

Θερμοκηπιακές
κατασκευές
Εργαστήριο - Ασκήσεις
Άσκηση 5

Σύστημα δροσισμού με διαβρεχόμενο τοίχωμα που ψύχει με εξάτμιση

- ▶ Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι χαμηλή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εξάτμιση νερού για να δροσίσουμε το θερμοκήπιο
- ▶ Ο δροσισμός μπορεί να επιτευχθεί με υδρονέφωση ή εξάτμιση από διαβρεχόμενο τοίχωμα σε συνδυασμό με δυναμικό αερισμό
- ▶ Χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες μικρής ταχύτητας και μεγάλης παροχής, οι οποίοι ροφούν τον αέρα του θερμοκηπίου. Η υποπίεση που δημιουργείται στο χώρο του θερμοκηπίου αναγκάζει τον εξωτερικό αέρα να περάσει μέσα από ένα πορώδες και υγρό τοίχωμα, που βρίσκεται συνήθως στην απέναντι πλευρά του θερμοκηπίου εξατμίζοντας νερό. Ο εισερχόμενος αέρας ψύχεται λόγω της εξάτμισης.

Η εξάτμιση προκαλεί ψύξη

$$Q_L = h_L m_{wv}$$

Q_L : λανθάνουσα θερμότητα (J)

h_L : ειδική λανθάνουσα θερμότητα ($J \text{ kg}^{-1}$)

m_{wv} : μάζα υδρατμών που εξατμίστηκαν

- Κατά την **εξάτμιση** η λανθάνουσα θερμότητα απορροφάται από το περιβάλλον προκαλώντας **ψύξη**.
- Κατά τη **συμπύκνωση** η λανθάνουσα θερμότητα αποδίδεται στο περιβάλλον προκαλώντας **θέρμανση**.

Ειδική λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού: 2260 kJ/kg

Υδρονέφωση



Οι σταγόνες είναι τόσο μικρές που εξατμίζονται πριν φτάσουν στα φύλλα των φυτών

Νέφος από πολύ μικρές σταγόνες δημιουργείται με μπεκ που λειτουργούν σε υψηλή πίεση (50-100 bar)



