

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο “Μελέτη ύδρευσης και αποχέτευσης ανακαινισμένης διατηρητέας διώροφης κατοικίας στην Πάτρα” εκπονήθηκε στα πλαίσια προπτυχιακών σπουδών στο τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών υπό την επίβλεψη του Επιστημονικού συνεργάτη Δρ. Αλέξανδρου Καλαράκη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η μελέτη ύδρευσης και αποχέτευσης της κατοικίας και προτείνονται λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος και εγκατάσταση θέρμανσης με πέλλετ.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μου σε όλους αυτούς που συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Αλέξανδρο Καλαράκη, επιστημονικό συνεργάτη του τμήματος Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας για την πολύτιμη βοήθεια του, την υπομονή του και την σημαντική συμβολή του στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλουμε στους γονείς μας για την αγάπη τους και την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Μαρία Γ. Καρβέλη

Χρυσούλα Γ. Καρβέλη

Πάτρα, Ιούνιος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην περιγραφή και την μελέτη ύδρευσης και αποχέτευσης διώροφης διατηρητέας κατοικίας στην συμβολή των οδών Σωσιπάτρου και Μαιζώνος στην Πάτρα. Η μελέτη έγινε με σκοπό την αναπαλαίωση και επανάχρηση της κατοικίας σε δύο σύγχρονες αυτόνομες κατοικίες. Επιπλέον, παρουσιάζονται λύσεις για εξοικονόμηση ενέργειας φιλικές στο περιβάλλον, όπως φωτοβολταϊκά στοιχεία και καυστήρας πέλλετ στην προαναφερόμενη κατοικία. Η δομή της εργασίας είναι η εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις αρχές της μηχανικής των ρευστών και κυρίως των υγρών. Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται οι ιδιότητες των ρευστών, η μηχανική κινούμενων και μη κινούμενων υγρών και οι θεμελιώδεις εξισώσεις ροής των ρευστών, και οι απώλειες ενέργειας (πτώση πίεσης) σε αγωγούς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για ύδρευση και αποχέτευση στα κτίρια. Αναφέρονται οι κατηγορίες των σωληνών, τα χαρακτηριστικά των σωληνών ανάλογα το υλικό κατασκευής, οι τυποποιημένες διαστάσεις, οι τρόποι σύνδεσης και τα εξαρτήματα των συνδέσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιγραφή του προς μελέτη κτιρίου. Πρόκειται για μια διώροφη κατοικία γενικών διαστάσεων $(7,72 \times 15,00) \text{m}^2$ η οποία κρίθηκε διατηρητέα και ανακαινίστηκε. Αναφέρονται τα γενικά στοιχεία του κτιρίου και η τεχνική περιγραφή πριν την αποκατάσταση η οποία αφορά τα κατακόρυφα και τα οριζόντια στοιχεία. Επίσης περιγράφεται η αποκατάσταση που έγινε με σκοπό την επισκευή ζημιών που προέκυψαν λόγω σεισμού και την διατήρηση του κτιρίου αυτού όσο το δυνατόν περισσότερο, δίχως να αλλοιώνεται κάποιο στοιχείο που το χαρακτηρίζει.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη ύδρευσης για το ανακαινισμένο κτίριο. Γίνεται αναφορά στους κανονισμούς και τα βοηθήματα που λήφθηκαν υπόψη, και στις παραδοχές και στους τύπους που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς. Επίσης, γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης ύδρευσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των σωληνώσεων της υδραυλικής εγκατάστασης, όπως η εύρεση των ταχυτήτων του νερού στις σωληνώσεις, ο υπολογισμός της απώλειας πίεσης λόγω τριβών στις σωληνώσεις και λόγω τριβών των εξαρτημάτων και ο υπολογισμός των απαιτούμενων πιέσεων στους κλάδους της εγκατάστασης. Τέλος γίνεται μια τεχνοοικονομική μελέτη για την εγκατάσταση ύδρευσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη αποχέτευσης για το ανακαινισμένο κτίριο. Γίνεται αναφορά στους κανονισμούς και τα βοηθήματα που λήφθηκαν υπόψη, και στις παραδοχές και στους τύπους που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς. Επίσης, γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης αποχέτευσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των σωληνώσεων της εγκατάστασης αποχέτευσης, όπως η εύρεση των ταχυτήτων του νερού στις σωληνώσεις, ο υπολογισμός των κατακόρυφων σωληνώσεων του δικτύου και ο υπολογισμός των σωληνώσεων των υδρορροών. Τέλος γίνεται μια τεχνοοικονομική μελέτη για την εγκατάσταση ύδρευσης.

Το έκτο κεφάλαιο αφορά τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας σε μια κατοικία όπως είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και οι καυστήρες πέλλετ (βιομάζα). Αρχικά παρουσιάζεται η ιστορία, η αρχή λειτουργίας και οι τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναφέρονται επίσης οι τύποι, τα χαρακτηριστικά και οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στην συνέχεια γίνεται μια εισαγωγή στην βιομάζα, τις πηγές προέλευσης, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, τις εφαρμογές και βασικά χαρακτηριστικά. Γίνεται αναφορά στα pellets

βιομάζας, την πρώτη ύλη, τα στάδια παραγωγής τους. Τέλος γίνεται αναφορά στα πέλλετ ξύλου (wood pellets), στην θέρμανση με πέλλετ ξύλου και σύγκριση με το πετρέλαιο.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προτάσεις και τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας. Προτείνεται η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού και ενός καυστήρα πέλλετ.

Τέλος, παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την συγγραφή της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ		
1.1	Εισαγωγή στην Ρευστομηχανική	1
1.2	Ιδιότητες των ρευστών	1
1.3	Υδροστατική	2
1.3.1	Δυνάμεις πίεσης υγρών πάνω σε επιφάνειες	2
1.4	Στρωτή και τυρβώδης ροή των ρευστών	2
1.5	Θεμελιώδεις εξισώσεις ροής των ρευστών	3
1.5.1	Εξίσωση Συνέχειας	3
1.5.2	Εξίσωση Bernoulli	3
1.5.3	Εξίσωση Ενέργειας	4
1.5.4	Απώλειες ενέργειας	4
1.6	Κατανομή ταχύτητας – Ο νόμος Hagen-Poiseuille	5
1.7	Υπολογισμός απωλειών (πτώση πίεσης) σε κυκλικούς αγωγούς	5
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ		
2.1	Γενικά	7
2.2	Σωλήνες εμπορίου	7
2.3	Χαλυβδοσωλήνες	7
2.3.1	Κατηγορίες χαλυβδοσωλήνων	7
2.3.2	Συνδέσεις χαλυβδοσωλήνων	10
2.4	Χαλκοσωλήνες	15
2.4.1	Γενικά	15
2.4.2	Πλεονεκτήματα του χαλκοσωλήνα	16
2.4.3	Είδη χαλκοσωλήνων	17
2.4.4	Συνδέσεις χαλκοσωλήνων	20
2.4.5	Εξαρτήματα για την σύνδεση χαλκοσωλήνων	22
2.5	Πλαστικοί σωλήνες	27
2.5.1	Γενικά	27
2.5.2	Χαρακτηριστικά πλαστικών σωλήνων	28
2.5.3	Είδη πλαστικών σωλήνων	28
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ		
3.1	Γενικά στοιχεία	35
3.2	Τεχνική περιγραφή πριν την αποκατάσταση	35
3.2.1	Γενικές εκτιμήσεις	35
3.2.2	Περιγραφή φέροντος οργανισμού	35
3.3	Αποκατάσταση κτιρίου – εξωτερικοί χώροι	37
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ		
4.1	Μελέτη ύδρευσης	39
4.1.1	Εισαγωγή	39

	4.1.2	Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών	39
	4.1.3	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	40
4.2		Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης ύδρευσης	45
	4.2.1	Γενικά	45
	4.2.2	Παροχές	45
	4.2.3	Σωληνώσεις	46
	4.2.4	Όργανα διακοπής	48
	4.2.5	Δοκιμές	49
4.3		Υπολογισμοί σωληνώσεων εγκατάστασης ύδρευσης	49
	4.3.1	Υπολογισμός της παροχής αιχμής	49
	4.3.2	Εύρεση ταχυτήτων	49
	4.3.3	Απώλεια πίεσης λόγω τριβών στις σωληνώσεις	50
	4.3.4	Απώλεια πίεσης από αντιστάσεις λόγω τριβών των εξαρτημάτων	50
	4.3.5	Ολική απώλεια πίεσης	50
	4.3.6	Απαιτούμενες πιέσεις στους κλάδους (mΥΣ)	51
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ			
ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ			
5.1		Μελέτη αποχέτευσης	52
	5.1.1	Εισαγωγή	52
	5.1.2	Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών	52
	5.1.3	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	53
5.2		Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης αποχέτευσης	58
	5.2.1	Γενικά	58
	5.2.2	Είδη υγιεινής	59
	5.2.3	Δίκτυο σωληνώσεων	59
	5.2.4	Αποχέτευση ομβρίων	61
	5.2.5	Δοκιμές	62
5.3		Υπολογισμοί οριζόντιων σωληνώσεων δικτύου αποχέτευσης	62
	5.3.1	Υπολογισμός της παροχής	62
	5.3.2	Εύρεση ταχυτήτων	63
5.4		Υπολογισμοί κατακόρυφων σωληνώσεων δικτύου αποχέτευσης	64
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ			
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			
6.1		ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	65
	6.1.1	Εισαγωγή	65
	6.1.2	Η ιστορία των φωτοβολταϊκών στοιχείων	65
	6.1.3	Αρχή λειτουργίας Φ/Β στοιχείων	66
	6.1.4	Υλικά Φ/Β στοιχείων - Ημιαγωγοί	66
	6.1.5	Φ/Β στοιχείο και συνδυασμοί Φ/Β στοιχείων	69
	6.1.6	Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών Στοιχείων	70
	6.1.7	Ανάλυση δομής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος	77
	6.1.8	Τύποι Φ/Β Συστημάτων	78
	6.1.9	Χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων	80
	6.1.10	Εφαρμογές Φ/Β συστημάτων	81
	6.1.11	Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β στοιχείων	82
6.2		ΒΙΟΜΑΖΑ	83

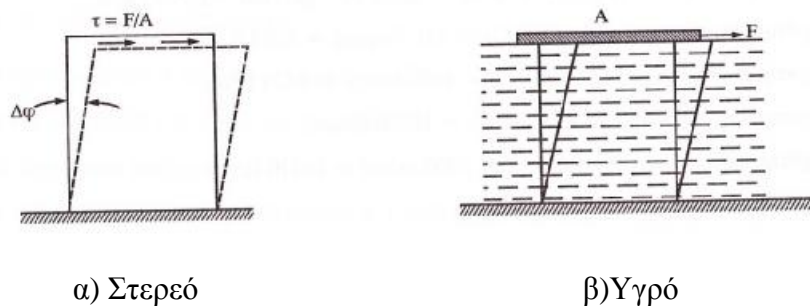
	6.2.1	Εισαγωγή	83
	6.2.2	Χαρακτηριστικά βιομάζας	84
	6.2.3	Πηγές προέλευσης της βιομάζας	85
	6.2.4	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας	88
	6.2.5	Εφαρμογές βιομάζας	89
	6.2.6	Βασικά χαρακτηριστικά βιομάζας	90
	6.2.7	Pellets Βιομάζας	91
	6.2.8	Η πρώτη ύλη των πελλετς	91
	6.2.9	Τα στάδια παραγωγής των πέλλετς βιομάζας	92
	6.2.10	Πέλλετς ξύλου	97
	6.2.11	Θέρμανση με πέλλετς ξύλου	99
	6.2.12	Σύγκριση πετρελαίου θέρμανσης με πέλλετς ξύλου	105
7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ			
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ			
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΛΛΕΤ			
7.1	Εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στην κατοικία		107
	7.1.1	Υπολογισμός κατανάλωσης ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας	107
	7.1.2	Φωτοβολταϊκά εγκατάσταση	108
	7.1.3	Προτεινόμενος εξοπλισμός	109
	7.1.4	Χρηματοοικονομική επένδυση	112
7.2	Εγκατάσταση ενός καυστήρα πέλλετ στην κατοικία		114
	7.2.1	Πλεονεκτήματα των καυστήρων πέλλετ WOODY	114
	7.2.2	Τρόποι εγκατάστασης καυστήρα πέλλετ WOODY	115
	7.2.3	Σύγκριση κόστους χρήσης πέλλετ και πετρελαίου	117
7.3	Γενικά συμπεράσματα		117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ			121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α			
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ			122
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β			
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ			134

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

1.1 Εισαγωγή στην Ρευστομηχανική

Ρευστό ορίζεται κάθε σώμα το οποίο υπό διατμητική τάση, οσοδήποτε μικρή, δεν μπορεί να παραμείνει σε κατάσταση στατικής ισορροπίας [1]. Τα ρευστά διαφέρουν από τα στερεά σώματα επειδή μεταβάλλουν εύκολα την θέση των όγκων των στοιχείων μεταξύ τους [2]. Παραστατική συμπεριφορά ενός στοιχείου στερεού και ενός στοιχείου ρευστού υποβαλλόμενων σε διατμητικές τάσεις δίνεται στην Εικόνα 1.1 [1].



Εικόνα 1.1: Παραστατική συμπεριφορά ενός στερεού και ρευστού στοιχείου υποβαλλόμενων σε διατμητικές τάσεις [1].

Ο κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με τις μηχανικές ιδιότητες των ρευστών ονομάζεται ρευστομηχανική ή μηχανική των ρευστών. Η ρευστομηχανική χωρίζεται σε δύο περιοχές ανάλογα με τις ιδιότητες και την μηχανική κατάσταση του ρευστού, την υδρομηχανική ($\rho = \text{σταθερή}$) και την αερομηχανική ($\rho \neq \text{σταθερή}$). Η υδρομηχανική αποτελείται από την υδροστατική και την υδροδυναμική [2].

1.2 Ιδιότητες των ρευστών

Με βάση τις μεταβολές φυσικών ιδιοτήτων τα ρευστά μπορούν να ταξινομηθούν σε ασυμπιεστά και συμπιεστά. Ασυμπιεστά, ονομάζονται τα ρευστά των οποίων η πυκνότητα παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη πίεση [1].

Για να γίνει η μελέτη ενός συστήματος ροής πρέπει να έχουν προηγουμένως ορισθεί όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ρευστού μέσου. Για τον λόγο αυτό προέχει η ανάγκη ορισμού των εξής ιδιοτήτων των ρευστών:

- Πυκνότητα (ρ) ενός υλικού ορίζεται η μάζα ανά μονάδα όγκου του υλικού. Η πυκνότητα ενός ρευστού είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης.

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (1.1)$$

- Πίεση (P) ενός ρευστού σε ηρεμία ορίζουμε το πηλίκο της δύναμης που το ασκεί το ρευστό σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής [1].

$$P = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \quad (1.2)$$

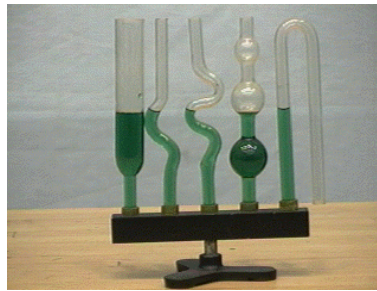
1.3 Υδροστατική

Τα υγρά λόγω της σχετικά υψηλής πυκνότητας τους έχουν μεγάλο ειδικό βάρος με αποτέλεσμα να ασκούν μεγάλες δυνάμεις στα τοιχώματα των δοχείων και των δεξαμενών και γενικά στις στερεές επιφάνειες που τα περιορίζουν [2]. Η υδροστατική είναι το τμήμα της μηχανικής των ρευστών, το οποίο εξετάζει τα ρευστά που βρίσκονται σε στατική ισορροπία ή μετατίθενται κινούμενα ως συμπαγή σώματα. Ως εκ τούτου δεν υπάρχουν διαμητικές τάσεις παρά μόνο κάθετες λόγω των δυνάμεων που ενεργούν κάθετα επί των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το ρευστό [1].

1.3.1 Δυνάμεις πίεσης υγρών πάνω σε επιφάνειες

Η σχέση $P = \rho gh = \gamma h$ επιτρέπει την εύρεση της υδροστατικής πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο εντός υγρού. Σε μια επιφάνεια βυθισμένη μέσα σε υγρό, τότε η πίεση στον πυθμένα (P) πολλαπλασιαζόμενη επί το εμβαδόν της επιφάνειας (A) μας δίνει την δύναμη η οποία είναι: $F = \rho ghA$. Δηλαδή, η δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια που βρίσκεται βυθισμένη μέσα σε υγρό είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού, του ύψους του υγρού και του μεγέθους της επιφάνειας [1].

Στο υδροστατικό παράδοξο του Pascal επιδρά η ίδια δύναμη στον πυθμένα της ίδιας επιφάνειας αλλά δοχείων διαφορετικού σχήματος και βάρους υγρού (Εικόνα 1.2) [2].



Εικόνα 1.2: Υδροστατικό παράδοξο του Pascal

1.4 Στρωτή και τυρβώδης ροή των ρευστών

Με τον όρο ροή των ρευστών ονομάζεται η κίνηση των σωματιδίων των ρευστών. Η κίνηση των σωματιδίων ενός ρευστού χαρακτηρίζεται και εκφράζεται με κινηματικά και δυναμικά ροϊκά μεγέθη, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, οι δυνάμεις αδράνειας και οι δυνάμεις πίεσης [2].

Ο χαρακτήρας της ροής ενός ρευστού καθώς και το πεδίο ταχυτήτων και πιέσεων καθορίζεται από το σχετικό μέγεθος των δυνάμεων συνεκτικότητας και αδράνειας. Μέτρο σύγκρισης αυτών των δυνάμεων αποτελεί ο αδιάστατος αριθμός Reynolds [3], ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις τριβής [1].

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu} = \frac{u L}{\nu} \quad (1.3)$$

όπου, ρ : η πυκνότητα του ρευστού [kg/m^3]
 u : η ταχύτητα ροής [m/sec]
 L : το μήκος ροής του αγωγού [m]
 μ : δυναμικό ιξώδες [$\text{Pa}\cdot\text{sec}$]
 ν : κινηματικό ιξώδες [m^2/sec]

Γενικά ο αριθμός Reynolds προσδιορίζει αν μια ροή είναι στρωτή ή τυρβώδης [3]. Όταν η τιμή του αριθμού Reynolds είναι μικρή, τότε η ροή είναι ευσταθής και ονομάζεται στρωτή ροή [1]. Όταν ο αριθμός Reynolds είναι μεγάλος, τότε η ροή επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τις δυνάμεις αδράνειας και χαρακτηρίζεται ως ασταθής ή τυρβώδης [3].

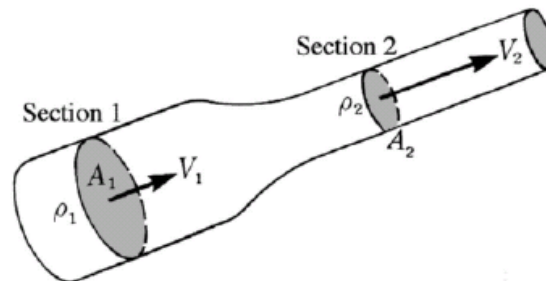
Για ροή σε κυκλικούς αγωγούς η μετάβαση γίνεται στον κρίσιμο αριθμό $Re_{cr}=2320$. Η τιμή αυτή είναι αποτέλεσμα πειραμάτων του Schiller (1922) σε τεχνικά λείους και ευθείς αγωγούς [2]. Συνεπώς ροή με $Re < Re_{cr}$ χαρακτηρίζεται στρωτή και με $Re > Re_{cr}$ τυρβώδης [2].

1.5 Θεμελιώδεις εξισώσεις ροής των ρευστών

Οι θεμελιώδεις εξισώσεις ροής των ρευστών εκφράζουν θεμελιώδεις νόμους της μηχανικής εκφρασμένους στη ροή των ρευστών.

1.5.1 Εξίσωση Συνέχειας

Κατά την ροή μέσα σε ένα ροϊκό σωλήνα η μάζα ανά μονάδα χρόνου του ρευστού διατηρείται σταθερή (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3: Μόνιμη ροή ρευστού διαμέσου ροϊκού σωλήνα

Η μάζα ανά μονάδα χρόνου ονομάζεται παροχή μάζας του ρευστού και δίνεται από τον τύπο $\dot{m} = \rho \mathbf{u} \mathbf{A}$ και έχει μονάδες (kg/sec). Όπου ρ , είναι η πυκνότητα του ρευστού (kg/m^3), \mathbf{u} η ταχύτητα του ρευστού (m/sec), \mathbf{A} το εμβαδόν διατομής (m^2).

Εξίσωση συνέχειας για μόνιμη ροή:

$$\dot{m}_{\text{εισροής}} = \dot{m}_{\text{εκροής}} \rightarrow \dot{m}_1 = \dot{m}_2 \rightarrow \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 \quad (1.4)$$

Εξίσωση συνέχειας για μόνιμη ροή, ασυμπίεστη ροή ($\rho = \text{σταθ.}$):

$$Q_{\text{εισροής}} = Q_{\text{εκροής}} \rightarrow Q_1 = Q_2 \rightarrow u_1 A_1 = u_2 A_2 \quad (1.5)$$

Η παροχή όγκου δίνεται από την σχέση: $Q = \mathbf{u} \mathbf{A}$ και έχει μονάδες (m^3/sec).

Όπου \mathbf{u} : ταχύτητα του ρευστού (m/sec),

\mathbf{A} : εμβαδόν διατομής (m^2) [2].

1.5.2 Εξίσωση Bernoulli

Η εξίσωση Bernoulli είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας σε κινούμενο υγρό. Σύμφωνα με αυτή: « Η ολική ενέργεια ανά μονάδα μάζας ή βάρους ή η ολική πίεση είναι σταθερή κατά μήκος μιας ρευματικής γραμμής μόνιμης ροής ενός ανιζώδους και ασυμπίεστου ρευστού». Αυτά εκφράζεται με τις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Ολική πίεση: } P = \frac{1}{2}\rho u^2 + p + \rho gh = \text{σταθερή} \quad (1.6)$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{1}{2}\rho_1 u_1^2 + p_1 + \rho_1 g h_1 = \frac{1}{2}\rho_2 u_2^2 + p_2 + \rho_2 g h_2 \quad (1.7)$$

Όπου P : ολική πίεση (Pa)

$\frac{1}{2}\rho u^2$: δυναμική πίεση ή πίεση ταχύτητας (Pa)

p : στατική πίεση (Pa)

ρgh : πίεση ύψους του ρευστού (Pa)

$p + \rho gh$: πιεζομετρική πίεση του ρευστού (Pa)

$$\text{Ολικό ύψος: } H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{σταθερή} \quad (1.8)$$

$$H_1 = H_2 \Rightarrow \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \quad (1.9)$$

Όπου H : ολικό ύψος ενέργειας (m)

$\frac{u^2}{2g}$: ύψος της ταχύτητας ή της κινητικής ενέργειας (m)

$\frac{p}{\rho g}$: ύψος στατικής πίεσης (m)

z : ύψος θέσεως (m)

$\frac{p}{\rho g} + z = h$: πιεζομετρικό ύψος (m)

1.5.3 Εξίσωση Ενέργειας

Η εξίσωση της ενέργειας για μόνιμη ασυμπίεστη ροή έχει την μορφή:

$$\frac{1}{2}\rho_1 u_1^2 + p_1 + \rho_1 g h_1 = \frac{1}{2}\rho_2 u_2^2 + p_2 + \rho_2 g h_2 + \Delta P_{12} \quad (1.10)$$

Όπου ΔP_{12} είναι οι απώλειες πίεσης (άρα και ενέργειας) στον αγωγό.

$$\text{ή} \quad \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta H_{12} \quad (1.11)$$

Όπου ΔH_{12} είναι το ύψος των απωλειών.

Τα ΔP_{12} και ΔH_{12} εκφράζουν την ενέργεια ανά μονάδα όγκου (πίεση) και την ενέργεια ανά μονάδα βάρους που χάνεται από την περιοχή 1 μέχρι την περιοχή 2 [4].

1.5.4 Απώλειες ενέργειας

Οι απώλειες σε μια σωληνογραμμή που εξετάζονται είναι δύο ειδών, οι απώλειες λόγω τριβής και οι τοπικές απώλειες.

- Απώλειες λόγω τριβής είναι αυτές που συμβαίνουν στα ευθύγραμμα τμήματα της σωλήνωσης και εξαρτώνται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού που χρησιμοποιείται καθώς και το υλικό κατασκευής του και από τη φύση του ρευστού. Οι απώλεια ενέργειας λόγω τριβής ΔH_L κατά τη σταθερή και ομοιόμορφη ροή μέσα σε ένα σωλήνα δίνεται από τη γνωστή σχέση Darcy-Weisbach:

$$\Delta H_L = \lambda \frac{L}{d} \frac{u^2}{2g} \quad [m] \quad (1.12)$$

- Όπου λ : ο συντελεστής τριβής
 L : το μήκος του αγωγού (m)
 d : η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (m)
 u : η μέση ταχύτητα του ρευστού (m/s)
 g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s²)

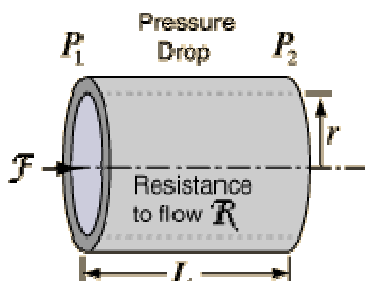
- Τοπικές απώλειες είναι αυτές που προκαλούνται λόγω των διαφορών εξαρτημάτων που παρεμβάλλονται στη ροή των ρευστών. Έτσι κατά τη διεύθυνση της ροής και σε σχετικά μικρό μήκος, δημιουργείται στροβιλώδης κυκλοφορία στην οποία οφείλονται κυρίως οι τοπικές απώλειες. Αυτές είναι δυνατόν να εκφραστούν με τη σχέση:

$$\Delta H_T = k \frac{u^2}{2g} \quad [m] \quad (1.13)$$

- όπου u : η μέση ταχύτητα του ρευστού
 k : ο συντελεστής απωλειών του εξαρτήματος [4]

1.6 Κατανομή ταχύτητας – Ο νόμος Hagen-Poiseuille

Έστω αγωγός κυκλικής διατομής, μέσα από τον οποίο διέρχεται υγρό με πίεση εισόδου P_1 και πίεση εξόδου P_2 (Εικόνα 1.4). Όταν $(P_1 - P_2) > 0$ έχουμε πτώση πίεσης (υδραυλική απώλεια). Η υδραυλική αυτή απώλεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία τελικά χάνεται.



Εικόνα 1.4: Πτώση πίεσης σε αγωγό κυκλικής διατομής.

Για την μελέτη και την κατασκευή αγωγών μεταφοράς φυσικών υγρών, η πτώση πίεσης (απώλειες λόγω τριβών) και η παροχή αποτελούν δύο από τα σπουδαιότερα στοιχεία και συνδέονται με την παρακάτω σχέση:

$$Q = \frac{r^4 \pi r}{8\mu} \frac{P_1 - P_2}{L} \quad \left[\frac{kg}{sec} \right] \quad (1.14)$$

- όπου r : ακτίνα αγωγού
 L : μήκος αγωγού

Η παραπάνω εξίσωση αποτελεί το νόμο του Hagen-Poiseuille, ο οποίος ισχύει υπό την προϋπόθεση στρωτής ροής και ότι το μήκος του αγωγού L είναι πολύ μεγαλύτερο από την ακτίνα r [5].

1.7 Υπολογισμός απωλειών (πτώση πίεσης) σε κυκλικούς αγωγούς

Βασικότατο πρόβλημα κατά τη μελέτη της ροής των υγρών εντός των αγωγών είναι η εξεύρεση της αντίστασης την οποία οφείλουν να υπερνικήσουν τα υγρά προκειμένου να μην διακοπεί η ροή καθώς και ο υπολογισμός των απωλειών από αυτή την αιτία [5]. Απώλεια πίεσης είναι η πτώση πίεσης που προκαλούν οι διατμητικές τάσεις του ρευστού στα τοιχώματα του αγωγού. Για τη στρωτή ροή την απώλεια πίεσης σε οριζόντιο αγωγό μεταξύ των διατομών 1 και 2 (Εικόνα 1.4) δίνει η σχέση [2]:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = \frac{\lambda \rho u^2}{d} \quad (\text{Darcy-Weisbach}) \quad (1.15)$$

όπου λ : συντελεστής τριβής (συνδέεται άμεσα με την διατμητική τάση στα τοιχώματα του αγωγού)

- $\lambda = \frac{64}{Re}$ για ομαλή ροή για $Re \leq 2320$
- $\lambda = 0,316 \frac{1}{Re^{1/4}}$ για $4000 \leq Re \leq 10^5$ (εξίσωση Blasius) [4]
- Υπολογισμός λ από διάγραμμα Moody

2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 Γενικά

Τα δίκτυα πόσιμου νερού και μια υδραυλική εγκατάσταση περιλαμβάνουν [5]:

- Τα διάφορα είδη σωλήνων του εμπορίου
- Τους τρόπους διάταξής τους
- Τα διάφορα εξαρτήματα και τους τρόπους συναρμολόγησής τους
- Τα όργανα της υδραυλικής εγκατάστασης και τα σημεία σύνδεσής τους

2.2 Σωλήνες εμπορίου

Οι σωλήνες με τους οποίους παροχετεύεται το νερό στα κτίρια και διανέμεται στα σημεία κατανάλωσης πρέπει να ανταποκρίνονται σε ορισμένες προδιαγραφές, δηλαδή [5]:

- Η φυσικοχημική φθορά τους από το νερό που κυκλοφορεί σε αυτούς είναι σχετικά μικρή.
- Να μην υφίστανται διάβρωση από το εξωτερικό περιβάλλον (ιδιαίτερα σε οξειδωτικό περιβάλλον).
- Να είναι ανθεκτικοί στην πίεση του δικτύου.
- Να συναρμολογούνται εύκολα και με στεγανούς συνδέσμους.
- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασής τους να είναι σχετικά χαμηλό.
- Να παρέχουν εγγύηση για την υγεία των καταναλωτών (ιδιαίτερα σε ορισμένα είδη πόσιμου νερού με χαμηλό PH ή θειούχες ενώσεις, όπου το καθιστούν περισσότερο οξειδωτικό).

Σήμερα για την μόρφωση των δικτύων χρησιμοποιούνται συνήθως:

- Χαλυβδοσωλήνες
- Χαλκοσωλήνες
- Πλαστικοί σωλήνες
- Μολυβδοσωλήνες

2.3 Χαλυβδοσωλήνες

2.3.1 Κατηγορίες χαλυβδοσωλήνων

Οι χαλυβδοσωλήνες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στους μαύρους (Εικόνα 2.1) και τους γαλβανιζέ (Εικόνα 2.2) με ραφή (συγκολλητοί) ή χωρίς ραφή (τούμπα). Επειδή το κόστος των σωλήνων με ραφή είναι μικρότερο σε σχέση με το κόστος των σωλήνων χωρίς ραφή, οι πρώτοι χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές διαμέτρους $\text{Ø}1/2''-1 1/2''$ ενώ οι δεύτεροι σε μεγαλύτερες διαμέτρους.

Για τις εγκαταστάσεις πόσιμου νερού χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι γαλβανισμένοι χαλυβδοσωλήνες, ενώ οι μαύροι τοποθετούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις δισωλήνιου συστήματος θέρμανσης.



Εικόνα 2.1: Μαύροι χαλυβδοσωλήνες [6]



Εικόνα 2.2: Γαλβανιζέ χαλυβδοσωλήνες [7]

Από πλευράς ποιότητας και αντοχής οι χαλυβδοσωλήνες διακρίνονται σε τρεις βασικά τυποποιημένες κατηγορίες:

1. Σε ελαφρού τύπου, με διακριτικό χρώμα το κίτρινο (κίτρινη ετικέτα)
2. Σε μέσου τύπου, με διακριτικό χρώμα το κόκκινο (κόκκινη ετικέτα)
3. Σε βαριού τύπου, με διακριτικό χρώμα το πράσινο (πράσινη ετικέτα)

Η διαφορά τους έγκειται στο διαφορετικό πάχος τοιχώματος και κατά συνέπεια στο βάρος τους. Οι διαστάσεις τους δίνονται στο DIN 2440 καθώς και στο αντίστοιχο ΕΛΟΤ 271. Οι Πίνακες 3.1 και 3.2 δίνουν τα ουσιώδη τεχνικά χαρακτηριστικά των σιδηροσωλήνων βαριού και ελαφρού τύπου αντίστοιχα [5]. Οι βαρέως τύπου σωλήνες (πράσινες σωλήνες) χρησιμοποιούνται στην ύδρευση. Στο εμπόριο υπάρχουν σε δεκάδες βέργες και σε διαμέτρους 1/8'', 1/4'', 3/8'', 1/2'', 3/4'', 1'', 1 και 1/4'', 1 και 1/2'', 2'', 2 και 1/2'', 3'' και 4'' (εσωτερική ονοματική διάμετρο σε ίντσες) [8].

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά των σιδηροσωλήνων βαριού τύπου [5]

Όνομαστική διάμετρος DN		Διάμετρος εξωτερική				Πάχος τοιχώματος Τιμές αντίστοιχες		Συμβατικά βάρη			
		Αντίστοιχες τιμές						Σωλήνες χωρίς σπειρώματα		Σωλήνες με σπειρώματα και σύνδεσμο	
		Μέγ.	Ελάχ.	Μέγ.	Ελάχ.						
mm	in	mm	mm	in	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
6	1/8	10.6	9.8	0.417	0.386	2.0	0.080	0.407	0.273	0.410	0.275
8	1/4	14.0	13.2	0.551	0.520	2.35	0.92	0.650	0.437	0.654	0.440
10	3/8	17.5	16.7	0.689	0.657	2.35	0.092	0.852	0.573	0.858	0.577
15	1/2	21.8	21.0	0.858	0.827	2.65	0.104	1.22	0.822	1.23	0.828
20	3/4	27.3	26.5	1.075	1.043	2.65	0.104	1.58	1.06	1.59	1.07
25	1	34.2	33.3	1.346	1.311	3.25	0.128	2.44	1.64	2.46	1.65
32	1 1/4	42.9	42.0	1.689	1.654	3.25	0.128	3.14	2.11	3.17	2.13
40	1 1/2	48.8	47.9	1.921	1.886	3.25	0.128	3.61	2.43	3.65	2.46
50	2	60.8	59.7	2.394	2.350	3.65	0.144	5.10	3.42	5.17	3.47
65	2 1/2	76.6	75.3	3.016	2.965	3.65	0.144	6.51	4.38	6.63	4.46
80	3	89.5	88.0	3.524	3.465	4.05	0.160	8.47	5.69	8.64	5.80
100	4	115.0	113.1	4.528	4.453	4.5	0.176	12.1	8.14	12.4	8.34
125	5	140.8	138.5	5.543	5.453	4.85	0.192	16.2	10.9	16.7	11.2
150	6	166.5	163.9	6.555	6.453	4.85	0.192	19.2	12.9	19.8	13.3

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά των σιδηροσωλήνων ελαφρού τύπου [5]

Όνομαστική διάμετρος DN		Διάμετρος εξωτερική				Πάχος τοιχώματος Τιμές αντίστοιχες		Συμβατικά βάρη			
		Αντίστοιχες τιμές						Σωλήνες χωρίς σπειρώματα		Σωλήνες με σπειρώματα και σύνδεσμο	
		Μέγ.	Ελάχ.	Μέγ.	Ελάχ.						
mm	in	mm	mm	in	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
6	1/8	10.4	9.7	0.409	0.383	1.8	0.072	0.369	0.248	0.372	0.250
8	1/4	13.9	13.2	0.547	0.518	2.0	0.80	0.573	0.385	0.577	0.388
10	3/8	17.4	16.7	0.685	0.656	2.0	0.080	0.747	0.502	0.753	0.506
15	1/2	21.7	21.0	0.854	0.825	2.35	0.092	1.10	0.737	1.11	0.743
20	3/4	27.1	26.4	1.067	1.041	2.35	0.092	1.41	0.948	1.42	0.958
25	1	34.0	33.2	1.339	1.309	2.9	0.116	2.21	1.49	2.23	1.50
32	1 1/4	42.7	41.9	1.681	1.650	2.9	0.116	2.84	1.91	2.87	1.93
40	1 1/2	48.6	47.8	1.913	1.882	2.9	0.116	3.26	2.19	3.30	2.22
50	2	60.7	59.7	2.390	2.347	3.25	0.128	4.56	3.06	4.63	3.11
65	2 1/2	76.3	75.2	3.004	2.960	3.25	0.128	5.81	3.90	5.93	3.98
80	3	89.4	87.9	3.520	3.460	3.65	0.144	7.65	5.14	7.82	5.25
100	4	114.9	113.0	4.524	4.450	4.05	0.160	11.0	7.39	11.3	7.59

2.3.2 Συνδέσεις χαλυβδοσωλήνων

Οι συνδέσεις των χαλυβδοσωλήνων μπορεί να γίνουν με σπειρώματα, με φλάντζες, με συγκολλήσεις.

1. Συνδέσεις με σπειρώματα

Οι συνδέσεις αυτές γίνονται με σπείρωμα whitworth για σωληνώσεις (ΕΛΟΤ 267.1./82). Αυτό είναι κυλινδρικό εσωτερικό σπείρωμα για τις μούφες και τα άλλα εξαρτήματα (γωνίες, συστολικά, τάπες κ.ά.) και κωνικό εξωτερικό σπείρωμα (κόνος 1:16). Όλα τα εξαρτήματα πρέπει να είναι ενισχυμένα, δηλαδή κορδονάτα και κατασκευάζονται από μαλακό χυτοσίδηρο ή χάλυβα. Στις Εικόνες 2.3 έως 2.14 φαίνονται εξαρτήματα των χαλυβδοσωλήνων.



Εικόνα 2.3: Μούφα χαλύβδινη μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.4: Ημιμούφα χαλύβδινη μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.5: Γωνιά χαλύβδινη μέσα-έξω βόλτα [6]



Εικόνα 2.6: Γωνιά χαλύβδινη μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.7: Συστολή χαλύβδινη μέσα-έξω βόλτα [6]



Εικόνα 2.8: Ταυ χαλύβδινο μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.9: Σταυρός χαλύβδινος μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.10: Μαστός χαλύβδινος [6]



Εικόνα 2.11: Ρακόρ χαλύβδινο μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.12: Ρακόρ χαλύβδινο μέσα-έξω βόλτα [6]



Εικόνα 2.13: Κάλυμμα χαλύβδινο μέσα βόλτα [6]



Εικόνα 2.14: Γωνία χαλύβδινη 45° κολλητή [6]

2. Συνδέσεις με φλάντζες

Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η εύκολη λύση της σύνδεσης προτείνεται και η σύνδεση με φλάντζες. Οι φλάντζες συνδέονται προς το σωλήνα με συγκόλληση. Αν το μήκος του σπειρώματος είναι επαρκές επιτρέπεται και η σύνδεση με σπείρωμα (εφόσον επιτρέπεται η διάνοιξη σπειρώματος στον σωλήνα).

Οι χρησιμοποιούμενες φλάντζες μπορεί να είναι συγκολλούμενες ή κοχλιούμενες. Όμως και στις δύο περιπτώσεις επιβάλλεται να τηρούνται αυστηρά οι προδιαγραφές κατά DIN.

Για την αντιμετώπιση της στεγανότητας (ανάμεσα στις φλάντζες) βάζουμε κάποιο παρέμβυσμα από άλλο κατάλληλο υλικό. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος στεγανοποίησης είναι με επίπεδους δακτυλίους. Για την εξεταζόμενη περιοχή πιέσεων και θερμοκρασιών κατάλληλο υλικό είναι ο περμανίτης.



Εικόνα 2.15: Φλάντζα χαλύβδινη [6]



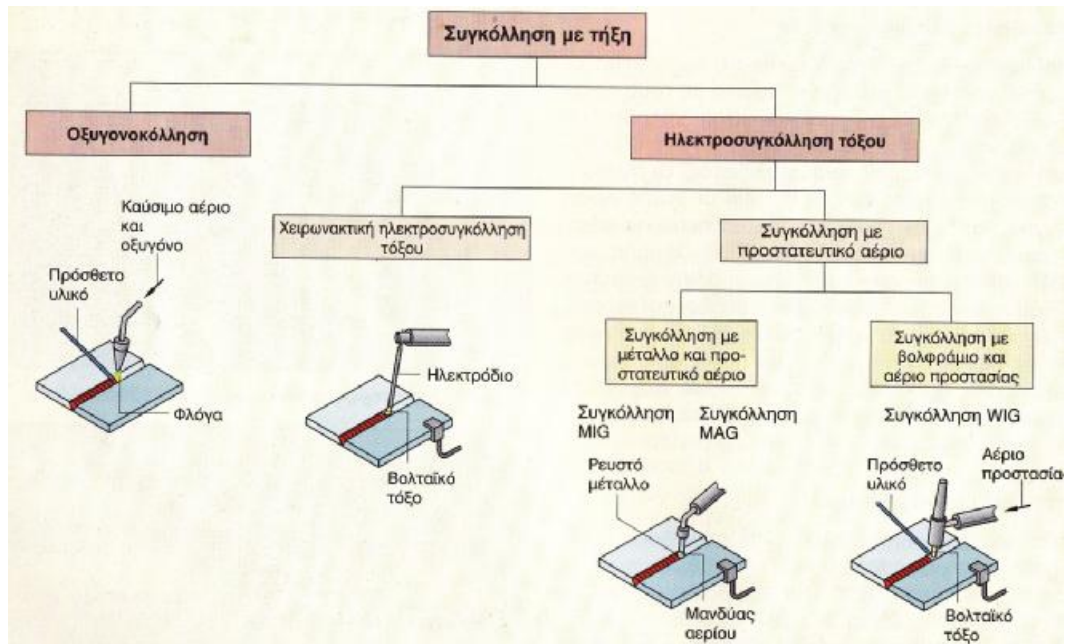
Εικόνα 2.16: Φλάντζα χαλύβδινη λαιμού [6]

3. Συνδέσεις με συγκολλήσεις

Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι συγκόλλησης (Εικόνα 2.17) στις σωληνώσεις (με ονομαστική πίεση P_N μέχρι 6bar, σε $t=20^\circ\text{C}$, δηλαδή στις κεντρικές θερμάνσεις) είναι:

- Η αυτογενής συγκόλληση με αέριο (ασετυλίνη) και οξυγόνο.
- Η ηλεκτροσυγκόλληση (βολταϊκό τόξο μεταξύ ηλεκτροδίου και τεμαχίου).

Από πλευράς ραφής και ποιότητας συγκόλλησης πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι προδιαγραφές. Στις Εικόνες 2.18 έως 2.26 φαίνονται εξαρτήματα συνδέσεων χαλυβδοσωλήνων με συγκόλληση [5].



Εικόνα 2.17: Συγκόλληση με τήξη [9]



Εικόνα 2.18: Καμπύλη συγκόλλησης 180° με ραφή [6]



Εικόνα 2.19: Καμπύλη συγκόλλησης 90° με ραφή [6]



Εικόνα 2.20: Καμπύλη συγκόλλησης 90° με ραφή (γαλβανιζέ) [6]



Εικόνα 2.21: Καμπύλη συγκόλλησης 180° άνευ ραφής [6]



Εικόνα 2.22: Καμπύλη συγκόλλησης 90° άνευ ραφής [6]



Εικόνα 2.23: Καμπύλη συγκόλλησης 45° άνευ ραφής [6]



Εικόνα 2.24: Ταυ συγκόλλησης συστολικό άνευ ραφής [6]



Εικόνα 2.25: Κάλυμμα συγκόλλησης άνευ ραφής [6]



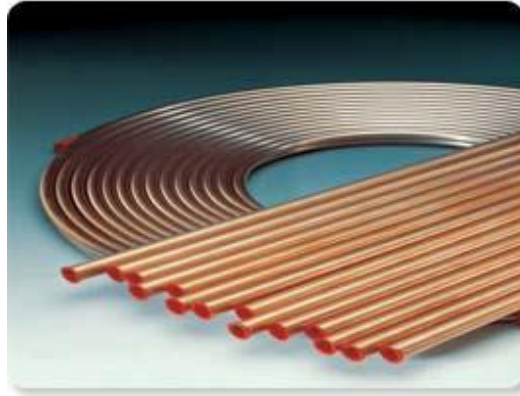
Εικόνα 2.26: Συστολή συγκόλλησης άνευ ραφής [6]

2.4 Χαλκοσωλήνες

2.4.1 Γενικά

Η τεράστια χρήση των χαλκοσωλήνων (Εικόνα 2.27) στη χώρα μας, τόσο για ύδρευση όσο και για θέρμανση άρχισε να εμφανίζεται τα τελευταία χρόνια σε αντίθεση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες όπου από πενήντα και πλέον έτη χρησιμοποιούσαν χαλκοσωλήνες για υδραυλικές εγκαταστάσεις υψηλών απαιτήσεων και μακράς διάρκειας ζωής. Βέβαια τότε δεν υπήρχαν οι σημερινές γνώσεις και ως εκ τούτου οι διάμετροι και το πάχος των χρησιμοποιούμενων χαλκοσωλήνων ήταν μεγάλα, με αποτέλεσμα το κόστος του υλικού και κατ' επέκταση το κόστος της εγκατάστασης να είναι αρκετά μεγάλο. Για παράδειγμα, οι συνδέσεις γίνονταν τότε αποκλειστικά και μόνο με βιδωτά εξαρτήματα.

