυναμικότητας εγκατάστασης ΥΦΑ (Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου) ή αποθήκευσης, και τη διαχείριση της συμφόρησης έτσι, ώστε να προλαμβάνονται εμπόδια εισόδου στην αγορά, να επιτυγχάνεται η αποτελεσματική κατανομή της μεταφορικής ικανότητας σε αυτούς που πράγματι τη χρησιμοποιούν και να αποφεύγεται ο κίνδυνος μη αξιοποίησης τμημάτων του ΕΣΦΑ.

Περαιτέρω, παρέχεται νομοθετική εξουσιοδότηση για τη ρύθμιση επιμέρους θεμάτων διαχείρισης του ΕΣΦΑ με τον Κώδικα Διαχείρισης ΕΣΦΑ και γίνεται λεπτομερής και αναλυτική απαρίθμηση των επιμέρους θεμάτων που εμπίπτουν στο ρυθμιστικό πεδίο του Κώδικα αυτού, συμπεριλαμβανομένων θεμάτων αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών.

III. Με το τρίτο κεφάλαιο του σχεδίου νόμου ρυθμίζονται θέματα σχετικά με τα Ανεξάρτητα Συστήματα Φυσικού Αερίου (ΑΣΦΑ), τα οποία είναι Συστήματα Φ.Α. πέραν του ΕΣΦΑ, ανεξαρτήτως διασύνδεσης με αυτό. Στο πλαίσιο αυτό προβλέπεται διαδικασία χορήγησης αδειών για την κατασκευή και κυριότητα ΑΣΦΑ, καθώς και ειδική διαδικασία διαγωνισμού για τη χορήγηση τέτοιας άδειας χάριν της ασφάλειας του εφοδιασμού, της προστασίας του ανταγωνισμού και της εξυπηρέτησης στόχων κοινής ωφέλειας. Ακόμη, σε σχέση με τα ΑΣΦΑ, με το προτεινόμενο σχέδιο νόμου αξιοποιούνται διατάξεις πρόσβασης τρίτων σε Συστήματα Φ.Α. σύμφωνα με το Κοινοτικό Δίκαιο, εφόσον συντρέχουν ειδικοί λόγοι οι οποίοι αναφέρονται περιοριστικά και αφορούν την εξυπηρέτηση δημοσίου συμφέροντος.

Ειδική άδεια απαιτείται περαιτέρω για τη διαχείριση των ΑΣΦΑ, η οποία διενεργείται σύμφωνα με ειδικό Κώδικα Διαχείρισης που εκδίδεται για κάθε ΑΣΦΑ και παράλληλα με ειδικές ρυθμίσεις διασφαλίζεται η ανεξαρτησία του Διαχειριστή ΑΣΦΑ από καθέτως ολοκληρωμένες επιχειρήσεις Φ.Α.

Τέλος, στο ίδιο κεφάλαιο περιλαμβάνονται ειδικές ρυθμίσεις σχετικά με τη διαχείριση του ΑΣΦΑ εφόσον συντρέχει διασύνδεση με το ΕΣΦΑ, καθώς και μηχανισμός που διασφαλίζει την οικονομική αποδοτικότητα τόσο του ΑΣΦΑ όσο και του ΕΣΦΑ.

IV. Με το τέταρτο κεφάλαιο ρυθμίζονται θέματα σχετικά με τη διανομή Φ.Α. , η οποία κατά ρητή πρόβλεψη του σχεδίου νόμου εξακολουθεί να διέπεται κατεξοχήν από τις διατάξεις του Ν. 2364/95 (ΦΕΚ Α' 252). Λαμβάνοντας υπόψη πλήρως τις διατάξεις του άρθρου 28 παρ. 8 της Οδηγίας 2003/55/ΕΚ , οι υφιστάμενες ΕΠΑ διατηρούν το δικαίωμα αποκλειστικής εκμετάλλευσης των δικτύων διανομής στις περιοχές στις οποίες δραστηριοποιούνται έως σήμερα και παρέχεται η δυνατότητα χορήγησης αντιστοιχης απαλλαγής και για τις ΕΠΑ οι οποίες θα δημιουργηθούν στο μέλλον.

V. Με τις διατάξεις του πέμπτου κεφαλαίου ρυθμίζονται θέματα σχετικά με τη διαμετακόμιση Φ.Α. και καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες επιτρέπεται να πραγματοποιείται μέσω Συστήματος Φ.Α.

VI. Με τις διατάξεις του έκτου κεφαλαίου ρυθμίζονται θέματα που αφορούν την προμήθεια Φ.Α. σε Πελάτες. Στο πλαίσιο αυτό ορίζεται ότι η αγορά και πώληση Φ.Α. , περιλαμβανομένου των εισαγωγών και εξαγωγών Φ.Α. , δεν προϋποθέτει τη χορήγηση Άδειας, εκτός από την περίπτωση της πώλησης Φ.Α. σε Επιλέγοντες Πελάτες, για την οποία χορηγείται Άδεια Προμήθειας Φ.Α. Ειδικά για την περίπτωση των Επιλεγέντων Πελατών άλλωστε, η προμήθεια Φ.Α. διέπεται από τον Κώδικα Προμήθειας, ο οποίος εκδίδεται βάσει νομοθετικής εξουσιοδότησης με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης και γνώμη της ΡΑΕ.

Περαιτέρω με τις διατάξεις του κεφαλαίου αυτού προβλέπεται σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς όσον αφορά τις κατηγορίες πελατών οι οποίοι καθίστανται επιλέγοντες και προσδιορίζονται τα χρονικά ορόσημα κάθε σταδίου.

Επισημαίνεται ότι ως συνέπεια της απαλλαγής που χορηγείται για τις ΕΠΑ κατά τις διατάξεις του τέταρτου κεφαλαίου, οι Πελάτες τους καθίστανται επιλέγοντες μόνο μετά τη λήξη του χρόνου ισχύος της απαλλαγής.

Στο ίδιο κεφάλαιο έχουν περιληφθεί και διατάξεις σχετικά με την δραστηριοποίηση των Προμηθευτών Φ.Α. με υψηλό μερίδιο αγοράς, δηλαδή των Προμηθευτών που καλύπτουν ποσοστό ίσο ή μεγαλύτερο του 40 % της συνολικής ετήσιας ποσότητας Φ.Α. που προμηθεύονται στην Ελλάδα οι Επιλέγοντες Πελάτες. Πρόκειται για κανόνες που έχουν ως σκοπό την πρόληψη ενδεχόμενων κατάχρησης δεσπόζουσας θέσης και ανάγονται ιδίως στην υποχρέωση δημοσιοποίησης σχεδίου πρότυπης Σύμβασης Προμήθειας που αφορούν όλους τους πελάτες της ίδιας κατηγορίας και ρύθμισης των τιμολογίων τους.

Περαιτέρω, χάριν της αποτελεσματικής λειτουργίας της αγοράς προβλέπεται ρητά η δυνατότητα μεταπώλησης Φ.Α. από Επιλέγοντες Πελάτες σε άλλους Επιλέγοντες Πελάτες και η δυνατότητα μελλοντικά δημιουργίας Ενιαίας Αγοράς Φυσικού Αερίου (ΕΑΦΑ), με αντικείμενο τις συναλλαγές Φ.Α. με φυσική παράδοση. Τέλος, για την προστασία των καταναλωτών προβλέπεται ότι είναι δυνατόν να ορίζονται ανώτατες τιμές καθώς και λοιποί όροι για την προμήθεια Φ.Α. όταν συντρέχουν ειδικές συνθήκες και έκτακτες περιστάσεις που ανάγονται ιδίως στην εθνική άμυνα και τη δημόσια ασφάλεια, καθώς και σε περιπτώσεις σοβαρής ενεργειακής κρίσης ή επείγουσας κοινωνικής ανάγκης λόγω ακραίων φυσικών φαινομένων ή αντίξωων κλιματολογικών συνθηκών.

VII. Με τις διατάξεις του έβδομου κεφαλαίου ρυθμίζονται καταρχήν θέματα σχετικά με την τιμολόγηση των υπηρεσιών που σχετίζονται με την άσκηση δραστηριότητας Φ.Α. Στο πλαίσιο αυτό προβλέπεται ότι τα εν λόγω τιμολόγια είναι ρυθμιζόμενα, εκτός από την περίπτωση εκείνων των ΑΣΦΑ για τα οποία θα έχει χορηγηθεί απαλλαγή από την υποχρέωση πρόσβασης τρίτων, και παρέχεται νομοθετική εξουσιοδότηση για την θέσπιση Κανονισμού Τιμολόγησης.

Περαιτέρω, στο ίδιο κεφάλαιο ρυθμίζονται εκτενώς θέματα σχετικά με την τήρηση ετήσιων λογαριασμών από τις επιχειρήσεις Φ.Α. και οι υποχρεώσεις λογιστικού διαχωρισμού που επιβάλλονται στις ολοκληρωμένες επιχειρήσεις Φ.Α. καθώς και η δυνατότητα πρόσβασης στους λογαριασμούς αυτούς για την άσκηση των ελεγκτικών αρμοδιοτήτων της ΡΑΕ.

VIII. Με τις διατάξεις του όγδου κεφαλαίου παρέχεται νομοθετική εξουσιοδότηση για τη θέσπιση του Κανονισμού Αδειών με βάση τον οποίο θα χορηγούνται οι άδειες που προβλέπονται για την άσκηση δραστηριότητας Φ.Α. Στο πλαίσιο αυτό καθορίζονται ιδίως τα κριτήρια βάσει των οποίων πρέπει να ασκείται η διακριτική ευχέρεια που αναγνωρίζεται στη ΡΑΕ και στον Υπουργό Ανάπτυξης για τη χορήγηση των αδειών.

IX. Στις διατάξεις του ένατου κεφαλαίου προβλέπονται ποινικές και διοικητικές κυρώσεις για την περίπτωση της παράβασης του νομού ή των ορών των αδειών που χορηγούνται στον τομέα του Φ.Α. Ιδίως οι διατάξεις που αφορούν στη δυνατότητα επιβολής διοικητικών κυρώσεων είναι αρκετά λεπτομερείς έτσι, ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματική τήρηση της αρχής της αναλογικότητας που διέπει την κυρωτική δράση της Διοίκησης.

X. Στο δέκατο κεφάλαιο συγκεντρώνονται μεταβατικές διατάξεις, ειδικότερα για τη διαχείριση των υφισταμένων συμβάσεων υγροποιημένου Φ.Α. ,

καθώς και λοιπές διατάξεις, οι οποίες αφορούν στην παροχή κινήτρων για τη διείσδυση του Φ.Α. στην τελική κατανάλωση και κυρίως τη χρήση του Φ.Α. για αυτοκίνηση, την απαλλαγή από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης έως το 2013 και την έκπτωση από το φορολογητέο εισόδημα των δαπανών για την αγορά συσκευών Φ.Α.

4 Μελέτη εσωτερικής εγκατάστασης Φ.Α.

4.1 Σύνδεση με το δίκτυο του Φ.Α.

Αξίζει να σημειωθεί, πριν γίνει εκτενής αναφορά στην εσωτερική εγκατάσταση του κτιρίου, η διαδικασία την οποία οφείλει να ακολουθήσει ο ενδιαφερόμενος προκειμένου να συνδεθεί με το δίκτυο του Φ.Α. Η προαναφερθείσα διαδικασία περιλαμβάνει έξι απλά βήματα έτσι, ώστε ο καταναλωτής να απολαμβάνει τα οφέλη της χρήσης του νέου, για τη χώρα μας, αυτού καυσίμου. Τα βήματα αυτά είναι τα εξής :

I. Ο καταναλωτής επικοινωνεί με την αρμόδια ΕΠΑ για να μάθει εάν το δίκτυο είναι ενεργοποιημένο στην περιοχή του, και πιο συγκεκριμένα στο δρόμο του. Επίσης, μπορεί να ενημερωθεί για οτιδήποτε σχετικό με το φυσικό αέριο.

II. Έπειτα, εφόσον το δίκτυο είναι ενεργοποιημένο, συμπληρώνει και καταθέτει την αίτηση σύνδεσης στην ΕΠΑ.

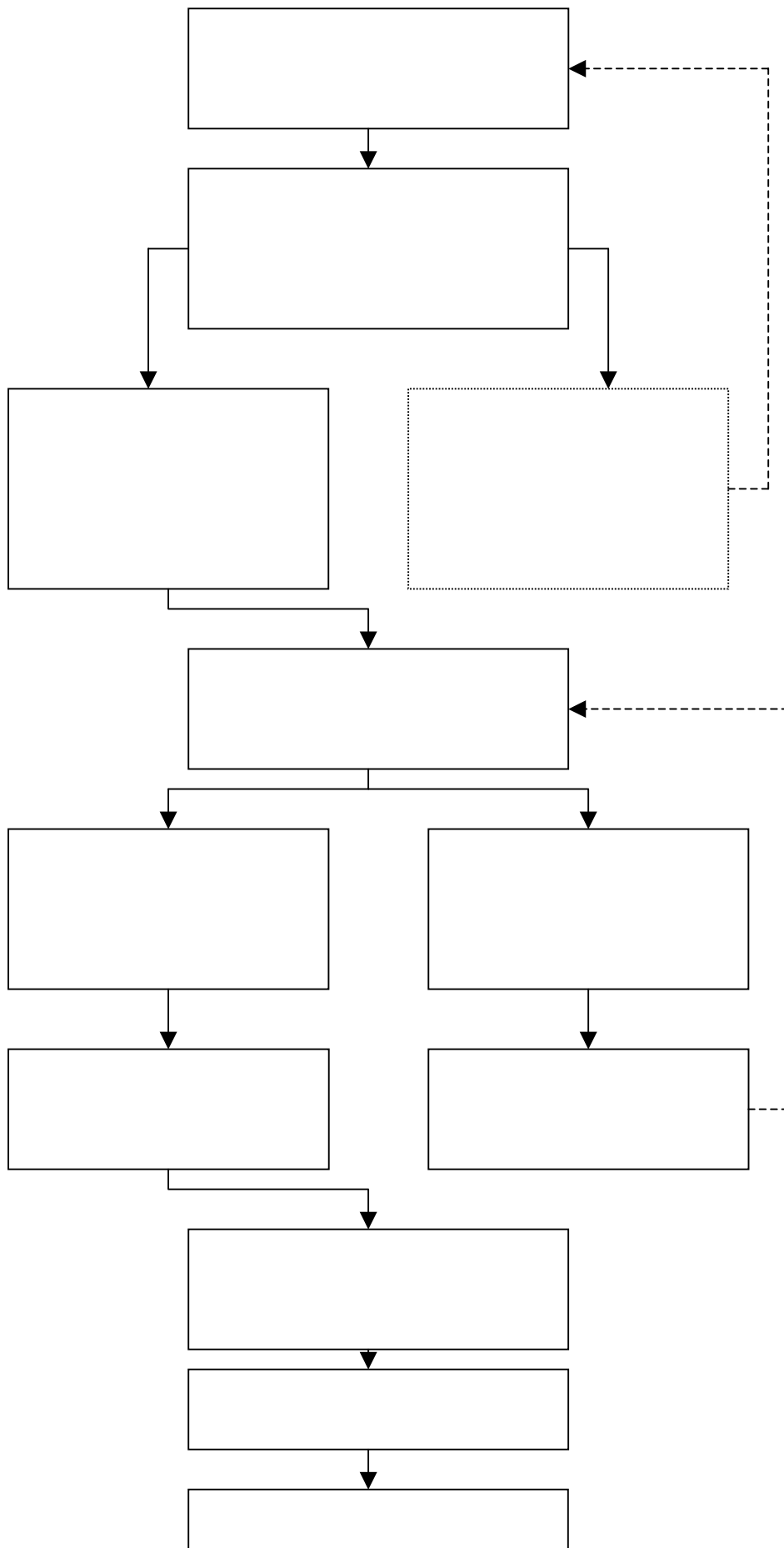
III. Έρχεται σε επαφή με αδειοδοτημένους τεχνικούς, από τους οποίους λαμβάνει προσφορά για την επιλογή των συσκευών και το συνολικό κόστος της εσωτερικής εγκατάστασης.

