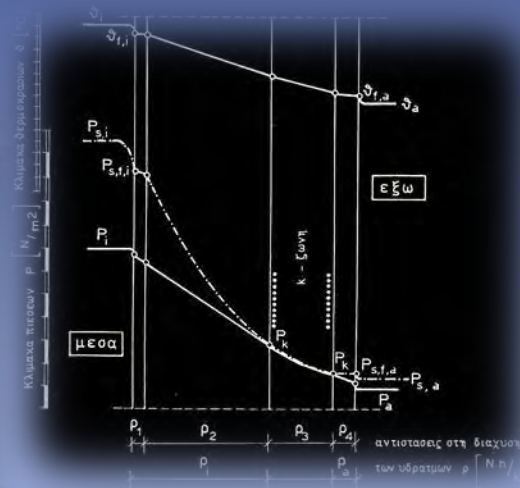


ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Δημήτρης Αραβαντινός
αναπληρωτής καθηγητής
Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗΣ & ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.



ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

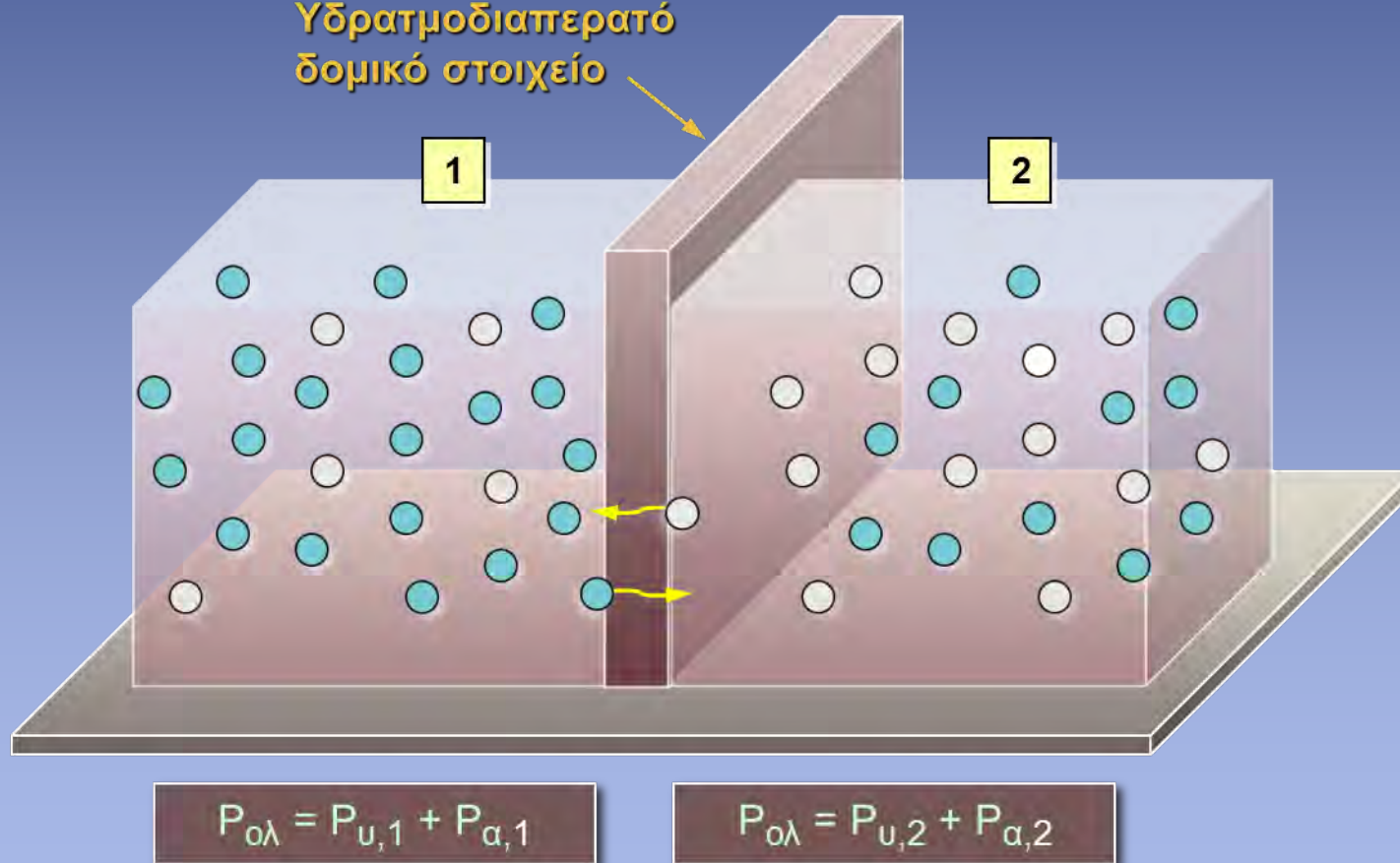
- Μόρια υδρατμών
- Μόρια αέρα

$P_{ολ}$ = συνολική πίεση αέρα και υδρατμών

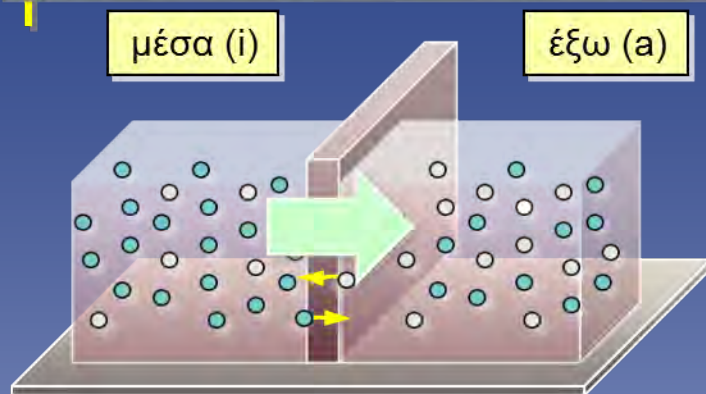
P_u = επί μέρους πίεση υδρατμών

$P_α$ = επί μέρους πίεση αέρα

Υδρατμοδιαπερατό
δομικό στοιχείο



Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ



$$\theta_i > \theta_a$$

$$\varphi_i = \varphi_a$$

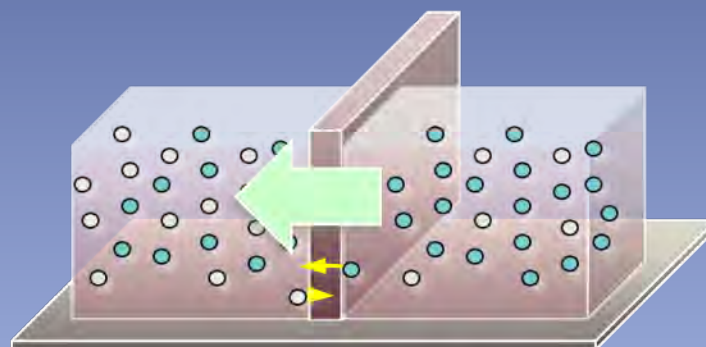


$$P_i > P_a$$

$$\varphi = \frac{C}{C_s} \times 100 \quad [\%]$$

● Μόρια υδρατμών

○ Μόρια αέρα

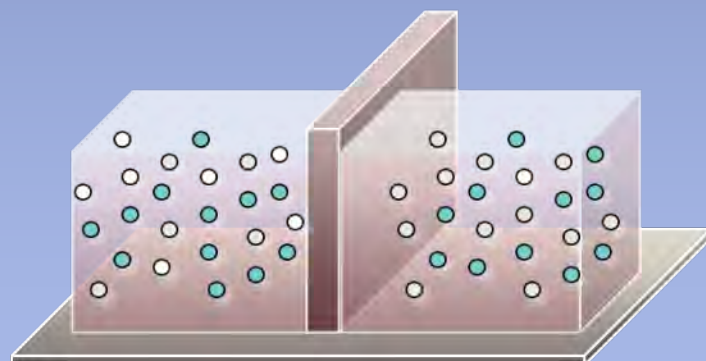


$$\theta_i = \theta_a$$

$$\varphi_i < \varphi_a$$



$$P_i < P_a$$



$$\theta_i \neq \theta_a$$

$$\varphi_i \neq \varphi_a$$



$$P_i > P_a$$

ή

$$P_i < P_a$$



Στόχος



Η εξίσωση των πιέσεων στους δύο χώρους

Η ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΙΑΧΕΟΜΕΝΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

Μεθοδολογία Glaser, στηριγμένη στους νόμους του A. Fick και στις εξισώσεις του J. S. Cammerer

Η πυκνότητα ροής των διαχεόμενων υδρατμών μέσω των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου

$$g = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{R_D \cdot T_j \cdot \mu_j \cdot d_j} \cdot (P_i - P_a) \quad \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

g [kg/(m²·h)]

D [m²/h]

R_D [(N·m)/(kg·K)]

T [K]

μ [–]

d [m]

P_i [N/m²] ή [Pa]

P_a [N/m²] ή [Pa]

η πυκνότητα ροής των διαχεόμενων υδρατμών,

ο συντελεστής διάχυσης,

η σταθερά των τελείων αερίων για υδρατμούς ($R_D = 462 \text{ N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})$),

η θερμοκρασία των υδρατμών σε βαθμούς Κέλβιν (Kelvin) (συνήθως στους 10° C),

ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών,

το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

η μερική πίεση των υδρατμών του εσωτερικού χώρου,

η μερική πίεση των υδρατμών του εξωτερικού περιβάλλοντος

Παραδοχές:

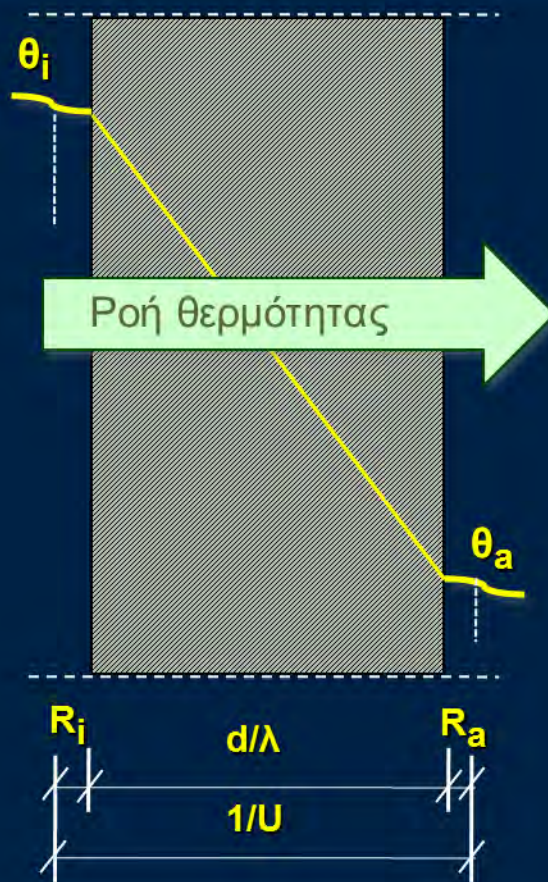
▶ Η ροή των υδρατμών είναι μονοδιάστατη

▶ Η ροή των υδρατμών είναι κάθετη προς την επιφάνεια του δομικού στοιχείου

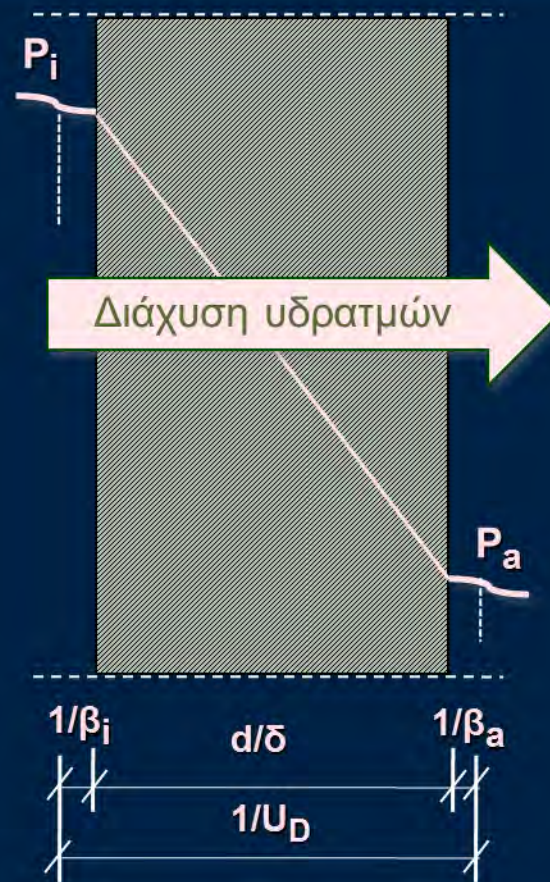
▶ Ανεπηρέαστη από εξωγενείς παράγοντες

▶ Δεν επηρεάζει τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών

Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ & ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