Με την εισαγωγή χαλκοσωλήνων λεπτού τοιχώματος και την ανάπτυξη νέων μεθόδων σύνδεσης τους (τριχοειδής συγκόλληση), το κόστος των εγκαταστάσεων μειώθηκε σε τέτοιο βαθμό, ώστε μια εγκατάσταση ύδρευσης, θέρμανσης ή κλιματισμού με χαλκοσωλήνες είναι σχεδόν οικονομικότερη από μια αντίστοιχη εγκατάσταση με σιδηροσωλήνες [5].



Εικόνα 2.27: Χαλκοσωλήνες [10]

2.4.2 Πλεονεκτήματα του χαλκοσωλήνα

Μερικά από τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα είναι τα εξής [5],[8]:

- Είναι τελείως λείος και επομένως παρουσιάζει μικρότερη αντίσταση στη ροή, αυτό σημαίνει δυνατότητα χρησιμοποίησης μικρότερης διαμέτρου σωλήνα. (Συντελεστής τραχύτητας $K_{\text{χαλκοσωλήνα}}=0,0015\text{mm}$ και $K_{\text{σιδηροσωλήνα}}=0,1-0,5\text{mm}$).
- Δεν οξειδώνεται και δεν προσβάλλεται από τα οικοδομικά υλικά (ασβέστη, γύψο, τσιμέντο, κλπ.).
- Εξασφαλίζει μεγάλη ταχύτητα εγκατάστασης χάρη στα εξαρτήματα τριχοειδούς συγκόλλησης. (Σημαντική μείωση κόστους εργατικών).
- Είναι πολύ ελαφρύτερος από τον σιδηροσωλήνα και μεταφέρεται εύκολα.
- Έχει μεγάλη αντοχή στην πίεση.
- Κατά την τοποθέτησή του δεν χρειάζονται ειδικά εργαλεία, απλά ένας κόφτης και ένα μπεκ αερίου.
- Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, καθώς έχει καλές μηχανικές ιδιότητες.
- Καλή θερμική αγωγιμότητα.
- Αντοχή στις εναλλαγές της θερμοκρασίας (από -196 έως $+250$ βαθμούς Κελσίου).
- Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις θερμικές διακυμάνσεις και δεν επηρεάζεται από την ακτινοβολία.
- Αντοχή στη φωτιά (σημείο τήξης χαλκού 1083°C).
- Στεγανότητα. Οι σωλήνες και τα εξαρτήματα χαλκού δεν επιτρέπουν τη διέλευση οξυγόνου, διαλυτών, βλαβερών στοιχείων και φυτοφαρμάκων από το τοίχωμα τους. Παρουσιάζουν ελάχιστη θερμική διαστολή. Σε σχέση με τα πλαστικά, ο χαλκός έχει πολύ μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής.
- Είναι ανακυκλώσιμο υλικό.

Στα εσωτερικά τοιχώματα των σωλήνων σχηματίζεται ένα ελαφρότατο στρώμα οξειδίου του χαλκού (γάννα) που τον προφυλάσσει από οποιαδήποτε άλλη διάβρωση. Δεν υπάρχει συνεπώς κανένας κίνδυνος δηλητηρίασης λόγω πιθανής διάλυσης του χαλκού.

Τελευταίες έρευνες διεθνών υγειονομικών ινστιτούτων και οργανισμών απέδειξαν ένα ακόμη βασικό πλεονέκτημα των χαλκοσωλήνων, τις βακτηριοστατικές τους ιδιότητες. Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο δεν ευνοεί την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηριδίων (ιδίως στα παραμένοντα εντός των σωλήνων ύδατα) αλλά απεναντίας εμποδίζει την ανάπτυξή τους, αποδεικνύοντας έτσι τις έντονες βακτηριοστατικές του ιδιότητες [5].

2.4.3 Είδη χαλκοσωλήνων

Οι χαλκοσωλήνες που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο διακρίνονται σε ελαφρού τύπου και βαριού τύπου, ανάλογα με το πάχος των τοιχωμάτων του. Τεχνικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις δίνονται στους Πίνακες 3.3 και 3.4 που ακολουθούν. Οι χαλκοσωλήνες κυκλοφορούν στο εμπόριο και σε κουλούρες (coils) με ή χωρίς επένδυση πολυβινυλοχλωριδίου (PVC).

Πίνακας 3.4: Χαρακτηριστικά των χαλκοσωλήνων βαριού τύπου (ενισχυμένοι) [5].

έξωτ. διάμετρος χαλκοσωλήνος $d \times$ πάχος τοιχώματος (mm)	Βάρος (kg/m)	Μέγιστη πίεση λειτουργίας* (bar)	περιεκτικότητα ύδατος (l/m)	Μήκος σωλήνος ανά λίτρο (m/l)	Συσκευασία
6,0 x 1,0	0,140	229	0,013	79,30	Κουλούρες 50 m (μέχρι 15,0x10)
8,0 x 1,0	0,196	163	0,028	35,30	
10,0 x 1,0	0,252	127	0,050	19,90	
12,0 x 1,0	0,308	104	0,079	12,74	Εύθύγραμμο μήκη 3 m
15,0 x 1,0	0,391	82	0,133	7,53	
16,0 x 1,0	0,419	76	0,154	6,50	
18,0 x 1,0	0,475	67	0,201	5,00	
22,0 x 1,0	0,587	54	0,314	3,19	
28,0 x 1,5	1,110	65	0,491	2,04	Εύθύγραμμο μήκη 3 m
35,0 x 1,5	1,410	51	0,804	1,24	
42,0 x 1,5	1,700	42	1,195	0,84	
54,0 x 2,0	2,910	44	1,963	0,51	
64,0 x 2,0	3,467	37	2,827	0,35	
76,1 x 2,0	4,144	31	4,083	0,24	
88,9 x 2,0	4,859	26	5,661	0,18	
108,0 x 2,5	7,374	27	8,332	0,12	
133,0 x 3,0	10,904	26	12,668	0,08	
159,0 x 3,0	13,085	22	18,385	0,05	Εύθύγραμμο μήκη
219,0 x 3,0	18,118	16	35,633	0,03	
267,0 x 3,0	22,144	13	53,502	0,02	

* Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας υπελογίσθη με βάση μαλακό χαλκοσωλήνα με $R_m=200 \text{ N/mm}^2$ και συντελεστήν ασφαλείας $= 3,5$ (αφορά τόν χαλκοσωλήνα, όχι τό σημείο συνδέσεως)

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά των χαλκοσωλήνων ελαφρού τύπου [5].

Εξ. διάμετρος \times Πάχος $d \times S$ (mm)	Εσωτ. διάμετρος (mm)	ονομαστικό βάρος χαλκού	Εξωτερ. Επιφ. (m^2/m)	*Μέγιστη πίεση λειτουργίας (Kg/cm^2)	
				Ανοπημένος	Σκληρός
10x0,75	8,5	0,194	0,031	63	90
12x0,75	10,5	0,236	0,038	52	75
15x0,80	13,4	0,318	0,047	60	75
18x0,80	16,4	0,384	0,056	35	50
22x0,90	20,2	0,531	0,069	35	50
28x0,90	26,2	0,682	0,087	27	39
35x1	33,0	0,950	0,110	24	35
42x1,20	39,6	1,368	0,131	23	34
54x1,20	51,6	1,771	0,170	19	27

1. Χαλκοσωλήνες σε ευθύγραμμα μήκη (βέργες) (straight lengths)

Οι σωλήνες σε ευθύγραμμα μήκη (Εικόνα 2.28) παραδίδονται συνήθως σε σκληρή κατάσταση. Η διατομή των σωλήνων είναι τελείως στρογγυλή και η σύνδεση τους με τα εξαρτήματα (fittings) γίνεται χωρίς διόρθωση των άκρων. Τα συνήθη μήκη των ευθύγραμμων χαλκοσωλήνων είναι 3 μέτρα. Για ειδικές εφαρμογές μπορούν να προσφερθούν και σε μήκη των 5 μέτρων.



Εικόνα 2.28: Χαλκοσωλήνες σε ευθύγραμμα μήκη [10]

Οι τυποποιημένοι χάλκινοι υδραυλικοί σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από αποξειδωμένο καθαρό χαλκό, δηλαδή περιέχουν 99,9% χαλκό (Cu) που έχει υποστεί αφαίρεση οξυγόνου και 0,04 max Φώσφορο (Ph) σαν αντιοξειδωτικό μέσο. Από πλευράς. Από πλευράς πιστοποίησης πληρούν τις Αμερικανικές (ASTM B-88), τις Γερμανικές (DIN 1786) και τις διεθνείς (ISO/RR74) προδιαγραφές. Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για υδραυλικές και θερμαντικές εγκαταστάσεις καθώς και για δίκτυα καύσιμων αερίων.

Το πάχος τοιχώματος αυτού του είδους των χαλκοσωλήνων (DIN 1786) κυμαίνεται από 0,8mm μέχρι και 3mm, ενώ η εξωτερική τους διάμετρος κυμαίνεται από 6 μέχρι 267mm (Πίνακας 2.5).

Ο βαθμός σκληρότητας (H) του χαλκοσωλήνα είναι πολύ σημαντικός για την επιλογή του καταλληλότερου χαλκοσωλήνα κάποιας εγκατάστασης. Επίσης, προσδιορίζει και την αντοχή του χαλκοσωλήνα σε εφελκυσμό (tensile strength R_m - N/mm^2). Από αυτή την αντοχή του χαλκοσωλήνα $H(N/mm^2)$ σε συνδυασμό με την εξωτερική διάμετρο $D(mm)$ και το πάχος του $t(mm)$ μπορούμε να υπολογίσουμε την μέγιστη πίεση λειτουργίας του χαλκοσωλήνα $P(bar)$ χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο.

$$P = \frac{20H \cdot t}{D - t}$$

Όπου: $H \cong 80N/mm^2$ για σκληρούς σωλήνες
 $H \cong 66N/mm^2$ για μεσαίους σωλήνες
 $H \cong 50N/mm^2$ για μαλακούς σωλήνες

Η μέγιστη πίεση λειτουργίας P θεωρείται σε θερμοκρασία λειτουργίας μέχρι $65^\circ C$. Οι χαλκοσωλήνες μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να φθάσουν την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των $200^\circ C$. Σ' αυτές τις περιπτώσεις δεν ισχύει ο παραπάνω

τύπος ως έχει, αλλά λαμβάνονται υπόψη διάφοροι συντελεστές ασφάλειας. Στοιχεία γύρω από την αντοχή των χαλκοσωλήνων του εμπορίου φαίνονται στον Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5: Χαρακτηριστικά αντοχής χαλκοσωλήνων [5].

Υλικό	κατάσταση προϊόντος	συμβολισμός κατά DIN	Φορτίο θραύσεως N/mm ²	Τάση σε 0.2% N/mm ²	Επιμήκηση A5%	Σκληρότης H.B.
SF-Cu κατά DIN 1787	ανοπτημένο	F-22	240	70	45	54
	Ημίσκληρο	F-25	275	225	32	76
DHP-Cu κατά ISO	σκληρό	F-30	340	305	5	95
	*	F-37	420	400	5	115

2. Χαλκοσωλήνες σε κουλούρες (coils)

Οι σωλήνες σε μορφή κουλούρας διατίθενται στο εμπόριο γυμνοί (Εικόνα 2.29) ή επενδυμένοι με πλαστικό μανδύα από PVC (Εικόνα 2.30) σε μήκη των 25m ή 50m και σε εξωτερικές διαμέτρους σωλήνα Ø15, Ø16, Ø18, Ø22mm. Το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα που κύρια χρησιμοποιείται είναι 1mm (σπάνια δουλεύεται σε πάχος 0,8mm).

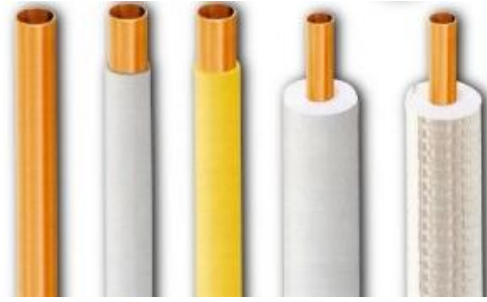


Εικόνα 2.29: Χαλκοσωλήνες σε κουλούρες [11]

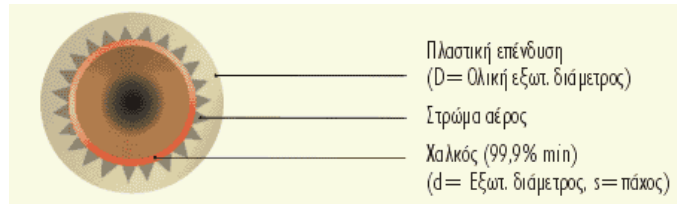
Ο χαλκοσωλήνας σε κουλούρα είναι πάντα σε ανοπτημένη κατάσταση (μαλακός) σύμφωνα με τις Γερμανικές προδιαγραφές DIN 1786/ DIN 59753, ενώ το υλικό του (χαλκός) ακολουθεί το DIN 1787.

Οι επενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες (Εικόνα 2.30), έχουν ειδικά κατασκευαστεί για να μειώνουν τις θερμικές απώλειες από τον σωλήνα (σε εγκαταστάσεις θέρμανσης), όταν αυτός τοποθετείται μέσα στο μπετό, σε επιχρίσματα ή κάτω από πατώματα. Η αυλακωτή χωρίς ραφή πλαστική (PVC) επένδυση (Εικόνα 2.31), παρουσιάζει αντοχή σε συνεχή χρήση με υγρά μέχρι 100°C και διατηρεί την ελαστικότητά της μέχρι την περιοχή των -60°C. Εκτός απ' αυτό όμως, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματα, τα κυριότερα των οποίων είναι:

- Η προστασία του σωλήνα από διαβρωτικά στοιχεία, που βρίσκονται στο μπετόν, στα επιχρίσματα ή στο έδαφος.
- Η οικονομική εγκατάσταση (λιγότερες συνδέσεις)
- Η δυνατότητα αποφυγής συνδέσεων στο «θαμμένο» τμήμα του χαλκοσωλήνα.
- Η προστασία του σωλήνα από οποιαδήποτε μηχανική φθορά.
- Η δυνατότητα απορρόφησης συστολών-διαστολών του σωλήνα.
- Η αποφυγή συμπυκνωμάτων στην επιφάνεια του χαλκοσωλήνα.



Εικόνα 2.30: Υπενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες [12]



Εικόνα 2.31: Σχέδιο υπενδεδυμένου χαλκοσωλήνα [13]

Σήμερα εκτός από τις εγκαταστάσεις θέρμανσης (μονοσωλήνιο σύστημα) που κύρια χρησιμοποιούνται οι επενδυμένοι χαλκοσωλήνες, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σε εγκαταστάσεις ύδρευσης καθώς και σε εγκαταστάσεις παροχής αερίων ή μη διαβρωτικών υγρών σε χώρους με διαβρωτικό περιβάλλον.

Η ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης οφείλεται στην σωστή κάμψη των σωλήνων. Οι επενδυμένοι χαλκοσωλήνες κάμπτονται και διαμορφώνονται στις επιθυμητές διαδρομές με σχετική ευκολία, όσο ο σωλήνας βρίσκεται σε ανοπτημένη κατάσταση. Όταν απαιτούνται πολύ μικρές ακτίνες καμπυλότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καμπτικές συσκευές (κουρμπαδούροι – tube benders).

2.4.4 Συνδέσεις χαλκοσωλήνων

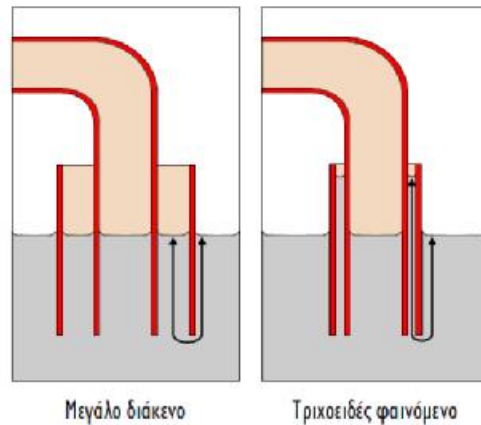
Οι συνδέσεις των χαλκοσωλήνων γίνονται είτε με κόλληση, είτε με συμπίεση, είτε με κοχλίωση [9].

1. Συνδέσεις με τριχοειδή συγκόλληση

Η πιο απλά, γρήγορη και ταυτόχρονα αξιόπιστη μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα για την δημιουργία δικτύων υδραυλικών εγκαταστάσεων (μη λυόμενων) είναι εκείνη με χρήση εξαρτημάτων χαλκού και κόλλησης [14]. Η κόλληση γενικά είναι μια θερμική μέθοδος σύνδεσης, όπου μια ουσία με σημείο τήξης χαμηλότερο από αυτό των προς σύνδεση τεμαχίων θερμαινόμενη τήκεται, τα περιχέει και διαχέεται πάνω τους, ώστε μετά την ψύξη τους να τα συνδέει [5].

Το φυσικό φαινόμενο στο οποίο στηρίζεται η σύνδεση αυτή χαλκοσωλήνων και εξαρτημάτων χαλκού με χρήση κόλλησης, λέγεται τριχοειδές φαινόμενο. Το τριχοειδές φαινόμενο λειτουργεί ανεξάρτητα από τη βαρύτητα (Εικόνα 2.32). Η σύνδεση με τριχοειδή συγκόλληση είναι γενικά μια θερμική μέθοδος σύνδεσης με μια ουσία, την κόλληση (συνήθως κράμα Κασσίτερου-Αργύρου ή Κασσίτερου-Χαλκού) της οποίας το σημείο τήξης (η θερμοκρασία που λιώνει) είναι χαμηλότερο από αυτό των προς σύνδεση τεμαχίων (χαλκοσωλήνων και εξαρτημάτων). Η κόλληση θερμαινόμενη λιώνει, διαχέεται και γεμίζει το διάκενο μεταξύ χαλκοσωλήνα και εξαρτήματος. Οι

δυνάμεις τριχοειδούς έλξης είναι τέτοιες, ώστε η υγρή κόλληση απορροφάται στο διάκενο οποιαδήποτε και αν είναι η κλίση του σωλήνα, υπερνικώντας της δύναμη της βαρύτητας. Μετά την ψύξη της στερεοποιείται και έτσι επιτυγχάνεται η συγκόλληση [14].



Εικόνα 2.32: Τριχοειδές φαινόμενο στην κόλληση [14].

Οι κολλήσεις ανάλογα με το σημείο τήξης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες [14]:

- a. Στις μαλακές κολλήσεις οι οποίες έχουν σημείο τήξης < από 450°C
- b. Στις σκληρές κολλήσεις οι οποίες έχουν σημείο τήξης > από 450°C

a. Μαλακές κολλήσεις

Οι μαλακές κολλήσεις χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις χαλκοσωλήνων σε εγκαταστάσεις ύδρευσης, θέρμανσης και αποχέτευσης καθώς και σε άλλες εγκαταστάσεις, όπου η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 150°C. Οι διατιθέμενες μαλακές κολλήσεις στο εμπόριο έχουν μορφή σύρματος (καρούλια των 250gr) με υψηλή περιεκτικότητα σε κασσίτερο ($Zn \geq 95\%$) και σημείο τήξης $\leq 250^\circ C$ (Προδιαγραφές DIN 1707). Το υπόλοιπο ποσοστό περίπου 3-5% είναι χαλκός (Cu) και μολύβι (Pb). Όσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητα της κόλλησης σε μολύβι, τόσο καλύτερα αποτελέσματα έχουμε [5].

b. Σκληρές κολλήσεις

Στις περιπτώσεις που οι συνδέσεις των φορτίων αντιμετωπίζουν μεγαλύτερα μηχανικά φορτία ή όπου οι μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας ξεπερνούν τους 130°C γίνεται χρήση σκληρών κολλήσεων. Οι σκληρές κολλήσεις επιβάλλεται να χρησιμοποιούνται και στις εγκαταστάσεις καυσίμων αερίων [5].

Για την πραγματοποίηση των συγκολλήσεων επιβάλλεται η χρήση αποξειδωτικής ουσίας [14]. Τα χρησιμοποιούμενα αποξειδωτικά για μαλακές κολλήσεις είναι διαφορετικού τύπου από εκείνα που χρησιμοποιούνται για σκληρές [5]. Τα αποξειδωτικά βοηθούν [14]:

- Στην αποφυγή της οξείδωσης των επιφανειών κατά την διάρκεια της συγκόλλησης
- Στην υποβοήθηση της ροής της κόλλησης
- Στην ολοκλήρωση του καθαρισμού των υπό σύνθεση επιφανειών

2. Συνδέσεις με συμπίεση

Οι συνδέσεις με συμπίεση χρησιμοποιούνται για την σύνδεση χαλκοσωλήνων και εξαρτημάτων από χαλκό ή κράματα χαλκού. Σε αυτές τις συνδέσεις χαλκοσωλήνων η συμπίεση μπροστά και πίσω από το στοιχείο στεγανότητας φροντίζει για την πραγματοποίηση μιας μη λυόμενης σύνδεσης, με τριβή και διατήρηση του σχήματος. Επίσης, μπορούν να εκτελεστούν και σαν συνδέσεις με δακτυλίους, όπου ο σωλήνας συμπιέζεται μεταξύ εξαρτήματος και δακτυλίου [9].

3. Συνδέσεις με κοιλίωση

Οι λυόμενες κοιλιωτές συνδέσεις χαλκοσωλήνων έχουν στα άκρα των σωλήνων κολλημένα εξαρτήματα με σπείρωμα και έτσι επιτρέπουν την μετάβαση από σωλήνα σε σωλήνες με σπείρωμα [9].

2.4.5 Εξαρτήματα για την σύνδεση χαλκοσωλήνων

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την σύνδεση των χαλκοσωλήνων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

a. Κολλητά εξαρτήματα

Τα κολλητά εξαρτήματα κατασκευάζονται από χαλκό ή ορείχαλκο. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται μερικά χαρακτηριστικά εξαρτήματα χαλκοσωλήνων (copper fittings). Κατά κανόνα τα εξαρτήματα αυτά κατασκευάζονται από τεμάχια χαλκοσωλήνων διαμορφωμένων καταλλήλως εν ψυχρώ. Για ένα καλό εξάρτημα σημασία έχουν οι διαστάσεις του, το μήκος πατούρας, η εσωτερική διάμετρος και το πάχος τοιχώματος. Το μήκος συναρμογής των σωλήνων είναι διαφορετικό, ανάλογα αν έχουμε αρσενικό ή θηλυκό άκρο, συνδυαζόμενο με χαλκοσωλήνα [5].

Στις εικόνες 2.33 έως 2.43 φαίνονται κολλητά χάλκινα εξαρτήματα.



Εικόνα 2.33: Μούφα χαλκού [11]



Εικόνα 2.34: Καμπύλη χαλκού [11]



Εικόνα 2.35: Καμπύλη χαλκού αρσενική-θηλυκή [11]



Εικόνα 2.36: Ημικαμπύλη χαλκού [11]



Εικόνα 2.37: Ημικαμπύλη χαλκού αρσενική-θηλυκή [11]



Εικόνα 2.38: Γωνία χαλκού [11]



Εικόνα 2.39: Ταφ χαλκού [11]



Εικόνα 2.40: VE χαλκού [11]



Εικόνα 2.41: Ημιβε χαλκού [11]



Εικόνα 2.42:Συστολή χαλκού [11]



Εικόνα 2.43:Τάπα χαλκού [11]

Στις εικόνες 2.44 έως 2.50 φαίνονται κολλητά-βιδωτά ορειχάλκινα εξαρτήματα.



Εικόνα 2.44: Γωνιά αρσενική [11]



Εικόνα 2.45: Γωνιά θηλυκή [11]



Εικόνα 2.46: Μαστός αρσενικός [11]



Εικόνα 2.47: Μαστός θηλυκός [11]



Εικόνα 2.48: Ρακόρ ίσιο αρσενικό [15]



Εικόνα 2.49: Ρακόρ ίσιο θηλυκό [15]



Εικόνα 2.50: Ρακόρ κολλητό [15]

Το μήκος της συναρμογής των σωλήνων και εξαρτημάτων είναι διαφορετικό, ανάλογα αν έχουμε αρσενικό ή θηλυκό άκρο, συνδυαζόμενο με χαλκοσωλήνα. Αυτό δίνεται μαζί με τις ανοχές στον Πίνακα 2.6.

Κατά γενικό κανόνα τα εξαρτήματα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από αναδιπλώσεις, φυσαλίδες, πόρους και ρωγμές, να έχουν σπασμένο γρέζι και γενικά τελειωμένο φινίρισμα. Ο έλεγχος της ποιότητας των εξαρτημάτων των χαλκοσωλήνων, σε ότι αφορά τις διαστάσεις, την στεγανότητα και το ελάχιστο πάχος τοιχώματός τους (Πίνακας 2.7) γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 617 (ή DIN 2856) [5].

Πίνακας 2.6: Ελάχιστο πάχος τοιχώματος εξαρτημάτων σε mm κατά ΕΛΟΤ 617 [5].

Διάμετρος συναρμογής D	Μήκος θηλυκού άκρου L ₁	Μήκος αρσενικού άκρου L ₂	Ανοχή στα μήκη L ₁ και L ₂
6 8 10	7 8 9	9 10 11	±1,2
12 15 18	10 12 14	12 14 16	±1,4
22 28	17 20	19 22	±1,6
35 42 54	25 29 34	27 31 36	±2,0
64 76,1 88,9 108	35 36 40 50	38 39 43 53	±2,5

*Σημείωση: Η διάμετρος 64mm δεν περιλαμβάνεται στα πρότυπα ΕΛΟΤ.

Πίνακας 2.7: Μήκος συναρμογής και ανοχές μήκους σε mm (Επιλογή ΕΛΟΤ 617, DIN 2856) [5].

Διάμετρος συναρμογής	Εξαρτήματα χαλκού		Εξαρτήματα ερυθρού ορειχάλκου	
	Ελάχιστο πάχος γενικά	Ελάχιστο πάχος σε κρίσιμες θέσεις μόνο, π.χ. άκρα κόλλησης ή καμπύλες	Πρεσαριστά	Χυτά
6	0,72	0,6	1,0	1,0
8	0,72	0,6	1,0	1,0
10	0,72	0,6	1,1	1,1
12	0,8	0,6	1,1	1,2
15	0,9	0,7	1,2	1,4
18	0,9	0,8	1,4	1,5
22	1,0	0,9	1,4	1,6
28	1,08	0,9	1,5	1,8
35	1,20	1,0	1,6	1,9
42	1,30	1,1	1,8	2,2
54	1,35	1,2	2,0	2,3
64	1,55	1,4	2,3	2,6
76,1	1,75	1,6	2,6	3,4
88,9	1,90	1,8	2,9	3,9
108	2,30	2,1	3,3	4,5

b. Εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης

Τα εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις κατασκευής λυόμενων δικτύων. Η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται μέσω μηχανικής συμπίεσης μεταλλικού δακτυλίου [14]. Στις εικόνες 2.51-2.53 εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης.



Εικόνα 2.51: Ρακόρ μηχανικής σύσφιξης αρσενικό [15]



Εικόνα 2.52: Ρακόρ μηχανικής σύσφιξης θηλυκό [15]



Εικόνα 2.53: Ρακόρ μηχανικής σύσφιξης σύνδεσης [15]

2.5 Πλαστικοί σωλήνες

2.5.1 Γενικά

Με τον όρο πλαστικοί σωλήνες (Εικόνα 2.54) χαρακτηρίζουμε όλους τους συνθετικούς σωλήνες που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο. Είναι πράγματι γεγονός αναμφίβολο ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται και στη χώρα μας μια σημαντική αύξηση των εγκαταστάσεων ύδρευσης και θέρμανσης (μονοσωλήνιο σύστημα) από πλαστικούς σωλήνες.

Οι λόγοι που ουσιαστικά οδήγησαν τους εγκαταστάτες και καταναλωτές στην χρήση πλαστικών σωλήνων είναι η σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης λόγω της χαμηλής τιμής του σωλήνα και του περιορισμού των εξόδων εγκατάστασης του (εργατικό κόστος). Δηλαδή, ενώ η τιμή των πλαστικών σωλήνων κυμαίνεται στα επίπεδα των σιδηροσωλήνων, το κόστος εγκατάστασης των πλαστικών σωλήνων είναι σχεδόν το ίδιο με το κόστος εγκατάστασης των αντίστοιχων χαλκοσωλήνων (σε κουλούρες) [5].



Εικόνα 2.54: Πλαστικοί σωλήνες [8]

2.5.2 Χαρακτηριστικά πλαστικών σωλήνων

Χαρακτηριστικά πλαστικών σωλήνων που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα ύδρευσης, αποχέτευσης και θέρμανσης [8]:

- Έχουν μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και αντέχουν σε υψηλά όρια κρούσης, εφελκυσμού και ελαστικότητας. Σε σύγκριση με το χαλκό και το σίδηρο είναι λιγότερο ανθεκτικές στις μηχανικές καταπονήσεις.
- Έχουν μέγιστη θερμοκρασία αντοχής από 90 έως 110 βαθμούς Κελσίου και ελάχιστη θερμοκρασία αντοχής από -20 έως -100 βαθμούς Κελσίου.
- Έχουν μικρό βάρος (οκτώ φορές μικρότερο από του χαλκού και του σιδήρου) με αποτέλεσμα να μεταφέρονται ευκολότερα. Είναι οικονομικότεροι και τοποθετούνται ευκολότερα.
- Έχουν ευλυγισία και γι' αυτό μπορούν να εφαρμοστούν σε εγκαταστάσεις όπου οι απαιτήσεις ξεφεύγουν από τα ευθύγραμμα πρότυπα.
- Δεν προσβάλλονται εύκολα χημικούς παράγοντες και μικροοργανισμούς.
- Παρουσιάζουν μικρές απώλειες πίεσης.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αντέχουν σε καταπονήσεις και δονήσεις (καλή αντισεισμική συμπεριφορά).
- Αντικαθιστώνται εύκολα.
- Είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.
- Δεν είναι τοξικοί, ακόμα και αν καούν (εκτός από τις PVC).
- Οι πλαστικοί σωλήνες επηρεάζονται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου με αποτέλεσμα να είναι πιο ευπαθείς σε θραύση και γήρανση. Για το λόγο αυτό στα εξωτερικά δίκτυα χρησιμοποιούνται σωλήνες υψηλής αντοχής με πρόσθετη επιφανειακή μόνωση.
- Έχουν καλό συντελεστή τραχύτητας.

2.5.3 Είδη πλαστικών σωλήνων

Οι πλαστικοί που χρησιμοποιούνται σε ευρύτερη κλίμακα στις υδραυλικές εγκαταστάσεις παράγονται από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PEX), πολυπροπυλένιο (PP), πολυβουτένιο (PB), χλωριωμένο PVC (CPVC), διασταυρούμενο πολυαιθυλένιο (VPE).

1. Σωλήνες από πολυαιθυλένιο (PE) και δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PEX)

Από πλευράς πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των πλαστικών σωλήνων (PE, Εικόνα 2.55) σε σύγκριση με τους αντίστοιχους συμβατικούς μεταλλικούς σωλήνες (σιδηροσωλήνες, χαλκοσωλήνες) πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής [5]:

- Χαρακτηρίζονται σαν απόλυτα υγιεινοί για πόσιμο νερό.
- Έχουν θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής (περίπου 50 χρόνια), ιδιαίτερα για μεταφορά νερού χαμηλών θερμοκρασιών ($\Theta_v < 80^\circ\text{C}$).
- Είναι απόλυτα αδρανείς σε οξειδωτική και ηλεκτρολυτική διάβρωση.
- Δεν υπάρχουν συνδέσεις μέσα στους τοίχους ή τα δάπεδα άρα ελέγχονται πλήρως για περίπτωση διαρροών.
- Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (παγωνιά), χωρίς να σημαίνει φυσικά ότι δεν σπάζουν.
- Αντικαθίστανται σχετικά εύκολα σε περίπτωση βλάβης, χωρίς σκαγίματα με απλή χρήση ενός ειδικού συνδέσμου εφελκυσμού.
- Προσφέρουν μειωμένο χρόνο και κόστος εγκατάστασης.



Εικόνα 2.55: Σωλήνες κρύου πόσιμου νερού από πολυαιθυλένιο [16]

Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PEX, Εικόνες 2.56-2.57) είναι ένα πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HD PE) το οποίο έπειτα από μια χημική κατεργασία, τα γραμμικά μακρομόρια του πολυμερούς ενώνονται σχηματίζοντας πλέγμα με σταυροδεσμούς. Αυτοί οι δεσμοί προσδίδουν στο πολυμερές εξαιρετικές ιδιότητες [17]. Η δικτύωση του πολυαιθυλενίου που επιτυγχάνεται υπό ορισμένες συνθήκες, συντελεί ώστε να παραχθεί ένα προϊόν (PEX) με πολύ καλή συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες και ταυτόχρονα με απεριόριστη αντοχή στο χρόνο [5].



Εικόνα 2.56: Σωλήνες ύδρευσης-θέρμανσης από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PEX) [16]

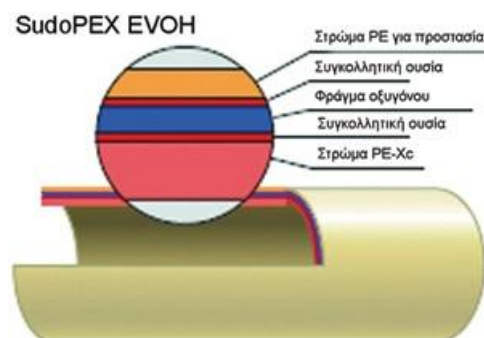


Εικόνα 2.57: Επενδεδυμένοι σωλήνες δικτυωμένου πολυαιθυλενίου (PEX) [18]

Τα πλεονεκτήματα των σωλήνων PEX είναι [18]:

- Χαρακτηρίζονται σαν απόλυτα υγιεινοί για πόσιμο νερό.
- Υψηλές μηχανικές αντοχές, όπως η αντοχή στην πίεση κυρίως σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Η μεγάλη ποσότητα αντιοξειδωτικών στο υλικόν τους που έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής τους σε περιοχές με νερό υψηλής χλωρίωσης ή με νερό υψηλής οξύτητας ή αλκαλιότητας.
- Μεγαλύτερη χημική αντοχή σε διαβρωτικά υγρά και απορρυπαντικά και σε μεγαλύτερο εύρος επιθετικών χημικών ενώσεων.
- Μικρότερη διαπερατότητα των σωλήνων από αέρια και κυρίως από διαβρωτικό οξυγόνο.
- Βαθμό δικτύωσης που αυξάνει με το πέρασμα του χρόνου και ενδυναμώνει την αντοχή στην πίεση (αρχικός βαθμό δικτύωσης 65% ο οποίος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου και φτάνει το 80%)

Ορισμένοι κατασκευαστές παράγουν τον σωλήνα δικτυωμένου πολυαιθυλενίου με μια ειδική επικάλυψη η οποία είναι υλικό πολυαμιδικής βάσης. Η επικάλυψη αυτή ουσιαστικά απαγορεύει την διείσδυση οξυγόνου μέσα στο σωλήνα. Όπως είναι γνωστό η διείσδυση αυτή δημιουργεί προβλήματα οξείδωσης στα ευαίσθητα σημεία του κυκλώματος (Εικόνα 2.58) [5]. Το εξωτερικό στρώμα ΕVΟΗ δεν επιτρέπει το οξυγόνο να εισχωρήσει στο σωλήνα και να δημιουργηθεί διάβρωση στα μεταλλικά μέρη του συστήματος.



Εικόνα 2.58: Σωλήνας δικτυωμένου πολυαιθυλενίου (PEX) με φράγμα οξυγόνου [19].

Τα εξαρτήματα μηχανικής σύσφιξης δικτυωμένου πολυαιθυλενίου κατάλληλα για ύδρευση και θέρμανση φαίνονται στις Εικόνες 2.59-2.67.



Εικόνα 2.59: Ρακόρ αρσενικό [20]



Εικόνα 2.60: Ρακόρ αρσενικό [20]



Εικόνα 2.61: Ρακόρ σύσφιξης [20]



Εικόνα 2.62: Ταφ αρσενικό [20]



Εικόνα 2.63: Ταφ θηλυκό [20]



Εικόνα 2.64: Γωνία αρσενική [20]



Εικόνα 2.65: Γωνία θηλυκή [20]



Εικόνα 2.66: Γωνία σύσφιξης [20]



Εικόνα 2.67: Ταφ σύσφιξης [20]

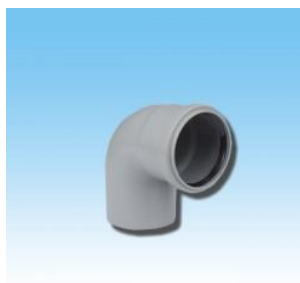
2. Σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP)

Το πολυπροπυλένιο (PP) είναι συνθετική οργανική ένωση, ανήκει στη μεγάλη κατηγορία των πλαστικών, είναι άοσμο, άχρωμο και διαυγές, χαρακτηρίζεται ως θερμοπλαστικό πολυμερές, ανήκει στις πολυολεφίνες και προέρχεται από τον πολυμερισμό του προπυλενίου [21]. Όσα αναφέρθηκαν για τις σωληνώσεις δικτυομένου πολυαιθυλενίου (PEX) αφορούν κατά γενικό κανόνα και τις σωληνώσεις από πολυπροπυλένιο (PP) (Εικόνα 2.68) [5]. Μερικά από τα χαρακτηριστικά των σωλήνων προπυλενίου είναι τα εξής [21]:

- Χαμηλό βάρος
- Μικρές απώλειες πίεσης
- Μικρές απώλειες θερμότητας
- Χημική αδράνεια
- Υψηλές μηχανικές αντοχές
- Καλή ελαστικότητα
- Πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ζωής
- Ανακυκλώσιμο
- Πλήρως ατοξικό
- Ευπάθεια στην υπεριώδη ακτινοβολία



Εικόνα 2.68: Σωλήνες αποχέτευσης από πολυπροπυλένιο [16]



Εικόνα 2.60: Γωνία από πολυπροπυλένιο [16]



Εικόνα 2.61: Ταφ συστολικό από πολυπροπυλένιο [16]



Εικόνα 2.62: Ημιταφ από πολυπροπυλένιο [16]



Εικόνα 2.63: Τάπα από πολυπροπυλένιο [16]

Οι σωλήνες από PP στο εμπόριο προσφέρονται σε βέργες των 3 ή 4 m και σε διατομές από Ø16 μέχρι Ø75. Ορισμένοι κατασκευαστές το προσφέρουν σε κουλούρες των 100m [5].

3. Σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Το PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο ή κοινώς βινύλιο) είναι θερμοπλαστικό υλικό που παράγεται με βάση το πετρέλαιο και το γλάριο και είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο συνθετικό υλικό. Το PVC είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε βάσεις και οξέα και χρησιμοποιείται σε υδραυλικές σωληνώσεις και σωλήνες αποχέτευσης (σε μερικές χώρες αποτελεί το 65-75% των υλικών που χρησιμοποιούνται στον τομέα αυτό). Εύκαμπτοι σωλήνες PVC χρησιμοποιούνται σε ποτιστικά συστήματα, όπως και στα χημικά εργαστήρια [22]. Σαν βασικές ιδιαιτερότητες των σωλήνων (PVC) θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τις εξής [23]:

- Πλήρη στεγανότητα λόγω του τρόπου σύνδεσης
- Μεγάλη αντοχή σε εσωτερική υδραυλική πίεση
- Ικανοποιητική αντοχή σε εξωτερικά φορτία
- Ασφάλεια έναντι κινδύνου διαβρώσεων από χημικές επιδράσεις
- Καμία αλλοίωση στην ποιότητα νερού
- Εύκολη τοποθέτηση λόγω μικρού βάρους

- Μηδενικό κόστος συντήρησης
- Ακαμψία κατά την εφαρμογή τους
- Ελαστικότητα κατά την θερμική επεξεργασία στη φάση της εγκατάστασης
- Μηδενική συσσώρευση αλάτων
- Αντοχή σε δονήσεις και μηχανικές καταπονήσεις

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 Γενικά Στοιχεία

Το προς μελέτη κτίριο βρίσκεται στην συμβολή των οδών Μαιζώνος και Σωσιπάτρου 310β και έχει κατασκευαστεί αρχικά το έτος 1930 περίπου. Το κτίριο έχει κριθεί διατηρητέο σύμφωνα με το υπ' αριθμόν 1073/20.7.1994 πρωτόκολλο του Υπουργείου Πολιτισμού.

Πρόκειται για μια διώροφη κατοικία γενικών διαστάσεων (7,72×15,00)m² η οποία έχει εξωτερικούς και εν μέρει εσωτερικούς φέροντες τοίχους από πέτρα και τούβλα συμπαγή. Τα δάπεδα είναι ξύλινα, όπως και η σκάλα που οδηγεί στον α' όροφο. Το κτίριο επικαλύπτεται εν μέρει με ξύλινη στέγη.

Στο κτίριο υπάρχουν σε κάποια σημεία και δάπεδα από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως τμήμα της οροφής του ισόγειου όπου στον α' όροφο όπου είναι το δάπεδο του δώματος.

Το ισόγειο έχει ξεχωριστεί είσοδο από τον όροφο και αποτελείται από τρία δωμάτια, κουζίνα, λουτρό, W.C., και αποθήκη. Το ισόγειο έχει επιφάνεια 101,15m². Στον ακόλυπτο υπάρχει μεταλλική σκάλα που οδηγεί στον α' όροφο.

Στον α' όροφο υπάρχουν στην πρόσοψη το καθιστικό, δύο δωμάτια, οι βοηθητικοί χώροι και στο πίσω μέρος μια βεράντα όπου υπάρχει μια στρογγυλή μεταλλική σκάλα για την επικοινωνία με το δώμα. Ο α' όροφος έχει εμβαδόν 88,22 m². Ο α' όροφος επικαλύπτεται κατά μεγάλο μέρος με δύο δύριχτες στέγες και το δώμα εμβαδού 11,98m².

Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες που δείχνουν τις όψεις του σπιτιού πριν και μετά την αποκατάστασή του.

3.2 Τεχνική περιγραφή πριν την αποκατάσταση

3.2.1 Γενικές εκτιμήσεις

Γενικώς, η ποιότητα της δόμησης και η κατάσταση του κτιρίου δεν ήταν καλές όπου υπήρχαν ενδείξεις για την συμπεριφορά και βλάβες. Κατά τόπους υπήρχαν εμφανείς/έντονες ρωγμές, κυρίως στα σώματα των τοίχων (λόξες, διαγώνιες) και στις γωνίες/συναντήσεις τους (ρωγμές αποκόλλησης).

Η όψη του κτιρίου ήταν αρκετά λιτή, σοβατισμένη με απλό σοβά όπου είχε γραμμώσεις σχήματος περίπου τσιμεντόλιθου, χρώματος ώχρα. Τα κουφώματα είναι ξύλινα, τα εσωτερικά με τζαμόφυλλα λευκά και τα εξωτερικά με πατζούρια γαλλικά χρώματος γκρι. Στο ισόγειο υπήρχαν δύο μεταλλικές πόρτες, η μια είναι η είσοδος για το ισόγειο και η άλλη είναι η είσοδος για τον πρώτο όροφο.

