



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Εργαστήριο)

Ενότητα 9 : Σχεδιασμός συστήματος θέρμανσης  
θερμοκηπίων

Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Σχεδιασμός συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίων

#### 3.1. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με νερό ή ατμό

##### 3.1.1. Διανομή της θερμότητας στο χώρο

Η θερμότητα που παράγεται στον λέβητα, θα πρέπει να μεταφερθεί και να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο χώρο του θερμοκηπίου.

Στο σύστημα θέρμανσης με σωλήνες ζεστού νερού, που διακλαδίζονται μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου, η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με συναγωγή και ακτινοβολία σε ίσο περίπου ποσοστό.

Ο θερμός αέρας στο θερμοκήπιο μαζεύεται ψηλά, όπου ψύχεται από την επαφή του με το κάλυμμα όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, αυξάνει το ειδικό του βάρος και κατέρχεται χαμηλά στο χώρο των φυτών.

##### 3.1.2. Σωληνώσεις θερμού νερού ή ατμού

Το νερό είτε θερμαίνεται σε έναν λέβητα και προωθείται με κυκλοφορητή στις σωληνώσεις που έχουν εγκατασταθεί στο χώρο του θερμοκηπίου, ή θερμαίνεται σ' ένα μεταλλάκτη ατμού νερού και προωθείται με κυκλοφορητή πάλι στις σωληνώσεις του θερμοκηπίου. Όταν δεν απαιτείται θερμότητα στο θερμοκήπιο (ελέγχεται με θερμοστάτη), τότε το νερό μπορεί να κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις με τον κυκλοφορητή, χωρίς να διέρχεται από το λέβητα ή το μεταλλάκτη. Όταν απαιτείται θερμότητα, ο θερμοστάτης δίνει εντολή να ανοίξει αναλογικά μια τρίοδος βαλβίδα για να επιτρέψει σε μια ποσότητα από το νερό των σωληνώσεων να περάσει από το λέβητα ή το μεταλλάκτη και να θερμανθεί πριν επανακυκλοφορήσει στις σωληνώσεις θέρμανσης.

Ένας άλλος θερμοστάτης τοποθετημένος στο λέβητα ευαισθητοποιείται με τη θερμοκρασία του νερού στο λέβητα και αυτόματα μέσω του καυστήρα αναβοσβήνει τη φωτιά, ώστε η θερμοκρασία του νερού να διατηρείται σταθερή και να μην υπερβαίνει ένα καθορισμένο όριο (συνήθως 85 °C ή 95 °C).

Στη Β. Ευρώπη, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στη Β. Αμερική, ακόμη και σε μεγάλα θερμοκήπια προτιμούν τη θέρμανση με ζεστό νερό από αυτήν με ατμό. Συνήθως χρησιμοποιούν καυστήρα ατμού με μεταλλάκτη ζεστού νερού και εφαρμόζουν σύστημα υψηλής πίεσης που επιτρέπει υψηλότερες θερμοκρασίες στο νερό και επομένως μεγαλύτερη θερμική απόδοση, σε σχέση με τα συστήματα χαμηλής πίεσης. Το ζεστό νερό, στο σύστημα χαμηλής πίεσης, έχει συνήθως θερμοκρασία 85 °C, μπορεί όμως να αυξηθεί σε περιπτώσεις μεγάλων απαιτήσεων σε θερμότητα. Στο σύστημα υψηλής πίεσης το ζεστό νερό έχει θερμοκρασία περίπου 95 °C.

Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται συνήθως για διανομή της θερμότητας στην περιφέρεια του θερμοκηπίου είναι μαύροι σιδηροσωλήνες διαμέτρου 5 cm (2").

Το μήκος των σωλήνων που χρειάζονται στο χώρο του θερμοκηπίου, προσδιορίζεται από τις απαιτούμενες ανάγκες σε θερμότητα και την απόδοση των σωλήνων.

Σπουδαίο ρόλο για την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο παίζει η θέση που θα τοποθετηθούν οι σωληνώσεις διανομής.

##### 3.1.3. Υπολογισμός των σιδηροσωλήνων θέρμανσης των θερμοκηπίων

### 3.1.3.1. Θερμική απόδοση των σιδηροσωλήνων θέρμανσης

Η θερμική απόδοση των σιδηροσωλήνων θέρμανσης των θερμοκηπίων, ανά μέτρο μήκους τους, προκύπτει από τη σχέση :

$$Q_{\sigma} = p_{\text{σωλ}} \cdot c \cdot (T_v - T_i) \quad [\text{W/m}] \quad (3.1)$$

όπου :

$p_{\text{σωλ}}$  είναι η περίμετρος του σωλήνα σε m

$c$  είναι συντελεστής απόδοσης του σωλήνα ο οποίος προκειμένου για σωλήνες σε οριζόντια διάταξη παίρνει την τιμή  $c_{\text{οριζ}} = 14 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$ , και για σωλήνες σε κατακόρυφη διάταξη παίρνει την τιμή  $c_{\text{κατ}} = 11,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$

$T_v$  είναι θερμοκρασία του νερού θέρμανσης σε  $^{\circ}\text{K}$

$T_i$  είναι θερμοκρασία του εσωτερικού του θερμοκηπίου σε  $^{\circ}\text{K}$

### 3.1.3.2. Απαιτούμενο μήκος των σωλήνων θέρμανσης

Το απαιτούμενο μήκος των σωλήνων θέρμανσης είναι :

$$L_{\text{σωλ}} = \frac{Q}{n \times Q_{\sigma}} \quad [\text{m}] \quad (3.2)$$

ακόμη πρέπει να ισχύει:  $L_{\text{σωλ}} > 2 \times$  περίμετρος θερμοκηπίου

όπου :

$Q$  είναι οι συνολικές θερμικές απώλειες σε  $W$  υπολογιζόμενες με μία από τις σχέσεις  $Q = Q_H \times A_g$  ή  $q \times A_g$  ανάλογα με την μέθοδο υπολογισμού των θερμικών απωλειών που χρησιμοποιείται, μάλιστα  $Q$  είναι οι μέγιστες απαιτήσεις.

