

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

για τη χρήση των Ευρωκωδίκων

*EN 1991-1-4 : Γενικές δράσεις –
Δράσεις Ανέμου*

Συντακτική Ομάδα

Νίκος Μαλακάτας, Δρ ΠΜ, Πρόεδρος CEN/TC250/SC1
Κώστας Τρέζος, Δρ ΠΜ, Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2009

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

*(για την εξοικείωση των μελών του ΤΕΕ με τη χρήση του Ευρωκώδικα
EN 1991-1-4 : Γενικές δράσεις – Δράσεις Ανέμου)*

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται επιλεκτικά και με συνοπτικό τρόπο οι κυριότερες διατάξεις του υπόψη Ευρωκώδικα συνοδευόμενες κατά περίπτωση από διευκρινιστικές προσθήκες/σχόλια ή παραδείγματα. Γίνονται επίσης παραπομπές στο αντίστοιχο Σχέδιο Εθνικού Προσαρτήματος. Οι αναφορές στην αρίθμηση των διατάξεων του κειμένου του Ευρωκώδικα γίνονται μέσα σε αγκύλες, λ.χ. [1.1(1)] παραπέμπει στην παρ. 1.1 εδάφιο (1).

Το παρόν κείμενο σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστά τα κείμενα του Ευρωκώδικα, του αντίστοιχου Εθνικού Προσαρτήματος, καθώς και άλλων συναφών κανονιστικών κειμένων, και το ΤΕΕ και οι συντάκτες δεν φέρουν ευθύνη για τον τρόπο χρήσης τους.

Ευρωκώδικας 1991-1-4: Δράσεις του ανέμου

Περιεχόμενα

- 1 Εισαγωγή
- 2 Η φύση της δράσεως του ανέμου
- 3 Βασικές έννοιες, ορισμοί
 - 3.1 Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου
 - 3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου
 - 3.3 Τραχύτητα του εδάφους
 - 3.4 Μέση ταχύτητα ανέμου
 - 3.5 Ταχύτητα αιχμής – Πίεση αιχμής
 - 3.6 Ύψος αναφοράς
 - 3.7 Συντελεστές πίεσης
 - 3.8 Συντελεστές δύναμης
 - 3.9 Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα
- 4 Διαδικασία υπολογισμού της δράσεως του ανέμου
- 5 Εφαρμογές
 - 5.1 Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός: ο προσδιορισμός της δράσεως του ανέμου σε δομήματα Πολιτικού Μηχανικού (ως σύνολο) καθώς και σε επιμέρους στοιχεία των δομημάτων.

1.2 Πεδίο εφαρμογής: κτήρια και τεχνικά έργα με ύψος μέχρι 200m, γέφυρες μέχρι μήκους 200m.

1.3 Εθνικά δεδομένα: Όσα στοιχεία εξαρτώνται από την τοποθεσία του δομήματος και την ποιότητα των μετεωρολογικών στοιχείων δίνονται στα εθνικά προσαρτήματα της κάθε χώρας.

1.4 Σχεδιασμός βάσει δοκιμών, πειραμάτων και μετρήσεων: (π.χ. σε αεροδυναμικές σήραγγες) Προβλέπεται ύστερα από έγκριση της Δημόσιας Αρχής.

2. Η φύση της δράσεως του ανέμου

Ως δράση του ανέμου επί των κατασκευών θεωρείται η πίεση που αναπτύσσεται από την ανάσχεση της ροής του ανέμου. Από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις προκύπτουν δυνάμεις κάθετες προς την προσβαλλόμενη επιφάνεια.

Επίσης, όταν μια επιφάνεια σαρώνεται από άνεμο παράλληλο προς την επιφάνεια, αναπτύσσονται και δυνάμεις τριβής οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να είναι σημαντικές.

Η δράση του ανέμου σε μια κατασκευή προσδιορίζεται από την **πίεση αιχμής** και από τους κατάλληλους **αεροδυναμικούς συντελεστές**. Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζονται επίσης τροποποιητικοί **συντελεστές μεγέθους** και **δυναμικής απόκρισης**.

Η **πίεση αιχμής**, q_p , προσδιορίζεται από:

- την θεμελιώδη βασική ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$, η οποία δίνεται στο Εθνικό Προσάρτημα
- την διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (επικρατούντες άνεμοι), συντελεστής διεύθυνσης, c_{dir}

- την εποχή του έτους (εποχικοί άνεμοι), εποχικός συντελεστής, C_{season}
- την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής (φαινόμενα τύπου Venturi), συντελεστής αναγλύφου, $c_o(z)$
- την τραχύτητα του περιβάλλοντος εδάφους, συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$
- το ύψος, z , του σημείου από το έδαφος
- την πυκνότητα του αέρα και την ένταση των στροβιλισμών

Ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής οι **αεροδυναμικοί συντελεστές** διακρίνονται:

- σε συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} , οι οποίοι, ανάλογα με την προσβαλλόμενη επιφάνεια, διακρίνονται περαιτέρω
 - σε καθολικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,10}$, και
 - τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,1}$.
- σε συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} ,
- σε συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$,
- σε συντελεστές τριβής, c_{fr} , και
- σε συντελεστές δυνάμεως, c_f

3. Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

3.1 Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (ΠΜΟ) (World Meteorological Organization, W.M.O.), για να είναι συγκρίσιμες οι ταχύτητες του ανέμου πρέπει οι μετρήσεις της ταχύτητας να γίνονται υπό παρόμοιες πάντα συνθήκες:

- το όργανο μετρήσεως πρέπει να είναι σε ύψος 10m από το έδαφος,
- το έδαφος πρέπει να είναι χωρίς εμπόδια (τραχύτητα II),
- η ταχύτητα να είναι η μέση τιμή δεκαλέπτου^a

Από τις μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου υπολογίζεται εκείνη η χαρακτηριστική τιμή η οποία έχει ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0.02 (Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα αυτή ξεπερνιέται **κατά μέσον όρο** μια φορά κάθε πενήντα χρόνια, μέση περίοδος επαναφοράς 50 έτη^b).

^a Καθώς η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται με τον χρόνο, έχει σημασία η διάρκεια στην οποία θα γίνει η παρατήρηση. Όσο μικρότερη είναι η διάρκεια τόσο μεγαλύτερες ταχύτητες καταγράφονται (λόγω των ριπών του ανέμου). Έτσι, η μέση ταχύτητα σε διάστημα 3s είναι περίπου 50% μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα σε διάστημα 1h, ενώ η μέση ταχύτητα σε διάστημα 10min είναι περίπου 5% μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα σε διάστημα 1h. Τώρα πρακτικώς σε όλες τις χώρες του κόσμου έχει υιοθετηθεί η μέση τιμή δεκαλέπτου.

^b Η ετήσια πιθανότητα υπέρβασης, p , και η μέση περίοδος επαναφοράς, T , συνδέονται με την σχέση: $T=1/[1-p]$. Γενικότερα, η πιθανότητα υπέρβασης, p , σε «n» έτη συνδέεται με την μέση περίοδο

επαναφοράς, T , με την σχέση:
$$T = \frac{n}{-\ln 1-p}$$

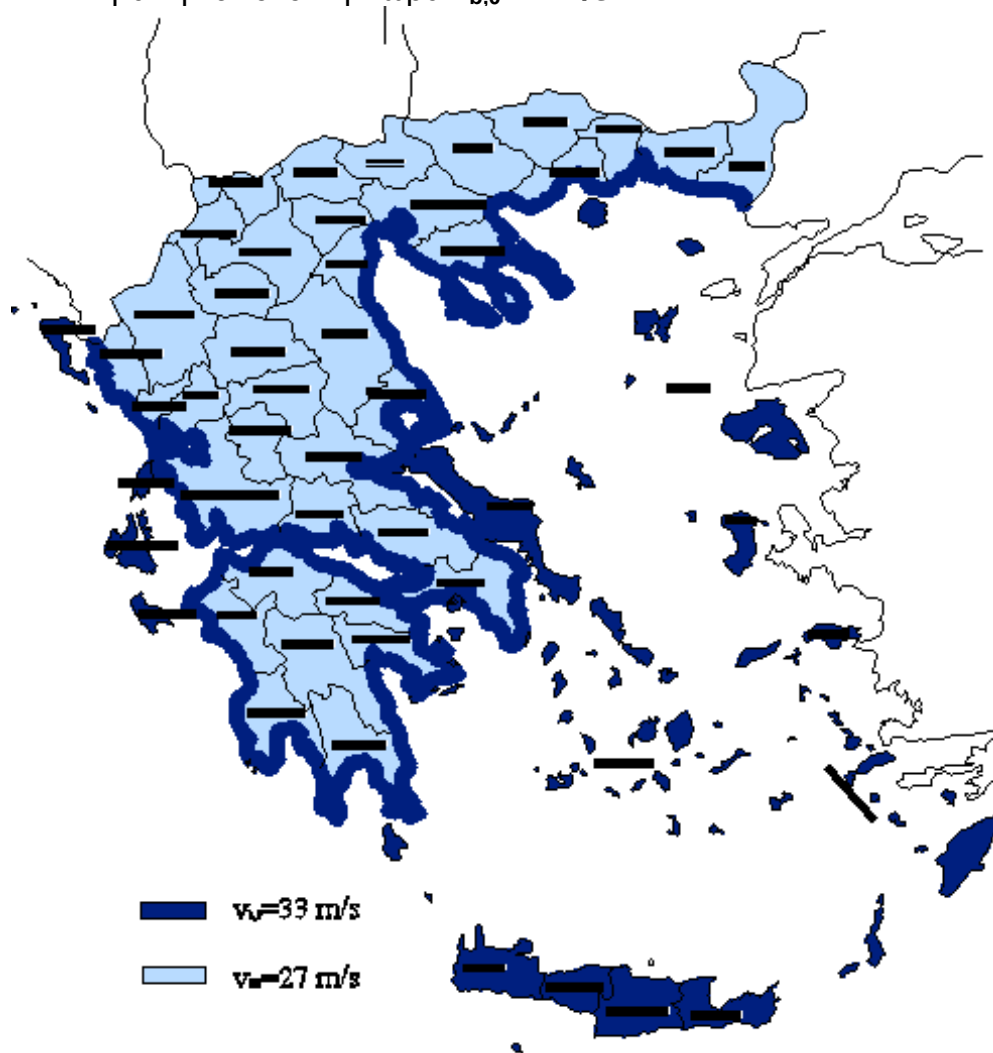
Για τις περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι επιθυμητή διαφορετική ετήσια πιθανότητα υπέρβασης, p ,