IV. Υπογράφει τη σύμβαση με την ΕΠΑ, η οποία τοποθετεί το μετρητή.

V. Οι αδειοδοτημένοι τεχνικοί πραγματοποιούν την εσωτερική εγκατάσταση και τοποθετούν τις συσκευές αερίου.

VI. Η ΕΠΑ πραγματοποιεί τον τελικό έλεγχο της εγκατάστασης και ξεκινά η παροχή φυσικού αερίου.

Η ΕΠΑ υποχρεούται να προβεί σε έλεγχο της μελέτης. Στην περίπτωση όπου διαπιστωθούν παραλήψεις στην μελέτη η ΕΠΑ καλείται να καταγράψει τα σημεία προσοχής και επανελέγχου προς τον αρμόδιο μελετητή. Όταν η μελέτη καταστεί αποδεκτή μπορεί να αρχίσει η διαδικασία κατασκευής της εσωτερική εγκατάστασης. Η εταιρία προβαίνει σε έλεγχο της κατασκευής και των απαραίτητων πιστοποιητικών ώστε να τροφοδοτήσει με αέριο την εγκατάσταση. Τέλος εκδίδεται άδεια χρήσης εφόσον διαπιστωθεί συμφωνία της μελέτης με την κατασκευή της εσωτερικής εγκατάστασης και εάν διαπιστωθούν κακοτεχνίες αυτή χορηγείται κατόπιν επιδιόρθωσης τους. Η προαναφερθείσα διαδικασία απεικονίζεται στο ακόλουθο σχηματικό διάγραμμα.



4.2 Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης Φ.Α.

I. Γενικά

Αντικείμενο της περιγραφής αυτής είναι η εγκατάσταση δικτύου αερίων καυσίμων σε τριώροφη πολυκατοικία με ισόγειο καταστημάτων. Η εγκατάσταση των δικτύων θα γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου Δ3/Α/11346 (Φ.Ε.Κ. Β' 963/15-07-03) με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar και θα περιλαμβάνει :

- Τους μετρητές αερίων της ΕΠΑ.
- Ανεξάρτητο δίκτυο σωληνώσεων για κάθε ιδιοκτησία που θα ξεκινά από τον μετρητή και θα καταλήγει στα σημεία λήψεων.

II. Παροχή

Η παροχή του αερίου στα διαμερίσματα του κτιρίου ξεκινά από τη διακλάδωση του δικτύου πόλης (σημείο σύνδεσης) και καταλήγει στους μετρητές των διαμερισμάτων, εκτελείται δε και συντηρείται από την εταιρεία διανομής του αερίου.

III. Μετρητές

Προβλέπεται να τοποθετηθούν ένας μετρητής για κάθε ιδιοκτησία σε κοινόχρηστο χώρο στο επίπεδο του ισόγειου πλησίον της ρυμοτομικής γραμμής, όσον αφορά τα καταστήματα και στο μπαλκόνι κάθε διαμερίσματος, όσον αφορά τους ορόφους. Η ακριβής θέση των μετρητών αερίου φαίνεται στα σχέδια κάτοψης, στην οποία καταλήγουν οι σωλήνες παροχής της εταιρείας αερίου. Η τελική θέση των μετρητών εγκρίνεται από την εταιρεία διανομής αερίου κατόπιν πρότασης του ενδιαφερομένου (ιδιοκτήτη ή εργοδότη), ο οποίος έχει τη δυνατότητα να τοποθετήσει τους μετρητές σε άλλη, καλύτερη θέση.



Ο τόπος εγκατάστασης των μετρητών αερίου δεν επιτρέπεται να είναι θερμός, αντίθετα πρέπει να είναι εύκολα προσπελάσιμος, ξηρός και αεριζόμενος. Επίσης, δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση μετρητών αερίου σε κλιμακοστάσιο (πλην κτιρίων κατοικιών ύψους έως 4 m και εμβαδού έως 200 m²), στους διαδρόμους με γενική πρόσβαση, οι οποίοι χρησιμεύουν ως οδεύσεις διαφυγής, εκτός εάν οι μετρητές έχουν διαταχθεί έτσι ώστε να μην αποτελούν εμπόδιο, σε περιοχές στις οποίες χρησιμοποιούνται ουσίες που ευνοούν την πυρκαγιά, ευκόλως αναφλέξιμες ή εύφλεκτες στερεές, υγρές ή αέριες ουσίες ή καύσιμα υγρά με

σημείο φλόγας έως 55 °C σε επικίνδυνες ποσότητες. Συνίσταται για την προστασία των μετρητών από καταστροφές να τοποθετούνται σε ερμάρια ή φωλιές, κατασκευασμένα από άκαυστα υλικά, με δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 30 min, ιδιαίτερα εάν δεν προβλέπεται ιδιαίτερος χώρος για την εγκατάστασή τους.

IV. Κανόνες υπολογισμού διαστασιολόγησης αγωγών

Η διαστασιολόγηση του δικτύου με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20 mbar γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού Δ3/Α/11346 (Φ.Ε.Κ. Β' 963/15-07-03) με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης πίεσης $\Delta P_{\text{επιτρ}} = 1.3 \text{ mbar}$. Η διαθέσιμη συνολική πτώση πίεσης $\Delta P_{\text{επιτρ}} = 1.3 \text{ mbar}$ κατανέμεται :

- 0.8 mbar στους κεντρικούς αγωγούς τροφοδοσίας.
- 0.5 mbar στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών.

Αν και στη συγκεκριμένη περίπτωση πρόκειται για απλό δίκτυο σωληνώσεων (τροφοδοσία έως 4 συσκευές), οπότε δεν απαιτείται η κατανομή της διαθέσιμης συνολικής πτώσης πίεσης στον κεντρικό κλάδο τροφοδοσίας και στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών και μόνο κριτήριο παραμένει η μη υπέρβαση των 1.3 mbar.

Η διαστασιολόγηση του δικτύου με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar γίνεται με μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης ίση με το 5 % της πίεσης λειτουργίας. Τέλος, η μέγιστη ταχύτητα ροής του αερίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 6 m/s.

V. Δίκτυα σωληνώσεων-Εξαρτήματα

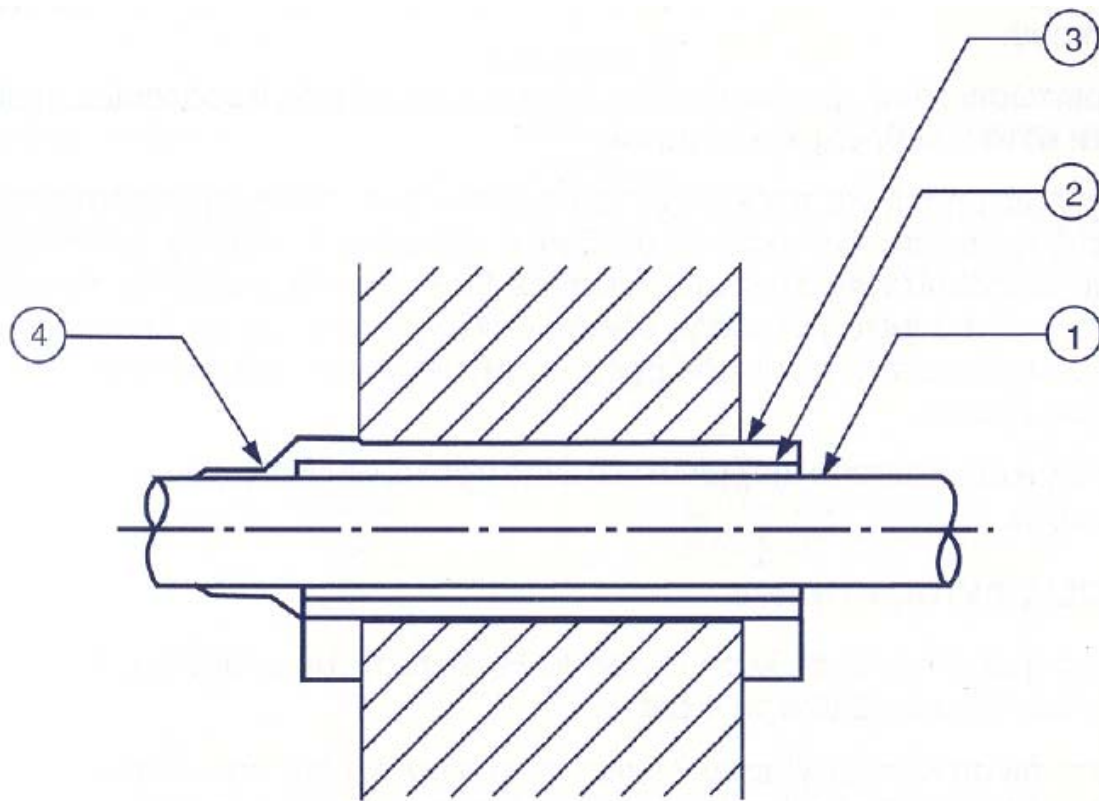
Για την κατασκευή των δικτύων σωληνώσεων θα χρησιμοποιηθεί χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 268/DIN 2441/ISO HEAVY-BAREΩΣ ΤΥΠΟΥ. Οι συνδέσεις των σωληνώσεων θα γίνουν με σπειρώμα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 267 ή EN 10266-1. Τα στεγανοποιητικά του σπειρώματος θα πρέπει να είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 751-1-2-3. Τα εξαρτήματα των σωληνώσεων θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10242 ή ΕΛΟΤ EN 10241. Τα δίκτυα αερίων καυσίμων θα απέχουν από τα δίκτυα ύδρευσης τουλάχιστον 5 cm και τα ηλεκτρικά δίκτυα 10 cm. Επίσης, τα δίκτυα θα συνδεθούν στη γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Οι σωληνώσεις που θα οδεύουν εξωτερικά μέχρι τον 3^ο όροφο της οικοδομής, θα είναι εμφανείς, επισκέψιμες και θα οδεύουν παράλληλα προς τοίχους και οροφές, ενώ όπου αλλάζουν διεύθυνση θα χρησιμοποιούνται ειδικά εξαρτήματα αλλαγής διεύθυνσης.

Τα αναγνωριστικά χρώματα των αγωγών	
RAL 6001 Κρύο νερό	Πράσινο σμαραγδί
RAL 2008 Ζεστό νερό	Πορτοκαλί ροδόχρομο
RAL 4005 Αγωγοί επιστροφής	Βιολετί γαλαζωπό
RAL 6003 Αγωγοί αποχέτευσης	Πράσινο λαδί
RAL 1012 Καύσιμα αέρια	Κίτρινο λεμονί
RAL 7037 Μη καύσιμα αέρια (σέρας)	Γκριζο λαδί
RAL 8001 Καύσιμα υγρά	Καστανόχρομο όχρα
RAL 3002 Αγωγοί θέρμανσης προσαγωγής	Κόκκινο κεραμιδί
RAL 5013 Αγωγοί θέρμανσης επιστροφής	Γαλάζιο κοβαλτίου
RAL 3000 Ατμός	Κόκκινο της φωτιάς
RAL 6018 Συμπύκνωμα	Πράσινο κίτρινοπό

Εικ. 4-1

Στις περιπτώσεις όπου απαιτείται ο εντοιχισμός των σωληνώσεων θα χρησιμοποιούνται μόνο σωλήνες με ειδική αντισκωρική προστασία ή με ειδική πλαστική επένδυση από PVC. Όταν οι σωλήνες διέρχονται από υγρούς χώρους απαγορεύεται ο εντοιχισμός τους. Τα ορατά τμήματα των σωληνώσεων θα βαφτούν με κατάλληλο χρώμα κίτρινης απόχρωσης [Εικ. 4-1].



1. Σωλήνας αερίου με αντιδιαβρωτική προστασία
2. Στεγανωτικό υλικό και στις δύο πλευρές του τοίχου
3. Προστατευτικός σωλήνας από PVC ή αντίστοιχο
4. Κούμπωμα από ελαστικό

Εικ. 4-2 Διέλευση σωλήνα αερίου από τοίχο με προστασία μανδύα

Τα εσωτερικά δίκτυα θα διαμορφωθούν από ευθύγραμμα τμήματα, παράλληλα προς τα οικοδομικά στοιχεία, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους υπό γωνία 90 μοιρών με εξαρτήματα, χωρίς να επιτρέπεται η καμπύλωση των σωληνώσεων. Τα τμήματα των σωληνώσεων που διαπερνούν εγκάρσια δάπεδα, οροφές ή τοίχους θα προστατεύονται με κατάλληλο προστατευτικό υλικό (χιτώνιο ή μανδύας) [Εικ. 4-2]. Τα δίκτυα των σωληνώσεων θα στηριχθούν με πυράντοχα στηρίγματα και σε απόσταση για τις διατομές (DN 10 έως 32) 2.25 έως 3.75 m. Όλοι οι αγωγοί οι οποίοι διαπερνούν μέσα από πάτωμα, οροφή, ή τοίχο ενός κτιρίου θα πρέπει να επικαλύπτονται με χιτώνια. Κατά μήκος του χιτωνίου θα πρέπει να αποφεύγονται συνδέσεις των σωληνώσεων. Αυτό δεν ισχύει μόνο για τους τοίχους που φέρουν βάρος αλλά για όλους τους τοίχους. Το χιτώνιο θα πρέπει να σφραγίζεται:

- Ανάμεσα στο χιτώνιο και τα τούβλα
- Στο εσωτερικό ανάμεσα στο χιτώνιο και τον αγωγό, με πυρανθεκτική μαστίχα.

Στην δεύτερη περίπτωση το χιτώνιο θα πρέπει να σφραγίζεται από την μία μόνο πλευρά, κατά προτίμηση δηλαδή της πλευράς που βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο. Το χιτώνιο ενός κουτιού μετρητή θα πρέπει να σφραγίζεται στο σημείο εισόδου στο κτίριο.

Ένα κενό τουλάχιστον 3mm θα πρέπει να υπάρχει γύρω από τον αγωγό προκειμένου ο αγωγός να μπορεί να εισαχθεί στο χιτώνιο (για σωληνώσεις διαμέτρου μεγαλύτερης των 80 mm το κενό ανάμεσα στον αγωγό και το χιτώνιο θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο 13 mm).

Τα χιτώνια θα πρέπει να είναι από κατάλληλα υλικά, ώστε να μην μειώνουν την πυρανθεκτικότητα των δομών στις οποίες τοποθετούνται. Συνήθως γίνονται από το ίδιο υλικό που κατασκευάζεται η σωλήνωση.

Πριν από κάθε συσκευή και αμέσως μετά τον μετρητή θα εγκατασταθούν βάνες αερίου οι οποίες θα είναι κατασκευασμένες από ειδικά κράματα, τα οποία αντέχουν στη διάβρωση, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 331. Οι τιμές των αντιστάσεων των διακοπών αυτών, καθώς και των υπολοίπων εξαρτημάτων (γωνίες, ταυ, συστολές) είναι αυτές που προτείνονται από τον κανονισμό και φαίνονται στα γενικότερα στοιχεία της μελέτης και, φυσικά, έχουν ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό των τριβών των διαφόρων κλάδων.

VI. Συσκευές αερίου

Κάθε συσκευή θα πρέπει να διαθέτει μια προδιαγεγραμμένη πινακίδα στην οποία θα αναφέρεται ο τύπος του αερίου, η ονομαστική θερμική ισχύς εισόδου και σε μερικές περιπτώσεις ονομαστική ισχύς εξόδου καθώς επίσης θα πρέπει να αναφέρεται η πίεση λειτουργίας αερίου καθώς και η ένδειξη CE. Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να αναφέρονται και στο εγχειρίδιο της συσκευής.