$n$  είναι ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος

### 3.1.4. Σωληνώσεις ατμού

Οι σωληνώσεις αυτές κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης βρίσκονται σε θερμοκρασία  $102 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (κάτω από μια σχετικά χαμηλή πίεση των  $25 \text{ Pa}$  περίπου), σε αντίθεση με τις σωληνώσεις ζεστού νερού που βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασία ( $80 \text{ }^{\circ}\text{C} - 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Για το λόγο αυτό απαιτείται μικρότερη επιφάνεια σωλήνων για να αποδώσει την ίδια ποσότητα θερμίδων στο χώρο του θερμοκηπίου. Επειδή επί πλέον η κυκλοφορία του ατμού μέσα στις σωληνώσεις συναντά μικρότερες αντιστάσεις απ' ό,τι το νερό, η συνήθης διάμετρος για σωληνώσεις ατμού είναι  $2,5 - 4 \text{ cm}$  ( $1'' - 1 \frac{1}{2}''$ ), αντί των  $5 \text{ cm}$  που χρησιμοποιούνται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου στην περίπτωση του ζεστού νερού.

Ο ατμός παράγεται στο λέβητα και μεταφέρεται στο θερμοκήπιο μέσω των σωληνώσεων μεταφοράς. Η ροή του ατμού στις σωληνώσεις ρυθμίζεται από ηλεκτρική βαλβίδα. Ένας θερμοστάτης που βρίσκεται στο θερμοκήπιο, ανοίγει τη βαλβίδα όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από το επιθυμητό επίπεδο και αντίθετα. Στον πίνακα 3.1. δίνεται η αποδιδόμενη ενέργεια από σιδηροσωλήνες ατμού όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου διατηρείται σταθερή και ίση με  $15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Πίνακας 3.1.** Αποδιδόμενη ενέργεια ατμού ανά μέτρο μήκους σωλήνα

Μέσο θέρμανσης	$d_{\text{σωλ}}$ *[inch]	$Q_{\sigma}$ [W/m]
Ατμός 102 °C	1 ½	200
Ατμός 102 °C	1 ¼	173

\* Διάμετρος σωλήνα

### 3.1.5. Θέση των σωλήνων θέρμανσης

Οι γραμμές φύτευσης, των φυτών που αποκτούν σημαντικό ύψος, πρέπει να έχουν προσανατολισμό Βορρά-Νότου. Εάν έχουν προσανατολισμό Ανατολής-Δύσης, το ένα φυτό θα σκιάζει το άλλο, ιδιαίτερα το πρωί και το απόγευμα, όταν η ένταση του φωτισμού είναι μικρότερη.

Οι σωλήνες θέρμανσης, για να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία στο θερμοκήπιο, θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών.

Οι κεντρικές σωληνώσεις που φέρνουν το νερό από το λέβητα και οι σωληνώσεις επιστροφής που μαζεύουν το νερό, το οποίο επιστρέφει από το θερμοκήπιο και το οδηγούν στο λέβητα, τοποθετούνται συνήθως στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Η θερμότητα χάνεται πιο γρήγορα στην περιφέρεια απ' ό τι στο κέντρο του θερμοκηπίου, γι' αυτό, για να υπάρξει ομοιόμορφη θερμοκρασία στο χώρο του, θα πρέπει ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας να αποδίδεται στην περιφέρεια με την εγκατάσταση ικανού μήκους σωληνώσεων. Δεν είναι σκόπιμη όμως η τοποθέτηση όλων των σωλήνων περιμετρικά, γιατί τα ρεύματα του αέρα που δημιουργούνται από τις ψυχρές επιφάνειες της οροφής και το θερμό κέντρο προκαλούν κατά τόπους ψυχρές θέσεις στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Γενικά όσο αφορά την τοποθέτηση των σωλήνων ισχύουν τα εξής:

- περίπου το ένα τρίτο (1/3) των σωληνώσεων, όχι όμως πάνω από 8 σειρές σωλήνων ή λιγότερες από δύο, τοποθετείται περιμετρικά,
- τα υπόλοιπα δύο τρίτα (2/3) τοποθετούνται στο εσωτερικό χαμηλά μεταξύ των φυτών, ή ένα μέρος στην οροφή και το άλλο χαμηλά μεταξύ των φυτών,
- σε θερμοκήπια που είναι εγκατεστημένα σε περιοχές όπου συμβαίνουν μεγάλες χιονοπτώσεις συνηθίζεται να τοποθετούνται και λίγοι σωλήνες ψηλά – κοντά στην στέγη- με σκοπό να συνεισφέρουν στο ταχύτερο λιώσιμο του χιονιού και την μείωση του φορτίου χιονιού στη στέγη.

## **3.2. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με σωλήνες κατανομής του θερμού αέρα**

Οι πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες μπορεί να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ή να κρέμονται από την οροφή, πάνω από το ύψος των φυτών.

### **3.2.1. Πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους**

Οι σωλήνες κατανομής του θερμού αέρα μέσα στο θερμοκήπιο τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος του θερμοκηπίου. Η διάμετρος των σωλήνων αυτών είναι 15 - 20 cm και οι οπές εξόδου του θερμού αέρα ανοίγονται σε διαστήματα 15 - 60 cm.

Ο αέρας που εξέρχεται κοντά στην κλειστή άκρη του σωλήνα είναι περισσότερο απ' ότι στην αρχή, επειδή όμως συμβαίνουν και απώλειες θερμότητας από τα τοιχώματα του σωλήνα, τα δυο αυτά γεγονότα τείνουν να αλληλοεξουδετερώνουν την ανομοιομορφία.

Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να αποσυνδέεται εύκολα την εποχή όπου δεν απαιτείται θέρμανση. Επίσης οι εργάτες που εργάζονται μέσα στο θερμοκήπιο θα πρέπει να προσέχουν περισσότερο, ώστε να μην καταστρέψουν με τα πόδια τους σωλήνες.

Με τους σωλήνες σε αυτή τη θέση, η θερμοκρασία και η ταχύτητα του αέρα που εξέρχεται από τις οπές δεν πρέπει να είναι μεγάλη, επειδή ζημιώνει τα φυτά. Το γεγονός αυτό και η μεγάλη αντίσταση των φυτών στη ροή του αέρα δημιουργούν δυσκολία στην ομοιομορφη κατανομή της θερμότητας σ' όλο το χώρο του θερμοκηπίου. Για να βελτιωθεί η ομοιομορφία θα πρέπει ο αριθμός των σωλήνων να είναι αρκετά μεγάλος (σχεδόν σε κάθε δίδυμη σειρά φυτών) και ομοιόμορφα κατανεμημένος στο χώρο. Συχνά ο θερμός αέρας που εξέρχεται από τις οπές, αναγκαστικά πέφτει επάνω στα φύλλα που βρίσκονται κοντά, πριν προλάβει να αναμιχθεί με τον κρύο αέρα και προκαλεί ζημιές. Εάν το μήκος του θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 18 m, τότε η κατανομή μπορεί να γίνει από την μια άκρη στην άλλη. Εάν όμως το μήκος είναι μεγαλύτερο, η κατανομή γίνεται από το μέσον του θερμοκηπίου προς τις δυο άκρες.

### **3.2.2. Πλαστικοί διαφανείς διάτρητοι σωλήνες στην οροφή**

Σε αυτή την περίπτωση τοποθετούνται λιγότεροι σωλήνες 30 - 40 cm επάνω από το ύψος των φυτών.

Σε θερμοκήπια με πλάτος μικρότερο από 9 m τοποθετείται μόνον ένας τέτοιος σωλήνας κατά μήκος του κέντρου του θερμοκηπίου. Σε θερμοκήπια μεγαλύτερου πλάτους χρησιμοποιούνται παραπάνω σωλήνες. Σωλήνας διαμέτρου 50-70 cm φέρει συνήθως δυο οπές ανά 30 cm κατά μήκος του σωλήνα, διαμέτρου 5 cm. Η συνολική επιφάνεια των οπών είναι συνάρτηση της διαμέτρου του σωλήνα και της παροχής του ανεμιστήρα του αερόθερμου (Bailey B.J., 1978). Η έξοδος του αέρα από τις οπές του σωλήνα θα πρέπει να έχει αρκετή κινητική ενέργεια ώστε να μπορέσει να αναμιχθεί με το πυκνότερο ψυχρότερο αέρα του θερμοκηπίου, ειδ' άλλως δεν θα αναμιχθεί αλλά θα συσσωρευτεί στην οροφή.

Ο ίδιος σωλήνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εσωτερική κυκλοφορία του αέρα στο θερμοκήπιο, χωρίς να λειτουργεί το αερόθερμο. Έτσι, ακόμα και όταν δεν χρειάζεται θέρμανση, είναι δυνατόν να υπάρχει ομοιομορφία συνθηκών σε όλο το χώρο του θερμοκηπίου και να αποφευχθεί η διαστρωμάτωση του αέρα. Με το σύστημα αυτό, εκτός από την ομοιομορφη κατανομή της θερμοκρασίας, επιτυγχάνεται η μείωση της σχετικής υγρασίας και η αναπλήρωση του CO<sub>2</sub> στο χώρο γύρω από τα φύλλα.

Κατά την κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, μπορεί να γίνει και φυτοπροστασία με τη χρησιμοποίηση πτητικών φυτοφαρμάκων, τα οποία με πεπιεσμένο αέρα ωθούνται στο σωλήνα από ένα σημείο που βρίσκεται 60 cm μετά τον ανεμιστήρα. Με

τη συνεχή κυκλοφορία του αέρα, το φυτοφάρμακο κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο του χώρο του θερμοκηπίου, δρώντας αποτελεσματικά.