δίνεται διορθωτικός συντελεστής πιθανότητας:
$$c_{prob} = \sqrt{\left(\frac{1-0.2 \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1-0.2 \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)}$$
.

Με βάση τα παραπάνω, η **θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$** , είναι η μέση ταχύτητα ανέμου διάρκειας 10 λεπτών, με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0.02, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου, σε ύψος 10 m πάνω από επίπεδη ανοιχτή περιοχή εδάφους.

Στο Εθνικό Προσάρτημα έχουν υιοθετηθεί οι εξής τιμές για την $v_{b,0}$ (βλ. και Σχήμα 1)

- για τα νησιά και παράλια μέχρι 10km από την ακτή $v_{b,0}=33\text{m/s}$ και
- για την υπόλοιπη Χώρα $v_{b,0}=27\text{m/s}$.



Σχήμα 1: Χάρτης θεμελιώδους βασικής ταχύτητας του ανέμου.

3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b .

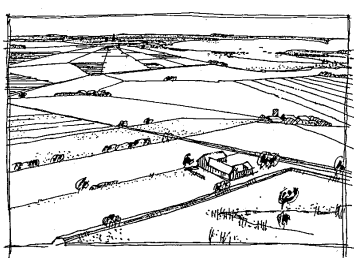
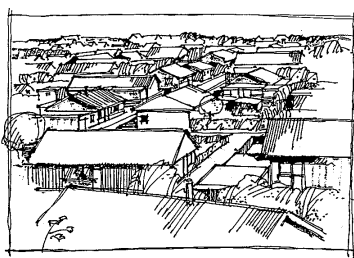
Είναι η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (συντελεστής διεύθυνσης, c_{dir}) και την εποχή (εάν απαιτείται) (εποχικός συντελεστής,

C_{season}). ΣΤΙΣ συνήθεις περιπτώσεις οι συντελεστές αυτοί είναι ίσοι με την μονάδα.

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$$

3.3 Τραχύτητα του εδάφους: Η τραχύτητα του εδάφους εξαρτάται κυρίως από το ύψος και την πυκνότητα των εμποδίων (κτήρια και δένδρα) γύρω από την εξεταζόμενη περιοχή. Επηρεάζει την κατατομή (profil) της ταχύτητας του ανέμου καθύψος. Προβλέπονται 5 κατηγορίες εδάφους (0, I, II, III, και IV).

Πίνακας 1: Απεικονίσεις της ανώτερης τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους και αντίστοιχοι ορισμοί.

	
<p>Κατηγορία εδάφους 0: Θάλασσα, παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα</p>	<p>Κατηγορία εδάφους I: Λίμνες ή περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια</p>
	
<p>Κατηγορία εδάφους II: Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων</p>	<p>Κατηγορία εδάφους III: Περιοχή με κανονική κάλυψη από βλάστηση ή από κτίρια ή από μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)</p>
	
<p>Κατηγορία εδάφους IV: Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m</p>	

3.4 Μέση ταχύτητα ανέμου

Είναι η βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη την επίδραση της τραχύτητας του εδάφους (συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$) και την τοπογραφία (συντελεστής αναγλύφου, $c_o(z)$).

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

Για τον άνεμο θεωρείται ότι ισχύει πρακτικά η θεωρία του οριακού στρώματος και η ταχύτητά του θεωρείται ότι μεταβάλλεται καθύψος (κατατομή) με λογαριθμικό τρόπο (ισχύει μέχρι ύψους $z_{max} = 200m$). Η μεταβολή αυτή της ταχύτητας του ανέμου καθύψος, για τις διάφορες τραχύτητες του εδάφους, δίνεται από τον συντελεστή τραχύτητας $c_r(z)$.

Ο **συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$** , δίνεται από την σχέση (βλ. και Σχήμα. 2):

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{για} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{για} \quad z \leq z_{min}$$

Όπου ο συντελεστής εδάφους k_r δίνεται από την σχέση:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

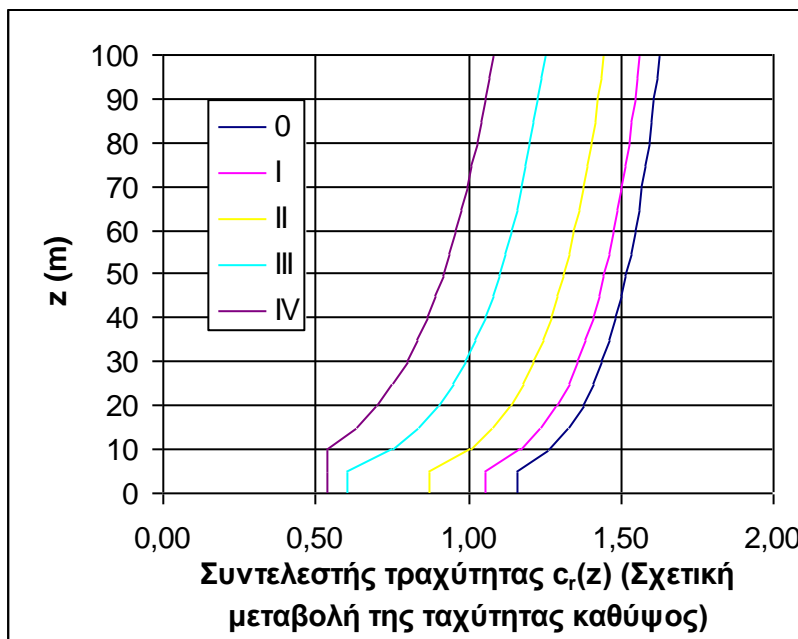
Οι παράμετροι z_0 και z_{min} δίνονται από τον επόμενο πίνακα 1 συναρτήσει της τραχύτητας του εδάφους.

Σε περίπτωση αμφιβολίας σχετικά με την τραχύτητα του εδάφους, ιδίως σε περιπτώσεις όπως π.χ. όταν στις διάφορες διευθύνσεις γύρω από το κτήριο ισχύουν διαφορετικές τραχύτητες εδάφους ή όταν πάνω σε μια διεύθυνση αλλάζει η τραχύτητα του εδάφους συνιστάται να λαμβάνεται η δυσμενέστερη δηλαδή η μικρότερη. Πάντως στο Παράρτημα Α2 δίνονται στοιχεία για την κατάταξη στην κατάλληλη κατηγορία τραχύτητας ανάλογα με την απόσταση στην οποία παρατηρείται αλλαγή στην τραχύτητα του εδάφους.