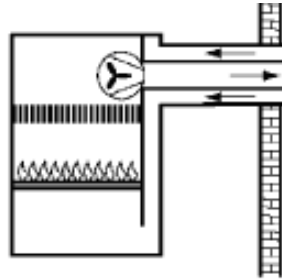
Οι συσκευές αερίου θα συνδέονται προς το δίκτυο σταθερά εκτός από την κουζίνα ή το λέβητα που μπορούν να συνδεθούν με εύκαμπτο σύνδεσμο κατά DIN 3383 ή DIN 3384. Κάθε συσκευή θα είναι εφοδιασμένη με όργανο διακοπής, το οποίο μετά την αποσύνδεση παραμένει σταθερά συνδεδεμένο με την γραμμή προσαγωγής αερίου (gas train). Οι συσκευές αερίου οι οποίες θα εγκατασταθούν σε κάθε ιδιοκτησία είναι τύπου C₁₂ [Εικ. 4-3], δηλαδή συσκευές αερίου με οριζόντια προσαγωγή αέρα καύσης και με ανεμιστήρα μετά τον εναλλάκτη θερμότητας. Για τις συσκευές τύπου C₁₂ η μέγιστη επιτρεπόμενη ονομαστική ισχύς είναι 28 kW. Η λυόμενη σύνδεση πρέπει να αποτελείται από το εξάρτημα σύνδεσης ασφάλειας και τον εύκαμπτο αγωγό αερίου ασφάλειας (κατασκευή M) με βύσμα σύνδεσης κατά DIN 3383 Teil 1. Το μήκος του εύκαμπτου συνδέσμου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1.5 m [Εικ. 4-4]. Οι συσκευές τύπου C₁₂ και C₁₃ δεν χρειάζονται εγκατάσταση αερισμού όταν είναι εγκατεστημένη σε εξωτερικό χώρο. Σε περίπτωση εγκατάστασης συσκευών C₁₂/C₁₃ σε εσωτερικό χώρο οι οποίες δεν έχουν την ένδειξη "x" τότε απαιτείται θυρίδα αερισμού 150 cm².

Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε ιδιοκτησία θα εγκατασταθεί (καταστήματα και διαμερίσματα) επίτοιχος λέβητας αερίου κλειστού θαλάμου καύσης [Εικ. 4-5] θερμικής ισχύος 24 KW για ατομική θέρμανση, οποίος θα τοποθετηθεί στον εξωτερικό χώρο (μπαλκόνι), κάθε διαμερίσματος, σε αντίθεση με τα καταστήματα που θα τοποθετηθεί εσωτερικά.

Επιπλέον, σε κάθε διαμέρισμα θα εγκατασταθεί κουζίνα τεσσάρων εστιών με φούρνο θερμικής ισχύος 11 KW, αλλά και επίτοιχος ταχυθερμαντήρας ροής για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης θερμικής ισχύος 24 KW (Α'-Β' όροφος) και 28 KW (Γ' όροφος).

Κατά τη ρύθμιση και δοκιμή λειτουργίας των συσκευών αερίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες εγκατάστασης και χειρισμού του κατασκευαστή, καθώς και οι πιθανοί ιδιαίτεροι όροι της ΕΠΑ. Επίσης, πρέπει να τηρούνται οι

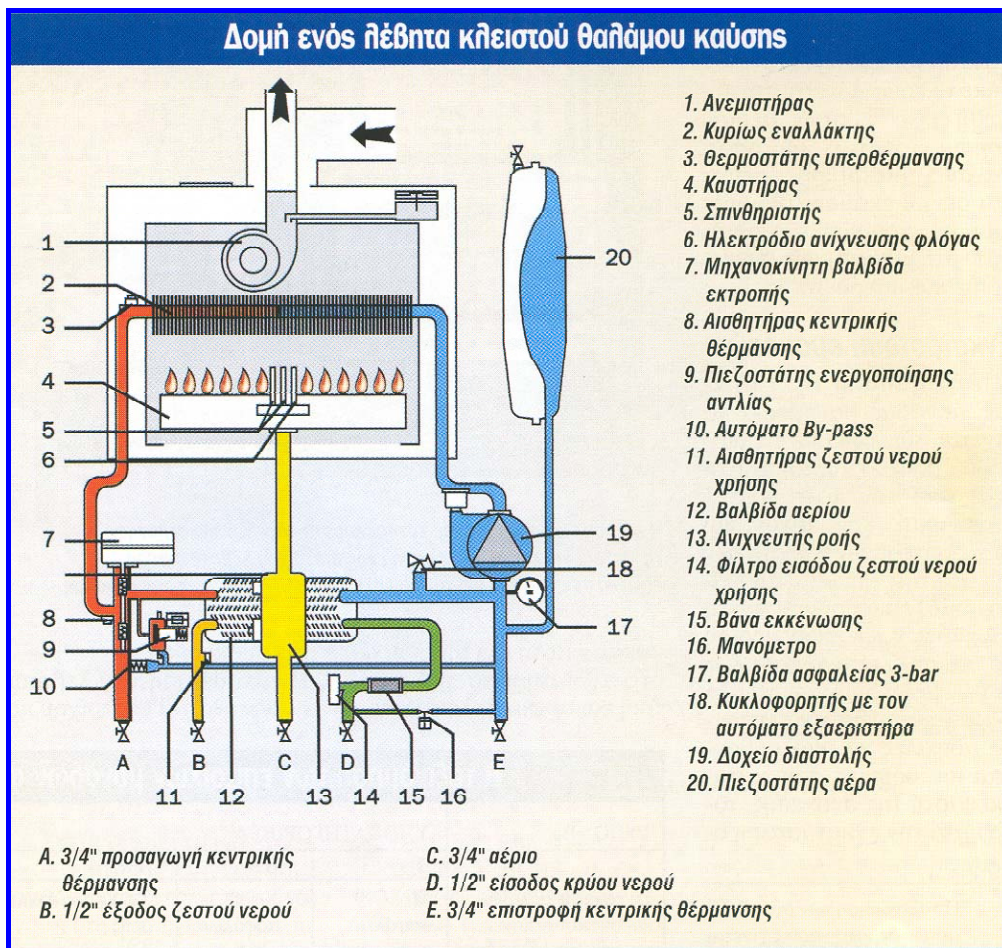
διατάξεις για την εξοικονόμηση ενέργειας (βαθμός απόδοσης συσκευών) και την προστασία του περιβάλλοντος (εκπομπές καυσαερίων). Τέλος, οι συσκευές αερίου πρέπει να ρυθμίζονται για την ονομαστική θερμική φόρτιση.



Εικ. 4-3 Συσκευή αερίου τύπου C₁₂



Εικ. 4-4 Τυπικός εύκαμπτος σύνδεσμος κατάλληλος για μία κουζίνα φυσικού αερίου



Εικ. 4-5

VII. Υπολογισμός δικτύων

Οι λήψεις που προβλέπονται σε κάθε ιδιοκτησία φαίνονται στα σχέδια. Η τιμή ρύθμισης κάθε συσκευής (m^3/h) καθώς και η θερμική ισχύς της αναφέρονται στα σχέδια. Οι τιμές φόρτισης των σωληνώσεων (m^3/h) αναφέρονται στα συνημμένα έντυπα υπολογισμού. Οι διατομές των σωληνώσεων των δικτύων φαίνονται στα σχέδια και αιτιολογούνται στους συνημμένους υπολογισμούς. Όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς η συνολική πτώση πίεσης στον δυσμενέστερο κλάδο του δικτύου είναι 0.81 mbar. Στα σχέδια σημειώνονται τα μήκη των σωληνώσεων του δικτύου. Επίσης, πρέπει να αναγνωρίζεται η θέση και το είδος των οργάνων εξοπλισμού και των λοιπών στοιχείων μορφής, καθώς και να δίνεται η θέση, το είδος και η ισχύς των συσκευών. Αυτό γίνεται με τη χρήση τυποποιημένων συμβόλων όπως αυτά αναφέρονται στο (Φ.Ε.Κ. Β' 963/15-07-03).

VIII. Προσαγωγή αέρα καύσης

Ο απαραίτητος αέρας καύσης για τον συγκεκριμένο λέβητα είναι επαρκής αφού είναι εγκατεστημένος σε εξωτερικό χώρο.

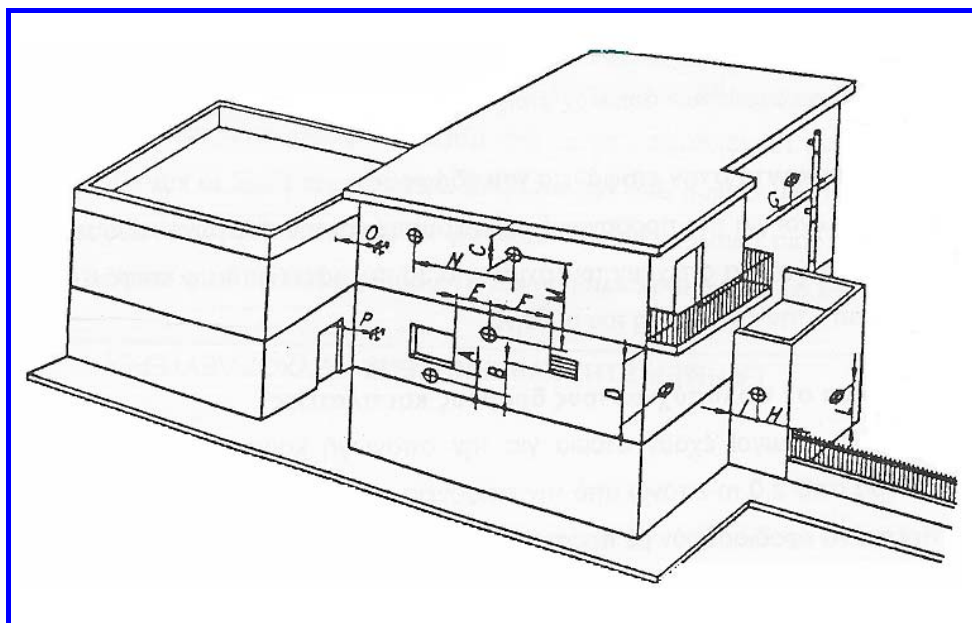
IX. Καπναγωγοί-Καπνοδόχοι

Οι συσκευές κλειστού συστήματος C₁₂ προσφέρουν ασφάλεια, αφού δεν υπάρχει πιθανότητα άμεσης διαφυγής των προϊόντων της καύσης στους κατοικήσιμους χώρους μιας πολυκατοικίας. Ο καπναγωγός είναι συνήθως κοντός (1-1.5 m) και μπορεί να είναι απλά ένας αγωγός διπλής κατεύθυνσης που θα περνά οριζοντιώς μέσα από έναν εξωτερικό τοίχο. Στην περίπτωση

ενσωμάτωσης ενός ανεμιστήρα, ο αγωγός θα είναι μικρότερος σε εγκάρσια τομή. Όλο το σύστημα του καπναγωγού και του τερματικού συνήθως ελέγχεται μαζί με την συσκευή και προσφέρεται μαζί με αυτήν. Ωστόσο, είναι σημαντικό να τηρούνται κάποιοι κανόνες αναφορικά με την τοποθέτηση του συστήματος σε εξωτερικούς τοίχους: θα πρέπει δηλαδή να αποφεύγονται θέσεις όπου για παράδειγμα θα μπορούσαν να σχηματιστούν δίνες αέρος γύρω από το τερματικό (οι δίνες μπορούν να προκαλέσουν ανακυκλοφορία των προϊόντων της καύσης μέσα από τον αεραγωγό εισόδου) ή σε σημεία όπου προϊόντα θα μπορούσαν να εισαχθούν μέσα στην κατοικία ή σε σημεία με υλικά ευαίσθητα στην θερμότητα όπως πλαστικοί σωλήνες αποχέτευσης για παράδειγμα όπως αποτυπώνεται στη συνέχεια [Πιν. 4-1, Εικ. 4-6].

Θέση Στομίου	Σύμβολο	Απόσταση σε m
Κάτω από παράθυρο	A	2.5
Κάτω από άνοιγμα αερισμού	B	2.5
Κάτω από γείσο	C	0.5
Κάτω από μπαλκόνι	D	0.4
Από γειτονικό παράθυρο	E	0.5
Από γειτονικό άνοιγμα αερισμού	F	1.0
Από σωληνώσεις ή κατακόρυφους αγωγούς	G	0.3
Από εξωτερική γωνία κτιρίου	H	0.3
Από εσωτερική γωνία κτιρίου	I	1.0
Από το έδαφος	L	2.0
Κατακόρυφα μεταξύ δυο στομιών	M	2.5
Οριζόντια μεταξύ δυο στομιών	N	1.0
Από απέναντι πρόσοψη	O	8.0

Πιν. 4-1 Ελάχιστες αποστάσεις καπναγωγών συσκευών τύπου C₁₂



Εικ. 4-6 Προβλεπόμενες θέσεις τοποθέτησης καπναγωγών συσκευών τύπου C₁₂

Χ. Δοκιμή αντοχής-Έλεγχος στεγανότητας

Μετά το τέλος των εργασιών θα γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι και δοκιμές σύμφωνα με τα αναφερόμενα στον κανονισμό. Οι αγωγοί υπόκεινται σε δοκιμή αντοχής και δοκιμή στεγανότητας. Οι δοκιμές πρέπει να γίνουν με ορατές τις συνδέσεις των σωληνώσεων και πριν οι αγωγοί επικαλυφθούν με επίχρισμα ή άλλο σχετικό τελείωμα. Οι δοκιμές μπορούν να γίνουν και τμηματικά.

• Δοκιμή αντοχής

Η δοκιμή αντοχής πραγματοποιείται σε αγωγούς χωρίς εξαρτήματα και μετρητές. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής πρέπει να κλειστούν στεγανά τα ανοίγματα με τάπες, καλύπρες, ένθετους δίσκους ή τυφλές φλάντζες από μεταλλικά υλικά. Συνδέσεις με αγωγούς που μεταφέρουν αέριο δεν επιτρέπονται. Η δοκιμή αντοχής μπορεί να γίνει και σε αγωγούς με εξαρτήματα, όταν η βαθμίδα ονομαστικής πίεσης των εξαρτημάτων αντιστοιχεί τουλάχιστον στην πίεση δοκιμής.

Η δοκιμή αντοχής πρέπει να γίνει με αέρα ή αδρανές αέριο (π.χ. άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα), όχι όμως με οξυγόνο, με πίεση δοκιμής 1 bar. Ο χρόνος δοκιμής είναι 10 min και κατά το διάστημα αυτό δεν επιτρέπεται να μειωθεί η πίεση.

Για τη δημιουργία της πίεσης χρησιμοποιείται αντλία (π.χ. μια ανάλογη προς την τρόμπα ποδηλάτου) εξοπλισμένη με ενδεικτικά μανόμετρα και προφανώς σπειρώματα σύνδεσης. Κατά τη συμπίεση ο αέρας θερμαίνεται, οπότε η πίεση μειώνεται κατά την ψύξη, έως ο αέρας να αποκτήσει τη θερμοκρασία του σωλήνα. Η διάρκεια της μέτρησης των 10 min ξεκινά μετά τη θερμοκρασιακή εξισορρόπηση, για την οποία απαιτούνται επίσης 10 min.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής συνιστάται το ελαφρό κτύπημα των σωλήνων με μη μεταλλικό σφυρί έτσι, ώστε να αποκολληθούν ρύποι και σκόνες.

Η πίεση πρέπει να επιβάλλεται στη στενότερη διατομή για να αποφευχθεί περίπτωση σφηνώματος πιθανώς ξεχασμένων ξένων σωμάτων μέσα στον αγωγό σε σημεία μείωσης της διατομής.

• Δοκιμή στεγανότητας

Η δοκιμή στεγανότητας πραγματοποιείται σε αγωγούς μαζί με τα εξαρτήματα, χωρίς βέβαια τις συσκευές αερίου και τις διατάξεις ρύθμισης και ασφαλείας.

Η δοκιμή στεγανότητας πρέπει να γίνει με αέρα ή αδρανές αέριο (π.χ. άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα), όχι όμως με οξυγόνο, με πίεση δοκιμής 110 mbar. Μετά τη θερμοκρασιακή εξισορρόπηση η πίεση δοκιμής δεν επιτρέπεται να μειωθεί κατά τη διάρκεια του ακόλουθου χρόνου δοκιμής των 10 min. Το όργανο μέτρησης πρέπει να έχει τέτοια ακρίβεια έτσι, ώστε να μπορεί να αναγνωρισθεί και μια πτώση πίεσης 0.1 mbar. Συνίσταται η χρήση μανομέτρου μορφής U.

Για τα αποτελέσματα των δοκιμών αντοχής και στεγανότητας πρέπει να εκδίδονται αντίστοιχα πιστοποιητικά, υπογραφόμενα από τον Εγκαταστάτη και τον Επιβλέποντα Αερίου.