3.2.2 Περιγραφή φέροντος οργανισμού

Κατακόρυφα στοιχεία

Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία ήταν λιθοδομή με συνδετική ύλη ασβεστοκονίαμα. Ήταν δομημένα σε πάχος 50cm. Η διάταξη των τοιχοδομών στην κάτοψη παρουσιάζει αρκετή συμμετρία.

Όλοι οι τοίχοι ήταν συμπαγείς, με μικρά ανοίγματα, γεγονός το οποίο είχε προσδώσει ικανοποιητική αντοχή σε σεισμικές καταπονήσεις. Η ανυπαρξία επίσης ενδείξεων διαφορικής καθίζησης του εδάφους, δείχνει και την ικανοποιητική μέχρι σήμερα συμπεριφορά της

θεμελίωσης. Ίσως αυτοί να ήταν οι βασικοί λόγοι που συντέλεσαν και επέτρεψαν την μακρόχρονη επιβίωση του μελετώμενου κτιρίου.

Εξωτερικό τοίχωμα (περιμετρικό): Η καλή, εν κατόψει, διάταξη αυτού του τοιχώματος συνιστούσε το κυριότερο χαρακτηριστικό αυτού. Όμως είχε ανοίγματα, τα οποία άφηναν μεταξύ τους πεσσούς ανεπαρκών διαστάσεων, που δημιουργούσαν μια έντονη συγκέντρωση τάσεων στα επί μέρους στοιχεία του τοιχώματος αυτού, δημιουργώντας σ' αυτά μια αυξημένη καταπόνηση, στην οποία δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν.

Οριζόντια φέροντα στοιχεία

Οι φέρουσες δοκοί των δαπέδων αυτών ήταν ξύλινες από πριστή ξυλεία ορθογωνικής διατομής, επί των οποίων εδραζόταν το σανίδωμα και στην συνέχεια η τελική επικάλυψη του πατώματος.

Η μακροχρόνια παρουσία υγρασίας είχε επηρεάσει και την ποιότητα των ξύλινων δοκών των πατωμάτων. Αυτό, διαπιστώθηκε τόσο από μεμονωμένα σημεία απογυμνωμένα, όσο και κυρίως από διάφορα σημεία στα οποία η διάβρωση ήταν τέτοιου βαθμού ώστε υπήρχε κίνδυνος κατακρήμνισης ολόκληρων τμημάτων των πατωμάτων. Το σύνολο των ξύλινων πατωμάτων έχρηζε πλήρους αποκατάστασης.



Εικόνα 3.1: Η κατοικία πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 3.2: Η κατοικία πριν την αποκατάσταση.

3.3 Αποκατάσταση κτιρίου – εξωτερικοί χώροι

Το κτίριο έχρηξε άμεσης αποκατάστασης λόγω ζημιών που προέκυψαν λόγω σεισμού. Η αποκατάσταση έγινε με σκοπό την διατήρηση του κτιρίου αυτού όσο το δυνατόν περισσότερο, δίχως να αλλοιώνεται κάποιο στοιχείο που το χαρακτηρίζει.

Το κτίριο κατεδαφίστηκε όλο εσωτερικά και παρέμειναν οι εξωτερικοί περιμετρικοί τοίχων οι οποίοι ενισχύθηκαν με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite). Δημιουργήθηκε επιπλέον νέος φορέας με κολώνες, δοκούς και δάπεδα από οπλισμένο σκυρόδεμα, κάτι που εκτός από την καλύτερη στατική επάρκειά του κτιρίου, έδωσε την δυνατότητα καλύτερης αρχιτεκτονικής λύσης εσωτερικά σε όλους τους ορόφους, χωρίς να θίγεται η εξωτερική αρχιτεκτονική του κτιρίου.

Εσωτερικά για το ισόγειο κατασκευάστηκε μια κατοικία όπως υπήρχε και πριν που θα εξυπηρετείται με την είσοδο στο μέσον και στον α' όροφο μια δεύτερη κατοικία με ξεχωριστή είσοδο.



Εικόνα 3.3: Η κατοικία μετά την αποκατάσταση.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

4.1 Μελέτη ύδρευσης

4.1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύων ύδρευσης. Η σύνταξη της μελέτης έγινε σύμφωνα με την TOTEE 2411/86, λαμβάνοντας υπόψη και τα βοηθήματα:

- α) Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής Κ. Schulz
- β) Κανονισμός Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων
- γ) Κανονισμός Λειτουργίας Δικτύου Υδρεύσεως ΕΥΔΑΠ
- γ) Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN

4.1.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

Η επιλογή διατομών στους σωλήνες γίνεται σε κάθε τμήμα του δικτύου θεωρώντας ότι:

α) Οι παροχές στα τμήματα που καταλήγουν σε υδραυλικούς υποδοχείς καθορίζονται από τον τύπο των υποδοχέων βάσει της TOTEE.

β) Οι παροχές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.

γ) Λόγω ετεροχρονισμού στην λειτουργία των υποδοχέων, υπολογίζεται η παροχή αιχμής, από την θεωρητική παροχή και την καμπύλη ετεροχρονισμού. Αυτή, έχει την μορφή:

$$Q_s = a \times (\sum Q_r)^b + c \quad (4.1)$$

όπου Q_s η παροχή αιχμής, Q_r η κανονική παροχή και a , b , c συντελεστές που εξαρτώνται από το είδος του κτιρίου, καθώς και από την τιμή $\sum Q_r$, σύμφωνα με την TOTEE.

δ) Ο υπολογισμός των διατομών για το δίκτυο του κρύου και του ζεστού νερού γίνεται ανεξάρτητα, θεωρώντας τις παροχές που υπολογίζονται με τον παραπάνω τρόπο. Οι σχέσεις στις οποίες βασίζονται οι υπολογισμοί είναι:

Εξίσωση συνέχειας:
$$Q = \frac{\pi D^2}{4} U \quad (4.2)$$

Εξίσωση Darcy:
$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{U^2}{2g} \quad (4.3)$$

Εξίσωση Colebrook:
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (4.4)$$

Αριθμός Reynolds
$$Re = \frac{UD}{\nu} \quad (4.5)$$

όπου:

Q: Παροχή σε m³/h

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

U: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

Δh: Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

- λ: Συντελεστής τριβής
 k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm
 Re: Αριθμός Reynolds
 ν: Ιξώδες νερού σε m²/sec

ε) Οι ελάσσονες τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, τάφ, κρουνοί κλπ) κάθε τμήματος του δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \sum \zeta \rho U^2 \quad (4.6)$$

όπου:

- Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου
 ρ: Πυκνότητα νερού

στ) Ο όγκος ανακυκλοφορίας προκύπτει από την σχέση:

$$V_u = \frac{Q}{c \times \rho_m \times (\theta_r - \theta_f)} \quad (4.7)$$

Για τις τριβές, λαμβάνονται υπόψη η ανακυκλοφορία λόγω βαρύτητας, οι απώλειες πίεσης, καθώς και πιθανή αντλία (βλ. Schulz).

ζ) Πιεστικό

Σε περίπτωση που απαιτείται, υπολογίζεται είτε πιεστικό με προπίεση αέρα (αναλυτικά σύμφωνα με K.Schulz), είτε απλό πιεστικό μεμβράνης.

4.1.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

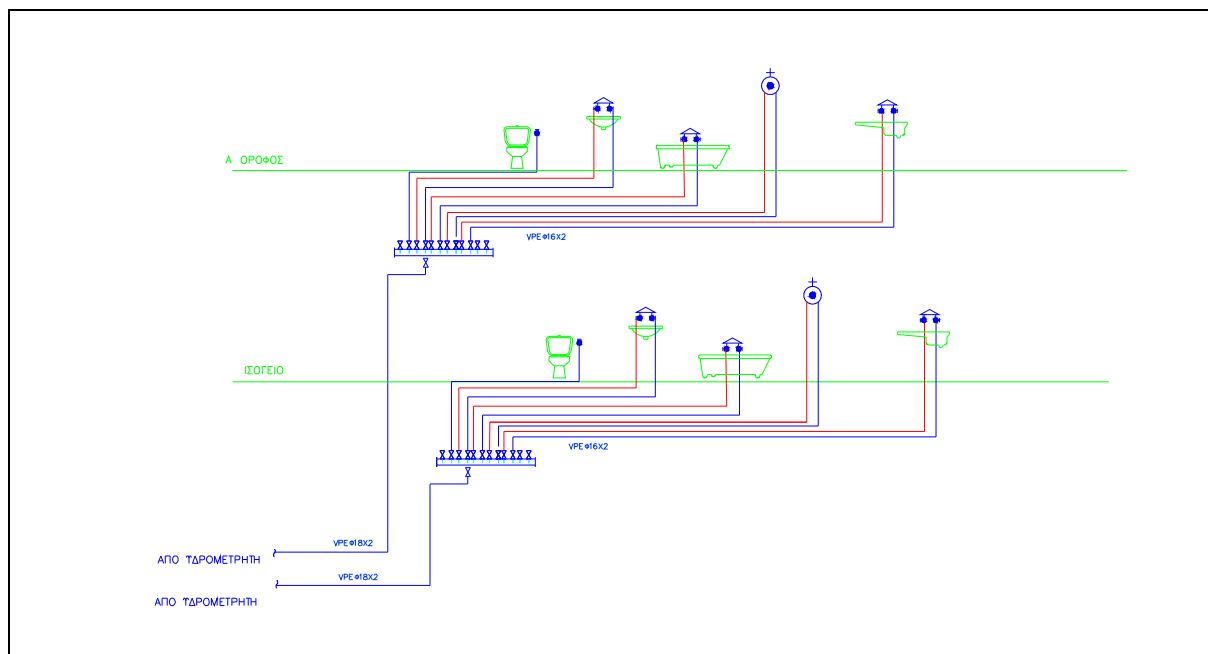
Τα αποτελέσματα των υδραυλικών υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

1. Τμήμα δικτύου
2. Μήκος τμήματος (m)
3. Είδος Υποδοχέα
4. Παροχή Υποδοχέα (l/s)
5. Παροχή Αιχμής (l/s)
6. Διάμετρος Σωλήνα (mm)
7. Ταχύτητα Νερού (m/s)
8. Συνολική αντίσταση Εξαρτημάτων Σζ
9. Τριβή Εξαρτημάτων (mYΣ)
10. Τριβή Σωληνώσεων (mYΣ)
11. Ολική Τριβή Τμήματος (mYΣ)
12. Πίεση Εκροής (υποδοχέα) (mYΣ)
13. Πίεση λόγω Ύψομέτρου (mYΣ)

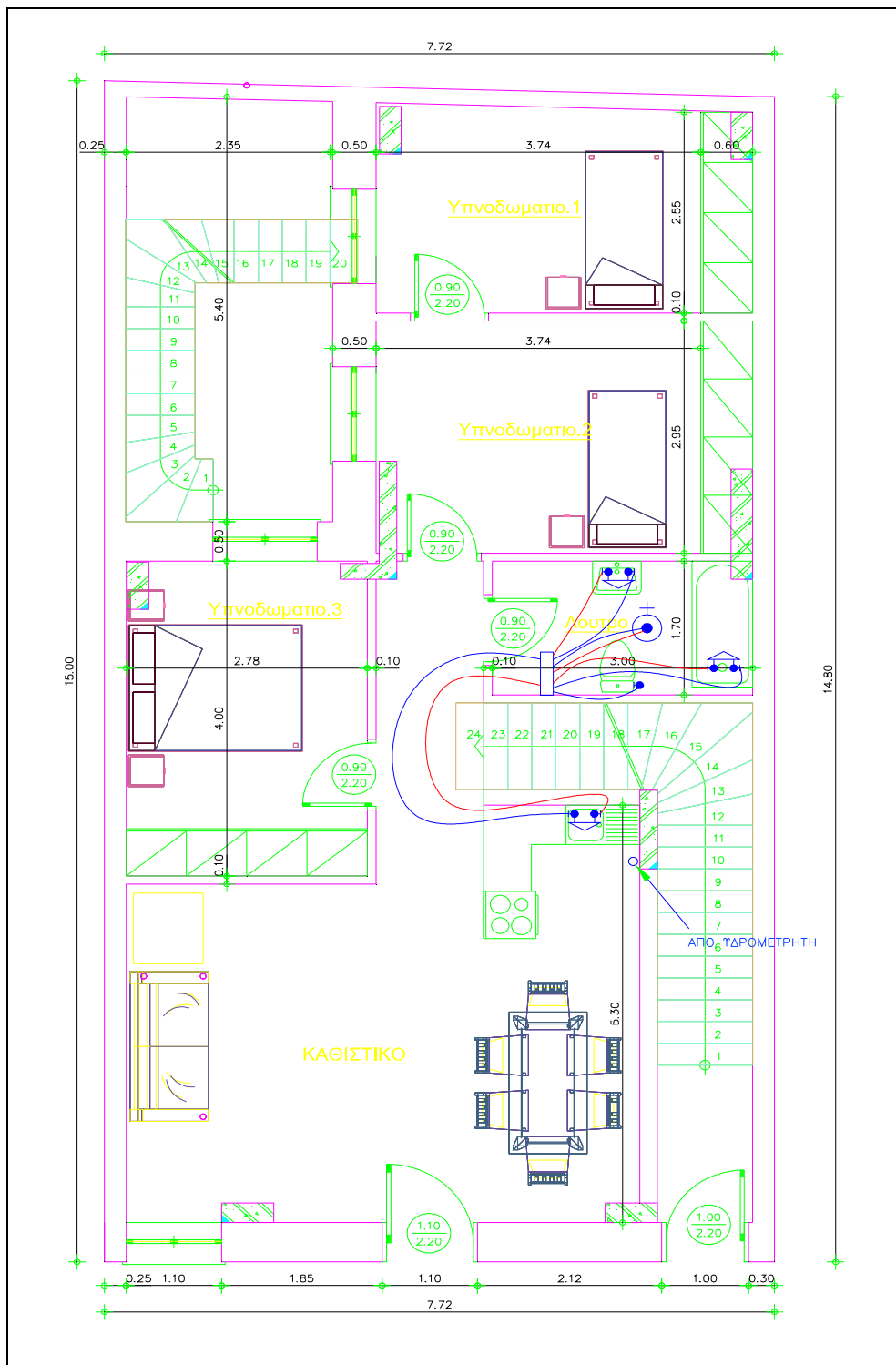
Κάθε τμήμα του δικτύου μπορεί να ανήκει σε μία από τις περιπτώσεις:

- α) Τμήμα δικτύου κρύου νερού: συμβολίζεται με τους δύο ακραίους κόμβους του παρεμβάλλοντας τελεία (.).
- β) Τμήμα δικτύου ζεστού νερού: όπως στην περίπτωση (α) αλλά με παύλα (-).
- γ) Τμήμα ανακυκλοφορίας: όπως στην περίπτωση (α) ή (β) αλλά με συν (+).

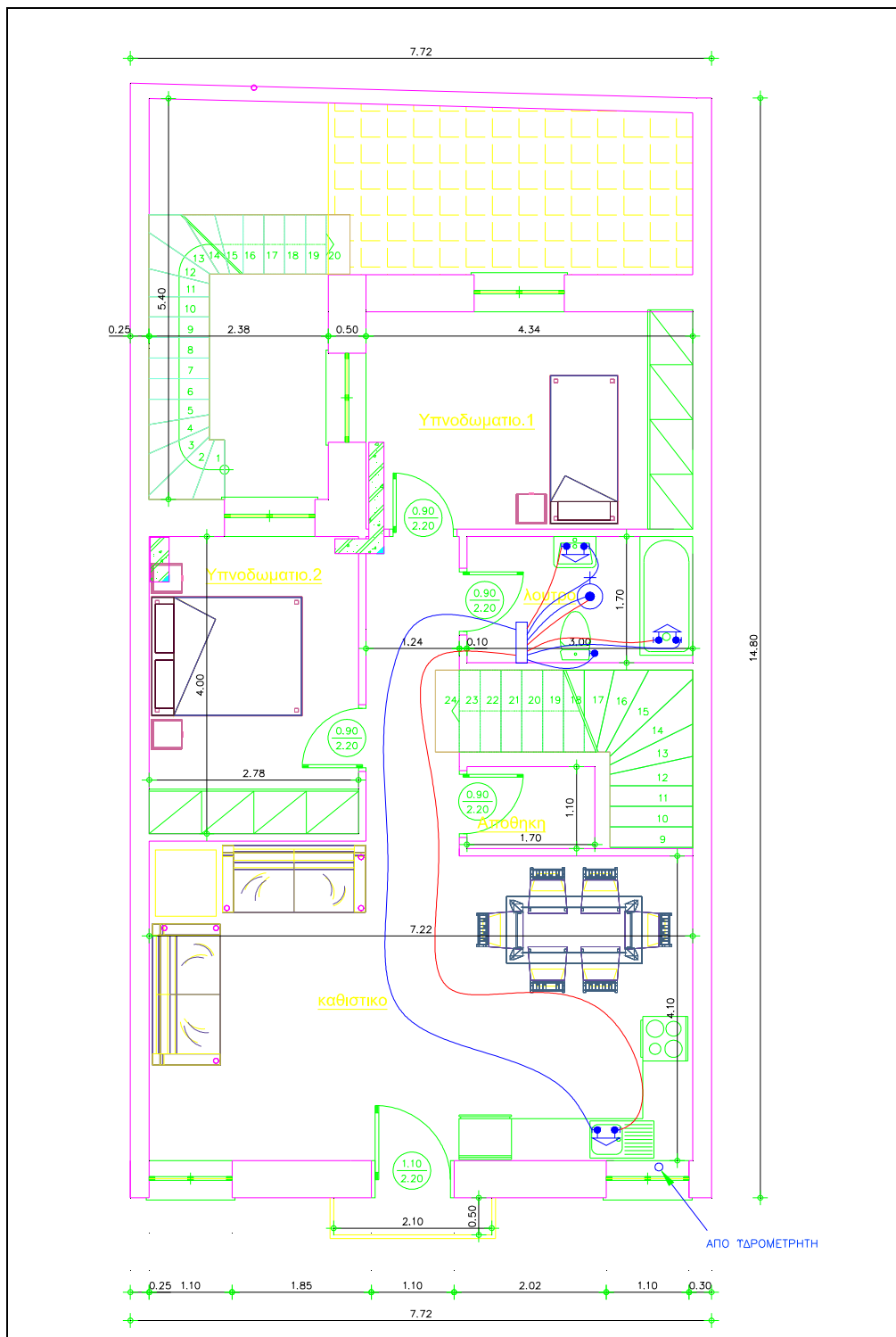
Είδος Υποδοχέα: α/α του υποδοχέα στην λίστα υποδοχέων, ή Σ-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) υποδοχέων, που αναλύεται (Σχέδια 4.1-4.4).



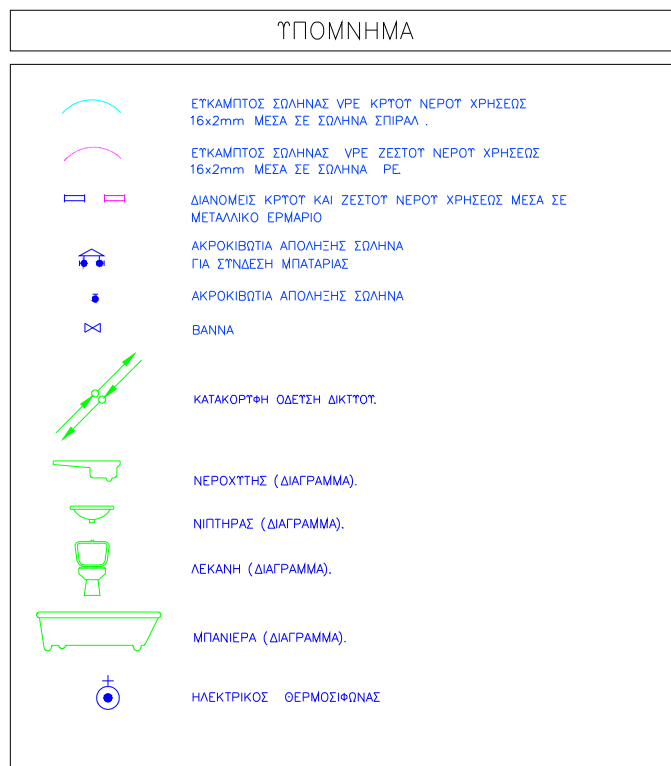
Σχέδιο 4.1: Κατακόρυφο διάγραμμα ύδρευσης.



Σχέδιο 4.2: Ισόγειο



Σχέδιο 4.3: 1^{ος} όροφος



Σχέδιο 4.4: Υπόμνημα

Πίνακας 4.1: Στοιχεία Δικτύου για πλαστική σωλήνα Rehau-Rautitan flex

Θερμοκρασία Νερού (°C)	10
Είδος Κτιρίου	Κατοικία
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Πλαστικός Rehau-Rautitan flex
Τραχύτητα Κύριου Σωλήνα (μm)	7
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Πλαστικός Rehau-Rautitan flex
Τραχύτητα Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	7
Παροχή Νερού (l/s)	0.804
Δυσμενέστεροτ Κλάδοτ	1..9
Τριβέτ Σωλήνων και Τοπικών Αντιστάσεων (mΥΣ)	1.149
Απαιτούμενη Πίεση Εκροήτ (mΥΣ)	10
ΔΡ λόγω Υψομετρικών Διαφορών (mΥΣ)	7
Ολική Απαιτούμενη Πίεση (mΥΣ)	18.149

Από τον Πίνακα Α.3 του Παραρτήματοτ Α παίρνουμε τα παρακάτω στοιχεία για τουτ υποδοχείτ που θα χρησιμοποιήτουμε:

Πίνακας 4.2: Στοιχεία για τους υποδοχείς που θα χρησιμοποιήσουμε

α/α	Τύπος Υποδοχέα	Ποσότητα	Εσωτ. Διάμ. (mm)	P_{MF} (Μ.Υ. Σ)	Q_{RKN} (l/s)	Q_{RZN} (l/s)
1	Νεροχύτης – μπατ. κουζίνας	2	14	10.0	0.15	0.15
7	Νιπτήρας – μπατ. οικ. λουτ.	2	14	10.0	0.07	0.07
14	Λουτήρας – μπαταρία	2	14	10.0	0.15	0.15
17	Λεκάνη - δοχείο έκλυσης	2	14	10.0	0.15	0.15
29	Θερμαντήρας ηλεκτρικ. ροής 6 kw	1	0	5.0	0.07	0.00
36	Βρύση		10	10.0	0.00	0.00

Όπου, P_{MF} : Ελάχιστη πίεση εκροής

Q_{RKN} : Παροχή ψυχρού ύδατος

Q_{RZN} : Παροχή θερμού ύδατος

4.2 Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης ύδρευσης

4.2.1 Γενικά

- Η εγκατάσταση των ειδών υγιεινής και του δικτύου των σωληνώσεων θα εκτελεσθεί σύμφωνα με τις διατάξεις του ισχύοντα "Κανονισμού Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων" του ελληνικού κράτους, τις υποδείξεις του κατασκευαστή και της επιβλέψεως, καθώς επίσης και τους κανόνες της τεχνικής και της εμπειρίας, με τις μικρότερες δυνατές φθορές των δομικών στοιχείων του κτιρίου και με πολύ επιμελημένη δουλειά. Οι διατρήσεις πλακών, τοίχων και τυχόν λοιπόν φερόντων στοιχείων του κτιρίου για την τοποθέτηση υδραυλικών υποδοχέων ή διέλευσης σωληνώσεων θα εκτελούνται μετά από έγκριση της επιβλέψεως.
- Οι κανονισμοί με τους οποίους πρέπει να συμφωνούν τα τεχνικά στοιχεία των μηχανημάτων, συσκευών και υλικών των διαφόρων εγκαταστάσεων, αναφέρονται στην τεχνική έκθεση και στις επιμέρους προδιαγραφές των υλικών. Όλα τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του έργου, θα πρέπει να είναι καινούργια και τυποποιημένα προϊόντα γνωστών κατασκευαστών που ασχολούνται κανονικά με την παραγωγή τέτοιων υλικών, χωρίς ελαττώματα και να έχουν τις διαστάσεις και τα βάρη που προβλέπονται από τους κανονισμούς, όταν δεν καθορίζονται από τις προδιαγραφές.

4.2.2 Παροχές

- Το κτίριο θα τροφοδοτηθεί με νερό από το δίκτυο πόλης με ιδιαίτερους υδρομετρητές (ένας μετρητής για κάθε ιδιοκτησία και ένας για τις κοινόχρηστες παροχές).
- Οι υδρομετρητές θα εγκατασταθούν στο πεζοδρόμιο, σύμφωνα με τα σχέδια, σε φρεάτια διαστάσεων 30 x 40 cm, μαζί με τους γενικούς διακόπτες των παροχών.
- Οι γενικές παροχές θα γίνουν με γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες. Όλες οι διαδρομές των σωληνώσεων και οι διατομές τους φαίνονται στα σχέδια.

4.2.3 Σωληνώσεις

Μόνωση σωληνώσεων

- Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ψυχρού και θερμού νερού θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας.
- Η μόνωση των σωληνώσεων θα κατασκευαστεί από σωλήνες τύπου ARMAFLEX ή ισοδύναμους.
- Οι σωληνώσεις του μονωτικού θα κολληθούν επάνω στους σιδηροσωλήνες με την ειδική κόλλα που προβλέπεται για αυτό το σκοπό.
- Κατά την εφαρμογή οι μεν διαμήκεις αρμοί θα στεγανοποιηθούν με συγκόλληση της επικάλυψης του μανδύα με ειδική κόλλα. Οι δε εγκάρσιοι με επικόλληση πλαστική ή υφασμάτινης ταινίας.
- Πριν από τη μόνωση, οι επιφάνειες των σωλήνων θα καθαριστούν επιμελώς και θα απολυμανθούν τελείως.
- Οι μόνώσεις των σωληνώσεων στο ύπαιθρο θα προστατεύονται με πρόσθετη επικάλυψη με φύλλο αλουμινίου.
- Κάθε φύλλο αλουμινίου θα είναι κατάλληλα κυλινδρισμένο και διαμορφωμένο στα άκρα (σχηματισμός αύλακα με "κορδονιέρα"), θα υπάρχει δε πλήρης επικάλυψη τουλάχιστον κατά 50 mm κατά γενέτετρα και περιφέρεια.
- Η στερέωση των τμημάτων της επικάλυψης μεταξύ τους θα γίνεται με επικαδμιωμένες λαμαρινόβιδες κατάλληλες για εγκατάσταση στο ύπαιθρο και πλαστικές ροδέλες.
- Με την ίδια μόνωση όπως οι σωλήνες θα μονωθούν και οι βάνες και τα υπόλοιπα όργανα και οι αντλίες.

Δίκτυα σωληνώσεων από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα

Η κατασκευή των δικτύων σωληνώσεων θα ακολουθήσει τις πιο κάτω βασικές αρχές:

- Συνδέσεις: Οι συνδέσεις των διαφόρων τεμαχίων σωλήνων για σχηματισμό των κλάδων του δικτύου θα πραγματοποιείται αποκλειστικά και μόνο με τη χρήση συνδέσμων (μούφες) γαλβανισμένων, με ενισχυμένα χείλη στην περιοχή της εσωτερικής κοχλιώσεως ("κορδονάτα") και για τυχόν διαμέτρους μεγαλύτερες από 4", με ζεύγος φλαντζών, επίσης γαλβανισμένων, συνδεομένων προς τους σωλήνες με κοχλιώση. Απαγορεύεται απόλυτα για την σύνδεση σωλήνων η ηλεκτροσυγκόλληση ή η οξυγονοκόλληση. Υλικό παρεμβύσματος TEFLON.
- Αλλαγές διεύθυνσεως: Οι αλλαγές διεύθυνσεως των σωλήνων για επίτευξη της επιθυμητής αξονικής πορείας του δικτύου, θα πραγματοποιούνται κατά κανόνα με ειδικά τεμάχια μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας, γαλβανισμένο, με ενισχυμένα χείλη,

εκτός από σωλήνες μικρής διαμέτρου, όπου επιτρέπεται η κάμψη τους χωρίς θέρμανση με ειδικό εργαλείο (μέχρι και Φ 1"). Οποσδήποτε με την κάμψη του σωλήνα πρέπει να μη παραμορφώνεται η κυκλική διατομή του και να μην προκαλείται η παραμικρή βλάβη ή αποκόλληση του στρώματος γαλβανίσματος αυτού. Χρήση ειδικών τεμαχίων μικρής ακτίνας καμπυλότητας (γωνίες) επιτρέπεται μόνο σε θέσεις όπου ανυπερβλήτα εμπόδια το επιβάλλουν και πάντοτε μετά από έγκριση της Επιβλέψεως. Οι διακλαδώσεις των σωλήνων για την τροφοδότηση αναχωρούντων κλάδων θα εκτελούνται οποσδήποτε με ειδικά εξαρτήματα γαλβανισμένα με ενισχυμένα χείλη.

- Στήριξη των σωληνώσεων: Οι κατακόρυφες σωληνώσεις θα στηρίζονται με ειδικά στηρίγματα αγκυρούμενα σε σταθερά οικοδομικά στοιχεία τα οποία στηρίγματα θα επιτρέπουν την ελεύθερη κατά μήκος συστολοδιαστολή τους εκτός από περιπτώσεις όπου απαιτείται αγκύρωση προκειμένου οι συστολοδιαστολές να παραληφθούν εκατέρωθεν του σημείου αγκύρωσης. Οι οριζόντιες σωληνώσεις θα στηρίζονται σε σιδηρογωνίες με την βοήθεια στηριγμάτων τύπου Ο. Τα στηρίγματα θα είναι από μορφοσίδηρο και θα συνδέονται προς τις σιδηρογωνίες μέσω κοχλιών, περικοχλίων και γκρόβερ γαλβανισμένων. Οι σιδηρογωνίες κατά περίπτωση θα στερεώνονται σε πλαϊνούς τοίχους ή θα αναρτώνται από την οροφή. Η στερέωση στα οικοδομικά υλικά θα γίνεται με εκτονωτικά βύσματα μεταλλικά και κοχλίες. Σε περίπτωση αναρτήσεως πρέπει να χρησιμοποιηθούν ράβδοι μεταλλικοί ή σιδηρογωνίες επαρκούς αντοχής για το συγκεκριμένο εκάστοτε φορτίο αλλά πάντως όχι μικρότερης "ισοδυνάμου" διατομής από την αναγραφόμενη στον κατωτέρω πίνακα. Ισχύουν και εδώ τα περί αγκυρώσεων για λόγους συστολοδιαστολών.
- Απόσταση στηριγμάτων: Ο πιο κάτω πίνακας θα εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ευθειών διαδρομών σωλήνων και όχι στα σημεία όπου η χρησιμοποίηση βανών, φλαντζών κλπ δημιουργεί συγκεντρωμένα φορτία, οπότε και θα τοποθετούνται στηρίγματα και από τις δύο πλευρές.
- Αποσύνδεση σωληνώσεων: Όλες οι σωληνώσεις των δικτύων θα κατασκευαστούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ευχερής η αποσυναρμολόγηση οποιουδήποτε τμήματος σωληνώσεων ή οργάνου ελέγχου ροής για αντικατάσταση, τροποποίηση ή μετασκευή χωρίς χρήση εργαλείων κοπής, οξυγόνου ή και ηλεκτροσυγκολλήσεως. Για το σκοπό αυτό σ' όλα τα σημεία όπου τούτο θα είναι αναγκαίο θα προβλέπονται λυόμενοι σύνδεσμοι (ρακόρ, φλάντζες) κατά τις υποδείξεις της επιβλέψεως.
- Διέλευση σωλήνων από τοίχους και πλάκες: Κατά την διέλευση σωληνώσεων από τοίχους και δάπεδα αυτές θα καλύπτονται από φύλλο μολύβδου πάχους 2 mm διαμορφωμένο σε κύλινδρο διαμέτρου κατά 3 mm μεγαλύτερης από την διάμετρο του σωλήνα. Έτσι αποφεύγεται η συγκόλληση του σωλήνα με τα οικοδομικά υλικά. Το διάκενο ανάμεσα στον σωλήνα και τον προστατευτικό μολύβδινο μανδύα θα σφραγίζεται με κατάλληλο υλικό π.χ. κορδόνι αμιάντου και σιλικόνη. Εάν ο σωλήνας είναι μονωμένος τότε η μόνωση θα προστατεύεται στο σημείο της διατρήσεως με κυλινδρικό μανδύα από φύλλο γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους 0.125 mm, ο οποίος θα εφάπτεται στην επιφάνεια της μόνωσης. Επιπλέον θα υπάρχει και δεύτερος κυλινδρικός μανδύας από φύλλο μολύβδου πάχους 2 mm για την αποφυγή συγκολλήσεως με τα οικοδομικά υλικά. Μεταξύ των δύο μανδύων θα υπάρχει διάκενο 3 mm το οποίο θα σφραγιστεί με κατάλληλο υλικό π.χ. κορδόνι αμιάντου και σιλικόνη.

4.2.4 Όργανα διακοπής

Βαλβίδες αντεπιστροφής

- Οι βαλβίδες αντεπιστροφής θα είναι κατάλληλες για σωληνώσεις νερού θερμοκρασίας 120°C και πίεσης 10 atm για οριζόντια ή κατακόρυφη τοποθέτηση. Για διαμέτρους μέχρι 2" οι βαλβίδες θα είναι ορειχάλκινες κοχλιωτές.
- Οι βαλβίδες αντεπιστροφής θα εξασφαλίσουν πλήρη στεγανότητα στην αντίστροφη ροή του νερού. Η λειτουργία τους δεν πρέπει να προκαλεί θόρυβο ή πλήγμα.

Νιπτήρας

Ο νιπτήρας προβλέπεται από λευκή πορσελάνη VITREYS CHINA διαστάσεων σύμφωνα με τα σχέδια και θα συνοδεύονται από:

- a. Χυτοσιδηρένια στηρίγματα για επίτοιχη τοποθέτηση.
- b. Βαλβίδα εκκενώσεως πλήρη με τάπα και αλυσίδα ή μοχλό χειρισμού της, επιχρωμιωμένη.
- c. Ορειχάλκινο επιχρωμιωμένο σιφώνι 1 1/4" με σωλήνα συνδέσεως προς το δίκτυο αποχετεύσεως με ροζέτα.
- d. Διπλοκρουνό αναμείξεως θερμού - κρύου νερού ορειχάλκινο, επιχρωμιωμένο πολυτελούς εμφανίσεως.
- e. Χαλκοσωλήνες 10/12 mm για την σύνδεση του διπλοκρουνού με τα δίκτυα θερμού - κρύου νερού με τα απαραίτητα ρακόρ.

Λεκάνη W.C. ευρωπαϊκού τύπου

- Η λεκάνη ευρωπαϊκού τύπου θα είναι λευκή από πορσελάνη VITREUS CHINA και θα εφοδιαστεί με πλαστικό κάθισμα από ενισχυμένη πλαστική ύλη, άθραυστο, κατάλληλο για το σχήμα της λεκάνης, χρώματος λευκού.
- Η λεκάνη θα συνοδεύεται από καζανάκι χαμηλής ή υψηλής πίεσεως ή από βαλβίδα εκκλύσεως όπως καθορίζεται στα σχέδια.

Νεροχύτης

Προβλέπεται κατασκευασμένος από χάλυβα 18/8 πάχους πλάσματος 0,8 mm κατ' ελάχιστο, κατάλληλος για χωνευτή τοποθέτηση σε πάγκο με μία ή δύο λεκάνες. Το πλάτος του νεροχύτη θα είναι 50 cm περίπου και το μήκος 80 cm (μία λεκάνη) ή 120 cm (δύο λεκάνες) περίπου, θα συνοδεύονται δε από:

- a. Πλαστικό σιφώνι - λιποσυλλέκτη (τύπου βαρελάκι).
- b. Βαλβίδα εκκενώσεως επινικελωμένη πλήρη με τάπα και αλυσίδα (μία ανά λεκάνη).
- c. Διπλοκρουνό για την ανάμειξη θερμού - κρύου νερού ορειχάλκινο επιχρωμιωμένο.
- d. Πλαστικοσωλήνα υπερχειλίσεως (ένα ανά λεκάνη).

Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας

Για την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσεως προβλέπεται η εγκατάσταση ηλεκτρικού θερμοσίφωνου στη θέση που φαίνεται στο σχέδιο. Ο θερμοσίφωνας θα είναι εφοδιασμένος με ηλεκτρικές αντιστάσεις θερμομέτρο θερμοστάτη περιοχής μέχρι 90°C και

ασφαλιστική δικλείδα και θα είναι κατακόρυφου ή οριζόντιου τύπου, όπως αναφέρεται στα σχέδια. Στην εγκατάσταση του θερμοσίφωνα συμπεριλαμβάνονται τα στηρίγματά τους στα οικοδομικά στοιχεία, οι χαλκοσωλήνες συνδέσεως προς το δίκτυο κλπ.

4.2.5 Δοκιμές

Το δίκτυο παροχής νερού πριν καλυφθούν τα μη ορατά τμήματα του θα τεθεί για ένα 24ωρο σε πίεση 7 atm για τον έλεγχο της στεγανότητάς τους. Για κάθε δοκιμή θα συνταχθούν πρωτόκολλα δοκιμών και θα υπογραφούν από τον επιβλέποντα και τον ανάδοχο.

4.3 Υπολογισμοί σωληνώσεων εγκατάστασης ύδρευσης

4.3.1 Υπολογισμός της παροχής αιχμής

Ο κύριος σκοπός της παροχής νερού μιας κατοικίας είναι η κάλυψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού των διαφόρων υδραυλικών υποδοχέων σε μια εγκατάσταση υγιεινής. Η κάλυψη της απαιτούμενης ποσότητας νερού και μαζί μ' αυτή η μεταφερόμενη ποσότητα νερού (παροχή αιχμής) αποτελούν τα αποφασιστικά στοιχεία για την διαστασιολόγηση των σωλήνων, δικτύων ύδρευσης, αντλιών και εγκαταστάσεων πιεστικών δοχείων. Γι' αυτό των λόγο αρχικά υπολογίζεται η παροχή αιχμής.

Η παροχή αιχμής Q_s υπολογίζεται ως συνάρτηση της συνολικής παροχής ΣQ_R που είναι το άθροισμα των παροχών υπολογισμού Q_R των συνδεδεμένων υποδοχέων στις διάφορες λήψεις του κτιρίου. Η παροχή αιχμής για κτίρια κατοικιών δίνεται από την σχέση που φαίνεται στον Πίνακα Α.3 του Παραρτήματος Α και είναι η εξής:

$$Q_s = 0,682(\Sigma Q_R)^{0,45} - 0,14 \quad (4.8)$$

όπου, $0,071/s < \Sigma Q_R < 201/s$

Για το τμήμα δικτύου 1.2 έχουμε παροχή υποδοχέα: $\Sigma Q_R = 0,600 l/s$, συνεπώς η παροχή αιχμής σύμφωνα με την σχέση (4.8) είναι $Q_s = 0,682(0,600)^{0,45} - 0,14 \rightarrow Q_s = 0,402 l/s$

4.3.2 Εύρεση ταχυτήτων

Στο τμήμα δικτύου 1.2 το είδος του σωλήνα είναι Κύριος με διάμετρο $\varnothing 25$. Στο συγκεκριμένο τμήμα δικτύου έχουμε μια διακλάδωση με συντελεστή τοπικής αντίστασης $\zeta=0,4$, όπως προκύπτει από Πίνακα Α.5 του Παραρτήματος Α.

Δεδομένα:

$$\text{Πυκνότητα νερού: } \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Δυναμικό ιξώδες: } \mu = 0,00114 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\text{Κινηματικό ιξώδες: } \nu = 0,0114 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Συντελεστής τραχύτητας: } \varepsilon = 0,007 \text{ mm}$$

$$\text{Κλίση σωληνώσεων: } J = 2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$\text{Παροχή: } Q = 0,651 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Υπολογισμοί:

$$\text{Αρχικά θεωρούμε ταχύτητα ροής } u = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα για το τμήμα 1.2 είναι $D=24,4\text{mm}$

Το εμβαδόν του σωλήνα είναι: $A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow A = 4,67 \text{ cm}^2$

Ο αριθμός Reynolds είναι: $Re = \frac{\rho u D}{\mu} \rightarrow Re = 21403$ (τυρβώδης ροή)

Η σχετική τραχύτητα του σωλήνα $\frac{\epsilon}{D} = 0,0002869$

Άρα, από το διάγραμμα Moody προκύπτει ο συντελεστής τριβής $\lambda = 0,023$

Λύνουμε την εξίσωση Darcy ως προς την ταχύτητα και έχουμε:

$$J = \frac{\lambda u^2}{D \cdot 2g} \rightarrow u = \sqrt{\frac{2gJD}{\lambda}} \rightarrow u = 0,757 \text{ m/s}$$

Παρατηρούμε ότι η τιμή της ταχύτητας δεν ξεπερνά το 1,5m/s, συνεπώς δεν θα έχουμε πρόβλημα θορύβου στην εγκατάσταση. Η επιλογή της χρήσης σωλήνα DN25 ήταν σωστή.

4.3.3 Απώλεια πίεσης λόγω τριβών στις σωληνώσεις

Η απώλεια πίεσης στις σωληνώσεις από τριβές δίνεται από την σχέση:

$$\Delta_{PR} = R \cdot L \quad (4.9)$$

Όπου R η ανά μονάδα μήκους σωλήνα απώλεια πίεσης, η οποία εξαρτάται από την διάμετρο του σωλήνα, την παροχή, την ταχύτητα και την θερμοκρασία του νερού, την κινηματική συνεκτικότητα και την τραχύτητα του σωλήνα και L το μήκος του σωλήνα.