Πίνακας 1: Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους

Κατηγορία εδάφους		z_0 (m)	z_{min} (m)
0	Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I	Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II	Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III	Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5

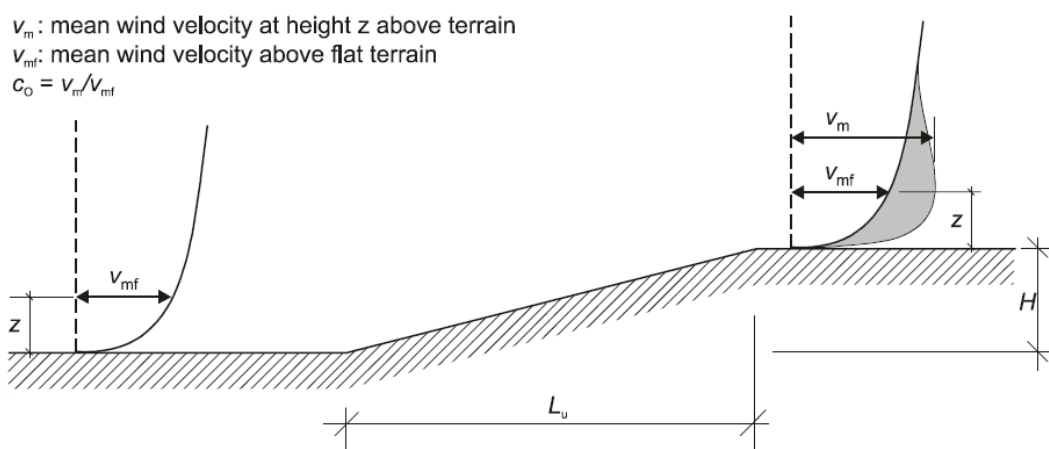
IV	Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10
----	---	-----	----



Σχήμα 2: Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$ (σχετική μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους). **Σημείωση:** στην πράξη δεν είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του συντελεστή τραχύτητας, αλλά μπορεί να λαβάνεται απευθείας ο συντελεστής έκθεσης, c_e , (στον οποίο εμπεριέχεται και συντελεστής τραχύτητας)

Ο **συντελεστής αναγλύφου** λαβαίνει υπόψη την αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου που παρατηρείται σε κορυφές των λόφων ή σε κοιλάδες και χαράδρες. Ορίζεται ως ο λόγος της μέσης ταχύτητας, $v_m(z)$, στην πλαγιά ή την κορυφή του λόφου προς την ταχύτητα στην βάση του λόφου (σε επίπεδο έδαφος, $v_{mf}(z)$):

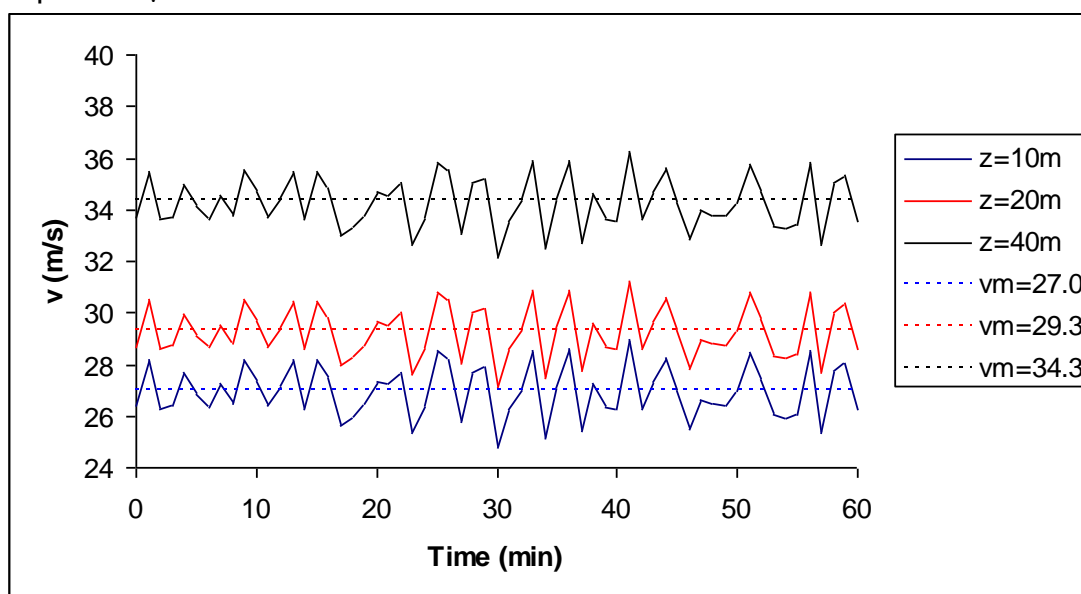
$$c_0(z) = v_m(z) / v_{mf}(z)$$



Σχήμα 3: Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου λόγω ανάγλυφου του εδάφους.

3.5 Ταχύτητα αιχμής – Πίεση αιχμής

Η ταχύτητα του ανέμου γενικώς δεν είναι σταθερή. Η μέση ταχύτητα μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου ανάλογα με τα καιρικά φαινόμενα και τις μετεωρολογικές διαταραχές. Αλλά και στην περίπτωση όπου η μέση ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί σταθερή (π.χ. για ένα διάστημα μιας ώρας), η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου διακυμαίνεται, λόγω των στροβιλισμών, γύρω από την μέση τιμή v_m . Στο Σχήμα 4 φαίνεται ενδεικτικά, υπό μορφή παραδείγματος, η διακύμανση της στιγμιαίας ταχύτητας γύρω από την μέση τιμή. Διακρίνονται τρεις καταγραφές που έγιναν σε τρία διαφορετικά ύψη: $z=10$, 20 και 40m. Για τα τρία αυτά ύψη, η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι αντιστοίχως 27.0m/s, 29.3m/s και 34.3m/s. Η τυπική απόκλιση της ταχύτητας υπολογίσθηκε ότι είναι περίπου $\sigma_v=1.0$ m/s.



Σχήμα 4: Διακύμανση της στιγμιαίας ταχύτητας του ανέμου γύρω από την μέση τιμή. Φαίνονται τρεις ξεχωριστές καταγραφές, σε τρία διαφορετικά ύψη: 10, 20 και 40m. (Τεχνητό παράδειγμα)

Για τον προσδιορισμό της δράσης του ανέμου σε κάθε ύψος z , δεν λαμβάνεται η μέση ταχύτητα, αλλά μια μεγαλύτερη, προσαυξημένη κατά 3.5 φορές την τυπική απόκλιση σ_v :

$$v = v_m + \Delta v = v_m + 3.5\sigma_v = v_m(1 + 3.5\sigma_v/v_m)$$

Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται **ταχύτητα αιχμής** και η πίεση που αντιστοιχεί στην πίεση αυτή ονομάζεται **πίεση αιχμής**.

Επειδή η πίεση, q , που προκαλεί ο άνεμος ταχύτητας v δίνεται από την σχέση:

$$q = \rho v^2 / 2$$

όπου

q η πίεση σε N/m^2 ,

ρ η πυκνότητα του αέρα η οποία μπορεί να λαμβάνεται ίση με $1.25kg/m^3$ και

v η ταχύτητα σε m/s

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι η πίεση αιχμής είναι ίση με:

$$q = \rho v^2 / 2 = \rho [v_m + 3.5 \sigma_v]^2 / 2 \approx \rho v_m^2 / 2 [1 + 2 \cdot 3.5 (\sigma_v / v_m)]^c =$$

$$q_b) \cdot c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot [1 + 7 I_v(z)] = c_e q_b$$

όπου:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{για} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{για} \quad z < z_{\min}$$

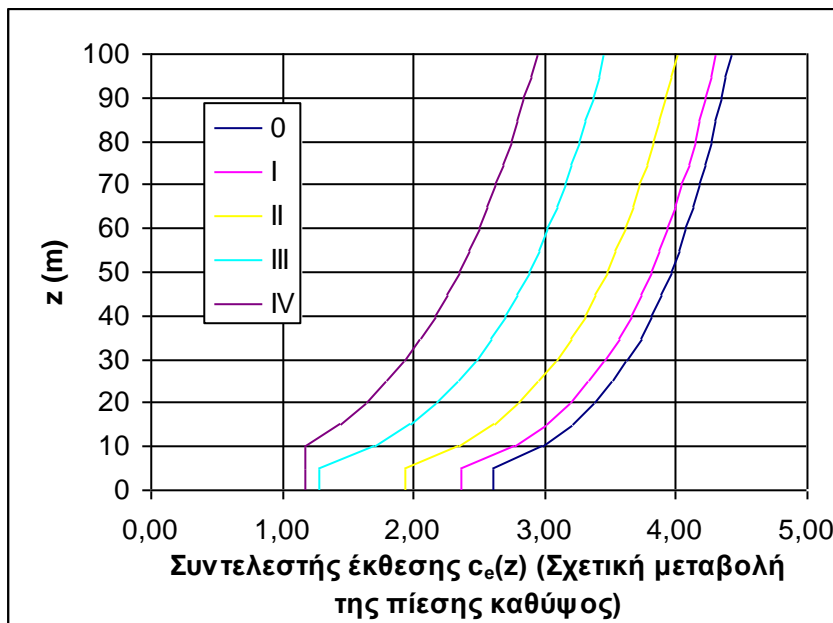
c_e συντελεστής έκθεσης εξαρτώμενος από την τραχύτητα και το ύψος z από το έδαφος και την ένταση των στροβιλισμών (βλ. Σχήμα 3):