ΧΙ. Πυροπροστασία

Στις κτιριακές εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις στις οποίες καταναλώνεται Φ.Α. για την κάλυψη των λειτουργικών τους αναγκών θα λαμβάνονται τα μέτρα και τα μέσα πυροπροστασίας που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία πυροπροστασίας για τη συγκεκριμένη χρήση του κτιρίου. Επιπλέον, επιβάλλεται από τον κανονισμό η ύπαρξη δυο φορητών πυροσβεστήρων ξηρής γονέως 6 Kg σε όλους τους χώρους κατανάλωσης Φ.Α. και πλησίον των συσκευών καύσης αερίου [Παρ. 14.2 ΚΕΕΦΑ].

ΧΙΙ. Λειτουργία-Συντήρηση-Έλεγχος εγκατάστασης

Ο εν λόγω έλεγχος αναφέρεται στην ύπαρξη και την καλή κατάσταση των προβλεπόμενων ανοιγμάτων, περσίδων, αεραγωγών ή ανεμιστήρων, καθώς και στην αποδοτική λειτουργία του όλου συστήματος. Η ολοκλήρωση του ελέγχου της εγκατάστασης λαμβάνει χώρα με την εξακρίβωση της ορθής κατασκευής του συστήματος απαγωγής των προϊόντων της καύσης (καπναγωγός, καπνοδόχος).

Οι εγκαταστάσεις του αερίου (σωληνώσεις, εξοπλισμός, συσκευές, καπναγωγοί, καμινάδες) πρέπει να ελέγχονται και να συντηρούνται από τα αρμόδια πρόσωπα, τα οποία ορίζονται από τον κανονισμό, τουλάχιστον μια φορά το έτος. Η ΕΠΑ διατηρεί το δικαίωμα ελέγχου της εγκατάστασης αερίου, όποτε κρίνει αυτό σκόπιμο. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διευκολύνει την ΕΠΑ να διενεργήσει τον έλεγχο.

ΧΙΙΙ. Παρατηρήσεις

Η εγκατάσταση αερίου θα εκτελεστεί από ειδικευμένο συνεργείο σύμφωνα με τα σχέδια, την τεχνική περιγραφή και τους ισχύοντες κανονισμούς, υπό τις οδηγίες του επιβλέποντα μηχανικού.

Όλα τα υλικά της εγκατάστασης Φ.Α. θα φέρουν τα απαραίτητα πιστοποιητικά, καθώς και σήμανση CE.

4.3 Οικονομικά μεγέθη εγκατάστασης

Τα οικονομικά μεγέθη που σχετίζονται με μια εσωτερική εγκατάσταση φυσικού αερίου έχουν να κάνουν με :

- Το κόστος σύνδεσης του καταναλωτή με την ΕΠΑ.
- Το κόστος μελέτης και κατασκευής της εσωτερικής εγκατάστασης.
- Το κόστος των συσκευών αερίου, βάσει της επιλογής του καταναλωτή.

Αναλυτικότερα, η κατάσταση των τελών σύνδεσης υποβάλλεται στην Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας και αναπροσαρμόζεται την 1η Ιανουαρίου κάθε έτους. Τα τέλη σύνδεσης υπόκεινται σε Φ.Π.Α σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις κατά την περίοδο έκδοσης της αντιστοιχης νόμιμης απόδειξης. Βέβαια, ο καταναλωτής μπορεί να ευνοηθεί από ενδεχόμενες προσφορές της Εταιρείας Παροχής Αερίου, μια και ισχύουν οι κανόνες της αγοράς, δηλαδή η προσφορά και ζήτηση. Ενδεικτικά, οι τιμές των τελών σύνδεσης του οικιακού τομέα μπορεί να κυμανθούν από 140-380 € ανά τετράμηνο.

Όσον αφορά το κόστος του εγκαταστάτη, στον οποίο θα απευθυνθεί ο καταναλωτής για τη μελέτη και κατασκευή του εσωτερικού δικτύου φυσικού αερίου, καθορίζεται κατά περίπτωση, δηλαδή είναι διαφορετικό ανά διαμέρισμα ή κατάσταση.

Το κόστος των συσκευών αερίου μπορεί να αυξομειωθεί ανάλογα με το αν ο καταναλωτής επιλέξει ακριβότερες ή λιγότερο ακριβές λύσεις. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτείνονται δυο " πακέτα συσκευών", ένα προσιτό και ένα δεύτερο πιο δαπανηρό.

Ειδικότερα, οι συσκευές και οι τύποι των συσκευών που προτείνονται φαίνονται παρακάτω :

- Επίτοιχος λέβητας αερίου 24 kW

I. SIME FORMAT ZIP 25 BF : 850 €



II. JUNKERS EUROSTAR ZWE 24-4 MFA : 1150 €



- Επίτοιχος ταχοθερμαντήρας αερίου 24 kW

I. IMMERGAS CAESAR STAR 14 : 620 €



II. JUNKERS CELSIUS WT 14 AME : 740 €

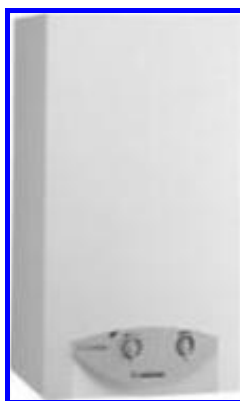


• Επίτοιχος ταχυθερμαντήρας αερίου 28 kW

I. IMMERGAS EOLO MAIOR : 950 €



II. JUNKERS miniMAXX WR 18 G : 1150 €



- Κουζίνα αερίου : 900-1500 €



Αναλυτικά, το κόστος ανά διαμέρισμα προκύπτει όπως φαίνεται στη συνέχεια :

ΙΣΟΓΕΙΟ/ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ I, II, III, IV

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : $100+170=270$ €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €

- Συνολικό κόστος εγκατάστασης ανά κατάσταση : 1120-1420 €

A-B ΟΡΟΦΟΣ/ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ I

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : 250+700=950 €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €
- Κόστος επίτοιχου ταχυθερμαντήρα αερίου 24 kW : 620-740 €
- Κόστος κουζίνας αερίου : 900-1500 €
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης : 3320-4340 €

A-B ΟΡΟΦΟΣ/ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ II

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : 250+700=950 €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €
- Κόστος επίτοιχου ταχυθερμαντήρα αερίου 24 kW : 620-740 €
- Κόστος κουζίνας αερίου : 900-1500 €
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης : 3320-4340 €

A-B ΟΡΟΦΟΣ/ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ III

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : 250+500=750 €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €
- Κόστος επίτοιχου ταχυθερμαντήρα αερίου 24 kW : 620-740 €
- Κόστος κουζίνας αερίου : 900-1500 €
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης : 3120-4140 €

Γ ΟΡΟΦΟΣ/ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ I

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : 250+500=750 €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €
- Κόστος επίτοιχου ταχυθερμαντήρα αερίου 28 kW : 950-1150 €
- Κόστος κουζίνας αερίου : 900-1500 €
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης : 3450-4550 €

Γ ΟΡΟΦΟΣ/ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ II

- Κόστος εγκαταστάτη (μελέτη & κατασκευή) : 250+650=900 €
- Κόστος επίτοιχου λέβητα αερίου 24 kW : 850-1150 €
- Κόστος επίτοιχου ταχυθερμαντήρα αερίου 28 kW : 950-1150 €
- Κόστος κουζίνας αερίου : 900-1500 €
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης : 3600-4700 €

4.4 Τεύχος υπολογισμών

Ο προσδιορισμός των διαμέτρων των σωλήνων και κατ' αντιστοιχία των ονομαστικών διαμέτρων τους σε μια εγκατάσταση σωληνώσεων βασίζεται στην επίτευξη μιας πτώσης πίεσης μικρότερης από κάποιο δεδομένο όριο για καθορισμένη παροχή αερίου στην εγκατάσταση.

Στις εγκαταστάσεις σωληνώσεων με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20 mbar (για τη 2η οικογένεια αερίων), η μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης, μετά το μετρητή αερίου, είναι $\Delta P_{\text{ΕΠΙΤΡ}} = 1.3$ mbar. Η διαθέσιμη συνολική πτώση πίεσης $\Delta P_{\text{ΕΠΙΤΡ}} = 1.3$ mbar κατανέμεται :

- 0.8 mbar στους κεντρικούς αγωγούς τροφοδοσίας.
- 0.5 mbar στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών.

Αν πρόκειται για απλό δίκτυο σωληνώσεων (τροφοδοσία μέχρι 4 συσκευές) -όπως στην παρούσα μελέτη- ή για δίκτυο με αναλογικά μικρού μήκους κεντρικό κλάδο διανομής, δεν απαιτείται η κατανομή της διαθέσιμης συνολικής πτώσης πίεσης στον κεντρικό κλάδο τροφοδοσίας και στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών και ως μοναδικό κριτήριο παραμένει η μη υπέρβαση των 1.3 mbar.

Ο προσδιορισμός των διαμέτρων των σωλήνων γίνεται με την επαναληπτική μέθοδο :

- Εκτιμούμε μια διάμετρο σωλήνα για κάθε τμήμα σωληνώσης.
- Υπολογίζουμε γι' αυτό την ταχύτητα ροής.
- Για το δεδομένο τμήμα υπολογίζουμε :
 - Την πτώση πίεσης στο σωλήνα (με τη βοήθεια του διαγράμματος Moody).
 - Την πτώση πίεσης στα όργανα και τα στοιχεία μορφής.
 - Την πτώση ή το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης.
- Αθροίζουμε τις επιμέρους απώλειες πίεσης και ελέγχουμε εάν τηρούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού, δηλαδή εάν :

$$\Sigma \Delta P \leq \Delta P_{\text{ΕΠΙΤΡ}}$$

- Εάν οι απαιτήσεις τηρούνται, τότε ο υπολογισμός έχει τελειώσει. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει να μεταβληθούν διάμετροι κάποιων τμημάτων και να επαναληφθεί ο υπολογισμός.

Η ταχύτητα του αερίου στους σωλήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6 m/s . Με τη συγκεκριμένη μέθοδο έγινε η διαστασιολόγηση του συγκεκριμένου δικτύου.

Η προβλεπόμενη διαδικασία υπολογισμού χρησιμοποιεί τυποποιημένα φύλλα υπολογισμού, τα οποία δίνονται στο Παράρτημα II. Στο τυποποιημένο φύλλο 1 (ΤΦ 1) γίνονται οι βασικοί υπολογισμοί, ενώ το τυποποιημένο φύλλο 2 (ΤΦ 2) χρησιμεύει στον υπολογισμό του αθροίσματος των τοπικών αντιστάσεων.

Ο τυποποιημένος υπολογισμός γίνεται με καθορισμένα βήματα, τα οποία αναλύονται παρακάτω :

I. Το δίκτυο των σωληνώσεων διαιρείται σε τμήματα αγωγού (ΤΑ), τα οποία διακρίνονται μεταξύ τους με κεφαλαία ή μικρά γράμματα, με αριθμούς ή και συνδυασμό γραμμάτων και αριθμών (εάν είναι ανάγκη να αντιμετωπισθεί ένα πολύ εκτεταμένο δίκτυο). Σε κάθε τμήμα που καταγράφεται στην στήλη 1 του ΤΦ 1 αντιστοιχίζεται μια στήλη του ΤΦ 2.

II. Από τα σχέδια για κάθε τμήμα ΤΑ αναγνωρίζονται τα είδη και ο αντιστοιχος αριθμός οργάνων και στοιχείων μορφής σύνδεσης. Οι αριθμοί

καταχωρίζονται στο ΤΦ 2 και για κάθε ΤΑ υπολογίζεται το άθροισμα των συντελεστών τοπικών απωλειών Σζ. Το άθροισμα αυτό μεταφέρεται στη συνέχεια στην στήλη 12 του ΤΦ 1 στην αντίστοιχη γραμμή του τμήματος ΤΑ.

III. Από τα σχέδια για κάθε τμήμα αναγνωρίζεται και καταχωρίζεται στο ΤΦ 1 στην αντίστοιχη γραμμή του ΤΑ το συνολικό μήκος του l σε m στην στήλη 7 και η υψομετρική διαφορά ΔH σε m στην στήλη 14 (με θετικό πρόσημο οι ανερχόμενοι αγωγοί).

IV. Από τα σχέδια για κάθε ΤΑ αναγνωρίζεται και καταχωρίζεται στο ΤΦ 1 στην στήλη 2, για κάθε είδος συσκευής, ο αριθμός των εξυπηρετούμενων από το τμήμα ΤΑ συσκευών.

V. Στην αντίστοιχη γραμμή της στήλης 3 του ΤΦ 1 καταχωρίζεται το άθροισμα των τιμών σύνδεσης V_{Σ} (σε m^3/h) για κάθε είδος συσκευής ($\Pi = ME, \Theta P$).

VI. Στην αντίστοιχη γραμμή της στήλης 3 του ΤΦ 1 καταχωρίζεται ο συντελεστής ταυτοχρονισμού f_{TH} για κάθε είδος συσκευής σε εξάρτηση από τον αριθμό των συσκευών (ΤΦ 1, στήλη 2), λαμβανόμενος από αντίστοιχο πίνακα.

VII. Στην επόμενη στήλη 5 καταχωρίζεται το γινόμενο της στήλης 3 και της στήλης 4.

VIII. Στην στήλη 6 καταχωρίζεται το άθροισμα των αντίστοιχων τιμών της στήλης 5, δηλαδή για το θεωρούμενο τμήμα ΤΑ την εξυπηρετούμενη από αυτό παροχή όγκου αιχμής V_A .

IX. Για κάθε τμήμα ΤΑ προεκτιμούμε μια ονομαστική διάμετρο DN (diameter nominal) συναρτήσει της αντίστοιχης παροχής όγκου αιχμής V_A και για ταχύτητα περίπου $3 m/s$, με τη βοήθεια των δοθέντων πινάκων και διαγραμμάτων. Η DN καταχωρίζεται στην στήλη 8.

Από τους ίδιους πίνακες ή διαγράμματα για την προτιμώμενη DN διαβάζουμε την αντίστοιχη ταχύτητα u (m/s) και την αντίστοιχη ανηγμένη πτώση πίεσης R ($mbar/m$), οι οποίες καταχωρούνται στις στήλες 9 και 10 του ΤΦ 1, αντίστοιχα.

X. Για κάθε τμήμα υπολογίζουμε ΤΑ το γινόμενο $R \cdot l$, δηλαδή υπολογίζουμε τις απώλειες πίεσης λόγω τριβών στους σωλήνες (ΔP_R), οι οποίες καταχωρίζονται στην στήλη 11.

XI. Για κάθε τμήμα ΤΑ προσδιορίζουμε με τη βοήθεια πίνακα ή του αντίστοιχου διαγράμματος τις τοπικές απώλειες πίεσης (ΔP_Z), ως συνάρτηση της εκτιμώμενης ταχύτητας u και του προσδιορισθέντος αθροίσματος των συντελεστών τοπικών απωλειών Σζ, τις οποίες καταχωρίζουμε στην στήλη 13.

XII. για κάθε τμήμα ΤΑ υπολογίζουμε το κέρδος ή την απώλεια πίεσης ΔP_H λόγω της άνωσης, ως συνάρτηση της υψομετρικής διαφοράς ΔH (m), όπου η ΔH λαμβάνει θετικό πρόσημο για ανερχόμενους αγωγούς και αρνητικό πρόσημο για κατερχόμενους.

XIII. Για κάθε τμήμα TA υπολογίζουμε τη συνολική πτώση πίεσης αθροίζοντας τις στήλες 11, 13 και 15 και καταχωρίζουμε το άθροισμα αυτό στην στήλη 16.

XIV. Για κάθε τμήμα TA ελέγχουμε εάν η συνολική πτώση πίεσης είναι μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη. Εάν για κάποιο τμήμα είναι μεγαλύτερη, τότε πρέπει να αυξήσουμε την ονομαστική διάμετρο DN για να μειωθεί η πτώση πίεσης κάτω από το επιτρεπόμενο όριο.

XV. Εφόσον, η πτώση πίεσης για κάθε τμήμα TA είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη, τότε υπολογίζουμε για τους κλάδους διανομής και τους κλάδους σύνδεσης των συσκευών τις συνολικές απώλειες πίεσης.