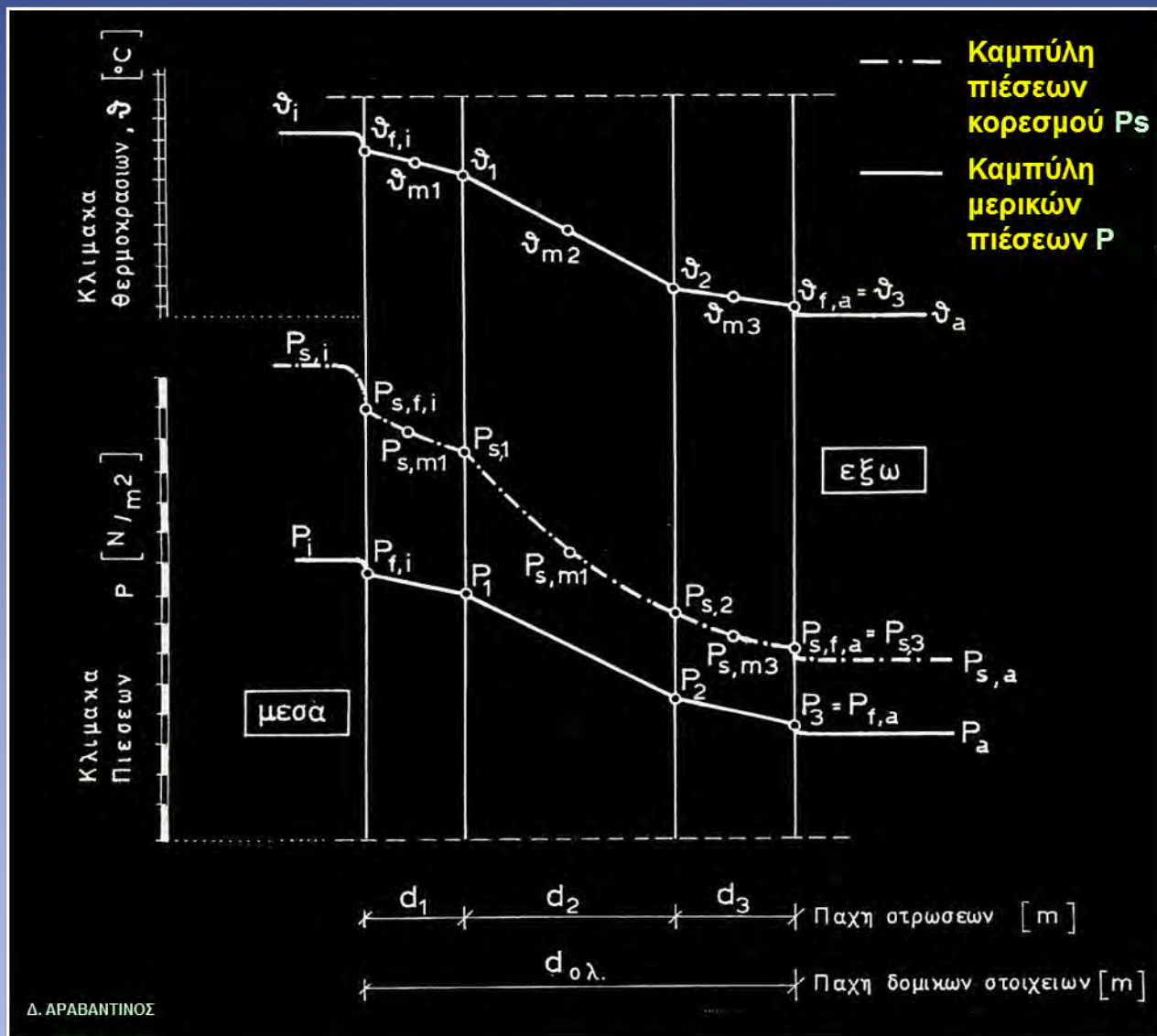


$$q = \frac{\theta_i - \theta_a}{R_i + \sum_{j=1}^v \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a}$$

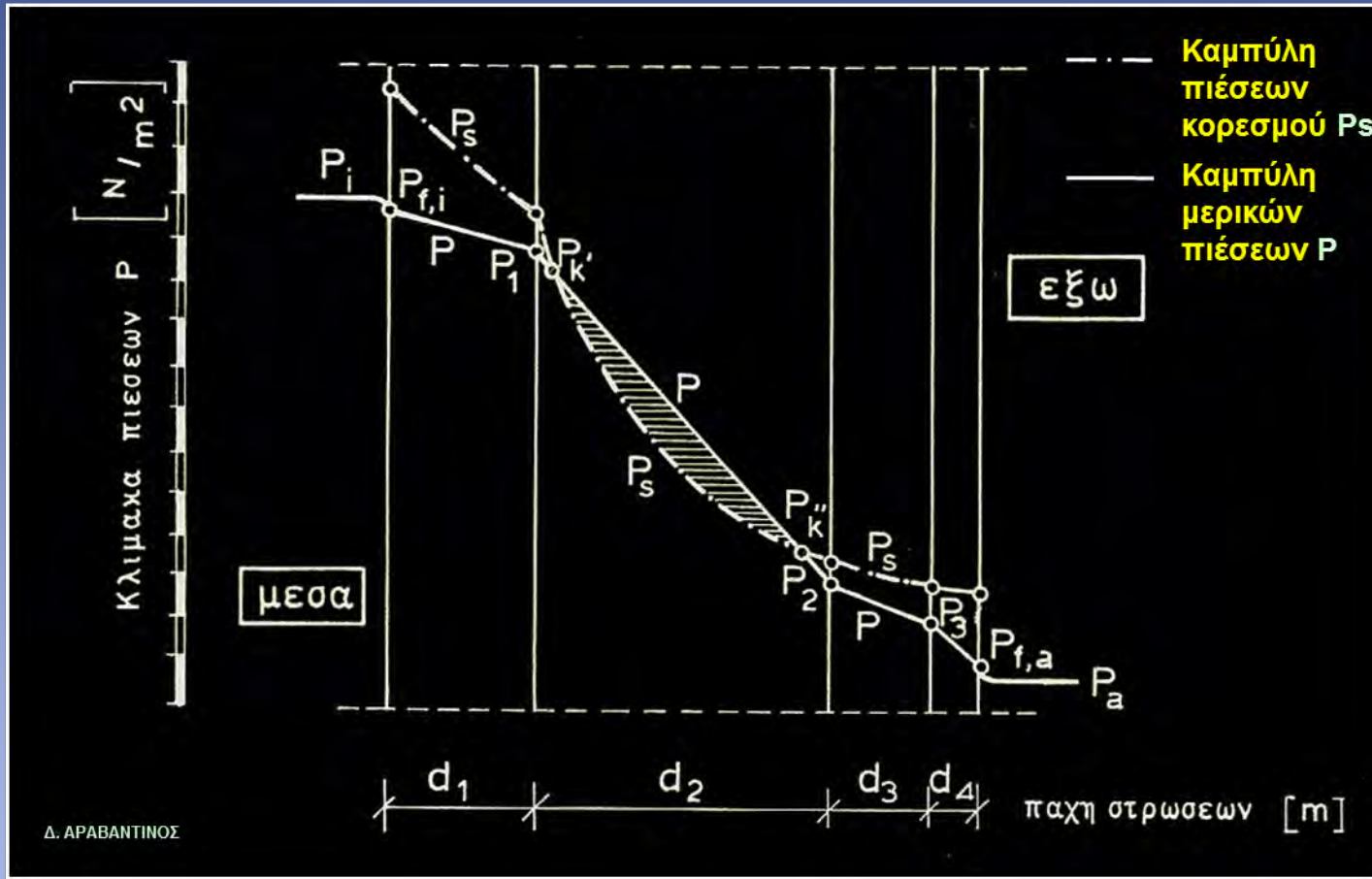


$$g = \frac{P_i - P_a}{\frac{1}{\beta_i} + \sum_{j=1}^v \frac{d_j}{\delta_j} + \frac{1}{\beta_a}}$$

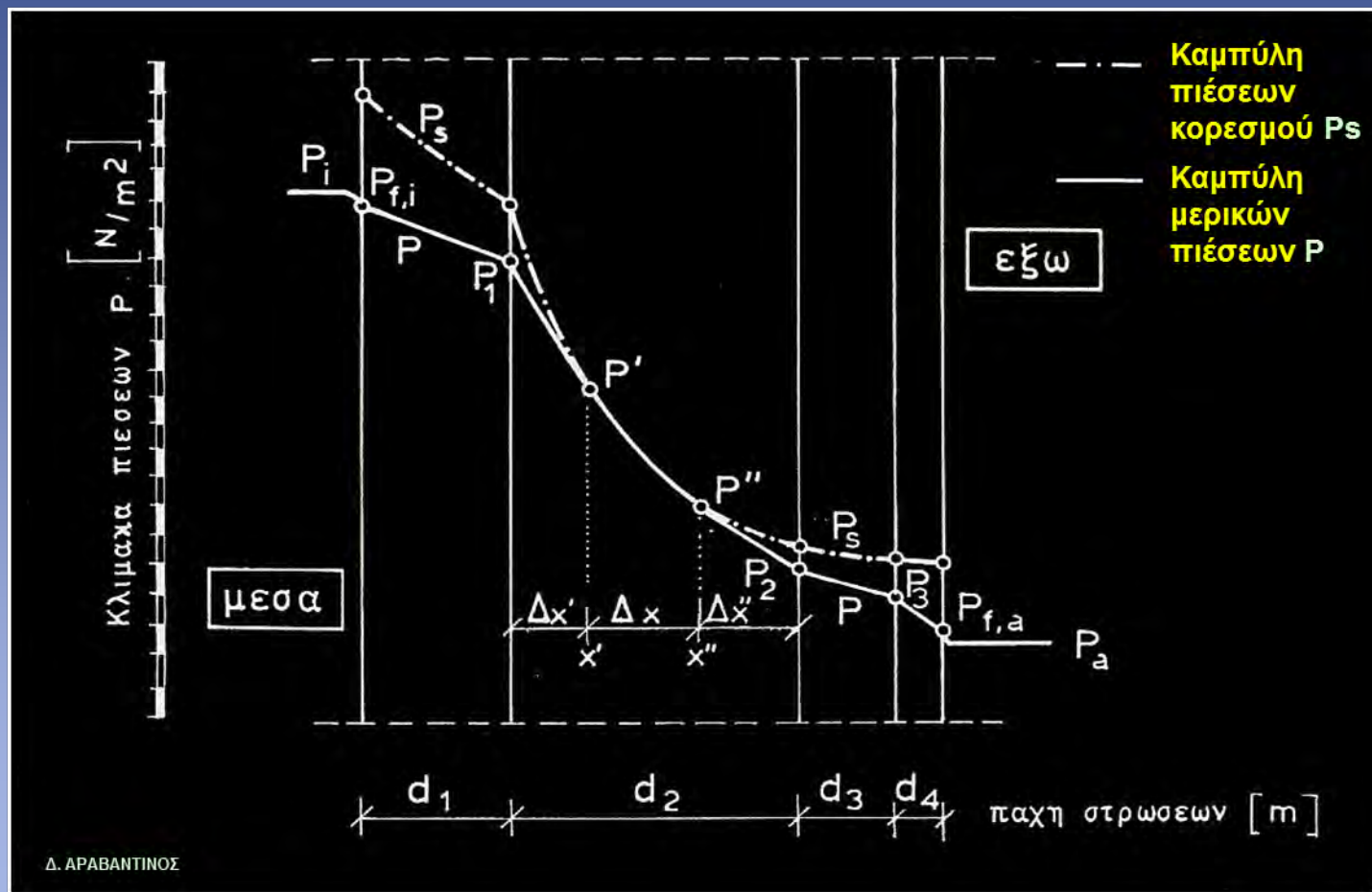
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ



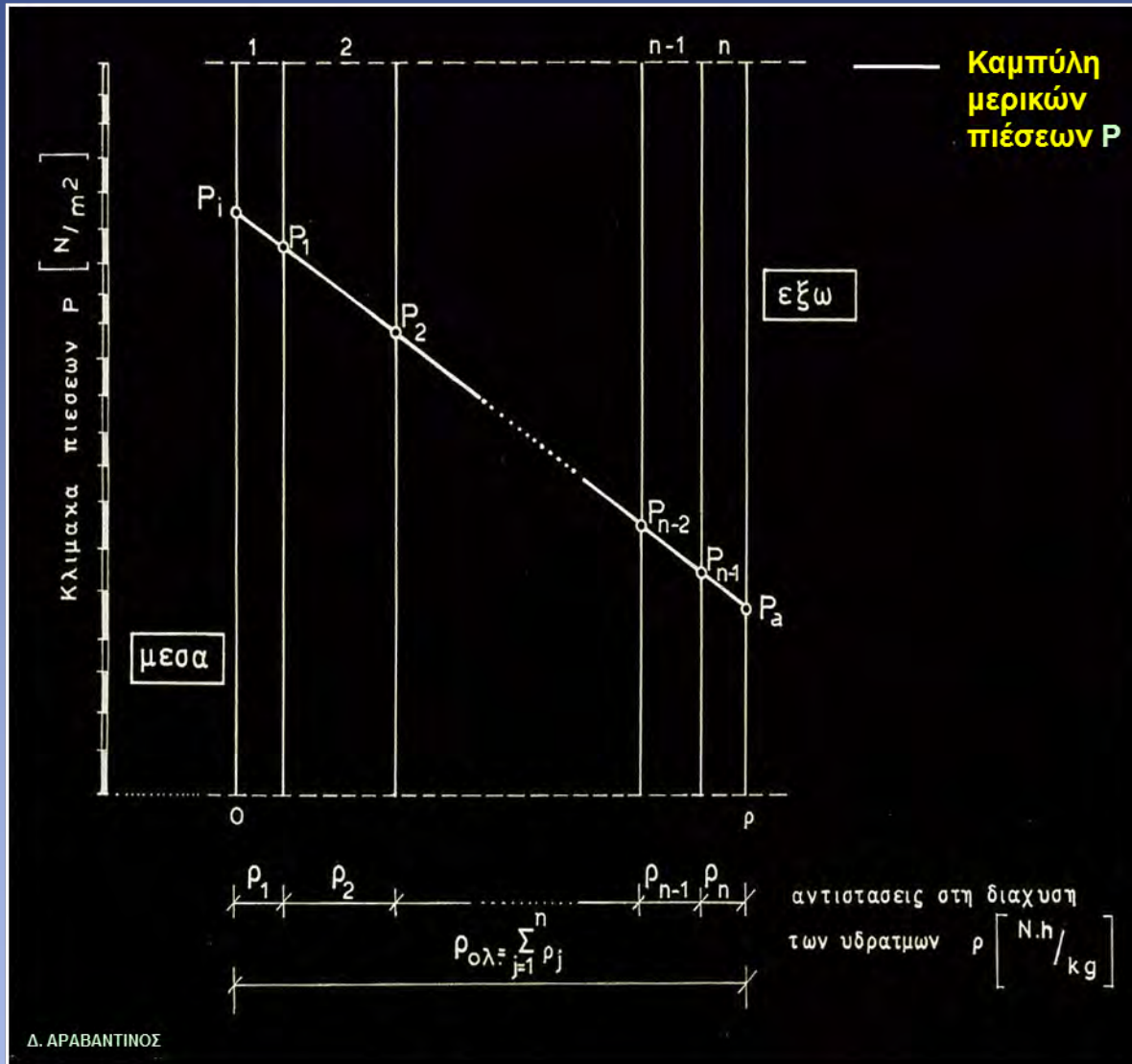
Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΟΤΑΝ ΔΕΝ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΥΠΟΨΗ Η ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ



Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΟΤΑΝ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΥΠΟΨΗ Η ΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ



Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (στον άξονα τετμημένων οι ειδικοί συντελεστές αντίστασης στη διάχυση υδρατμών ρ)



Αν
$$\frac{R_D \cdot T_j \cdot \mu_j \cdot d_j}{D_j} = \rho_j \quad (N \cdot h) / kg$$

τότε
$$g = \frac{(P_i - P_a)}{\sum_{j=1}^n \rho_j} \quad kg / (m^2 \cdot h)$$

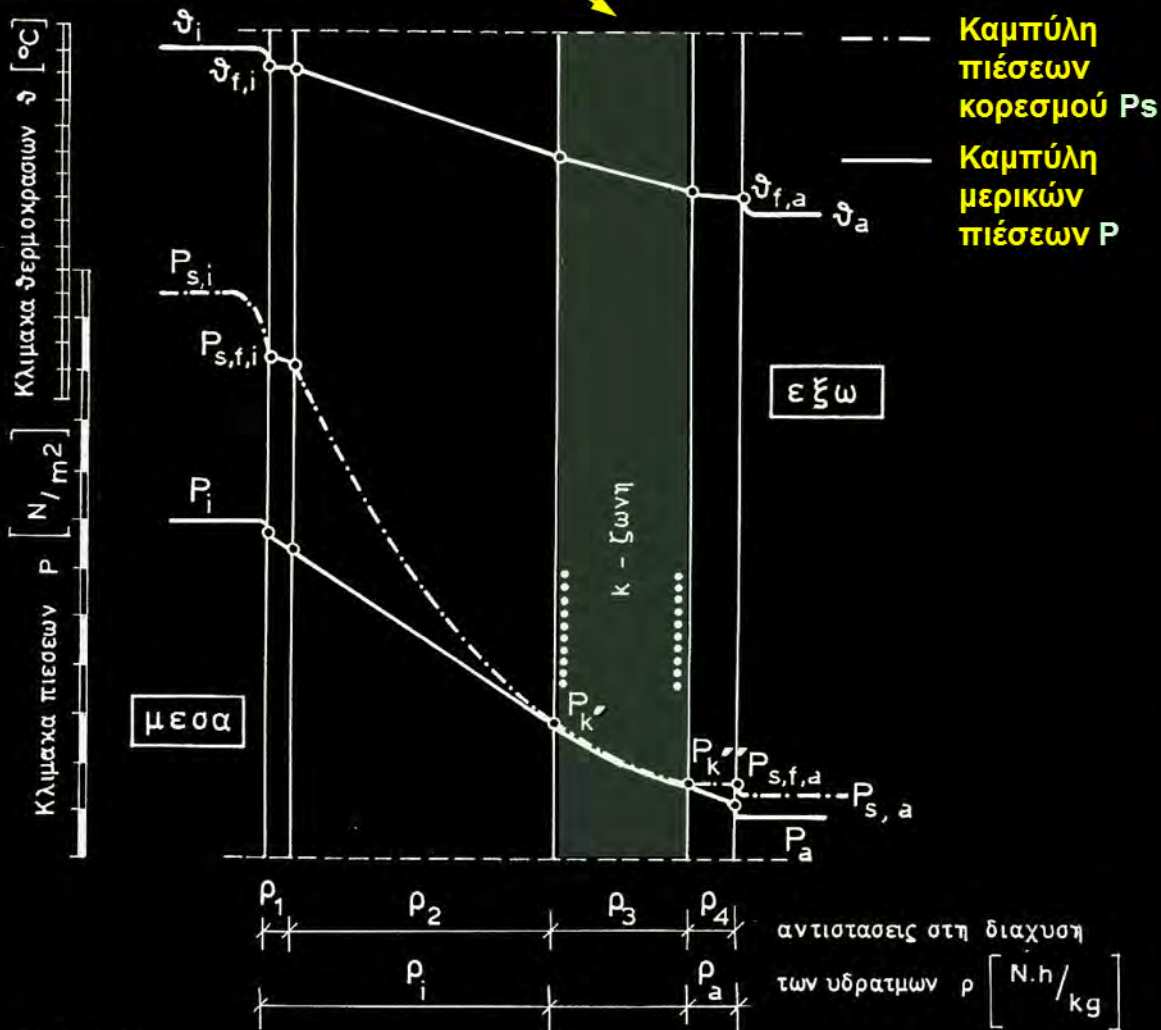


Γραμμικότητα της σχέσης μεταξύ P και ρ (για g σταθερό)

Διάγραμμα $\rho - P$

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GLASER)

Διάγραμμα $\rho - P$



Αν η πυκνότητα ροής είναι ως τη ζώνη συμπύκνωσης

$$g_i = \frac{(P_i - P_{k'})}{\rho_i} \quad kg/(m^2 \cdot h)$$

και η πυκνότητα ροής είναι μετά τη ζώνη συμπύκνωσης

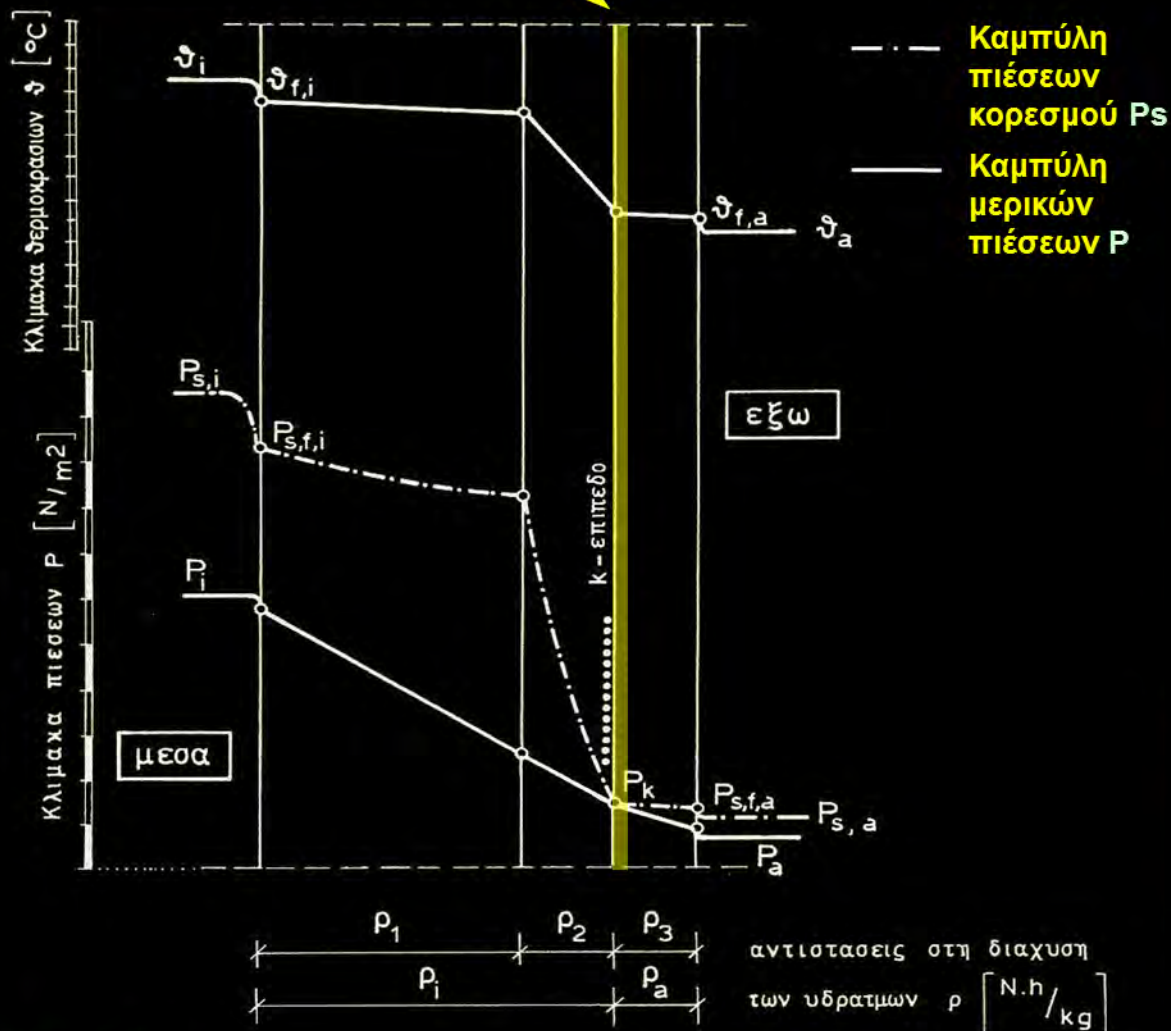
$$g_a = \frac{(P_{k''} - P_a)}{\rho_a} \quad kg/(m^2 \cdot h)$$