$$c_e = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot [1 + 7 I_v(z)]$$

$$q_b = \rho v_b^2 / 2.$$

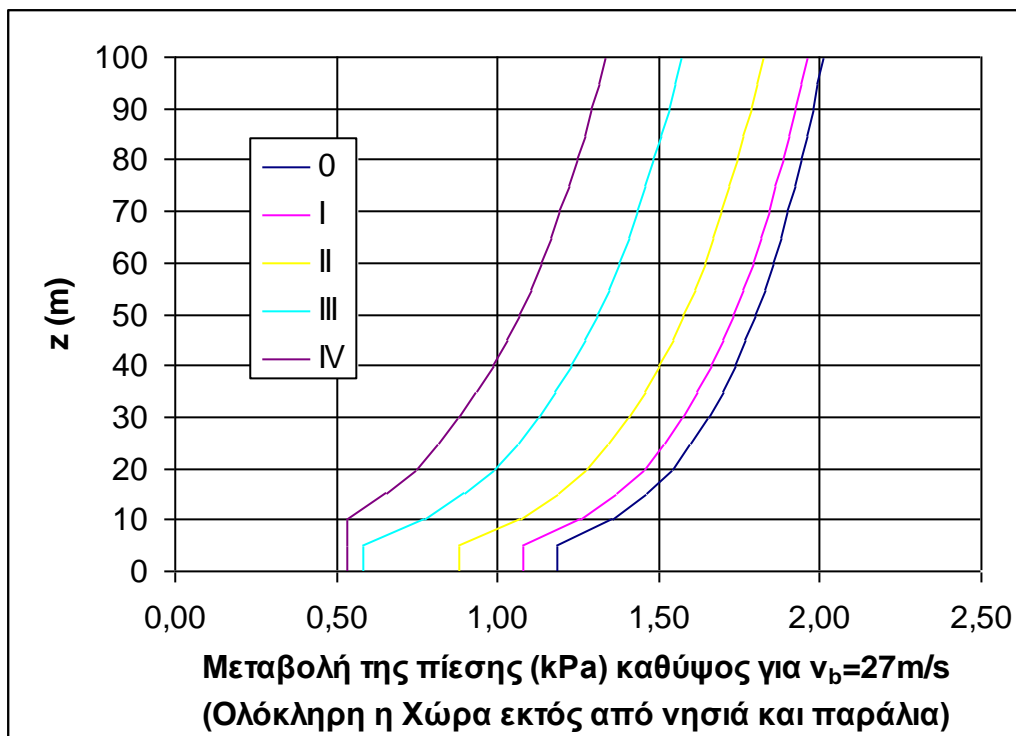
Για $v_b = 27 \text{ m/s}$ προκύπτει $q_b = 1.25 \cdot 27^2 / 2 = 455 \text{ N/m}^2 = 0.455 \text{ kN/m}^2 = 45.5 \text{ kg/m}^2$
(βλ. Σχήμα 4, για $c_0(z) = 1$)

Για $v_b = 33 \text{ m/s}$ προκύπτει $q_b = 1.25 \cdot 33^2 / 2 = 681 \text{ N/m}^2 = 0.681 \text{ kN/m}^2 = 68.1 \text{ kg/m}^2$
(βλ. Σχήμα 5, για $c_0(z) = 1$)

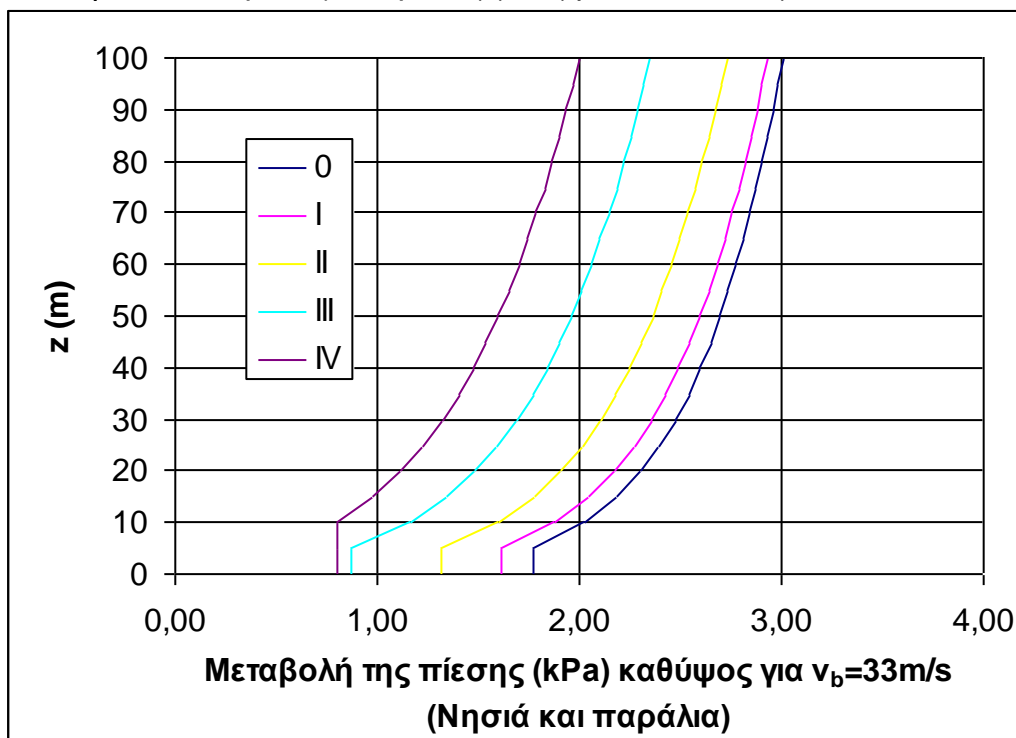


Σχήμα 3: Συντελεστής έκθεσης, $c_e(z)$ (ή αλλιώς: σχετική μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου) συναρτήσεως του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους.

^c Κατά την ύψωση στο τετράγωνο, αγνοήθηκε ο όρος $[3.5(\sigma_v/v_m)]^2$ ως πολύ μικρός έναντι των άλλων δύο όρων



Σχήμα 4: Μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους για ταχύτητα $v_b=27\text{m/s}$ (λοιπή Χώρα εκτός από νησιά και παράλια) και για $c_0(z)=1$ ($q_b=0.455\text{kN/m}^2$).



Σχήμα 5: Μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους για ταχύτητα $v_b=33\text{m/s}$ (νησιά και παράλια) και για $c_0(z)=1$ ($q_b=0.681\text{kN/m}^2$).

3.6 Ύψος αναφοράς

Η πίεση γενικώς μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του ύψους z (βλ. Σχήματα 4 και 5). Ωστόσο στους υπολογισμούς, η πίεση λαμβάνεται σταθερή κατά τμήματα της προσβαλλομένης επιφάνειας. Για κάθε τμήμα ορίζεται ένα ύψος αναφοράς για το οποίο υπολογίζεται η αντίστοιχη πίεση και η οποία θεωρείται σταθερή για το εξεταζόμενο τμήμα. Διακρίνονται δύο κατηγορίες υψών αναφοράς: ύψος αναφοράς για τις εξωτερικές πιέσεις, z_e , και ύψος αναφοράς για τις εσωτερικές πιέσεις, z_i . Συνήθως το ύψος αναφοράς είναι ύψος του υψηλότερου σημείου κάθε τμήματος.

3.7 Συντελεστές πίεσης

Οι συντελεστές πίεσης λαβαίνουν υπόψη το σχήμα και την μορφή της προσβαλλόμενης επιφάνειας προκειμένου να υπολογισθεί η πίεση πάνω σε την επιφάνεια από την πίεση αιχμής.

Οι συντελεστές πίεσης διακρίνονται σε:

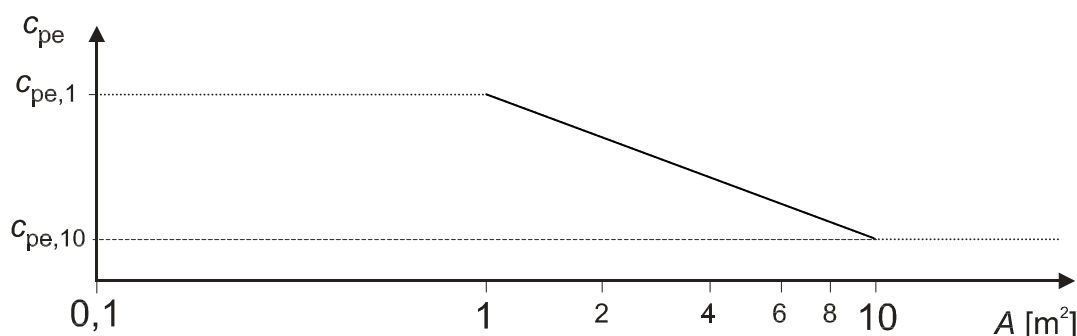
- συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} , οι οποίοι, ανάλογα με την προσβαλλόμενη επιφάνεια, διακρίνονται περαιτέρω
 - σε καθολικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,10}$, και
 - τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,1}$.
- συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} ,
- συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$.