XVI. Για κάθε κλάδο ελέγχουμε εάν η συνολική πτώση πίεσης σ' αυτόν είναι μικρότερη από την κατά περίπτωση αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη. Αν για κάποιο κλάδο είναι πολύ μικρότερη ο μελετητής μπορεί να μειώσει τις ονομαστικές διαμέτρους σε κάποιο ή σε όλα τα τμήματα για να πλησιάσει την επιτρεπόμενη καθιστώντας έτσι οικονομικότερη την κατασκευή.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε κάποια μεγέθη του φυσικού αερίου, αλλά και των υλικών που θα χρησιμοποιήσουμε, τα οποία θεωρούμε δεδομένα και θα μας βοηθήσουν κατά την διάρκεια των υπολογισμών :

- Κινηματική συνεκτικότητα φυσικού αερίου :

$$\nu \equiv 14 * 10^{-6} m^2 / s$$

- Πυκνότητα φυσικού αερίου :

$$\rho \equiv 0.7936 Kg / m^3$$

- Τραχύτητα χαλυβδοσωλήνων :

$$\kappa \equiv 0.03mm$$

- Συντελεστής τοπικής αντίστασης κρουνοῦ :

$$\zeta \equiv 2$$

- Συντελεστής τοπικής αντίστασης ταυ 90° :

$$\zeta \equiv 1.3$$

- Συντελεστής τοπικής αντίστασης ταυ 90° καθαρισμού :

$$\zeta \equiv 1.3$$

- Συντελεστής τοπικής αντίστασης συστολής :

$$\zeta \equiv 0.5$$

Οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών, αντιστάσεων και άνωσης υπολογίζονται, αντίστοιχα, από τις ακόλουθες σχέσεις :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{DN} * \frac{\rho}{2} * U^2$$

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2}$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H$$

Οι συμβολισμοί και οι μονάδες των μεγεθών που θα αναφερθούν στους ακόλουθους υπολογισμούς εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα [Πιν. 4-2].

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΗ
ΤΙΜΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	AW	m ³ /h

ΤΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	BW	m ³ /h
ΜΗΚΟΣ ΑΓΩΓΟΥ	L	m
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	ζ	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ	Σζ	-
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΓΩΓΟΥ	d	m
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	DN	mm
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΑΓΩΓΟΥ	F	m ²
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ	U	m/s
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re	-
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	v	m ² /s
ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	κ	m
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ	λ	-
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ρ _G	Kg/m ³
ΑΝΩΤΕΡΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ Φ.Α.	H _o	Kcal/m ³
ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΩΝ	ΔP _R	mbar
ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ	ΔP _Z	mbar
ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΑΝΩΣΗΣ	ΔP _H	mbar
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ	ΔP _{ΟΛ}	mbar

Πιν. 4-2 Σύμβολα και διαστάσεις μεγεθών υπολογισμού

ΙΣΟΓΕΙΟ/ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ Ι,ΙΙ,ΙΙΙ,ΙV

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$L \equiv 0.10m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\gamma\sigma\tau\omicron\lambda\eta} + \zeta_{\kappa\rho\upsilon\nu\omicron\sigma} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 2.6}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.82cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 18.2mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\epsilon\sigma} \equiv d_{\epsilon\epsilon} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\epsilon\sigma} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\epsilon\sigma} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\epsilon\sigma} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$\frac{4}{4}$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.10}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 4.4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.044 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.10 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.004 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.044 + (-0.004) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.043 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.40 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} \equiv 1.3$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 2.6}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.82cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 18.2mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.40}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 1.4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.014 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 1.3 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.023 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.014 + 0.023 + 0 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.037 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 3-4

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{3-4} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.50 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY90}^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 1.3 + 2 \equiv 3.3$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{3-4} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{3-4}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 2.6 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 2.6}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.82 cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 18.2 mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΕ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7 mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217 m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{3-4}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{3-4}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{3-4}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571 m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103 m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδосωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 mm$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda=0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 \cdot d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 \cdot d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 \cdot \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 \cdot 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 \cdot \frac{0.50}{0.0217} \cdot \frac{0.7936}{2} \cdot 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 1.7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.017 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho \cdot U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.3 \cdot \frac{0.7936 \cdot 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 6.0 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.06 mbar$$

Το τμήμα 3-4 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 \cdot \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 \cdot 0.50 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.02 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 3-4 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{3-4}) θα είναι :

$$\Delta P_{3-4} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{3-4} \equiv 0.017 + 0.06 + (-0.02) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{3-4} \equiv 0.057 mbar$$

Συνεπώς, η συνολική πτώση πίεσης ($\Delta P_{ΟΛ}$) θα ισούται με το άθροισμα των απωλειών πίεσης των επιμέρους τμημάτων, δηλαδή :

$$\Delta P_{\text{ΟΛ}} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} + \Delta P_{3-4} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{\text{ΟΛ}} \equiv 0.043 + 0.037 + 0.057 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{\text{ΟΛ}} \equiv 0.137 \text{ mbar} < \Delta P_{\text{ΕΠΙΤΡ}} \equiv 1.3 \text{ mbar}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερίσματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα L (m)	Παροχή Αιχμής (m ³ /h)	Διάμετρος Σωλήνα d (mm)	Ταχύτητα Αερίου u (m/s)	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων Σζ	Τριβές Εξαρτημάτων ΔP _Z (mbar)	Τριβές Άνωσης ΔP _H (mbar)	Τριβές Σωλήνων ΔP _R (mbar)	Ολική Τριβή ΔP _{ΟΛ} (mbar)
1.2	0.10	2.8	DN 20	2.103	2.5	0.044	-0.004	0.003	0.043
2.3	0.40	2.8	DN 20	2.103	1.3	0.023	0.000	0.014	0.037
3.4	0.50	2.8	DN 20	2.103	3.3	0.060	-0.020	0.017	0.057

Α-Β ΟΡΟΦΟΣ/ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ Ι

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{TX} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 6.8m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{6.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 6.3}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.832cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 28.32mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1 1/4" (DN 32), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 42.4 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 36mm \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.036m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 6.8}{\pi * 0.036^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6681 m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.866 m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.866 * 0.036}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 4798 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{36} \equiv 0.00083$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.039$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.039}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 5.1$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4798 * \sqrt{0.039}} + \frac{0.03}{3.71 * 36} \right) \equiv 5.1$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.039$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.039 * \frac{0.20}{0.036} * \frac{0.7936}{2} * 1.866^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 1.866^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.035 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.035 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.030 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\Sigma \text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 1.3 + 2 \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.990cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.20}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.007 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 2-3 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.007 + 0.07 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.069 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-6

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{2-6} \equiv 4.0 m^3 / h$$

$$L \equiv 7.80 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ} + 2 * \zeta_{TAY90^\circ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 + 2 * 1.3 \equiv 6.4$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-6} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-6}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{4.0}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 4.4}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.4cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 24.00mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1" (DN 25), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 33.7 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 27.3mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0273m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-6}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 4.0}{\pi * 0.0273^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6834m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.912m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.912 * 0.0273}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3728 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{27.3} \equiv 0.0011$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεικτών θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3728 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 27.3} \right) \equiv 4.88$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{7.80}{0.0273} * \frac{0.7936}{2} * 1.912^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 20 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.20 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 6.4 * \frac{0.7936 * 1.912^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 10 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.10 mbar$$

Το τμήμα 2-6 περιλαμβάνει το κατερχόμενο τμήμα 4-5 μήκους 80 cm, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * (-0.80) \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.032 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-6}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-6} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.20 + 0.10 + 0.032 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.332 \text{ mbar}$$

ΤΜΗΜΑ 6-8

Δεδομένα :

$$AW_{ME} \equiv 1.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$BW_{6-8} \equiv 1.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$L \equiv 1.50 \text{ m}$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY90}^\circ} + \zeta_{\text{ΣΥΣΤΟΛΗ}} + 2 * \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} + \zeta_{\text{TAY90}^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 + 1.3 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 7.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 \text{ m/s}$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-8} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-8}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{1.2}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 * 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 \text{ cm}$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 1.33}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.301 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$d \equiv 13.01 \text{ mm}$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/8" (DN 10), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 17.2 - 2 * 2.3 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 12.6 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.0126 \text{ m}$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-8}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-8}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-8}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 1.2}{\pi * 0.0126^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 9624 \text{ m/h} \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.712 \text{ m/s}$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$\text{Re} \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv \frac{2.712 * 0.0126}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv 2439 > 2320$$

Εφόσον ο $\text{Re} > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{12.6} \equiv 0.0024$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.048$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Επειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.048}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.6$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{2439 * \sqrt{0.048}} + \frac{0.03}{3.71 * 12.6} \right) \equiv 4.55$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.048$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.048 * \frac{1.50}{0.0126} * \frac{0.7936}{2} * 2.712^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 20 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.20 \text{ mbar}$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7.1 * \frac{0.7936 * 2.712^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 21 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.21 mbar$$

Το τμήμα 6-8 περιλαμβάνει το ανερχόμενο τμήμα 6-7 μήκους 50 cm, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.50 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.02 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 6-7 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-8}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-8} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-8} \equiv 0.20 + 0.21 + (-0.02) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-8} \equiv 0.39 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 6-9

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{6-9} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 1.60 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + 2 * \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 5.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-9} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-9}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.11 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.11 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.11}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.0cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 20mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-9}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-9}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-9}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{1.60}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 5.4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.054 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 5.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 10.2 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.102 mbar$$

Το τμήμα 6-9 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 1.60 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.064 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 6-9 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-9}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-9} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-9} \equiv 0.054 + 0.102 + (-0.064) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-9} \equiv 0.092 mbar$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης ανά κλάδο απ' όπου προκύπτει και ο δυσμενέστερος εξ' αυτών :

$$\Delta P_{1-3} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.030 + 0.069 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.099 \text{ mbar}$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-8} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv 0.030 + 0.332 + 0.39 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv 0.752 \text{ mbar}$$

$$\Delta P_{1-9} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-9} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-9} \equiv 0.030 + 0.332 + 0.092 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-9} \equiv 0.454 \text{ mbar}$$

Ο δυσμενέστερος κλάδος είναι ο 1-8 με $\Delta P_{ΟΛ} = 0.752 < \Delta P_{ΕΠΙΤΡ} = 1.3 \text{ mbar}$, κατά συνέπεια η εκλογή διαμέτρου της εγκατάστασης για το διαμέρισμα Ι του πρώτου και δεύτερου ορόφου κρίνεται ορθή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερίσματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα L (m)	Παροχή Αιχμής (m ³ /h)	Διάμετρος Σωλήνα d (mm)	Ταχύτητα Αερίου u (m/s)	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων Σζ	Τριβές Εξαρτημάτων ΔP_Z (mbar)	Τριβές Άνωσης ΔP_H (mbar)	Τριβές Σωλήνων ΔP_R (mbar)	Ολική Τριβή $\Delta P_{ΟΛ}$ (mbar)
1.2	0.20	6.8	DN 32	1.866	2.5	0.035	-0.008	0.003	0.030
2.3	0.20	2.8	DN 20	2.103	3.8	0.070	-0.008	0.007	0.069
2.6	7.80	4.0	DN 25	1.912	6.4	0.100	0.032	0.200	0.332
6.8	1.50	1.2	DN 10	2.712	7.1	0.210	-0.020	0.200	0.390
6.9	1.60	2.8	DN 20	2.103	5.8	0.102	-0.064	0.054	0.092

Α-Β ΟΡΟΦΟΣ/ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΙΙ

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{TX} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 6.8m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{6.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 6.3}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.832cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 28.32mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1 1/4" (DN 32), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 42.4 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 36mm \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.036m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$\frac{4}{4}$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 6.8}{\pi * 0.036^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6681 m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.866 m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.866 * 0.036}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 4798 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{36} \equiv 0.00083$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.039$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.039}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 5.1$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4798 * \sqrt{0.039}} + \frac{0.03}{3.71 * 36} \right) \equiv 5.1$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.039$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.039 * \frac{0.20}{0.036} * \frac{0.7936}{2} * 1.866^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 1.866^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.035 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.035 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.030 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\Sigma \text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 1.3 + 2 \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.990cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδωσώληνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.20}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.007 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 2-3 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.007 + 0.07 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.069 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-6

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{2-6} \equiv 4.0 m^3 / h$$

$$L \equiv 4.00 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{\Sigma Y C T O A H} + 2 * \zeta_{K P O Y N O C} + 2 * \zeta_{T A Y 9 0^\circ K A \Theta A P I C M O Y}$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 + 2 * 1.3 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 8.4$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-6} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-6}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{4.0}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 4.4}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.4cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 24.00mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1" (DN 25), με :

$$d_{ΕΣ} \equiv d_{ΕΞ} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 33.7 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 27.3mm \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 0.0273m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-6}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 4.0}{\pi * 0.0273^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6834m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.912m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.912 * 0.0273}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3728 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{27.3} \equiv 0.0011$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεικτών θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3728 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 27.3} \right) \equiv 4.88$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{4.00}{0.0273} * \frac{0.7936}{2} * 1.912^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 9 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.09 \text{ mbar}$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 8.4 * \frac{0.7936 * 1.912^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 12.2 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.122 \text{ mbar}$$

Το τμήμα 2-6 περιλαμβάνει το ανερχόμενο τμήμα 4-5 μήκους 2 m, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 2.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.08 \text{ mbar}$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 4-5 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-6}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-6} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.09 + 0.122 + (-0.08) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.132 \text{ mbar}$$

ΤΜΗΜΑ 6-7

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$BW_{6-7} \equiv 2.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$L \equiv 0.50 \text{ m}$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΣΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 1.3 + 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 5.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 \text{ m/s}$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-7} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-7}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.11 * 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.11 \text{ cm}$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.11}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.0 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$d \equiv 20 \text{ mm}$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΕ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217 \text{ m}$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-7}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-7}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-7}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571 m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103 m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Επειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.50}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 1.7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.017 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 5.1 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 8.9 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.089 mbar$$

Το τμήμα 6-7 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-7}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-7} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-7} \equiv 0.017 + 0.089 + 0.000 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-7} \equiv 0.106 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 6-12

Δεδομένα :

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{6-12} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$L \equiv 9.10 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + 2 * \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ} + 4 * \zeta_{TAY90^\circ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 + 4 * 1.3 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 11$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-12} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-12}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{1.2}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 1.33}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.301cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 13.01mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1/2" (DN 15), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.3 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 16.1mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0161m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-12}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-12}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-12}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 1.2}{\pi * 0.0161^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 5894m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.64m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.64 * 0.0161}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 1886 < 2320$$

Εφόσον ο $Re < 2320$ έχουμε στρωτή ροή και ο συντελεστής τριβής θα υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\lambda \equiv \frac{64}{Re} \Rightarrow$$

$$\lambda \equiv \frac{64}{1886} \equiv 0.034$$

Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.034 * \frac{9.10}{0.0161} * \frac{0.7936}{2} * 1.64^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 21 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.21 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 11 * \frac{0.7936 * 1.64^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 12 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.12 mbar$$

Το τμήμα 6-12 περιλαμβάνει το κατερχόμενο τμήμα 9-10 μήκους 2.3 m και το ανερχόμενο τμήμα 11-12 μήκους 50 cm, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * (-2.3 + 0.5) \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.072 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-12}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-12} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-12} \equiv 0.21 + 0.12 + 0.072 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-12} \equiv 0.402 mbar$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης ανά κλάδο απ' όπου προκύπτει και ο δυσμενέστερος εξ' αυτών :

$$\Delta P_{1-3} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.030 + 0.069 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.099 mbar$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-7} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.030 + 0.132 + 0.106 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.268 mbar$$

$$\Delta P_{1-12} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-12} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-12} \equiv 0.030 + 0.132 + 0.402 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-12} \equiv 0.564 mbar$$

Ο δυσμενέστερος κλάδος είναι ο 1-12 με $\Delta P_{ΟΛ} = 0.564 < \Delta P_{ΕΠΙΤΡ} = 1.3 mbar$, κατά συνέπεια η εκλογή διαμέτρου της εγκατάστασης για το διαμέρισμα II του πρώτου και δεύτερου ορόφου κρίνεται ορθή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερίσματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα	Παροχή Αιχμής	Διάμετρος Σωλήνα	Ταχύτητα Αερίου	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων	Τριβές Εξαρτημάτων	Τριβές Άνωσης	Τριβές Σωλήνων	Ολική Τριβή
---------------	--------------	---------------	------------------	-----------------	-----------------------------	--------------------	---------------	----------------	-------------