η διαφορά των ποσοτήτων δίνει τη συμπυκνούμενη ποσότητα g_z στο δομικό στοιχείο

$$g_z = g_i - g_a = \frac{(P_i - P_{k'})}{\rho_i} - \frac{(P_{k''} - P_a)}{\rho_a}$$

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GLASER)

Διάγραμμα ρ - P



Δ. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ

Αν η πυκνότητα ροής είναι ως τη ζώνη συμπύκνωσης

$$g_i = \frac{(P_i - P_k)}{\rho_i} \quad \text{kg/(m}^2 \cdot \text{h)}$$

και η πυκνότητα ροής είναι μετά τη ζώνη συμπύκνωσης

$$g_a = \frac{(P_k - P_a)}{\rho_a} \quad \text{kg/(m}^2 \cdot \text{h)}$$

η διαφορά των ποσοτήτων δίνει τη συμπυκνούμενη ποσότητα g_z στο δομικό στοιχείο

$$g_z = g_i - g_a = \frac{(P_i - P_k)}{\rho_i} - \frac{(P_k - P_a)}{\rho_a}$$

ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Επίπεδο συμπύκνωσης

Ζώνη συμπύκνωσης

Σε μη κλιματιζόμενο χώρο:

$$\theta_i = \theta_a \text{ και } \varphi_i = \varphi_a$$

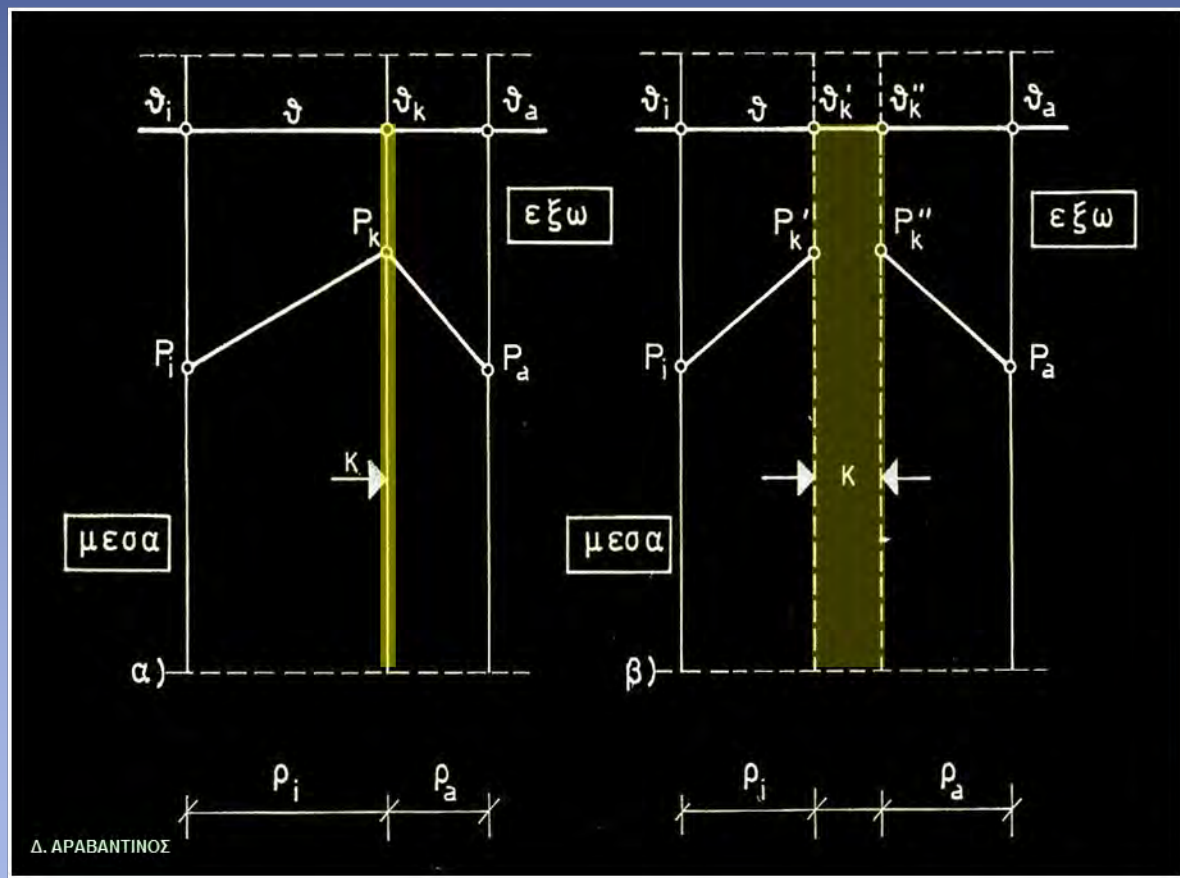
Κατά την περίοδο εξάτμισης η δυνάμενη να εξατμισθεί από το δομικό στοιχείο ποσότητα g_l θα ισούται με:

Στο επίπεδο συμπύκνωσης

$$g_l = g_i + g_a = \frac{(P_k - P_i)}{\rho_i} + \frac{(P_k - P_a)}{\rho_a}$$

Στη ζώνη συμπύκνωσης

$$g_l = g_i + g_a = \frac{(P_{k'} - P_i)}{\rho_i} + \frac{(P_{k''} - P_a)}{\rho_a}$$



ΤΟ ΕΤΗΣΙΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΑΠΟ ΔΙΑΧΥΣΗ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

t_z	Περίοδος συμπύκνωσης	► Συμπυκνούμενη ποσότητα	$G_z = t_z \cdot g_z$	kg/m^2
t_ℓ	Περίοδος εξατμίσσης	► Δυνάμενη να εξατμισθεί ποσότητα	$G_\ell = t_\ell \cdot g_\ell$	kg/m^2
$t_z + t_\ell$	Ετήσιο ισοζύγιο	► Εξατμιζόμενη ποσότητα	$G = G_z - G_\ell$	kg/m^2

Πρέπει πάντα

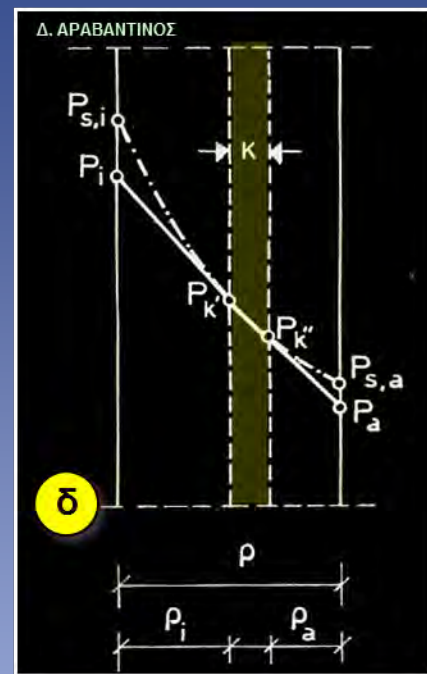
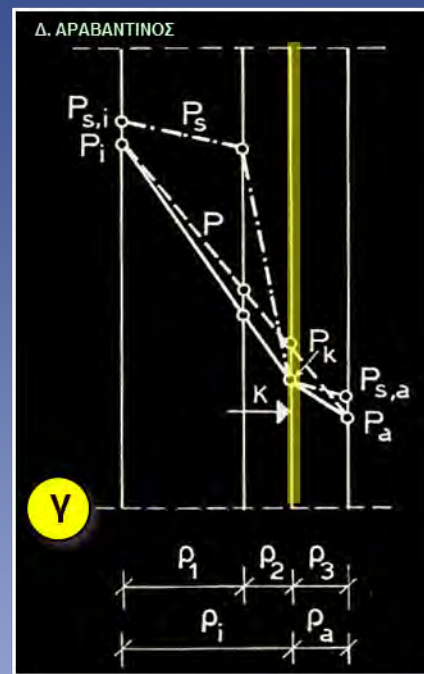
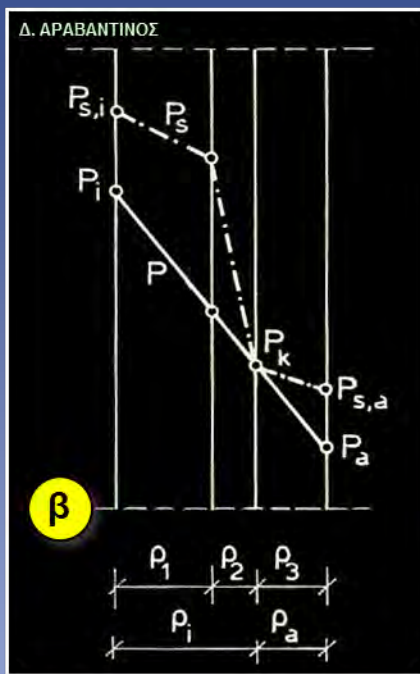
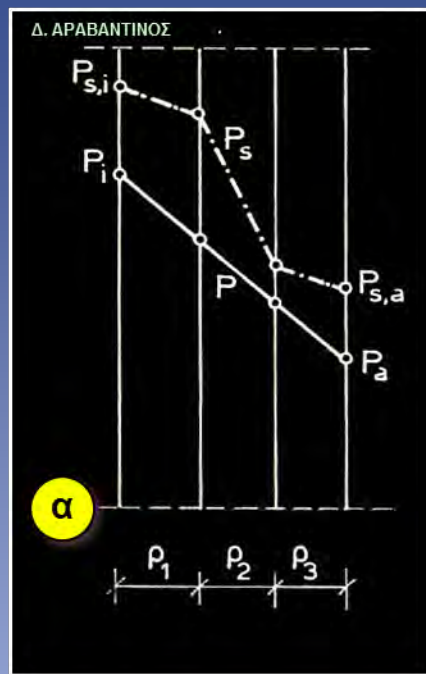
$$G < 0$$

Επιδιωκόμενος στόχος

$$G_z = 0$$

- ✓ Υπό τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες δεν προκύπτει εύκολα συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών σε ένα δομικό στοιχείο.
- ✓ Συνήθως το φαινόμενο εμφανίζεται στις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες Γ' και Δ' και κάτω από αρκετά χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες.
- ✓ Στις συνήθεις κατασκευές η αναλογία μεταξύ των δύο ποσοτήτων G_z προς G_ℓ είναι της τάξης του 1:20 έως 1:100
- ✓ Τα μέτρα προστασίας αποβλέπουν στην αποτροπή εκδήλωσης του φαινομένου

ΟΙ 4 ΔΥΝΑΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ



Η ευθεία των μερικών πιέσεων & η καμπύλη των πιέσεων κορεσμού **δεν έχουν κοινό σημείο**

Πτώση πίεσης σταθερή

Δεν σχηματίζεται συμπύκνωση

Η ευθεία των μερικών πιέσεων **εφάπτεται** στην καμπύλη των πιέσεων κορεσμού

Πτώση πίεσης σταθερή

Δεν σχηματίζεται συμπύκνωση

Η ευθεία των μερικών πιέσεων **τέμνει** την καμπύλη των πιέσεων κορεσμού

Πτώση πίεσης μη σταθερή

Σχηματίζεται επίπεδο συμπύκνωσης

Η ευθεία των μερικών πιέσεων **τέμνει** την καμπύλη των πιέσεων κορεσμού

Πτώση πίεσης μη σταθερή

Σχηματίζεται ζώνη συμπύκνωσης

Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΤΟ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Οι καμπύλες των πιέσεων