Οι **συντελεστές εξωτερικής πίεσης**, c_{pe} , δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων. Συνήθως έχουν θετική τιμή για την προσήνεμη επιφάνεια και αρνητική τιμή για την υπήνεμη επιφάνεια.

Οι **τοπικοί** συντελεστές εξωτερικής πίεσης εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μικρές φορτιζόμενες επιφάνειες (μικρότερες από 1m^2) π.χ. για το σχεδιασμό μικρών στοιχείων ή συνδέσμων. Οι **καθολικοί** συντελεστές εξωτερικής πίεσης εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μεγάλες φορτιζόμενες επιφάνειες (μεγαλύτερες από 10m^2). Προφανώς είναι $c_{pe,1} > c_{pe,10}$.

Για ενδιάμεσες επιφάνειες προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή (βλ. Σχήμα 6):

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A \quad (\text{το } A \text{ σε } \text{m}^2) \text{ ισχύει για } 1\text{m}^2 < A < 10\text{m}^2$$



Σχήμα 6: Μεταβολή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης για επιφάνειες μεταξύ 1m^2 και 10m^2 .

Οι **συντελεστές εσωτερικής πίεσης**, c_{pi} , δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εσωτερικές επιφάνειες των κτιρίων.

Οι **συντελεστές τελικής πίεσης**, $C_{p,net}$, δίνουν τη συνισταμένη δράση του ανέμου σε μια κατασκευή, σε δομικό στοιχείο ή τμήμα, ανά μονάδα επιφανείας. Χρησιμοποιούνται όταν δεν μπορούν να ορισθούν οι συντελεστές εξωτερικής ή/και εσωτερικής πίεσης, όταν υπάρχουν επάλληλες προσβαλλόμενες επιφάνειες, ανοικτά στέγαστρα, παραπέτα, στηθαία, φράκτες κλπ.

3.8 Συντελεστές δύναμης

Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. δικυώματα, γέφυρες κλπ) κατά τις οποίες οι αναπτυσσόμενες πιέσεις στις επιμέρους επιφάνειες είναι δύσκολο να υπολογισθούν αλλά και η ολοκλήρωσή τους θα ήταν κοπιώδης, δίνονται **συντελεστές δυνάμεων** (και όχι συντελεστές πίεσεως) μέσω των οποίων υπολογίζονται κατευθείαν οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις (και όχι οι πιέσεις) στην κατασκευή ή σε τμήμα αυτής.

Οι συντελεστές δύναμης δίνουν τη συνολική επίδραση του ανέμου σε μια κατασκευή, δομικό στοιχείο ή τμήμα συνολικά, συμπεριλαμβανομένης της τριβής, εάν ρητά δεν εξαιρείται

3.9 Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα

Προκειμένου να υπολογισθεί η αναπτυσσόμενη πίεση ανέμου σε μια κατασκευή και προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα φαινόμενα κλίμακας και τα δυναμικά φαινόμενα, η πίεση αιχμής πολλαπλασιάζεται με δύο τροποποιητικούς συντελεστές $c_s c_d$. Ειδικότερα:

- Επειδή η πίεση αιχμής δεν αναπτύσσεται ταυτόχρονα σε όλη την προσβαλλόμενη επιφάνεια, εισάγεται ένας τροποποιητικός συντελεστής μεγέθους, c_s .
- Ομοίως, για να ληφθεί υπόψη η δυναμική απόκριση της κατασκευής εισάγεται ένας τροποποιητικός δυναμικός συντελεστής, c_d .

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η κατασκευή δεν είναι μεγάλων διαστάσεων ή τα δυναμικά φαινόμενα δεν είναι σημαντικά, οι δύο αυτοί συντελεστές λαμβάνονται ως ένας ενιαίος συντελεστής $c_s c_d$ για τον οποίο δίνεται μια τιμή (συνήθως $c_s c_d = 1$). Σε διαφορετική περίπτωση δίνονται αναλυτικές σχέσεις για τον υπολογισμό του καθενός συντελεστή ξεχωριστά. Πάντως, ακόμη και στις περιπτώσεις που γίνεται χωριστός υπολογισμός των συντελεστών c_s και c_d , στο κείμενο του Ευρωκώδικα αντιμετωπίζονται ως ένας συντελεστής με την ατυχή και παραπλανητική ονομασία «Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$ » ή «δομικός συντελεστής $c_s c_d$ » το οποίο αποτελεί μετάφραση της εξίσου ατυχούς αγγλικής ονομασίας «Structural^d factor $c_s c_d$ ».

Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται όταν υπολογίζονται συνολικά οι δυνάμεις επί της κατασκευής και ειδικότερα εφαρμόζεται:

- στις πιέσεις επί των εξωτερικών επιφανειών πολλαπλασιάζοντας τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} , και
- στις συνολικές δυνάμεις πολλαπλασιάζοντας τους συντελεστές δύναμης

Σημείωση: ο συντελεστής $c_s c_d$ δεν εφαρμόζεται όταν χρησιμοποιούνται οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης και οι συντελεστές τελικής πίεσης.

^d Με την έννοια ότι αναφέρεται σε ιδιότητες του δομήματος (μέγεθος και δυναμικά χαρακτηριστικά)
Εκπαιδευτικές Σημειώσεις TEE : EN 1991-1-4
N. Μαλακάτας, Κ. Τρέζος

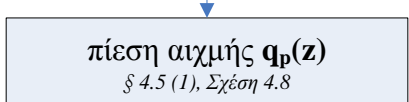
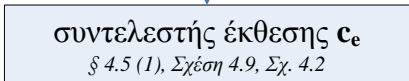
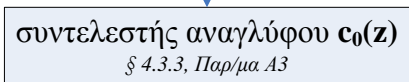
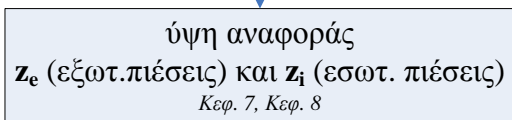
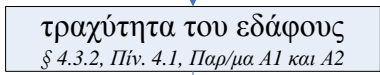
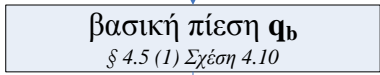
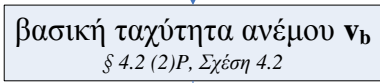
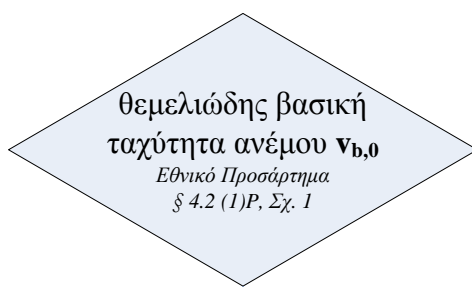
4. Διαδικασία υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.

Για τον υπολογισμό της δράσεως του ανέμου ακολουθούνται τα εξής βήματα:^e

1. Ανάλογα με την γεωγραφική θέση του δομήματος αποφασίζεται η **θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$** . Δεν μπορεί να είναι μικρότερη από την τιμή που καθορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (1)P (βλ. και Σχήμα 1). Η τιμή αυτή είναι 33m/s για τα παράλια και τα νησιά και 27m/s για την λοιπή χώρα.
2. Υπολογίζεται η **βασική ταχύτητα ανέμου, v_b** , Παραγρ. 4.2 (2)P, σχέση 4.2. Ο συντελεστής διευθύνσεως και ο εποχικός συντελεστής σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (2)P Σημειώσεις 2 και 3 είναι ίσοι με την μονάδα. Έτσι: $v_b = v_{b,0}$ (που υπολογίσθηκε στο Βήμα 1)
3. Υπολογίζεται η βασική πίεση, q_b , Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.10. Η πίεση αυτή είναι $q_b = 0.681 \text{ kN/m}^2$ για τα νησιά και τα παράλια και $q_b = 0.455 \text{ kN/m}^2$ για την λοιπή χώρα.
4. Προσδιορίζεται η τραχύτητα του εδάφους Παραγρ. 4.3.2, Πίνακας 4.1 και Παράρτημα A1 και A2.
5. Προσδιορίζεται το ύψος αναφοράς, z_e για τις εξωτερικές πιέσεις και z_i για τις εσωτερικές πιέσεις Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8
6. Υπολογίζεται ο συντελεστής αναγλύφου, $c_0(z)$, Παραγρ. 4.3.3 και Παράρτημα A3
7. Υπολογίζεται ο συντελεστής έκθεσης, c_e , Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.9 (και Σχήμα 4.2)
8. Υπολογίζεται η πίεση αιχμής, $q_p(z)$, Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.8
9. Αν πρόκειται να υπολογισθούν δυνάμεις πάνω στην κατασκευή (συνολική δράση του ανέμου) συνεχίζουμε στο βήμα 13, ενώ αν πρόκειται να υπολογισθούν πιέσεις (για τον έλεγχο επικαλύψεων, στερεώσεων κλπ) συνεχίζουμε στο βήμα 10
10. Υπολογίζονται οι συντελεστές εξωτερικής πίεσεως, $c_{p,e}$, και οι συντελεστές εσωτερικής πίεσεως, $c_{p,i}$, Κεφάλαιο 7
11. Υπολογίζεται η πίεση του ανέμου που δρα στις εξωτερικές επιφάνειες, w_e , Παραγρ. 5.2 (1) σχέση 5.1 και η πίεση του ανέμου που δρα στις εσωτερικές επιφάνειες, w_i , Παραγρ. 5.2 (2) σχέση 5.2
12. Η τελική πίεση σε ένα στοιχείο είναι η διαφορά μεταξύ των πιέσεων στις δύο επιφάνειες λαμβάνοντας υπόψη το πρόσημό τους. Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.
13. Υπολογίζονται οι συντελεστές μεγέθους, c_s , και δυναμικής απόκρισης, c_d , Κεφάλαιο 6 και Παραρτήματα Β, Γ και Δ
14. Αν, για τον εξεταζόμενο τύπο του δομήματος, διατίθενται οι συντελεστές δυνάμεως, c_f , τότε αυτοί προσδιορίζονται σύμφωνα με το Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8, αν δεν διατίθενται συντελεστές δυνάμεως τότε συνεχίζουμε στο βήμα 17
15. Υπολογίζεται η επιφάνεια αναφοράς, A_{ref} , Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8
16. Υπολογίζεται η δύναμη του ανέμου, F_w , Παραγρ. 5.3 (2) σχέσεις 5.3 και 5.4 Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.
17. Υπολογίζονται οι πιέσεις που δρουν στις εξωτερικές επιφάνειες, w_e , και στις εσωτερικές επιφάνειες, w_i , βλ Βήμα 11 παραπάνω καθώς και οι επιφάνειες αναφοράς, A_{ref} , βλ Βήμα 15 παραπάνω