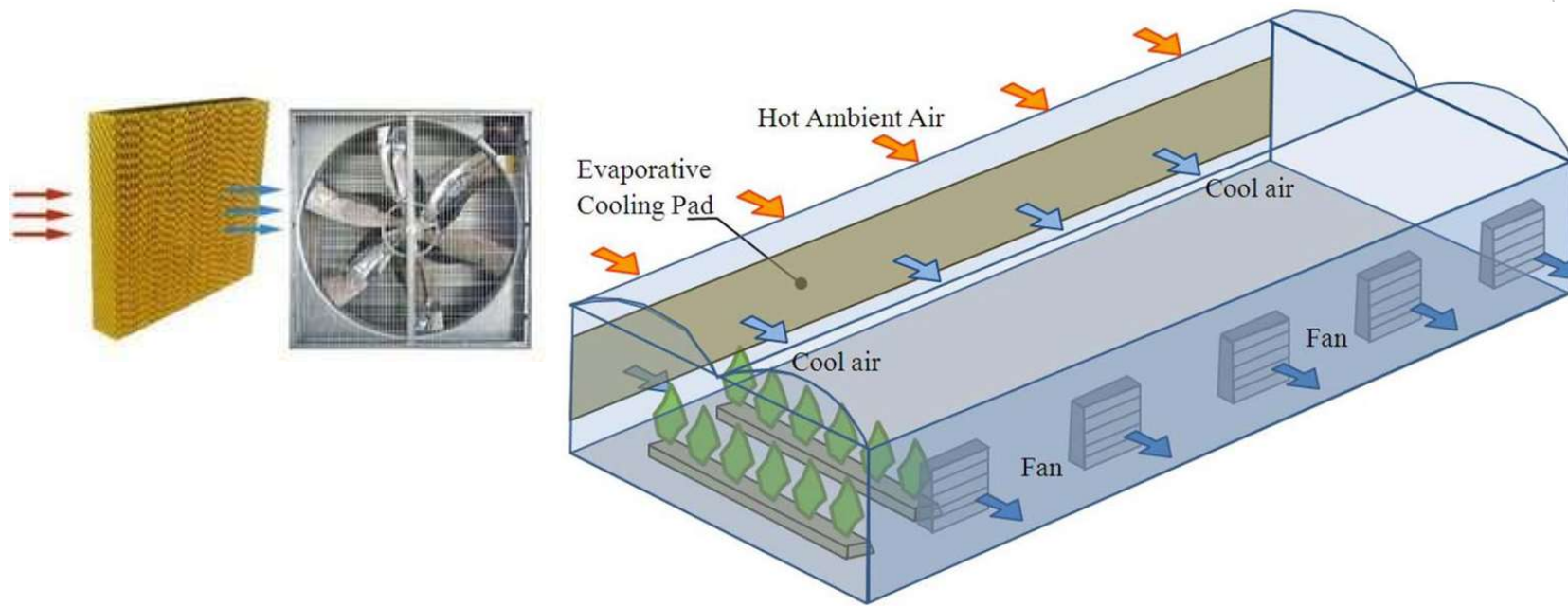
Ψύξη με διαβρεχόμενο τοίχωμα



Συνθετικό απορροφητικό υλικό με κυψελοειδή δομή

Η διαβρεχόμενη παρειά είναι φτιαγμένη από πορώδες απορροφητικό υλικό που μπορεί να συγκρατεί μεγάλη ποσότητα νερού ενώ επιτρέπει τη διέλευση του αέρα

Δυναμικός αερισμός σε συνδυασμό με διαβρεχόμενο τοίχωμα



Ανεμιστήρες απάγουν τον εσωτερικό θερμό αέρα δημιουργώντας υποπίεση. Ξηρός εξωτερικός αέρας ωθείται προς το θερμοκήπιο μέσω του υγρού τοιχώματος.

Παράδειγμα σχεδιασμού συστήματος δροσισμού με εξάτμιση

Θερμοκήπιο με εμβαδόν 1000 m^2 δέχεται ηλιακή ακτινοβολία 600 W m^{-2} . Στο περιβάλλον η θερμοκρασία του αέρα είναι 30°C και η σχετική υγρασία 30%. Το θερμοκήπιο διατηρείται σε θερμοκρασία 24°C με τη βοήθεια συστήματος δροσισμού διαβρεχόμενου τοιχώματος.

- 1) Υπολογίστε τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα αμέσως μετά το διαβρεχόμενο τοίχωμα.
- 2) Ποια πρέπει να είναι η ροή αερισμού για να διατηρείται η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου στους 24°C ;
- 3) Πόσο νερό καταναλώνουμε ανά ώρα για την ψύξη;