Η πορεία της
θερμοκρασίας

σε αφρώδες
θερμομονωτικό
υλικό

σε ινώδες
θερμομονωτικό
υλικό

--- Καμπύλη πιέσεων
κορεσμού P_s
— Καμπύλη μερικών
πιέσεων P

Η θερμομόνωση εσωτερικά

Ενδεχόμενο
συμπύκνωσης

Σημαντικό

Η θερμομόνωση στον πυρήνα

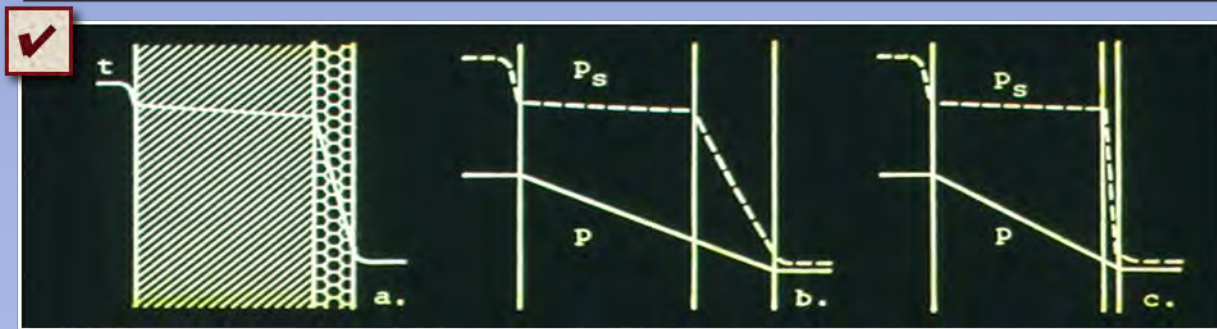
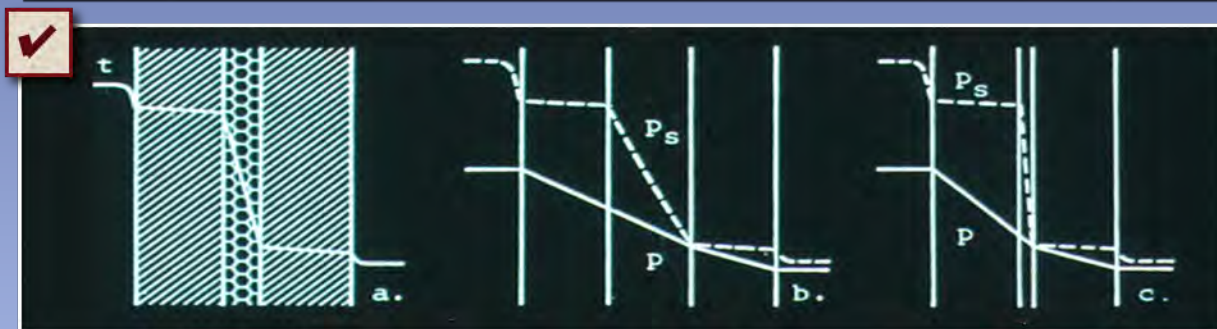
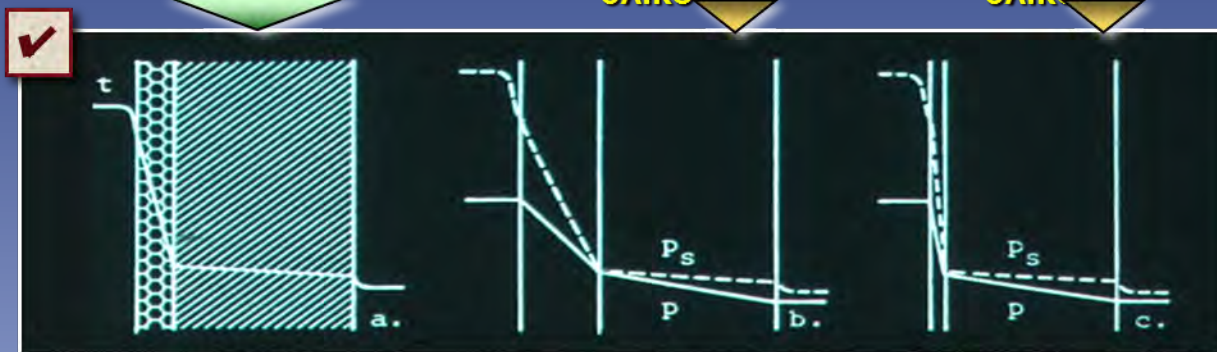
Ενδεχόμενο
συμπύκνωσης

Μικρό

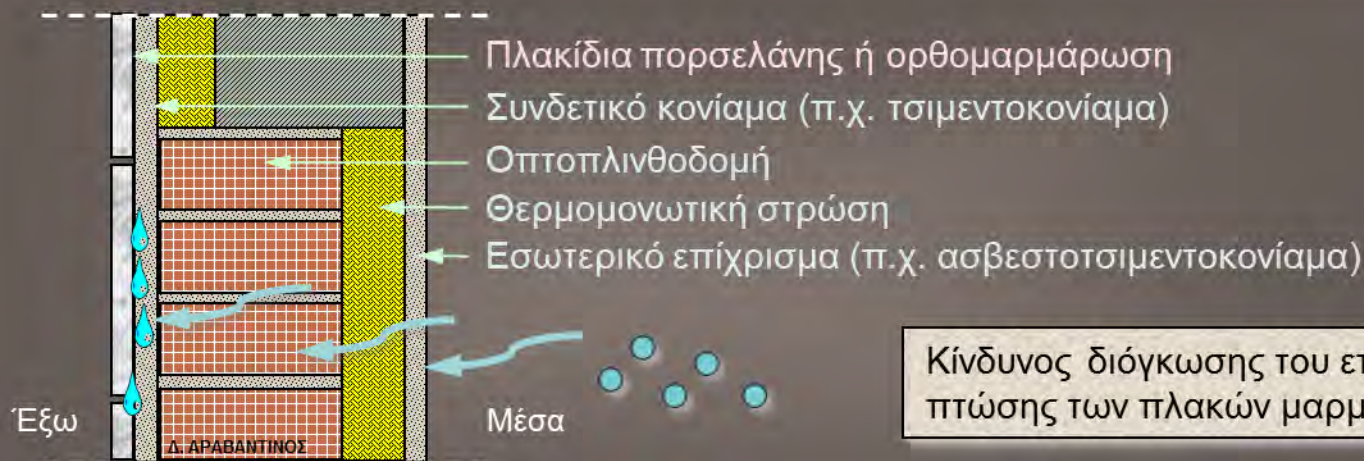
Η θερμομόνωση εξωτερικά

Ενδεχόμενο
συμπύκνωσης

**Πολύ
μικρό**



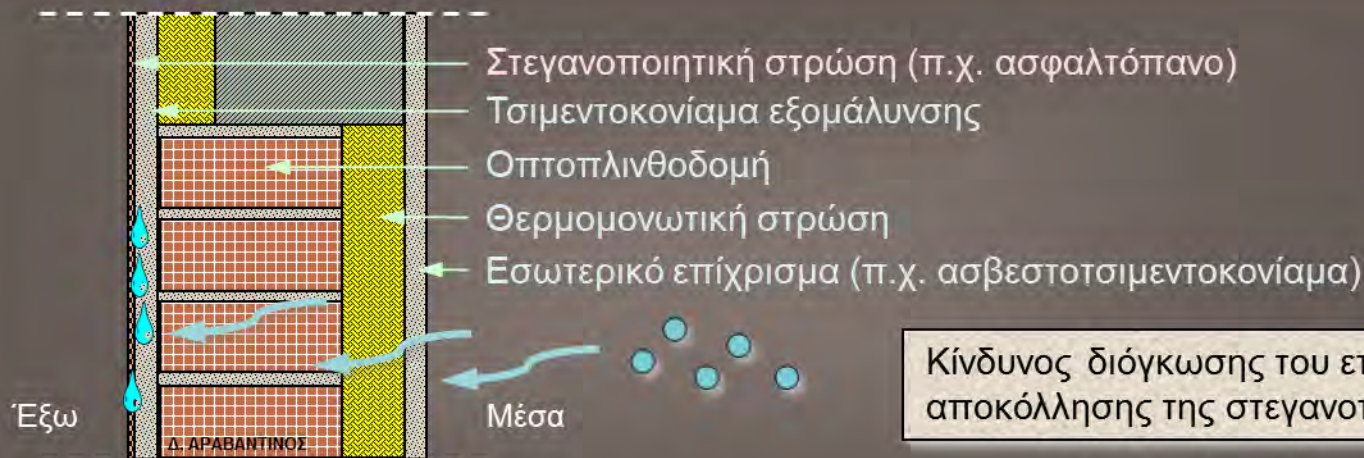
Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΩΣ ΦΡΑΓΜΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ



Θερμομόνωση
από την
εσωτερική
πλευρά

Κίνδυνος διόγκωσης του επιχρίσματος και
πτώσης των πλακών μαρμάρων

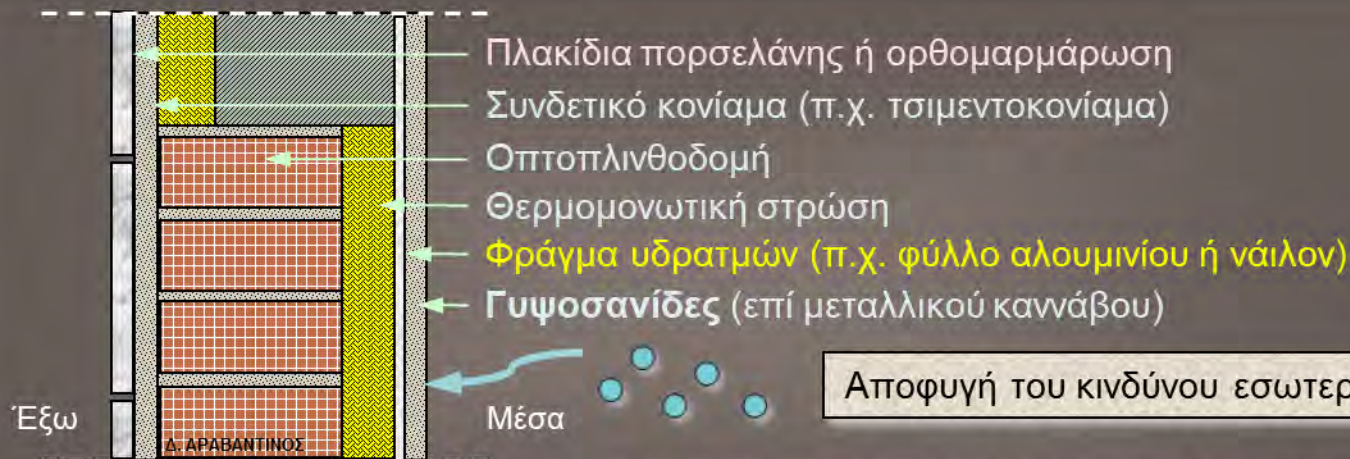
Φράγμα που παρεμποδίζει την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών



Κίνδυνος διόγκωσης του επιχρίσματος και
αποκόλλησης της στεγανοποιητικής στρώσης

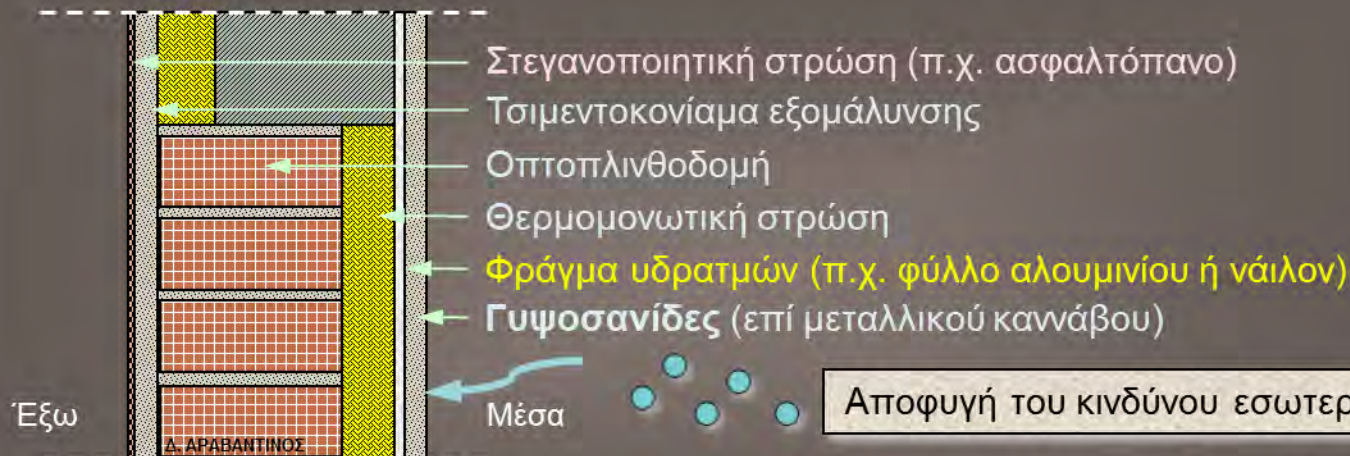
Φράγμα που παρεμποδίζει την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ



Θερμομόνωση
από την
εσωτερική
πλευρά

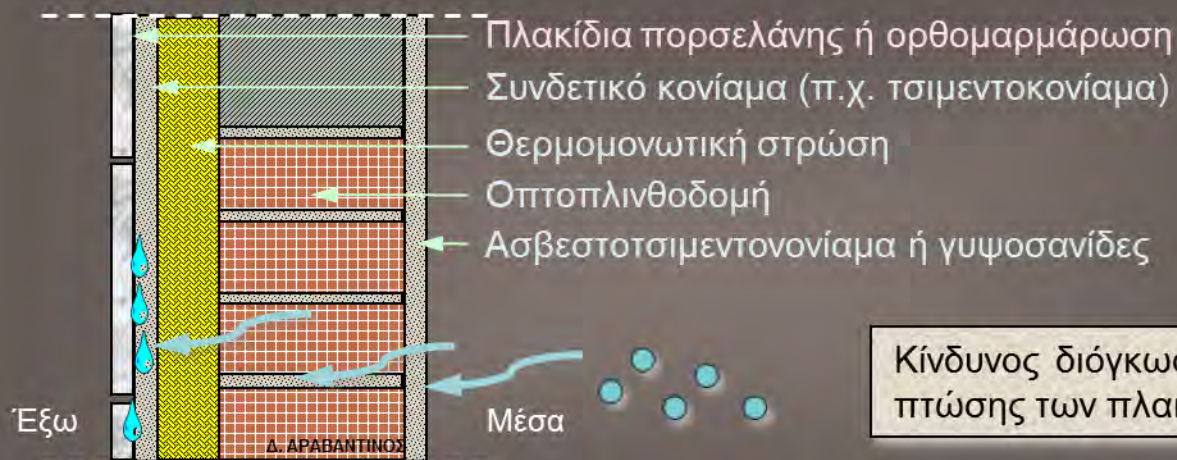
Φράγμα που ανακόπτει την πορεία των υδρατμών
στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου



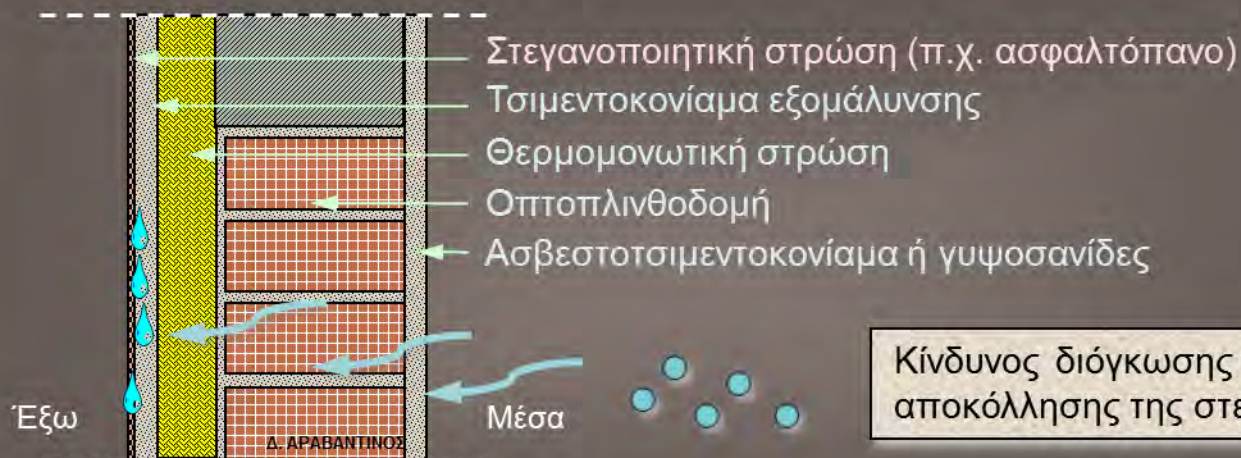
Φράγμα που ανακόπτει την πορεία των υδρατμών
στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου

Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΩΣ ΦΡΑΓΜΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

Θερμομόνωση
από την
εξωτερική
πλευρά

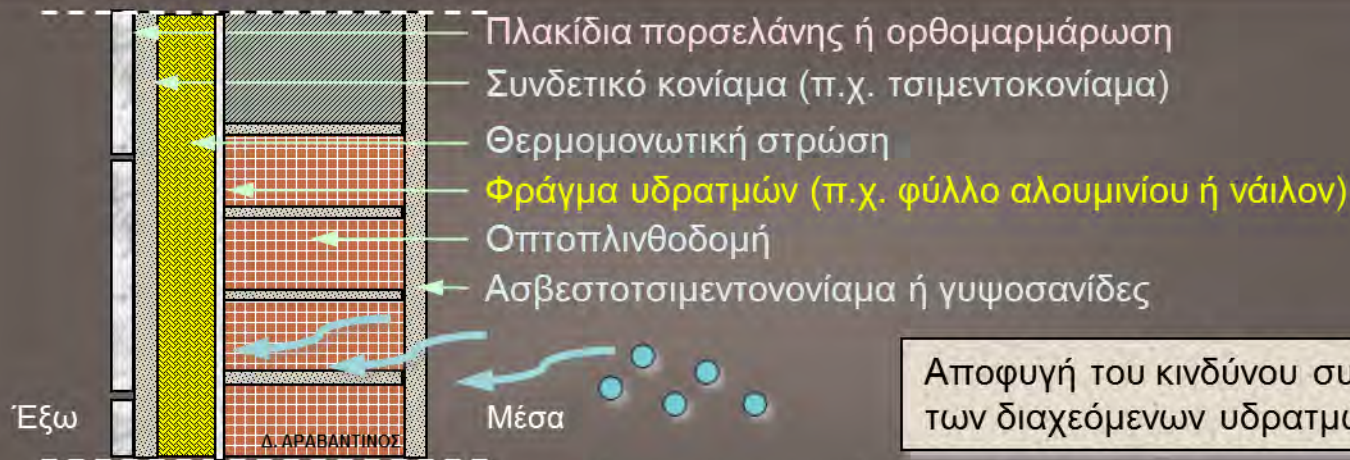


Φράγμα που παρεμποδίζει την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών



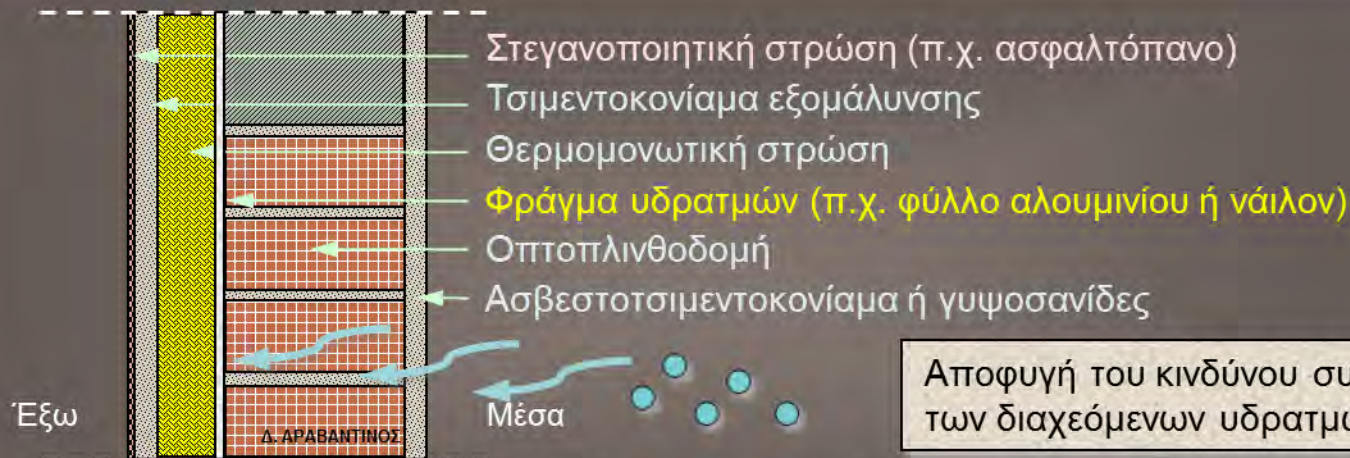
Φράγμα που παρεμποδίζει την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ



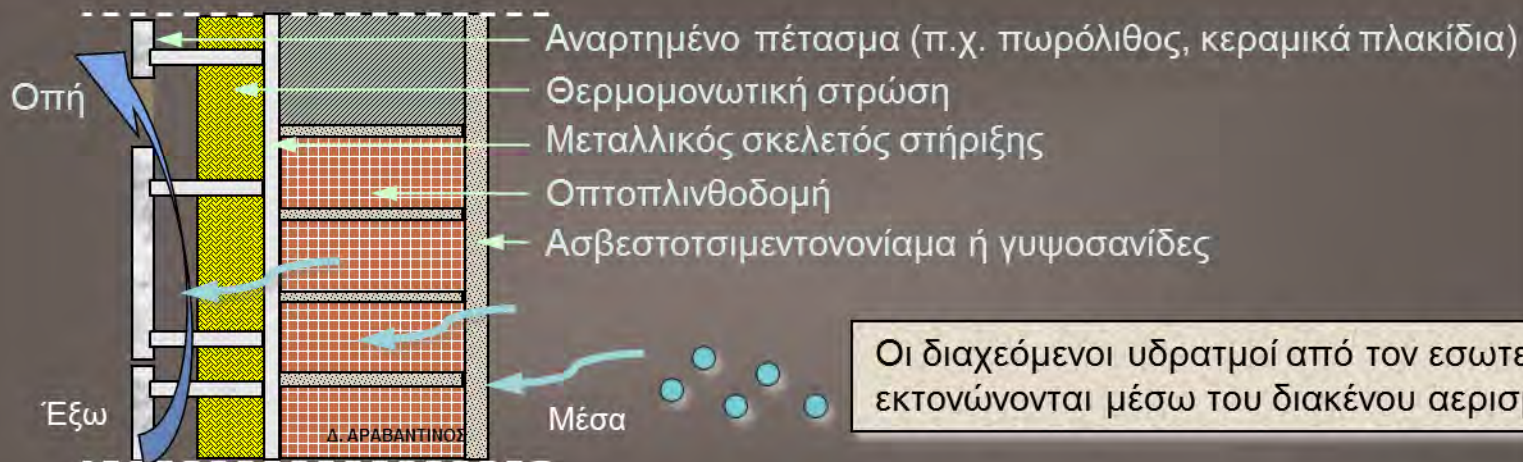
Θερμομόνωση
από την
εξωτερική
πλευρά

Φράγμα που ανακόπτει την πορεία των υδρατμών
στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου

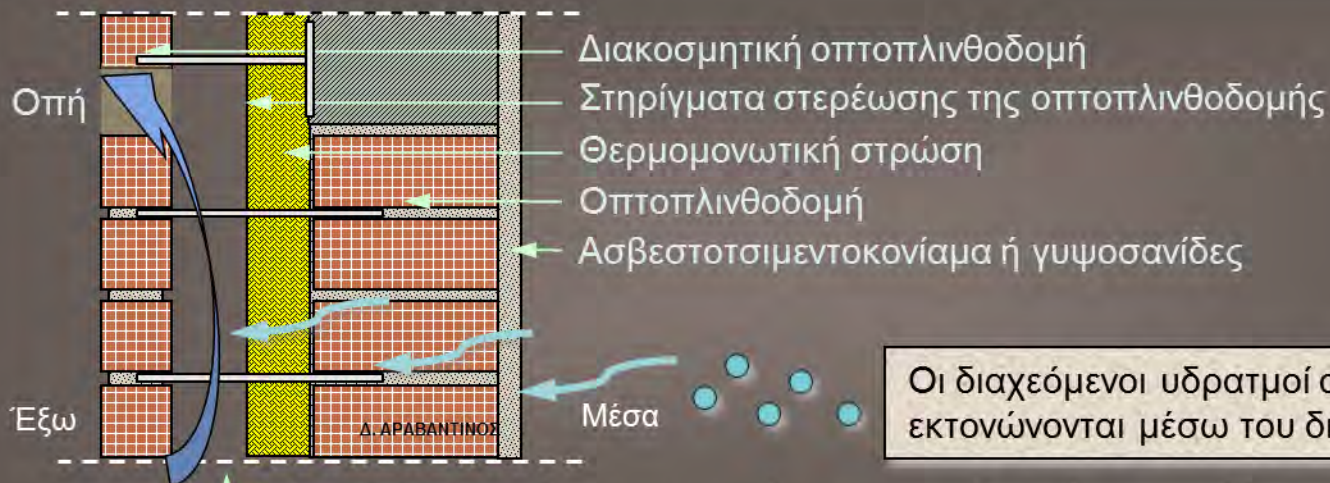


Φράγμα που ανακόπτει την πορεία των υδρατμών
στη θερμή περιοχή του δομικού στοιχείου