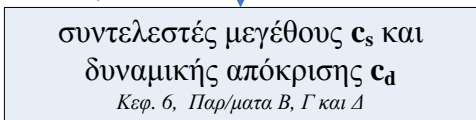
^e Το πλάγιο υπογραμμισμένο κείμενο υποδηλώνει παραπομπή στον Ευρωκώδικα EN1991-1-4

18. Υπολογίζονται ο συντελεστής τριβής, c_{fr} , και το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας παράλληλα προς τον άνεμο, A_{fr} , Παραγρ. 7.5
19. Υπολογίζονται οι εξωτερικές δυνάμεις, $F_{w,e}$, οι εσωτερικές δυνάμεις, $F_{w,i}$ και οι δυνάμεις τριβής, F_{fr} , Παραγρ. 5.3 (3) σχέσεις 5.5, 5.6 και 5.7.
Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.



Υπολογισμός Πίεσεων

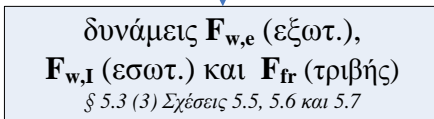
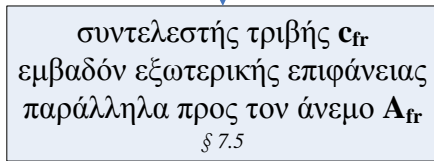
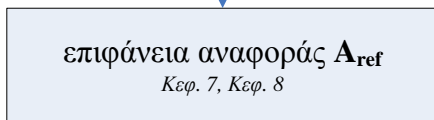
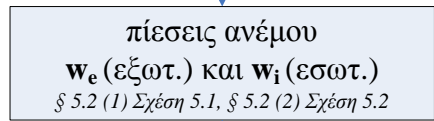
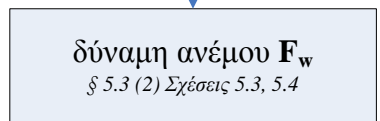
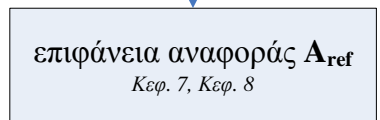
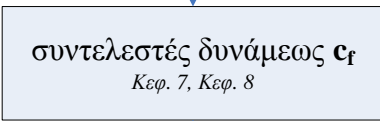
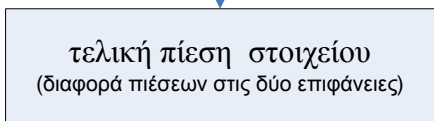
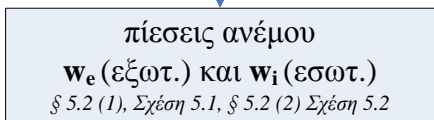
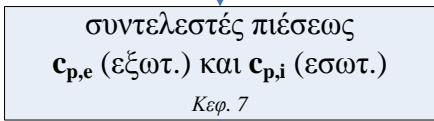
Υπολογισμός Δυνάμεων



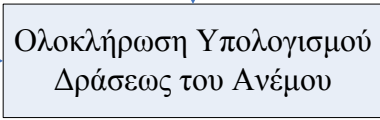
Διατίθενται Συντελεστές Δυνάμεως για τον τύπο του δομήματος;

ΝΑΙ

ΟΧΙ



Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ΤΕΕ : EN 1991-1-4
Ν. Μαλακάτας, Κ. Τρέζος



Μέγεθος ή παράμετρος	Παράγραφος
<p>πίεση ταχύτητας αιχμής q_p βασική ταχύτητα ανέμου v_b ύψος αναφοράς z_e κατηγορία εδάφους χαρακτηριστική πίεση ταχύτητας αιχμής q_p ένταση στροβιλισμού l_v μέση ταχύτητα ανέμου v_m συντελεστής ανάγλυφου του εδάφους $c_o(z)$ συντελεστής τραχύτητας $c_t(z)$</p>	<p>4.2 (2)P Κεφάλαιο 7 Πίνακας 4.1 4.5 (1) 4.4 4.3.1 4.3.3 4.3.2</p>
<p>Πιέσεις ανέμου, π.χ. για επικαλύψεις, στερεώσεις και δομικά στοιχεία συντελεστής εσωτερικής πίεσης c_{pi} συντελεστής εξωτερικής πίεσης c_{pe} συντελεστής τελικής πίεσης $c_{p, net}$ εξωτερική πίεση ανέμου: $w_e = q_p c_{pe}$ εσωτερική πίεση ανέμου: $w_i = q_p c_{pi}$</p>	<p>Κεφάλαιο 7 Κεφάλαιο 7 Κεφάλαιο 7 5.2 (1) 5.2 (2)</p>
<p>Δυνάμεις ανέμου σε κατασκευές, π.χ. για καθολικές επιδράσεις ανέμου συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής: $c_s c_d$ δύναμη ανέμου F_w υπολογιζόμενη από τους συντελεστές δύναμης δύναμη ανέμου F_w υπολογιζόμενη από τους συντελεστές πίεσης</p>	<p>Κεφάλαιο 6 5.3 (2) 5.3 (3)</p>

5. Εφαρμογές

5.1 Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη

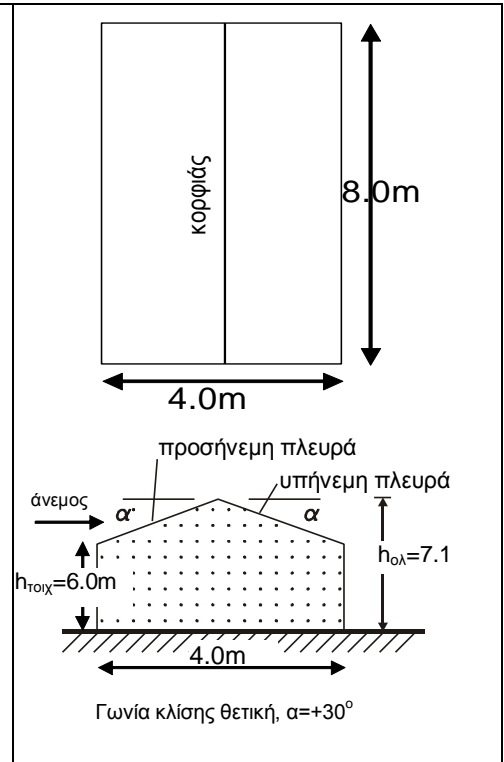
1. Δίδεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με δικλινή στέγη

Διαστάσεις: κάτοψη 4.0*8.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 6.0m, ύψος μέχρι τον κορφιά 7.1m, (γωνία κλίσης της στέγης α : $\tan\alpha=1.1/2.0=0.55$, $\alpha=28.8^\circ\approx 30^\circ$.)

Περιοχή: Μαρκόπουλο, έδαφος επίπεδο, Τραχύτητα II, Περίοδος επαναφοράς 50 έτη

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$



1.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$: η περιοχή θεωρείται παράλιος επειδή απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0}=33\text{m/s}$

Βλ. Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (1)P (βλ. και Σχήμα 1 του παρόντος).