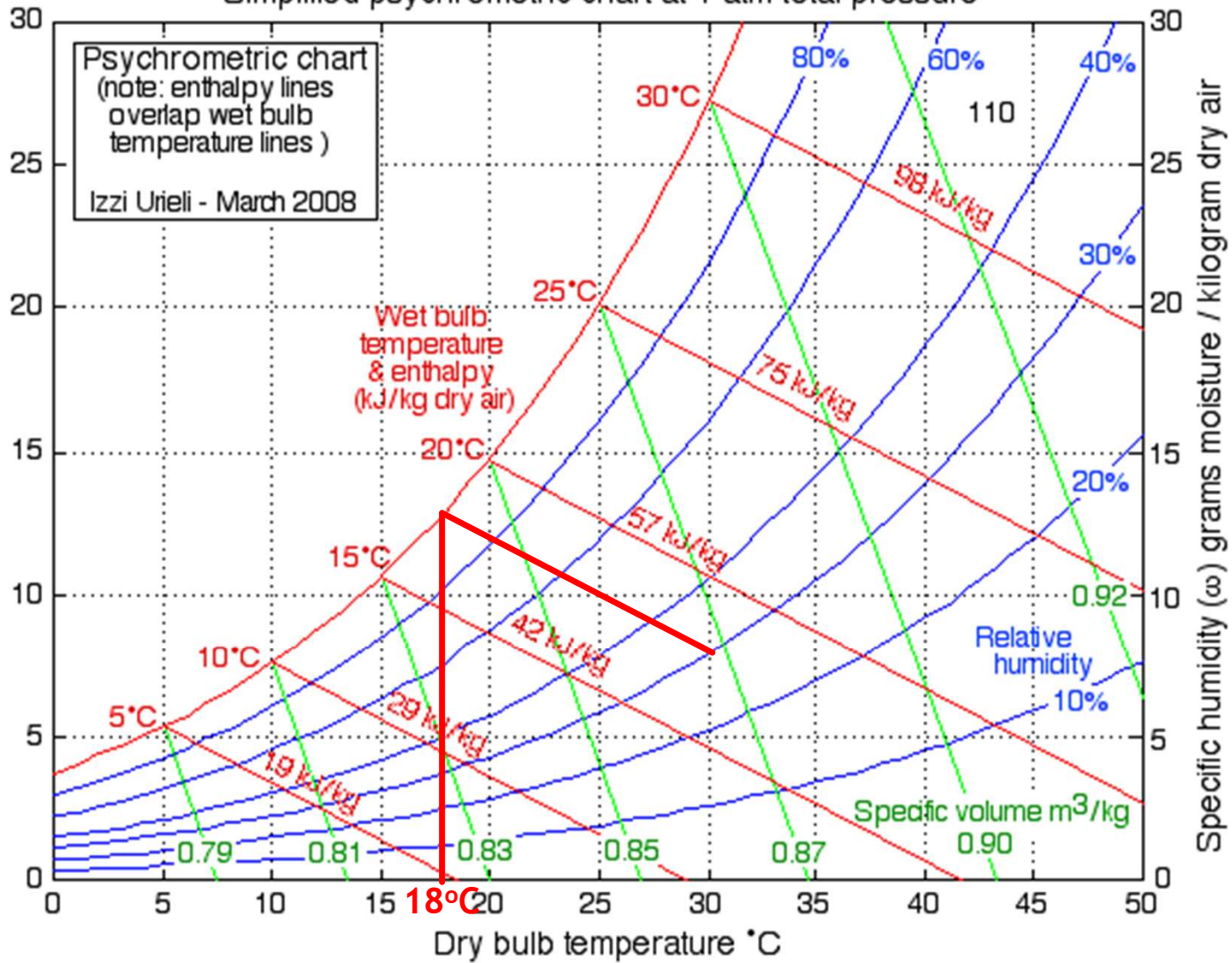
Η πυκνότητα του αέρα είναι $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$

Η ειδική θερμότητα του αέρα είναι $c_p = 1,0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Η ειδική λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού είναι $h_L = 2260 \text{ kJ/kg}$

ψ

Simplified psychrometric chart at 1 atm total pressure



Υπολογισμός θερμοκρασίας υγρής επιφάνειας

Η θερμοκρασία του αέρα αμέσως αφού περάσει μέσα από το διαβρεχόμενο τοίχωμα είναι η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου

Από το ψυχομετρικό διάγραμμα βρίσκουμε ότι η θερμοκρασία του αέρα μόλις μέσα από το διαβρεχόμενο τοίχωμα είναι 18°C

Υπολογισμός ροής αερισμού

Για να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία στους 24°C εισάγοντας αέρα 18°C πρέπει να αποβάλλουμε τόση ενέργεια όση ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται.

$$q = I_s A = F_v c_p \rho (T_g - T_w)$$

F_v ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) είναι η ροή αερισμού, δηλαδή ο όγκος του αέρα που πρέπει να περάσει από το διαβρεχόμενο τοίχωμα.

$$F_v = \frac{q}{c_p \rho (T_g - T_w)} = \frac{I_s A}{c_p \rho (T_g - T_w)} = \frac{600 \times 1000}{1000 \times 1,2 \times (24 - 18)} = 83 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Υπολογισμός της ποσότητας νερού που πρέπει να εξατμιστεί

Η λανθάνουσα θερμότητα του νερού που εξατμίζεται ψύχει τον εισερχόμενο αέρα από τους 30°C στους 18°C. Η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που απαιτείται υπολογίζεται ως εξής:

$$q = F_v c_p \rho (T_a - T_w)$$

Η αντίστοιχη λανθάνουσα θερμότητα είναι

$$q = h_L \frac{dm_w}{dt} = F_v c_p \rho (T_a - T_w)$$

$$\frac{dm_w}{dt} = \frac{F_v c_p \rho (T_a - T_w)}{h_L} = \frac{83 \times 1000 \times 1,2 \times (30 - 18) \times 3600}{2260000} = 1904 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$