ΔΙΚΕΛΥΦΗ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

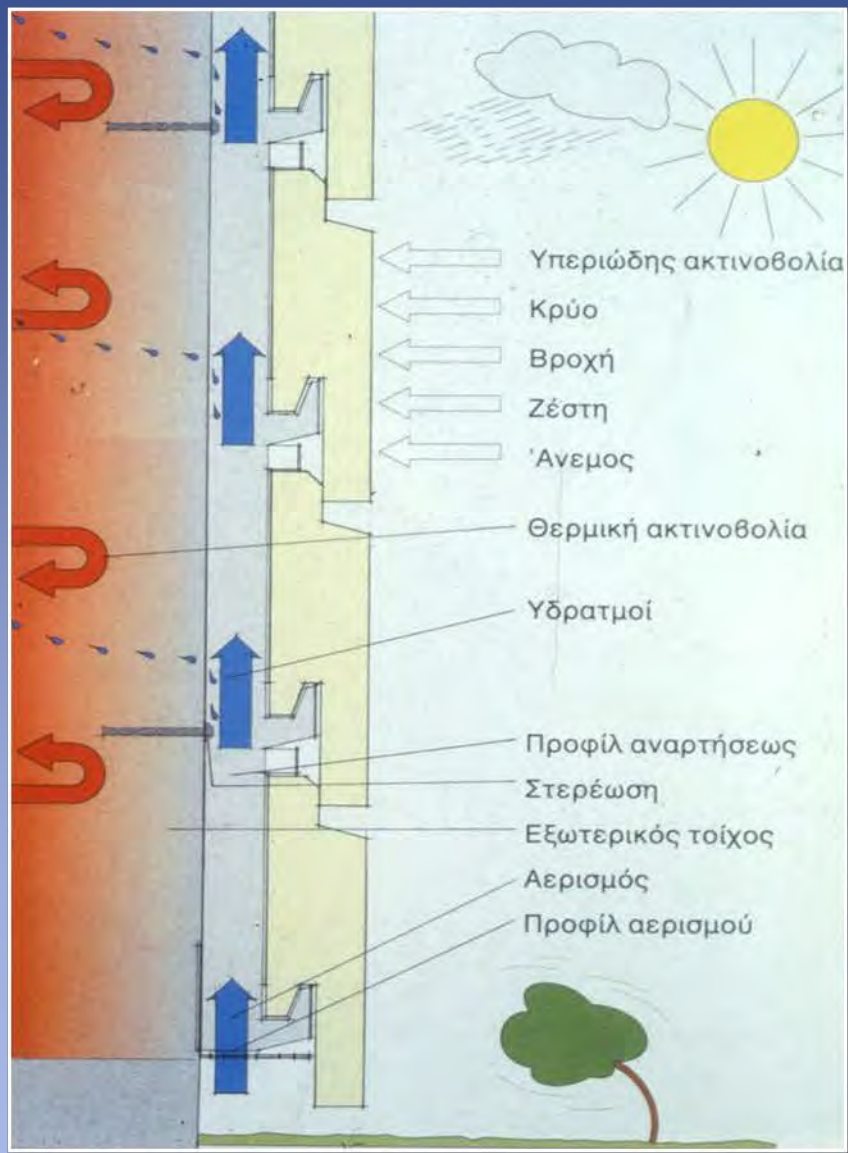


Διάκενο αερισμού για την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών



Διάκενο αερισμού για την εκτόνωση των διαχεόμενων υδρατμών

Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΣ ΣΤΗ ΔΙΚΕΛΥΦΗ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

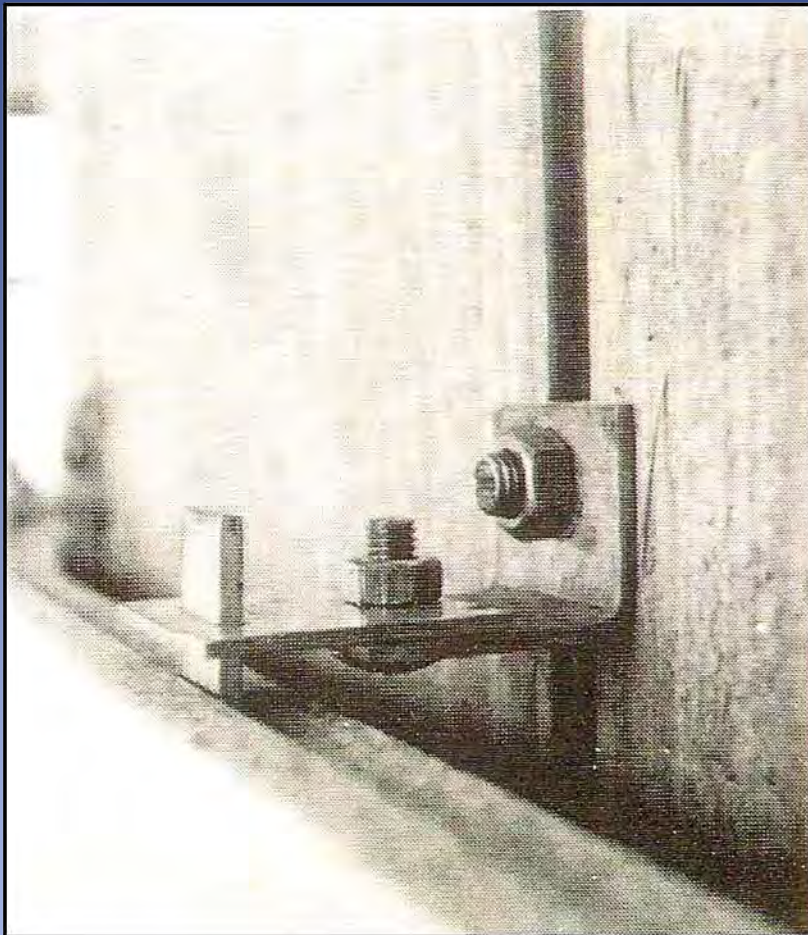


Το εσωτερικό κέλυφος παραμένει απόλυτα προστατευμένο

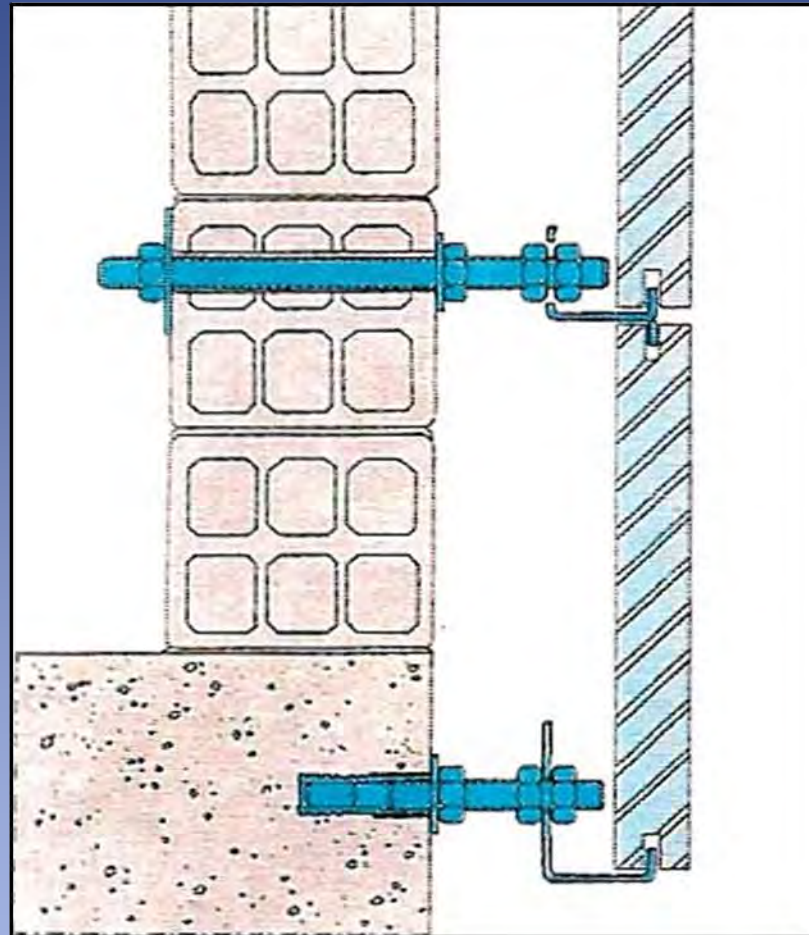


Το εξωτερικό κέλυφος δέχεται όλες τις καταπονήσεις των εξωτερικών φαινομένων

Η ΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥ ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



Αγκύρωση με ισχυρά μεταλλικά στοιχεία



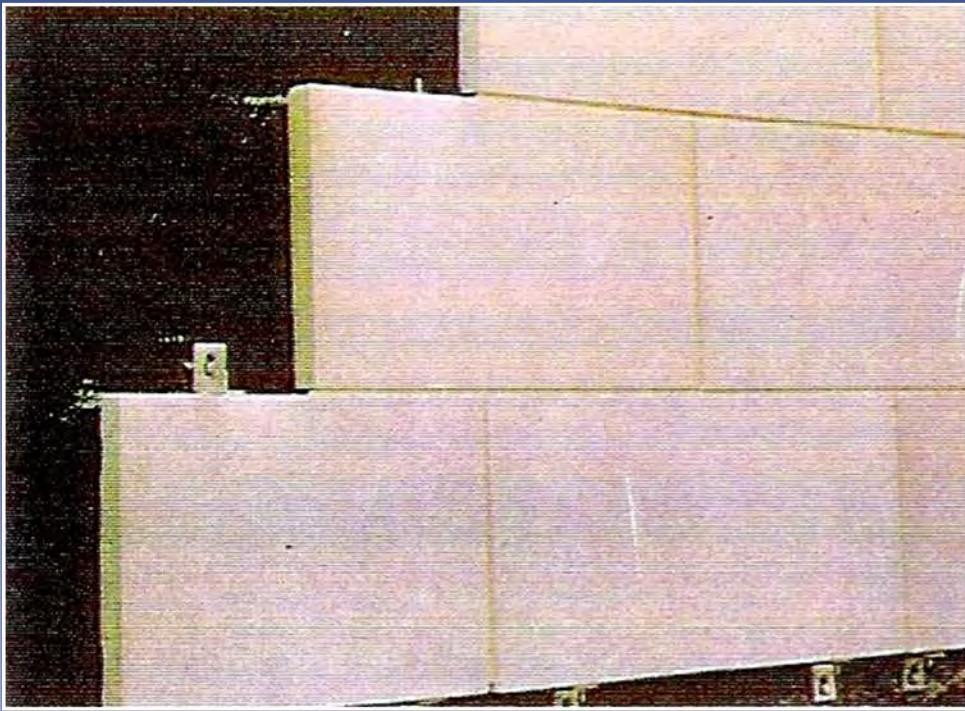
Στην οπτοπλινθοδομή διαμπερήσ αγκύρωση

Στο φέροντα οργανισμό αγκύρωση σε βάθος

ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

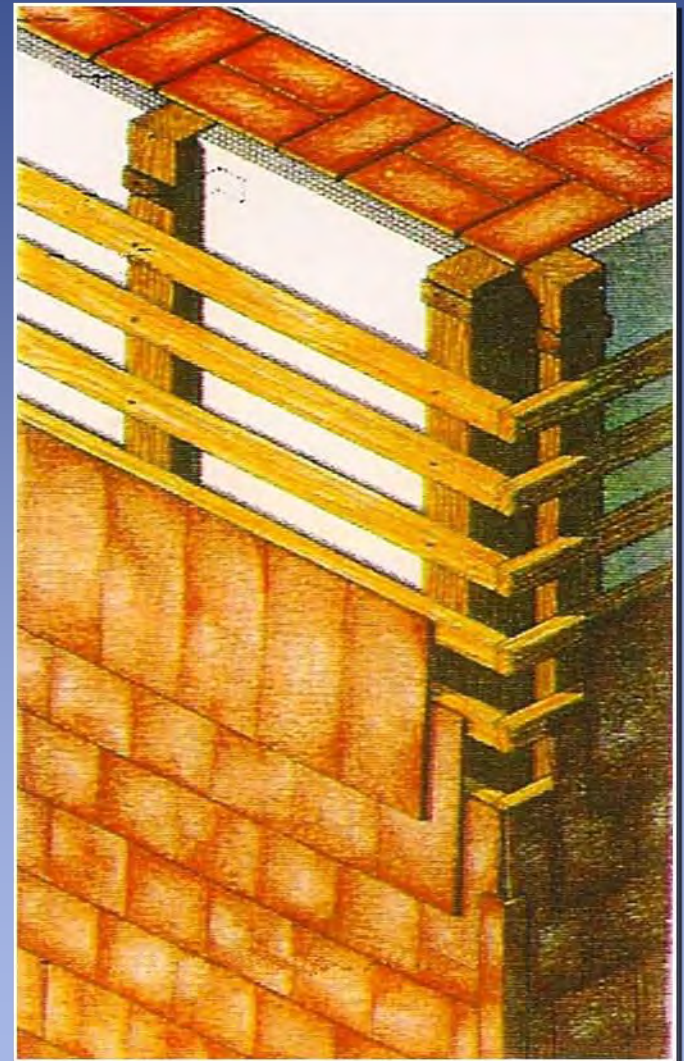


ΔΙΚΕΛΥΦΗ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ (ΠΕΤΡΙΝΕΣ ΠΛΑΚΕΣ & ΞΥΛΙΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ)