1.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b , συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir}=1.0$ εποχικός συντελεστής $c_{season}=1.0$
 $v_b=c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}=1 * 1 * 33=33\text{m/s}$

Παραγρ. 4.2 (2)P,
Σημείωση 2.
Παραγρ. 4.2 (2)P,
Σημείωση 3
Παραγρ. 4.2 (2)P, σχέση 4.2

1.3 Βασική πίεση, q_b :

$$q_b = \rho v_b^2 / 2.$$

Για $v_b=33\text{m/s}$ προκύπτει

$$q_b = 1.25 * 33^2 / 2 = 681 \text{N/m}^2 = 0.681 \text{kN/m}^2 = 68.1 \text{kg/m}^2$$

Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.10

1.4 Τραχύτητα του εδάφους: Η περιοχή του έργου έχει χαμηλή βλάστηση και εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων, άρα είναι τραχύτητας II.

Παραγρ. 4.3.2, Πίνακας 4.1 και Παράρτημα A1 και A2.

1.5 Ύψος αναφοράς:

Για την στέγη: $z_e=7.1\text{m}$

Για τους εξωτερικούς τοίχους:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0$, $b=8.0\text{m}$, και $h=7.1\text{m}$ είναι $h < b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα:

$$z_e=7.1\text{m},$$

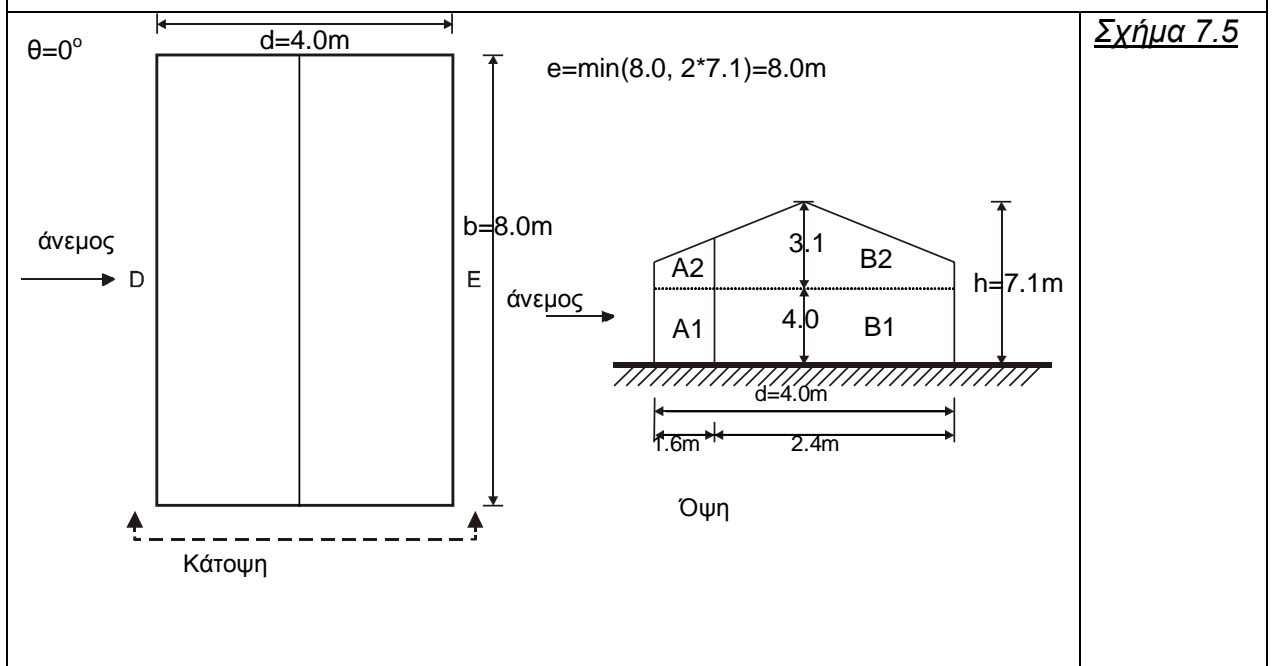
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90$,

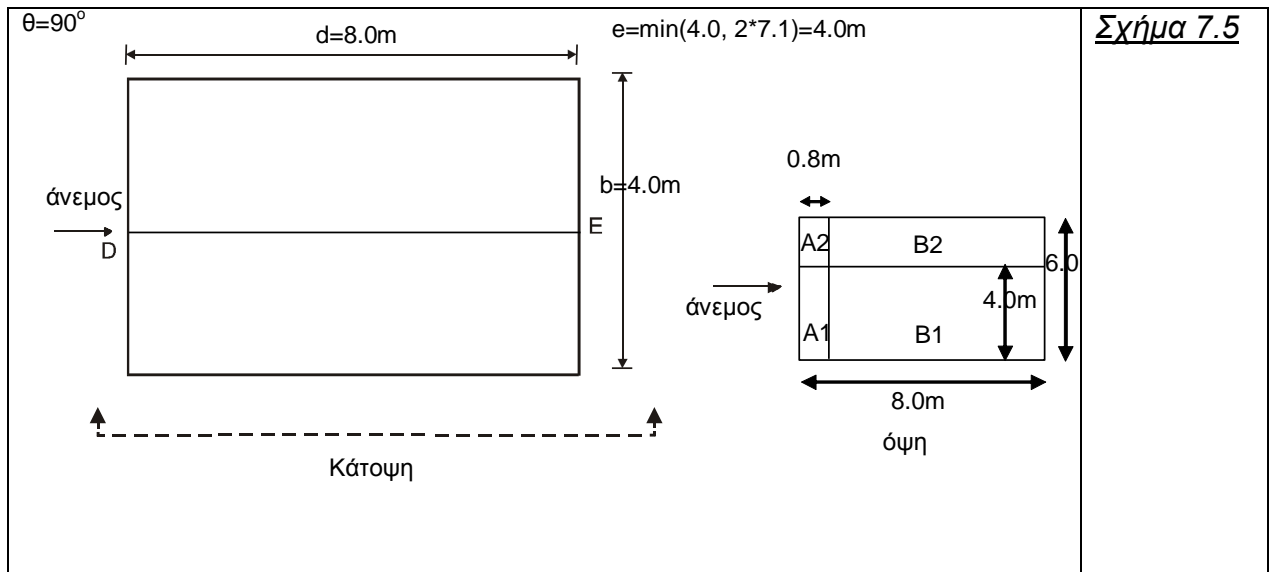
Παραγρ. 7.2.5 (2)P,

Παραγρ. 7.2.2 και σχήμα 7.4

<p>$b=4.0\text{m}$, και $h=7.1\text{m}$ είναι $b < h < 2b$ άρα διακρίνουμε δύο τμήματα: -το κατώτερο ύψους 4.0m για το οποίο $z_e=4.0\text{m}$ -το ανώτερο ύψους 3.1m με $z_e=7.1\text{m}$</p>	<u>Παραγρ. 7.2.2 και σχήμα 7.4</u>
<p>1.6 Συντελεστής αναγλύφου, $c_0(z)$: Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)=1.0$</p>	<u>Παραγρ. 4.3.3 και Παράρτημα A3</u>
<p>1.7 Πίεση αιχμής, $q_p(z)$:</p> <ul style="list-style-type: none"> για $z_e=4.0\text{m}$ είναι $q_p(4.0)=1.31\text{kPa}$ για $z_e=7.1\text{m}$ είναι $q_p(7.1)=1.46\text{kPa}$ 	<u>Παραγρ. 4.5 (1) σχέσεις 4.8 και 4.9 (καθώς και σχήμα 5 του παρόντος)</u>
<p>1.8 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{p,e}$: 1.8.1 Για κατακόρυφους τοίχους (βλ. Σχήμα 7.5)</p>	<u>Παραγρ. 7.2.2 και σχήμα 7.5</u>

Ζώνη	A1 και A2		B1 και B2		D		E		Πίνακας 7.1
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
	1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	+0.8	+1.0	-0.5	





1.8.2 Για την στέγη (βλ. Σχήμα 7.8)

