



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Εργαστήριο)

Ενότητα 13 : Διαστασιολόγηση της
επικάλυψης των υαλόφρακτων
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 6

Διαστασιολόγηση της επικάλυψης των υαλόφρακτων θερμοκηπίων

6.1. Εισαγωγή

Η φέρουσα ικανότητα της επένδυσης πρέπει να υπολογιστεί σύμφωνα με :

- α) Την παράγραφο 6.3. προκειμένου για γυάλινα φύλλα , τα οποία είναι κατασκευασμένα από άνυδρο πυριτικό υδροξείδιο του Νατρίου.
- β) Την παράγραφο 6.4. προκειμένου για πλαστικά .
- γ) Σχεδιασμό υποστηριζόμενο από δοκιμές προκειμένου για άλλους τύπους επένδυσης.

Στις περιπτώσεις που η επιφάνεια είναι ασυνήθιστα τραχεία πρέπει να ληφθεί υπόψη η εφαπτομενική συνιστώσα του φορτίου. Για συνήθη επίπεδα τζάμια , τυποποιημένα τζάμια και λείες επιφάνειες από πλαστικά φύλλα η εφαπτομενική συνιστώσα του φορτίου μπορεί να αγνοηθεί .

6.2. Επιλογή γυαλιού και διαστάσεων υαλοπίνακα

Οι μηχανικές ιδιότητες του γυαλιού που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και στοιχεία σχετικά με τις διαθέσιμες διαστάσεις των υαλοπινάκων λαμβάνονται από τους κατασκευαστές υαλοπινάκων για χρήση σε θερμοκήπια. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία για το γυαλί οι ποσότητες αυτές παίρνουν τις εξής τιμές:

- η τιμή του E κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90 Gpa (70000-90000 N/mm²),
- η πυκνότητα είναι περίπου 2,5 g/cm³ (2,5 10⁻⁶ kg/mm³),
- οι διαστάσεις α και β επιλέγονται από εμάς -έχοντας πάντα υπόψη του τι διατίθεται στην αγορά-, πάντως οι μέγιστες διαστάσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι 2m x 1m,
- ένα τυπικό πάχος υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμοκηπίων είναι τα 4mm για υαλοπίνακες με επίπεδες επιφάνειες και 5 mm για υαλοπίνακες με κυματοειδή την μία επιφάνεια και
- η ονομαστική τιμή της αντοχής αστοχίας του γυαλιού $f_{gl,u}$ δίνεται από τον κανονισμό EN13031-1:2000 ανάλογα με το είδος του γυαλιού στον πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1. Ονομαστική τιμή της αντοχής αστοχίας του γυαλιού.

Είδος γυαλιού	$f_{gl,u}$ [N/mm ²]
▪ Κοινό γυαλί	
Επίπεδο γυαλί	25
Γυαλί με κυματοειδή επιφάνεια	20
Γυαλί ενισχυμένο με σύρμα	16
Ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες γυαλί	
Επίπεδο γυαλί	25
Γυαλί με κυματοειδή επιφάνεια	20
Θερμικά σκληρωμένο γυαλί	
Επίπεδο γυαλί	62
Γυαλί με κυματοειδή επιφάνεια	50
Χημικά σκληρωμένο γυαλί	
Κοινό επίπεδο γυαλί	62

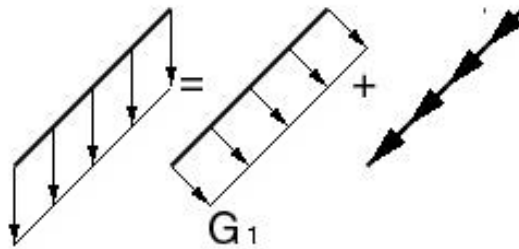
6.3. Υπολογισμός κάθετης στον υαλοπίνακα συνιστώσας βάρους γυαλιού ανά μονάδα επιφάνειας υαλοπίνακα (μόνιμο φορτίο υαλοπίνακα).

Ο υπολογισμός θα γίνει από τη σχέση:

$$G_1 = \rho \times t \times g \times \cos\theta \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (6.1)$$

όπου:

- ρ : πυκνότητα γυαλιού [kg/mm³]
- t : πάχος υαλοπίνακα [mm]
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας [λαμβάνεται ίση με 9,81 m/s²]
- θ : γωνία κλίσης στέγης [°]



Σχήμα 6.1. Υπολογισμός κάθετης στην επιφάνεια του υαλοπίνακα συνιστώσας βάρους υαλοπίνακα

6.4. Υπολογισμός κάθετης στον υαλοπίνακα συνιστώσας φορτίου χιονιού, ανά μονάδα επιφάνειας υαλοπίνακα

Θα βρεθεί η κάθετη στην επιφάνεια συνιστώσα τόσο του ομοιόμορφου όσο και του ανομοιόμορφου φορτίου χιονιού. Η εύρεση της συνιστώσας θα γίνει βάση της σχέσης:

$$Q_{2,i} = Q_{2,i} \times \cos^2\theta \quad \text{[N/mm}^2\text{]} \quad (6.2)$$