▲ Πέτρινες πλάκες

Ξύλινες πλάκες σε ξύλινο σκελετό ►



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΚΕΛΥΦΗΣ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ

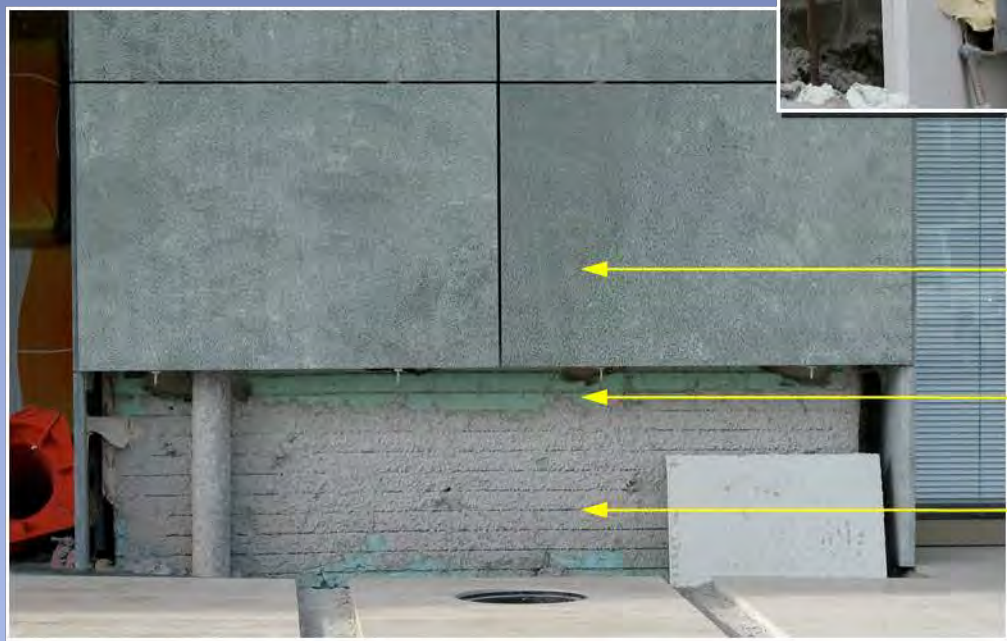
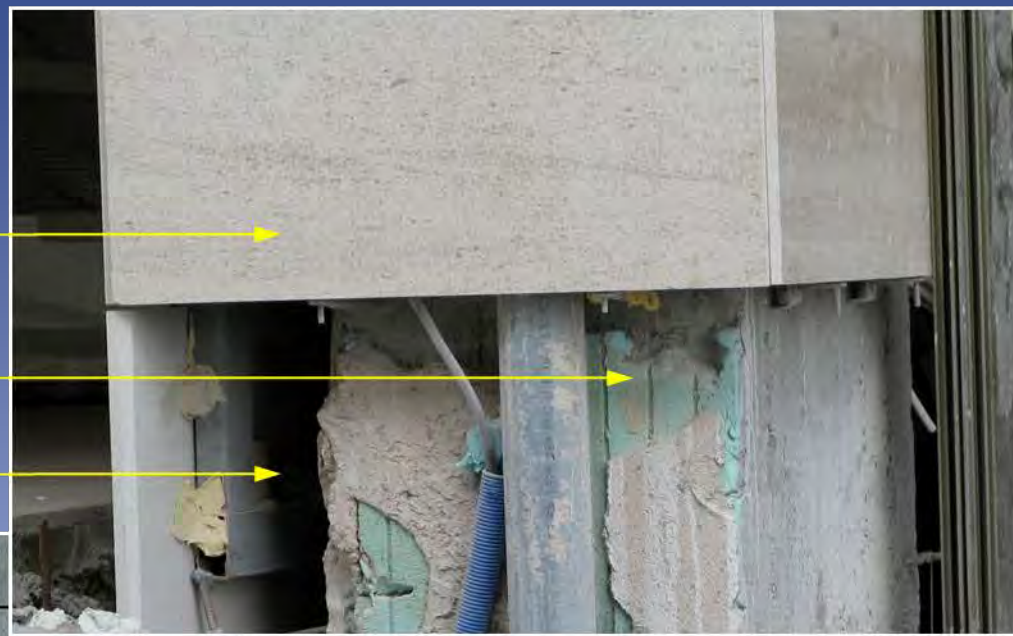


ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΚΕΛΥΦΗΣ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ

Μαρμάρινη επένδυση
επί μεταλλικού σκελετού

Θερμομονωτική στρώση
αφρώδους εξηλασμ. πολυστερ.

Διάκενο

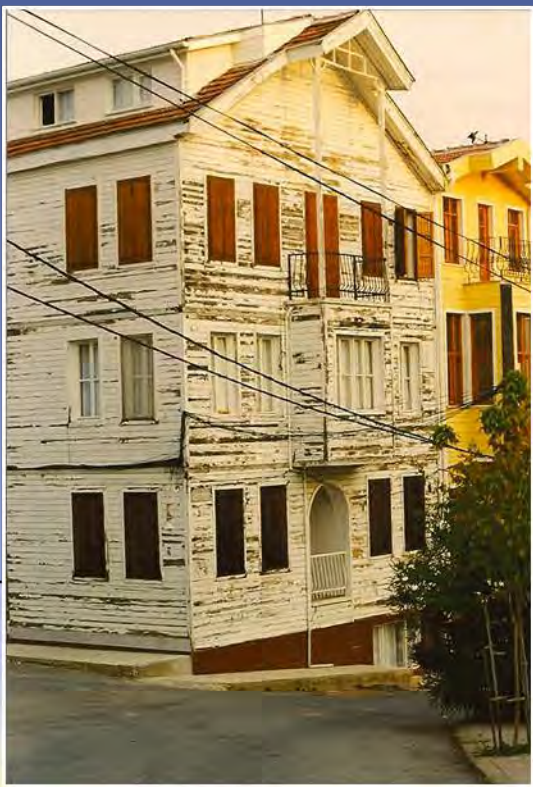


Μαρμάρινη επένδυση
επί μεταλλικού σκελετού

Θερμομονωτική στρώση
αφρώδους εξηλασμ. πολυστερ.

Διάκενο

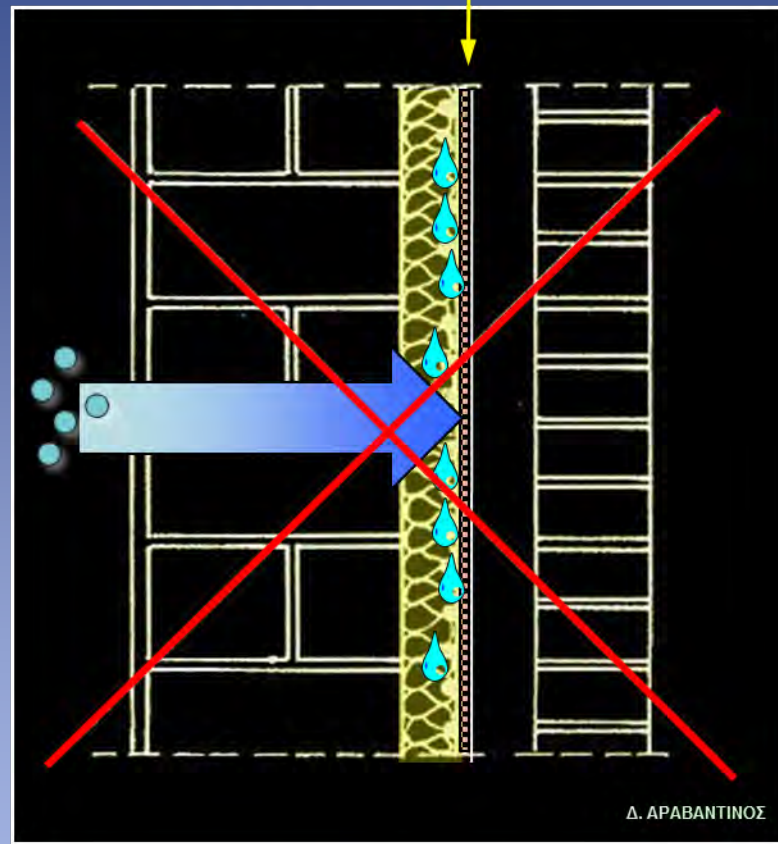
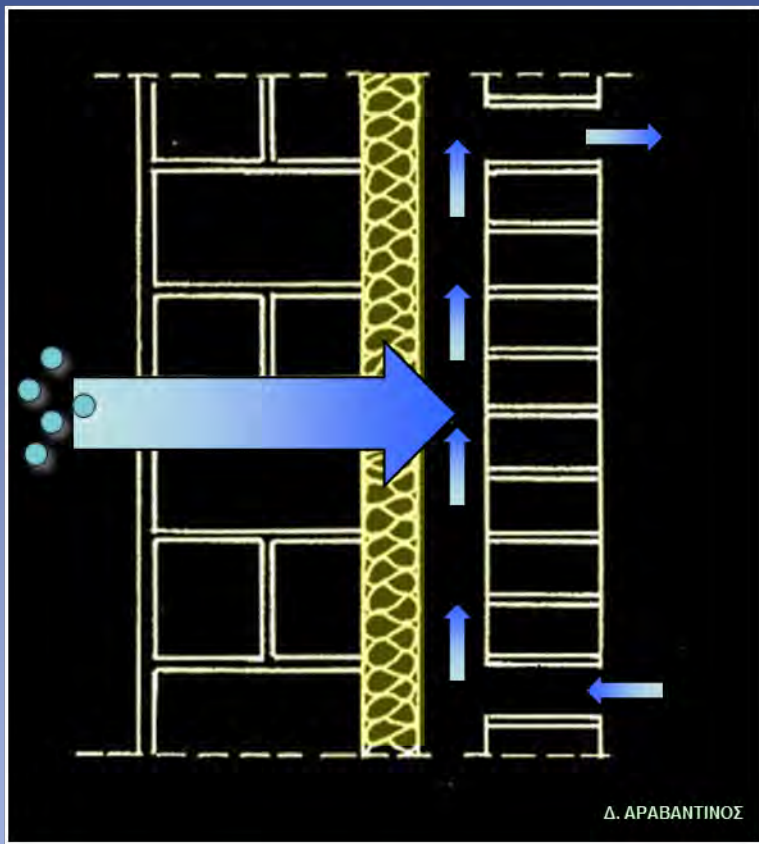
ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ



Παλαιά κτίρια με ξύλινο εξωτερικό κέλυφος δикέλυφης αεριζόμενης όψης στη Χάλκη

ΣΥΝΗΘΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΣΤΗ ΔΙΚΕΛΥΦΗ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Αναίτια τοποθέτηση φράγματος υδρατμών



Η ενδιάμεση στρώση του διαρκώς ανανεούμενου αέρα απομακρύνει τους διαχεόμενους υδρατμούς

Η τοποθέτηση ενός φράγματος υδρατμών στην εξωτερική όψη της θερμομονωτικής στρώσης **δεν χρησιμεύει σε τίποτα**. Αντίθετα, ακυρώνει τη λειτουργία του διακένου και προκαλεί συμπύκνωση