	L (m)	(m ³ /h)	d (mm)	u (m/s)	$\Sigma\zeta$	ΔP_Z (mbar)	ΔP_H (mbar)	ΔP_R (mbar)	ΔP_{OA} (mbar)
1.2	0.20	6.8	DN 32	1.866	2.5	0.035	-0.008	0.003	0.030
2.3	0.20	2.8	DN 20	2.103	3.8	0.070	-0.008	0.007	0.069
2.6	4.00	4.0	DN 25	1.912	8.4	0.122	-0.080	0.090	0.132
6.7	0.50	2.8	DN 20	2.103	5.1	0.089	0.000	0.017	0.106
6.12	9.10	1.2	DN 15	1.640	11	0.120	0.072	0.210	0.402

Α-Β ΟΡΟΦΟΣ/ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΙΙΙ

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{TX} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 6.8m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{6.8}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.3cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 6.3}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.832cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 28.32mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1 1/4" (DN 32), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 42.4 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 36mm \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.036m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$4$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 6.8}{\pi * 0.036^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6681 m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.866 m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.866 * 0.036}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 4798 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{36} \equiv 0.00083$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.039$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.039}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 5.1$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4798 * \sqrt{0.039}} + \frac{0.03}{3.71 * 36} \right) \equiv 5.1$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.039$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.039 * \frac{0.20}{0.036} * \frac{0.7936}{2} * 1.866^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 1.866^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.035 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.035 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.030 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.20 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\Sigma \text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 1.3 + 2 \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.990cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{ΕΣ} \equiv d_{ΕΕ} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.20}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.007 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.008 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 2-3 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.007 + 0.07 + (-0.008) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.069 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-4

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{2-4} \equiv 4.0 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.40 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ}$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-4} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-4}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{4.0}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.4cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 4.4}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.4cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 24.00mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1" (DN 25), με :

$$d_{E\Xi} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Xi} \equiv 33.7 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{E\Xi} \equiv 27.3mm \Rightarrow$$

$$d_{E\Xi} \equiv 0.0273m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-4}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-4}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-4}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 4.0}{\pi * 0.0273^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 6834m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 1.912m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{1.912 * 0.0273}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3728 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{27.3} \equiv 0.0011$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεικτών θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3728 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 27.3} \right) \equiv 4.88$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{0.40}{0.0273} * \frac{0.7936}{2} * 1.912^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.9 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.009 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 1.912^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 5.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.055 mbar$$

Το τμήμα 2-4 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-4}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-4} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-4} \equiv 0.009 + 0.055 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-4} \equiv 0.064 \text{ mbar}$$

ΤΜΗΜΑ 4-6

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 2.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$BW_{4-6} \equiv 2.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$L \equiv 1.40 \text{ m}$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY90}^\circ} + \zeta_{\text{ΣΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY90}^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} + 2 * \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 1.3 + 2 * 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 7.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 \text{ m/s}$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{4-6} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{4-6}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 \text{ cm}$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.99 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90 \text{ mm}$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΕ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217 \text{ m}$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{4-6}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{4-6}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{4-6}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571 \text{ m/h} \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103 \text{ m/s}$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$\text{Re} \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $\text{Re} > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Επειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{1.40}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 4 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.04 \text{ mbar}$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7.1 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 12.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.125 mbar$$

Το τμήμα 4-6 περιλαμβάνει το ανερχόμενο τμήμα 5-6 μήκους 1.2 m, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 1.20 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.048 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{4-6}) θα είναι :

$$\Delta P_{4-6} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-6} \equiv 0.04 + 0.125 + (-0.048) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-6} \equiv 0.117 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 4-7

Δεδομένα :

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{4-7} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.50 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{4-7} \equiv F * U$$

$$F \equiv \frac{BW_{4-7}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{1.2}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.33 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 1.33}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.301cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 13.01mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/8" (DN 10), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 17.2 - 2 * 2.3 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 12.6mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0126m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{4-7}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{4-7}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{4-7}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 1.2}{\pi * 0.0126^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 9624m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.712m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.712 * 0.0126}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 2439 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{12.6} \equiv 0.0024$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.048$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.048}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.6$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{2439 * \sqrt{0.048}} + \frac{0.03}{3.71 * 12.6} \right) \equiv 4.55$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.048$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.048 * \frac{0.50}{0.0126} * \frac{0.7936}{2} * 2.712^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 5.6 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.056 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.712^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 11.1 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.111 mbar$$

Το τμήμα 4-7 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{4-7}) θα είναι :

$$\Delta P_{4-7} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-7} \equiv 0.056 + 0.111 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-7} \equiv 0.167 mbar$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης ανά κλάδο απ' όπου προκύπτει και ο δυσμενέστερος εξ' αυτών :

$$\Delta P_{1-3} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.030 + 0.069 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.099 mbar$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-4} + \Delta P_{4-7} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.030 + 0.064 + 0.167 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.261 mbar$$

$$\Delta P_{1-6} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-4} + \Delta P_{4-6} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-6} \equiv 0.030 + 0.064 + 0.117 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-6} \equiv 0.211 mbar$$

Ο δυσμενέστερος κλάδος είναι ο 1-7 με $\Delta P_{ΟΛ}=0.261 < \Delta P_{ΕΠΙΤΡ}= 1.3 \text{ mbar}$, κατά συνέπεια η εκλογή διαμέτρου της εγκατάστασης για το διαμέρισμα ΙΙΙ του πρώτου και δεύτερου ορόφου κρίνεται ορθή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερίσματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα L (m)	Παροχή Αιχμής (m ³ /h)	Διάμετρος Σωλήνα d (mm)	Ταχύτητα Αερίου u (m/s)	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων Σζ	Τριβές Εξαρτημάτων ΔP_Z (mbar)	Τριβές Άνωσης ΔP_H (mbar)	Τριβές Σωλήνων ΔP_R (mbar)	Ολική Τριβή $\Delta P_{ΟΛ}$ (mbar)
1.2	0.20	6.8	DN 32	1.866	2.5	0.035	-0.008	0.003	0.030
2.3	0.20	2.8	DN 20	2.103	3.8	0.070	-0.008	0.007	0.069
2.4	0.40	4.0	DN 25	1.912	3.8	0.055	0.000	0.009	0.064
4.6	1.40	2.8	DN 20	2.103	7.1	0.125	-0.048	0.040	0.117
4.7	0.50	1.2	DN 10	2.712	3.8	0.111	0.000	0.056	0.167

Γ ΟΡΟΦΟΣ/ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ Ι

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{TX} \equiv 3.3m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 7.3m^3 / h$$

$$L \equiv 0.15m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{7.3}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.8 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.8cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 6.8}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.94cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 29.4mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1 1/4" (DN 32), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 42.4 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 36mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.036m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 7.3}{\pi * 0.036^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7172m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.003m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.003 * 0.036}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 5143 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{36} \equiv 0.00083$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.039$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.039}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 5.1$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4798 * \sqrt{0.039}} + \frac{0.03}{3.71 * 36} \right) \equiv 5.1$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.039$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.039 * \frac{0.15}{0.036} * \frac{0.7936}{2} * 2.003^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 2.003^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.04 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.15 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.006 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.04 + (-0.006) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.037 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.15 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\Sigma \text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 1.3 + 2 \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.990cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.15}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.005 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.15 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.006 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 2-3 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.005 + 0.07 + (-0.006) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.069 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-4

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 3.3 m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{2-4} \equiv 4.5 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.10 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ}$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-4} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-4}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{4.5}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.2 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.2cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 4.2}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.312cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 23.12mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1" (DN 25), με :

$$d_{εξ} \equiv d_{εξ} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{εξ} \equiv 33.7 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{εξ} \equiv 27.3mm \Rightarrow$$

$$d_{εξ} \equiv 0.0273m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-4}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-4}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-4}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 4.5}{\pi * 0.0273^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7688m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.142m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.142 * 0.0273}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 4173 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{27.3} \equiv 0.001$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δυν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4173 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 27.3} \right) \equiv 4.97$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{0.10}{0.0273} * \frac{0.7936}{2} * 2.142^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.142^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-4 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-4}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-4} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-4} \equiv 0.003 + 0.07 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-4} \equiv 0.073 \text{ mbar}$$

ΤΜΗΜΑ 4-5

Δεδομένα :

$$AW_{ME} \equiv 1.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$BW_{4-5} \equiv 1.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$L \equiv 0.50 \text{ m}$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY90}^\circ} + \zeta_{\text{ΣΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 \text{ m/s}$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{4-5} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{4-5}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{1.2}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.3 * 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.3 \text{ cm}$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 1.3}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.301 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$d \equiv 13.01 \text{ mm}$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/8" (DN 10), με :

$$d_{E\Sigma} \equiv d_{E\Xi} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 17.2 - 2 * 2.3 \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 12.6 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$d_{E\Sigma} \equiv 0.0126 \text{ m}$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{4-5}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{4-5}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{4-5}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 1.2}{\pi * 0.0126^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 9624 \text{ m/h} \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.712 \text{ m/s}$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$\text{Re} \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv \frac{2.712 * 0.0126}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv 2439 > 2320$$

Εφόσον ο $\text{Re} > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{12.6} \equiv 0.0024$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.048$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Επειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.048}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.6$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{2439 * \sqrt{0.048}} + \frac{0.03}{3.71 * 12.6} \right) \equiv 4.55$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.048$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.048 * \frac{0.50}{0.0126} * \frac{0.7936}{2} * 2.712^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 5.6 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.056 \text{ mbar}$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.712^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 11.1 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.111 mbar$$

Το τμήμα 4-5 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{4-5}) θα είναι :

$$\Delta P_{4-5} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-5} \equiv 0.056 + 0.111 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-5} \equiv 0.167 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 4-7

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 3.3 m^3 / h$$

$$BW_{4-7} \equiv 3.3 m^3 / h$$

$$L \equiv 2.00 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + \zeta_{TAY90^\circ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ} + 2 * \zeta_{ΚΡΟΥΣΟΣ} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 1.3 + 2 * 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 7.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{4-7} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{4-7}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{3.3}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.99cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{4-7}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{4-7}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{4-7}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 3.3}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 8923m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.502m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.502 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3875 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδосωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3875 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.89$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{2.00}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.502^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 9.4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.094 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7.1 * \frac{0.7936 * 2.502^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 18 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.18 mbar$$

Το τμήμα 4-7 περιλαμβάνει το ανερχόμενο τμήμα 6-7 μήκους 1 m, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 1.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 6-7 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{4-7}) θα είναι :

$$\Delta P_{4-7} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-7} \equiv 0.094 + 0.18 + (-0.04) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{4-7} \equiv 0.234 mbar$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης ανά κλάδο απ' όπου προκύπτει και ο δυσμενέστερος εξ' αυτών :

$$\Delta P_{1-3} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.037 + 0.069 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.106 mbar$$

$$\Delta P_{1-5} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-4} + \Delta P_{4-5} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-5} \equiv 0.037 + 0.073 + 0.167 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-5} \equiv 0.277 mbar$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-4} + \Delta P_{4-7} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.037 + 0.073 + 0.234 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-7} \equiv 0.344 \text{ mbar}$$

Ο δυσμενέστερος κλάδος είναι ο 1-7 με $\Delta P_{ΟΛ} = 0.344 < \Delta P_{ΕΠΙΤΡ} = 1.3 \text{ mbar}$, κατά συνέπεια η εκλογή διαμέτρου της εγκατάστασης για το διαμέρισμα Ι του τρίτου ορόφου κρίνεται ορθή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερισματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα L (m)	Παροχή Αιχμής (m ³ /h)	Διάμετρος Σωλήνα d (mm)	Ταχύτητα Αερίου u (m/s)	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων Σζ	Τριβές Εξαρτημάτων ΔP_Z (mbar)	Τριβές Άνοωσης ΔP_H (mbar)	Τριβές Σωλήνων ΔP_R (mbar)	Ολική Τριβή $\Delta P_{ΟΛ}$ (mbar)
1.2	0.15	7.3	DN 32	2.003	2.5	0.040	-0.006	0.003	0.037
2.3	0.15	2.8	DN 20	2.103	3.8	0.070	-0.006	0.005	0.069
2.4	0.10	4.5	DN 25	2.142	3.8	0.070	0.000	0.003	0.073
4.5	0.50	1.2	DN 10	2.712	3.8	0.111	0.000	0.056	0.167
4.7	0.50	3.3	DN 20	2.502	7.1	0.180	-0.040	0.094	0.234

Γ ΟΡΟΦΟΣ/ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΙΙ

ΤΜΗΜΑ 1-2

Δεδομένα :

$$AW_{\Lambda} \equiv 2.8m^3 / h$$

$$AW_{TX} \equiv 3.3m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2m^3 / h$$

$$BW_{1-2} \equiv 7.3m^3 / h$$

$$L \equiv 0.15m$$

$$\Sigma\zeta \equiv \zeta_{\Sigma\text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 2 \equiv 2.5$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{1-2} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{1-2}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{7.3}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.8 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 6.8cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 6.8}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.94cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 29.4mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. Ι] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1 1/4" (DN 32), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 42.4 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 36mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.036m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{1-2}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{1-2}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 7.3}{\pi * 0.036^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7172m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.003m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.003 * 0.036}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 5143 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03$ mm.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{36} \equiv 0.00083$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.039$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.039}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 5.1$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{5143 * \sqrt{0.039}} + \frac{0.03}{3.71 * 36} \right) \equiv 5.1$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.039$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.039 * \frac{0.15}{0.036} * \frac{0.7936}{2} * 2.003^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.3Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.003mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 2.5 * \frac{0.7936 * 2.003^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 4 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.04 mbar$$

Το τμήμα 1-2 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.15 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.006 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 1-2 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{1-2}) θα είναι :

$$\Delta P_{1-2} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.003 + 0.04 + (-0.006) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-2} \equiv 0.037 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-3

Δεδομένα :

$$AW_A \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$BW_{2-3} \equiv 2.8 m^3 / h$$

$$L \equiv 0.15 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\Sigma \text{ΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY}90^\circ} + \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \equiv 0.5 + 1.3 + 2 \equiv 3.8$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-3} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-3}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{2.8}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.1 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.1}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.990cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 19.90mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-3}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-3}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 2.8}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7571m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.103m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.103 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 3260 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.042$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.042}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.879$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3260 * \sqrt{0.042}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.775$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.042$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.042 * \frac{0.15}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.103^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.5 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.005 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 3.8 * \frac{0.7936 * 2.103^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.07 mbar$$

Το τμήμα 2-3 είναι κατακόρυφο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.15 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.006 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 2-3 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-3}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-3} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.005 + 0.07 + (-0.006) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-3} \equiv 0.069 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 2-6

Δεδομένα :

$$AW_{TX} \equiv 3.3 m^3 / h$$

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{2-6} \equiv 4.5 m^3 / h$$

$$L \equiv 8.90 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{\Sigma Y C T O A H} + 2 * \zeta_{K P O Y N O C} + 2 * \zeta_{T A Y 9 0^\circ K A \Theta A P I C M O Y}$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 + 2 * 1.3 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 8.4$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 3m/s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{2-6} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{2-6}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{4.5}{3 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.2 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 4.2cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 4.2}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.312cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 23.12mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 1" (DN 25), με :

$$d_{ΕΣ} \equiv d_{ΕΞ} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 33.7 - 2 * 3.2 \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 27.3mm \Rightarrow$$

$$d_{ΕΣ} \equiv 0.0273m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{2-6}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{2-6}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 4.5}{\pi * 0.0273^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 7688m/h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.142m/s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.142 * 0.0273}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 4173 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{27.3} \equiv 0.0011$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δυν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{4173 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 27.3} \right) \equiv 4.97$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{8.90}{0.0273} * \frac{0.7936}{2} * 2.142^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 24 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.24 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 8.4 * \frac{0.7936 * 2.142^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 15.3 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.153 mbar$$

Το τμήμα 2-6 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{2-6}) θα είναι :

$$\Delta P_{2-6} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.24 + 0.153 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{2-6} \equiv 0.393 \text{ mbar}$$

ΤΜΗΜΑ 6-8

Δεδομένα :

$$AW_{\text{TX}} \equiv 3.3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$BW_{6-8} \equiv 3.3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$L \equiv 1.50 \text{ m}$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{\text{TAY90}^\circ} + \zeta_{\text{ΣΥΣΤΟΛΗ}} + \zeta_{\text{TAY90}^\circ \text{ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ}} + 2 * \zeta_{\text{ΚΡΟΥΝΟΣ}} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 1.3 + 2 * 2 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 7.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 \text{ m/s}$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-8} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-8}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{3.3}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.7 * 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 3.7 \text{ cm}$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 3.7}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 2.17 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$d \equiv 21.7 \text{ mm}$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τοποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/4" (DN 20), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΕ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 26.9 - 2 * 2.6 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 21.7 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0217 \text{ m}$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-8}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-8}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-8}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 3.3}{\pi * 0.0217^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 8923 \text{ m/h} \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.502 \text{ m/s}$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$\text{Re} \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv \frac{2.502 * 0.0217}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\text{Re} \equiv 3875 > 2320$$

Εφόσον ο $\text{Re} > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{21.7} \equiv 0.0014$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.041$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Επειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5% :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.041}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.94$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{3875 * \sqrt{0.041}} + \frac{0.03}{3.71 * 21.7} \right) \equiv 4.89$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda = 0.041$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.041 * \frac{1.50}{0.0217} * \frac{0.7936}{2} * 2.502^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 7 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.07 \text{ mbar}$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7.1 * \frac{0.7936 * 2.502^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 18 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.18 mbar$$

Το τμήμα 6-8 περιλαμβάνει το ανερχόμενο τμήμα 7-8 μήκους 1 m, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 1.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 mbar$$

Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει το κέρδος πίεσης λόγω άνωσης, μια και το τμήμα 6-8 είναι ανοδικό.