Από το διάγραμμα A.3 του Παραρτήματος Α για ταχύτητα νερού $0,757 \text{ m/s}$ και διάμετρο σωλήνα $\varnothing 25$ προκύπτει ότι $R = 0,03177 \text{ mYΣ/m}$. Οπότε, προκύπτει

$$\Delta_{PR} = 0,03177 \cdot 9 = 0,286 \text{ mYΣ}$$

4.3.4 Απώλεια πίεσης από αντιστάσεις λόγω τριβών των εξαρτημάτων

Η πτώση πίεσης από αντιστάσεις λόγω τριβών των εξαρτημάτων δίνεται από την σχέση:

$$\Delta_{PZ} = \frac{\Sigma \zeta \cdot u^2}{2g} \quad (4.10)$$

Προκύπτει, $\Delta_{PZ} = 0,023 \text{ mYΣ}$

4.3.5 Ολική απώλεια πίεσης

Η ολική τριβή ισούται με το άθροισμα των τριβών των εξαρτημάτων και των τριβών των σωληνώσεων.

$$\Delta_{OΛ} = \Delta_{PR} + \Delta_{PZ} \rightarrow \Delta_{OΛ} = 0,0516 \text{ mYΣ}$$

Πίνακας 4.3: Υπολογισμοί Σωληνώσεων Υδραυλικής Εγκατάστασης

Τμήμα Λικτού	Μήκος Σωλήνα m	Είδος Υποδοχέα	Παροχή Υποδοχέα l/s	Παροχή Αιχμής l/s	Είδος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Νερού m/s	Σζ Εξαρτ.	Τριβή Εξαρτημάτων mYΣ	Τριβή Σωληνών mYΣ	Ολική Τριβή mYΣ	Πίεση Υποδοχέα mYΣ	ΔΡ Υψ. Διαφορών mYΣ
1.2	9		0.600	0.402	Κ	DN25	0.757	0.800	0.023	0.286	0.310		
2.3	0.600		0.600	0.402	Δ	DN25	0.757	3.400	0.099	0.019	0.118		

3.4	0.400	2	0.150	0.150	Δ	DN15	0.921	4.900	0.212	0.038	0.250	10.00	4.000
3.5	1.928	Σ-7	0.450	0.336	Δ	DN25	0.633	9.400	0.192	0.045	0.237	10.00	4.000
1.6	9		0.600	0.402	Κ	DN25	0.757	0.800	0.023	0.286	0.310		
6.7	0.800		0.600	0.402	Δ	DN25	0.757	3.400	0.099	0.025	0.125		
7.8	0.400	Σ-7	0.450	0.336	Δ	DN25	0.633	9.400	0.192	0.009	0.201	10.00	7.000
7.9	5.305	2	0.150	0.150	Δ	DN15	0.921	4.900	0.212	0.502	0.714	10.00	7.000

4.3.6 Απαιτούμενες πιέσεις στους κλάδους (mΥΣ)

Για τον κλάδο 1.4 έχουμε:

Σύνολα απωλειών σωληνώσεων από το 1 έως το 4 = $0,286+0,019+0,038 = 0,343$

Σύνολα απωλειών εξαρτημάτων από το 1 έως το 4 = $0,023+0,099+0,212 = 0,334$

Απώλειες πίεσης λόγω υψομετρικής διαφοράς = 4

Ελάχιστη πίεση εκροής στον τελευταίο υδραυλικό υποδοχέα = 10

Συνολικές απώλειες στο τμήμα 1 έως 4 = 14,677

Υπολογίζοντας τους υπόλοιπους κλάδους του δικτύου (με αρχή το σημείο εισόδου του νερού δηλαδή το 1 και τέλος το σημείο εξόδου του νερού σε οποιονδήποτε άλλο υδραυλικό υποδοχέα έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Απαιτούμενες πιέσεις στους κλάδους (mΥΣ)

Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1.4 :	14.678
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..5 :	14.665
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1.8 :	17.636
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1..9 :	18.149
Απαιτούμενη πίεση στον κλάδο	1--1 :	0.000

Δυσμενέστερος κλάδος 1..9 : 18.149

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

5.1 Μελέτη Αποχέτευσης

5.1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύων αποχέτευσης. Η σύνταξη της μελέτης έγινε σύμφωνα με την TOTEE 2411/86, λαμβάνοντας υπόψη και τα βοηθήματα:

- α) Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής K. Schulz
- β) Κανονισμός Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων
- γ) Πρότυπα ΕΛΟΤ και ISO

5.1.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

Η επιλογή διατομών των σωλήνων αποχέτευσης υπολογίζεται χωριστά για κάθε τμήμα του δικτύου, θεωρώντας ότι:

- α) Οι τιμές σύνδεσης που καθορίζουν την απορροή των ακαθάρτων νερών εξαρτώνται από τον τύπο των υποδοχέων (πίνακας TOTEE).
- β) Οι απορροές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.
- γ) Λόγω ετεροχρονισμού στην λειτουργία των υποδοχέων, στον υπολογισμό λαμβάνεται υπόψη η αναμενόμενη ποσότητα απορροής Q_s σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Q_s = K * (\sum AW_s)^{1/2} \quad (5.1)$$

όπου

- Η τιμή σύνδεσης AW_s είναι συνάρτηση του είδους του υποδοχέα (πχ. Ο νεροχύτης έχει $AW_s = 1$, ο νιπτήρας 0.5 κλπ.).
- Ο συντελεστής K εξαρτάται από το είδος του κτιρίου (πχ. για κατοικίες $K=0.5$, για σχολεία και νοσοκομεία $K=0.7$ κλπ.).
- δ) Ο υπολογισμός των διατομών για τα οριζόντια τμήματα του δικτύου είναι διαφορετικός από τον υπολογισμό των διατομών για τα κατακόρυφα τμήματα. Ειδικότερα:

Η διαστασιολόγηση των οριζόντιων σωλήνων αποχέτευσης γίνεται με βάση την εξίσωση Darcy:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{U^5}{2g} \quad (5.2)$$

όπου

- J: Κλίση των σωληνώσεων (κλίση πέλματος σωλήνα)
- D: Εσωτερική διάμετρος σε m
- U: Μέση ταχύτητα σε m/s

- λ: Συντελεστής τριβής σωλήνα
g: Επιτάχυνση της βαρύτητας

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Reynolds:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (5.3)$$

καθώς και την εξίσωση της συνέχειας:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} U \quad (5.4)$$

παίρνουμε την εξίσωση απορροής $Q = f(J)$ με βάση την οποία γίνεται η διαστασιολόγηση των οριζόντιων σωλήνων.

Εξάλλου, η διαστασιολόγηση των κατακόρυφων στηλών γίνεται με βάση πίνακα (βλ. Schulz) στον οποίο η επιλογή διαμέτρων 70 mm - 150 mm εξαρτάται από το είδος του εξαερισμού (κύριος, παράπλευρος ή δευτερεύων) και προκύπτει έμμεσα από τα επιτρεπόμενα ΣΑWs και Qs για κάθε συνδυασμό διαμέτρου και τύπου εξαερισμού.

Ανάλογοι υπολογισμοί γίνονται και για τα όμβρια νερά (Schulz) υπολογίζοντας την απορροή των όμβριων από την σχέση:

$$Q = A \times r \times \Psi \quad (5.5)$$

όπου:

A: Επιφάνεια πρόσπτωσης σε ha

r: Βροχόπτωση σε l/(s x ha)

Ψ: Συντελεστής απορροής, ίσος με την απορρέουσα ποσότητα προς την βροχόπτωση

Επίσης, εφόσον απαιτούνται, υπολογίζονται:

- Απορροφητικός βόθρος
- Σηπτική δεξαμενή
- IMHOFF
- Αντλία ανύψωσης λυμάτων
- Δεξαμενή ανύψωσης λυμάτων

Ο υπολογισμός της σηπτικής δεξαμενής γίνεται με βάση το πλήθος των εξυπηρετούμενων ατόμων και την μέση ημερήσια ποσότητα λυμάτων ανά άτομο (βλ. Schulz). Εφόσον η Συνολική μέση ημερήσια ποσότητα λυμάτων υπερβαίνει τα 35000 lt τότε υπολογίζεται δεξαμενή IMHOFF.

5.1.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για κάθε οριζόντιο τμήμα δικτύου παρουσιάζονται στις στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων τα παρακάτω στοιχεία με τις διευκρινίσεις που ακολουθούν:

- Τμήμα δικτύου
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Βαθμός Πληρότητας
- Είδος Υποδοχέα
- Απορροή Υποδοχέα
- Απορροή Αιχμής (l/s)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Κλίση Σωλήνα (cm/m)

- Ταχύτητα (m/s)
- Βύθιση (m)

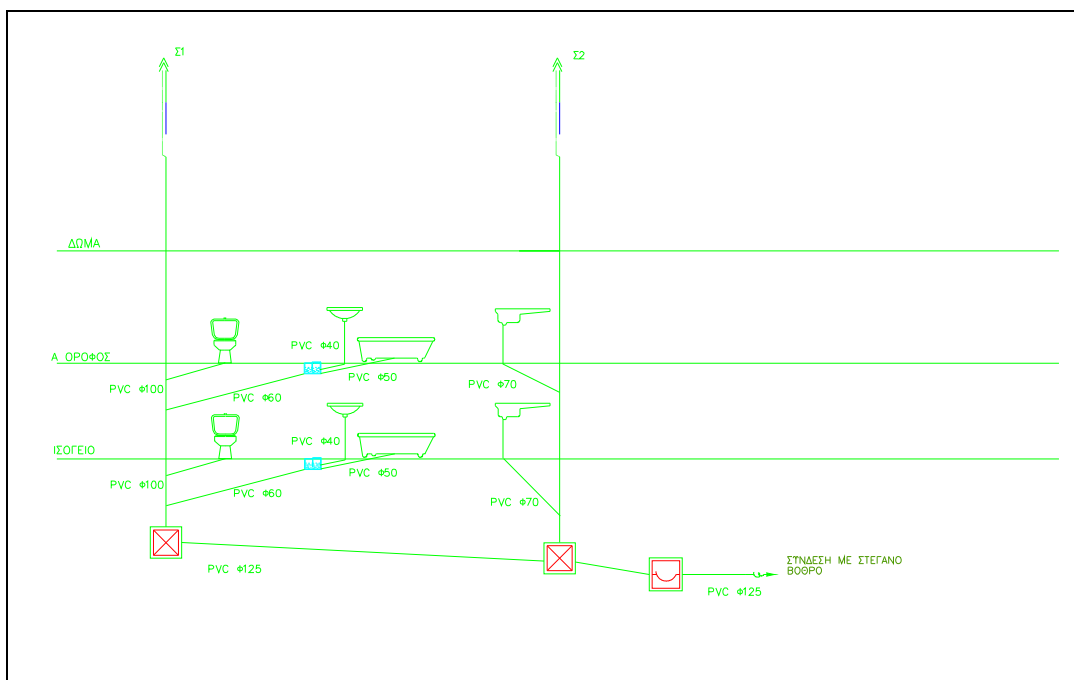
Τμήμα δικτύου: συμβολίζεται με τους δύο ακραίους κόμβους του παρεμβάλλοντας τελεία (.), πχ. 2.3 το τμήμα ανάμεσα στους κόμβους 2 και 3.

Είδος Υποδοχέα: α/α του υποδοχέα στην λίστα υποδοχέων, ή Σ-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) υποδοχέων, που αναλύεται στα αποτελέσματα (Σχέδια 5.1-5.5).

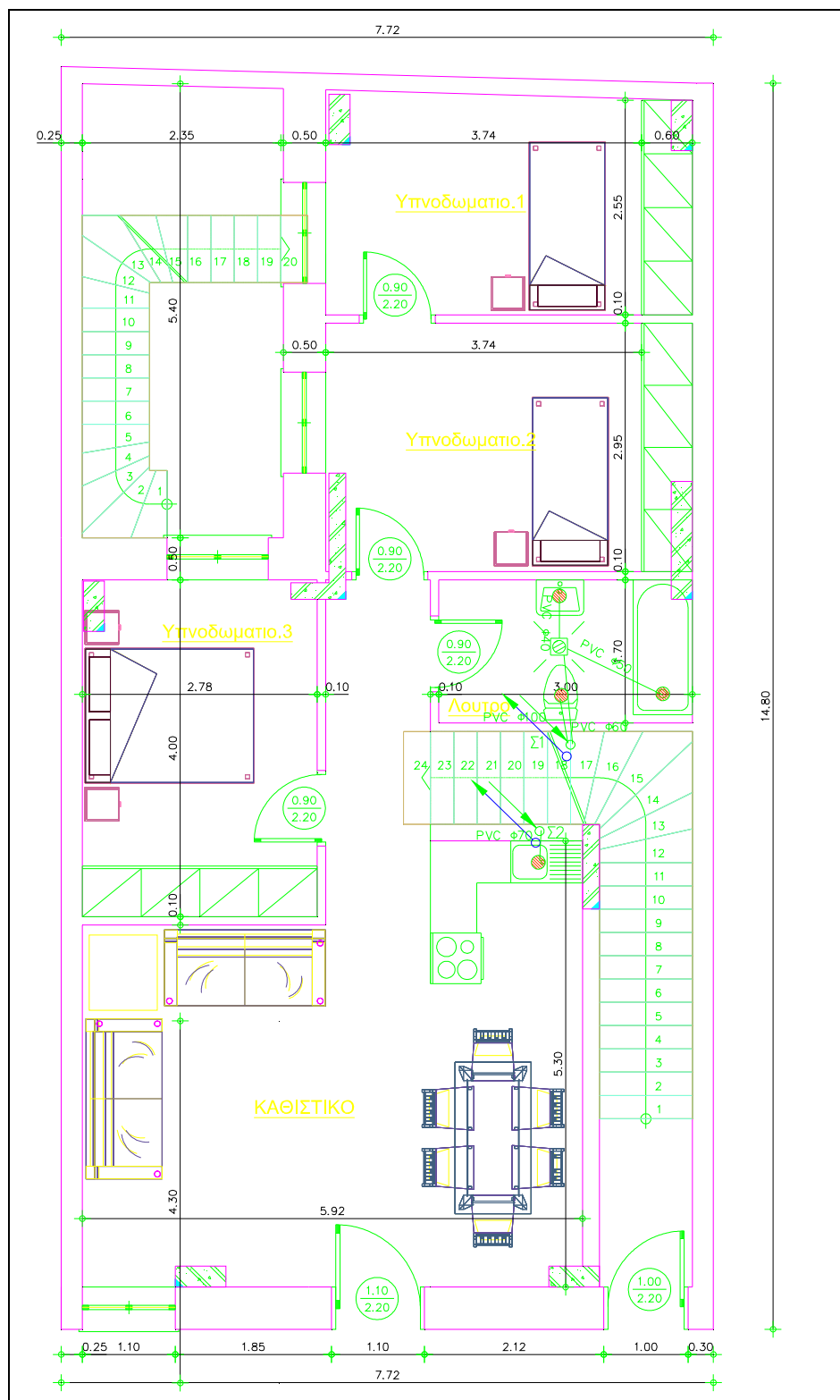
Για τις κατακόρυφες στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα τα ακόλουθα μεγέθη:

- Τμήμα Δικτύου
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Τύπος Εξαερισμού
- Είδος Υποδοχέα
- Απορροή Υποδοχέα
- Απορροή Αιχμής (l/s)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)

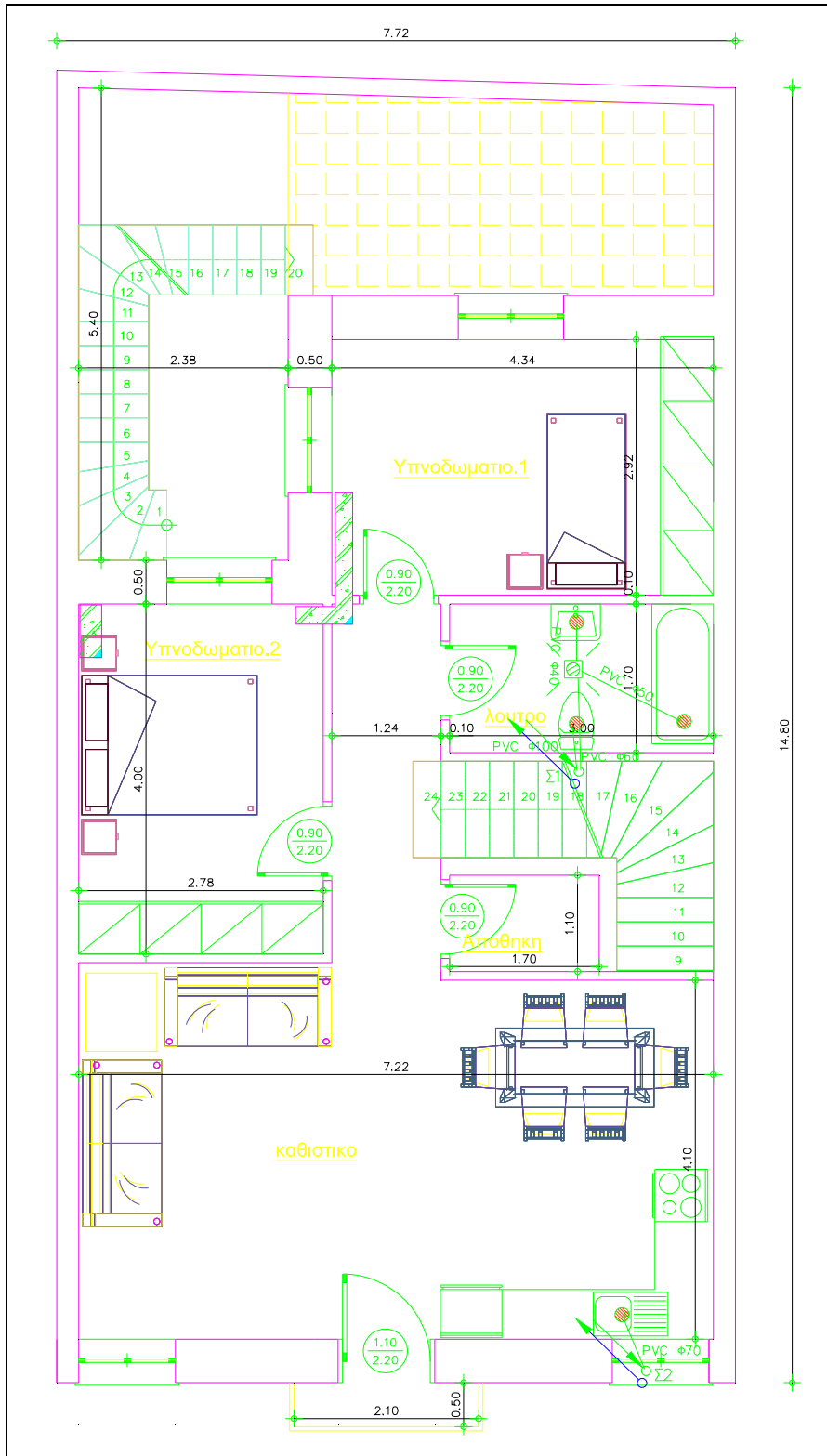
Τμήμα δικτύου: όπως και για τα οριζόντια τμήματα.



Σχέδιο 5.1: Κατακόρυφο διάγραμμα αποχέτευσης.



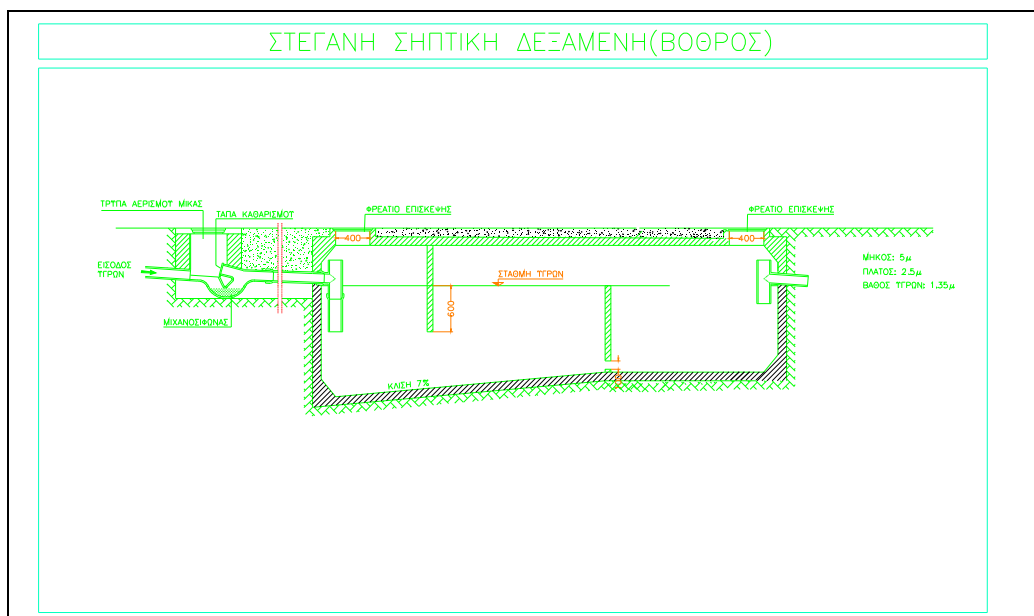
Σχέδιο 5.2: Σχέδιο αποχέτευσης ισογείου



Σχέδιο 5.3: Σχέδιο αποχέτευσης Α' ορόφου

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
	ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΟΔΕΤΗΣ ΔΙΚΤΟΥ.
	ΣΦΟΝΙ ΔΑΠΕΔΟΥ ΜΕ ΑΝΟΣΙΩΔΗ ΣΧΑΡΑ
	ΣΦΟΝΙ ΜΕ ΑΝΟΣΙΩΔΗ ΤΑΠΑ
	ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΜΕ ΑΝΟΣΙΩΔΗ ΣΧΑΡΑ
	ΤΑΠΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΗ
	ΤΑΠΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ ΑΝΟΣΙΩΔΗ
	ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 40x40cm ΜΕ ΚΑΛΥΜΑ ΤΥΠΟΥ "TAN" ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΝΑ ΔΕΧΘΕΙ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΑΚΑ ΔΑΠΕΔΟΥ.
	ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 40x40cm.
	ΦΡΕΑΤΙΟ ΟΜΒΡΙΩΝ ΤΥΠΟΥ ΑΜΜΟΣΤΑΛΕΚΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 20x20cm.
	ΦΡΕΑΤΙΟ ΜΕ ΜΗΧΑΝΟΣΦΟΝΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 40x40cm.
	ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΑΜΜΟΣΤΑΛΕΚΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 30x30cm ΜΕ ΧΤΥΣΩΔΗΡΑ ΣΧΑΡΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ C250
	ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΚΑΝΑΛΙ ΜΕ ΧΤΥΣΩΔΗΡΑ ΣΧΑΡΑ ΠΛΑΤΟΣ 20cm.
	ΚΑΤΑΚΟΡΤΗ ΟΔΕΤΗ ΔΙΚΤΟΥ.
	ΚΑΤΑΚΟΡΤΗ ΟΔΕΤΗ ΔΙΚΤΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.
	ΔΙΚΤΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΑΠΟ ΣΩΛΗΝΕΣ ΡΡ ΜΕ ΜΟΤΡΕΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΛΟΥ.
	ΔΙΚΤΟ ΕΣΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΣΩΛΗΝΕΣ ΡΡ Ή ΑΠΟ PVC - 60mm.
	ΔΙΚΤΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΑΠΟ ΣΩΛΗΝΕΣ ΡΡ.
	ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΟΛΗΣΗΣ ΣΤΗΝΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
	ΝΕΡΟΧΥΤΗΣ ΔΙΠΛΟΣ ΜΟΝΟΣ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ).
	ΝΙΠΤΗΡΑΣ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ).
	ΛΕΚΑΝΗ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ).
	ΜΠΑΝΙΕΡΑ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ).
	ΝΤΟΥΣΙΕΡΑ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ).

Σχέδιο 5.4: Υπόμνημα



Σχέδιο 5.5: Βόθρος

Πίνακας 5.1: Στοιχεία δικτύου για ηχομονωτικό σύστημα αποχέτευσης με πλαστική σωλήνα Rehau-Rauriano Plus από υλικό (RAU-PP ενισχυμένο με ορυκτά)

Θερμοκρασία Νερού (°C)	10
Συντελεστής Απορροής (l/s)	0.5
Τύπος Σωλήνων	Πλαστικός Rehau- Rauriano Plus
Συντελεστής Τραχύτητας Σωλήνων (μm)	1000
Βροχόπτωση r (l/s ha)	300
Παροχή Ακαθάρτων (l/s)	7.4232
Παροχή Βρόχινων (l/s)	0
Κλάδος Μέγιστης Συνολικής Βύθισης	1..13
Μέγιστη Συνολική Βύθιση	0.219

Από τον Πίνακα Β.3 του Παραρτήματος Β παίρνουμε τα παρακάτω στοιχεία για τους υποδοχείς που θα χρησιμοποιήσουμε:

Πίνακας 5.2: Στοιχεία για τους υποδοχείς που θα χρησιμοποιήσουμε

α/α	Τύπος Υποδοχέα	Ποσότητα	Εσωτ. Διάμ. (mm)	AWs
1	Νεροχύτης κουζίνας	2	50	1.0
2	Πλυντήριο ρούχων 6 Kgr	2	50	1.0
4	Νιπτήρας	2	40	0.5
5	Μπανιέρα με αγωγό συνδ.< 2m	2	50	1.0
10	Λεκάνη	2	100	2.5
12	Σιφόνι δαπέδου DN 70	2	70	1.5
16	Υδρορροή ομβρίων		50	0.0

5.2 Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης αποχέτευσης

5.2.1 Γενικά

- Η ακόλουθη τεχνική περιγραφή βασίζεται:
 - α) Στο άρθρο 26 του Κτιριοδομικού Κανονισμού.
 - β) Στην ΤΟΤΕΕ 2412/86.
 - γ) Στην απόφαση ΓΙ/9900/3.12.1974/ΦΕΚ 1266 Β', "περί υποχρεωτικής κατασκευής αποχωρητηρίων".
 - δ) Στο Π.Δ. 38/91.
- Η εγκατάσταση των ειδών υγιεινής και του δικτύου των σωληνώσεων θα εκτελεσθεί σύμφωνα με τις διατάξεις του ισχύοντα "Κανονισμού Εσωτερικών Υδραυλικών Εγκαταστάσεων" του ελληνικού κράτους, τις υποδείξεις του κατασκευαστή και της επιβλέψεως, καθώς επίσης και τους κανόνες της τεχνικής και της εμπειρίας, με τις μικρότερες δυνατές φθορές των δομικών στοιχείων του κτιρίου και με πολύ επιμελημένη δουλειά. Οι διατρήσεις πλακών, τοίχων και τυχόν λοιπόν 120 φερόντων στοιχείων του κτιρίου για την τοποθέτηση υδραυλικών υποδοχέων ή διέλευσης σωληνώσεων θα εκτελούνται μετά από έγκριση της επιβλέψεως.

- Οι κανονισμοί με τους οποίους πρέπει να συμφωνούν τα τεχνικά στοιχεία των μηχανημάτων, συσκευών και υλικών των διαφόρων εγκαταστάσεων, αναφέρονται στην τεχνική έκθεση και στις επιμέρους προδιαγραφές των υλικών. Όλα τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του έργου, θα πρέπει να είναι καινούργια και τυποποιημένα προϊόντα γνωστών κατασκευαστών που ασχολούνται κανονικά με την παραγωγή τέτοιων υλικών, χωρίς ελαττώματα και να έχουν τις διαστάσεις και τα βάρη που προβλέπονται από τους κανονισμούς, όταν δεν καθορίζονται από τις προδιαγραφές.

5.2.2 Είδη υγιεινής

Οι νιπτήρες, οι λεκάνες WC και τα υπόλοιπα είδη υγιεινής είναι κατασκευασμένα από λευκή υαλώδη πορσελάνη.

5.2.3 Δίκτυο σωληνώσεων

Το δίκτυο σωληνώσεων αποχετεύσεως του κτιρίου θα κατασκευασθεί με βάση τους ακόλουθους γενικούς όρους:

- Η διαμόρφωση του δικτύου, η διάμετρος των διαφόρων τμημάτων του και τα υλικά κατασκευής θα είναι σύμφωνα με τα σχέδια, ενώ παράλληλα θα τηρούνται οι διατάξεις των επίσημων κανονισμών του Ελληνικού κράτους για "Εσωτερικές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις". Οι πλαστικοί σωλήνες θα είναι σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς κατασκευής DIN 8061/8062/19531.
- Τα μέσα στο έδαφος, οριζόντια τμήματα του δικτύου θα κατασκευασθούν από πλαστικούς σωλήνες U-PVC 6 atm.
- Οι κατακόρυφες στήλες αποχετεύσεως θα κατασκευασθούν από πλαστικούς σωλήνες U-PVC 6 atm.
- Οι δευτερεύοντες σωλήνες των υποδοχέων ή σιφωνίων δαπέδων θα κατασκευασθούν από πλαστικοσωλήνες.
- Οι δευτερεύοντες σωλήνες αερισμού θα κατασκευασθούν από πλαστικούς σωλήνες U-PVC 4 atm διαστάσεων Φ 40 mm.
- Οι κατακόρυφες σωλήνες αερισμού του δικτύου θα κατασκευασθούν από πλαστικούς σωλήνες U-PVC 4 atm.
- Οι οριζόντιοι πλαστικοί σωλήνες μέσα στο έδαφος θα τοποθετηθούν με έδραση πάνω σε βάση από σκυρόδεμα των 200 kg τσιμέντου, αρκετού πάχους (10 cm) και πλάτους το οποίο θα διαστρωθεί στον πυθμένα του αντίστοιχου χαντακιού, με την ίδια ρύση, όπως ο αποχετευτικός αγωγός. Μετά την τοποθέτηση και συναρμογή των πλαστικών σωλήνων στο χαντάκι, αυτό θα γεμίσει πρώτο με ισχνό σκυρόδεμα που θα καλύπτει τους σωλήνες μέχρι το μισό της διαμέτρου τους και ύστερα με τα προϊόντα της εκσκαφής που θα κοσκινίζονται καλά.
- Τα φρεάτια που διαμορφώνονται για επίσκεψη και καθαρισμό κατά μήκος των υπογείων αποχετευτικών αγωγών και στις θέσεις αλλαγής κατεύθυνσης ή διακλάδωσής τους, ανεξάρτητα διαστάσεων, θα κατασκευάζονται όπως καθορίζεται πιο κάτω.

Ο πυθμένας του ορύγματος στη θέση κάθε φρεατίου θα διαστρώνεται με ισχνό σκυρόδεμα περιεκτικότητας 200 kg τσιμέντου ανά m³ σε πάχος 12 cm πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί μισό τεμάχιο πλαστικού σωλήνα Φ 10 cm (κομμένο κατά μήκος δύο γενέτειρων διαμετρικά αντιθέτων) ίσιου ή καμπύλου ή διακλαδώσεως γ για διαμόρφωση κοίλης επιφάνειας ροής προσαρμοζόμενου στεγανό με κανονική

συναρμογή πάνω στους συμβάλλοντες στο ύψος του πυθμένα αποχετευτικούς αγωγούς από τους οποίους ο ένας πρέπει απαραίτητα να είναι ο γενικός αγωγός του κλάδου έτσι ώστε να μη διακόπτεται η συνέχεια της ροής από τον γενικό αγωγό.

Τα στόμια των απορρεόντων στο φρεάτιο άλλων αγωγών από διάφορες διευθύνσεις θα τοποθετούνται χαμηλότερα του αυλακιού του κυρίου αγωγού. Τα τοιχώματα του φρεατίου θα εδράζονται πάνω στη διάστρωση του πυθμένα από ισχνό σκυρόδεμα θα κατασκευάζονται από δρομική οπτοπλινθοδομή με πλήρεις πλίνθους και τσιμεντοκονία 1:2 με τη δέουσα προσοχή, ώστε να μη μένουν κενά γύρω από τα στόμια των σωλήνων που συνδέονται στα φρεάτια. Τα τοιχώματα και ο πυθμένας του φρεατίου θα επιχρίονται με τσιμεντοκονία αναλογίας 1 μέρους τσιμέντου και 2 μέρη άμμου θάλασσας, με λείανση της επιφάνειας τους με μυστρί, χωρίς όμως να καλύπτονται τα από πλαστικά τεμάχια (διαμορφούμενα στον πυθμένα) αυλάκια. Κατά την επιλογή του αναδόχου τα τοιχώματα των φρεατίων μπορούν να κατασκευασθούν και από οπλισμένο σκυρόδεμα 300 kg αντί πλινθοδομής. Τα φρεάτια θα φέρουν διπλό στεγανό χυτοσίδηρο κάλυμμα βαρέως τύπου και πλαίσιο.

Για εξασφάλιση της στεγανότητας μεταξύ καλυμμάτων και πλαισίων στις αυλακώσεις του περιθωρίου θα τοποθετηθεί λίπος. Όσα φρεάτια βρίσκονται σε θέσεις που διέρχονται οχήματα θα φέρουν καλύμματα τύπου και αντοχής αρκετής για το φορτίο τους.

Τα χυτοσίδηρά καλύμματα ανάλογα με τις διαστάσεις τους θα είναι περίπου όπως παρακάτω:

Πίνακας 5.3

Διαστάσεις (cm)	Βάρος (kg)
27 x 27	15
30 x 40	25
40 x 50	50
50 x 60	75

Το βάθος του φρεατίου θα είναι συνάρτηση της κλίσεως του προς αυτό οδηγούμενων σωλήνων που δεν πρέπει όμως να είναι μικρότερη από 1:100.

- Οι πλαστικοί σωλήνες και τα ειδικά τεμάχια θα είναι βάρους σύμφωνα προς τους κανονισμούς, ανθεκτικοί, απόλυτα κυλινδρικοί, χωρίς ρήγματα και με σταθερό πάχος τοιχωμάτων.
- Οι πλαστικοί σωλήνες θα έχουν το πάχος που καθορίζεται στο σχέδιο θα είναι κατά το δυνατό συνεχείς ενώ θα απορρίπτονται τυχόν αδικαιολόγητες ενώσεις. Για τον έλεγχο του πάχους των χρησιμοποιημένων πλαστικοσωλήνων καθορίζεται ότι το ελάχιστο βάρος τους κατά διάμετρο θα είναι:

Πίνακας 5.4

Διαστάσεις (cm)	Βάρος (kg)
Φ32 x 1.8	0.26
Φ40 x 1.8	0.33
Φ50 x 1.8	0.42
Φ63 x 1.8	0.54
Φ75 x 1.8	0.64

Φ90 x 1.8	0.77
Φ100 x 2.1	0.99
Φ110 x 2.2	1.16
Φ125 x 2.5	1.48
Φ140 x 2.8	1.84
Φ160 x 3.2	2.41

Οι συνδέσεις των πλαστικοσωλήνων μεταξύ τους κατά προέκταση ή κατά διακλάδωση για τον σχηματισμό της σωληνώσεως θα επιτυγχάνεται με μούφα διαμορφωμένη στο ένα άκρο κάθε σωλήνα και ελαστικό δακτύλιο στεγανότητας, ανθεκτικό, στη θερμοκρασία και στα διάφορα λύματα των οικιακών και των περισσότερων βιομηχανικών αποχετεύσεων. Η προσαρμογή ορειχάλκινων εξαρτημάτων σε πλαστικοσωλήνες θα εκτελείται κατά όμοιο τρόπο. Οι συνδέσεις πλαστικοσωλήνων κατά διακλάδωση πρέπει να εκτελούνται λοξά σε γωνία 45 μοιρών με καμπύλωση του σωλήνα της διακλαδώσεως κοντά στο σημείο διακλάδωσης για διευκόλυνση της ροής στους σωλήνες. Οι ενώσεις των πλαστικοσωλήνων με σιδηροσωλήνες θα γίνονται με ειδικό ορειχάλκινο κοχλιωτό σύνδεσμο του οποίου το ένα άκρο θα συνδεθεί στον πλαστικοσωλήνα με τον τρόπο που περιγράφεται παραπάνω, το άλλο δε θα κοχλιώνεται στο σιδηροσωλήνα. Η προσαρμογή πωμάτων καθαρισμού και άλλων εξαρτημάτων σε πλαστικοσωλήνες πρέπει να εκτελείται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο στροβιλισμός της ροής και η συσσώρευση τυχόν παρασυρόμενων από τα αποχετευόμενα νερά, στερεών ουσιών σε θέσεις προσαρμογής των εξαρτημάτων τους. Για τη στερέωση πλαστικοσωλήνων σε τοίχους ή δάπεδα μέσα στα αυλάκια εντοιχισμού τους θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά τσιμεντοκονία.

- Οι απολήξεις των κατακόρυφων στηλών αερισμού ή των προεκτάσεων των στηλών αποχετεύσεως πάνω από το δώμα θα προστατεύονται από κεφαλή με πλέγμα από γαλβανισμένο σύρμα, όπου στα σχέδια σημειώνεται, όπως και όπου αυτό είναι αναγκαίο θα προβλεφθούν στόμια καθαρισμού με πώμα κοχλιωτό (τάπες). Οι διάμετροι των στομίων καθαρισμού θα είναι ίσες τις διαμέτρους των αντιστοίχων σωλήνων όπου αυτό είναι δυνατό.
- Οι πλαστικοκατασκευές (π.χ. στραγγιστήρες δαπέδων κλπ) θα κατασκευασθούν από φύλλο πλαστικού πάχους 4 mm. Οι στραγγιστήρες (σιφωνίου) θα φέρουν ορειχάλκινες σχάρες διαμέτρου 100 mm. Το συνολικό βάρος χωρίς την ορειχάλκινη τάπα θα είναι 1.5 kg με διάφραγμα (κόφτρα) η οποία θα φέρει κοχλιωτή ορειχάλκινη τάπα καθαρισμού Φ 30. Επειδή τα οικοδομικά υλικά δεν προσβάλλουν τους πλαστικοσωλήνες, δεν είναι αναγκαία η επάλειψή τους με προστατευτικά υλικά. Το σιφώνιο ουρητηρίων θα είναι κλειστό με ορειχάλκινο πώμα αντί σχάρας.

5.2.4 Αποχέτευση ομβρίων

Η αποχέτευση των όμβριων της στέγης, των μπαλκονιών κλπ, θα γίνει με συλλεκτήρες οροφής και κατακόρυφες υδρορροές σύμφωνα με τα σχέδια. Οι κατακόρυφες υδρορροές καταλήγουν στο ισόγειο του κτιρίου απ' όπου τα όμβρια οδηγούνται στην πρασιά με ελεύθερη απορροή. Οι θέσεις των υδροροών, οι διάμετροί τους, καθώς και οι υπόλοιπες λεπτομέρειες του δικτύου αποστράγγισης των όμβριων φαίνονται στα σχέδια. Οι κατακόρυφες υδρορροές θα κατασκευασθούν από σωλήνες PVC 6atm. Για τα φρεάτια ισχύουν τα ίδια με την αποχέτευση ακαθάρτων.

5.2.5 Δοκιμές

- Δοκιμή Στεγανότητας με αέρα
Η δοκιμή του δικτύου αποχέτευσης με αέρα έχει σκοπό την εξακρίβωση της αεροστεγανότητας της εγκατάστασης, και εκτελείται για όλη την εγκατάσταση ταυτόχρονα. Αφού γίνει η πλήρωση όλων των οσμοπαγίδων με νερό και σφραγιστούν όλες οι απολήξεις των στηλών αποχέτευσης στην οροφή του κτιρίου, εισάγεται στην εγκατάσταση μέσω αντλίας, αέρας πίεσης 38 mm ΣΥ και κλείνει η εισαγωγή αέρα. Για χρονικό διάστημα όχι μικρότερο των 3 min, η πίεση πρέπει να διατηρηθεί σταθερή.
- Δοκιμή ικανοποιητικής απόδοσης
Μετά την επιτυχή δοκιμή της στεγανότητας και για την εξακρίβωση της διατήρησης του απαιτούμενου ύψους απομόνωσης μέσα σε όλες τις οσμοπαγίδες, εκτελείται η δοκιμή ικανοποιητικής απόδοσης κατά τμήματα. Για την εκτέλεση της δοκιμής επιλέγεται αριθμός υδραυλικών υποδοχέων που συνδέονται στον ίδιο κλάδο, οριζόντιο ή κατακόρυφο. Ο αριθμός και το είδος των επιλεγόμενων υποδοχέων για ταυτόχρονη εκφόρτιση, γίνεται με βάση τον πίνακα:

Αριθμός ΥΥ	Αριθμός ΥΥ που πρέπει να εκφορτιστούν από ταυτόχρονα κάθε είδος σε στήλη ή κλάδο		
	Λεκάνη με Δ.Κ.	Νιπτήρες	Νεροχύτες κουζινών
1 έως 9	1	1	1

Μετά το πέρας των διαδοχικών δοκιμαστικών φορτίσεων κάθε στήλης, η εγκατάσταση σφραγίζεται αεροστεγώς, όπως ακριβώς στην δοκιμή στεγανότητας με αέρα, χωρίς να εισαχθεί νερό σε καμία οσμοπαγίδα.

Στην συνέχεια εισάγεται αέρας, όπως ακριβώς στην δοκιμή στεγανότητας με αέρα, αλλά με πίεση μέχρι 25 mm ΣΥ και κλείνεται η εισαγωγή του αέρα. Η δοκιμή θα θεωρηθεί πετυχημένη όταν η πίεση διατηρηθεί σταθερή για 3 min.

Για όλες τις δοκιμές θα συνταχθούν πρωτόκολλα δοκιμής και θα υπογραφούν από τον επιβλέποντα και τον ανάδοχο.

5.3 Υπολογισμοί οριζόντιων σωληνώσεων δικτύου αποχέτευσης

5.3.1 Υπολογισμός της παροχής

Την απορροή των ακαθάρτων νερών την προσδιορίζουμε από το άθροισμα των τιμών σύνδεσης των κατακόρυφων στηλών αποχέτευσης που οδεύουν σε αυτόν.

Για το τμήμα δικτύου 1.2 έχουμε παροχή υποδοχέων $\Sigma AW_s=17$. Από τον πίνακα Β.2 του Παραρτήματος Β ο συντελεστής απορροής ακαθάρτων λαμβάνεται για κατοικίες ίσος με $K=0,5$.

Οπότε η απορροή των ακαθάρτων είναι η εξής:

$$Q_s = K \cdot (\Sigma AW_s)^{1/2} \quad (5.6)$$

$$Q_s = 0,5 \cdot (17)^{1/2} = 2,062 \text{ l/s}$$

Από τον Πίνακα Β.14 του Παραρτήματος Β παίρνουμε για $Q_s = 2,062 \text{ l/s}$ λαμβάνοντας υπόψη την επιτρεπόμενη απορροή ακαθάρτων νερών και τον βαθμό πλήρωσης $\frac{h}{d} = 0,5$ την

ονομαστική διάμετρο για το τμήμα 1.2 που είναι DN=100. Η ελάχιστη κλίση πρέπει να είναι σύμφωνα και με τα δεδομένα του πίνακα $I_{min} = 1:50 = 2cm/m$

5.3.2 Εύρεση ταχυτήτων

Στο τμήμα δικτύου 1.2 το είδος του σωλήνα είναι Κύριος με διάμετρο **DN100**.

Δεδομένα:

Πυκνότητα νερού: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$

Δυναμικό ιξώδες: $\mu = 0,00114 Pa \cdot s$

Κινηματικό ιξώδες: $\nu = 0,0114 \frac{cm^2}{s}$

Συντελεστής τραχύτητας: $\varepsilon = 1mm$

Κλίση σωληνώσεων: $J = 2 \frac{cm}{m}$

Παροχή: $Q = 2,062 \frac{l}{s}$

Υπολογισμοί:

Αρχικά θεωρούμε ταχύτητα ροής $u = 1 \frac{m}{s}$

Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα για το τμήμα 1.2 είναι D=94,6mm

Το εμβαδόν του σωλήνα είναι: $A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow A = 70,25 cm^2$

Ο αριθμός Reynolds είναι: $Re = \frac{\rho u D}{\mu} \rightarrow Re = 82982 = 8,3 \times 10^4$ (τυρβώδης ροή)

Η σχετική τραχύτητα του σωλήνα $\frac{\varepsilon}{D} = 0,01$

Άρα, από το διάγραμμα Moody προκύπτει ο συντελεστής τριβής $\lambda = 0,035$

Λύνουμε την εξίσωση Darcy ως προς την ταχύτητα και έχουμε:

$$J = \frac{\lambda u^2}{D 2g} \rightarrow u = \sqrt{\frac{2gJD}{\lambda}} \rightarrow u = 1,008 m/s$$

Παρατηρούμε ότι η τιμή της ταχύτητας δεν ξεπερνά το 1,5m/s, συνεπώς δεν θα έχουμε πρόβλημα θορύβου στην εγκατάσταση. Η επιλογή της χρήσης σωλήνα DN100 ήταν σωστή.

Πίνακας 5.5: Υπολογισμοί Οριζόντιων Σωληνώσεων Δικτύου Αποχέτευσης

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Είδος Υποδοχέα	Παροχή Υποδοχέων ΣΑWs	Συντελεστής Απορροής Ακαθάρτων	Παροχή Αιχμής (l/s)	Τύπος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα (mm)	Ταχύτητα ροής (m/s)
1.2	1.000		17.00	0.5	2.062	Δ	DN100	1.008
3.4	6	1	1.000	0.5	0.500	Δ	DN50	1.008
5.6	0.792	10	2.500	0.5	0.791	Δ	DN100	1.008
5.7	2.278	Σ-4	5.000	0.5	1.118	Δ	DN100	1.008

2.8	3.438		8.500	0.5	1.458	Δ	DN100	1.008
9.10	0.792	10	2.500	0.5	0.791	Δ	DN100	0.790
9.11	2.278	Σ-4	5.000	0.5	1.118	Δ	DN100	0.625
12.13	6.5	1	1.000	0.5	0.500	Δ	DN50	0.625

5.4 Υπολογισμοί κατακόρυφων σωληνώσεων δικτύου αποχέτευσης

Για το τμήμα δικτύου 2.3 έχουμε παροχή υποδοχέων $\Sigma AW_s=8,5$. Από τον πίνακα Β.2 του Παραρτήματος Β ο συντελεστής απορροής ακαθάρτων λαμβάνεται για κατοικίες ίσος με $K=0,5$.

Οπότε η απορροή των ακαθάρτων είναι η εξής:

$$Q_s = K \cdot (\Sigma AW_s)^{1/2} \quad (5.6)$$

$$Q_s = 0,5 \cdot (8,5)^{1/2} = 1,458 \text{ l/s}$$

Από τον Πίνακα Β.14 του Παραρτήματος Β παίρνουμε για $Q_s = 1,458 \text{ l/s}$ λαμβάνοντας υπόψη την επιτρεπόμενη απορροή ακαθάρτων νερών και τον βαθμό πλήρωσης $\frac{h}{d} = 0,5$ την ονομαστική διάμετρο για το τμήμα 2.3 που είναι DN=100. Το μήκος του σωλήνα είναι 6m με κύριο εξαερισμό.