$\theta=0^\circ$

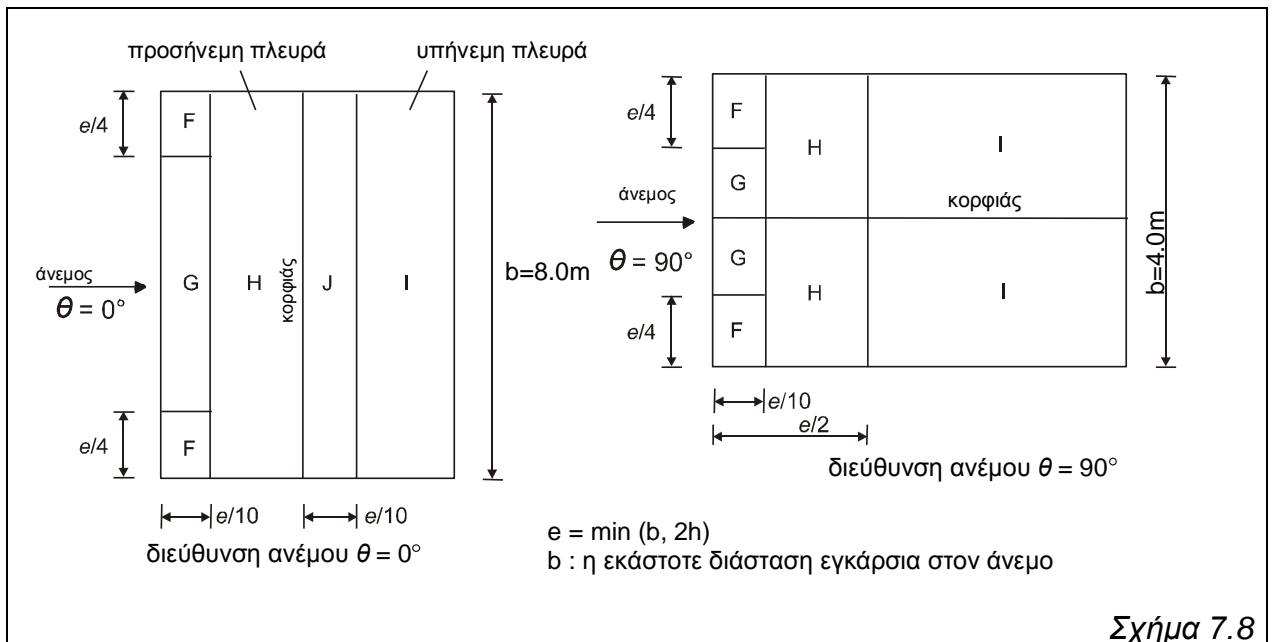
Ζώνη	F		G		H		I		J	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,5	1,5	0,5	1,5	0.2	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5
	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7

Πίνακας 7.4.α

$\theta=90^\circ$

Ζώνη	F		G		H		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.1	1.5	1.4	2.0	0.8	1.2	0.5	0.5

Πίνακας 7.4.β



1.9 Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$

Επειδή το ύψος του κτηρίου είναι μικρότερο από 15m, ο συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής λαμβάνεται $c_s c_d = 1.0$

Παραγρ. 6.2 (1)α

1.10 Υπολογισμός των δυνάμεων επί των εξωτερικών επιφανειών

Οι δυνάμεις υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τις πιέσεις αιχμής (βλ 1.7) επί τους συντελεστές εξωτερικής πίεσεως (βλ 1.8) επί τις αντίστοιχες επιφάνειες (βλ. σχήματα παραπάνω) επί τον συνδυασμένο δυναμικό συντελεστή (βλ. 1.9).

Ενδεικτικά υπολογίζονται οι εξής δυνάμεις:

Στον προσήνεμο τοίχο για γωνία $\theta=0^\circ$, είναι:
 $A=8*6=48m^2$, $q_p(7.1)=1.46kPa$, $c_{pe,10}=+0.8$, άρα
 $F_1=+1.46*0.8*48*1=+56.06kN$
 Η δύναμη είναι θετική με κατεύθυνση προς την επιφάνεια

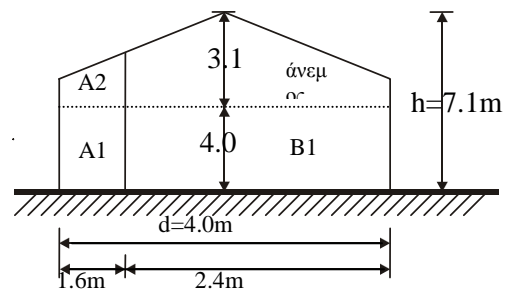
Στον πλαινό τοίχο για γωνία $\theta=0^\circ$,

Οι επιφάνειες είναι:
 $A1=1.6*4.0=6.40m^2$,
 $B1=2.4*4.0=9.60m^2$,
 $A2=0.5*(2.0+2.88)*1.6=3.90m^2$,
 $B2=0.5*(2.0+3.1)*2.0+0.5*(3.1+2.88)*0.4=6.30m^2$

Και οι αντίστοιχες δυνάμεις είναι:

$F_{A1} = -1.31*1.2*6.4*1 = -10.06kN$
 $F_{B1} = -1.31*0.8*9.6*1 = -10.06kN$
 $F_{A2} = -1.46*1.2*3.9*1 = -6.83kN$
 $F_{B2} = -1.46*0.8*6.3*1 = -7.36kN$

Όλες οι δυνάμεις είναι αρνητικές (αναρρόφηση, απομάκρυνση από την επιφάνεια)



Στην στέγη για γωνία $\theta=0^\circ$,

Οι επιφάνειες είναι:

$$F=2.0 \cdot 0.8=1.60\text{m}^2,$$

$$G=4.0 \cdot 0.8=3.20\text{m}^2,$$

$$H=1.2 \cdot 8.0=9.60\text{m}^2,$$

$$I=1.2 \cdot 8.0=9.60\text{m}^2,$$

$$J=0.8 \cdot 8.0=6.40\text{m}^2,$$

Για γωνία κλίσης της στέγης $\alpha=30^\circ$, μπορεί να προκληθεί είτε υπερπίεση (δύναμη κατευθυνόμενη προς την επιφάνεια) είτε υποπίεση (αναρρόφηση, απομάκρυνση από την επιφάνεια). Οι αντίστοιχες δυνάμεις είναι:

Για υπερπίεση:

$$F_F = -1.46 \cdot 0.5 \cdot 1.60 \cdot 1 = -1.17\text{kN}$$

$$F_G = -1.46 \cdot 0.5 \cdot 3.20 \cdot 1 = -2.34\text{kN}$$

$$F_H = -1.46 \cdot 0.2 \cdot 9.60 \cdot 1 = -2.80\text{kN}$$

$$F_I = -1.46 \cdot 0.4 \cdot 9.60 \cdot 1 = -5.61\text{kN}$$

$$F_J = -1.46 \cdot 0.5 \cdot 6.40 \cdot 1 = -4.67\text{kN}$$

Για υποπίεση:

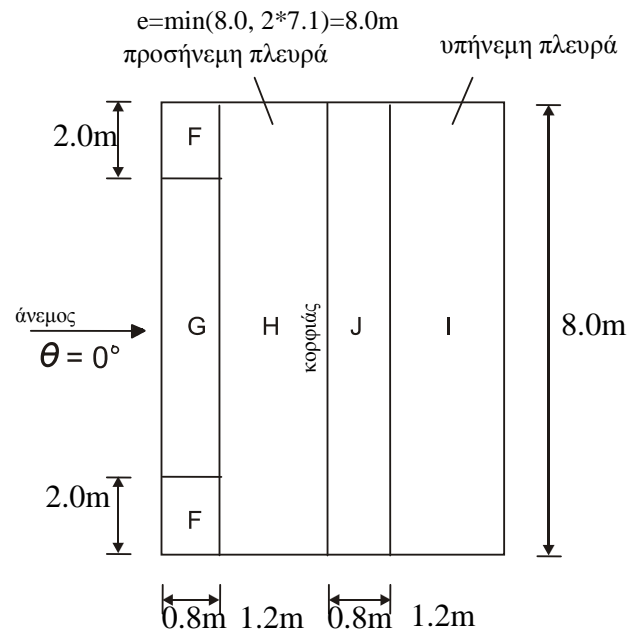
$$F_F = +1.46 \cdot 0.7 \cdot 1.60 \cdot 1 = +1.64\text{kN}$$

$$F_G = +1.46 \cdot 0.7 \cdot 3.20 \cdot 1 = +3.27\text{kN}$$

$$F_H = +1.46 \cdot 0.7 \cdot 9.60 \cdot 1 = +9.81\text{kN}$$

$$F_I = +1.46 \cdot 0.7 \cdot 9.60 \cdot 1 = +9.81\text{kN}$$

$$F_J = +1.46 \cdot 0.7 \cdot 6.40 \cdot 1 = +6.54\text{kN}$$



1.11 Συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} :

Η κατασκευή δεν έχει δεσπόζουσα πλευρά (που να έχει περισσότερα ανοίγματα από τις άλλες) και επίσης δεν είναι εύκολος ο ακριβής προσδιορισμός του ποσοστού των ανοιγμάτων, μ, γι' αυτό λαμβάνεται ως συντελεστής εσωτερικής πίεσης, c_{pi} , η δυσμενέστερη τιμή από +0.2 και -0.3. Δυσμενέστερη κατάσταση είναι όταν αθροίζονται οι δυνάμεις από τις εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις. Έτσι, για παράδειγμα, αν ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης σε έναν τοίχο είναι θετικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης αρνητικός: $c_{pi}=-0.3$. Αν, αντιθέτως, ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης σε έναν τοίχο είναι αρνητικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης θετικός: $c_{pi}=+0.2$.

Παραγρ. 7.2.9 (4)

Παραγρ. 7.2.9 (6) σημείωση 2

κορφιάς