όπου $i=1$: ομοιόμορφο φορτίο χιονιού , $i=2$: ασύμμετρο φορτίο χιονιού

6.5. Υπολογισμός τιμής σχεδιασμού της αντοχής αστοχίας του γυαλιού σε κάθε ξεχωριστή φόρτιση

Δίνεται για κάθε φόρτιση ξεχωριστά, επειδή η διάρκεια που κάθε φόρτιση επιβαρύνει τον υαλοπίνακα παρουσιάζει διαφορές:

$$f_{gl;t;d} = \frac{f_{gl;u}}{\gamma_{M;t}} \quad (6.3)$$

όπου:

- $f_{gl;t;d}$: η τιμή σχεδιασμού της αντοχής αστοχίας του γυαλιού [N/mm²],
- $f_{gl;u}$: η ονομαστική τιμή της αντοχής αστοχίας του γυαλιού η παίρνεται από τον πίνακα 6.1.
- $\gamma_{M;t}$: ο μερικός συντελεστής ασφάλειας του γυαλιού, ο οποίος παίρνεται από τον πίνακα 5.5. Από τον πίνακα 5.5. προκύπτει $\gamma_{G1} = \gamma_{Q1} = \gamma_{Q2} = 1,2$.

6.6. Έλεγχος αντοχής του υαλοπίνακα

Η μέθοδος υπολογισμού είναι εφαρμόσιμη μόνο σε λεία γυάλινα φύλλα ομοιόμορφα φορτισμένα κάθετα προς την επιφάνειά τους, στηριζόμενα περιμετρικά με απλές στηρίξεις και με ένα ονομαστικό πάχος όχι μικρότερο από 4 mm .

Ο τελικός έλεγχος της οριακής αντοχής αστοχίας γίνεται με τον τύπο:

$$\frac{P_{gl;Sd}}{P_{gl;Rd}} \leq 1,0 \quad (6.4)$$

όπου:

$P_{gl;Sd}$: η τιμή σχεδιασμού της αντοχής αστοχίας του γυαλιού [N/mm^2],

$P_{gl;Rd}$: η ονομαστική τιμή της αντοχής αστοχίας του γυαλιού η παίρνεται από τον πίνακα 6.1.

Η σχέση 6.4. για τα γυάλινα φύλλα αναλύεται στη σχέση :

$$\frac{P_{gl} \cdot G_1 \cdot S_d}{P_{gl} \cdot G_1 \cdot R_d} + \frac{P_{gl} \cdot Q_1 \cdot S_d}{P_{gl} \cdot Q_1 \cdot R_d} + \frac{P_{gl} \cdot Q_2 \cdot S_d}{P_{gl} \cdot Q_2 \cdot R_d} \leq 1,00 \quad (6.5)$$

όπου:

$P_{gl} \cdot G_1 \cdot S_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού της κάθετης προς την επιφάνεια του γυάλινου φύλλου συνιστώσας του μονίμου φορτίου της .

$P_{gl} \cdot Q_1 \cdot S_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού του φορτίου λόγω ανέμου προς την επιφάνεια του γυάλινου φύλλου.

$P_{gl} \cdot Q_2 \cdot S_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού της κάθετης προς την επιφάνεια του γυάλινου φύλλου συνιστώσας του φορτίου χιονιού .

$P_{gl} \cdot G_1 \cdot R_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού της οριακής αντοχής αστοχίας των γυάλινων φύλλων, για την περίπτωση μονίμου φορτίου .

$P_{gl} \cdot Q_1 \cdot R_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού της οριακής αντοχής αστοχίας των γυάλινων φύλλων , για την περίπτωση φορτίου ανέμου.

$P_{gl} \cdot Q_2 \cdot R_d$ είναι η τιμή σχεδιασμού της οριακής αντοχής αστοχίας των γυάλινων φύλλων , για την περίπτωση φορτίου χιονιού .

Για τα γυάλινα φύλλα η οριακή αντοχή σχεδιασμού μπορεί να ληφθεί ως εξής :

α) Μεμονωμένα ορθογωνικά φύλλα γυαλιού στηριζόμενα με απλές στηρίξεις στις δύο , ή στις τρεις πλευρές τους.

$$P_{gl;x,Rd} = \frac{f_{gl,u} \cdot (t_1^3 + t_2^3) / t_1}{6 \cdot \beta \cdot b^2 \cdot \gamma_{Mx}} \quad (6.6)$$

β) Μεμονωμένα ορθογωνικά φύλλα γυαλιού στηριζόμενα με απλές στηρίξεις στις τέσσερες πλευρές τους.

$$P_{gl;x,Rd} = \sqrt{\frac{\sqrt{B^2 + 4 \cdot C} - B}{2}} \cdot \frac{E}{\gamma_{Mx}} \cdot \left(\frac{4 \cdot t^2}{a \cdot b} \right)^2 \quad (6.7)$$