Πίνακας 5.5: Υπολογισμοί κατακόρυφων Σωληνώσεων Δικτύου Αποχέτευσης

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Τύπος Εξαερισμού	Παροχή Υποδοχέων ΣAW_s	Συντελεστής Απορροής Ακαθάρτων	Παροχή Αιχμής (l/s)	Τύπος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα (mm)
2.3	6	ΚΥΡΙΟΣ	8.500	0.5	1.458	Δ	DN100
3.5	6	ΚΥΡΙΟΣ	7.500	0.5	1.369	Δ	DN100
8.9	6	ΚΥΡΙΟΣ	8.500	0.5	1.458	Δ	DN100
9.12	6	ΚΥΡΙΟΣ	1.000	0.5	0.500	Δ	DN70

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

6.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

6.1.1 Εισαγωγή

Το πρώτο συνθετικό της λέξης “φωτοβολταϊκό” προέρχεται από τη λέξη “φως”, ενώ το δεύτερο χρησιμοποιείται προς τιμήν του ιταλού φυσικού Alessandro Volta, ενός πρωτοπόρου στη μελέτη του ηλεκτρισμού και γνωστότερου στο ευρύ κοινό από την ανάπτυξη των ηλεκτρικών συσσωρευτών ψευδαργύρου – χαλκού (Zn – Cu) με ηλεκτρολύτη θειικού οξέος (H₂SO₄).

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία μετατρέπουν την ενέργεια του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται άμεσα μέσα στην ίδια τη φωτοβολταϊκή κυψέλη με μόνο αναλώσιμο στοιχείο το ηλιακό φως και παράγεται συνεχές ρεύμα ικανό να τροφοδοτήσει οποιαδήποτε συσκευή συνεχούς ρεύματος [24].

6.1.2 Η ιστορία των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel παρατήρησε ότι μπορούσε να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα από το λαμπρό φως σε ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγώγιμο υγρό [25]. Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν ο Adams και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως [26]. Την δεκαετία του 1880 κατασκευάστηκαν οι πρώτες φωτοβολταϊκές κυψέλες από σελήνιο, οι οποίες μετέτρεπαν το ορατό φάσμα του φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα με απόδοση που κυμαινόταν μεταξύ 1% και 2% [27]. Το 1912 ο Πολωνός φυσικός Jan Czochralski ανέπτυξε αξιόπιστη μέθοδο παραγωγής μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si). Οι πλέον αποδοτικές και εμπορικά αξιοποιήσιμες σήμερα φωτοβολταϊκές κυψέλες βασίζονται στο μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Στις αρχές του 1950, αναπτύχθηκε ο μετρητής Czochralski για την μαζική παραγωγή κρυσταλλικού πυριτίου υψηλής καθαρότητας, απαραίτητου για την κατασκευή φωτοβολταϊκών κυψελών υψηλής απόδοσης [24].

Η σύγχρονη εποχή της τεχνολογίας ηλιακής ενέργειας έφθασε το 1954, όταν τα εργαστήρια της εταιρείας Bell στις ΗΠΑ, παρουσιάζουν την πρώτη ηλιακή φωτοβολταϊκή κυψέλη που παράγει ένα χρήσιμο ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας [25]. Η φωτοβολταϊκή κυψέλη πυριτίου που κατασκευάστηκε από τους Chapin, Fuller και Pearson είχε απόδοση 6% (βαθμός εκμετάλλευσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας) [24].

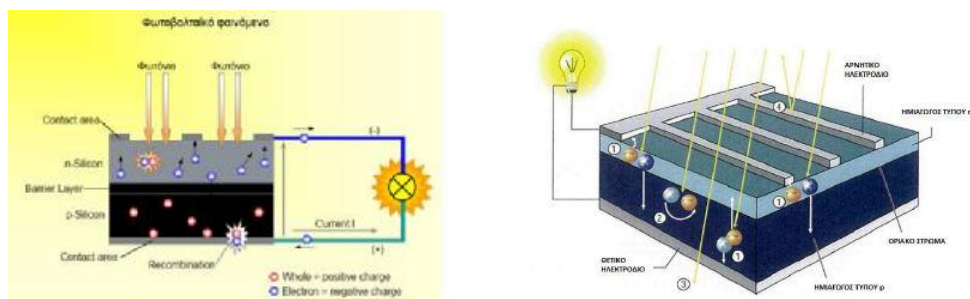
Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στη εξερεύνηση του διαστήματος διάνοιξε εξαιρετικές προοπτικές για τη χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I. Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα. Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς [26].

Η επίγεια χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων ξεκίνησε τα μέσα της δεκαετίας του '70, παίρνοντας δυναμική από την πετρελαϊκή κρίση του 1973 – 74 και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας μελετών. Το 1976 κατασκευάστηκαν οι πρώτες φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου από τους David Carlson και Christopher Wronski των RCA Laboratories. Οι κυψέλες του άμορφου πυριτίου επέτρεψαν την ανάπτυξη της τεχνολογίας των τεχνολογιών λεπτής μεμβράνης. Στη διάρκεια μέχρι το 1990, υπήρξε μειωμένο ενδιαφέρον εκ μέρους των Η.Π.Α. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο και πολλές εταιρείες τους εξαγοράστηκαν από Γερμανικά και Ιαπωνικά συμφέροντα.

Το 1990, ο Α΄ Πόλεμος του Κόλπου πυροδότησε εκ νέου το ενδιαφέρον των Η.Π.Α. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μετά τα μέσα της δεκαετίας άρχισε η ραγδαία ανάπτυξη της αγοράς των φωτοβολταϊκών συστημάτων [24].

6.1.3 Αρχή λειτουργίας Φ/Β στοιχείων

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας “ημιαγωγός”), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων (Εικόνα 6.1). Σ’ αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας [27].



Εικόνα 6.1: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

6.1.4 Υλικά Φ/Β στοιχείων - Ημιαγωγοί

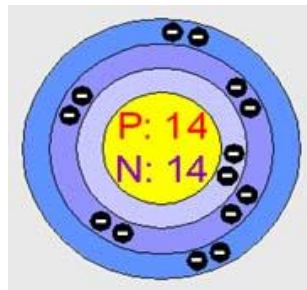
Η επιστήμη αναζήτησε τους τελευταίους αιώνες μεθόδους μετατροπής της άφθονης ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική [28]. Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς [26]. Υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Ήδη από το 1840, έχει διαπιστωθεί ότι αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί [28]. Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά [26].

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται κυρίως από ημιαγωγούς που είναι στοιχεία τετρασθενή με τετραεδρική κρυσταλλική δομή όπως το πυρίτιο (Si) [29]. Ως στοιχείο, το πυρίτιο σπάνια απαντάται ελεύθερο στη φύση. Τα διάφορα ορυκτά και πετρώματα του πυριτίου αποτελούν το 87% του φλοιού της Γης, ενώ είναι το δεύτερο σε αφθονία χημικό στοιχείο στη γήινη φύση μετά το οξυγόνο, με ποσοστό 28% (Εικόνα: 6.2) [28].



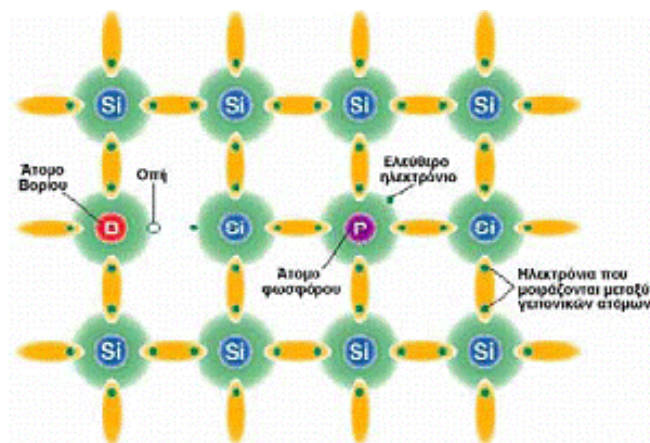
Εικόνα 6.2: Πυρίτιο

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια (Εικόνα: 6.3) [27]. Τα 4 σχετικά αδύναμα δέσμια ηλεκτρόνια (σθένους) συνδέονται με γειτονικά άτομα [30].



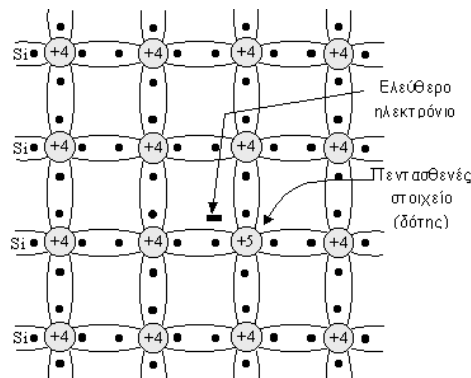
Εικόνα 6.3: Το Άτομο Πυριτίου Si

Εάν αντικατασταθεί ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο που έχει 5 ή 3 ηλεκτρόνια σθένους, θα παραχθεί με τον τρόπο αυτό είτε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο που μπορεί να κινείται πιο ελεύθερα από τα αλλά, είτε ένας χώρος χωρίς κανένα ηλεκτρόνιο (μια οπή) (Εικόνα 6.4) [30]. Αν ο τετρασθενής ημιαγωγός Si, νοθευτεί με κάποιο πεντασθενές στοιχείο (φώσφορος, P) ή με κάποιο τρισθενές στοιχείο (βόριο, B), τότε παράγεται ημιαγωγός προσμίξεως τύπου-n και τύπου-p αντίστοιχα [29].

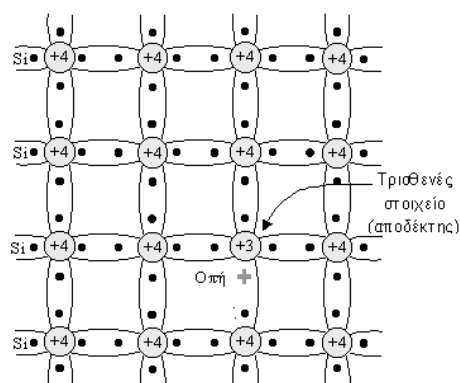


Εικόνα 6.4: Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης.**Ημιαγωγός τύπου-n**

Τέσσερα από τα πέντε ηλεκτρόνια σθένους κάθε ατόμου P, θα ενωθούν με ηλεκτρόνια σθένους των γειτονικών ατόμων Si και θα σχηματίσουν ομοιοπολικούς δεσμούς (Εικόνα 6.5). Το πέμπτο ηλεκτρόνιο (φορέας πλειονότητας) θα συγκρατείται πολύ χαλαρά από το θετικό πυρηνικό φορτίο του P και με λίγη ενέργεια μπορεί να αποσπασθεί και να κινηθεί σαν ελεύθερο ηλεκτρόνιο, αφήνοντας ένα ανιόν (P⁻) που μένει ακίνητο στο πλέγμα. Δηλαδή το πεντασθενές άτομο συμπεριφέρεται στο πλέγμα σαν δότης ηλεκτρονίων (τύπος-n ημιαγωγός).

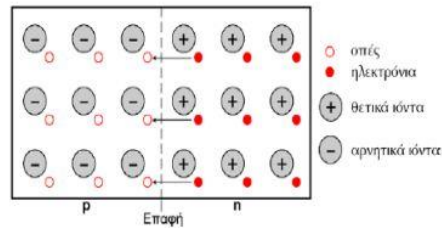
**Εικόνα 6.5:** Παράσταση της δομής του Si με πρόσμιξη δότη (τύπου-n)**Ημιαγωγός τύπου-p**

Αντίστοιχα, με την πρόσμιξη τρισθενών ατόμων B σε πλεγματικές θέσεις του Si, δημιουργούνται κενές θέσεις ηλεκτρονίων στους δεσμούς (Εικόνα 6.6). Με την απορρόφηση ενός μικρού ποσού ενέργειας, ένα ηλεκτρόνιο από ένα γειτονικό πλήρη δεσμό μπορεί να καλύψει την κενή θέση, αφήνοντας παράλληλα στην προηγούμενη θέση του μια οπή και μετατρέποντας το άτομο B σε κατιόν (B⁺). Δηλαδή το τρισθενές άτομο συμπεριφέρεται σαν αποδέκτης ηλεκτρονίων (φορείς μειονότητας) ή δότης οπών (τύπος-p ημιαγωγός) [29].

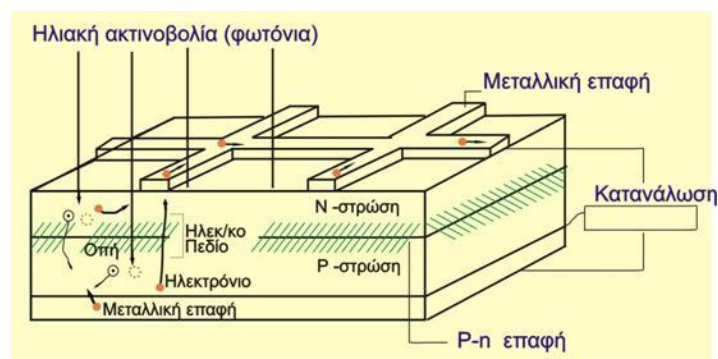
**Εικόνα 6.6:** Παράσταση της δομής του Si με πρόσμιξη αποδέκτη (τύπου-p)**Δημιουργία της επαφής p-n – Φωτοβολταϊκή Κυψέλη**

Όταν φέρουμε σε επαφή δύο ημιαγωγούς, έναν τύπου-n και έναν τύπου-p, δημιουργείται μια δίοδος η αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της

επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p και σημειώνεται διάχυση ηλεκτρονίων από τον ημιαγωγό τύπου-n προς τον τύπου-p, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.7 [31]. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού (Εικόνα 6.8) και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Το πάχος του στοιχείου μερικά μm.



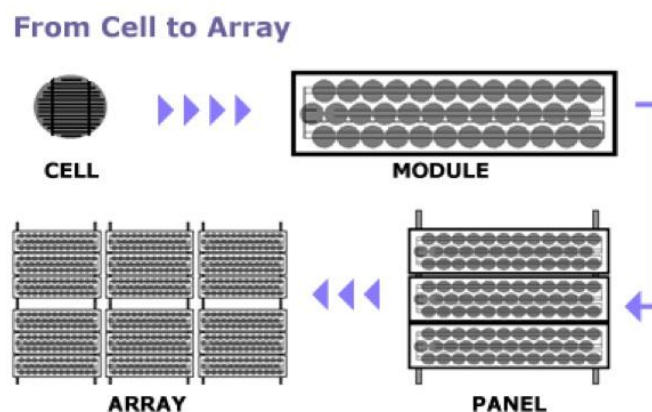
Εικόνα 6.7: Επαφή p – n. Διάχυση ηλεκτρονίων και οπών.



Εικόνα 6.8: Σχηματική διάταξη ενός Φ/Β στοιχείου.

6.1.5 Φ/Β στοιχείο και συνδυασμοί Φ/Β στοιχείων

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell) ονομάζεται η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία (Εικόνα 6.9). Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη.



Εικόνα 6.9: Φ/Β στοιχείο, πλαίσιο, διάταξη και συστοιχία

Το **Φωτοβολταϊκό πλαίσιο** (*PV module*) είναι ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα (Εικόνα 6.9). Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Το **Φωτοβολταϊκή διάταξη** (*PV panel*) είναι ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση (Εικόνα 6.9).

Φωτοβολταϊκή συστοιχία (*PV array*) είναι μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια ή διατάξεις με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (Εικόνα 6.9) [32].

6.1.6 Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

Οι πιο απλές φωτοβολταϊκές κυψέλες κατασκευάζονται σήμερα από ημιαγώγιμα υλικά δύο στρωμάτων, με επικρατέστερο το πυρίτιο (Silicon-Si) [24]. Το πυρίτιο είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι ότι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλικά του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125°C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών [26].

Οι εμπορικά διαθέσιμες σήμερα ηλιακές κυψέλες πυριτίου μπορούν να μετατρέψουν σε ηλεκτρισμό το 18-19 % περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας ορατού φάσματος [24]. Οι ηλιακές κυψέλες πυριτίου διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Φ/Β Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου «Μεγάλου Πάχους»
2. Φ/Β Λεπτών Επιστρώσεων (Thin Film)
3. Υβριδικά Φ/Β

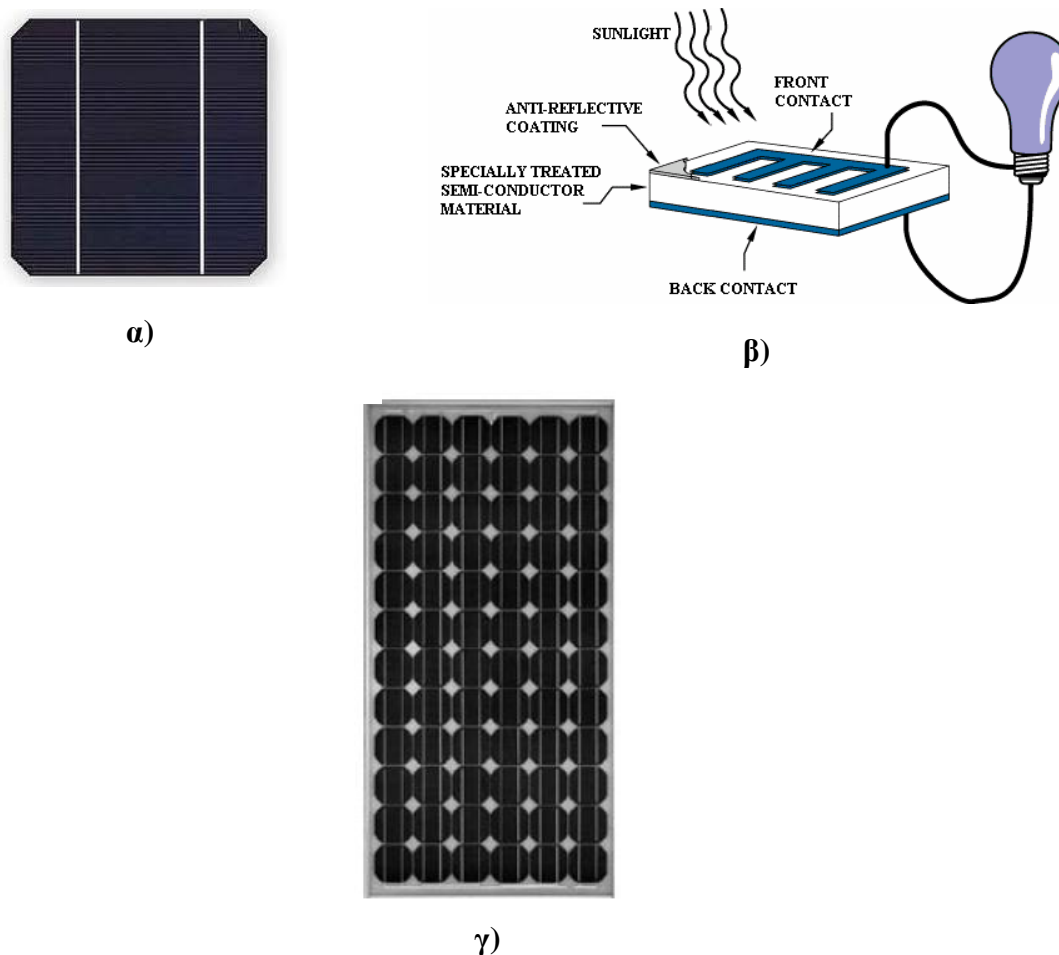
1. Φ/Β Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου «Μεγάλου Πάχους»

i. Φ/Β Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc – Si)

Τα Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι τα καταλληλότερα για Φ/Β εγκαταστάσεις [29]. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η μέθοδος Czochralski (CZ) και η μέθοδος επιπλέουσας ζώνης (FZ-float zone). Και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου [26]. Οι μονοκρυσταλλικές κυψέλες κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο, (πάχος κυψέλης 1/3 έως 1/2 του χιλιοστού), από ένα μεγάλο πλίνθωμα ενιαίου κρυστάλλου που έχει επεξεργαστεί σε θερμοκρασίες περίπου 1400°C [33]. Παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος κατασκευής, καθώς απαιτείται κρύσταλλος πολύ υψηλής καθαρότητας και μεγαλύτερη ποσότητα υλικού, λόγω του πάχους των στοιχείων [29]. Το πάχος τους είναι γύρω στα 0.3 mm [26]. Ο κρύσταλλος έχει χρώμα σκούρο μπλε και ομοιόμορφο σχηματισμό (Εικόνα 6.10)

[29]. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7% [26].

Η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος 1kWp απαιτεί 7-8 m² ενώ παράγει 160-185 kWh/m². Έτσι προτιμάται σε Φ/Β πάρκα, όπου η απόδοση, η επιφάνεια και η γρήγορη απόσβεση του κεφαλαίου είναι βασικά κριτήρια για τον σχεδιασμό του συστήματος. Οι εταιρίες κατασκευής Φ/Β πλαισίων με μονοκρυσταλλικό πυρίτιο δίνουν εγγύηση για την απόδοσή τους έως και 25 έτη [29].



Εικόνα 6.10: α) Φωτοβολταϊκό στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυρίτιου, β) Σχηματική παράσταση ενός μονοκρυσταλλικού Φ/Β στοιχείου, γ) Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο 140Watt.

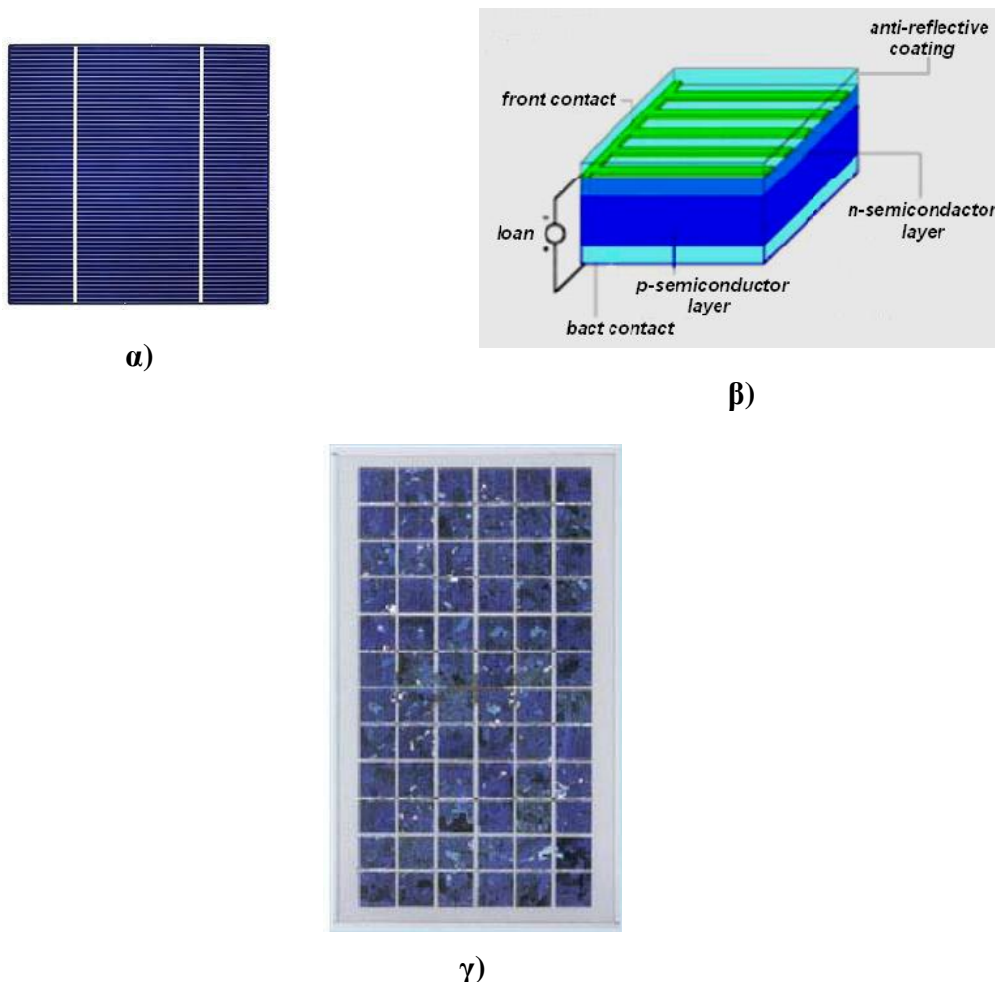
ii. Φ/Β Πολυκρυσταλλικού Πυρίτιου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)

Τα Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυρίτιου δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών [29]. Οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται με μια διαδικασία χύτευσης στην οποία το λειωμένο βιομηχανικό πυρίτιο χύνεται σε μια φόρμα όπου και μορφοποιείται. Κατόπιν τεμαχίζεται φέτες πάχους 10-50μm [33]. Στην επιφάνειά τους διακρίνονται μονοκρυσταλλικές περιοχές οι οποίες έχουν γαλάζιο χρώμα (Εικόνα 6.11) [29].

Δεδομένου ότι οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται από χύτευση είναι σημαντικά φτηνότερη η παραγωγή τους, αλλά όχι τόσο αποδοτικές όσο και οι μονοκρυσταλλικές. Αυτή η χαμηλότερη αποδοτικότητα, που κυμαίνεται μεταξύ 13% και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ), οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης [33]. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και

20% [26]. Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού στοιχείου, τόσο υψηλότερη θα είναι η απόδοσή του.

Για την εγκατάσταση συστήματος 1kWp απαιτούνται 8-10m² ενώ παράγει 130-160 kWh/m². Είναι πιο συμφέρουσα λύση, σε σχέση με το άμορφο πυρίτιο, σε μεσαίου μεγέθους εφαρμογές. Χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα. Συνήθως το χρώμα του είναι γαλάζιο. Οι εταιρίες κατασκευής Φ/Β πλαισίων με πολυκρυσταλλικό πυρίτιο δίνουν εγγύηση για την απόδοσή τους έως και 25 έτη [29].



Εικόνα 6.11: α) Φωτοβολταϊκό στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου, β) Σχηματική παράσταση ενός πολυκρυσταλλικού Φ/Β στοιχείου, γ) Πολυκρυσταλλικό πλαίσιο 9Watt.

2. Φ/Β Λεπτών Επιστρώσεων (Thin Film)

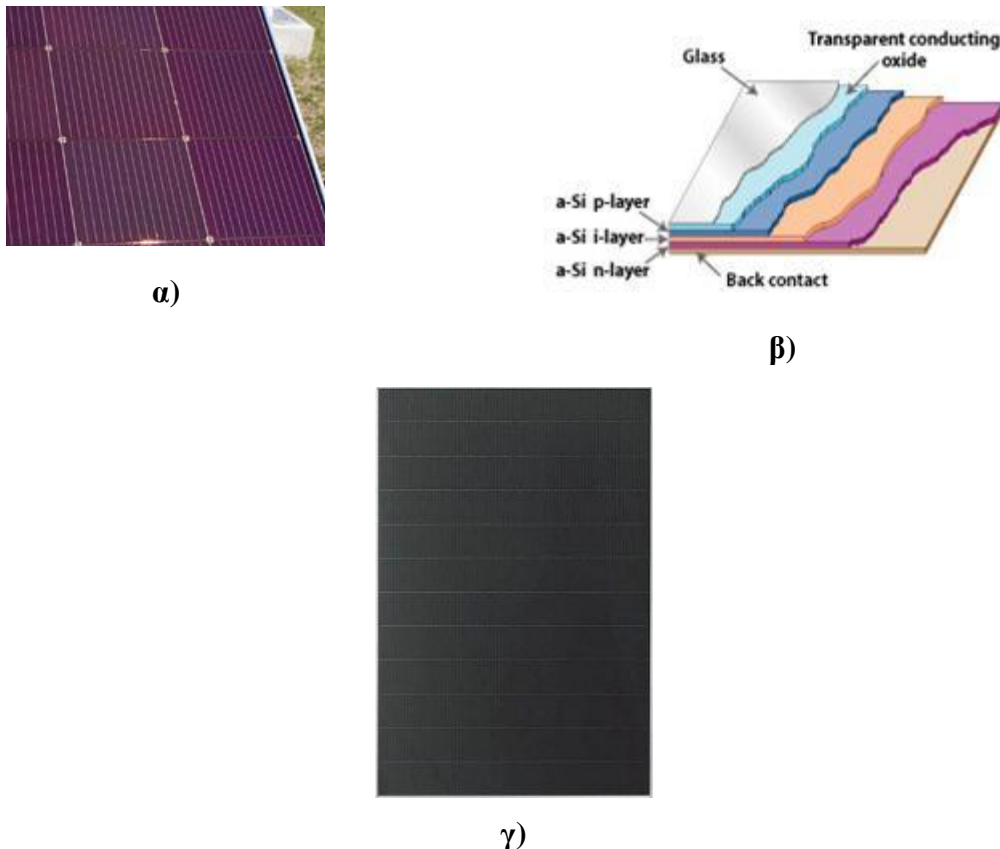
ι. Φ/Β Στοιχεία Άμορφου Πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Τα Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου δημιουργούνται με τεχνολογία λεπτής μεμβράνης (thin film) [29]. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο (Σχήμα 6.12). Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0.0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά [26].

Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά λεπτών επιστρώσεων (thin films) πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν

επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14% [26]. Το ενεργειακό διάκενο δεν έχει σταθερή τιμή αλλά κυμαίνεται, ανάλογα με τον τρόπο της παρασκευής του, από 1,2 μέχρι 1,6eV περίπου, σε σύγκριση με 1,1eV του κρυσταλλικού πυριτίου.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και η υψηλή απορρόφηση. Χαρακτηριστικό τους είναι η ομοιόμορφη εμφάνισή τους. Παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα, όπως η πολύ χαμηλή απόδοση και η μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνουν σε σχέση με άλλους τύπους (για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ). Για την εγκατάσταση 1kWp φωτοβολταϊκού συστήματος χρειάζεται επιφάνεια 10-20m², ενώ παράγει 65-80 kWh/m². Η εγγύηση των κατασκευαστών είναι συνήθως για 20 έτη [29].



Εικόνα 6.12: α) Φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου, β) Σχηματική παράσταση άμορφου Φ/Β στοιχείου, γ) Πλαίσιο άμορφου πυριτίου 140Watt.

ii. Δισεληνιούχος Ινδικός Χαλκός (CuInSe₂), Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe) και το Αρσενιούχο Γάλλιο (GaAs)

Κυψέλες υπό μορφή λεπτής μεμβράνης κατασκευάζονται και από άλλα υλικά, όπως ο δισεληνιούχος ινδικός χαλκός (CuInSe₂), το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe) και το αρσενιούχο γάλλιο (GaAs). Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την εφαρμογή των ηλιακών κυψελών επί υποστρωμάτων χαμηλού κόστους όπως πλαστικό και γυαλί και την χρησιμοποίησή τους για την αντικατάσταση βασικών δομικών στοιχείων υφιστάμενων ή νέων κατασκευών [24].

Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (Εικόνα 6.13) έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο

11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γαλλίου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.



Εικόνα 6.13: Φωτοβολταϊκό στοιχείο δισεληνοϊνδιούχου χαλκού

Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο (Εικόνα 6.14) έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του.



Εικόνα 6.14: Φωτοβολταϊκό στοιχείο τελουριούχου καδμίου

Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1.43eV (Εικόνα 6.14), που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επιπλέον έχει αρκετά υψηλή απόδοση ιδιαιτέρως στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction), όπου είναι και η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί (29%). Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators), ενώ ενδείκνυνται και για διαστημικές εφαρμογές. Το

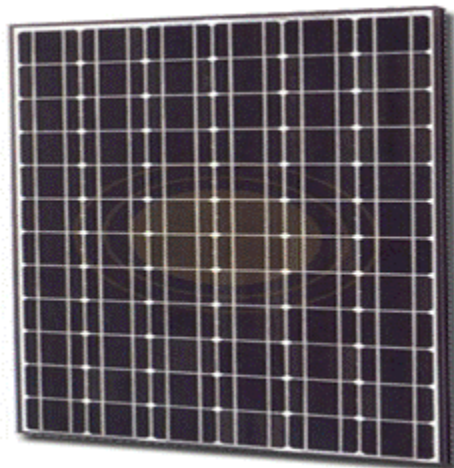
μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.



Εικόνα 6.15: Φωτοβολταϊκό στοιχείο αρσενικούχου γαλλίου

3. Υβριδικά Φ/Β

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο (Εικόνα 6.16) αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.



Εικόνα 6.16: Υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο





Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Σύγκριση Φ/Β τεχνολογιών

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όταν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (με τη σημερινή τεχνολογία, η οποία πάντως βελτιώνεται). Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών,

του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη [34]. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζεται η σύγκριση των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.

Πίνακας 6.1: Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών

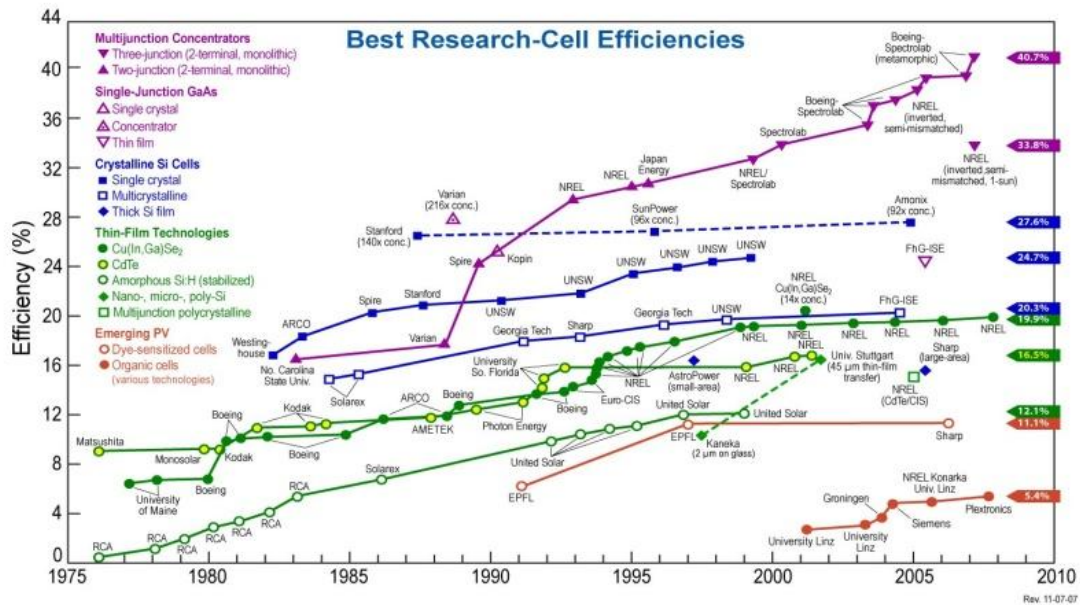
ΤΥΠΟΣ	Thin Film	Πολυ-κρυσταλλικά	Μονο-κρυσταλλικά	Υβριδικά
Εμφάνιση				
Απόδοση	Άμορφα: 5-7% CIS: 7-10% CdTe: 8-10%	11-14%	13-16%	16-17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 m ²	6-7 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)	(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)			
	1.300-1.400	1.300	1.300	1.350
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²)	(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)			
	65-140	130-160	160-185	190-225
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.380-1.485	1.380	1.380	1.435

Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

Στην Εικόνα 6.17 παρουσιάζεται η εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

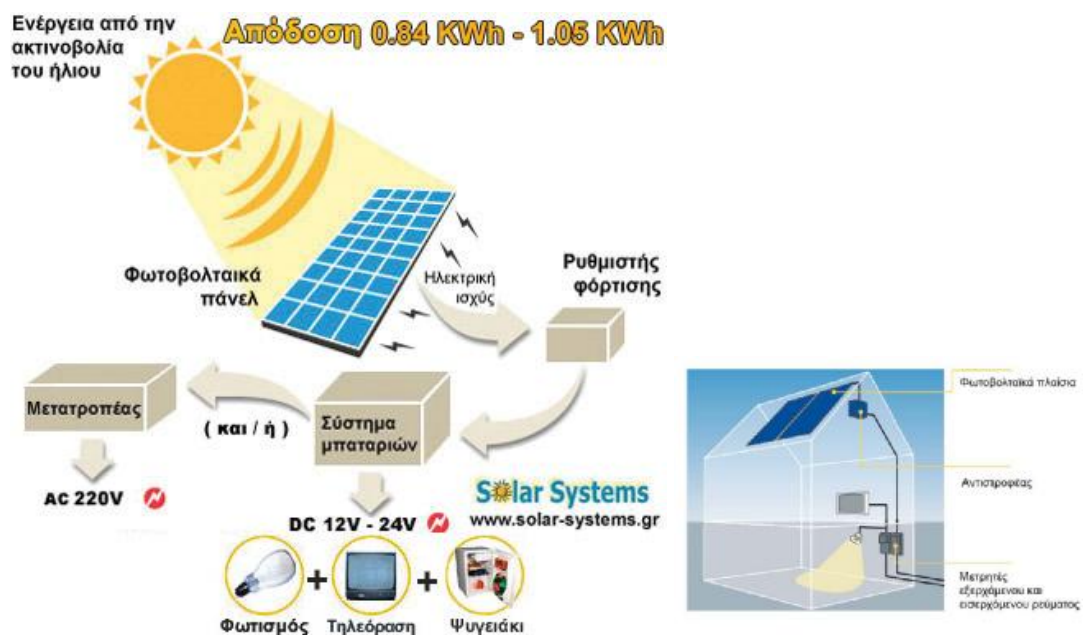


Εικόνα 6.17: Η Εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

6.1.7 Ανάλυση δομής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια (φωτοβολταϊκό πλαίσιο) με τη βάση στήριξης και ίσως σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς (tracker).
- Μπαταρίες - συσσωρευτές φωτοβολταϊκών.
- Ρυθμιστή φόρτισης για τον έλεγχο και προστασία των μπαταριών.
- Μετατροπέα τάσεως dc (12v/24v/48v) inverter για μετασχηματισμό στα 220V AC.



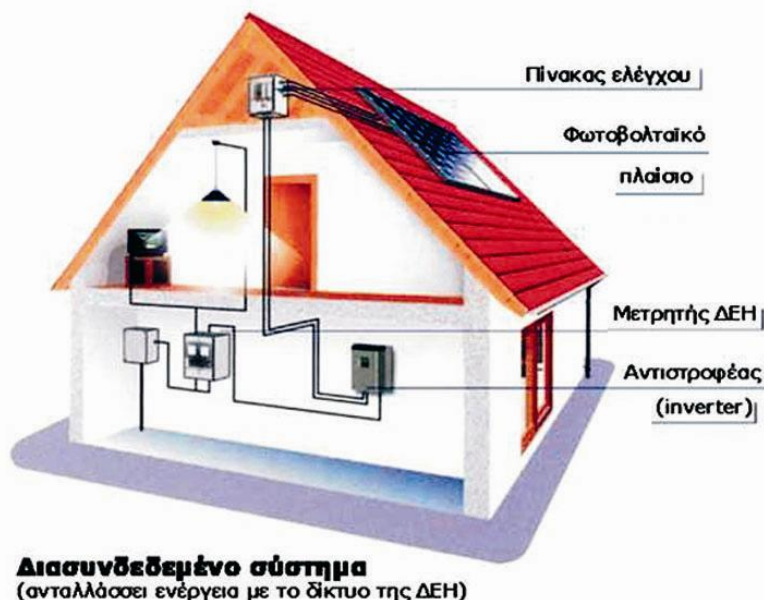
Εικόνα 6.18: Το φωτοβολταϊκό σύστημα

6.1.8 Τύποι Φ/Β Συστημάτων

Ανάλογα με την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :

1. Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο (της ΔΕΗ) (Εικόνα 6.19). Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης [29].

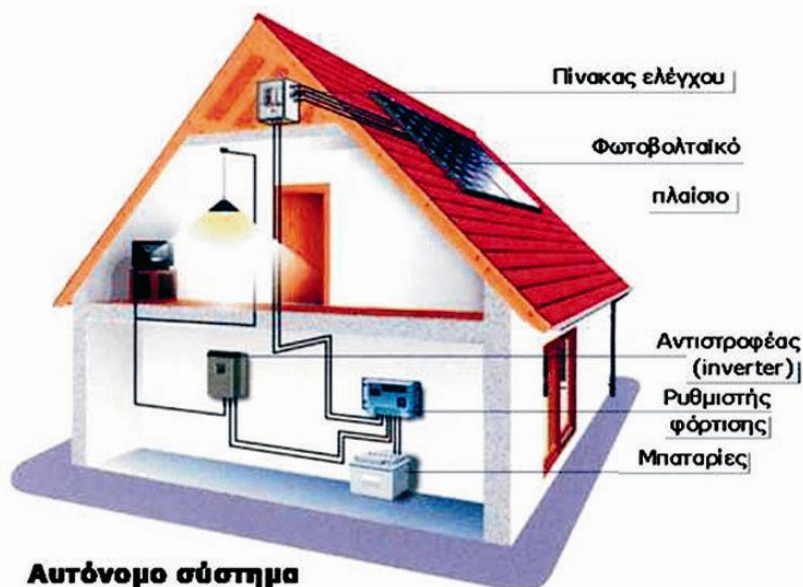


Εικόνα 6.19: Σχηματική παράσταση διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

2. Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια ένα κτίριο το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο (της Δ.Ε.Η) (Εικόνα 6.20). Οι επιμέρους διατάξεις ενός τέτοιου συστήματος είναι η συστοιχία συσσωρευτών που απαιτείται για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια για μεταγενέστερη χρήση (την νύχτα ή όταν έχει συννεφιά κλπ.), ο ρυθμιστής φόρτισης των συσσωρευτών που φροντίζει για την ομαλή εκφόρτιση τους και προστατεύει επίσης από υπερφόρτιση ή/και βαθιά εκφόρτιση τους. Ακόμη, λαμβάνεται μέριμνα για την ύπαρξη ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει την συνεχή τάση των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενη με κατάλληλα χαρακτηριστικά ώστε να λειτουργούν οι συσκευές εμπορίου αλλά και να μειώνει τις απώλειες

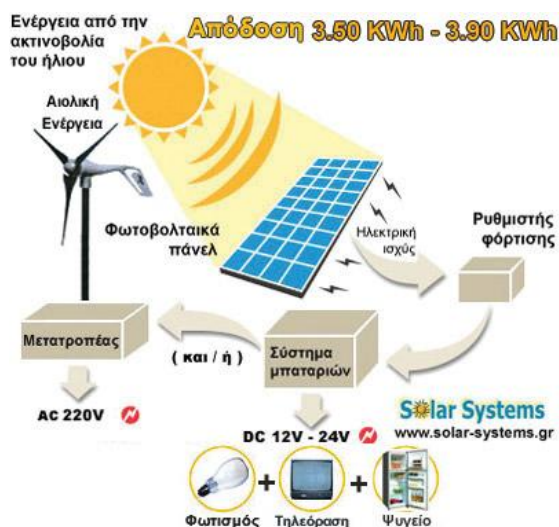
που προκύπτουν από την μεταφορά συνεχούς ρεύματος έναντι του εναλλασσόμενου. Τέλος, τοποθετείται ένας πίνακας ελέγχου, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις αναγκαίες διατάξεις μετρήσεων και ελέγχου για την παρακολούθηση και σωστή λειτουργία του συστήματος. Σε αυτά τα συστήματα είναι απαραίτητο να διαστασιολογείται σωστά το σύστημα έτσι ώστε να επιλέγεται η ακριβής χωρητικότητα των συσσωρευτών για την συνολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τις μέρες κατά τις οποίες η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί [27].



Εικόνα 6.20: Σχηματική παράσταση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

3. Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κλπ.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά (Εικόνα 6.21) [29].



Εικόνα 6.21: Σχηματική παράσταση υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

6.1.9 Χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διακρίνουν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι [35]:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων Watt ή και mWatt.
- Είναι εύρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.
- Υψηλό κόστος επένδυσης.

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη λεγόμενη «Διάσπαρτη Παραγωγή Ενέργειας» (Distributed Power Generation), η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων είναι [35]:

1. Υψηλή Αξιοπιστία – Μεγάλη διάρκεια ζωής

Η αρχική τους κατασκευή ήταν για χρήση στο διάστημα όπου οι επισκευές είναι δαπανηρές έως ακατόρθωτες. Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες σήμερα τροφοδοτούν με ρεύμα σχεδόν όλους τους δορυφόρους.

2. Μηδενικό κόστος λειτουργίας

Χρησιμοποιούν το φως του ήλιου για να παράγουν ηλεκτρισμό. Δεν καταναλώνουν πρώτες ύλες.