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-8}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-8} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-8} \equiv 0.07 + 0.18 + (-0.04) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-8} \equiv 0.21 mbar$$

ΤΜΗΜΑ 6-10

Δεδομένα :

$$AW_{ME} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$BW_{6-10} \equiv 1.2 m^3 / h$$

$$L \equiv 1.50 m$$

$$\Sigma \zeta \equiv \zeta_{TAY90^\circ} + \zeta_{ΣΥΣΤΟΛΗ} + 2 * \zeta_{ΚΡΟΥΝΟΣ} + \zeta_{TAY90^\circ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ} \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 1.3 + 0.5 + 2 * 2 + 1.3 \Rightarrow$$

$$\Sigma \zeta \equiv 7.1$$

Καταρχήν, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης λόγω τριβών. Για να το πετύχουμε αυτό χρειαζόμαστε την ταχύτητα του αερίου, τη διάμετρο του σωλήνα και το συντελεστή εσωτερικής τριβής.

Επιλέγουμε προσωρινή ταχύτητα ροής του αερίου :

$$U \equiv 2.5 m / s$$

Η τιμή φόρτισης δίνεται από την εξίσωση της συνέχειας :

$$BW_{6-10} \equiv F * U \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{BW_{6-10}}{U} \Rightarrow$$

$$F \equiv \frac{1.2}{2.5 * 3600} \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.3 * 10^{-4} m^2 \Rightarrow$$

$$F \equiv 1.3 cm$$

Η διατομή του αγωγού ισούται με :

$$F \equiv \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv \sqrt{\frac{4 * 1.3}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d \equiv 1.301cm \Rightarrow$$

$$d \equiv 13.01mm$$

Με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα [Παρ. I] επιλέγουμε για την εγκατάσταση σωλήνα μεσαίου τύπου με τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο, δηλαδή σωλήνα 3/8" (DN 10), με :

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv d_{\text{ΕΞ}} - 2 * s \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 17.2 - 2 * 2.3 \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 12.6mm \Rightarrow$$

$$d_{\text{ΕΣ}} \equiv 0.0126m$$

Συνεπώς, η ταχύτητα ροής του αερίου θα είναι :

$$U \equiv \frac{BW_{6-10}}{F} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{BW_{6-10}}{\frac{\pi * d^2}{4}} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * BW_{6-10}}{\pi * d^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv \frac{4 * 1.2}{\pi * 0.0126^2} \Rightarrow$$

$$U \equiv 9624m / h \Rightarrow$$

$$U \equiv 2.712m / s$$

Οπότε, ο αριθμός Reynolds θα είναι :

$$Re \equiv \frac{U * d}{\nu} \Rightarrow$$

$$Re \equiv \frac{2.712 * 0.0126}{14 * 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$Re \equiv 2439 > 2320$$

Εφόσον ο $Re > 2320$ έχουμε τυρβώδη ροή και επιλέγουμε υλικό χαλυβδοσωλήνα με τιμή τραχύτητας $\kappa = 0.03 \text{ mm}$.

$$\frac{\kappa}{d} \equiv \frac{0.03}{12.6} \equiv 0.0024$$

Από το διάγραμμα Moody εκτιμούμε ότι ο συντελεστής τριβής έχει τιμή $\lambda = 0.048$. Για την επαλήθευση της ορθής εκτίμησης της τιμής του λ χρησιμοποιούμε την εξίσωση Prandl-Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right)$$

Έπειτα αναλύουμε κάθε μέλος της παραπάνω εξίσωσης ξεχωριστά και οι τιμές των δεν θα πρέπει να έχουν απόκλιση μεγαλύτερη από 5 % :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv \frac{1}{\sqrt{0.048}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \equiv 4.6$$

$$-2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{3.71 * d} \right) \equiv -2 \log \left(\frac{2.51}{2439 * \sqrt{0.048}} + \frac{0.03}{3.71 * 12.6} \right) \equiv 4.55$$

Άρα σωστά εκλέχθηκε $\lambda=0.048$. Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

Επομένως οι απώλειες λόγω τριβών (ΔP_R) θα είναι :

$$\Delta P_R \equiv \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * U^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.048 * \frac{1.50}{0.0126} * \frac{0.7936}{2} * 2.712^2 \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 17 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_R \equiv 0.17 mbar$$

Οι απώλειες λόγω τοπικών αντιστάσεων (ΔP_Z) θα είναι :

$$\Delta P_Z \equiv \Sigma \zeta * \frac{\rho * U^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 7.1 * \frac{0.7936 * 2.712^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 21 Pa \Rightarrow$$

$$\Delta P_Z \equiv 0.21 mbar$$

Το τμήμα 6-10 είναι οριζόντιο, οπότε οι απώλειες πίεσης λόγω άνωσης (ΔP_H) θα είναι :

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * \Delta H \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv -0.04 * 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_H \equiv 0.00 mbar$$

Η συνολική πτώση πίεσης για το συγκεκριμένο τμήμα (ΔP_{6-10}) θα είναι :

$$\Delta P_{6-10} \equiv \Delta P_R + \Delta P_Z + \Delta P_H \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-10} \equiv 0.17 + 0.21 + 0.00 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{6-10} \equiv 0.38 mbar$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την πτώση πίεσης ανά κλάδο απ' όπου προκύπτει και ο δυσμενέστερος εξ' αυτών :

$$\Delta P_{1-3} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.037 + 0.069 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-3} \equiv 0.106 mbar$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-8} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv 0.037 + 0.393 + 0.21 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-8} \equiv 0.64 mbar$$

$$\Delta P_{1-10} \equiv \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-6} + \Delta P_{6-10} \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-10} \equiv 0.037 + 0.393 + 0.38 \Rightarrow$$

$$\Delta P_{1-10} \equiv 0.81 mbar$$

Ο δυσμενέστερος κλάδος είναι ο 1-10 με $\Delta P_{ΟΛ}=0.81 < \Delta P_{ΕΠΙΤΡ}= 1.3 \text{ mbar}$, κατά συνέπεια η εκλογή διαμέτρου της εγκατάστασης για το διαμερίσμα ΙΙ του τρίτου ορόφου κρίνεται ορθή.

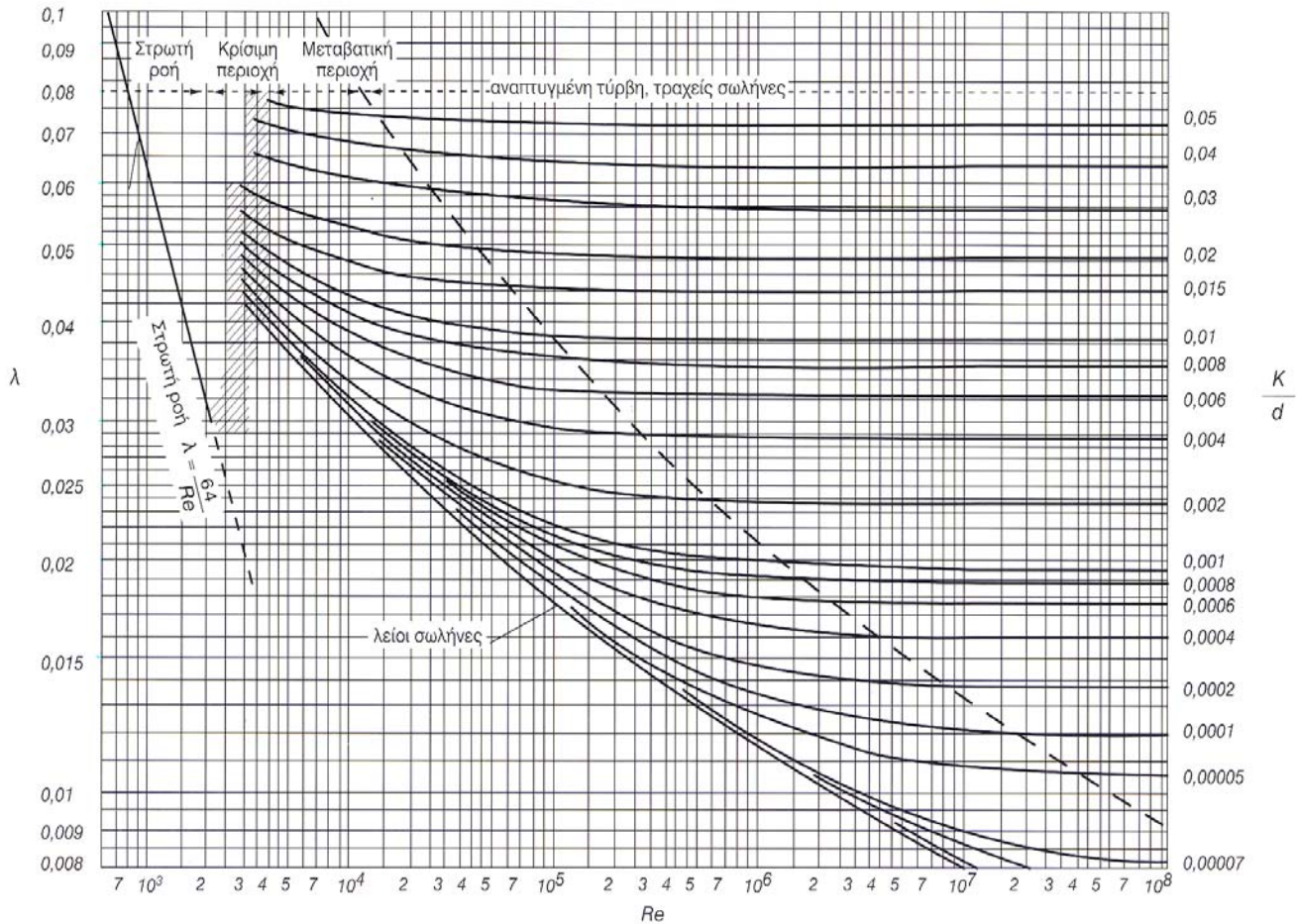
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης του συγκεκριμένου διαμερίσματος :

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα L (m)	Παροχή Αιχμής (m ³ /h)	Διάμετρος Σωλήνα d (mm)	Ταχύτητα Αερίου u (m/s)	Ολικές Απώλειες Εξαρτημάτων Σζ	Τριβές Εξαρτημάτων ΔP_Z (mbar)	Τριβές Άνωσης ΔP_H (mbar)	Τριβές Σωλήνων ΔP_R (mbar)	Ολική Τριβή $\Delta P_{ΟΛ}$ (mbar)
1.2	0.15	7.3	DN 32	2.003	2.5	0.040	-0.006	0.003	0.037
2.3	0.15	2.8	DN 20	2.103	3.8	0.070	-0.006	0.005	0.069
2.6	8.90	4.5	DN 25	2.142	8.4	0.153	0.000	0.240	0.393
6.8	1.50	7.1	DN 20	2.502	7.1	0.180	-0.040	0.070	0.210
6.10	1.50	1.2	DN 10	2.712	7.1	0.210	0.000	0.170	0.380

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ MOODY
Συντελεστής αντίστασης λ για ροή σε σωλήνες



Αγωγοί από χάλυβα

Μεσαίου βάρους αγωγοί σπειρώματος Σύμφωνα με το πρότυπο M 5611 (DIN 2440)							Σπειρώματα αγωγών πρότυπο ISO 7, μέρος 1		
DN	Εσωτερική διάμετρος mm	Εξωτερική διάμετρος mm	Μάζα Kg/mm	Εμβαδόν περιφέρειας cm ²	Περιεχόμενο l/m m ³ /m	Εμβαδόν επιφάνειας	Φ Εξωτερικού σπειρώματος	Φ Εσωτερικού σπειρώματος	
3/8"	10	12,50	0,85	1,227	0,12	0,054	16,66	14,95	
1/2"	15	16,00	1,22	2,011	0,20	0,067	20,66	18,63	
3/4"	20	21,60	1,58	3,664	0,37	0,084	26,44	24,12	
1"	25	27,20	2,44	5,811	0,58	0,106	33,25	30,29	
1 1/4"	32	35,90	3,14	10,12	1,01	0,133	41,91	38,95	
1 1/2"	40	41,80	3,61	13,72	1,37	0,152	47,80	44,85	
2"	50	53,00	5,10	22,06	2,21	0,189	59,61	56,66	
2 1/2"	65	68,80	6,51	37,18	3,72	0,239	75,18	72,23	
3"	80	80,80	8,47	51,28	5,13	0,279	87,88	84,93	
4"	100	105,30	12,10	87,04	8,70	0,359	113,03	110,07	

Οι βαρέος τύπου αγωγοί σπειρώματος έχουν την ίδια εξωτερική διάμετρο, αλλά μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος.