Από σχετικές με το διάτρητο σωλήνα μελέτες του Carpenter W. and Willis W. (1957) παραθέτουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Για κάθε διάτρητο σωλήνα υπάρχει ένας κρίσιμος μέγιστος αριθμός οπών στο σωλήνα.
- Η ισχύς του ανεμιστήρα, με στατική πίεση 20-30 Pa πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει παροχή 20-30 % τουλάχιστον του όγκου του θερμοκηπίου ανά λεπτό.
- Η επιφάνεια της τομής του σωλήνα πρέπει να είναι περίπου  $0,033 \text{ m}^2$  για κάθε παροχή  $10 \text{ m}^3/\text{min}$  του ανεμιστήρα.
- Εάν η σχέση μεταξύ της συνολικής επιφάνειας των οπών προς την επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής του σωλήνα είναι  $< 1,3$  η αποτελεσματικότητα του εξαεριστήρα δεν είναι καλή, εάν επίσης είναι  $> 2,4$  έχουμε αστάθεια του αγωγού σωλήνα. Συνιστάται η σχέση να βρίσκεται μεταξύ 1,5 και 2,0.
- Όταν η διάμετρος των οπών είναι μεταξύ 4 – 6 cm, δεν παρουσιάζονται προβλήματα στην απόδοση του ανεμιστήρα και του σωλήνα. Με διαφορετική διάμετρο πιθανό να παρουσιασθούν προβλήματα.
- Εάν η κατανομή των οπών είναι ομοιόμορφη, η ποσότητα και η ταχύτητα του αέρα που βγαίνει από τις οπές, κοντά στην κλειστή άκρη, είναι συνήθως διπλάσια από εκείνη των οπών κοντά στον ανεμιστήρα.
- Τα προηγούμενα ισχύουν πλήρως για μήκος αγωγού 30 m. Η απόδοση αγωγών μήκους μικρότερου ή μεγαλύτερου από 30 m είναι η ίδια και εφαρμόζονται οι ίδιες αρχές υπολογισμού, όμως ο αγωγός μεγάλου μήκους πρέπει να έχει τον ίδιο αριθμό οπών εξόδου του αέρα, όπως και ο αγωγός μικρού μήκους, εφ' όσον η συνολική παροχή θα είναι η ίδια. Η διαφορά θα είναι στο ότι ο μακρύτερος αγωγός θα έχει μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των οπών.
- Στους αγωγούς με μήκος μεγαλύτερο των 30 m, οι απώλειες φορτίου εξ αιτίας των τριβών, αλλάζουν την ταχύτητα εξόδου του αέρα από τις οπές. Γι' αυτό συνήθως διατηρείται η ίδια ταχύτητα χρησιμοποιώντας αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου.
- Οι αγωγοί αυτοί (όταν απαιτείται κυκλοφορία του αέρα χωρίς θέρμανση) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ταχύτητες του ανεμιστήρα, ακόμα και στο 20% της μέγιστης ταχύτητας, υπό τον όρο ότι οι αγωγοί παραμένουν φουσκωμένοι και κρέμονται σωστά.
- Βρέθηκε ότι η γωνία του κώνου εξόδου του ρεύματος αέρα από τις οπές ποικίλει από πολύ οξεία  $22^\circ$  στην αρχή προς την πλευρά του ανεμιστήρα, προς ορθή γωνία στο τέλος του σωλήνα (κλειστή άκρη). Όταν οι σωλήνες με ίδια διαστήματα οπών, δεν εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή αέρα, αλλά όσο πλησιάζουμε προς το τέλος, η παροχή των οπών είναι μεγαλύτερη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται ευνοϊκό, διότι δεν δημιουργούνται μικροί κύκλοι του αέρα με το αερόθερμο, που θα είχαν ως συνέπεια μεγάλες παροχές και υψηλότερη θερμοκρασία, στην αρχή σε τοπικό επίπεδο και ανεπαρκή κυκλοφορία του αέρα και χαμηλότερη θερμοκρασία στο βάθος του θερμοκηπίου. Όταν τώρα όλο και μεγαλύτερες παροχές θερμού αέρα διασχίζουν διαρκώς μεγαλύτερο μήκος θερμοκηπίου, με τελικό αποτέλεσμα την καλύτερη και πιο ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας.

### 3.3. Υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμων

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι στερεά (π.χ. γαιάνθρακες), υγρά (π.χ. μαζούτ) και αέρια (π.χ. υγραέριο). Τα πλεονεκτήματα του καθ' ενός εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του σε μια περιοχή, την τιμή κτήσεώς του και από τη μόλυνση που προκαλεί στο περιβάλλον.

Πρώτο σε προτίμηση είναι το γαιαέριο, όπου βέβαια υπάρχει, διότι μπορεί να αυτοματοποιηθεί εύκολα η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, η εγκατάσταση έχει μικρότερο αρχικό κόστος, επί πλέον δεν χρειάζονται δοχεία αποθήκευσης και καίγεται με πολύ μεγάλη απόδοση, με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερη εργασία για συντήρηση του καυστήρα. Το προπάνιο και βουτάνιο (υγραέριο) έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα, αλλά είναι ακριβότερα και απαιτούνται δοχεία αποθήκευσης.

Δεύτερα σε προτίμηση καύσιμα είναι το πετρέλαιο και το μαζούτ. Με αυτά, το σύστημα θέρμανσης μπορεί να αυτοματοποιηθεί εύκολα, αλλά η συντήρηση του καυστήρα είναι σ' αυτή την περίπτωση συχνότερη (περίπου κάθε δεκαήμερο).

Στη θέρμανση του θερμοκηπίου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά καυστήρες γαιάνθρακα και ξύλου, που στις περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να αυτοματοποιηθούν, αλλά χρειάζονται μεγάλες αποθήκες για τα καύσιμα και περισσότερη εργασία συντήρησης και αποκομιδής της στάχτης. Η αποδοτικότητα της καύσης υπολογίζεται σε 60 % για το ξύλο και 70 % για το πετρέλαιο. Γενικά, θεωρούμε ότι 1 τόνος ξύλου αντιστοιχεί σε 400 lit πετρελαίου. Εκεί όπου η τιμή του ξύλου (σε κομμάτια μέχρι 5 cm) ή του γαιάνθρακα είναι χαμηλή, η χρησιμοποίησή τους προσφέρει σημαντική οικονομία.

Όταν έχουν προσδιορισθεί οι απαιτήσεις σε ενέργεια του θερμοκηπίου, η ποσότητα του καυσίμου που απαιτείται (F) προσδιορίζεται από :

$$F = \frac{Q_{TM} \times 3600}{n \times Q_F} \quad [\text{kg ή l}] \quad (3.3)$$

όπου:

$Q_{TM}$  είναι η συνολικά απαιτούμενη ενέργεια σε kWh η οποία υπολογίζεται από τη σχέση  $Q_{TM} = q A_g D_N$  (ή  $Q_H A_g D_N$  αν χρησιμοποιείται η μέθοδος του ενεργειακού ισοζυγίου)

n είναι η αποδοτικότητα της παραγωγής θερμότητας και μεταφοράς της στο θερμοκήπιο

$Q_F$  είναι η καθαρή ή κατώτερη θερμογόνος τιμή του καυσίμου σε kJ/μονάδα καυσίμου

Αν το καύσιμο καίγεται σε καυστήρα που βρίσκεται μέσα στο θερμοκήπιο, το n εκφράζει την αποδοτικότητα του καυστήρα, αν όμως η θερμότητα παράγεται σε κάποια απόσταση και μεταφέρεται στο θερμοκήπιο, τότε το n συμπεριλαμβάνει και τις απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά. Εκτός από την περίπτωση φυσικού αερίου, όπου χρησιμοποιείται συμπυκνωτής καμινάδας, το νερό που παράγεται κατά την καύση φεύγει ως ατμός από την καμινάδα. Επομένως για τον υπολογισμό θα πρέπει να χρησιμοποιείται η καθαρή ή κατώτερη θερμογόνος τιμή του καυσίμου.