3. Δεν απαιτείται συντήρηση

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα δεν χρειάζονται καθόλου συντήρηση κατά την λειτουργία τους. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

4. Δεν μολύνουν το περιβάλλον

Δεν παράγουν υποπροϊόντα ούτε χρειάζονται καύσιμα για να λειτουργήσουν. Επίσης δεν προκαλούν ηχορύπανση αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη. Επίσης κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, αλουμίνιο, πυρίτιο) συνεπώς είναι περιβαλλοντικά καθαρά.

5. Αυτονομία

Παρέχουν πλήρη ενεργειακή αυτονομία. Έτσι μπορούν να τοποθετηθούν σε δύσβατες περιοχές, σε πλωτές εξέδρες και γενικά όπου το δίκτυο της ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορο να φτάσει.

6. Επεκτασιμότητα

Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλ. μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.

7. Ευελιξία στις εφαρμογές

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πουλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου).

8. Ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη, όπου και να βρίσκεται αυτός είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων.

Το κόστος των Φ/Β πλαισίων είναι σήμερα το μεγαλύτερο μειονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση στην Ελλάδα απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6000 Ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Όμως πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν σήμερα αρκετοί χρήστες για τους οποίους το Φ/Β σύστημα είναι η πλέον ενδεδειγμένη οικονομική λύση.

Η Φ/Β τεχνολογία, όπως άλλωστε και οι περισσότερες τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που κάνουν δύσκολη τη σύγκριση της με τις συμβατικές τεχνολογίες, για παράδειγμα δεν υπάρχει σαφής τρόπος αποτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους των συμβατικών τεχνολογιών [35].

6.1.10 Εφαρμογές Φ/Β συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα απευθύνονται σε περιοχές εφαρμογών, όπου το σχετικά υψηλό κόστος τους δεν αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται από:

- χαμηλές ενεργειακές ανάγκες
- έλλειψη εναλλακτικών τρόπων παροχής ενέργειας ή , όπου υπάρχουν, αυτοί είναι πολύ ακριβοί (π.χ. σύνδεση με ένα απομακρυσμένο δίκτυο)
- απαιτήσεις υψηλής αξιοπιστίας ή και χαμηλές ανάγκες συντήρησης

Σαν κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι εξής:

α) Καταναλωτικά προϊόντα (0.001 - 100Wp)

Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, κλπ., για την εξυπηρέτηση αναγκών φωτισμού και ψύξης και για προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φανοί κ.ά.

β) Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100Wp – 200KWp)

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κατοικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Ακόμη χρησιμοποιούνται για :

- αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού
- φωτισμό (δρόμων, πάρκων , αεροδρομίων)
- συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού
- συστήματα σηματοδότησης (οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας)
- ψύξη (αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κ.λπ.)

γ) Συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο (200 KWp - αρκετά MWp)

Στην κατηγορία αυτή, που σύμφωνα με τις συμβατικές θεωρήσεις προς το παρόν δεν αξιολογείται σαν οικονομικά βιώσιμη, διακρίνονται δύο κατηγορίες συστημάτων.

- Φ/Β συστήματα μεγέθους έως μερικών εκατοντάδων kWp που τροφοδοτούν κατοικίες, συγκροτήματα κατοικιών ή άλλα κτίρια και όπου η τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται (πωλείται) προς το δίκτυο
- Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο

Για τα Φ/Β συστήματα που αναρτώνται σε κτίρια (σε προσόψεις, οροφές , κλπ.), σε σύνδεση με το δίκτυο, τελευταία έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα οφέλη που προκύπτουν είναι:

- συγχρονισμός Ψυκτικών φορτίων κτιρίων με μέγιστη παραγόμενη ισχύ από Φ/Β
- αποφυγή χρήσης γης
- αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Επίσης, γίνεται προσπάθεια για χρήση των Φ/Β και ως δομικών στοιχείων στα κτίρια, αυξάνοντας έτσι τα οικονομικά οφέλη, εκτός από αυτά που ήδη αναφέρθηκαν [35].

6.1.11 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β στοιχείων

Ο βαθμός απόδοσης των Φ/Β εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού (Φ/Β) επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι βασικότεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

1. Γήρανση

Η απόδοση ενός Φ/Β στοιχείου μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής του. Παρόλα αυτά οι πλείστοι κατασκευαστές προσφέρουν εγγυήσεις που καθορίζουν το μέγιστο ποσοστό μείωσης της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων τους, μετά από 20 ή 25 χρόνια λειτουργίας.

2. Σκίαση των πλαισίων

Η σκίαση επηρεάζει σημαντικά την απόδοση των Φ/Β πλαισίων, γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του χώρου εγκατάστασης τους και στον τρόπο τοποθέτησης τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε σκίαση, κυρίως κατά τις ώρες 9.00 π.μ. με 3.00 μ.μ. Ανεπιθύμητη σκίαση μπορούμε να έχουμε από γειτονικά κτίρια, δέντρα, περιτοιχίσματα κ.τ.λ. αλλά και από την μπροστινή σειρά Φ/Β πλαισίων όταν τα πλαίσια τοποθετηθούν σε οριζόντιο επίπεδο σε παράλληλες σειρές.

3. Αύξηση της θερμοκρασίας

Η αύξηση της θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα μείωσης της απόδοσης του συστήματος. Η μείωση αυτή καθορίζεται από τον συντελεστή θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων που αναφέρεται στις τεχνικές προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή. Σύμφωνα με τον οποίο στα περισσότερα πλαίσια η απόδοση τους μειώνεται γύρω στα 0.4-0.45%, από την κανονική τιμή, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τους 25 °C.

4. Ρύπανση της επιφάνειας των πλαισίων

Η επικάλυψη σκόνης, φύλλων, απορριμμάτων πουλιών και άλλων ακαθαρσιών στην επιφάνεια ενός Φ/Β πλαισίου προκαλεί ορισμένη μείωση στην απόδοση του γι' αυτό χρειάζεται ένας περιοδικός καθαρισμός των επιφανειών των πλαισίων [37].

6.2 ΒΙΟΜΑΖΑ

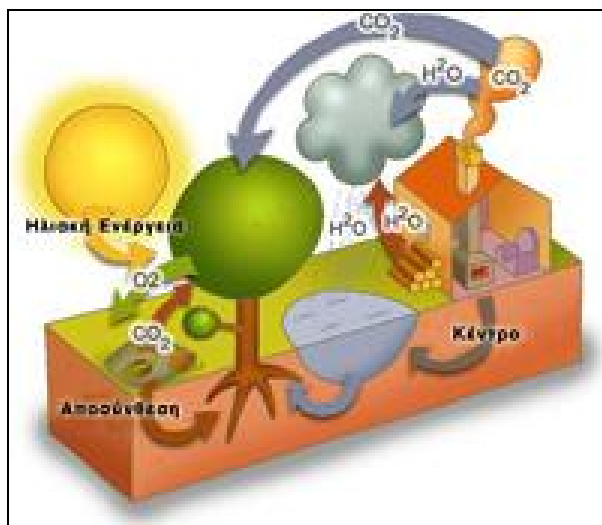
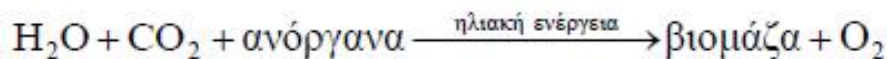
6.2.1 Εισαγωγή

Με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα μετά την επεξεργασία και τη χρήση της, ενώ αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση [41].

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.)

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής (Εικόνα 6.22). Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας [42].

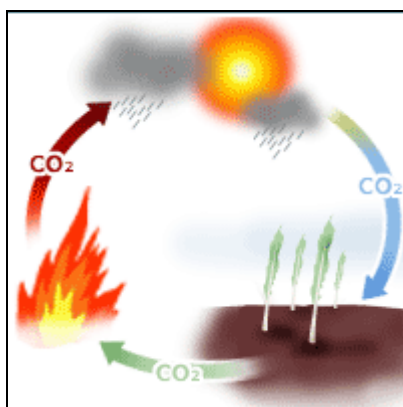


Εικόνα 6.22: Κύκλος του άνθρακα.

6.2.2 Χαρακτηριστικά βιομάζας

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να αναφερθεί, ότι η χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας είναι η αντιστροφή της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης [42]. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι το νερό και ο άνθρακας τα οποία βρίσκονται άφθονα στη φύση. Όπως έχει αναφερθεί η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μία σύντομη περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας [41].

Η βιοενέργεια είναι η χημική ενέργεια που αποθηκεύεται σε φυτά και ζώα (τα οποία τρέφονται με φυτά ή άλλα ζώα), ή στα απόβλητα που αυτά παράγουν, λέγεται βιοενέργεια. Κατά τη διάρκεια διαδικασιών μετατροπής όπως η καύση, η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργειά της, υπό τη μορφή θερμότητας ενώ παράγεται διοξείδιο του άνθρακα που έρχεται να αντικαταστήσει το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφούνταν όσο το φυτό αναπτυσσόταν (Εικόνα 6.23) [42].



Εικόνα 6.23: Ο κύκλος του άνθρακα.

Για τις διάφορες τελικές χρήσεις της βιομάζας υιοθετούνται διαφορετικοί όροι, όπως "βιοισχύς" ο οποίος περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ή όπως "βιοκαύσιμα" ο οποίος αναφέρεται κυρίως στα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα όπως βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

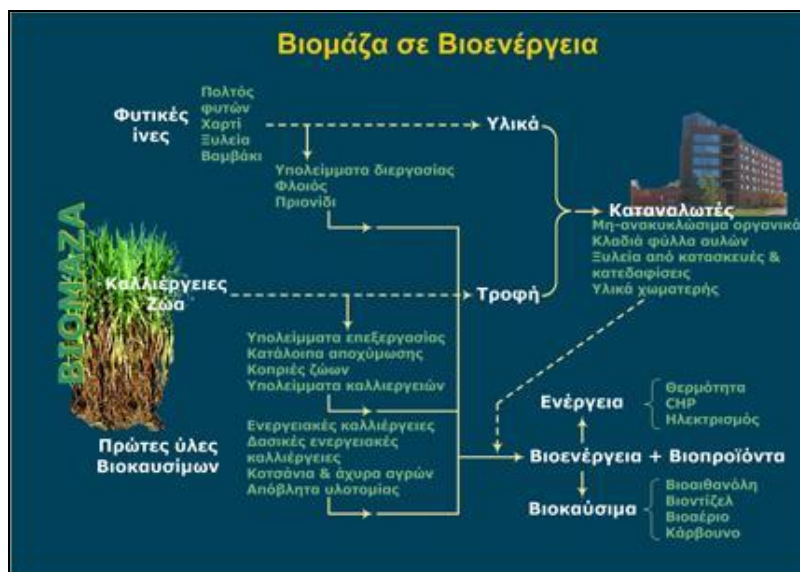
Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό [41].

6.2.3 Πηγές προέλευσης της βιομάζας

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες [42] (Εικόνες 6.24, 6.25).



Εικόνα 6.24: Πηγές προέλευσης της βιομάζας



Εικόνα 6.25: Βιομάζα σε βιοενέργεια

1. Υπολειμματικές μορφές βιομάζας

i. Βιομάζα γεωργικής προέλευσης

Η γεωργική βιομάζα που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας διακρίνεται τη βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, κλαδοδέματα κ.λπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λπ.).

ii. Βιομάζα ζωικής προέλευσης

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία. Η εκτροφή προβάτων, αιγών κι αρνιών είναι εκτατική (η οποία είναι επί το πλείστον ποιμενικής μορφής) και τα παραγόμενα απόβλητα διασκορπίζονται σε όλο το βοσκότοπο.

iii. Βιομάζα δασικής προέλευσης

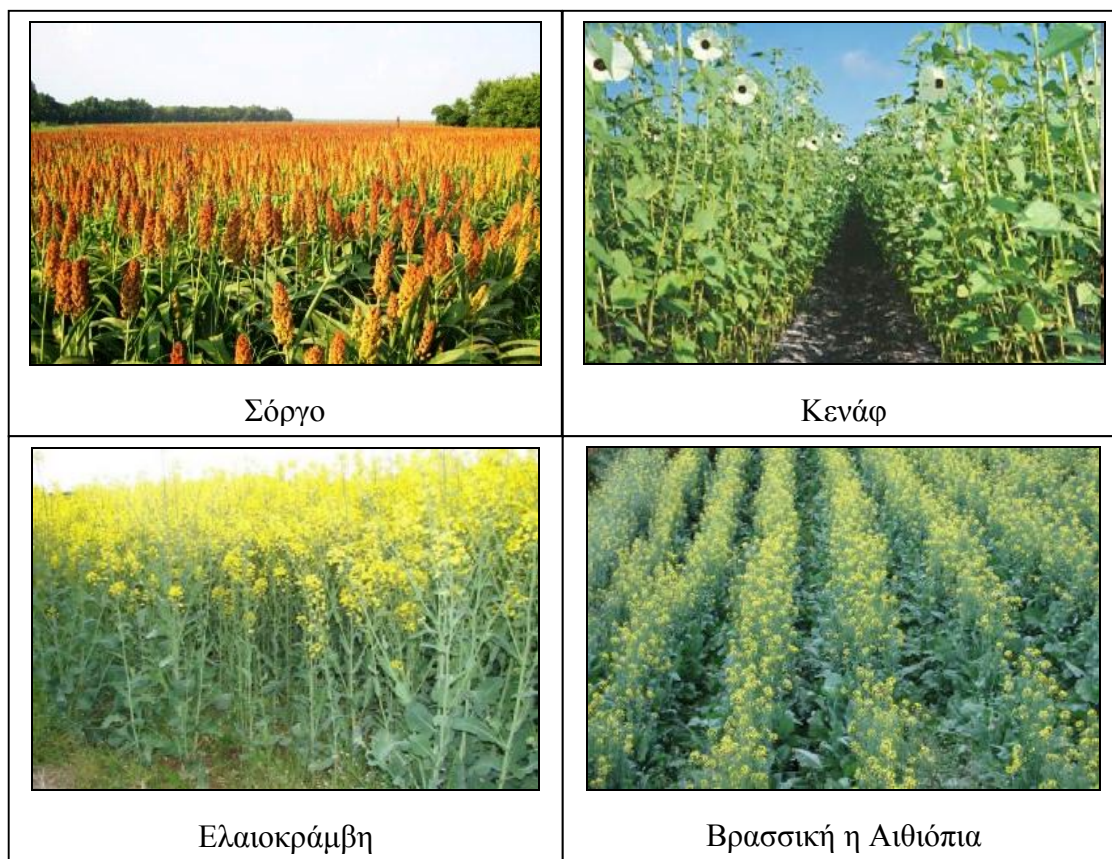
Η βιομάζα δασικής προέλευσης που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων, λατομιών), στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου.

iv. Αστικά απόβλητα: Το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων.

2. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- i. Ετήσιες: σακχαρούχο ή γλυκό σόργο , ινώδες σόργο, κενάφ, ελαιοκράμβη, βρασσική ή αιθίοπια (Εικόνα 6.26).

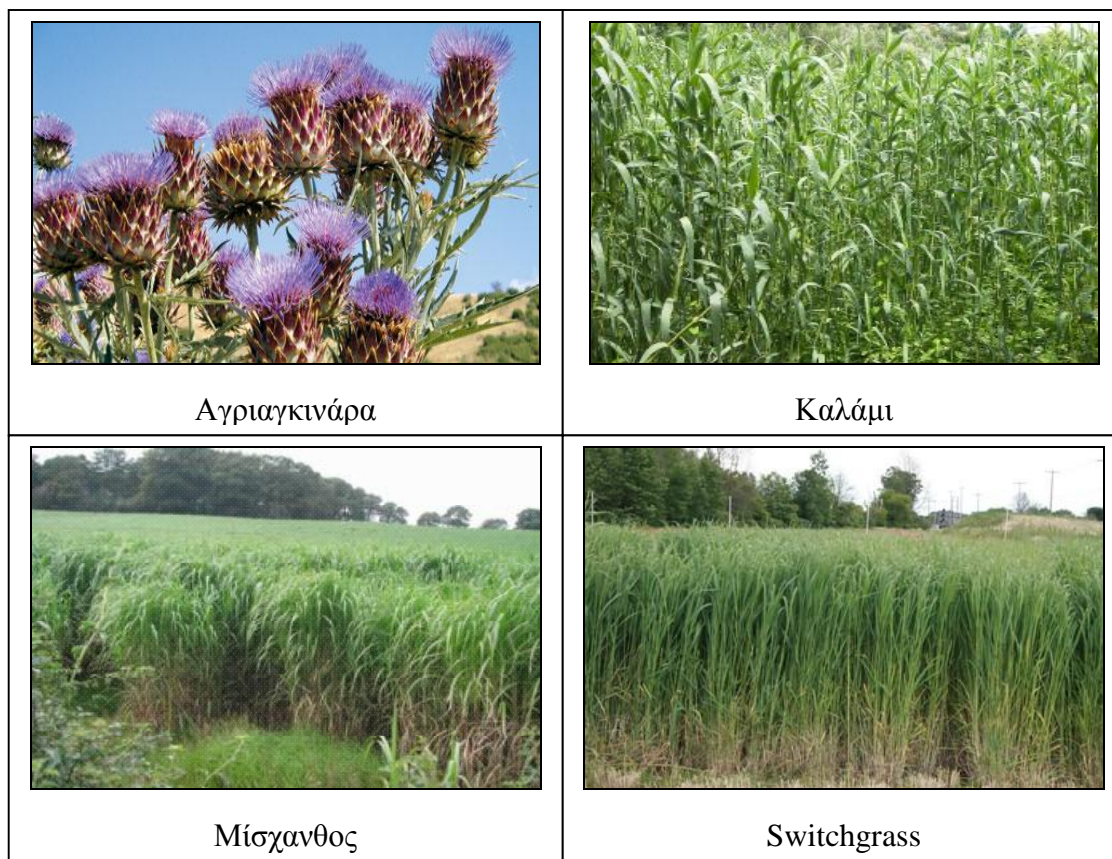


Εικόνα 6.26: Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες

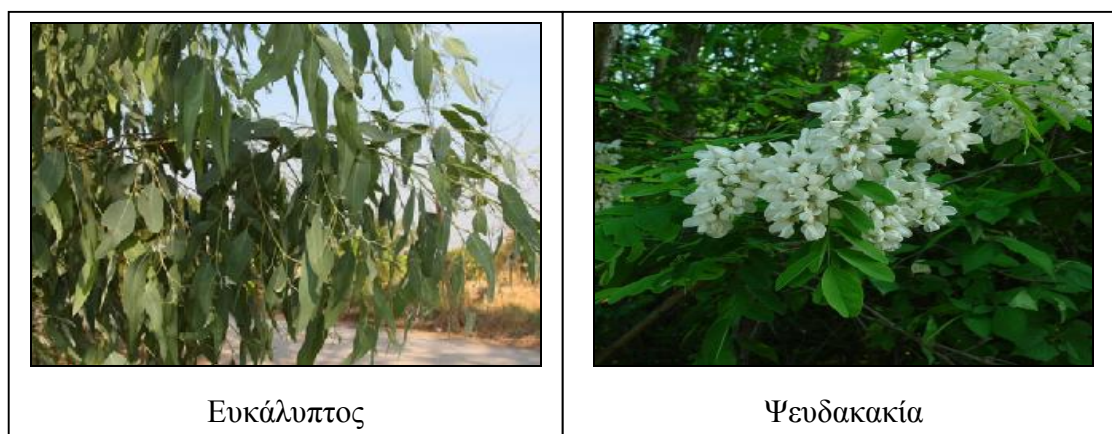
- ii. Πολυετείς:

I . Γεωργικές : Αγριαγκινάρα, καλάμι, μίσχανθος, switchgrass (Εικόνα 6.27)

II . Δασικές : Ευκάλυπτος, ψευδακακία (Εικόνα 6.28)



Εικόνα 6.27: Πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες



Εικόνα 6.28: Πολυετείς δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

6.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βιομάζας

Τα πλεονεκτήματα της βιομάζας είναι [41]:

1. Αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου

Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

2. Αποφυγή του φαινομένου της “όξινης βροχής”

Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

3. Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα

Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από της χώρες παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

4. Εξασφάλιση θέσεων εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Τα μειονεκτήματα της βιομάζας είναι [41]:

1. Μεγάλος όγκος και μεγάλη υγρασία

Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

2. Εποχιακή παραγωγή και όχι παραγωγή 365 μέρες το χρόνο

Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

3. Δυσκολία συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης, έναντι συμβατικών καυσίμων

Παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συγκομιδή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

4. Υψηλό κόστος εξοπλισμού

Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

6.2.5 Εφαρμογές βιομάζας

Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο βιομάζα είναι: [42]

Θέρμανση θερμοκηπίων

Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.

Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες

Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.

Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες

Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου

Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.

Τηλεθέρμανση

Τηλεθέρμανση είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια .

Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (π.χ. θέρμανση κτιρίων).

Παραγωγή βιοκαυσίμων

Σήμερα, ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντήζελ, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κ.ά) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται είτε ως έχει σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες είτε τέλος να μετατραπεί σε ΕΤΒΕ (πρόσθετο βενζίνης).

Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Συμβάλλουν στη μείωση των εισαγωγών και στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

6.2.6 Βασικά χαρακτηριστικά βιομάζας [43]

Ανεξαρτήτως της πηγής προέλευσής της, οι διεργασίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια επηρεάζονται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της. Οι τιμές των ιδιοτήτων

αυτών δεν είναι σταθερές και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως της πηγής προέλευσης της βιομάζας.

Τα εν λόγω χαρακτηριστικά δεν επηρεάζουν μόνο από τεχνικής πλευράς τα έργα αξιοποίησης της βιομάζας αλλά, τελικά, τη βιωσιμότητα ολόκληρης της επένδυσης. Κατά συνέπεια, η πλήρης κατανόηση της σημασίας τους είναι βασική για την εξέταση της κάθε διεργασίας ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Οι ιδιότητες που θεωρούνται περισσότερο καθοριστικές είναι:

1. Η περιεκτικότητα σε υγρασία
2. Η περιεκτικότητα σε τέφρα
3. Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά
4. Η περιεκτικότητα σε αλκαλικά μέταλλα
5. Η θερμογόνο δύναμη
6. Η πυκνότητα

6.2.7 Pellets Βιομάζας

Μια μορφή βιομάζας είναι τα pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση των υλικών αυτών, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών. Τα pellets (πέλλετς ή πελλέτες) βιομάζας είναι ένα ανανεώσιμο στερεό βιοκαύσιμο υψηλής ποιότητας. Σε αντίθεση με τα συμβατικά καύσιμα βιομάζας (κούτσουρα ξύλου, κλαδέματα δέντρων κ.λπ.) τα οποία συνοδεύονται από σημαντικά μειονεκτήματα εξαιτίας της χαμηλής ενεργειακής πυκνότητάς τους και της υψηλής περιεκτικότητάς σε υγρασία, τα pellets βιομάζας καταφέρνουν να συνδυάσουν τα ακόλουθα πολύτιμα χαρακτηριστικά: χαμηλή υγρασία, υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο και ομοιομορφία στο σχήμα και το μέγεθος. [43]

6.2.8 Η πρώτη ύλη των πελλετς [44]

Η πρώτη ύλη των πέλλετς είναι βιομάζα που μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές υπολειμμάτων. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω: υπολείμματα βιομηχανίας κατεργασίας ξύλου (π.χ. πριονίδια), υπολείμματα των καλλιεργειών (άχυρα, στελέχη βαμβακιού, κλαδέματα), δασική βιομάζα (διαχείριση δασών), αυτοφυής βιομάζα (π.χ. καλάμια) (Εικόνα 6.29).



Εικόνα 6.29: Αξιοποίηση υπολειμματικής βιομάζας

Επίσης η βιομάζα μπορεί να είναι καλλιεργούμενη, κάτι που βοηθά στον προγραμματισμό και τη συνεχή παροχή πρώτης ύλης στη βιομηχανία πελλέτας. Ενδεικτικά αναφέρονται ως τέτοιες καλλιέργειες (ενεργειακές) οι εξής: Ινώδες σόργο, Αγριαγκινάρα, Μίσχανθος, Κενάφ, Καλάμι, Switchgrass (είδος κεχριού). Επίσης μπορούν να καλλιεργηθούν και δασικά είδη όπως Ευκάλυπτος, Ψευδακακία, Ιτιά, Λεύκα, Ήμερη κάνναβη κ.α. (Εικόνα 6.30)



Εικόνα 6.30: Αξιοποίηση ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιομάζας

6.2.9 Τα στάδια παραγωγής των πέλλετς βιομάζας [43]

Τα pellets (πέλλετς) παράγονται από πρώτες ύλες-παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, από υπολείμματα υλοτομίας και από ειδικές αειφόρες δασικές καλλιέργειες. Εκτός από αυτά, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής αγροπέλλετς τα οποία προέρχονται από γεωργικά υπολείμματα (π.χ. άχυρο) ή από κλαδέματα καλλιεργειών. Τα αγροπέλλετς μειονεκτούν ως προς τα πέλλετς ξύλου κυρίως λόγω της σημαντικά υψηλότερης περιεκτικότητας τους σε τέφρα.

Στην Εικόνα 6.31 φαίνονται μονάδες παραγωγής πέλλετς.



Εικόνα 6.31: Μονάδες παραγωγής πελλέτας (βιομηχανίες)

Υπάρχουν 7 διαφορετικά στάδια κατά την παραγωγική διαδικασία των πέλλετς βιομάζας:

1. Αποθήκευση πρώτων υλών
2. Καθαρισμός πρώτων υλών από προσμίξεις
3. Ξήρανση βιομάζας
4. Άλεση-τεμαχισμός βιομάζας
5. Πελλετοποίηση
6. Ψύξη και Κοσκίνιση των πέλλετς
7. Αποθήκευση των πέλλετς

Τα στάδια 1-4 αφορούν την επεξεργασία της βιομάζας έτσι ώστε να αποκτηθούν οι απαραίτητες ιδιότητες όσον αφορά στην καθαρότητά της, την υγρασία της και τις διαστάσεις της. Τα στάδια 5-7 αφορούν την παραγωγή των πέλλετς και τον βασικό εξοπλισμό διαμόρφωσης και παραγωγής των πέλλετς: την πρέσα πέλλετ. Στην Εικόνα 6.32 παρουσιάζεται η γραμμή παραγωγής μιας βιομηχανίας πέλλετς.



Εικόνα 6.32: Διαδικασία παραγωγής pellets (γραμμή παραγωγής)

1. Αποθήκευση των πρώτων υλών

Ένα καλό σύστημα αποθήκευσης των πρώτων υλών είναι απαραίτητο για την διατήρηση της βιομάζας μακριά από ακαθαρσίες και για την προστασία της από βροχή, η οποία μπορεί να αυξήσει την υγρασία της σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι ασύμφορη η ξήρανση της (και άρα η χρήση της στην παραγωγική διαδικασία). Η αυτοματοποιημένη τροφοδοσία της πρώτης ύλης από τον χώρο αποθήκευσης στον χώρο παραγωγής (π.χ. μέσω μεταφορικής ταινίας ή κοχλίας) προτιμάται συχνά για την συρρίκνωση του εργατικού κόστους.

2. Καθαρισμός των πρώτων υλών από προσμίξεις

Το στάδιο αυτό είναι βασικό κυρίως στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ανακυκλωμένη ή ακατέργαστη ξυλεία (π.χ. παλέτες) ως πρώτη ύλη. Έτσι πολλές μονάδες

χρησιμοποιούν μηχανισμούς διαχωρισμού της ξυλείας από αδρανή υλικά, όπως πέτρες, ή μαγνητικούς διαχωριστήρες για τη δέσμευση μεταλλικών αντικειμένων, όπως καρφιά και πρόκες. Η παρουσία ακόμα και της παραμικρής ποσότητας τέτοιων προσμίξεων στο τελικό προϊόν είναι απαράδεκτη ενώ παράλληλα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότατες φθορές στον εξοπλισμό της παραγωγικής διαδικασίας, π.χ. στον σφυρόμυλο και την πρέσα.

3. Ξήρανση βιομάζας

Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή πέλλετς απαιτεί ξήρανση ώστε να παραχθεί ικανοποιητικής ποιότητας προϊόν. Μόνο ελάχιστα υλικά τα οποία συλλέγονται ξηρά, όπως το άχυρο, μπορούν να παρακάμψουν αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η ξήρανση της βιομάζας σε ένα επίπεδο μεταξύ 10 και 15% είναι απαραίτητη. Οι ξηραντήρες βιομάζας (Εικόνα 6.33) που χρησιμοποιούνται είναι ως επί το πλείστον τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου (drum dryers), αν και υπάρχουν και αρκετές αναφορές σε ξηραντήρες ζώνης (belt dryers). Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση της βιομάζας είναι είτε φυσικό αέριο είτε μέρος της ίδιας της βιομάζας, με τη δεύτερη επιλογή να προτιμάται για περιβαλλοντικούς, τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο στάδιο αποτελεί το πιο ενεργοβόρο της παραγωγικής διαδικασίας ενώ συνεισφέρει στο μέγιστο βαθμό στα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Κατά συνέπεια, η πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών και καινοτομιών στην παραγωγή των pellets εντοπίζεται στη διαδικασία επιτυχούς ξήρανσης της πρώτης ύλης.



Εικόνα 6.33: Ξηραντήριο βιομάζας 800 kg

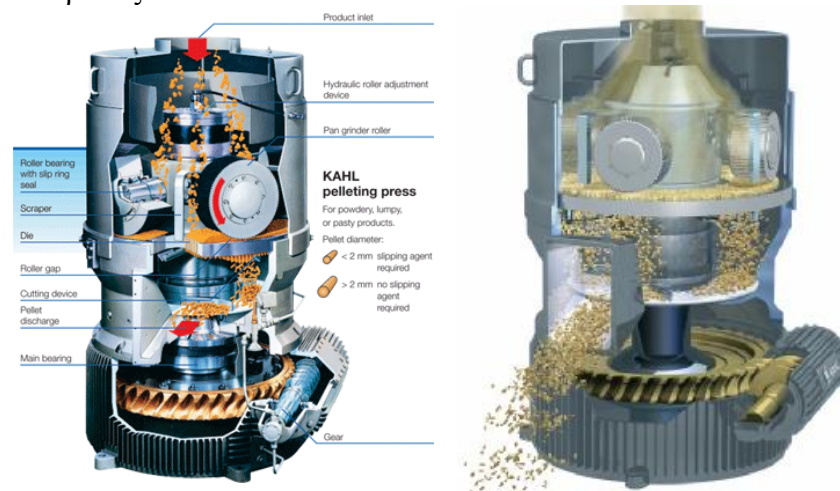
4. Τεμαχισμός-Άλεση βιομάζας

Πριν την εισαγωγή της στην πρέσα πελλετοποίησης, είναι απαραίτητο η βιομάζα να έχει αποκτήσει την κατάλληλη ομοιογένεια και κοκκομετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση διαφόρων ειδών μηχανημάτων τεμαχισμού και άλεσης της πρώτης ύλης, όπως είναι οι σφυρόμυλοι. Το μέγεθος της τεμαχισμένης βιομάζας που πρόκειται να εισαχθεί στην πρέσα δεν είναι τυχαίο: τα σωματίδια πρέπει να μην είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορούν να εισέρχονται μέσα από τις τρύπες του καλουπιού της πρέσας. Από την άλλη, όμως, αν είναι πολύ λεπτόκοκκη η ύλη υπάρχει μικρότερη απόδοση μετατροπής της βιομάζας σε πέλλετς, καθώς είναι πιο δύσκολη η συσσωμάτωση των σωματιδίων.

5. Πελλετοποίηση

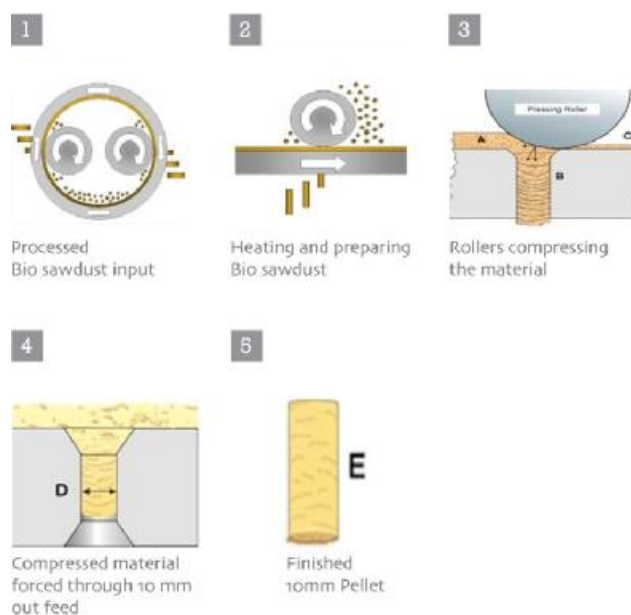
Τα πέλλετς παράγονται από την συμπίεση της κοκκοποιημένης βιομάζας σε ειδική πρέσα (Εικόνα 6.34) μέσα από τις τρύπες ανοξείδωτου καλουπιού με το οποίο είναι

εξοπλισμένη και το οποίο δίνει στα πέλλετς τη χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Η δυναμικότητα κάθε πρέσας πέλλετς κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους ανά ώρα. Αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση εμφανίζεται και στην απόδοση των διαφόρων τύπων πρέσας.



Εικόνα 6.34: Πρέσες παραγωγής πέλλετς

Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων στην εισερχόμενη κοκκοποιημένη βιομάζα εξαναγκάζει το υλικό σε μια κίνηση μέσα από τις τρύπες του κυκλικού καλουπιού, με τη διάμετρο των συγκεκριμένων τρυπών να καθορίζουν, τελικά, και τη διάμετρο των παραγόμενων πέλλετς. Καθώς αυξάνεται η ασκούμενη πίεση, αυξάνονται οι τριβές μεταξύ των κόκκων της βιομάζας με άμεση συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας της. Η αυξημένη θερμοκρασία μαλακώνει την λιγνίνη (μία εκ των τριών βασικών ομάδων ενώσεων της βιομάζας μαζί με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες) η οποία δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας (Εικόνα 6.35). Η ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να γίνει αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του καλουπιού, το οποίο θα πρέπει να δημιουργεί το απαιτούμενο επίπεδο αντίστασης στη ροή των σωματιδίων βιομάζας ώστε να αναπτυχθούν οι επιθυμητές πιέσεις- άρα και θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που οι τρύπες του καλουπιού είναι μεγαλύτερες από όσο πρέπει, το υλικό διαφεύγει εύκολα μέσα από αυτές και δεν αναπτύσσονται ικανές πιέσεις-θερμοκρασίες για την παραγωγή ενός συμπαγούς προϊόντος δίχως θρύμματα. Η ύπαρξη, βέβαια, πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, την μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων και την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας τελικού προϊόντος.



Εικόνα 6.35: Διαδικασία συγκόλλησης κατά την παραγωγή των πέλλετς



Εικόνα 6.36: Ομοιόμορφη παραγωγή κομματιών πέλλετς κοινής διαμέτρου στην πρέσα.

Το στάδιο της πελλετοποίησης είναι η μόνη φάση της παραγωγικής διαδικασίας των πέλλετς στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πρόσθετες ενώσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την ενίσχυση της συνεκτικότητας των πέλλετς προστίθεται κάποιες φορές κάποιο φυσικό συγκολλητικό, όπως το άμυλο. Η χρήση ή μη των φυσικών προσθέτων εξαρτάται βασικά από την ποιοτική σύσταση της πρώτης ύλης, δηλαδή από την αναλογία της λιγνίνης ως προς την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την τέφρα του υλικού. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προσθέτων στο τελικό προϊόν καθορίζεται βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας.

Με κατάλληλο σχεδιασμό του καλουπιού της πρέσας και προσεκτικό έλεγχο ολόκληρης της διεργασίας, τα πέλλετς εξέρχονται από την πρέσα με υγρασία λιγότερο από 10%, πυκνότητα μεγαλύτερη των 600 kg/m³ και θερμογόνο δύναμη που υπερβαίνει τις 4.7 kWh/kg.

6. Ψύξη και κοσκίνιση των πέλλετς

Τα πέλλετς που εξέρχονται από την πρέσα είναι πολύ μαλακά και ζεστά (70-90 °C) για να μπορούν να αποθηκευτούν και συσκευαστούν ως έχουν. Κατά συνέπεια αφήνονται να ψυχθούν στον αέρα μέσω ταινίας μεταφοράς, ώστε να σταθεροποιηθεί η λιγνίνη ως συγκολλητικό μέσο των ινών κυτταρίνης. Αφού ψυχθούν και αποκτήσουν την επιθυμητή σκληρότητα, τα πέλλετς διέρχονται από βιομηχανικά κόσκινα από όπου διαχωρίζονται από τις σκόνες και τα θρύμματα. Σημειώνεται ότι η παρουσία θρυμμάτων στο τελικό προϊόν,

μπορεί να το θέσει εκτός προδιαγραφών και να δυσχεράνει την απορρόφησή του από την αγορά. Τα διαχωρισμένα θρύμματα ανακυκλώνονται ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια της βιομάζας και να αυξάνεται η συνολική απόδοση της διεργασίας.

7. Αποθήκευση των πέλλετς.

Καθώς τα πέλλετς αποτελούν υψηλής ποιότητας καύσιμο, οι συνθήκες αποθήκευσής του είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της ποιότητάς του. Η αποθήκευσή του σε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους από όπου προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του περιβάλλοντος και από την υγρασία είναι συνήθης πρακτική, ιδίως όταν οι κύριοι καταναλωτές είναι μικροί οικιακοί χρήστες. Σε περίπτωση χύδην αποθήκευσης, είναι και πάλι σκόπιμο να τοποθετηθούν είτε σε container ή σε σιλό, ομοίως για να προστατευτούν από την υγρασία και τις ακαθαρσίες.

Είναι λογικό το συμπέρασμα ότι όλα τα παραπάνω επιμέρους στάδια για την παραγωγή των πέλλετς πρέπει να καταναλώνουν σημαντική ηλεκτρική ενέργεια. Εντούτοις, η περιβαλλοντική διάσταση τους δεν μπορεί να καταρριφθεί: υπολογίζεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή των πέλλετς αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 22% του ενεργειακού τους περιεχομένου, αφήνοντας τα πέλλετς με θετικό ενεργειακό πρόσημο.

Η συμπιεσμένη βιομάζα σε μορφή πελλέτας επιτρέπει διανομή και αποθήκευση των στερεών καυσίμων παρόμοια με αυτή των υγρών καυσίμων και καθιστά δυνατή τη χρήση για οικιακή θέρμανση ή θέρμανση κτιρίων και άλλων εγκαταστάσεων όπως για παράδειγμα βιομηχανικών μονάδων [44].

6.2.10 Πέλλετς ξύλου (wood pellets)

Τα pellets ξύλου (συσσωματώματα βιομάζας ξυλώδους μορφής) είναι ένα καύσιμο αποτελούμενο από ξύλο, απαλλαγμένο από κάθε υγρασία, συμπιεσμένο σε μικρούς κυλίνδρους χωρίς καμιά προστιθέμενη συγκολλητική ουσία. Οι μικροί αυτοί κύλινδροι έχουν διάμετρο 60-80mm με μήκος περίπου 30mm και χρώμα εξαρτώμενο από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τους [44]. Το σχηματιζόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή συνοχή, χαμηλό ποσοστό υγρασίας (λιγότερο από 10%) και μεγάλη πυκνότητα (>650 kg/m³), γεγονός που επιτρέπει την καύση του και την υψηλή θερμοκρασία του απόδοσης. Επιπλέον οι μικρές του διαστάσεις και η γεωμετρία του σχήματός του, επιτρέπουν την εύκολη αποθήκευση και χειρισμό του. Σε αυτό συμβάλλει και η δυνατότητα συσκευασίας των wood pellets σε σάκους των 15, 20 και 50 kg.

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ποιότητας, τα wood pellets που κυκλοφορούν στην Ευρώπη έχουν ως ποιοτικό στάνταρντ την παραγωγή έως 1% τέφρα κατά την καύση του. Αυτό επιτυγχάνεται από το συνδυασμό της παραγωγικής διαδικασίας και της καθαρότητας των υλικών [18]. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται χαρακτηριστικά των pellets ξύλου.

Πίνακα 6.2: Χαρακτηριστικά των Πέλλετς ξύλου

Τεχνικά χαρακτηριστικά των wood pellets	
Διάμετρος	60-80mm
Μήκος	30-40mm
Υγρασία	8-10%
Πυκνότητα	> 650 kg/m ³
Τέφρα	0,5-1,0%
Θερμίδες	4500 kcal/kg
Ενεργειακό Περιεχόμενο	4.5-5.2kWh/kg

2 kg pellets = 1 liter πετρελαίου θέρμανσης



Εικόνα 6.36: Πέλλετ ξύλου



Εικόνα 6.37: Πέλλετ ξύλου

Τα πέλλετ ξύλου έχουν κορυφαία ποιότητα και ανάλογα με το είδος του δέντρου είναι ανάλογη και αξία τους. Με σειρά καλύτερης ποιότητας τα δέντρα είναι, Οξιά - Βελανιδιά, Έλατο, Πεύκο, κλπ. Τα πέλλετ ανάλογα με το χρώμα τους μπορούν να σας δείξουν περίπου την ποιότητα τους, στις Εικόνες 6.38-6.39 φαίνονται κάποια από αυτά [45].



Εικόνα 6.38: 100 % καθαρά ξύλα
Αριστερά: μπεζ πέλλετ, 50% οξιά 50% έλατο
Δεξιά: μπεζ πέλλετ, 100% οξιά άνευ φλοιού



Εικόνα 6.39: Με προσμίξεις
Αριστερά: ζαχαρί πέλλετ, κυπαρίσσι με καλαμπόκι
Δεξιά: καφέ πέλλετ, πεύκο με υπολείμματα

6.2.11 Θέρμανση με πέλλετς ξύλου

Η ιστορία της θέρμανσης με συσσωματώματα ξύλου ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '80 στις ΗΠΑ και τον Καναδά, και εξαπλώθηκε από τη δεκαετία του '90 συνεχώς αυξανόμενη στη Σκανδιναβία. Από το 1999, τα pellets ξύλου κατακτούν όλο και περισσότερους καταναλωτές στην κεντρική Ευρώπη, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Γαλλία κλπ. [46].

Σε πολλές χώρες της Ευρώπης, τα pellets χρησιμοποιούνται ευρέως εδώ και πολλά χρόνια, αντικαθιστώντας το πετρέλαιο θέρμανσης και το φυσικό αέριο, με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στο περιβάλλον και στην οικονομία τους. Κεντρικές εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης, ή μόνο κεντρικής θέρμανσης με δίκτυα τηλεθέρμανσης οικισμών, είναι εφαρμογές που πολύ σύντομα θα φτάσουν και στην χώρα μας [16].

Τα pellets μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν οικονομικό καύσιμο για θέρμανση σε μια σειρά από συσκευές [44]:

1. **Αερόθερμες Σόμπες Pellet** που καίνε αυτόματα το πέλλετ που έχουν στην δεξαμενή τους και ζεσταίνουν τον χώρο προφέροντας την θαλπωρή της φλόγας.
2. **Σόμπες Λέβητες Pellet** που ενώνονται με το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού σας και με τα καλοριφέρ σας και μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού σας σαν μια σόμπα.
3. **Λέβητες Pellet** που χρησιμοποιούν όλη την εγκατάσταση του λέβητα πετρελαίου ή αερίου χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερες αλλαγές και λειτουργούν τελείως αυτόματα, όπως και οποιοσδήποτε άλλος λέβητας. Στους νέους εξελιγμένους λέβητες μας ο υπολογιστής που ελέγχει τον λέβητα είναι σχεδιασμένος και κατασκευασμένος αποκλειστικά για τους συγκεκριμένους Λέβητες Pellet και προσφέρει πολλές εξελιγμένες δυνατότητες, όπως απομακρυσμένος έλεγχος μέσω υπολογιστή, προσαρμογή της καύσης σε συνάρτηση με την εξωτερική θερμοκρασία κ.α. Έτσι η λειτουργία του Λέβητα Wood Pellet προσαρμόζεται συνέχεια στις ανάγκες του σπιτιού σας ή του χώρου εργασίας σας μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και επιτυγχάνοντας οικονομία.