Παράρτημα ΙΙ

Τυποποιημένο φύλλο 1																				
Προσδιορισμός των διαμέτρων σωλήνων																				
αγωγός τροφοδοσίας: $\Delta r_{\text{επιτρ}} \leq 0,8 \text{ mbar}$													είδος σωλήνων							
αγωγοί ανόδου: $\Delta r_{\text{επιτρ}} \leq 0,0 \text{ mbar}$ (1η κ. 2η οικογ.)													<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
κλάδοι σύνδεσης οσκευών: $\Delta r_{\text{επιτρ}} \leq 0,5 \text{ mbar}$													<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Υ					3x4						7x10									
ω	Τ	είδος	αφ.	$\Sigma \dot{V}_A$	f_{TII}	—	\dot{V}_S	l	DN	u	R	R:l	$\Sigma \zeta$	Z	ΔH	Δr_H	Δr_{TA}	έλεγχος		
Υ	A	συσκ.		ειδ.σ.	ειδ.σ		$\frac{m^3}{h}$	m	—	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	mbar	—	mbar	m	mbar	mbar	$\Sigma \Delta r_{TA}$		
ο	—	—	—	$\frac{m^3}{h}$	—	$\frac{m^3}{h}$	$\frac{m^3}{h}$	—	—	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	mbar	—	mbar	m	mbar	mbar	$\leq \Delta r_{\text{επι}}$		
ι																				
A	ME :	1	1,2	0,21	0,75														$\Delta r_{AB} = 0,54 < 0,8$	
	OP :	1	2,6	1	2,6															
	OX :					3,4	5,5	22	3,0	0,078	0,43	4,8	0,17	1,5	-0,06	0,54				
	OA :																			
	BX :																			
B	ME :																		$\Delta r_{BG} = 0,39 < 0,5$	
	OP :	1	2,6	1	2,6															
	OX :					2,6	5,5	22	2,3	0,033	0,18	7,0	0,15	-1,5	0,06	0,39				
	OA :																			
	BX :																			
B	ME :																		$\Delta r_{BD} = 0,21 < 0,5$	
	OP :																			
	OX :					0,8	3,0	15	1,7	0,028	0,08	6,3	0,07	-1,5	0,06	0,21				
	OA :																			
	BX :																			
Δ	ME :																		$\Delta r_{AD} = 0,75 < 1,3$	
	OP :																			
	OX :																			
	OA :																			
	BX :																			

(1) ανερχόμενος αγωγός: ΔH με πρόσημο "+", κατερχόμενος αγωγός: ΔH με πρόσημο "-"
 ME: μαγειρική εστία, OP: θερμαντήρας ροής, OX: θερμαντήρας χώρου, OA: θερμαντ. ανακυκλοφορίας, BX: βιοτ. χρήση

Τυποποιημένο Φύλλο 2

Σύνοψη των συντελεστών τοπικών απωλειών ζ

α.α	στοιχεία μορφής και σύνδεσης, όργανα	γραφικά σύμβολα: απλοποιημένη παράσταση	συντελεστές πτώσης πίεσης (1) (2)	επί μέρους τμήμα							
				ΑΒ	ΒΓ	ΒΔ					
1	στοιχείο συστολής (3)		$\zeta_D=0,4$								
2	τόξο ορόφων		$\zeta=0,5$								
3	αλλαγή διεύθυνσης με γωνία ή τόξο		$\zeta=0,7$	4	3	2					
4	στοιχείο T 90° διαχωρισμός, διέλευση		$\zeta_D=0,3$								
5	στοιχείο T 90° διαχωρισμός, κλάδος		$\zeta_A=1,3$								
6	στοιχείο T 90° καθαρισμού		$\zeta_A=1,3$								
7	στοιχείο T 90° αντιροή (το τμήμα "G" τελειώνει με το στοιχείο)		$\zeta_G=1,5$								
8	τόξο T διαχωρισμός, διέλευση		$\zeta_D=0,3$								
9	τόξο T διαχωρισμός, διακλάδωση		$\zeta_A=0,9$		1	1					
10	τόξο T καθαρισμού		$\zeta_A=0,9$								
11	διπλό τόξο T αντιροή (το τμήμα "G" τελειώνει με το στοιχείο)		$\zeta_G=1,3$								
12	σταυρός 90° διαχωρισμός, διέλευση		$\zeta_D=1,3$								
13	σταυρός 90° διαχωρισμός, κλάδος		$\zeta_A=2,0$								
14	σταυρός 90° καθαρ. διαχωρισμός, διέλευση		$\zeta_D=0,5$								
15	σταυρός 90° καθαρ. διαχωρισμός, κλάδος		$\zeta_A=2,0$								
16	σύνδεση, μετρητής ενός περιστομίου DN 25 > DN 25		$\zeta=2,0$ $\zeta=4,0$								
17	βαλβίδα (κωνική) μορφή διέλευσης		$\zeta=2,0$	1	1	1					
18	βαλβίδα (κωνική) γωνιακή μορφή (όργανο ασφαλείας)		$\zeta=5,0$								
19	βαλβίδα (σφαιρική) μορφή διέλευσης		$\zeta=0,5$								
20	βαλβίδα (σφαιρική) γωνιακή μορφή		$\zeta=1,3$								
21	σύρτης		$\zeta=0,5$								
22	βαλβίδα πυροπροστασίας		$\zeta=2,0$		1	1					
Σζ στα επί μέρους τμήματα				4,8	7,0	6,3					

(1) Οι δίδόμενοι συντελεστές πτώσης πίεσης ζ είναι **μόνον ενδεικτικές τιμές**. Ιδιαίτερα οι συντελεστές πτώσης πίεσης των αποφρακτικών οργάνων μπορούν να διαφέρουν πολύ λόγω της αναλογα με το προϊόν διαφορετικής, περισσότερο ή λιγότερο ευνοϊκής για τη ροή κατασκευής

(2) Οι δείκτες χαρακτηρίζουν τη συνάρτηση της σχετικής ταχύτητας ροής προς το συντελεστή πτώσης πίεσης

(3) Αν η συστολή είναι ενσωματωμένη στο στοιχείο μορφής (καλούμενο "στενούμενο στοιχείο μορφής") δεν λαμβάνεται υπ' όψη.

Παράρτημα ΙΙΙ

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ

δοκιμής αντοχής και στεγανότητας για προσωρινή τροφοδότηση με αέριο

1. Καταναλωτής : Πέτρος Ιωάννου **Κωδικός Σύνδεσης:** 13997
2. Διεύθυνση : Πειραιώς 100 **ΤΚ** 11854
3. Αρ. Πρωτοκόλλου μελέτης :
4. Επιβλέπων Μηχανικός : Γιώργος Γεωργίου
5. Εγκαταστάτης αερίου : Κώστας Παπαδόπουλος
6. Περιγραφή εγκατάστασης : Χαλκός: **X** Σιδηροσωλήνας: ΡΕ:
- 6.1 Όγκος σωληνώσεων εσωτερ. εγκατάστασης : 0.0064 m³.
- 6.2 Είδος εγκατάστασης : Οικιακή: **X** Επαγγελματική: Βιομηχανική:
7. Πίεση δοκιμής αντοχής P=1 bar Διάρκεια 10 λεπτά
8. Πίεση δοκιμής στεγανότητας P=50 mbar
- α. Χρόνος Σταθεροποίησης Θερμοκρασίας: Διάρκεια 6 λεπτά
- β. Χρόνος Δοκιμής Στεγανότητας: Διάρκεια 3,5 λεπτά
9. Στοιχεία Αδειούχων Εγκαταστατών που εργάστηκαν στην εγκατάσταση

Όνοματεπώνυμο	Αρ.Αδειας/Ημερ.Εκδ.	Δ/νση Βιομηχανίας	Ημ/οθια
...

- ✓ Βεβαιώνεται ότι η εγκατάσταση αερίου κατασκευάσθηκε σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη και πληρεί της διατάξεις του Τεχνικού Κανονισμού ΥΑ Δ3/Α/11346, ΦΕΚ Β' 963/15-7-2003.

- ✓ Η δοκιμή αντοχής και στεγανότητας της τοποθετημένης εγκατάστασης σωληνώσεων αερίου έγιναν σύμφωνα με την μελέτη.
- ✓ Με βάση τις δοκιμές αντοχής και στεγανότητας κρίνεται ότι μπορεί να γίνει με ασφάλεια προσωρινή τροφοδότηση με αέριο για τη διενέργεια μετρήσεων.

Ο Επιβλέπων Μηχανικός

Ο Εγκαταστάτης
Υδραυλικός

Βεβαίωση Σύνδεσμου

Αρ.Πρωτ./ Ημερ

.....

.....

Βεβαιώνεται η κατάθεση
στο σύνδεσμο όμοιου
αντιγράφου σύμφωνα με
το Π.Δ. 38/91

Για τον Σύνδεσμο

Υπογραφή Σφραγίδα

Υπογραφή Σφραγίδα

Υπογραφή Σφραγίδα

Παράρτημα IV

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ

ολοκλήρωσης εγκατάστασης και ρύθμισης συσκευών αερίου
για τελική τροφοδότηση με αέριο

1. Καταναλωτής

Κωδικός Σύνδεσης :

2. Διεύθυνση:

3. Αρ. Πρωτοκόλλου μελέτης :

4. Επιβλέπων Μηχανικός :

5. Εγκαταστάτης συσκευών :

Χαλκός :†

6. Περιγραφή εγκατάστασης :

Σιδηροσωλήνας :†

PE :†

7. Περιγραφή συσκευών :

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ σε KW	ΠΑΡΟΧΗ σε m ³ /h

8. Μέθοδος απαγωγής καυσαερίων :.....
.....
.....
.....

9. Μετρήσεις Ρύπων (μόνο για πιεστικούς καυστήρες) :

Θερμοκρασία Εξόδου Καυσαερίων °C

Περίσσεια Αέρα %

Περιεκτικότητα σε CO ppm

Περιεκτικότητα σε CO₂ %

Περιεκτικότητα σε NO_x ppm

Βαθμός απόδοσης εστίας καύσης (η) %

- ✓ Η εγκατάσταση των συσκευών αερίου έγινε σύμφωνα με τη μελέτη.
- ✓ Οι συσκευές συνδέθηκαν με το σύστημα απαγωγής καυσαερίων σύμφωνα με το αντίστοιχο κεφάλαιο του Κανονισμού.
- ✓ Η εγκατάσταση και η ρύθμιση των συσκευών αερίου έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και τα αντίστοιχα πρότυπα.

- ✓ Με βάση τις δοκιμές αντοχής και στεγανότητας βεβαιώνεται η ασφαλής λειτουργία της εγκατάστασης αερίου με την προϋπόθεση σωστής συντήρησης.

Ο Εγκαταστάτης καυστήρα

Ο Επιβλέπων Μηχανικός

Υπογραφή Σφραγίδα

Υπογραφή Σφραγίδα

Παράρτημα V

ΣΥΜΒΟΛΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
	Είσοδος σε κτίριο
	Μονωτικό τεμάχιο
	Γραμμή ορατή (με ένδειξη ονομαστικής διαμέτρου)
	Γραμμή μη ορατή (με ένδειξη ονομαστικής διαμέτρου)
	Αλλαγή διατομής (με ένδειξη ονομαστικής διαμέτρου)
	Ανερχόμενη γραμμή
	Διερχόμενη ανοδική γραμμή
	Κατερχόμενη γραμμή

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
	Σύνδεση με συγκόλληση
	Κρουνός
	Σύρτης
	Δικλίδα
	Ρυθμιστής
	Μετρητής
	Μαγειρείο με τρεις εστίες
	Θερμοσίφωνας ροής (με τιμή σύνδεσης)
	Θερμαντήρας νερού ανακυκλοφορίας (με τιμή σύνδεσης)

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
	Διασταύρωση ασύμβατη δύο γραμμών
	Σταυροειδής σύνδεση δύο γραμμών
	Διακλάδωση
	Ταφ καθαρισμού
	Σταυρός καθαρισμού
	Σύνδεση μακρού σπειρώματος (με μούφα)
	Σύνδεση με ρακόρ
	Σύνδεση με φλάντζα

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
	Θερμοσίφωνας αποθήκης (με τιμή σύνδεσης)
	Θερμαντήρας χώρου (με τιμή σύνδεσης)
	Λέβητας αερίου (με τιμή σύνδεσης)
	Ψυγείο αερίου
	Καπναγωγός (με ένδειξη διαστάσεων)
	Καπνοδόχος (με ένδειξη διαστάσεων)
	Περσίδες (με ένδειξη διατομής)

Παράρτημα VI

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΕΝΑΝΤΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (ΣΥΜΠ. ΦΠΑ)

π.χ. πολυκατοικία ή διαμέρισμα

	Πετρέλαιο θέρμανσης	Πετρέλαιο θέρμανσης	Φυσικό Αέριο ΘΕΡΜΑΝΣΗ	Εξοικονόμηση στη θέρμανση	Εξοικονόμηση στη θέρμανση	Ενδεικτική ετήσια εξοικονόμηση για κατανάλωση πολυκατοικίας 8 διαμερισμάτων (8.000 m ³ /έτος)	Ενδεικτική ετήσια εξοικονόμηση για κατανάλωση διαμερισματος (1.000 m ³ /έτος)
	€/lt	€/kWh	€/kWh	€/kWh			
Νοέμβριος 2005	0,616	0,05851	0,04681	0,012	20,0%	1.076 €	134 €
Δεκέμβριος 2005	0,557	0,05296	0,04236	0,011	20,0%	974 €	122 €
Ιανουάριος 2006	0,551	0,05234	0,04187	0,010	20,0%	962 €	120 €
Φεβρουάριος 2006	0,557	0,05295	0,04236	0,011	20,0%	974 €	122 €
Μάρτιος 2006	0,565	0,05369	0,04295	0,011	20,0%	987 €	123 €
Απρίλιος 2006	0,585	0,05558	0,04446	0,011	20,0%	1.022 €	128 €
Μάιος 2006	0,606	0,05758	0,04606	0,012	20,0%	1.059 €	132 €
Ιούνιος 2006	0,621	0,05896	0,04718	0,012	20,0%	1.084 €	135 €
Ιούλιος 2006	0,615	0,05846	0,04677	0,012	20,0%	1.075 €	134 €
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	0,586	0,05567	0,04454	0,011	20,0%	1.024 €	128 €

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΣΥΜΠ. ΦΠΑ)

π.χ. μαγειρέμα ή ζεστό νερό χρήσης

	Ηλεκτρικό ρεύμα (οικ. Γ1 από 1600 kWh έως 2000 kWh/τετράμηνο από 1/9/2005)	Φυσικό Αέριο ΘΕΡΜΑΝΣΗ	Εξοικονόμηση στην οικιακή χρήση	Εξοικονόμηση στην οικιακή χρήση	Ενδεικτική ετήσια εξοικονόμηση για κατανάλωση διαμερισματος (200 m ³ /έτος)
	€/kWh	€/kWh	€/kWh		
Νοέμβριος 2005	0,12270	0,04681	0,076	61,9%	108 €
Δεκέμβριος 2005	0,12270	0,04236	0,080	65,5%	97 €
Ιανουάριος 2006	0,12270	0,04187	0,081	65,9%	96 €
Φεβρουάριος 2006	0,12270	0,04236	0,080	65,5%	97 €
Μάρτιος 2006	0,12270	0,04295	0,080	65,0%	99 €
Απρίλιος 2006	0,12270	0,04446	0,078	63,8%	102 €
Μάιος 2006	0,12270	0,04606	0,077	62,5%	106 €
Ιούνιος 2006	0,12270	0,04718	0,076	61,6%	108 €
Ιούλιος 2006	0,12270	0,04677	0,076	61,9%	108 €
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	0,12270	0,04454	0,078	63,7%	102 €

ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΠΡΟ ΦΠΑ)

π.χ μονοκατοικία

	Θερμική/Ψυκτική ενέργεια με ηλεκτρικό ρεύμα (οικ. Γ1 από 1600 kWh έως 2000 kWh/τετράμηνο από 1/9/2005) και COP=3	Θερμική/Ψυκτική ενέργεια με φυσικό Αέριο ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ και COP=1,1	Εξοικονόμηση στον κλιματισμό	Εξοικονόμηση στον κλιματισμό	Ενδεικτική ετήσια εξοικονόμηση για κατανάλωση μονοκατοικίας (2.000 m ³ /έτος)
	€/kWhc	€/kWhc	€/kWhc		
Νοέμβριος 2005	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Δεκέμβριος 2005	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Ιανουάριος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Φεβρουάριος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Μάρτιος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Απρίλιος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Μάιος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Ιούνιος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
Ιούλιος 2006	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	0,04090	0,02753	0,013	32,7%	633 €

Βιβλιογραφία

- Κωνσταντίνος Χ. Λέφας-Βάϊος Η. Σελλούντος :
"Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου"
Δ' Έκδοση
2004
- Κωνσταντίνος Γ. Πασπαλάς :
"Τεχνολογία εγκαταστάσεων και χρήσεων φυσικού αερίου"
Έκδοση Συλλόγου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Β.Ελλάδος
1999
- Χαράλαμπος Καραπάνος :
"Τεχνολογία φυσικού αερίου"
2000
- Μηνιαίο τεχνικό περιοδικό :
"Τεχνικά"
Εκδόσεις : ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, ΣΕΛΜΑ - 4Μ Ε.Π.Ε.
- Μηνιαίο τεχνικό περιοδικό :
"Θερμοϋδραυλικός"
Εκδόσεις : ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ
- "Το φυσικό αέριο και οι χρήσεις του"
"Βασικές αρχές καύσεις"
"Τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου"
Εκδόσεις : Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε.
1998
- "Statistical review of world energy"
BP Edition
2005

Πηγές από το διαδίκτυο

- www.ypan.gr Υπουργείο Ανάπτυξης
- www.rae.gr Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
- www.depa.gr Δημόσια Επιχείρηση Αερίου
- www.aerioattikis.gr ΕΠΑ Αττικής
- www.epathessaloniki.gr ΕΠΑ Θεσσαλονίκης
- www.technoekdotiki.gr Εκδοτική εταιρεία ειδικού τύπου
- www.tekdotiki.gr Εκδοτική εταιρεία ειδικού τύπου
- www.texnikoi.gr Σελίδα με τεχνικά θέματα
- www.tee.gr Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
- www.bp.com Ενεργειακός όμιλος



Φωτιάδης - Καλλιοντζής Ο.Ε.
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