γ) Θερμομονωτικά ορθογωνικά φύλλα γυαλιού και φύλλα γυαλιού από αλληπάλληλα φύλλα.

$$P_{gl.x.Rd} = \frac{f_{gl.u} \cdot (t_1^3 + t_2^3) / t_1}{6 \cdot \beta \cdot b^2 \cdot \gamma_{Mx}} \quad (6.8)$$

όπου:

$P_{gl.x.Rd}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της οριακής αντοχής των γυάλινων φύλλων , λόγω του φορτίου x όπου x είναι είτε η κυρία φόρτιση G_1 , είτε το φορτίο ανέμου Q_1 , ή το φορτίο χιονιού Q_2 .

$f_{gl.u}$ είναι η ονομαστική τιμή της οριακής αντοχής του γυαλιού = 25 N/mm²

t είναι το πάχος του φύλλου γυαλιού.

t_1 είναι το πάχος του πιο χοντρού φύλλου γυαλιού.

t_2 είναι το πάχος του πιο λεπτού φύλλου γυαλιού.

a είναι το μεγαλύτερο άνοιγμα του φύλλου γυαλιού

b είναι το μικρότερο άνοιγμα του φύλλου γυαλιού

E είναι το μέτρο ελαστικότητας του γυαλιού.

β είναι ένας παράγοντας που εξαρτάται από τις διαστάσεις και τις στηρίξεις του φύλλου γυαλιού και ο οποίος παίρνει τις τιμές που δίνονται στον επόμενο πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2. Τιμές του παράγοντα β .

Τρόπος στήριξης	Λόγος $\frac{a}{b}$	Τιμή συντελεστή β
Απλή στήριξη στις δύο πλευρές	Οποιοσδήποτε τιμές	0,125
Απλή στήριξη στις τρεις πλευρές	Οποιοσδήποτε τιμές	0,125
Απλή στήριξη στις τέσσερες πλευρές Το β δίνεται από τον προσεγγιστικό τύπο : $\beta = 0,0447 + 0,0803 \cdot \left(1 - e^{-1,117 \cdot (a/b - 1)^{1,073}} \right)$	1,0	0,0447
	1,1	0,0524
	1,2	0,0597
	1,3	0,0666
	1,4	0,0730
	1,5	0,0788
	1,6	0,0840
	1,8	0,1930
	2,0	0,1002
	2,5	0,1121
	3,0	0,1184
	3,5	0,1216
	4,0	0,1241
	5,0	0,1245
∞	0,1250	

B , C είναι παράγοντες που δίνονται από τις σχέσεις :

$$B = \left(\frac{k_3}{k_4} \right)^2 - \left(\frac{f_{gl,u} \cdot a \cdot b}{4k_4 \cdot E \cdot t^2} \right)^2 - \left(\frac{f_{gl,u} \cdot a \cdot b}{4k_2 \cdot E \cdot t^2} \right)^2 \quad \text{και} \quad C = \left(\frac{k_3 \cdot f_{gl,u} \cdot a \cdot b}{4k_2 \cdot k_4 \cdot E \cdot t^2} \right)^2$$

$$\text{στις οποίες} \quad k_2 = \frac{24 \cdot \beta}{a/b} \quad k_3 = 4,75 \cdot \left(\frac{a}{b} - 1 \right)^2 + 4 \quad k_4 = 0,8 \quad (6.9)$$

6.7. Μέθοδος υπολογισμού για πλαστικά φύλλα.

Η μέθοδος υπολογισμού για πλαστικά φύλλα , που δίνεται εδώ , είναι εφαρμόσιμη μόνο για πλαστικά φύλλα φορτιζόμενα κάθετα προς την επιφάνειά τους .

Για τα πλαστικά φύλλα πρέπει να ικανοποιείται η σχέση :

$$\frac{\sigma_{fp//Sd}}{f_{fp//Rd}} + \frac{\sigma_{fp\perp Sd}}{f_{fp\perp Rd}} \leq 1,0 \quad (6.10)$$

όπου:

$\sigma_{fp//Sd}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής τάσεως κατά την διαμήκη διεύθυνση του πλαστικού φύλλου η οποία προκαλείται από την τιμή σχεδιασμού της φόρτισης.

$\sigma_{fp\perp Sd}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής τάσεως κατά την εγκάρσια διεύθυνση του πλαστικού φύλλου η οποία προκαλείται από την τιμή σχεδιασμού της φόρτισης.

$f_{fp//Rd}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της του φορτίου παραγωγής κατά την διαμήκη διεύθυνση του πλαστικού φύλλου , ισχύουσα για την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του πλαστικού φύλλου

$f_{fp\perp Rd}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της του φορτίου παραγωγής κατά την εγκάρσια διεύθυνση του πλαστικού φύλλου , ισχύουσα για την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του πλαστικού φύλλου.

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