4. **Τζάκια Λέβητες**, που χρησιμοποιούν είτε πέλλετ ξύλου είτε ξύλο (κούτσουρα) και χρησιμοποιούν αυτούσιο το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού σας, με πλήρως αυτόματη λειτουργία.
5. **Λέβητες Pellet Αερόθερμους**, οι οποίοι με την χρήση αεραγωγών μπορούν να θερμάνουν μεγάλες εργοστασιακές μονάδες ή επαγγελματικούς χώρους.

Λόγω της κυλινδρικής φόρμας, της στιλπνής επιφάνειας και του μικρού μεγέθους, τα pellets συμπεριφέρονται όπως ένα υγρό, διευκολύνοντας την μεταφορά τους και την αυτόματη τροφοδοσία του λέβητα ή της σόμπας pellet. Η τροφοδοσία της εγκατάστασης μπορεί να γίνει είτε με συσκευασίες σάκων 15kg είτε με μεγάλες συσκευασίες 500-1000 kg. Η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και η ευκολία της χρήσης καθιστούν αυτό το φυτικό και περιβαλλοντικά ασφαλές καύσιμο, ενδεικνύμενο για χρήση σε κάθε μεγέθους αυτόματα συστήματα θέρμανσης.

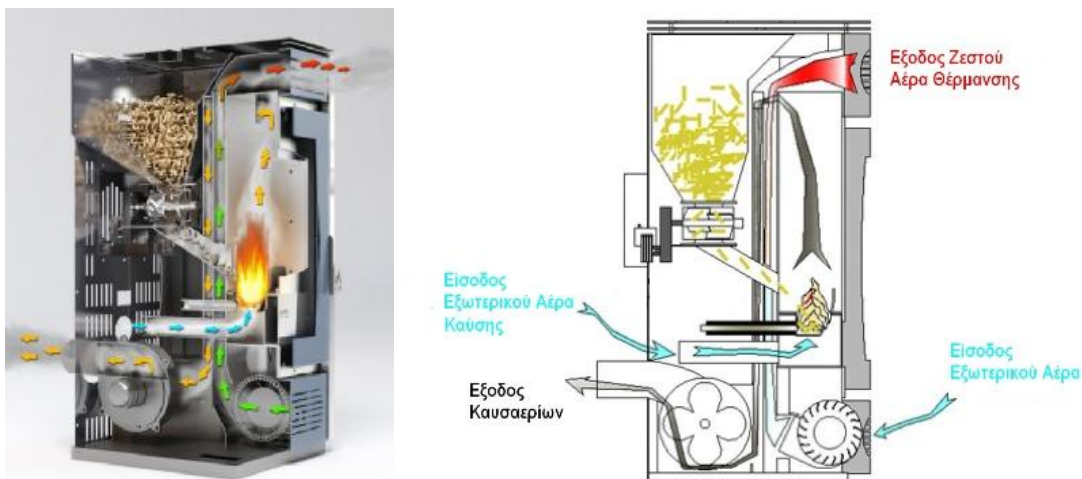
Αερόθερμες Σόμπες Pellet – Γενική Περιγραφή Λειτουργίας [44]

Οι αερόθερμες σόμπες pellets είναι μικρές και καλαίσθητες συσκευές καύσης που μπορούν να τοποθετηθούν σε εσωτερικό χώρο και χρειάζονται μοναχά μια μικρού μεγέθους και μήκους καμινάδα για να λειτουργήσουν.

Αν και ο τρόπος λειτουργίας είναι παρόμοιος σε όλες τις σόμπες pellet, υπάρχουν διαφορές σε συγκεκριμένα μέρη της συσκευής. Συνήθως στο επάνω μέρος της σόμπας pellet υπάρχει μια δεξαμενή όπου είναι αποθηκευμένα τα pellet, τα οποία μέσω ενός επικλινούς διαδρόμου πέφτουν, ελεγχόμενα από έναν ειδικό μηχανισμό, στο πιατάκι καύσης. Το πιατάκι όπου γίνεται η καύση, είναι από τα πράγματα που μπορεί να διαφέρουν από εταιρία σε εταιρία.

Κατόπιν, τα pellets ανάβουν με την βοήθεια μιας ηλεκτρικής αντίστασης που υπάρχει στο χώρο καύσης και η φλόγα δυναμώνει και διατηρείται με την λειτουργία ενός ανεμιστήρα ο οποίος εξάγει τα καυσαέρια προς την καμινάδα. Τα αέρια της καύσης περνούν μέσα από μία σειρά από διαδρομές στο εσωτερικό της σόμπας, η πολυπλοκότητα των οποίων μπορεί να διαφέρει από εργοστάσιο σε εργοστάσιο, με σκοπό να εναποτεθεί όση παραπάνω από την θερμοκρασία της καύσης στα εσωτερικά τοιχώματα της σόμπας είναι δυνατό. Τα τοιχώματα αυτά, τα οποία είναι κενά, είναι συνδεδεμένα με έναν ανεμιστήρα ο οποίος προωθεί αέρα μέσα σε αυτά και οποίος αέρας αφού θερμανθεί βγαίνει από την σόμπα από ειδικές γρίλιες (Εικόνα 6.40).

Σε κάποιες αερόθερμες σόμπες pellet υπάρχουν παραπάνω από μία έξοδοι θερμού αέρα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να διοχετευθεί αέρας και σε άλλους χώρους πέρα από τον χώρο που βρίσκεται η σόμπα. Το ποσοστό της θερμότητας της καύσης που απορροφάται από τα τοιχώματα της σόμπας και μεταδίδεται μέσω του θερμού αέρα στον χώρο είναι και η απόδοση της.



Εικόνα 6.40: Λειτουργία αερόθερμης σόμπας πέλλετ.

Κάποιες σόμπες πέλλετ διαθέτουν [47]:

- τηλεχειρισμό από απόσταση με οθόνη LCD και ψηφιακό πίνακα ελέγχου 6 πλήκτρων για ευκολότερο χειρισμό
- ψηφιακό θερμομέτρο και ενδείξεις προγραμματισμού.
- οικονομικό πρόγραμμα λειτουργίας στο οποίο όταν η σόμπα φθάσει την επιθυμητή θερμοκρασία θα λειτουργεί με την ελάχιστη ισχύ εξοικονομώντας ενέργεια
- δυνατότητα χρήσης υγραντήρα με άρωμα για την βελτίωση της ατμόσφαιρας στον χώρο χρήσης της σόμπας.
- σύστημα αυτόματου καθαρισμού του χώρου καύσης καθώς και του κεραμικού κρύσταλλου της πόρτας.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται αερόθερμες σόμπες πέλλετ, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και οι τιμές τους.



Εικόνα 6.: Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS S» 6,73 kW. Τιμή 1.250€

Πίνακας 6.3 :

Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS S» 6,73 Kw	
Διαστάσεις (mm)	470x996x476
Βάρος (kg)	81
Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m ²)	60
Συνολική Ισχύς (Kw)	6,25

Κατανάλωση πέλλετ (kg/h)	0,66-1,29
Δοχείο πέλλετ (kg)	13
Απόδοση	91%



Εικόνα 6.: Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS M» 8,61 kW. Τιμή 1.500€

Πίνακας 6.4 :

Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS M» 8,61 kW	
Διαστάσεις (mm)	470x996x476
Βάρος (kg)	81
Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m ²)	80
Συνολική Ισχύς (Kw)	8,61
Κατανάλωση πέλλετ (kg/h)	1,19-1,73
Δοχείο πέλλετ (kg)	13
Απόδοση	91%



Εικόνα 6.: Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS L» 10,26 kW. Τιμή: 1.700,00€

Πίνακας 6.5 :

Αερόθερμη Σόμπα πέλλετ ARTEL «CLASS L» 10,26 kW	
--	--

Διαστάσεις (mm)	470x996x476
Βάρος (kg)	91
Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m ²)	100
Συνολική Ισχύς (Kw)	10,26
Κατανάλωση πέλλετ (kg/h)	0,92-2,08
Δοχείο πέλλετ (kg)	13
Απόδοση	91%

Λέβητες Pellet – Γενική Περιγραφή Λειτουργίας [44]

Οι Λέβητες που χρησιμοποιούν Pellets ως καύσιμο για να θέρμανση έχουν πολλά διαφορετικά σχέδια, μεγέθη και τρόπους λειτουργίας, αλλά από την πιο απλή, μέχρι την πιο εξελιγμένη τους μορφή αποτελούνται από 5 μέρη τα οποία μπορεί μεν να αλλάζουν σε μορφή ή τοποθέτηση στο σώμα του λέβητα, αλλά πάντα υπάρχουν.

1. Η Δεξαμενή

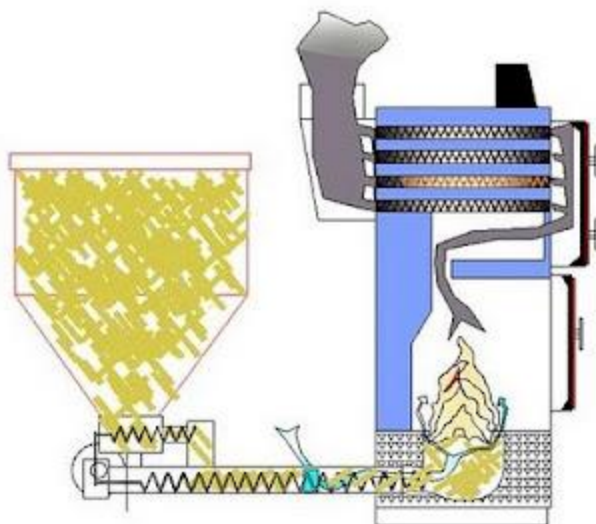
Ο χώρος τοποθέτησης των Pellet (Δεξαμενή-tank), κάποιες φορές είναι μέρος του λέβητα ενώ άλλες πάλι είναι απλά συνδεδεμένος με τον υπόλοιπο Λέβητα με κάποια σωλήνα ή κοχλία. Τα Pellet από την δεξαμενή με κάποιο μέσο προώθησης (κοχλίας, αστεροειδής βαλβίδα κα) προωθούνται στον χώρο καύσης.

2. Ο Χώρος Καύσης

Τα Pellet μεταφέρονται στον χώρο αυτό από την δεξαμενή πάντα όμως με την χρήση διαδρομών ή μηχανισμών που εμποδίζουν την υποχώρηση της φωτιάς στον κύριο χώρο της Δεξαμενής. Οι ασφαλιστικές δικλίδες αυτές είναι παρόμοιες στις διάφορες εταιρίες και περιλαμβάνουν βαλβίδες πυρόσβεσης, επικλινείς "διαδρόμους" από τους οποίους γίνεται η πτώση των pellets στον θάλαμο καύσης κ.α. Ο χώρος καύσης διαφέρει σε σχεδιασμό, υλικά κατασκευής και μέγεθος ανάλογα με το εργοστάσιο παραγωγής και την δυναμικότητα του λέβητα. Στον χώρο καύσης γίνεται το άναμμα, το οποίο όταν είναι αυτόματο γίνεται είτε με χρήση blower θερμού αέρα (ουσιαστικά ένα πιστολάκι υπέρθερμου αέρα) είτε με απλή ηλεκτρική αντίσταση και κατόπιν με την βοήθεια αέρα που προωθείται από ανεμιστήρα συντηρείται και δυναμώνει η φλόγα στον θάλαμο καύσης.

3. Διάταξη ανταλλαγής θερμότητας

Ο χώρος αυτός είναι ουσιαστικά η διαδρομή από την οποία περνούν τα καυσαέρια κατευθυνόμενα προς την καμινάδα και ο οποίος περιλαμβάνει σωληνώσεις και σκαλοπάτια τα οποία περιέχουν το νερό του λέβητα. Η διαδρομή αυτή είναι λιγότερο ή περισσότερο πολύπλοκη ανάλογα με τον σχεδιασμό του λέβητα και είναι φτιαγμένη ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή απορρόφηση της θερμότητας των καυσαερίων από το νερό. Το κατά πόσον η θερμότητα που παράγεται από την καύση των pellet μεταδίδεται στο νερό που περιέχουν τα τοιχώματα του λέβητα, είναι και αυτό που καθορίζει την απόδοση του λέβητα.



Εικόνα 6.39: Λειτουργία λέβητα πέλλετ.

4. Καπνοδόχος

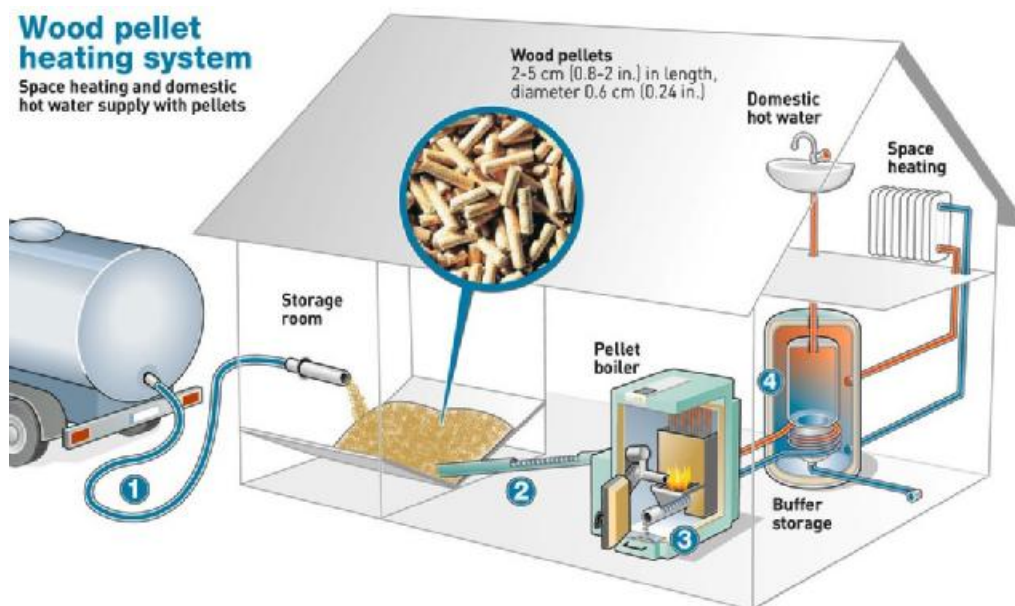
Η καπνοδόχος είναι ένα από τα σημεία που, σε συνδυασμό με την ποιότητα των Pellet, βοηθούν την σωστή λειτουργία του λέβητα και είναι κάτι που πρέπει να προσέχεται σε όλες τις εγκαταστάσεις. Κάθε κατασκευαστής έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις για την καμινάδα που πρέπει να τοποθετηθεί στον λέβητα. Είναι απαραίτητο να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες αυτές.

5. Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (Υπολογιστής-PLC)

Όλες οι λειτουργίες και τα μέρη του λέβητα pellet ελέγχονται και προγραμματίζονται από την Μονάδα Ελέγχου που υπάρχει επάνω του. Αυτή η μονάδα χρησιμοποιεί μία σειρά από αισθητήρες ώστε να προσαρμόσει την καύση και την λειτουργία του λέβητα ανάλογα με την ζήτηση θερμότητας από την εγκατάσταση. Σε κάθε λέβητα το πόσο εξελιγμένο ή όχι είναι το σύστημα ελέγχου αυτό, προσφέρει αντίστοιχα πολλές ή λίγες δυνατότητες αλλά και μικρότερη ή περισσότερη οικονομία.

Στην Εικόνα 6.40 παρουσιάζεται ένα σύστημα θέρμανσης με πέλλετ όπου, φαίνονται τα εξής:

1. Ο χώρος τοποθέτησης των pellets (δεξαμενή-tank).
2. Τα pellets μεταφέρονται στον χώρο καύσης από την δεξαμενή πάντα όμως με την χρήση διαδρομών εμποδίζουν την υποχώρηση της φωτιάς στον κύριο χώρο της δεξαμενής.
3. Στον χώρο καύσης γίνεται το άναμμα και κατόπιν με την βοήθεια αέρα που προωθείται από ανεμιστήρα συντηρείται και δυναμώνει η φλόγα στον θάλαμο καύσης.
4. Σύνδεση του λέβητα με δοχείο αδράνειας (buffer storage) [50]. Το δοχείο αδράνειας χρησιμοποιείται για την αύξηση της οικονομίας της θέρμανσης και την μείωση της κατανάλωσης. Αυτό που επιτυγχάνουμε με το δοχεία αδράνειας είναι να δουλεύει ο λέβητας λιγότερες ώρες, διότι το δοχείο αδράνειας διατηρεί την θερμοκρασία του και βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας [51].



Εικόνα 6.40: Σύστημα θέρμανσης με πέλλετ [50].

6.2.12 Σύγκριση πετρελαίου θέρμανσης με πέλλετ ξύλου



Εικόνα 6.41: Πετρέλαιο θέρμανσης vs πέλλετ ξύλου [46].

- 1lt πετρέλαιο θέρμανσης δίνει απόδοση 8000-8200kcal και έχει κόστος 1€lt
- 1kg πέλλετ δίνει απόδοση 4000-4500kcal και έχει κόστος 0,27€/kg (μέση τιμή για καλή ποιότητα)

Άρα τα 2kg πέλλετ δίνουν την ίδια παραγόμενη ενέργεια με ένα λίτρο πετρέλαιο περίπου 8000kcal. Αν συγκρίνουμε 2kg πέλλετ με 1lt πετρέλαιο έχουμε:

Για 1lt πετρέλαιο: $1\text{lt} \times 1\text{€lt} = 1\text{€}$

Για 2kg πέλλετ : $2\text{kg} \times 0,27\text{€/kg} = 0,54\text{€}$

Παρατηρούμε ότι το πέλλετ είναι περίπου 46% φθηνότερο ως καύσιμο από τον πετρέλαιο.

Πίνακας 6.3: Συγκριτικός πίνακας οικιακής θέρμανσης με πέλλετς και πετρέλαιο [50]

Οικιακή θέρμανση με πελλετς και πετρέλαιο		
Επιφάνεια κατοικίας	100	m ²
Ανάγκες θέρμανσης	185	kWh/m ² /έτος
Κατανάλωση pellets	4.817,71	kg/έτος
Κατανάλωση πετρελαίου	2.223,56	lt/έτος
Κόστος αγοράς pellets	0,25	ευρώ/kg
Κόστος αγοράς πετρελαίου	1,00	ευρώ/λίτρο
Συνολικά έξοδα από τη χρήση pellets	1.204,43	ευρώ/έτος
Συνολικά έξοδα από τη χρήση πετρελαίου	2.223,56	ευρώ/έτος
Εξοικονόμηση από τη χρήση pellets	1019,13	ευρώ/έτος
Μείωση εκπομπών CO ₂	6.003,61	kg/έτος

Διευκρινήσεις και Επισημάνσεις

- Ο παραπάνω πίνακας συνιστά ένα βοήθημα για έναν πρωταρχικό υπολογισμό εξοικονόμησης χρημάτων από τη χρήση pellets στον οικιακό τομέα.
- Ο εν λόγω υπολογισμός που φαίνεται στον πίνακα δεν περιλαμβάνει τα πάγια κόστη από την εγκατάσταση του νέου μηχανολογικού εξοπλισμού (καυστήρα) που χρησιμοποιεί pellets ή από την κατάλληλη μετατροπή του υφιστάμενου.
- Για καλύτερη εκτίμηση των **αναγκών θέρμανσης κατοικίας** παρατίθεται ο ακόλουθος πίνακας. Επισημαίνεται πως οι τιμές που παραθέτονται σε αυτόν τον πίνακα είναι προσεγγιστικές και είναι πιθανό να διαφέρουν από τις πραγματικές ανάγκες. Αν η ετήσια κατανάλωση σε πετρέλαιο είναι γνωστή, τότε είναι δυνατή η επιβεβαίωση ή/και η δυναμική διόρθωση των ανάγκες θέρμανσης της κατοικίας.

Ανάγκες Θέρμανσης Κατοικίας (kWh/m²/έτος)				
	Μονοκατοικία		Πολυκατοικία	
	Ικανοποιητική Μόνωση	Χωρίς Θερμική μόνωση	Ικανοποιητική Μόνωση	Χωρίς Θερμική μόνωση
Νότια Ελλάδα	35	115	25	95
Κεντρική Ελλάδα	55	185	45	145
Βόρεια Ελλάδα	75	245	65	195

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΛΛΕΤ

7.1 Εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στην κατοικία

7.1.1 Υπολογισμός κατανάλωσης ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας

Πίνακας 7.1: Υπολογισμός ετήσιων μέσων αναγκών κατανάλωσης ισχύος της κατοικίας
(Σύμφωνα με τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. Α.Ε.)

	Εγκατεστ ημένη ισχύς (W)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας (h)	Μέση ημερήσια κατανάλωση (kWh)	Μέση ετήσια κατανάλωση (kWh)	Μέση ετήσια κατανάλωση (kWh)
Κουζίνα (x2)	4000	1,5	6	180	2160
Ψυγείο (x2)	180	24	4,32	129,6	1555,2
Πλυντήριο (x2)	5000	0,5	2,5	75	900
Ηλεκ.Σίδερο (x2)	2200	0,3	0,66	19,8	237,6
Αποροφητήρας (x2)	160	0,5	0,08	2,4	28,8
Ηλεκ. Σκούπα (x2)	3000	0,5	1,5	45	540
Τηλεόραση 32''(x2)	340	4	1,36	40,8	489,6
2 Η/Υ (x2)	1400	5	7	210	2520
Λάμπες(30*20W)	600	5	3	90	1080
Σύνολο	16880				9511,2

Υπολογισμός απόδοσης για φωτοβολταϊκά συστήματα

<i>Οι επιλογές που κάνατε ήταν:</i>	<i>Ανατολικά:</i>	21°44'12"
	<i>Βόρεια:</i>	38°15'13"
Τοποθεσία εγκατάστασης:	ΠΑΤΡΑ	Πάτρα (Ν.Αχαΐας) Πελοπόννησος
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ:	9,75	kW (κιλοβάτ)
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	Σταθερό	
Οι συνολικές απώλειες (ανακλάσεων, θερμοκρασίας, πτώση τάσης κλπ) που λαμβάνονται υπ' όψιν για τον υπολογισμό είναι:	25.2%	
Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι:	10.657,80	kWh (κιλοβατώρες)
		για σταθερό βέλτιστο νότιο προσανατολισμό

Η Φωτοβολταϊκή (Φ/Β) Εγκατάσταση θα τοποθετηθεί με κλίση 20°. Για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης της Φ/Β Εγκατάστασης θα τοποθετηθούν 39 Φωτοβολταϊκά (ΦΒ) Πλαίσια σε τρεις σειρές από δεκατρία Φ/Β πλαίσια σε κάθε σειρά στην ρήση που έχει Ανατολικό προσανατολισμό. Τα Φ/Β πλαίσια θα καλύψουν επιφάνεια εμβαδού $E_{\Phi B\pi\lambda} = 64,71\mu^2$ (13,02μ x 4,97μ).

Για την Στατική μελέτη της Φ/Β εγκατάστασης, έχουν ληφθεί υπόψη τα φορτία των ανεμοπιέσεων, της χιονονόπτωσης, του βάρους των ΦΒ πλαισίων και του βάρους της βάσης στήριξης των Φ/Β πλαισίων και αντίστοιχοι συνδυασμοί αυτών βάσει των Ευρωπαϊκών Κωδικών 1,3 και 9 σύμφωνα με τις προδιαγραφές που δίνει ο κατασκευαστής των Φ/Β πλαισίων και των βάσεων στήριξης αυτών.

7.1.2 Φωτοβολταϊκά-εγκατάσταση

Η Φ/Β εγκατάσταση αποτελείται από τη Φ/Β Γεννήτρια (Φ/Β πλαίσια), βάσεις στήριξης της Φ/Β Γεννήτριας, τον πίνακα Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ), τον μετατροπέα του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο, τον πίνακα του Εναλλασσόμενου Ρεύματος (ΕΡ), την γείωση, την αντικεραυνική προστασία και την καλωδίωση που ενώνει όλα τα παραπάνω.

Η Φ/Β εγκατάσταση δουλεύει σύμφωνα με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, βάσει του οποίου η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην ΦΒ γεννήτρια μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα. Το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο μέσω του Μετατροπέα ΣΡ/ΕΡ και διαχέεται στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης της ΔΕΗ μέσω των καλωδιώσεων.

Η Φ/Β εγκατάσταση πρέπει να γειώνεται για αποφυγή ζημιών που μπορεί να υποστεί ο ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός λόγο κρουστικών υπερτάσεων που δημιουργούνται από κεραυνούς, αστραπές, χειρισμούς διακοπών, βραχυκυκλώματα και για την ασφάλεια του προσωπικού συντήρησης από ηλεκτροπληξία λόγω διαρροής ρευμάτων.

Ύστερα από Μελέτη Ενεργειακής απόδοσης που εκπονήθηκε λαμβάνοντας υπόψη την Προσπίπτουσα Ηλιακή Ακτινοβολία της περιοχής $E_{\text{ΗΛ}}$, την απόδοση των Φ/Β πλαισίων και τους μειωτικούς συντελεστές απόδοσης της παραγόμενης ενέργειας, η συνολική Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια του συστήματος ήταν $E_K = 247.442,50 \text{ KWh}$ στα 25 χρόνια.

7.1.3 Προτεινόμενος εξοπλισμός

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα στοιχεία της Φ/Β Εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα προσφορά.

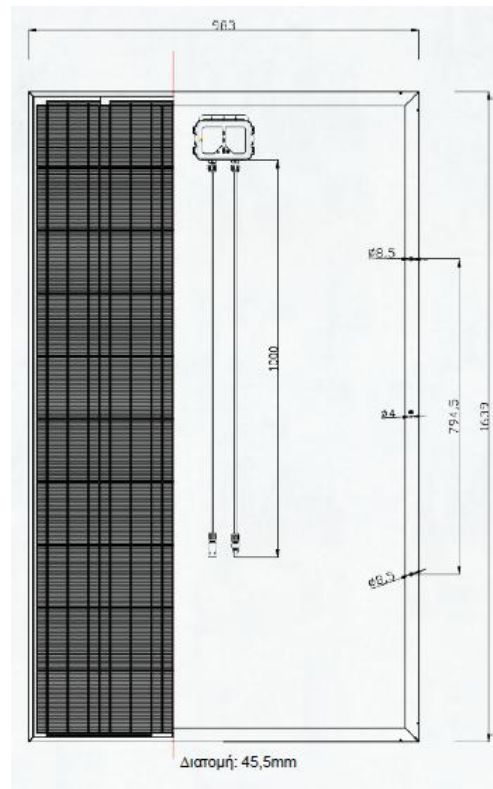
Πίνακας 7.2

ΤΜΗΜΑ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΤΥΠΟΣ
Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο	EXEL GROUP	Πολυκρυσταλλικό Πλαίσιο τύπου ESP 250 Poly 60 (250Wp)
Βάσεις Στήριξης	ALUMIL SOLAR	SOLAR H2200 AS 250 – P (βάσεις αλουμινίου για κεραμοσκεπή)
Πίνακας Συνεχούς Ρεύματος	Καυκάς	Πίνακας με αντικεραυνικό με 3 στοιχειοσειρές
Μετατροπέας ΣΡ/ΕΡ	SMA	Sunny Tripower STP 10000TL-10
Πίνακας Εναλλασσόμενου Ρεύματος	Καυκάς	Πίνακας με αντικεραυνικό με 3 στοιχειοσειρές
Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Καλωδιώσεων		
ΦΒ Πλαίσια μεταξύ τους	Καυκάς	Solar 1x4 (RED/BLACK) (4 χιλ.2)
ΦΒ Πλαίσια με Μετατροπέα ΣΡ/ΕΡ	Καυκάς	Solar 1x4 (RED/BLACK) (4 χιλ.2)
Μετατροπέας ΣΡ/ΕΡ με Δίκτυο ΕΡ	Καυκάς	NY Y 5G16 (5Gx16χιλ.2)
Γείωση	Καυκάς	Χαλκός Πολύκλωνος Cu16 (16χιλ.2)
Συνδετήρες		MC4 (Αρσενικό/Θηλυκό – 4 χιλ.2)
Ακίδα	ΕΛΕΜΚΟ	Ακίδα Φωτοβολταϊκών Φ16 AL
Σύστημα Τηλεμετρίας και Ελέγχου	SMA	Sunny Beam



Εικόνα 7.1: Φωτοβολταϊκά ESP series 60 Poly**Εικόνα 7.2:** Φωτοβολταϊκά ESP series 60 Poly

- Σχεδιασμός πλαισίου με χρήση πολυκρυσταλλικών κυψελών 2 & 3 αγωγών (bus-bar)
- Εύρος ονομαστικής ισχύος από 215 έως 255 Wp, ανά 5W
- Αυξημένη αντοχή σε φορτία ανέμου (2400 Pascal) και φορτία χιονιού (5400 Pascal)
- Ειδικό γυαλί, για μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, με χαμηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο και υψηλούς συντελεστές διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας για μεγαλύτερη απόδοση
- Υψηλές αποδόσεις ακόμα και σε συνθήκες χαμηλής ηλιοφάνειας και συννεφιάς
- Προφίλ ανοδειωμένου αλουμινίου για μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο (μεγαλύτερο ή ίσο των 15 μm)
- 26 έτη εγγύηση απόδοσης
- Πιστοποίηση προϊόντος σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα IEC 61730 και IEC 61215 από την TÜV RHEINLAND και την KIWA
- Πιστοποίηση προϊόντος για αντοχή σε συνθήκες αλατονέφωσης, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 61701 από την KIWA
- Πιστοποίηση ευρωπαϊκής προέλευσης ("Made in Europe") από την KIWA
- Αυστηροί έλεγχοι ποιότητας με βάση το ISO 9001:2008, περιβαλλοντικής διαχείρισης με βάση το ISO 14001:2004 και διαχείρισης της υγιεινής και ασφάλειας στην εργασία με βάση το OHSAS 18001:2007.



Εικόνα 7.3: Φωτοβολταϊκά ESP series 60 Poly

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά									
Όνομαστική ισχύς (W_p) (Watt)	215	220	225	230	235	240	245	250	255
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) (V)	36,22	36,41	36,62	36,95	37,06	37,30	37,51	37,73	37,94
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (I_{sc}) (A)	8,14	8,26	8,36	8,46	8,56	8,66	8,78	8,89	9,00
Βέλτιστη Τάση λειτουργίας (V_{mp}) (V)	28,97	29,13	29,17	29,56	29,65	29,84	29,99	30,15	30,32
Βέλτιστο Ρεύμα λειτουργίας (I_{mp}) (A)	7,42	7,55	7,72	7,78	7,93	8,04	8,18	8,31	8,44
Μέγιστη Ισχύς υπό πρότυπες συνθήκες δοκιμής (STC) (P_{max}) (Watt)	215	220	225	230	235	240	245	250	255
Απόδοση %	13,34	13,65	13,97	14,28	14,59	14,90	15,21	15,52	15,83
Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμής (STC): Ένταση ακτινοβολίας 1000 W/m ² , θερμοκρασία πλαισίου 25° C, AM=1,5, ανοχές μέτρησης $P_{max} \pm 3\%$, ανοχές λοιπών ηλεκτρικών τιμών $\pm 10\%$									
Μέγιστη ισχύς (W_p) (Watt)	156	159	163	166	170	174	177	181	185
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) (V)	33,30	33,48	33,68	33,98	34,08	34,30	34,52	34,73	34,95
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (I_{sc}) (A)	6,53	6,62	6,71	6,79	6,87	6,95	7,03	7,11	7,19
Βέλτιστη Τάση λειτουργίας (V_{mp}) (V)	26,35	26,49	26,53	26,89	26,97	27,14	27,31	27,48	27,66
Βέλτιστο Ρεύμα λειτουργίας (I_{mp}) (A)	5,91	6,01	6,14	6,19	6,31	6,40	6,49	6,59	6,68
Όνομαστική Θερμοκρασία Λειτουργίας Κυψέλης (NOCT): Ένταση ακτινοβολίας 800 W/m ² , θερμοκρασία περιβάλλοντος 20° C, ταχύτητα ανέμου 1m/s									

7.1.4 Χρηματοοικονομική επένδυση

Η χρηματοοικονομική μελέτη έγινε σύμφωνα με το πρόγραμμα PV Estimation με τα στοιχεία που δίνονται στον παρακάτω πίνακα για επένδυση με ίδια κεφάλαια και σύμβαση συμψηφισμού με την ΔΕΗ διάρκειας 25 ετών με πώληση ρεύματος στη ΔΕΗ στα 0,495€/KWh.

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	ΜΕΙΚΤΟ ΚΕΡΑΟΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΚΠΑ
0				-25500,00
1	5681,78	550,80	5130,98	4870,87
2	5678,60	567,32	5111,28	4606,20
3	5675,42	594,34	5081,08	4355,41
4	5672,24	601,87	5070,37	4117,81
5	5669,06	619,93	5049,13	3892,69
6	5665,89	638,53	5027,36	3679,42
7	5662,71	657,68	5005,03	3477,39
8	5659,54	677,42	4982,13	3286,01
9	5656,37	697,74	4958,63	3104,72
10	5653,21	718,67	4934,54	2933,01
11	5650,04	740,23	4909,81	2770,37
12	5646,88	762,44	4884,44	2616,34
13	5643,71	785,31	4858,40	2470,47
14	5640,55	808,87	4831,68	2332,34
15	5637,40	833,13	4804,27	2201,54
16	5634,24	858,13	4776,11	2077,69
17	5631,08	883,87	4747,21	1960,43
18	5627,93	910,39	4717,54	1849,42
19	5624,78	937,70	4687,08	1744,33
20	5621,63	965,83	4655,80	1644,85
21	5618,48	994,81	4623,67	1550,70
22	5615,33	1024,65	4590,68	1461,58
23	5612,19	1055,39	4556,80	1377,25
24	5609,05	1087,05	4522,00	1297,45
25	5605,90	1119,66	4486,24	1221,94
ΜΕ ΚΣΛ+ΚΑ	141094,01	20091,76	121002,25	41400,23

Το συνολικό κόστος του εξοπλισμού

Προτεινόμενος εξοπλισμός ανέρχεται στο ποσό:

Αρχικό Κόστος εξοπλισμού	:	19.850,00€
ΦΠΑ (23%)	:	<u>4.565,50€</u>
Τελικό Σύνολο	:	24.415,50€

7.2 Εγκατάσταση ενός καυστήρα πέλλετ στην κατοικία

Για την κατοικία η οποία είναι 200m² (ισόγειο και 1^{ος} όροφος) προτείνεται η εγκατάσταση του λέβητα woody 30kW της τσέχικης εταιρείας OPOP. Η τιμή του λέβητα φτάνει τα 4600€ Το κόστος των πέλλετς ανά τόνο είναι 250€

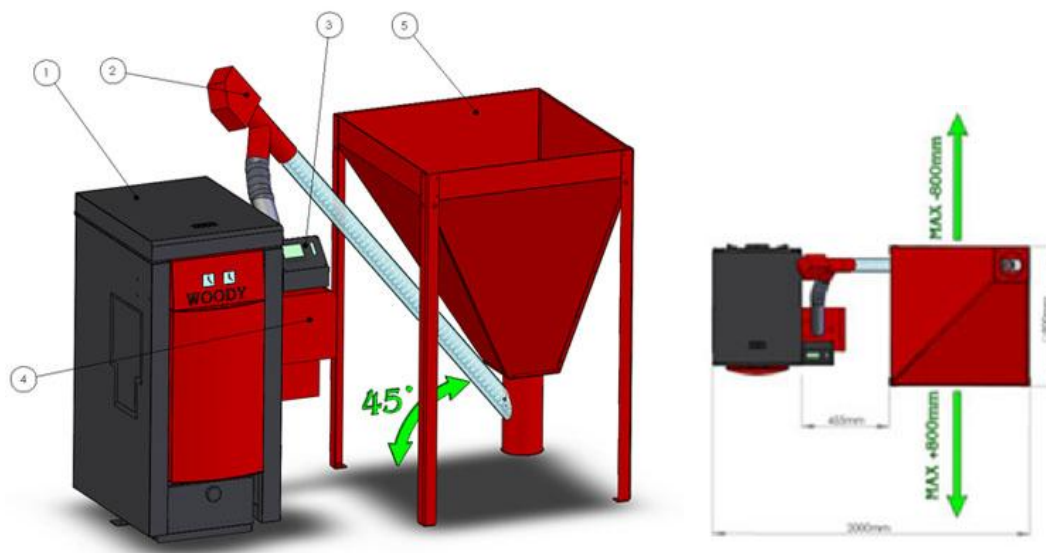
**Εικόνα 7.4:** Καυστήρας Woody 30kW**7.2.1 Πλεονεκτήματα των καυστήρων πέλλετ WOODY**

- Υψηλή απόδοση της τάξης του 94 %
- Αυτόματη λειτουργία
- Οικονομική και οικολογική λειτουργία
- Εύκολη λειτουργία και συντήρηση
- Πιθανότητα ελέγχου από υπολογιστή
- Υλικό καυστήρα: ανοξείδωτο ατσάλι
- Αυτόματη ανάφλεξη
- Χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος
- Εναλλάκτης θερμότητας με 6 mm πάχος

- Πιθανότητα διαδοχικής σύνδεσης
- Καίνε πέλλετ διαμέτρου 6-8mm
- Εύρη ισχύος - 16 kW, 24 kW, 30 kW, 60 kW, 80 k

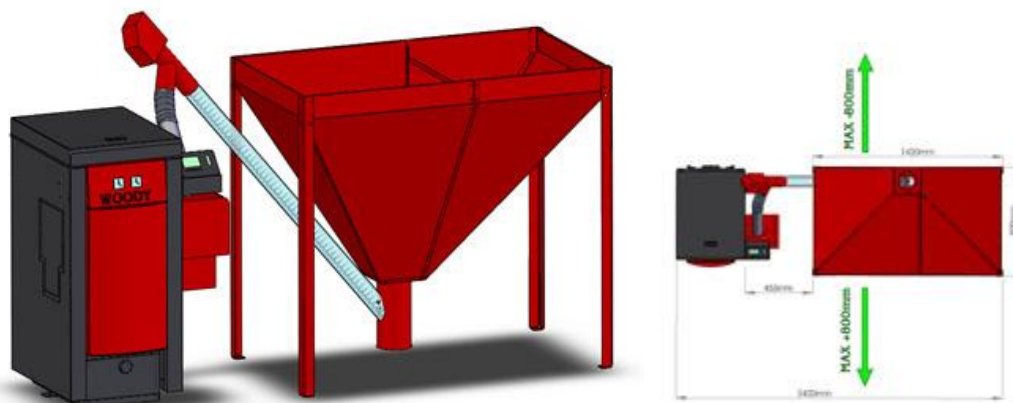
7.2.2 Τρόποι εγκατάστασης καυστήρα πέλλετ WOODY

- i. Καυστήρας πέλλετ με χωρητικότητα 220kg με μήκος διαδρόμου τροφοδοσίας 1,8m.



Εικόνα 7.5: Καυστήρας Woody με χωρητικότητα 220kg πέλλετς

1. Boiler
 2. Διάδρομος τροφοδοσίας πέλλετ μήκους 1.8 m
 3. Ηλεκτρονικός ελεγκτής
 4. Καυστήρας
 5. Δεξαμενή (220 kg)
- ii. Καυστήρας πέλλετ με χωρητικότητα 350kg μήκος διαδρόμου τροφοδοσίας 1,8m.



Εικόνα 7.6: Καυστήρας Woody με χωρητικότητα 350kg πέλλετς



Εικόνα 7.7: Καυστήρας WOODY



Εικόνα 7.8: Καυστήρας WOODY

7.2.3 Σύγκριση κόστους πέλλετ με πετρέλαιο για την κατοικία

Πίνακας 7.3: Συγκριτικός πίνακας οικιακής θέρμανσης με πέλλετς και πετρέλαιο για την κατοικία

Οικιακή θέρμανση με πελλετς και πετρέλαιο		
Επιφάνεια κατοικίας	200	m ²
Ανάγκες θέρμανσης	185	kWh/m ² /έτος
Κατανάλωση pellets	9635,42	kg/έτος
Κατανάλωση πετρελαίου	4447,12	lt/έτος
Κόστος αγοράς pellets	0,25	ευρώ/kg
Κόστος αγοράς πετρελαίου	1,00	ευρώ/λίτρο
Συνολικά έξοδα από τη χρήση pellets	2408,85	ευρώ/έτος
Συνολικά έξοδα από τη χρήση πετρελαίου	4447,12	ευρώ/έτος
Εξοικονόμηση από τη χρήση pellets	2038,26	ευρώ/έτος
Μείωση εκπομπών CO ₂	12007,21	kg/έτος

Παρατηρούμε ότι το κέρδος από την χρήση των πέλλετ είναι 2038€ το χρόνο. Ένας καυστήρας πετρελαίου κοστίζει 2000 ευρώ, ενώ ένας καυστήρας πέλλετ 4600€. Έχουν διαφορά 2600€. Το κόστος 1000 lt πετρελαίου είναι 1000 €, ενώ ο 1tn πέλλετ έχει κόστος 250 ευρώ.

Πίνακας 7.4: Συγκριτικός πίνακας οικιακής θέρμανσης με πέλλετς και πετρέλαιο για την κατοικία

	Κόστος καυστήρα	Κατανάλωση καυσίμου ανά έτος		Σύνολο
		1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	
Πετρέλαιο	2000€	4447€	4447€	10894€
Πέλλετ	4600€	2409€	2409€	9418€

Παρατηρούμε ότι γίνεται απόσβεση του κόστους σε **2 χρόνια**.