Η θερμογόνος τιμή μερικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται συνήθως, δίδεται στους πίνακες 3.2 και 3.3.

**Πίνακας 3.2. Μέση καθαρή θερμογόνος δύναμη και πυκνότητα στερεών καυσίμων.**

Στερεό καύσιμο	Μέση θερμογόνος τιμή		Πυκνότητα [kg/m <sup>3</sup> ]
	[kJ/kg]	[kcal/kg]	
Ανθρακίτης	31980	7650	850-1000
Καστανό κάρβουνο (υψηλής ποιότητας)	20900	5000	600
Καστανό κάρβουνο (χαμηλής ποιότητας)	7520	1800	600
Λιγνίτης	16000	3800	600
Τύρφη ξανθή	15470	3700	300-400
Καυσόξυλα(σκληρά ξύλα)	14630	3500	400-600
Καυσόξυλα(μαλακά ξύλα)	12500	3000	
Κωκ (Cooking coal)	28010	6700	340-450

**Πίνακας 3.3. Μέση θερμογόνος δύναμη και πυκνότητα υγρών καυσίμων.**

Υγρό καύσιμο	Καθαρή θερμογόνος τιμή		Πυκνότητα [kg/m <sup>3</sup> ]
	[kJ/l]	[kJ/kg]	
Βενζίνη	30290	42220	0,724
Καθαρό πετρέλαιο	33570	42050	0,780
Πετρέλαιο μεταφορών και θέρμανσης	35570	42600	0,835
Πετρέλαιο ελαφρό θέρμανσης	36370	42050	0,865
Πετρέλαιο βαρύ θέρμανσης (μαζούτ)		40960	0,940

### 3.4. Άσκηση 9

Να γίνει ο υπολογισμός της θέρμανσης ενός θερμοκηπίου που είναι εγκατεστημένο στη Θεσσαλονίκη για το μήνα Ιανουάριο. Το θερμοκήπιο είναι απλό τοξωτό ενός ανοίγματος έχει πλάτος  $s = (5,00 + 0,05 \cdot N) \text{ m}$ , μήκος  $L = (40,00 + 0,6 \cdot N) \text{ m}$  και έχει κάλυψη από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Στο θερμοκήπιο καλλιεργούνται τριαντάφυλλα. Ο υπολογισμός να γίνει για την περίπτωση:

- Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με νερό.
- Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με ατμό.
- Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με σωλήνες κατανομής θερμού αέρα.

Σε κάθε περίπτωση ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος να ληφθεί  $\eta = 0,80$ .

#### Λύση

##### 3.4.1. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με νερό

Επιλέγεται διάμετρος σωλήνα  $d_{\text{σωλ}}=2''$  και υπολογίζεται η περίμετρος του σωλήνα από τη σχέση:

$$p_{\text{σωλ.}} = 2 \cdot 3,14 \cdot [(2 \text{ inch} \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m/inch})/2] \approx 0,16 \text{ m}$$

Ακόμη επιλέγεται θερμοκρασία θερμού νερού  $T_0 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$

Σημ. Επιλέγεται μία ενδιάμεση θερμοκρασία νερού ώστε να υπάρχει δυνατότητα αυξομειώσής της στη συνέχεια..

Επειδή το θερμοκήπιο είναι μικρού πλάτους θα μπορούσαν να τοποθετηθούν μόνο περιμετρικοί σωλήνες σε κατακόρυφη διάταξη, παρόλα αυτά για να γίνει κατανοητός ο



τρόπος υπολογισμού θα τοποθετηθεί το 1/3 των σωλήνων περιμετρικά σε κατακόρυφη διάταξη και τα υπόλοιπα 2/3 εσωτερικά σε οριζόντια διάταξη μεταξύ των φυτών:

Υπολογίζεται ο συντελεστής απόδοσης σωλήνων από τη σχέση:

$$c = \frac{1}{3} \cdot c_{\text{κατ.}} + \frac{2}{3} \cdot c_{\text{οριζ.}} = \frac{1}{3} \cdot 11,5 + \frac{2}{3} \cdot 14,00 = 13,17 \text{ W/m}^2 / ^\circ\text{K}$$

$$\text{Είναι } T_i = 15 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \Delta T = T_v - T_i = 90 \text{ } ^\circ\text{C} - 15 \text{ } ^\circ\text{C} = 75 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ή } ^\circ\text{K}$$

*Σημείωση: επειδή πρόκειται για διαφορά θερμοκρασίας είναι το ίδιο είτε εκφραστεί σε  $^{\circ}\text{C}$  είτε σε  $^{\circ}\text{K}$*

Στην άσκηση 3 υπολογίστηκαν οι ανάγκες σε θερμότητα για τον Ιανουάριο:

$$q = q_c + q_v \quad [\text{W/m}^2] = 93,89 \text{ W/m}^2 + 16,25 \text{ W/m}^2 = 110,14 \text{ W/m}^2$$

Επομένως οι συνολικές θερμικές απώλειες είναι:

$$Q = q \cdot A_g = 110,14 \text{ W/m}^2 \cdot 240 \text{ m}^2 = 26433,60 \text{ W}$$