Πίνακας 7.5: Συγκριτικός πίνακας οικιακής θέρμανσης με πέλλετς και πετρέλαιο για την κατοικία

	Κόστος καυστήρα	Κατανάλωση καυσίμου ανά έτος					Σύνολο
		1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	
Πετρέλαιο	2000€	4447€	4447€	4447€	4447€	4447€	24235€
Πέλλετ	4600€	2409€	2409€	2409€	2409€	2409€	16645€

Στα **5 χρόνια** με την χρήση του καυστήρα πέλλετ έχουμε κέρδος **7590€**

7.3 Γενικά συμπεράσματα

- Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ύδρευση και η αποχέτευση διώροφης διατηρητέας κατοικίας στο κέντρο της Πάτρας. Η συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε για την ανακαίνιση και επανάχρηση της εν λόγω οικίας.
- Επιπλέον διερευνήθηκε η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στην οικία με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά για την παροχή ρεύματος και σύστημα κεντρικής θέρμανσης με καυστήρα τύπου πέλλετ (pellet). Προτάθηκε συγκεκριμένο σύστημα φωτοβολταϊκού και κεντρικός καυστήρας πέλλετ, επαρκής για τις ανάγκες της οικίας.
- Τέλος έγινε οικονομοτεχνική ανάλυση για το κόστος των προτεινόμενων παρεμβάσεων (φωτοβολταϊκό, καυστήρας πέλλετ) και εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης και του μετέπειτα κέρδους ανά έτος. Συγκεκριμένα το κόστος της φωτοβολταϊκής μονάδας είναι περίπου 24500€, όπου με κατάλληλο χρηματοδοτικό πρόγραμμα 25 ετών ανέρχεται σε 41500€. Το μέσο καθαρό κέρδος ανά έτος σε αυτό το διάστημα ανέρχεται περίπου στα 3000€. Αντίστοιχα ο καυστήρας πέλλετ στοιχίζει περίπου 4600€ σε αντίθεση με τον καυστήρα πετρελαίου που στοιχίζει περίπου 2000€. Δεδομένου των τιμών του πετρελαίου και του πέλλετ, συμπεράναμε πως σε 2 έτη έχει αποσβεθεί ο καυστήρας και από εκεί και πέρα υπάρχει καθαρό κέρδος περίπου 2000€ ανά έτος σε σύγκριση με τον καυστήρα του πετρελαίου. Μάλιστα η μελέτη αυτή έγινε υποεκτιμώντας την τιμή του πετρελαίου (1€/λίτρο), ενώ τον Οκτώβριο του 2012 αναμένεται να διατίθεται με τιμή 1.4€/λίτρο, γεγονός που καθιστά την επένδυση ακόμα πιο αποδοτική! Αντίθετα η τιμή του πέλλετ δεν αναμένεται να αυξηθεί ιδιαίτερα και εκτός αυτού οι εταιρίες πώλησης και εγκατάστασης των εν λόγω καυστήρων διανέμουν πέλλετ σε σταθερή τιμή για 2 ή παραπάνω έτη βάση συμβολαίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Π. Κορωνάκης, “Μηχανική Ρευστών”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Ιων, 2009.
- [2] Δ.Γ. Παπανίκας, “Εφαρμοσμένη Ρευστομηχανική, Τόμος Ι”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2002.
- [3] Ν. Δ. Νανούσης, “Ρευστομηχανική, Α’ Τόμος”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Ιων, 2003.
- [4] “Εργαστηριακές ασκήσεις μηχανικής ρευστών Ι”, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Πάτρας, Πάτρα 2001.; “Εργαστηριακές ασκήσεις μηχανικής ρευστών ΙΙ”, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Πάτρας, Πάτρα 2010.
- [5] Α. Σ. Χονδρογιάννης, “Υδραυλικά και θέρμανση”, Β’ Έκδοση, Εκδόσεις Χονδρογιάννη, 1991.
- [6] <http://www.chryssafidis.com>
- [7] <http://www.nikolsol.gr>
- [8] www.buildnet.gr, Δημήτρης Παντελάκης, Καθηγητής Ψυκτικής, Σχολές ΔΕΛΤΑ
- [9] Brickle Siegfried, “Θερμοϋδραυλικές εγκαταστάσεις, Ύδρευση και θέρμανση πόσιμου νερού”, 1^{ος} Τόμος, Μετάφραση: Μελέτης Βούλγαρης, Ευρωπαϊκές τεχνολογικές εκδόσεις, 1999.
- [10] <http://www.kaloudis-ydravlika.gr>
- [11] <http://www.karagewrgiou.gr>
- [12] <http://www.e-dimakis.gr>
- [13] <http://www.sanitas.gr>
- [14] “Χαλκοσωλήνες Talos, Τεχνικός οδηγός, Ύδρευση-Θέρμανση-Φυσικό αέριο-Κλιματισμός”, ΧΑΛΚΟΡ (Ανώνυμη εταιρία επεξεργασίας μετάλλων).
- [15] <http://www.hydroflex.com.gr>
- [16] <http://www.kotsovos.gr>
- [17] <http://www.fasoplast.gr>
- [18] <http://www.selko-eu.gr>
- [19] <http://www.ydravlikos.gr>

- [20] <http://www.tzanos.gr>
- [21] <http://www.interplast.gr>
- [22] http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_PVC.htm
- [23] <http://www.trastic.gr>
- [24] <http://www.arvisolar.gr>
- [25] <http://www.statesadvancingsolar.org>
- [26] <http://www.selasenergy.gr>
- [27] <http://www.solar-systems.gr>
- [28] <http://www.exelgroup.gr>
- [29] <http://greenenergia.gr>
- [30] <http://users.forthnet.gr/ath/papsomad/fwtoboltaika.html>
- [31] Κοραλλή Παναγιώτα, Διπλωματική εργασία, Θέμα: “Μικρο-επεξεργασία λεπτού υμενίου μολυβδενίου (Mo) με laser για εφαρμογή στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία”, ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας κατεργασιών των υλικών, Αθήνα 2010.
- [32] <http://www.solardirect.com>
- [33] <http://www.alumilsolar.com>
- [34] Ένας πρακτικός οδηγός, για τα φωτοβολταϊκά, σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών, Σεπτέμβριος 2007 , (www.helapco.gr)
- [35] <http://www.synergy-res.gr/phototexnologies.php>
- [36] www.cres.gr, Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας.
- [37] Ρομπογιαννάκης Φραγκίσκος, Πτυχιακή εργασία, Θέμα: “ Σχεδιασμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στοιχείων σε κτιριακό περιβάλλον λαμβάνοντας υπόψη το νέο θεσμικό πλαίσιο πώλησης ενέργειας στη ΔΕΗ ”, ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας.
- [38] energeiakepend
- [39] Σ. Καπλάνης, “Ηπιες μορφές ενέργειας Ι – Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, Εκδόσεις Ιων, 2008.
- [40] Σ. Καπλάνης, “Ηπιες μορφές ενέργειας Ι – Φωτοβολταϊκά συστήματα”, Εκδόσεις Ιων, 2008.

- [41] Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας - Ινστιτούτο Τεχνολογίας & Εφαρμογών Στερεών Καύσιμων (<http://www.allaboutenergy.gr/>)
- [42] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (www.cres.gr)
- [43] Biomass Energy (<http://www.biomassenergy.gr>)
- [44] www.hellenic-pellets.gr
- [45] www.acp-bioenergy.gr
- [46] GreenDream (<http://bioenergynews.blogspot.com>)
- [47] <http://www.emast.gr>
- [48] German Renewable Energies Agency Information Platform (<http://www.unendlich-viel-energie.de>)
- [49] enERGON (<http://www.en-ergon.com>)
- [50] <http://pelletbioenergy.blogspot.gr>
- [51] <http://www.eco-flame.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Πίνακας Α.1: Ορισμοί για την διαστασιολόγηση σωληνώσεων νερού.

Μέγεθος	Σύμβολο	Διάσταση	Ορισμός
Μήκος	l	m	Μήκος αγωγού ή σωλήνωσης
Τραχύτης	k	m	Μέσο ύψος των ανωμαλιών τραχύτητας
Διάμετρος	d	m	Διάμετρος σωλήνα
Ονομαστική διάμετρος	DN	mm	Ονομαστική διάμετρος
Επιφάνεια	A	m ²	Επιφάνεια διατομής σωλήνα
Όγκος	V	m ³	Όγκος παραγόμενου υγρού
Πυκνότητα	ρ	kg/m ³	Πυκνότητα νερού
Κινηματική συνεκτικότητα	ν	m ² /s	Κινηματική συνεκτικότητα νερού
Δυναμική συνεκτικότητα	η	P _s /s	Δυναμική συνεκτικότητα του ρευστού
Αριθμός Reynolds	Re	-	$Re = \frac{u \cdot d}{\nu} = \frac{\text{Ταχύτητα νερού} \cdot \text{Διάμετρος}}{\text{Κινηματική συνεκτικότητα}}$
Συντελεστής τριβής	λ	-	Συντελεστής τριβής μιας ευθύγραμμης σωλήνωσης
Συντελεστής τοπικής αντίστασης	ζ	-	Συντελεστής τριβής ενός εμποδίου μέσα σε μια σωλήνωση
Ταχύτητα νερού	u	m/s	Μέση ταχύτητα παροχής = $\frac{\text{Παροχή}}{\text{Διατομή}}$
Παροχή	V, Q, q	m ³ /s	Διερχόμενη ποσότητα νερού από τη διατομή ενός σωλήνα ανά δευτερόλεπτο
Παροχή υπολογισμού	Q _R	l/s	Παροχή εξασφαλιζόμενη από όργανο εκροής σε θέση τελείως ανοιχτή και υπό πίεση εκροής την ελάχιστη απαιτούμενη
Συνολική παροχή	Σ Q _R	l/s	Άθροισμα των παροχών των συνδεδεμένων λήψεων
Παροχή αιχμής	Q _s	l/s	Μέγιστη παροχή με συνεκτίμηση ενός πιθανού ταυτοχρονισμού στη λειτουργία των συνδεδεμένων λήψεων
Συντελεστής ταυτοχρονισμού	f	-	$f = \frac{Q_s}{\Sigma Q_R} = \frac{\text{Παροχή αιχμής}}{\text{Συνολική παροχή}}$
Διαφορά πίεσης υψομετρική	h _{geo}	m	1m ≥ 100mbar Διαφορά υψών (κατακόρυφη απόσταση) α) Μεταξύ του κέντρου της διαμέτρου της σωλήνωσης σύνδεσης της λήψης στο υψηλότερο σημείο του κτιρίου και του κέντρου της διαμέτρου του αγωγού του δικτύου

			υδροδότησης στο σημείο παροχέτευσης του κτιρίου. β) Μεταξύ της στάθμης αναρρόφησης και κατάθλιψης μιας αντλίας.
Διατιθέμενη πίεση	P_v	bar 0.1MPa	Στατική υπερπίεση στο κέντρο της διατομής του δικτύου υδροδότησης στο σημείο σύνδεσης της παροχέτευσης
Πίεση ηρεμίας	P_R	bar 0.1MPa	Στατική υπερπίεση σε ένα σημείο μέτρησης της εγκατάστασης όταν το νερό ηρεμεί
Πίεση εκροής	P_F	bar 0.1MPa	Στατική υπερπίεση σε ένα σημείο μέτρησης της εγκατάστασης ή στο σημείο σύνδεσης μιας λήψης όταν το νερό ρέει
Ελάχιστη πίεση εκροής	P_{MF}	bar 0.1MPa	Στατική υπερπίεση στο σημείο σύνδεσης μιας λήψης κατά τη διάρκεια της παροχής υπολογισμού
Χαρακτηριστική πίεση εκροής	P_K	bar 0.1MPa	Πίεση εκροής που χαρακτηρίζει ένα όργανο εκροής ως προς την κατανομή του σε σχέση με τη στάθμη θορύβου που προκαλεί
Διαφορά πίεσης	Δp	bar 0.1MPa	Διαφορά πίεσης μεταξύ δυο σημείων μέτρησης
Πτώση πίεσης από τριβές	Δp_R	bar 0.1MPa	$\Delta p_R = R \cdot l$ Πτώση πίεσης λόγω τριβών σε ένα ευθύγραμμο τμήμα μιας σωλήνωσης
Πτώση πίεσης από αντιστάσεις	$\Delta p_e, Z$	bar 0.1MPa	$\Delta p_e = Z = \sum \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$ Πτώση πίεσης από μεμονωμένη αντίσταση σε μια σωλήνωση
Απώλειες πίεσης	$H, \Delta p$	bar 0.1MPa	$H = \Delta p_R + \Delta p_e = \Sigma(R \cdot l + Z)$ Συνολική απώλεια πίεσης από τριβές και αντιστάσεις
Ειδική πτώση πίεσης από τριβές	R	bar/m 0.1MPa/ m	$R = \frac{\Delta p_R}{l}$ Πτώση πίεσης από αντιστάσεις τριβής μέσα σε μια ευθύγραμμη σωλήνωση μήκους 1m

Πίνακας Α.2: Λήψεις νερού: Παραδοχές για τον υπολογισμό.

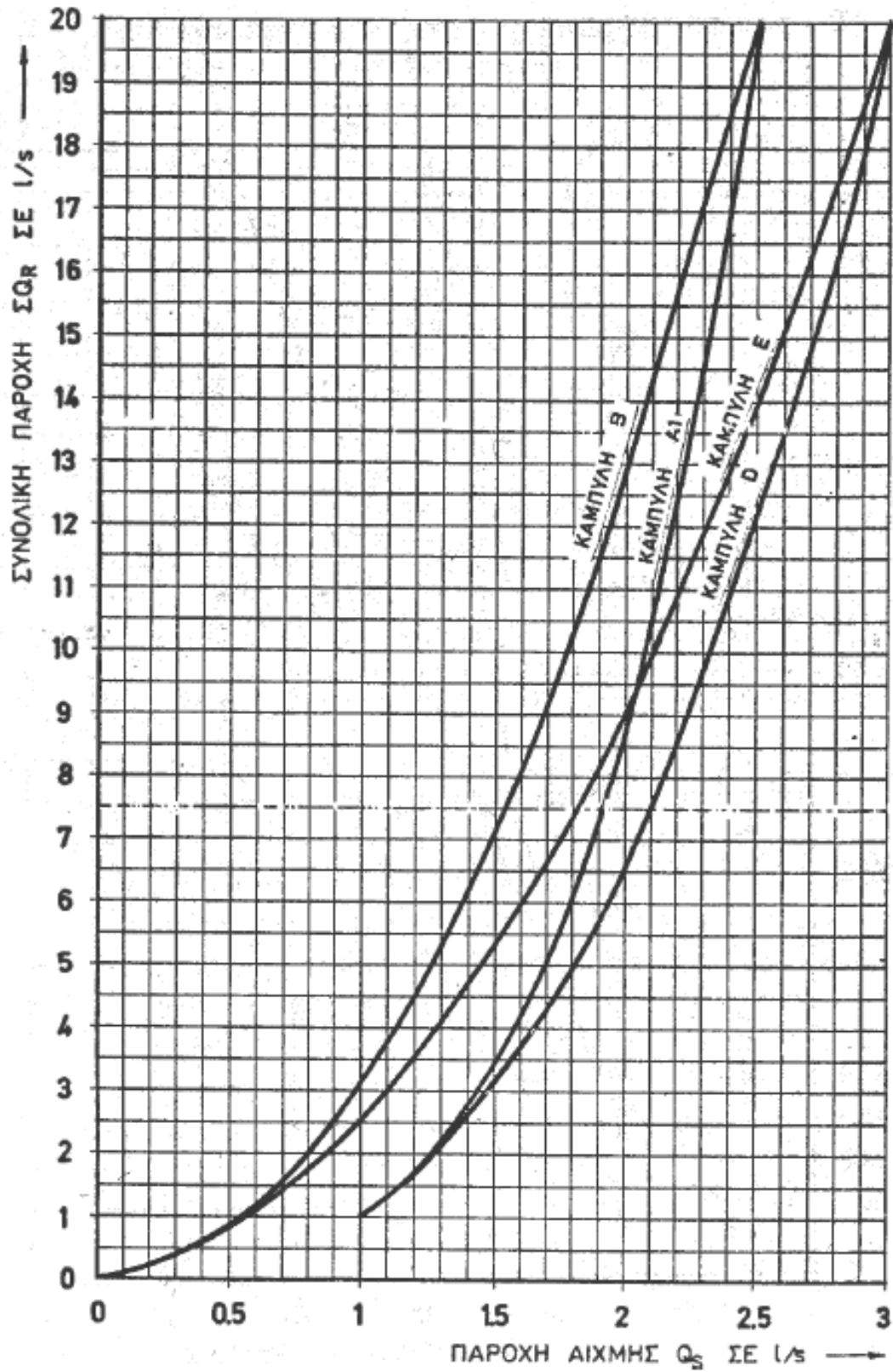
Λήψη	Όνομαστικ ή Διάμετρο DN	Ποσότητ α μιας χρήσης	Θερμοκρασία νερού στη έξοδο	Ελάχιστη πίεση εκροής P_{MF}	Παροχή Υπ/σμού	
					Κρύο Νερό Q_{RKN}	Ζεστό Νερό Q_{RZN}
		l	°C	bar	l/s	l/s
ΝΕΡΟΧΥΤΕΣ						
Διακόπτης εκροής	15	6-10	15 ή 65	1.0	0.15	0.15
Μπαταρία κουζίνας	15	6-10	40	1.0	0.15	0.15
Μπαταρία πλύσεως σκευών	15	12-20	50-55	1.0	0.07	0.10
	20	35-50	50-55	1.0	0.20	0.70
Βαλβίδα έκπλυσης	20	7-10		1.2	1.0	-
ΝΙΠΤΗΡΕΣ						
Διακόπτης εκροής	15	5	15	0.5	0.07	-
Μπαταρία οικιακού λουτρού	15	15	35	1.0	0.07	0.07
Μπαταρία ομαδικού λουτρού	15	10-20	35	1.0	0.05	0.05
ΚΑΤΑΙΟΝΗΤΗΡΕΣ						
Κινητή	15	10-15	38	1.0	0.05	0.05

κεφαλή οικ. λουτρού						
Σταθερή κεφαλή οικ. λουτρού	15	60-90	38	1.0	0.15	0.15
	20	90-120	38	1.0	0.20	0.20
	25	120-200	38	1.0	0.35	0.35
Κεφαλή ομαδικού λουτρού	15	60-90	38	1.0	0.15	0.15
ΛΟΥΤΗΡΕΣ						
Μπαταρία	15	120-160	40	1.0	0.15	0.15
	20	200-300	40	1.0	0.50	0.50
	25	600-700	40	1.0	1.20	1.20
ΛΕΚΑΝΕΣ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15	6-7	15	1.2	0.7	-
	20	6-8	15	1.2	1.0	-
	25	6-9	15	0.4	1.0	-
Δοχείο εκ πλύσης	15	9	15	0.5	0.13	-
ΠΥΓΟΛΟΥΤΗΡΕΣ						
Διακόπτης εκροής	15	10-15	15 ή 65	1.0	0.07	0.07
Μπαταρία	15	10-15	35-40	1.0	0.07	0.07
ΟΥΡΗΤΗΡΙΑ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15	4	15	1.2	0.03	-
Δοχείο εκ πλύσης	15	9	15	0.5	0.13	-
ΠΛΥΣΗ ΣΚΩΡΑΜΙΔΩΝ						
Βαλβίδα εκ πλύσης	15	6-9	15 ή 65	1.2	0.7	0.7
	20	7-10	15	1.2	1.0	-
ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ						
Πλυντήριο πιάτων	-	-	15	1.0	0.15	-
Πλυντήριο ρούχων	-	-	15	1.0	0.25	-
ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ						
Ηλεκτρικός ροής 6 kW	-	-	15	1.0	0.07	-
ροής 12 kW	-	-	15	1.0	0.1	-
ροής 18 kW	-	-	15	1.0	0.15	-

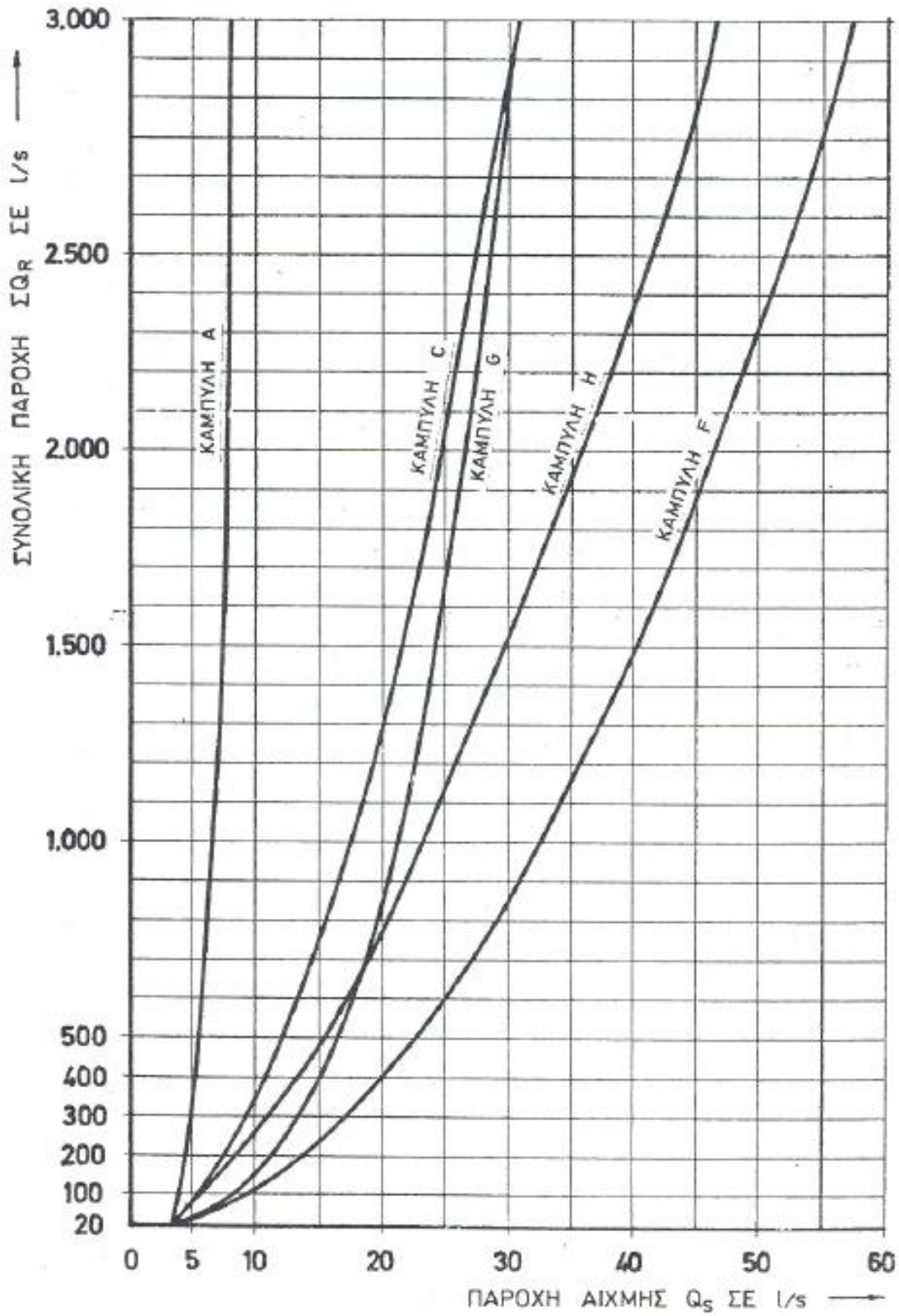
Πίνακας Α.3: Τύποι για τον υπολογισμό της παροχής αιχμής Q_s σε l/sec ανάλογα με το είδος του κτιρίου (Πίνακας 3 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86)

Κτίρια κατοικιών	$Q_s = 1,7(\Sigma Q_R)^{0,21} - 0,7$	$\Sigma Q_R > 1,0l/s$	A)
	$Q_s = 0,682(\Sigma Q_R)^{0,45} - 0,14$	$0,07 < \Sigma Q_R < 2l/s$	B
Κτίρια γραφείων	$Q_s = 1,7(\Sigma Q_R)^{0,71} - 0,7$	$\Sigma Q_R > 1,0l/s$	A)
	$Q_s = 0,682(\Sigma Q_R)^{0,70} - 0,14$	$0,07 < \Sigma Q_R < 2l/s$	B
	$Q_s = 0,4(\Sigma Q_R)^{0,67} + 0,4$	$\Sigma Q_R > 2l/s$	C
Ξενοδοχεία	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,368}$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20l/s$	D)
	$Q_s = 0,698(\Sigma Q_R)^{0,5} - 0,12$	$0,1 < \Sigma Q_R < 20l/s$	E
	$Q_s = 1,08(\Sigma Q_R)^{0,5} - 1,83$	$\Sigma Q_R > 20l/s$	F
Καταστήματα	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,368}$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20l/s$	D)
	$Q_s = 0,698(\Sigma Q_R)^{0,5} - 0,12$	$0,1 < \Sigma Q_R < 20l/s$	E
	$Q_s = 4,3(\Sigma Q_R)^{0,27} - 6,55$	$\Sigma Q_R > 20l/s$	G
Νοσοκομεία	$Q_s = (\Sigma Q_R)^{0,778}$	$1,0 < \Sigma Q_R < 20l/s$	D)
	$Q_s = 0,682(\Sigma Q_R)^{0,70} - 0,14$	$0,07 < \Sigma Q_R < 20l/s$	E
	$Q_s = 0,24(\Sigma Q_R)^{0,60} + 1,24$	$\Sigma Q_R > 20l/s$	H)

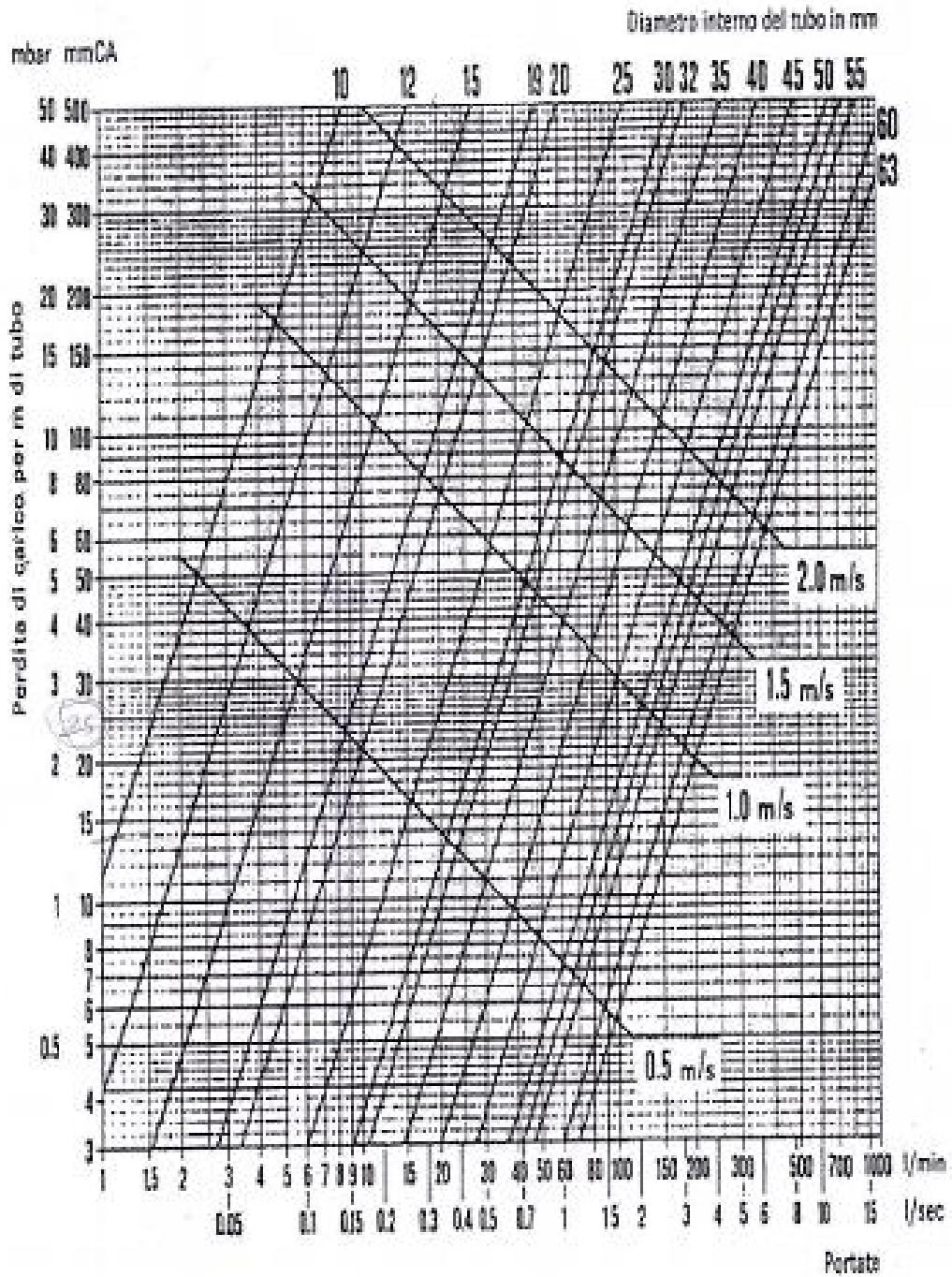
Διάγραμμα Α.1: Υπολογισμός της παροχής αιχμής Q_s συναρτήσει της συνολικής παροχής ΣQ_R .



Διάγραμμα Α.2: Υπολογισμός της παροχής αιχμής Q_s συναρτήσει της συνολικής παροχής ΣQ_R .



Διάγραμμα Α.3: Απώλεια πίεσης R των πλαστικών




































σωλήνων.

Πίνακας Α.4: Ελάχιστη διάμετρος για σωληνώσεις κρύου ζεστού νερού.
(Πίνακας 9 της ΤΟΤΕΕ 2411/86)

A/A	Σωλήνωση	Ονομαστική Διάμετρος DN
1	Αγωγός υδροδότησης	25
2	Κλάδος διανομής ή στήλη διανομής	20
3	Σωληνώσεις αερισμού	20
4	Σωληνώσεις ανακουφίσεως και εκκένωσης σωληνώσεων. Μήκος έως 3 m και μέχρι 3 καμπύλες	20
	Μήκος έως 6 m και μέχρι 3 καμπύλες	25
5	Σωληνώσεις σύνδεσης για :	15
	Δοχεία έκπλυσης	
	Μπαταρίες νιπτήρων	
	Μπαταρίες πυγολουτήρων	
	Μπαταρία καταιονηστήρα	
	Μπαταρία νεροχύτη	
	Πλυντήριο ρούχων (οικιακό)	
Πλυντήριο πιάτων (οικιακό)		
	Μπαταρία λουτήρα	
6	Σωλήνωση σύνδεσης για βαλβίδα έκπλυσης DN 20	25
7	Σωλήνωση πολλαπλής σύνδεσης μέχρι 3 λήψεις από την κατηγορία 5	20
8	Κλάδος διανομής για διαμέρισμα :	25
	Κρύο νερό με βαλβίδες έκπλυσης	
	Κρύο νερό με δοχεία έκπλυσης	
	Ζεστό νερό	15
9	Σωλήνωση επιστροφών (ανακυκλοφορίας)	15

Πίνακας Α.5: Τιμές του συντελεστή τοπικών αντιστάσεων ζ.
(Πίνακας 8 της ΤΟΤΕΕ 2411/86)

ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ζ	ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ		ΣΥΜΒΟΛΟ	ζ
ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ		1,3	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΕΔΡΑΣ	15		10,0
		0,9		20		8,5
		0,3		25		7,0
		0,3		32		6,0
		0,6	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗΣ ΕΔΡΑΣ	40 - 100		5,0
		0,6		15		3,5
		3,0		20		2,5
		1,3	ΚΡΟΥΝΟΣ	25 - 50		2,0
		0,9		65		0,7
		0,4		15		2
	0,3	20 - 25		1,5		
ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ		0,5	ΔΙΚΛΕΙΔΑ ΣΥΡΤΗ	32 - 50		1
				65 - 80		0,7
				- 100		0,6
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ		0,3	ΓΩΝΙΑΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ	10		7,0
				15		4,0
				20 - 40		2,0
ΚΑΜΠΥΛΗ 90° r = d r = 2d r = 4d		0,2	ΓΩΝΙΑΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ	50 - 100		3,5
				10 - 15		1,0
				20 - 25		0,5
ΓΩΝΙΑ 90°		1,3	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	32 - 150		0,3
				15 - 20		7,7
ΓΩΝΙΑ 45°		0,4	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	25 - 40		4,3
				50		3,8
ΣΥΣΤΟΛΙΚΟ		0,4	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	65 - 100		2,5
				20		6,0
ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΟ		0,6	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	25 - 50		5,0
				100		1,5
ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΟ ΩΜΕΓΑ		1,0	ΚΛΑΠΕΤΟ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	200		1,2
				25 - 50		13
ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ		2,0	ΛΗΨΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟ	15 - 20		15
				25 - 70		5,0
			ΜΕΙΩΤΗΡΑΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΣ			30

Πίνακας Α.6: Τιμές Αντιστοιχία τυποποιημένων διαμέτρων για σιδηροσωλήνες και χαλκοσωλήνες.

Ονομαστική Διάμετρος	Διάμετρος Σιδηροσωλήνων	Διάμετρος Χαλκοσωλήνων
DN 15	1/2	15 X 1
DN 20	3/4	18 X 1 ή 22 X 1
DN 25	1	28 X 1,5
DN 32	1 1/4	35 X 1,5
DN 40	1 1/2	42 X 1,5
DN 50	2	54 X 2
DN 65	2 1/2	76,1 X 2
DN 80	3	88,9 X 2
DN 100	4	108 X 2,5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Πίνακας Β.1: Βαθμός Πληρότητας και ελάχιστη κλίση αγωγών αποχέτευσης
(Πίνακας 6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος αγωγών αποχέτευσης		Βαθμός πλήρωσης h/d	Ελάχιστη κλίση για ονομαστικ. διαμέτρους (DN)			
			έως 100	125	150	> 200
εντός κτιρίου	αγωγοί ακαθάρτων νερών	0,5	1 : 50	1 : 66,7	1 : 66,7	1 : DN/2
εντός	αγωγοί ομβρύων νερών	0,7	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : DN/2
εντός	αγωγοί νερών ανάμιξης	0,7	1 : 50	1 : 66,7	1 : 66,7	1 : DN/2
εκτός κτιρίου	αγωγοί ακαθάρτων νερών	0,5 ή 0,7	1 : DN	1 : DN	1 : DN	1 : DN
εκτός	αγωγοί ομβρύων και νερών ανάμιξης	0,7 ή 1,0	1 : DN	1 : DN	1 : DN	1 : DN

Πίνακας Β.2: Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή απορροής
(Πίνακας 9 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος κτιρίου	K (lt/sec)
Κατοικίες, Εστιατόρια, Ξενοδοχεία, Γραφεία	0,5
Σχολεία, Νοσοκομεία, μεγάλα Εστιατόρια, μεγάλα Ξενοδοχεία	0,7
Εγκαταστάσεις ομαδικών λουτήρων ή καταιονηστήρων	1,0 *
Εγκαταστάσεις εργαστηρίων ή βιομηχανικών χώρων	1,2

* Εκτός αν δίδεται η πραγματική ποσότητα λυμάτων Q_e

Πίνακας Β.3: Τιμές σύνδεσης των υδραυλικών υποδοχέων
(Πίνακας 10 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

A.A.	Υδραυλικοί υποδοχείς ή είδος Σωλήνωσης	Τιμές Σύνδεσης AW_s	Ονομαστική Διάμετρος των Σωληνώσεων Σύνδεσης DN.
1	Νιπτήρες, πυγολουτήρες	0,5	40
2	Απορροές κουζίνας (νεροχύτες μιας ή δύο γουρνών, πλυντήρια πιάτων οικιακής χρήσης ή και ρούχων μέχρι 6 Kgr με οσμοπαγίδα)	1	50
3	Πλυντήρια ρούχων 6 – 12 Kgr	1,5	70
4	Επαγγελματικά πλυντήρια πιάτων	2	100
5	Ουρητήρια (μεμονωμένα)	0,5	50
6	Απορροές στραγγισμού DN 50	1	50
	DN 70	1,5	70
	DN 100	2	100
7	Λεκάνες αποχωρητηρίων	2,5	100
8	Ντουσιέρες, ποδολουτήρες	1	50
9	Λουτήρες με άμεση σύνδεση	1	50
10	Λουτήρες με άμεση ή έμμεση σύνδεση, αλλά με σωλήνωση σύνδεσης επιφανειακά πάνω στο πάτωμα μήκους έως 1 m, συνδεδεμένη σε σωλήνωση DN70 ή σε απορροή στραγγισμού.	1	40
11	Λουτήρες ή Ντουσιέρες με έμμεση σύνδεση (οσμοπαγίδα δαπέδου) και σωλήνωση σύνδεσης < 2 m.	1	50
12	Λουτήρες ή Ντουσιέρες με έμμεση σύνδεση (οσμοπαγίδα δαπέδου) και σωλήνωση σύνδεσης > 2 m.	1	70

Πίνακας Β.4: Τιμές σύνδεσης ομαδικών ουρητηρίων και ονομαστική διάμετρος σωληνώσεων. (Πίνακας 11 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86

Αριθμός θέσεων	Τιμή σύνδεσης AW_s (συνολική)	Ονομαστική Διάμετρος της σωλήνωσης της πολλαπλής σύνδεσης
έως 2	0,5	70
έως 4	1	70
έως 6	1,5	70
άνω των 6	2	100

Πίνακας Β.5: Μείωση των τιμών σύνδεσης (Πίνακας 12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

A.A	Περιπτώσεις χώρων υγιεινής συνδεδεμένων σε μια στήλη	Συντελεστής μείωσης	Εξοπλισμός των χώρων και οι αντίστοιχες τιμές σύνδεσης σύμφωνα με τον Πιν.	Σύνολο τιμών σύνδεσης χώρων υγιεινής ΣΑWs	Μειωμένη τιμή ΣΑW _s (στρογ. σε 0,5)
1	3 χώροι υγιεινής μιας κατοικίας (Κουζίνα, λουτρό W.C.)	0,7	Κουζίνα Νεροχύτης 1 Λουτρό Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 W.C. Λεκάνη 2,5 Νιπτήρας 0,5	8	5,5
2	2 χώροι υγιεινής κατοικίας (λουτρό W.C.)	0,7	Λουτρό Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 W.C. Λεκάνη 2,5 Νιπτήρας 0,5	7	5
3	1 χώρος υγιεινής Λουτό δωματίου ξενοδοχείου	0,9	Λεκάνη 2,5 Λουτήρας 1 Νιπτήρας 0,5 Πυγολουτήρας 0,5	4,5	4

Πίνακας Β.6: Επιτρεπόμενη απορροή ομβρύων για την διαστασιολόγηση των υδρορροών

Ονομαστική Διατομή DN	Καθαρή Διατομή LW	Κανονική απορροή (επιτρ. Q _r)
50	50	0,7
65	60	1,1
70	70	1,7
80	80	2,5
100	100	4,5
125	118	7,0
125	125	8,1
150	150	13,3
200	200	28,5
250	250	51,5
300	300	83,5

Πίνακας Β.7: Συντελεστής απορροής βροχίνων νερών
(Πίνακας 20 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος συνδεδεμένων επιφανειών	Συντελεστής απορροής βροχίνων νερών Ψ
Οροφές (με κλίση > 15 °)	1,0
Οροφές (με κλίση < 15 °)	0,8
Οροφές σκυρόστρωτες	0,5
Ταρασόκηποι	0,3
Ράμπες και υπαίθρια Parking	1,0
Αυλές λιθόστρωτες με γεμισμένο αρμό ή από σκυρόδεμα	0,9
Πλακόστρωτοι πεζόδρομοι	0,6
Μη στρωμένοι δρόμοι, ακάλυπτοι χώροι και δρόμοι περιπάτου	0,5
Γήπεδα παιγνιδιών και άθλησης	0,25
Προκήπια	0,15
Κήποι μεγάλοι	0,10

Πίνακας Β.8: Επιτρεπόμενη απορροή ομβρύων για την διαστασιολόγηση των υδρορροών.

Ονομαστική Διατομή DN	Καθαρή Διατομή LW	Κανονική απορροή (επιτρ. Q _r)
50	50	0,7
65	60	1,1
70	70	1,7
80	80	2,5
100	100	4,5
125	118	7,0
125	125	8,1
150	150	13,3
200	200	28,5
250	250	51,5
300	300	83,5

Πίνακας Β.9: Συντελεστής απορροής βροχίνων νερών
(Πίνακας 20 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

Είδος συνδεδεμένων επιφανειών	Συντελεστής απορροής βροχίνων νερών Ψ
Οροφές (με κλίση > 15 °)	1,0
Οροφές (με κλίση < 15 °)	0,8
Οροφές σκυρόστρωτες	0,5
Ταρατσόκηποι	0,3
Ράμπες και υπαίθρια Parking	1,0
Αυλές λιθόστρωτες με γεμισμένο αρμό ή από σκυρόδεμα	0,9
Πλακόστρωτοι πεζόδρομοι	0,6
Μη στρωμένοι δρόμοι, ακάλυπτοι χώροι και δρόμοι περιπάτου	0,5
Γήπεδα παιχνιδιών και άθλησης	0,25
Προκήπια	0,15
Κήποι μεγάλοι	0,10

Πίνακας Β.10: Στήλες αποχέτευσης ακαθάρτων με κύριο αερισμό
(Πίνακας 15 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5
		Επιτρεπόμενες Συνδέσεις		
DN	Εσωτερική Διάμετρος σε mm (με επιτρεπτό μενη μείωση 5%)	ΣΑW _s	Αριθμός Λεκανών	Επιτρεπόμενο Qs (lt/sec) για κατοικίες.
70 **	70	9	-----	1,5
100	100	64	13	4
	118	112	22	5,3
125	125	154	31	6,2
150	150	408	82	10,1

Πίνακας Β.11: Στήλες ακαθάρτων με άμεσο ή έμμεσο παράπλευρο αερισμό.
(Πίνακας 16 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86

1	2	3	4	5
		Επιτρεπόμενες Συνδέσεις		
DN	Εσωτερική Διάμετρος σε mm(με επιτρεπόμενη μείωση 5%)	ΣΑW _s	Αριθμός Λεκανών	Επιτρεπόμενο Qs (lt/sec) για κατοικίες.
70	70	18	-----	2,1
100	100	125	25	5,6
	118	219	44	7,4
125	125	300	60	8,7
150	150	795	169	14,1

Πίνακας Β.12: Στήλες ακαθάρτων με πλήρη αερισμό.
(Πίνακας 17 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5
		Επιτρεπόμενες Συνδέσεις		
DN	Εσωτερική Διάμετρος σε mm(με επιτρεπόμενη μείωση 5%)	ΣΑW _s	Αριθμός Λεκανών	Επιτρεπόμενο Qs (lt/sec) για κατοικίες.
70	70	27	-----	2,6
100	100	186	37	6,8
	118	324	64	9,0
125	125	441	88	10,5
150	150	1183	206	17,2

Πίνακας Β.13: Διαστασιολόγηση Οριζοντίων Σωληνώσεων Ακαθάρτων
(Πίνακας 18 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3		4		5		6	7
DN	Εσωτ. Διάμ. (mm)	J = 1 : 50 (2 cm/m)		J = 1 : 66,7 (1,5 cm/m)		J = 1 : 100 (1 cm/m)		J = 1 : DN/2	J = 1 : DN
		Επιτρ. Qs(l/s)	Επιτρ. ΣΑWs	Επιτρ. Qs(l/s)	Επιτρ. ΣΑWs	Επιτρ. Qs(l/s)	Επιτρ. ΣΑWs	Επιτρ. Qs(l/s)	Επιτρ. Qs(l/s)
70	70	1,5	9	---	---	---	---	---	---
100	100	4	64	3,4	46	2,8	31	---	2,8
125	(118)	6,2	154	5,3	112	4,3	74	---	3,9
	125	7,2	207	6,2	154	5,1	104	---	4,5
150	150	11,7	548	10,1	408	8,2	269	9,5	6,7
200	200	25,1	2520	21,7	1884	17,7	1253	17,7	12,5
250	250	45,4	---	39,2	---	32	---	28,6	20,2
300	300	73,5	---	63,6	---	51,9	---	42,3	29,8
(350)	350	111	---	95,6	---	78	---	58,8	41,5
400	400	157	---	136	---	111	---	78,3	55,2
500	500	283	---	245	---	---	---	126	89,9

Πίνακας Β.14: Βρεχόμενες επιφάνειες και σωληνώσεις βρόχινων νερών
(Πίνακας 19 της Τ.Ο. Τ.Ε.Ε. 2412/86)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Βρεχόμενη επιφάνεια που επιτρέπεται να συνδεθεί σε m^2 (για $\psi=1$)				Απορροή ($\psi=1$)	J=1:50 (2 cm/m)		J=1:66,7 (1,5 cm/m)		J=1:100 (1 cm/m)	
Για μέγιστη βροχόπτωση r σε lt/sec.ha										
150	200	300	400	Επιτρ. Qr(l/s)	Ε.Δ.	Επιτρ. Qr(l/s)	Ε.Δ.	Επιτρ. Qr(l/s)	Ε.Δ.	Επιτρ. Qr(l/s)
47	35	23	17	0,7	50	1,0	50	0,9	50	0,7
73	55	37	28	1,1	60	1,6	60	1,4	60	1,1
107	80	53	40	1,6	60	1,6	60	1,4	70	1,7
113	85	57	43	1,7	70	2,4	70	2,1	70	1,7
160	120	80	60	2,4	70	2,4	70	2,1	80	2,5
167	125	83	63	2,5	80	3,5	80	3,0	80	2,5
233	175	117	88	3,5	80	3,5	80	3,0	100	4,5
300	225	150	113	4,5	100	6,4	100	5,5	100	4,5
367	275	183	138	5,5	100	6,4	100	5,5	118	7,0
427	320	213	160	6,4	100	6,4	118	8,5	118	7,0
467	350	233	175	7,0	118	9,9	118	8,5	118	7,0
540	405	270	203	8,1	118	9,9	118	8,5	125	8,1
573	430	287	215	8,6	118	9,9	118	8,5	150	13,3
660	495	330	248	9,9	118	9,9	125	10	150	13,3
667	500	333	250	10,0	125	11,6	125	10	150	13,3
773	580	387	290	11,6	125	11,6	150	16,3	150	13,3
887	665	443	333	13,3	150	18,8	150	16,3	150	13,3
1087	815	543	408	16,3	150	18,8	150	16,3	200	28,5
1253	940	627	470	18,8	150	18,8	200	34,9	200	28,5
1900	1425	950	713	28,5	200	40,4	200	34,9	200	28,5
2327	1745	1163	873	34,9	200	40,4	200	34,9	250	51,5
2693	2020	1347	1010	40,4	200	40,4	250	63,2	250	51,5
3433	2575	1707	1288	51,5	250	73	250	63,2	250	51,5
4213	3160	2107	1580	63,2	250	73	250	63,2	300	83,5
4867	3650	2433	1825	73	250	73	300	102	300	83,5
5567	4175	2783	2088	83,5	300	118	300	102	300	83,5
6800	5100	3400	2550	102	300	118	300	102		
7867	5900	3933	2950	118	300	118				