Υπολογίζεται το  $Q_\sigma$  από τη σχέση (3.1):

$$Q_\sigma = p_{\text{σολ.}} \cdot c \cdot (T_v - T_i) = 0,16 \text{ m} \cdot 13,17 \cdot \text{W/m}^2 / ^\circ\text{K} \cdot 75 \text{ } ^\circ\text{K} = 158,04 \text{ W/m}$$

Το συνολικό απαιτούμενο μήκος σωλήνων είναι:

$$L_{\text{σολ.}} = \frac{Q}{n \cdot Q_\sigma} = \frac{26433,60 \text{ W}}{0,8 \cdot 158,04 \text{ W/m}} = 209,07 \text{ m}$$

Το μήκος σωλήνων που θα τοποθετηθούν περιμετρικά είναι:

$$L_{\text{περ.}} = \frac{209,07 \text{ m}}{3} = 69,69 \text{ m}$$

Ο αριθμός των περιμετρικών σειρών σωλήνων είναι :

$$N_{\text{περ.}} = \frac{L_{\text{περ.}}}{\text{Περίμετρος Θεροκηπίου}} = \frac{69,69 \text{ m}}{2 \cdot (40,00 + 6,00) \text{ m}} = 0,76 \text{ σειρές}$$

Υπάρχει όμως περιορισμός ότι δεν μπορεί να είναι οι περιμετρικές σειρές λιγότερες από 2 επομένως επιλέγεται:

$$\underline{N_{\text{περ.}} = 2 \text{ σειρές.}}$$

Το πραγματικό μήκος των σωλήνων που θα τοποθετηθεί περιμετρικά θα είναι:

$$L_{\text{περ.}} = 2 \cdot 2 \cdot (40,00 + 6,00) \text{ m} = 184,00 \text{ m}$$

Οι σωλήνες που θα τοποθετηθούν εσωτερικά σε οριζόντια διάταξη θα έχουν διπλάσιο μήκος αυτών που τοποθετούνται περιμετρικά (ώστε να ισχύει η σχέση 2/3 προς 1/3) επομένως θα έχουν μήκος:

$$L_{\text{εσωτ.}} = 2 \cdot L_{\text{περ.}} = 2 \cdot 184,00 \text{ m} = 368,00 \text{ m}$$

Ο αριθμός των εσωτερικών σειρών θα είναι:

$$N_{\text{εσωτ.}} = \frac{L_{\text{εσωτ.}}}{L} = \frac{368,00 \text{ m}}{40,00 \text{ m}} = 9,20 \approx 9 \text{ σειρές}$$

Το πραγματικό συνολικό μήκος των σωλήνων που θα τοποθετηθούν θα είναι ίσο με:

$$L_{\text{πραγμ.}} = L_{\text{περ.}} + 9 \cdot L = 184,00 \text{ m} + 9 \cdot 40,00 = 544,00 \text{ m}$$

Έτσι όμως προέκυψε μεγαλύτερο μήκος σωλήνων από το απαιτούμενο (επομένως για να αποδίδεται η απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας πρέπει η θερμοκρασία του θερμού νερού να ελαττωθεί) και πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος για να μειωθεί η θερμότητα,  $Q_{\sigma}$ , που αποδίδουν οι σωλήνες. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε με την επιλογή σωλήνων μικρότερης διαμέτρου είτε με τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού είτε με συνδυασμό των δύο αυτών τρόπων.

Για να υπολογιστεί η νέα διάμετρος, που πρέπει να επιλεγεί ή η νέα θερμοκρασία του ζεστού νερού, συνδυάζονται οι σχέσεις (3.1) και (3.2) και λύνονται είτε ως προς  $d_{\text{σωλ.}}$  είτε ως προς  $T_v$ .

Καταρχήν υπολογίζεται ποια είναι η απαιτούμενη θερμοκρασία νερού για την επιλεγείσα διαμετρώ σωλήνων  $d_{\text{σωλ.}}=2,0''$

Από τις σχέσεις (3.1) και (3.2) προκύπτει :

$$T_v = T_i + \frac{Q_{\sigma}}{p_{\text{σωλ.}} \cdot c} = T_i + \frac{Q}{n \cdot L_{\text{σωλ.}} \cdot p_{\text{σωλ.}} \cdot c} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{26433,60 \text{ W}}{0,8 \cdot 544 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 13,17 \text{ W/m}^2 / \text{ }^{\circ}\text{C}} = 43,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Επειδή η θερμοκρασία του νερού που προκύπτει είναι εκτός του ανεκτού εύρους ( $85 \text{ }^{\circ}\text{C} - 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), πρέπει να μικρύνει και η διάμετρος των σωλήνων.

Επιλέγεται νέα διάμετρος σωλήνων  $d_{\text{σωλ.}}=1,0''$  και υπολογίζεται η απαιτούμενη για αυτή  $T_v$ .

Για  $d_{\text{σωλ.}}=1,0''$  προκύπτει:

$$p_{\text{σωλ.}} = 2 \cdot 3,14 \cdot [(1 \text{ inch} \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m/inch})/2] \approx 0,08 \text{ m}$$

Επαναλαμβάνονται όλοι οι υπολογισμοί για την εύρεση του μήκους σωλήνων που θα τοποθετηθούν και προκύπτει ξανά ότι  $L_{\text{πραγμ.}} = 544,00 \text{ m}$ .

Όσο αφορά την απαιτούμενη θερμοκρασία του νερού, είναι:

$$T_v = \frac{Q}{n \cdot L_{\text{σωλ.}} \cdot p_{\text{σωλ.}} \cdot c} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{26433,60 \text{ W}}{0,8 \cdot 544 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 13,17 \text{ W/m}^2 / \text{ }^{\circ}\text{C}} = 72,65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Επειδή και πάλι η θερμοκρασία του νερού που προκύπτει είναι εκτός του ανεκτού εύρους ( $85 \text{ }^{\circ}\text{C} - 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), πρέπει να μικρύνει ακόμη περισσότερο η διάμετρος των σωλήνων.

Επιλέγεται νέα διάμετρος σωλήνων η αμέσως μικρότερη διάμετρος που κυκλοφορεί στην αγορά,  $d_{\text{σωλ.}}=3/4''$  και υπολογίζεται η απαιτούμενη για αυτή  $T_v$ .

Για  $d_{\text{σωλ.}}=3/4''$  προκύπτει:

$$p_{\text{σωλ.}} = 2 \cdot 3,14 \cdot [(\frac{3}{4} \text{ inch} \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m/inch})/2] \approx 0,06 \text{ m}$$

Επαναλαμβάνονται όλοι οι υπολογισμοί για την εύρεση του μήκους σωλήνων που θα τοποθετηθούν και προκύπτει ξανά ότι  $L_{\text{πραγμ.}} = 544,00 \text{ m}$ .

Η προκύπτουσα απαιτούμενη θερμοκρασία του νερού, είναι:

$$T_v = \frac{Q}{n \cdot L_{\sigma\omega\lambda} \cdot \rho_{\sigma\omega\lambda} \cdot c} = 15 \text{ } ^\circ\text{C} + \frac{26433,60 \text{ W}}{0,8 \cdot 544 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 13,17 \text{ W/m}^2 / ^\circ\text{C}} = 91,86 \text{ } ^\circ\text{C}$$

η οποία είναι αποδεκτή επειδή είναι εντός του ανεκτού εύρους τιμών  $85 \text{ } ^\circ\text{C} - 95 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Επομένως επιλέγονται:  $d_{\sigma\omega\lambda} = 3/4''$  και  $T_v = 91,86 \text{ } ^\circ\text{C}$

### 3.4.2. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με ατμό

Επιλέγεται διάμετρος σωλήνα  $d_{\sigma\omega\lambda} = 1,25''$ .

Από τον πίνακα 3.1 προκύπτει  $Q_\sigma = 173 \text{ W/m}$ .

Επομένως

$$L_{\sigma\omega\lambda} = \frac{26433,60 \text{ W}}{0,8 \cdot 173 \text{ W/m}} = 190,99 \text{ m}$$

Το μήκος σωλήνων που θα τοποθετηθούν περιμετρικά είναι:

$$L_{\text{περ.}} = \frac{190,99 \text{ m}}{3} = 63,67 \text{ m}$$

Ο αριθμός των περιμετρικών σειρών σωλήνων είναι :

$$N_{\text{περ.}} = \frac{L_{\text{περ.}}}{\text{Περίμετρος Θεροκηπίου}} = \frac{63,67 \text{ m}}{2 \cdot (40,00 + 6,00) \text{ m}} = 0,69 \text{ σειρές}$$

Υπάρχει όμως περιορισμός ότι δεν μπορεί να είναι οι περιμετρικές σειρές λιγότερες από 2 επομένως επιλέγεται  $N_{\text{περ.}} = 2$  σειρές.

Το πραγματικό μήκος των σωλήνων που θα τοποθετηθεί περιμετρικά θα είναι:

$$L_{\text{περ.}} = 2 \cdot 2 \cdot (40,00 + 6,00) \text{ m} = 184,00 \text{ m}$$

Οι σωλήνες που θα τοποθετηθούν εσωτερικά σε οριζόντια διάταξη θα έχουν διπλάσιο μήκος αυτών που τοποθετούνται περιμετρικά (ώστε να ισχύει η σχέση 2/3 προς 1/3) επομένως θα έχουν μήκος:

$$L_{\text{εσωτ.}} = 2 \cdot L_{\text{περ.}} = 2 \cdot 184,00 \text{ m} = 368,00 \text{ m}$$

Ο αριθμός των εσωτερικών σειρών θα είναι:

$$N_{\text{εσωτ.}} = \frac{L_{\text{εσωτ.}}}{L} = \frac{368,00 \text{ m}}{40,00 \text{ m}} = 9,20 \approx 9 \text{ σειρές}$$

Το πραγματικό συνολικό μήκος των σωλήνων που θα τοποθετηθούν θα είναι ίσο με:

$$L_{\text{πραγμ.}} = L_{\text{περ.}} + 9 \cdot L = 184,00 \text{ m} + 9 \cdot 40,00 = 544,00 \text{ m}$$

Έτσι όμως προέκυψε μεγαλύτερο μήκος σωλήνων από το απαιτούμενο (επομένως για να αποδίδεται η απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας πρέπει η θερμοκρασία του θερμού νερού να ελαττωθεί) και πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος για να μειωθεί η θερμότητα,  $Q_\sigma$ , που αποδίδουν οι σωλήνες.

Σε σωλήνες ατμού όμως – λόγω έλλειψης στοιχείων – δεν είναι δυνατόν να επιλεγούν σωλήνες με διάμετρο μικρότερη από 1,25''.

Για το λόγο αυτό η περίπτωση θέρμανσης με ατμό για το συγκεκριμένο θερμοκήπιο πρέπει να ανακαταληφθεί.

### 3.4.3. Κεντρικό σύστημα θέρμανσης με σωλήνες κατανομής θερμού αέρα

Είναι:  $C_p=1012 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}$ ,  $\rho=1,25\text{kg/m}^3$ ,  $T_{\text{αέρα}} = 70^\circ\text{C}$

$$V_0 = \frac{\pi \cdot s^2}{4} \cdot L = 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 6,00^2 \text{ m}^2}{4} \cdot 40,00 \text{ m} = 565,49 \text{ m}^3$$

Θα τοποθετηθούν διάτρητοι πλαστικοί σωλήνες σε ύψος 40 cm πάνω από το ύψος των φυτών.

Το μήκος του κάθε σωλήνα είναι :  $L= 40\text{m} - 2\text{m} = 38\text{m}$

Σημ. Το μήκος του θερμοκηπίου είναι 40m, ο σωλήνας θα τοποθετηθεί κατά μήκος αλλά θεωρείται ότι 2m θα αποτελούν ένα περιθώριο για να τοποθετηθεί το αερόθερμο και για να μην αγγίζει το τέλος του σωλήνα ακριβώς τον τοίχο.

Ο αριθμός των ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα είναι:

$$R = \frac{Q}{C_p \cdot \rho \cdot V_0 \cdot (T_{\text{αέρα}} - T_i)} = \frac{26433,30 \text{ J/s}}{(1012 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 565,49 \text{ m}^3 \cdot (70 - 15) ^\circ\text{K}} \cdot 60 \text{ s/min} = 0,04 \text{ ανανεώσεις /min}$$

Σημ.  $1\text{J/s}=1\text{W}$

Η απαραίτητη παροχή αέρα λοιπόν μέσω του σωλήνα είναι ίση με:

$$Q = V_0 \cdot R = 565,49 \text{ m}^3 \cdot 0,04 \text{ ανανεώσεις /min} = 22,62 \text{ m}^3/\text{min}$$

Υπολογίζεται το απαιτούμενο εμβαδόν των σωλήνων από τη σχέση:

$$A_{\text{σωλ.}} = \frac{0,033 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^3/\text{min}} \cdot 22,62 \text{ m}^3/\text{min} = 0,075 \text{ m}^2$$

Επομένως η διάμετρος των σωλήνων είναι:

$$d_{\text{σωλ.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{σωλ.}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,075}{3,14}} = 0,309 \text{ m}$$

Έστω ότι η πιο κοντινή μεγαλύτερη διάμετρος που διατίθεται στην αγορά είναι τα 0,315 m, θα τοποθετηθεί ένας σωλήνας διαμέτρου 0,315 m = 31,5 cm κατά μήκος του θερμοκηπίου.

Επομένως :

$$A_{\text{σωλ.}} = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,315^2}{4} = 0,078 \text{ m}^2$$

Τα συνολικά απαιτούμενα ελάχιστο και μέγιστο εμβαδό των οπών του σωλήνα υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$A_{\text{οπών min.}} = 1,5 \times 0,078 \text{ m}^2 = 0,117 \text{ m}^2$$

και

$$A_{\text{οπών max.}} = 2,0 \times 0,078 \text{ m}^2 = 0,156 \text{ m}^2$$

Ως εμβαδόν των οπών λαμβάνεται ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών

$$A_{\text{οπών}} = \frac{A_{\text{οπών min.}} + A_{\text{οπών max.}}}{2} = \frac{0,117 \text{ m}^2 + 0,156 \text{ m}^2}{2} \approx 0,136 \text{ m}^2$$

Επιλέγεται απόσταση μεταξύ οπών  $L_{\text{οπών}} = 0,3 \text{ m}$

Ο απαιτούμενος αριθμός οπών  $N_{\text{οπών}}$  υπολογίζεται από τη σχέση

$$N_{\text{οπών}} = \frac{2 \cdot L_{\text{σωλ.}}}{L_{\text{οπών}}} = \frac{2 \cdot 38,00 \text{ m}}{0,30 \text{ m}} = 253 \text{ οπές}$$

Σημ. Το 2 μπαίνει επειδή υπάρχουν δύο σειρές οπών (αριστερά-δεξιά του σωλήνα)

Η διάμετρος των οπών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_{\text{οπών}} = d_{\text{οπών}} = \sqrt{\frac{4 \cdot E_{\text{οπώνλ}}}{N_{\text{οπών}} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,136}{253 \cdot 3,14}} = 0,026 \text{ m} = 26 \text{ mm}$$

#### 3.4.4. Υπολογισμός κατανάλωσης καυσίμου

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της ασκήσεως 5, η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου για τον μήνα Ιανουάριο, αν χρησιμοποιηθεί πετρέλαιο μεταφορών και θέρμανσης με αποδοτικότητα καύσης 0,7, θα είναι:

$$F = \frac{Q_{\text{TM}} \cdot 3600}{\eta \cdot Q_{\text{F}}} = \frac{q_{\text{M}} \cdot A_{\text{g}} \cdot 3600}{\eta \cdot Q_{\text{F}}} = \frac{q \cdot D_{\text{N}} \cdot A_{\text{g}} \cdot 3600}{\eta \cdot Q_{\text{F}}} = \frac{11935,167 \text{ kWh} \cdot 3600 \text{ s/h}}{0,7 \cdot 35570 \text{ kJ/lit}} = 1725,64 \text{ lit}$$

πετρέλαιο (για τον μήνα Ιανουάριο)

### 3.5. Άσκηση 10

Υπολογισμός της θέρμανσης απλού τοξωτού θερμοκηπίου.

Ημερομηνία: .....

Όνοματεπώνυμο σπουδαστή: ..... Εξάμηνο: .....

Να γίνει ο υπολογισμός της θέρμανσης ενός θερμοκηπίου που είναι εγκατεστημένο σε <sup>(1)</sup> για το μήνα Ιανουάριο. Το θερμοκήπιο είναι απλό τοξωτό ενός ανοίγματος έχει πλάτος  $s = (5,00 + 0,05 \cdot N) \text{ m}$ , μήκος  $L = (40,00 + 0,6 \cdot N) \text{ m}$  και έχει κάλυψη από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Στο θερμοκήπιο καλλιεργούνται <sup>(2)</sup>.

Ο υπολογισμός να γίνει για την περίπτωση:

α). Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με νερό.

β). Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με ατμό.

γ). Κεντρικού συστήματος θέρμανσης με σωλήνες κατανομής θερμού αέρα.

Σε κάθε περίπτωση ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος να ληφθεί  $\eta = 0,80$ .

<sup>(1)</sup>: Ο τόπος καταγωγής του σπουδαστή.

<sup>(2)</sup>: Η δεσπόζουσα καλλιέργεια στην περιοχή.

# Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ.337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

# Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Εργαστήριο). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:  
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG113/>

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης