

3 Δράσεις σε δομήματα *)

Μετάφραση: Αριστόνους Μ. Τροχάνης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

I Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων	3.2	6.3	Οριζόντια φορτία σε χώρους προσγειώσης ελικοπτέρων σε πλάκες στεγών	3.21
1 Εισαγωγή	3.2	7	Φορτία πρόσκρουσης	3.21
2 Βασικές αρχές και έννοιες	3.3	IV Δράσεις ανέμου	3.22	
3 Χαρακτηριστικές τιμές και τιμές σχεδιασμού	3.3	1	Γενικά, πεδίο εφαρμογής, ορισμοί	3.22
3.1 Δράσεις	3.3	2	Καταστάσεις σχεδιασμού	3.22
3.2 Ιδιότητες υλικών	3.4	3	Προσομοίωση των δράσεων του ανέμου	3.22
3.3 Γεωμετρικά δεδομένα	3.4	4	Εκτίμηση ευπάθειας δομημάτων σε ταλαντώσεις ..	3.23
4 Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS)	3.4	5	Ζώνες ανέμου, βασική ταχύτητα ανέμου, πίεση λόγω της ταχύτητας	3.23
4.1 Απώλεια στατικής ισορροπίας (EQU-equilibrium)	3.4	6	Δράσεις ανέμου σε δομήματα και δομικά στοιχεία	3.27
4.2 Αστοχία δομήματος ή διατομής (STR – structural)	3.4	7	Πίεση ανέμου σε επιφάνειες	3.27
4.3 Αστοχία εδάφους (GEO – geotechnical)	3.5	8	Δυνάμεις ανέμου για μη ευπαθείς σε ταλαντώσεις κατασκευές	3.39
4.4 Αστοχία σε κόπωση (FAT – fatigue)	3.5	V Φορτία χιονιού	3.46	
4.5 Δομική προστασία έναντι πυρκαγιάς	3.5	1	Γενικά	3.46
5 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	3.6	2	Ταξινόμηση των δράσεων και των καταστάσεων σχεδιασμού	3.46
II Ίδια βάρη δομικών υλικών, δομικών στοιχείων και αποθηκευμένων υλικών	3.7	3	Φορτία χιονιού επί εδάφους	3.47
1 Σκυροδέματα και κονιάματα	3.7	4	Φορτία χιονιού επί στεγών	3.48
2 Τοιχοποιίες και επιχρίσματα	3.7	5	Ειδικές περιπτώσεις	3.51
2.1 Τοιχοποιίες	3.7	VI Δράσεις σε οδογέφυρες	3.52	
2.2 Κονιάματα και επιχρίσματα χωρίς και με υποστήριγμα	3.8	VIa Οδογέφυρες κατά Ευρωκώδικα 1	3.52	
3 Μέταλλα	3.8	1	Πεδίο εφαρμογής	3.52
4 Ξύλο και προϊόντα ξύλου	3.8	2	Δράσεις λόγω οδικής κυκλοφορίας	3.52
5 Επικαλύψεις στεγών	3.9	3	Θερμικές δράσεις	3.56
6 Επενδύσεις δαπέδων και τοίχων	3.11	4	Τυχηματικές δράσεις	3.56
7 Υλικά σφράγισης, μόνωσης και πλήρωσης	3.11	5	Προσομοιώματα φορτίων σε επιχώσεις	3.58
8 Αποθηκευμένα υλικά – Πυκνότητες και γωνίες εσωτερικής τριβής	3.12	6	Άλλες δράσεις	3.58
8.1 Αποθηκευμένα δομικά υλικά	3.12	7	Συνδυασμοί δράσεων	3.58
8.2 Αποθηκευμένα επαγγελματικά και βιομηχανικά προϊόντα	3.13	VIb Οδογέφυρες και πεζογέφυρες κατά DIN 1072 ..	3.60	
III Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια	3.16	1	Φορτία και σχήμα φορτίων για κανονικές κατηγορίες	3.60
1 Κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, σκάλες και εξώστες	3.16	2	Φορτία και σχήμα φορτίων για κατηγορίες ελέγχου	3.61
2 Φορτία ελαφρών διαχωριστικών τοίχων	3.18	3	Ισοδύναμα φορτία για πρόσκρουση οδικών οχημάτων	3.61
3 Ομοιόμορφα διανεμημένα και συγκεντρωμένα φορτία για στέγες	3.19	VII Κατασκευές σε σεισμικές περιοχές της Γερμανίας	3.62	
4 Ομοιόμορφα διανεμημένα επιβαλλόμενα φορτία για χώρους στάθμευσης και επιφάνειες με κυκλοφορία οχημάτων	3.19	1	Βασικά	3.62
5 Ομοιόμορφα διανεμημένα και συγκεντρωμένα επιβαλλόμενα φορτία για δυναμικές δράσεις	3.19	2	Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση	3.62
5.1 Δυναμικοί συντελεστές	3.20	3	Σεισμική δράση	3.64
5.2 Επιφάνειες με λειτουργία περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων	3.20	4	Ανάλυση του φορέα	3.68
5.3 Επιφάνειες κυκλοφορίας οχημάτων σε οροφές υπογείων και επιφάνειες δαπέδων με ελεύθερη κυκλοφορία	3.20	5	Έλεγχος ασφαλείας έναντι κατάρρευσης	3.69
5.4 Επιφάνειες χώρων προσγειώσης ελικοπτέρων ..	3.21	6	Ειδικοί κανόνες για κτήρια από σκυρόδεμα	3.69
6 Οριζόντια επιβαλλόμενα φορτία	3.21	7	Ειδικοί κανόνες για θεμελιώσεις	3.69
6.1 Οριζόντια φορτία από ανθρώπους σε προστ. κιγκλιδώματα, διαχωριστικούς τοίχους και άλλες κατασκευές που λειτουργούν ως στηθαία ασφάλειας	3.21	8	Ειδικοί κανόνες για κτήρια από χάλυβα	3.69
6.2 Οριζόντια φορτία για επίτευξη επαρκούς διαμήκους και εγκάρσιας δυσκαμψίας	3.21	9	Ειδικοί κανόνες για σύμμεκτα κτήρια από χάλυβα-σκυρόδεμα	3.70
		10	Ειδικοί κανόνες για κτήρια από ξύλο	3.70
		11	Ειδικοί κανόνες για κτήρια από τοιχοποιία	3.70
		12	Απλουστευτικοί κανόνες ανάλυσης σύμφωνα με το Εθνικό (Γερμανικό) Προσάρτημα	3.71

*) Για βασικές αρχές σχεδιασμού δομημάτων και δράσεις σε δομήματα κατά DIN 1055 βλέπε www.schneider-bautabellen.de

I Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων

(DIN EN 1990:2002-10, DIN EN 1990/A1:2006-04, DIN EN 1990/NA:2009-05(E))

Καθ. Δρ.-Μηχ. Alfons Goris

1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια οι κανονισμοί για την ανάλυση και την κατασκευή δομημάτων από σκυρόδεμα, ξύλο, τοιχοποιία, χάλυβα κ.λπ. αναπροσαρμόστηκαν με βάση την φιλοσοφία ασφάλειας με επιμέρους συντελεστές ασφάλειας, ενώ έγινε και νέα επεξεργασία και προσαρμογή των παραδοχών φορτίσεων (δράσεων). Εν τω μεταξύ είναι διαθέσιμοι οι αντίστοιχοι Ευρωκώδικες – EN 1990 έως EN 1999.

Οι Ευρωκώδικες συμπληρώνονται με τα αποκαλούμενα Εθνικά Προσαρτήματα (ΝΑ), τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τις παραμέτρους, που παρέμειναν ανοιχτές στον Ευρωκώδικα για εθνική επιλογή. Οι Εθνικά Προσδιοριζόμενες Παράμετροι (NDP) ισχύουν για το σχεδιασμό δομημάτων, που πρόκειται να κατασκευασθούν στη συγκεκριμένη χώρα. Αυτές περιλαμβάνουν για παράδειγμα:

- τιμές ή/και κατηγορίες, εκεί όπου οι Ευρωκώδικες προβλέπουν την ύπαρξη εναλλακτικών επιλογών,
- τιμές, για τις οποίες οι Ευρωκώδικες δίνουν μόνο σύμβολα,
- ειδικά γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα, που ισχύουν μόνο για τη συγκεκριμένη χώρα (π.χ. χάρτες χιονιού),
- τη διαδικασία που θα χρησιμοποιηθεί όπου οι Ευρωκώδικες παρέχουν τη δυνατότητα εναλλακτικών διαδικασιών, και
- παραπομπές σε συμπληρωματικές και μη αντικρουόμενες πληροφορίες σχετικές με την εφαρμογή των Ευρωκωδίκων.

Την παρούσα στιγμή (2010) οι Ευρωκώδικες και τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα για τον κάθε βασικό κανονισμό είναι διαθέσιμοι σε πολύ μεγάλο βαθμό (λεπτομερέστερες οδηγίες στις ακόλουθες παραγράφους και κεφάλαια). Είναι σίγουρο, ότι το 2011 θα καθιερωθούν από τις εποπτικές αρχές.

Στο DIN EN 1990 «Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων» περιγράφονται αρχές και απαιτήσεις ασφαλείας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας των δομημάτων. Το DIN EN 1990 προορίζεται για άμεση εφαρμογή στο σχεδιασμό, ανάλυση και διαστασιολόγηση νέων κατασκευών σε συνδυασμό με τους Ευρωκώδικες EN 1991 έως EN 1999. Στην ομάδα των κωδικών DIN EN 1991 καθορίζονται οι κρίσιμες δράσεις για τον σχεδιασμό και την κατασκευή των δομημάτων. Τα DIN EN 1992 έως DIN EN 1999 αναφέρονται στον σχεδιασμό και στην κατασκευή με υλικά το σκυρόδεμα, το χάλυβα, το ξύλο, την τοιχοποιία και το αλουμίνιο, καθώς και στο γεωτεχνικό σχεδιασμό και το σχεδιασμό δομημάτων σε σεισμικές περιοχές. Η δομή των κωδικών απεικονίζεται κατωτέρω.



Το παρόν Κεφάλαιο 3, εκτός από τις βάσεις σχεδιασμού δομημάτων κατά DIN EN 1990, διαπραγματεύεται κυρίως τις δράσεις σε δομήματα σύμφωνα με το DIN EN 1991.

Συμπληρωματικές διατάξεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για συγκεκριμένα έργα (π.χ. γέφυρες) ή ειδικές δράσεις (π.χ. σεισμικές (βλ. DIN EN 1998)). Περαιτέρω επεξηγήσεις και οδηγίες δίνονται στις παραγράφους II έως VII.

2 Βασικές αρχές και έννοιες

Πρωταρχικός σκοπός του σχεδιασμού, της κατασκευής και της εκτέλεσης τεχνικών έργων είναι η διασφάλιση μιας μετρήσιμης αξιοπιστίας έναντι αστοχίας και η εγγύηση ότι το έργο θα παραμείνει κατάλληλο για την προοριζόμενη χρήση του καθ' όλη τη διάρκεια της προβλεπόμενης ζωής του συνυπολογίζοντας τα οικονομικά κριτήρια (βλ. [3.1]). Η φιλοσοφία ασφάλειας και διαστασιολόγησης βασίζεται στην ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων και τη μη υπέρβαση των αποκαλούμενων οριακών καταστάσεων. Διακρίνονται οριακές καταστάσεις *αστοχίας*, οριακές καταστάσεις *λειτουργικότητας* και απαιτήσεις ως προς την *ανθεκτικότητα*.

Οι διατυπώσεις που ακολουθούν ισχύουν για το σχεδιασμό κτηρίων και άλλων έργων πολιτικού μηχανικού (περιλαμβανομένης της θεμελίωσης). Ισχύουν επίσης για το σχεδιασμό σε φάση κατασκευής, για προσωρινές κατασκευές, αλλά και για το σχεδιασμό μέτρων ενίσχυσης, επισκευής ή αναμόρφωσης.

Ορισμοί (επιλογή, περαιτέρω εξηγήσεις στα αντίστοιχα κεφάλαια)

<i>Αρχές</i>	Διατυπώσεις ή ορισμοί για τους οποίους δεν επιτρέπεται εναλλακτική επιλογή.
<i>Κανόνες εφαρμογής</i>	Γενικά αναγνωρισμένοι κανόνες, οι οποίοι συμμορφώνονται με τις Αρχές και ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτών. Εναλλακτικοί κανόνες επιτρέπονται μόνο αν συμφωνούν με τις σχετικές Αρχές.
<i>Οριακή κατάσταση</i>	Μια κατάσταση, πέραν της οποίας το δόμημα δεν ικανοποιεί πλέον τα σχετικά κριτήρια σχεδιασμού. Διακρίνονται οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.
<i>Δράση F</i>	Δυνάμεις (φορτία) που εφαρμόζονται ως άμεσες δράσεις στο δόμημα και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (θερμοκρασία, υποχώρηση στηρίξεων...) ως έμμεσες δράσεις.
<i>Αποτέλεσμα της δράσης E</i>	Εντατικά μεγέθη στα δομικά μέλη (π.χ. εσωτ. δυνάμεις, ροπές, τάσεις) ή αντιδράσεις ολόκληρου του δομήματος (π.χ. παραμορφώσεις) που προκαλούνται από τις δράσεις.
<i>Ιδιότητες δομικών μελών</i>	Ικανότητα αντίστασης σε καταπόνηση ως αποτέλεσμα ιδιοτήτων των υλικών.
<i>Αντίσταση, R</i>	(Σκυρόδεμα, χαλαροί οπλισμοί ή τένοντες προέντασης) και γεωμετρικών δεδομένων.
<i>Φορέας</i>	Διασυνδεδεμένα μεταξύ τους φέροντα μέλη και στοιχεία ακαμψίας.
<i>Δομικό σύστημα</i>	Το σύνολο των δομικών στοιχείων και ο τρόπος συνεργασίας τους.
<i>Προσομοίωμα φορέα</i>	Εξιδανίκευση του δομικού συστήματος για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών και τη διαστασιολόγηση.

3 Χαρακτηριστικές τιμές και τιμές σχεδιασμού

3.1 Δράσεις

Οι δράσεις πρέπει να λαμβάνονται ως σχήματα φορτίων από κανονισμούς φορτίσεων, κανονισμούς διαστασιολόγησης για το εξεταζόμενο είδος δόμησης ή ανάλογα έγγραφα. Περιβαλλοντικές επιδράσεις, που μπορεί να επηρεάσουν την ανθεκτικότητα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με κατάλληλα προσομοιώματα (π.χ. μέσω του ορισμού κατηγοριών περιβάλλοντος με αντίστοιχες απαιτήσεις).

Καθοριστικές τιμές δράσεων για τη διεξαγωγή ελέγχων:

- *Χαρακτηριστικές τιμές* (F_k), οι οποίες ορίζονται γενικά στους κανονισμούς φορτίσεων, και δη ως:
 - Μόνιμες δράσεις, κατά κανόνα με μια ενιαία τιμή (G_k), αν είναι απαραίτητο όμως με μια ανώτερη ($G_{k,sup}$) και μια κατώτερη ($G_{k,inf}$) οριακή τιμή.
 - Μεταβλητές δράσεις (Q_k), με ανώτερη/κατώτερη τιμή ή με καθορισμένη ονομαστική τιμή.
 - Τυχηματικές δράσεις (A_k), εν γένει με καθορισμένη (προσδιοριστική) τιμή.
- *Αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων* (Q_{rep}) ως αποτέλεσμα θεώρησης συντελεστών συνδυασμού ψ_i . Διακρίνονται
 - Χαρακτηριστική τιμή (Q_k)
 - Τιμή συνδυασμού ($\psi_0 \cdot Q_k$)
 - Συχνή τιμή ($\psi_1 \cdot Q_k$)
 - Οιονεί-μόνιμη τιμή ($\psi_2 \cdot Q_k$).
- *Τιμές σχεδιασμού των δράσεων* (F_d) που προκύπτουν από:
 - $F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}$ με $F_{rep} = \psi \cdot F_k$ (ψ είτε με την τιμή 1,0 ή με ψ_0 , ψ_1 ή ψ_2) με γ_F τον επιμέρους συντελεστή ασφαλείας για την εξεταζόμενη δράση. Ο συντελεστής γ_F μπορεί να ορίζεται με μια ανώτερη ($\gamma_{F,sup}$) και μια κατώτερη τιμή ($\gamma_{F,inf}$).

3.2 Ιδιότητες υλικών

Οι ιδιότητες δομικών υλικών και προϊόντων ή του εδάφους αναπαρίστανται μέσω χαρακτηριστικών τιμών X_k , που αντιστοιχούν γενικά σε ένα καθορισμένο ποσοστημόριο της στατιστικής κατανομής (για μεγέθη αντιστάσεων η καλύτερη χαρακτηριστική τιμή αντιστοιχεί συνήθως στο ποσοστημόριο 5%). Η τιμή σχεδιασμού είναι:

$$X_d = \eta \cdot X_k / \gamma_M$$

με γ_M τον επιμέρους συντελεστή ασφαλείας για την ιδιότητα του δομικού υλικού ή προϊόντος σύμφωνα με τον κανονισμό διαστασιολόγησης για το συγκεκριμένο τρόπο δόμησης. Η χαρακτηριστική τιμή X_k πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή η μετατροπής, που λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα δοκιμών και τις κρίσιμες ιδιότητες του δομικού στοιχείου, τις επιρροές κλίμακας κ.λπ.

3.3 Γεωμετρικά δεδομένα

Τα γεωμετρικά δεδομένα αντιπροσωπεύονται μέσω χαρακτηριστικών τιμών, αλλά στην περίπτωση ατελειών απ' ευθείας από τις τιμές σχεδιασμού τους. Οι χαρακτηριστικές τιμές αντιστοιχούν συνήθως στις διαστάσεις που καθορίζονται από το σχεδιασμό. Η τιμή σχεδιασμού αποδίδεται κατά κανόνα από την ονομαστική τιμή

$$a_d = a_{nom}$$

ενδεχομένως όμως από την τιμή $a_d = a_{nom} \pm \Delta a$ όπου Δa δυσμενής γεωμετρική απόκλιση.

4 Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS)

4.1 Απόλεια στατικής ισορροπίας (EQU – equilibrium)

Πρέπει να επαληθεύεται ότι η τιμή σχεδιασμού των αποσταθεροποιητικών δράσεων $E_{d,dst}$ δεν υπερβαίνει την τιμή σχεδιασμού των σταθεροποιητικών δράσεων $R_{d,stab}$ (EN 1990, 6.4.2):

$$E_{d,dst} \leq R_{d,stab} \quad (4.1)$$

Αν είναι απαραίτητη η προσθήκη της αντίστασης δομικών στοιχείων (π.χ. εφελκυστικών αγκυριών), η τιμή σχεδιασμού E_d^* της αντιστοιχούσας σε αυτά καταπόνησης είναι σύμφωνα με το DIN EN 1990/NA, A.1.3.1(3)

$$E_d^* = E_{d,dst}^* - E_{d,stab}^*$$

($E_{d,dst}^*$ με $\gamma_{G,dst}^*$ και γ_Q , $E_{d,stab}^*$ με $\gamma_{G,stab}^*$ απ' τον Πίνακα 3.5a, πρόσθετες οδηγίες στο EN 1990).

4.2 Αστοχία δομήματος ή διατομής (STR – structural)

Κατά τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας μιας διατομής, ενός δομικού μέλους ή μιας σύνδεσης, όπου η αντοχή των υλικών είναι καθοριστική, πρέπει να επαληθεύεται ότι:

$$E_d \leq R_d \quad (4.2)$$

όπου E_d η τιμή σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων και R_d η τιμή σχεδιασμού των αντίστοιχων αντιστάσεων.

Τιμή σχεδιασμού αποτελεσμάτων δράσεων E_d

Η τιμή σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων μπορεί να προσδιορισθεί βάσει των εξισώσεων (6.10), (6.11b) και (6.12b) του EN 1990:

$$\text{Θεμελιώδης συνδυασμός} \quad E_d = E \left[\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \text{ „+“ } \gamma_P \cdot P_k \text{ „+“ } \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \text{ „+“ } \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (4.3a)$$

$$\text{Τυχηματική κατάσταση} \quad E_{dA} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ „+“ } P_k \text{ „+“ } A_d \text{ „+“ } \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \text{ „+“ } \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (4.3b)$$

$$\text{Σεισμός} \quad E_{dAE} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ „+“ } P_k \text{ „+“ } A_{Ed} \text{ „+“ } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (4.3c)$$

$\gamma_{G,j}$, γ_P επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τις μόνιμες δράσεις (Πίν. 3.5a) για την προένταση (Κεφ. 5),
 $\gamma_{Q,1}$, $\gamma_{Q,i}$ επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την πρώτη τις λοιπές μεταβλητές δράσεις (Πίν 3.5a),
 $G_{k,j}$, P_k χαρακτηριστικές τιμές των μόνιμων δράσεων της προέντασης,
 $Q_{k,1}$, $Q_{k,i}$ χαρακτηριστικές τιμές της πρώτης και των λοιπών ανεξάρτητων μεταβλητών δράσεων
 A_d τιμή σχεδιασμού μιας τυχηματικής δράσης (π.χ. φορτίο πρόσκρουσης, έκρηξη),
 A_{Ed} τιμή σχεδιασμού της δράσης λόγω σεισμού,
 ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 συντελ. συνδυασμού για μη συχνές, συχνές και οιονεί-μόνιμες μεταβλητές δράσεις (Πίν. 3.5b)
 „+“ „σε συνδυασμό με“

Η καθοριστική κύρια δράση $E_{Q_{k,1}}$ από τις ανεξάρτητες μεταβλητές δράσεις μπορεί για γραμμικά ελαστικό υπολογισμό των εντατικών μεγεθών, να προσδιορισθεί από την οριακή τιμή των ακόλουθων συνδυασμών:

$$- \text{Θεμελιώδης συνδυασμός} \quad \text{extr.} \left[\gamma_{Q,i} \cdot (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Q_{k,i}} \right] \quad (4.4a)$$

$$- \text{Τυχηματικός συνδυασμός} \quad \text{extr.} \left[(\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot E_{Q_{k,i}} \right] \quad (4.4b)$$

Τιμές σχεδιασμού αντιστάσεων R_d

Η τιμή σχεδιασμού της αντίστασης R_d καθορίζεται στους αντίστοιχους με το είδος δόμησης κανονισμούς. Πρέπει να προσδιορίζεται με βάση τις ιδιότητες των υλικών και τα γεωμετρικά δεδομένα.

4.3 Αστοχία εδάφους (GEO – geotechnical)

Αστοχία ή υπερβάλλουσα παραμόρφωση του εδάφους, με την αντοχή του εδάφους και των πετρωμάτων να είναι σημαντική για την αντίσταση. Επεξηγήσεις στο Κεφ. 11.

4.4 Αστοχία σε κόπωση (FAT – fatigue)

Αστοχία λόγω κόπωσης του φορέα ή μελών του. Οι κρίσιμοι συνδυασμοί για τους ελέγχους έναντι κόπωσης δίνονται στα EN 1992 έως EN 1999.

4.5 Δομική προστασία έναντι πυρκαγιάς

Η ανάλυση του φορέα έναντι πυρκαγιάς πρέπει να γίνεται με προσομοίωμα σύμφωνα με το DIN EN 1991-1-2 και με τα χαρακτηριστικά του φορέα για αυξημένη θερμοκρασία.

Πίνακας 3.5α Επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_F για δράσεις (DIN EN 1990/NA, Πιν. 1.2(A)-(C))

Έλεγχος	Δράση		Σύμβολο	Κατάσταση σχεδιασμού	
				P/T ¹⁾	A ¹⁾
Απώλεια ισορροπίας δομήματος (EQU)	Μόνιμες δράσεις:				
	Ίδια βάρη φορέα και προσθηκών.	Αποσταθ.	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,00
	Μόνιμες δράσεις προερχόμενες από το έδαφος. Υπόγεια και επιφανειακά ύδατα.	Σταθεροπ.	$\gamma_{G,stab}$	0,90	0,95
	Για μικρές διακυμάνσεις των μονίμων δράσεων (π.χ. έλεγχος σε ασφάλεια έναντι άνωσης).	Αποσταθ. Σταθεροπ.	$\gamma_{G,dst}$ $\gamma_{G,stab}$	1,05 0,95	1,00 0,95
	Μόνιμες δράσεις για συνδυαστικούς ελέγχους ισορροπίας λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση δομικών μελών (π.χ. εφελκυστικών αγκυριών).	Αποσταθ. Σταθεροπ.	$\gamma_{G,dst}$ * $\gamma_{G,stab}$ *	1,35 1,15	1,00 0,95
	Μεταβλητές δράσεις	Αποσταθ.	γ_Q	1,50	1,00
Αστοχία φορέα ή θεμελίωσης, λόγω θραύσης, υπερβολ. παραμόρφωσης (STR/GEO)	Τυχηματικές δράσεις	Αποσταθ.	γ_A	–	1,00
	Ανεξάρτητες μόνιμες δράσεις (βλ. ανωτέρω)	Δυσμενείς Ευμενείς	$\gamma_{G,sup}$ $\gamma_{G,inf}$	1,35 1,00	1,00 1,00
	Ανεξάρτητες μεταβλητές δράσεις	Δυσμενείς Ευμενείς	γ_Q γ_Q	1,50 –	1,00 –
Αστοχία εδάφους λόγω θραύσης πρσανούς ή ολίσθησης πρίσματος (GEO)	Τυχηματικές δράσεις	Δυσμενείς	γ_A	–	1,00
	Ανεξάρτητες μόνιμες δράσεις (βλ. άνω)		γ_G	1,00	1,00
	Ανεξάρτητες μεταβλητές δράσεις.	Δυσμενείς Ευμενείς	γ_Q γ_Q	1,30 –	1,00 –
	Τυχηματικές δράσεις.	Δυσμενείς	γ_A	–	1,00

1) P: χρόνια κατάσταση T: παροδική κατάσταση A: τυχηματική κατάσταση

Πίνακας 3.5β Συντελεστές συνδυασμού ψ για κτήρια (DIN EN 1990/NA, Πίν. NA. 1.1)

Δράση		Συντελεστές συνδυασμού		
		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Ωφέλιμα φορτία	Κατηγορία Α, Β: Χώροι κατοικιών, διαμονής, γραφείων	0,7	0,5	0,3
	Κατηγορία C, D: Χώροι συνάθροισης και καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
	Κατηγορία Ε: Χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
Φορτία κυκλοφορίας	Κατηγορία F: Βάρος οχημάτων $F \leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
	Κατηγορία G: Βάρος οχημάτων 30 kN $\leq F \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
	Κατηγορία Η: Στέγες	0	0	0
Φορτία ανέμου		0,6	0,2	0
Φορτία χιονιού	Θέσεις με υψόμετρο μέχρι 1000μ. από στάθμη θάλασσας	0,5	0,2	0
	Θέσεις με υψόμετρο πάνω από 1000μ. από στάθμη θάλασσας	0,7	0,5	0,2
Θερμοκρασιακές δράσεις (πλην πυρκαγιάς!)		0,6	0,5	0
Εδαφικές καθιζήσεις		1,0	1,0	1,0
Λοιπές μεταβλητές δράσεις		0,8	0,7	0,5

Παράδειγμα

Μονοπροέξουσα δοκός με φορτία $g_{k1} = 10,0 \text{ kN/m}^2$ (ίδια βάρη), $q_{k1} = 7,5 \text{ kN/m}^2$ (ωφέλιμο φορτίο χώρων γραφείων) και $Q_{k2} = 5,0 \text{ kN/m}$ (φορτίο χιονιού· τοποθεσία με υψόμετρο ≤ 1000 από Σ.Θ.).

Έλεγχος στατικής ισορροπίας

Κρίσιμος συνδυασμός φορτίσεων με Q_{k2} ως κύρια δράση

- $\gamma_{G,\text{sup}} \cdot g_{k1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \gamma_Q \cdot Q_{k2} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot q_{k1}$
- $\gamma_{G,\text{inf}} \cdot g_{k1}$

$$A_{d,\text{dst}} = 1,1 \cdot 10,0 \cdot 1,5^2 / (2 \cdot 3,7) + 1,5 \cdot 5,0 \cdot 1,5 / 3,7 + 1,5 \cdot (0,7 \cdot 7,5) \cdot 1,5^2 / (2 \cdot 3,7) = 8,8 \text{ kN/m}$$

$$A_{d,\text{stb}} = 0,9 \cdot 10,0 \cdot 3,70 / 2 = 16,7 \text{ kN/m}$$

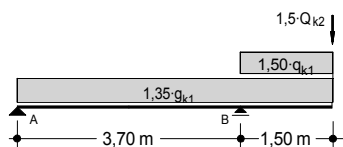
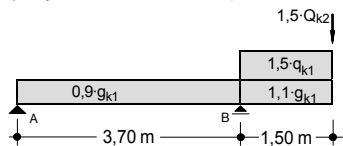
$$A_{d,\text{dst}} = 8,8 \text{ kN/m} < A_{d,\text{stb}} = 16,7 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{ο έλεγχος ικανοποιείται}$$

Αστοχία σε κάμψη στη στήριξη B (δράση)

Κρίσιμος συνδυασμός φορτίσεων με Q_{k2} ως κύρια δράση¹⁾

- $\gamma_{G,\text{sup}} \cdot g_{k1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \gamma_Q \cdot Q_{k2} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot q_{k1}$

$$M_{\text{Ed},B} = 1,35 \cdot 10,0 \cdot 1,5^2 / 2 + 1,50 \cdot 5,0 \cdot 1,5 + 1,5 \cdot (0,7 \cdot 7,5) \cdot 1,5^2 / 2 = 35,3 \text{ kNm/m}$$

**5 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας**

Η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος των δράσεων E_d δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την ονομαστική τιμή του σχετικού κριτηρίου λειτουργικότητας C_d

$$E_d \leq C_d \quad (6.1)$$

Κανόνες συνδυασμού για τις δράσεις E_d (σε συμβολική μορφή):

$$\text{χαρκτηριστικός συνδυασμός} \quad E_{d,\text{char}} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ ,,}^{+}\text{,,} P_k \text{ ,,}^{+}\text{,,} Q_{k,1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (6.2a)$$

$$\text{συχνός συνδυασμός} \quad E_{d,\text{frequ}} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ ,,}^{+}\text{,,} P_k \text{ ,,}^{+}\text{,,} \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (6.2b)$$

$$\text{οιονεί-μόνιμος συνδυασμός} \quad E_{d,\text{perm}} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ ,,}^{+}\text{,,} P_k \text{ ,,}^{+}\text{,,} \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (6.2c)$$

$$\text{μη-συχνός συνδυασμός}^{3)} \quad E_{d,\text{non-fr}} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ ,,}^{+}\text{,,} P_k \text{ ,,}^{+}\text{,,} \psi'_{1,1} \cdot Q_{k,1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \sum_{i > 1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \right] \quad (6.2d)$$

Η καθοριστική κύρια δράση $E_{Q_{k,1}}$ απ' τις ανεξάρτητες μεταβλητές δράσεις μπορεί για γραμμικά ελαστικό υπολογισμό των εντατικών μεγεθών να προσδιορισθεί από την οριακή τιμή των ακόλουθων συνδυασμών:

$$- \text{Σπάνιος συνδυασμός} \quad \text{extr.} [(1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Q_{k,i}}] \quad (6.3a)$$

$$- \text{Συχνός συνδυασμός} \quad \text{extr.} [(\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot E_{Q_{k,i}}] \quad (6.3b)$$

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για δομικά υλικά, προϊόντα και μέλη

Για τους ελέγχους λειτουργικότητας οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_M για τις ιδιότητες των δομικών υλικών, προϊόντων και μελών πρέπει να λαμβάνονται ίσοι με 1,0 (για εξαιρέσεις βλ. EN1992 έως EN 1999)

Τιμή σχεδιασμού κριτηρίου λειτουργικότητας C_d

Οι εκάστοτε τιμές καθορίζονται στους αντίστοιχους με το είδος δόμησης κανονισμούς (π.χ. μια παραμόρφωση).

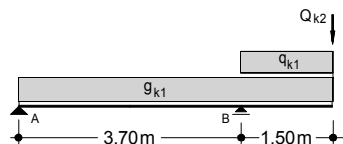
Παράδειγμα (συνέχεια προηγούμενου)

Ροπή κάμψης στη στήριξη B, π.χ. στο συχνό συνδυασμό²⁾

Κρίσιμος συνδυασμός φορτίσεων με q_{k1} ως κύρια δράση²⁾

- $g_{k1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \psi_{1,1} \cdot q_{k1} \text{ ,,}^{+}\text{,,} \psi_{2,2} \cdot Q_{k2}$

$$M_{\text{frequ},B} = 10,0 \cdot 1,5^2 / 2 + (0,5 \cdot 7,5) \cdot 1,5^2 / 2 + (0,0 \cdot 5,0) \cdot 1,5 = 15,47 \text{ kNm/m}$$



¹⁾ $(1 - \psi_{0,i}) \cdot M_{Q_{k2}} = (1 - 0,5) \cdot 5,0 \cdot 1,5 = 3,75 > (1 - \psi_{0,i}) \cdot M_{q_{k1}} = (1 - 0,7) \cdot 7,5 \cdot 1,5^2 / 2 = 2,53$ (βλ. εξ. (4.4a))

²⁾ $(\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot M_{q_{k1}} = (0,5 - 0,3) \cdot 7,5 \cdot 1,5^2 / 2 = 1,69 > (\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot M_{Q_{k2}} = (0,2 - 0) \cdot 5,0 \cdot 1,5 = 1,50$ (βλ. εξ. (6.3b))

³⁾ μη συχνός συνδυασμός για εφαρμογή σε έργα γεφυροποιίας.

II Ίδια βάρη δομικών υλικών, δομικών στοιχείων και αποθηκευμένων υλικών

κατά DIN EN 1991-1-1 (12.2010) και DIN 1991-1-1/NA1 (12.2010)

Καθ. Διπλ.-Μηχ. Klaus-Jürgen Schneider

Οι κατωτέρω αναγραφόμενες χαρακτηριστικές τιμές πυκνοτήτων και επιφανειακών φορτίων είναι μέσες τιμές· όταν τα χρησιμοποιούμενα υλικά παρουσιάζουν μεγάλες διασπορές πυκνότητας απαιτούνται ακριβέστερες θεωρήσεις (βλ. EN 1990, 4.1.2). Τυχόν στοιχεία από άλλους κανονισμούς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

1 Σκυροδέματα και κονιάματα (EC1-1-1, Πίν. Α.1)

Κανονικό σκυρόδεμα	Πυκνότητα ¹⁾ σε kN/m ³							24
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Πυκνότητα ¹⁾ σε kN/m ³							25
Σκυρόδεμα με βαριά αδρανή	Πυκνότητα ¹⁾ σε kN/m ³							> 26
Σκυρόδεμα με ελαφρά αδρανή	Κατηγορία πυκνότητας	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
	πυκνότητα ^{1), 2)} σε kN/m ³	9–10	10–12	12–14	14–16	16–18	18–20	
Κονίαμα	τσιμεντοκονίαμα	πυκνότητα σε kN/m ³						19,0–23,0
	γυψο-/ασβεστοκονίαμα	πυκνότητα σε kN/m ³						12,0–18,0
	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	πυκνότητα σε kN/m ³						18,0–20,0

¹⁾ Αύξηση τιμών κατά 1 kN/m³ για μη σκληρωμένο σκυρόδεμα.

²⁾ Αύξηση τιμών κατά 1 kN/m³ για οπλισμένο ελαφροσκυρόδεμα. Για υπολογιστικές τιμές βλ. DIN EN 1992-1-1, 11.3.1.

2 Τοιχοποιίες και επιχρίσματα

2.1 Τοιχοποιίες (EC1-1-1, Πίν. NA.A.13)

Τοιχοποιία από τεχνητούς λίθους (συμπεριλαμβάνεται το κονίαμα αρμών και η συνήθης υγρασία)

Πυκνότητα λίθων σε g/cm ³	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Πυκνότητας σε kN/m ³ για κανονικό κονίαμα	6	7	8	9	10	11	12	14	16	16	18	20	22	24
Πυκνότητα σε kN/m ³ για ελαφροκονίαμα και κονίαμα λεπτής στρώσης	5	6	7	8	9	10	11	13	15					

Γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές πυκνοτήτων λίθων.

Τοιχοποιία από φυσικούς λίθους (EC1-1-1, Πίν. Α.2)

	Πυκνότητα σε kN/m ³		Πυκνότητα σε kN/m ³
βασάλτης	27–31	κογχυλοτρίμματα ³⁾	28
διαβάσης ³⁾	29	πορφύριτης	28
διορίτης	27–31	χαλαζίτης ³⁾	27
γάβρος	29	ρυόλιθος ³⁾	26
γνεύσιος	30	ψαμμίτης	21–27
γρανίτης	27–30	σχιστόλιθος	28
γραουβάκης	21–27	συνήτης	28
ασβεστόλιθος, πυκνής σύνθεσης	20–29	τραχείτης	26
ασβεστόλιθος άλλου τύπου	20	τραβερίνα ³⁾	26
μάρμαρο ³⁾	28	πωρόλιθος	20

³⁾ Στοιχεία από DIN 1055-1 (μη περιλ. Στο DIN EN 1991-1-1).

Κυψελωτό σκυρόδεμα, άοπλο· Δομικές σανίδες και πλάκες κατά DIN 4166 (EC1-1-1, Πίν. NA.A.14)

Κατηγορία πυκνότητας	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
Πυκνότητα ⁴⁾ σε kN/m ³	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0

Κυψελωτό σκυρόδεμα, οπλισμένο· Πλάκες στεγών, τοίχων και δαπέδων κατά DIN 4223 (EC1-1-1, Πίν. NA.A.14)

Κατηγορία πυκνότητας	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
Πυκνότητα ⁴⁾ σε kN/m ³	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,4	9,5

⁴⁾ Οι τιμές περιλαμβάνουν το κονίαμα αρμών και τη συνήθη υγρασία. Για ελαφροκονιάματα και κονιάματα λεπτής στρώσης οι χαρακτηριστικές τιμές μπορούν να μειωθούν κατά 0,5 kN/m³.

Γυψοσανίδες τοίχου κατά DIN EN 12 859 και **γυψόπλακες** nach DIN 18 180 (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.16)

Υλικό	Κατηγορία πυκνότητας	Επιφαν. φορτίο ανά cm πάχους σε kN/m ²
Κυψελωτές γυψοσανίδες τοίχου	0,7	0,07
Γυψοσανίδες τοίχου	0,9	0,09
Γυψόπλακες	–	0,09

2.2 Κονιάματα και επιχρίσματα χωρίς και με υποστήριγμα (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.17)

Υλικό	Επιφ. φορτίο σε kN/m ²
Οπλισμένο επιχρίσμα (οροφές και επενδύσεις), κονίαμα πάχους 30 mm από <ul style="list-style-type: none"> ▪ Γυψοκονία ▪ Ασβεστο-, ασβεστογυψο- ή αμμογυψοκονία (Στοιχεία από DIN 1055-1· μη συμπεριλ. στο DIN EN 1991-1-1) ▪ Τσιμεντοκονία 	0,50 0,60 0,80
Ασβεστογυψοσβάς <ul style="list-style-type: none"> ▪ Σε υποστήριγματα (π.χ. συρμάτινα υφάσματα, νευρομετάλλ) με πάχος κον. 30 mm ▪ Σε ελαφρές μοριοσανίδες πάχους 15 mm και κονίαμα πάχους 20 mm ▪ Σε ελαφρές μοριοσανίδες πάχους 25 mm και κονίαμα πάχους 20 mm ▪ Γυψοσβάς, πάχους 15 mm ▪ Ασβεστο-, ασβεστογυψο- και αμμογυψοκονίαμα, πάχους 20 mm ▪ Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, πάχους 20 mm ▪ Ελαφροσβάς κατά DIN 18 550-4, πάχους 20 mm ▪ Σοβάς από τσιμεντοκονίαμα τοιχοποιίας κατά DIN 4211, πάχους 20 mm ▪ Σοβάς σε σωληνωτή ψευδοροφή (γύψος), πάχους 20 mm 	0,50 0,35 0,45 0,18 0,35 0,40 0,30 0,40 0,30
Θερμομονωτικό σύστημα σοβατίσματος (WDPS) – θερμομονωτικός σοβάς <ul style="list-style-type: none"> ▪ Πάχους 20 mm ▪ Πάχους 60 mm ▪ Πάχους 100 mm 	0,24 0,32 0,40
Θερμομονωτική επένδυση από ασβεστοτσιμεντοκονία πάχους 20 mm και ελαφρές μοριοσανίδες με <ul style="list-style-type: none"> ▪ Πάχος σανίδων 15 mm ▪ Πάχος σανίδων 50 mm ▪ Πάχος σανίδων 100 mm 	0,49 0,60 0,80
Θερμομονωτικό σύνθετο σύστημα (WDVS) από οπλισμένο εξωτερικό σοβά πάχους 15 mm και αφρώδες πλαστικό υλικό κατά DIN V 18 164-1 και DIN 18 164-2 ή ινώδες μονωτικό υλικό κατά DIN V 18 165-1 και DIN 18 165-2	0,30
Τσιμεντοκονίαμα, πάχους 20 mm	0,42

3 Μέταλλα (EC1-1-1, Πίν. Α.4)

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³
αλουμίνιο	27
μόλυβδος	112–114
χυτοσίδηρος	72,5
σφυρήλατος σίδηρος	76
χαλκός	87–89
ορείχαλκος (κράμα χαλκού-ψευδάργυρου)	83–85

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³
μπρούτζος	83–85
(κράμα χαλκού-ψευδάργυρου)	
χάλυβας	77,0–78,5
ψευδάργυρος	71–72
μαγνήσιο	18,5
νικέλιο (στοιχεία κατά DIN 1055-1)	89
κασσίτερος	74

4 Ξύλο και προϊόντα ξύλου¹⁾

Κωνοφόρων	C24	C30	C35	C40
Πυκν. σε kN/m ³	4,2	4,6	4,8	5,0
Φυλλοβόλων	D30	D35	D40	D60
Πυκν. σε kN/m ³	6,4	6,7	7,0	8,4
Επικολητή ξυλεία	GL24	GL28	GL32	GL36
	h c	h c	h c	h c
Πυκν. σε kN/m ³	3,7 3,5	4,0 3,7	4,2 4,0	4,4 4,2

Προϊόντα ξύλου	Πυκν. (kN/m ³)
Μοριοσανίδες (νοβοπάν)	7–8
Αντικολλ. ξυλεία κωνοφόρων	5
Αντικολλ. ξυλεία σημύδας	7
Φύλλα στρώσεων, πηγοσανίδα	4,5
Σκληρές ινόπλακες	10
Ινόπλακες, μέσης πυκνότητας	8
Μαλακές ινόπλακες	4

¹⁾ Περισσότερες τιμές στον EC1-1-1, Πίν. Α.3.

5 Επικαλύψεις στεγών

Τα επιφανειακά φορτία αναφέρονται σε 1 m² επιφάνειας στέγης χωρίς μηκίδες, τεγίδες και ζευκτά.

Επικαλύψεις από κεραμίδια, στοιχεία από σκυρόδεμα και γυαλί (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.21)

Υλικό	Επιφανειακό φορτίο ¹⁾ σε kN/m ²
Στοιχεία από σκυρόδεμα με πολλαπλές ραβδώσεις βάσης και υψηλή διαμήκη αυλάκωση:	
▪ μέχρι 10 τεμ./m ²	0,50
▪ πάνω από 10 τεμ./m ²	0,55
Στοιχεία από σκυρόδεμα με πολλαπλές ραβδώσεις βάσης και χαμηλή διαμήκη αυλάκωση:	
▪ μέχρι 10 τεμ./m ²	0,60
▪ πάνω από 10 Stück/m ²	0,65
Κεραμίδια σχήματος ουράς κάστορα 155 mm × 375 mm και 180 mm × 380 mm και επίπεδα στοιχεία σκυροδέματος με ανάλογη μορφή:	
▪ μονόρριχτη στέγη (περιλαμβανομένων των σανίδων),	0,60
▪ δίρριχτη στέγη και στέγη με κορυφή.	0,75
Αυλακωτά κεραμίδια, πανέλα αναμορφωμένα, αυλακωτά ή επίπεδη στέγης.	0,55
Γυάλινα στοιχεία επικάλυψης.	Για ίδια μορφή επικάλυψης όπως στις γραμμές 1 έως 6
Πανέλα μεγάλου μεγέθους μέχρι 10 τεμ./m ² .	0,50
Μικρά κεραμίδια σε σχήμα ουράς κάστορα και ειδικές μορφές (εκκλησιών, πύργων κλπ.).	0,95
Κεραμίδια σχήματος καπέλου, κυματοειδή πανέλα.	0,45
Κεραμίδια σχήματος καπέλου, κυματοειδή πανέλα πάνω σε δεσμίδες χαρτιού.	0,55
Σύστημα κυρτών επί κοίλων κεραμιδιών (με πλήρωση με κονίαμα).	0,90
Κεραμίδια με δέσμες αυλακώσεων.	0,60

¹⁾ Αν δεν αναφέρεται κάτι άλλο, τα επιφανειακά φορτία δεν περιλαμβάνουν την πλήρωση με κονίαμα, αλλά περιλαμβάνουν τα ξύλινα υποστηρίγματα (πηχάκια). Προσαύξηση κατά 0,1 kN/m² για πλήρωση με κονίαμα.

Επικάλυψη με σχιστόλιθο (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.22)

Υλικό	Επιφανειακό φορτίο σε kN/m ²
Επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες αρχαίου γερμανικού τύπου ή ομοιόμορφου μεγέθους πάνω σε σανίδωμα 24 mm, μαζί με το υπόστρωμα και το σανίδωμα:	
▪ σε μονή διάταξη,	0,50
▪ σε διπλή διάταξη,	0,60
▪ επικάλυψη με ομοιόμορφες πλάκες σε ξύλινα πηχάκια, συμπεριλαμβανόμενα.	0,45

Μεταλλικές επικαλύψεις (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.23)

Υλικό	Επιφανειακό φορτίο σε kN/m ²
Ελάσματα στέγης αλουμινίου (αλουμίνιο πάχους 0,7 mm, περιλ. σανιδώματος 24 mm)	0,25
Ελάσματα στέγης αλουμινίου με κυματοειδείς, τραπεζοειδείς ή αυλακωτές πρότυπες διατομές.	0,05
Διπλή αυλακωτή στέγη από τιτανοψευδάργυρο ή χαλκό, πάχους 0,7 mm, μαζί με υπόστρωμα και σανίδωμα πάχους 24 mm.	0,35
Στέγη από χαλύβδινα ελάσματα (επιψευδαργυρωμένα ελάσματα):	
▪ Μαζί με τα πηχάκια	0,15
▪ Μαζί με τα πηχάκια και σανίδωμα πάχους 24 mm	0,30
Χαλύβδινα ελάσματα στέγης με τραπεζοειδείς τυπικές διατομές.	— ²⁾
Κυματοειδή ελάσματα στέγης (επιψευδαργυρωμένα χαλύβδινα ελάσματα, μαζί με τα υλικά στερέωσης).	0,25

²⁾ Από στοιχεία του κατασκευαστή.

Επίπεδα φύλλα από αμιαντοτσιμέντο κατά DIN EN 494 (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.24)

Υλικό	Επιφαν. φορτίο σε kN/m ²
Επικάλυψη Γερμανικού τύπου σε σανίδωμα πάχους 24 mm, μαζί με το υπόστρωμα και το σανίδωμα.	0,40
Διπλή επικάλυψη σε πηγάκια, μαζί με αυτά.	0,38 ¹⁾
Οριζόντια επικάλυψη σε πηγάκια, μαζί με αυτά.	0,25 ¹⁾

¹⁾ Προσαύξηση κατά 0,1 kN/m² για διάστρωση πάνω σε σανίδωμα.

Κυματοειδή φύλλα από αμιαντοτσιμέντο κατά DIN EN 494 (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.25)

Υλικό	Επιφαν. φορτίο σε kN/m ²
Φύλλα αμιαντοτσιμέντου με πυκνή αυλάκωση.	0,24 ²⁾
Κυματοειδή φύλλα αμιαντοτσιμέντου.	0,20 ²⁾

²⁾ Χωρίς τις τεγίδες, αλλά με τα υλικά στερέωσης.

Λοιπές επικαλύψεις (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.26)

Υλικό	Επιφ. φορτίο σε kN/m ²
Επικάλυψη με συνθετικά κυματοειδή φύλλα (πρότυπες διατομές κατά DIN EN 494), χωρίς τεγίδες αλλά με τα υλικά στερέωσης:	
▪ από πολυεστερικές ρητίνες ενισχ. με ίνες (πυκν. 1,4 g/cm ³), πάχος φύλλων 1 mm,	0,03
▪ όπως ανωτέρω αλλά μαζί με καλύμματα,	0,06
▪ από συνθετικό γυαλί (πυκνότητα 1,2 g/cm ³), πάχος φύλλων 3 mm.	0,08
Πολυστερικό ύφασμα με επίστρωση PVC, χωρίς φέρουσα κατασκευή.	
▪ Τύπος I (αντοχή σε θραύση 3,0 kN/5 cm πλάτους).	0,0075
▪ Τύπος II (αντοχή σε θραύση 4,7 kN/5 cm πλάτους).	0,0085
▪ Τύπος III (αντοχή σε θραύση 6,0 kN/5 cm πλάτους).	0,01
Στέγη από καλάμια ή άχυρο, μαζί με τα πηγάκια.	0,70
Στέγη από σανίδες, μαζί με τα πηγάκια.	0,25
Γυάλινη επικάλυψη χωρίς στηρίγματα.	
▪ Πρότυπη διατομή δομικού γυαλιού, μονή στρώση.	0,27
▪ Πρότυπη διατομή δομικού γυαλιού, διπλή στρώση.	0,54
Καραβόπανο σκηνής, χωρίς φέρουσα κατασκευή	0,03

Στεγάνωση στεγών και φορέων με ασφαλικές, συνθετικές και ελαστομερείς μεμβράνες (EC1-1-1, Πίν. ΝΑ.Α.27)

Υλικό	Επιφ. φορτίο σε kN/m ²
Μεμβράνες σε κατάσταση παράδοσης	
Στεγανωτική μεμβράνη από ασφαλικό ή πολυμερικό ασφαλικό κατά DIN 52130 ή DIN 52132.	0,04
Συγκολλητή μεμβράνη από ασφαλικό ή πολυμερικό ασφαλικό κατά DIN 52131 και DIN 52133.	0,07
Ασφαλική στεγανωτική μεμβράνη ενισχυμένη με μεταλλική ταινία κατά DIN 18190-4.	0,03
Γυμνή ασφαλική μεμβράνη κατά DIN 52129.	0,01
Μεμβράνη στέγης από ασφαλτο-υαλοπίλημα κατά DIN 52143.	0,03
Συνθετικές μεμβράνες πάχους 1,5 mm.	0,02
Τοποθετημένες μεμβράνες	
Στεγανωτική μεμβράνη από ασφαλικό ή πολυμερικό ασφαλικό κατά DIN 52130 ή DIN 52132 με τη συγκολλητική μάζα, και συγκολλητή μεμβράνη από ασφαλικό ή πολυμερικό ασφαλικό κατά DIN 52131 και DIN 52133, ανά στρώση.	0,07
Ασφαλτ. στεγανωτική μεμβράνη κατά DIN 18190-4, με τη συγκολλητική μάζα, ανά στρώση.	0,06
Γυμνή ασφαλική μεμβράνη κατά DIN 52129, με τη συγκολλητική μάζα, ανά στρώση.	0,04
Μεμβράνη στέγης από ασφαλτο-υαλοπίλημα κατά DIN 52143, με τη συγκολλητική μάζα, ανά στρώση.	0,05
Φράγμα υδρατμών, με συγκολλητική μάζα και συγκολλητή μεμβράνη, ανά στρώση.	0,07
Ισοπεδωτική στρώση, χαλαρά τοποθετημένη.	0,03
Στεγάνωση στεγών και φορέων με συνθετικές μεμβράνες, χαλαρά τοποθετημένες, ανά στρώση.	0,02
Ισχυρή προστασία άνω επιφάνειας στεγάνωσης στέγης	
Επίχωση με σκύρα, πάχους 5 cm.	1,0

6 Επενδύσεις δαπέδων και τοίγων (EC1-1-1, Πίν. NA.A.18)

Υλικό	Επιφ. φορτίο ανά cm πάχους σε kN/m ²
Ασφαλτοσκυρόδεμα.	0,24
Ασφαλτομαστίχη.	0,18
Χυτή ασφαλτος.	0,23
Πλάκες από τσιμεντοκονιάματα με ψηφίδες, μωσαϊκό, πλάκες με συνθετικές ρητίνες σαν συνδετικό υλικό.	0,24
Πατητές κονίες.	
▪ Ασβεστοθεϊκές κονίες (ανυδρίτης, φυσική-, συνθετική- και REA ¹⁾ -γυψοκονία).	0,22
▪ Γυψοκονία.	0,20
▪ Κονία χυτής ασφάλτου.	0,23
▪ Βιομηχανικό δάπεδο.	0,24
▪ Κονία από συνθετικές ρητίνες.	0,22
▪ Μαγνησιακή κονία κατά DIN 272 με βατή επιφάνεια χρήσης μιας ή πολλών στρώσεων.	0,22
▪ Υπόστρωμα πολλαπλών στρώσεων.	0,12
▪ Τσιμεντοκονία.	0,22
Υαλοπίνακες.	0,25
Ελαστικό κόμμι.	0,15
Κεραμικά πλακάκια τοίχου (κεραμικό είδος μαζί με το κονίαμα τοποθέτησης).	0,19
Κεραμικά πλακάκια δαπέδου (από πηλό ή σχιστόπλακες με το κονίαμα τοποθέτησης).	0,22
Συνθετική επένδυση δαπέδου.	0,15
Λινοτάπητας.	0,13
Φυσικές πέτρινες πλάκες (με το κονίαμα τοποθέτησης).	0,30
Μοκέτα.	0,03

¹⁾ Εγκαταστάσεις αποθείωσης καυσαερίων.

7 Υλικά σφράγισης, μόνωσης και πλήρωσης

Χαλαρά υλικά (EC1-1-1, Πίν. NA.A.19)

Υλικό	Επιφ. φορτίο ανά cm πάχους σε kN/m ²
Ελαφρόπετρα, χύδην.	0,07
Διογκωμένος μαρμαρυγίας, χύδην.	0,02
Διογκωμένος περλίτης.	0,01
Διογκωμένος αργιλικός σχιστόλιθος και διογκούμενη άργιλος, χύδην.	0,15
Ινώδη υλικά μόνωσης κατά DIN V 18 165-1 και DIN 18 165-2 (π.χ. με ίνες από γυαλί, σκωρίες, λίθους).	0,01
Ινώδη υλικά, πισσαρισμένα, σαν γέμισμα μόνωσης.	0,02
Ελαστικός πολτός.	0,03
Καννάβι, πισσαρισμένο.	0,02
Αφρώδης σκωρία ψηκαμίνου (θραυστή αφρώδης), σκωρία λιθανθράκων, τέφρα κοκ (στοιχεία από DIN 1055-1, μη περιλαμβανόμενα στο EC1-1-1).	0,14
Άμμος από σκωρία ψηκαμίνου.	0,10
Γη διατόμων.	0,03
Σύντριμμα φελλού, χύδην.	0,02
Μαγνησία, καμένη.	0,10
Αφρώδη πλαστικά υλικά.	0,01

Πλάκες, τάπητες και ταινίες (EC1-1-1, Πίν. NA.A.20)

Υλικό	Επιφ. φορτίο ανά cm πάχους σε kN/m ²
Ασφαλτικές πλάκες	0,22
Ελαφρές μοριοσανίδες κατά DIN 1101	– πάχος πλακών ≤ 100 mm – πάχος πλακών > 100 mm
Πλάκες από γη διατόμων	0,03
Πλάκες από σύντριμμα εμποτισμένου φελλού κατά DIN 18 161-1, πσσαρισμένες	0,02
Ελαφρές δομικές πλάκες πολλαπλών στρώσεων κατά DIN 1102, ανεξάρτητα από το πάχος τους	– πλάκες δύο στρώσεων – πλάκες τριών στρώσεων
Πλάκες από σύντριμμα ψημένου φελλού κατά DIN 18 161-1	0,01
Πλάκες από περλίτη	0,02
Αφρός πολυουρεθάνης κατά DIN 18 159-1	0,01
Αφρώδες γυαλί (πυκνότητα 0,07 g/cm ³) σε πάχη από 4 cm έως 6 cm με χάρτινη επένδυση και συγκόλληση	0,02
Πλάκες από αφρώδη συνθετικά υλικά κατά DIN V 18 164-1 και DIN 18 164-2	0,004

8 Αποθηκευμένα υλικά – Πυκνότητες και γωνίες εσωτερικής τριβής**8.1 Αποθηκευμένα δομικά υλικά****Αποθηκευμένα υλικά οικοδομών και κατασκευών (EC1-1-1, Πίν. A.7)**

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής ¹⁾	
Μπεντονίτης	– χαλαρός – συμπυκνωμένος δονητικά	8,0 11,0 –	
Διογκούμενη άργιλος, αργιλικός σχιστόλιθος (μέγιστη τιμή: κατά DIN 1055-1)	15,0	30°	
Διγιντική τέφρα φίλτρων	15,0	20°	
Ιπτάμενη τέφρα	10–14	25°	
Αδρανή	ελαφρά (βλ. σελ. 3.7) κανονικά βαριά	9–20 20–30 >30	30° 30° 30°
Γύψος, τριμμένος	15,0	25°	
Γυαλί	σε φύλλα σπασμένο (EC1-1-1, Πίν. A.5) Ακρυλικά φύλλα (EC1-1-1, Πίν. A.5)	25,0 22,0 12,0	– – –
Σκωρία υψικαμίνων	άμορφη συμπαγής (σβώλοι) κοκκώδης θραυστή αφρώδης	17,0 12,0 9,0	40° 30° 35°
Άσβεστος	ασβεστόλιθος σε σκόνη	13,0 13,0	25° 25°–27°
Τέφρα πυθμένα κλιβάνου (κατά DIN 1055-1)	13,0	30°	
Τέφρα κοκ (κατά DIN 1055-1)	7,5	25°	
Χαλίκια και άμμος, χύδην	15–20	35°	
Πλαστικά	πολυαιθυλένιο, κοκκοποιημένη πολυστυρόλη χλωριούχο πολυβινύλιο, σκόνη ρητίνη πολυεστέρα ρητινικές κόλλες	6,4 5,9 11,8 13,0	30° 40° – –
Μαγνησίτης, τριμμένος	12,0	–	
Άμμος	14–19	30°	
Θηραϊκή γη, τριμμένη, χαλαρά στοιβαγμένη	15,0	25°	
Βερμικουλίτης	απολεπισμένος, υλικό αδρανών σκυροδέματος ακατέργαστος	1,0 6–9	– –
Τσιμέντο	χύδην σε σάκκους	16,0 15,0	28° –
Άμμος πλίνθου, τριμμένοι ή σπασμένοι λίθοι	15,0	35°	

¹⁾ Οι γωνίες εσωτερικής τριβής ισχύουν για χαλαρή σόρευση. Για αποθήκευση σε σιλό βλ. αντίστοιχες τιμές εκεί.

8.2 Αποθηκευμένα επαγγελματικά και βιομηχανικά προϊόντα

Αποθηκευμένα προϊόντα – βιομηχανικά και γενικά (EC1-1-1, Πίν. Α.12 και Πίν. Α.12DE)

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής	
Βιβλία και έγγραφα	Έγγραφα, βιβλία, ράφια και ντουλάπια αρχειοθέτησης πυκνά αποθηκευμένα	6,0 8,5	– –
Άσφαλτος, πίσσα		14,0	–
Πάγος, σε κομμάτια		8,5	–
Σιδηρομετάλλευμα	Ελών (επιφανειακό) Βραζιλίας (από μεγάλο βάθος)	14,0 39,0	40° 40°
Νήματα, κυτταρίνη, πεπαισμένα σε μπάλες		12,0	0°
Λάσπη	με νερό μέχρι 30% του όγκου με νερό πάνω από 50% του όγκου	12,5 11,0	20° 0°
Ιχθυάλευρα		8,0	45°
Ελαστικό		10–17	–
Ροκανίδι, χαλαρά στοιβαγμένο		2,0	45°
Πριονίδι	ξηρό, σε σακούλες	3,0	–
	ξηρό, χαλαρό	2,5	45°
	υγρό, χαλαρό	5,0	45°
Ξυλοβάμβακας	χαλαρός	1,5	45°
	πεπαισμένοι	4,5	–
Ανθρακασβέστιο σε κομμάτια		9,0	30°
Ρούχα και κουρέλια, σε δεμάτια		11,0	–
Φελλός, πεπαισμένος		3,0	–
Δέρμα, σε στοίβες		10,0	–
Λινοτάπητας κατά DIN EN 548, σε ρόλους		13,0	–
Χαρτί	σε στοίβες	11,0	–
	σε ρόλους	15,0	–
Πορσελάνη ή κεραμικά, σε στοίβες		11,0	–
Φύλλα PVC κατά DIN EN 649, σε ρόλους		15,0	–
Σόδα	άνυδρη	25,0	45°
	κρυσταλλική	15,0	40°
Ορυκτό αλάτι		22,0	45°
Αλάτι		12,0	40°
Μαλλί, βαμβάκι, πεπαισμένο, φυσικά ξηραμένο luftgetrocknet		13,0	–

Στερεά καύσιμα (EC1-1-1, Πίν. Α.11)

Υλικό	Πυκνότητα, kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής	
λιγνίτης	μπρικέτες, σε σωρό	7,8	30°
	μπρικέτες, στοιβαγμένες	12,8	–
	υγρός	9,8	30°–35°
	ξηρός	7,8	35°
	σκόνη	4,9	25°–40°
	κοκ χαμηλής θερμοκρασίας	9,8	40°
καυσόξυλα		5,4	45°
ξυλάνθρακας	με αέρα	4,0	–
	χωρίς αέρα	15,0	–
γαιάνθρακας	ανθρακόπλινθος, σε σωρό	8	35°
	ανθρακόπλινθος, στοιβαγμένος	13	–
	μπρικέτα μικρού μεγέθους	8,3	30°
	γαιάνθρακας, ακατέργαστος από το ορυχείο	10	35°
	γαιάνθρακας σε δεξαμενές πλύσης	12	–
	καρβουνόσκονη	7	25°
	κοκ	4,0–6,5	35°–45°
	μεικτά σε λατομείο	12,3	35°
κατάλοιπα δεξαμενών πλύσης στα ορυχεία	13,7	35°	
	όλα τα υπόλοιπα είδη άνθρακα	8,3	30°–35°
τύρφη	μαύρη, αποξηραμένη, συσκευασμένη σφικτά	6–9	–
	μαύρη, αποξηραμένη, σε χαλαρό σωρό	3–6	45°

Υγρά (EC1-1-1, Πίν. Α.10)

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³	
Ποτά	10,0	
Φυσικά έλαια	μπύρα, γάλα, (γλυκό-)νερό, κρασί	12,3
	γλυκερίνη	9,2
	λινέλαιο	8,8
	ελαιόλαδο	9,3
Οργανικά υγρά και οξέα	καστορέλαιο	7,8
	οινόπνευμα, φωτιστικό οινόπνευμα	7,4
	αιθέρας	11,8
	υδροχλωρικό οξύ, 40% κατά βάρος	14,7
	νιτρικό οξύ, 91% κατά βάρος	13,7
	θειικό οξύ, 30% κατά βάρος	17,7
	θειικό οξύ, 87% κατά βάρος	8,3
τερεβινθέλαιο (νέφτι)	9,8	
Υδρογονάνθρακες	ανιλίνη	8,8
	βενζόλιο	10,8–12,8
	πίσσα από λιθάνθρακες	10,8
	κρεόζωτο	7,8
	νάφθα	8,3
	παραφίνη (κηροζίνη)	6,9
	βενζίνη (ακάθαρτο βενζόλιο)	9,8–12,8
	πετρέλαιο αργό (ακάθαρτο πετρέλαιο)	8,3
	ντίζελ	7,8–9,8
	καύσιμο	12,3
	μαζούτ	8,8
	λιπαντικό	7,4
	βενζίνη (κινητήρων)	5,7
	βουτάνιο	5,0
	προπάνιο	133
Άλλα υγρά	υδράργυρος	59
	μίνιο	38
	λευκός μολυβδος, σε λάδι	10,8
	λάσπη, πάνω από 50% κατ' όγκο περιεκτικότητα σε νερό	

Αγροτικά προϊόντα σε σωρούς και στοίβες (EC1-1-1, Πίν. Α.8)

Υλικό	Πυκνότητα σε kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής	
Χορτονομή	πράσινη, χαλαρά στοιβαγμένη	3,5–4,5	–
Χόρτο σε δέματα κύβου		7,8	40°
Σανός	σε μπάλες	1,0–3,0	–
	σε ρολά	6,0–7,0	–
Χλωρή χορτονομή σε σιλό		5,0–10,0	–
Άχυρο	χύμα (ξηρό)	0,7	–
	σε μπάλες	1,5	–
Σπόροι (ολόκληροι, ≤ 14% υγρασία, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά)	γενικά	7,8	30°
	κριθή	7,0	30°
	καθίζημα απόσταξης (υγρό)	8,8	–
	σπόροι βοτάνων	3,4	30°
	αραβόσιτος, χύδην	7,4	30°
	αραβόσιτος, σε σάκους	5,0	–
	βρώμη	5,0	30°
	κράμβη ελαιούχοι σπόροι κράμβης	6,4	25°
	σίκαλη	7,0	30°
σιτάρι, χύδην	7,8	30°	
σιτάρι, σε σάκους	7,5	–	
Δορές και δέρματα		8,0–9,0	
Λυκίσκος		1,0–2,0	25°
Λυκίσκος (κατά DIN 1055-1)	σε σάκους	1,7	–
	σε κυλινδρικά δοχεία	4,7	–
	πεπιεσμένος ή δεμένος με πανί	2,9	–

Αγροτικά προϊόντα σε σωρούς και στοίβες (συνέχεια)

Βόνη		4,0–6,0	20°
Χοντράλευρο	αλεσμένο	7,0	45°
	σε κύβους	7,0	40°
Τύρφη	ξηρή, χαλαρή, συμπτυκνωμένη δονητικά	1,0	35°
	ξηρή, συμπιεσμένη σε μπάλες	5,0	–
	υγρή	9,0	–
Καπνά	σε δέματα	3,5–5,0	–
Μαλλί	χύδην	3,0	–
	σε μπάλες	7,0–13,0	–

Αποθηκευμένα προϊόντα, τρόφιμα (EC1-1-1, Πίν. Α.9)

Υλικό		Πυκνότητα σε kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής
Αυγά, σε βάση		4,0–5,0	–
Αλεύρι	χύδην	6,0	25°
	σε σακούλα	5,0	–
Φρούτα	μήλα	χύμα	8,3
		σε κιβώτιο	6,5
	κεράσια	7,8	–
	αχλάδια	5,9	–
	σμέουρα, σε δίσκους	2,0	–
	φράουλες, σε δίσκους	1,2	–
	ντομάτες	6,8	–
Ζάχαρη	χύμα, σε σωρό	7,8–10	35°
	πυκνή και συσκευασμένη σε σακούλες	16	–
Λαχανικά, φρέσκα	λάχανο	4,0	–
	μαρούλι	5,0	–
Ξηρά όσπρια	γενικά	7,4	30°
	φασόλια	8,1	35°
	σόγια	7,8	–
Λαχανικά, ρίζα	γενικά	8,8	–
	παντζάρι	7,4	40°
	καρότα	7,8	35°
	κρεμμύδια	7,0	35°
	γογγύλια	7,0	35°
Πατάτες	χύδην	7,6	35°
	σε κούτες	4,4	–
Ζαχαρότευτλα	αποξηραμένα και κομμένα	2,9	35°
	ακατέργαστα	7,6	–
	υγρά κομμάτια	10,0	–

Λιπάσματα (EC1-1-1, Πίν. Α.8)

Υλικό		Πυκνότητα σε kN/m ³	Γωνία εσωτ. τριβής
Φυσικό λίπασμα	κοπριά (ελάχιστο 60 % στερεών)	7,8	–
	κοπριά (με ξερό άχυρο)	9,8	45°
	αποξηραμένη κοπριά πουλερικών	6,9	45°
	γαιοπολτός (τουλάχιστον 20 % στερά)	10,8	–
Τεχνητό λίπασμα	NPK, τριμμένο	8,0–12,0	25°
	σκουριά αποφωσφόρωσης, θραυσμένη	13,7	35°
	φωσφορικά άλατα, κοκκώδη	10,0–16,0	30°
	θειικό κάλιο	12,0–16,0	28°
	ουρία	7,0–8,0	24°

III Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια

κατά DIN EN 1991-1-1 (12.2010) και DIN EN 1991-1-1/NA (12.2010)

Καθ. Διπλ.-Μηχ. Klaus-Jürgen Schneider

1 Κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, σκάλες και εξώστες

Πίνακας 3.16 Κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, σκάλες και εξώστες, χαρακτηριστικές τιμές (βλ. EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.1 DE)

Κατηγορία	Χρήση	Παραδείγματα	q_k kN/m ²	Q_k kN	
A	A1	Στεγιοειδή δάπεδα	Ακατάλληλα για χώρους κατοικίας, μόνο για πρόσθετο χώρο σοφίτας με ελεύθερο ύψος μέχρι 1,80 m.	1,0	1,0
	A2	Χώροι κατοικίας και διαμονής	Χώροι με επαρκή πλευρική κατανομή των φορτίων. Δωμάτια και διάδρομοι σε κτήρια κατοικιών, θάλαμοι νοσοκομείων, δωμάτια ξενοδοχείων με τις αντίστοιχες κουζίνες και τουαλέτες.	1,5	–
	A3		Όπως A2, αλλά χωρίς επαρκή πλευρική κατανομή των φορτίων.	2,0 ¹⁾	1,0
B	B1	Χώροι γραφείων, χώροι εργασίας, διάδρομοι	Διάδρομοι κτηρίων γραφείων, χώροι γραφείων, ιατρεία, γραφεία σταθμών, αίθουσες αναμονής περιλαμβανομένων των διαδρόμων, μικροί στάβλοι.	2,0	2,0
	B2		Διάδρομοι νοσοκομείων, ξενοδοχείων, γηροκομείων, οικότροφείων κ.ο.κ. Αίθουσες θεραπείας και αίθουσες χειρουργείων χωρίς βαριά μηχανήματα.	3,0	3,0
	B3		Όπως B1 και B2, αλλά με βαριά μηχανήματα.	5,0	4,0
C	C1	Χώροι συνάθροισης κοινού (με εξαίρεση των χώρων που κατατάσσονται στις κατηγορίες A, B, D και E)	Χώροι με τραπέζια, π.χ. σχολικοί χώροι, καφετέριες, εστιατόρια, αίθουσες εστίασης, αναγνωστήρια, χώροι υποδοχής.	3,0	4,0
	C2		Χώροι με σταθερά καθίσματα, π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες διαλέξεων, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής.	4,0	4,0
	C3		Χώροι απρόσκοπτης μετακίνησης κοινού π.χ. χώροι μουσείων, εκθεσιακοί χώροι κ.ο.κ. και χώροι πρόσβασης σε δημόσια κτήρια και ξενοδοχεία, μη βατά δάπεδα προαυλίων σιδηροδρομικών σταθμών· διάδρομοι στις κατηγορίες C1 έως C3.	5,0	4,0
	C4		Χώροι για πιθανές σωματικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, χώροι αθλημάτων, αίθουσες γυμναστικής και αθλοπαιδιών, θεατρικές σκηνές.	5,0	7,0
	C5		Χώροι όπου ενδέχεται να συγκεντρωθούν μεγάλα πλήθη π.χ. σε κτήρια όπως αίθουσες συναυλιών, ταράτσες, αίθουσες εισόδων, καθώς και κερκίδες με σταθερά καθίσματα.	5,0	4,0
	C6		Χώροι με αυξημένη συνάθροιση κοινού, κερκίδες χωρίς σταθερά καθίσματα.	7,5	10,0
D	D1	Χώροι εμπορικών καταστημάτων	Χώροι καταστημάτων μέχρι εμβαδού 50 m ² σε κτήρια κατοικιών, γραφείων ή ανάλογα.	2,0	2,0
	D2		Χώροι καταστημάτων λιανικών πωλήσεων και πολυκαταστημάτων.	5,0	4,0
	D3		Όπως D2, αλλά με αυξημένα συγκεντρωμένα φορτία λόγω ψηλών ραφιών αποθήκευσης.	5,0	7,0

¹⁾ Για τον υπολογισμό των φορτίων που μεταβιβάζονται στα υποστυλώματα χώρων με δάπεδα χωρίς επαρκή πλευρική κατανομή των φορτίων, επιτρέπεται η μείωση της αναφερόμενης τιμής κατά 0,5 kN/m².

Πίνακας 3.16 (συνέχεια)

Κατηγορία		Χρήση	Παραδείγματα	q_k kN/m ²	Q_k kN
E	E1.1	Εργοστάσια και εργοτάξια, στάβλοι, χώροι αποθήκευσης και προσβάσεις	Χώροι εργοστασίων ²⁾ και εργοταξίων ²⁾ με ελαφριά χρήση και χώροι μεγάλων στάβλων.	5,0	4,0
	E1.2		Χώροι αποθήκευσης, συμπεριλ. βιβλιοθηκών.	6,0 ³⁾	7,0
	E2.1		Χώροι εργοστασίων ²⁾ και συνεργείων ²⁾ με μέτρια και βαριά χρήση.	7,5 ³⁾	10,0
T ⁴⁾	T1 ⁵⁾	Σκάλες και πλατύσκαλα	Σκάλες και πλατύσκαλα των κατηγοριών Α και Β1 χωρίς αξιόλογη κυκλοφορία κοινού.	3,0	2,0
	T2		Σκάλες και πλατύσκαλα των κατηγοριών Β1 με σημαντική κυκλοφορία κοινού, Β2 έως Ε και όλες οι σκάλες που χρησιμεύουν ως οδοί διαφυγής.	5,0	2,0
	T3		Προσβάσεις και σκάλες κερκίδων χωρίς σταθερά καθίσματα, που χρησιμεύουν ως οδοί διαφυγής.	7,5	3,0
Z ⁴⁾		Διάδρομοι, εξώστες και παρόμοια	Ταράτσες, διαδρομές με πέργκολες, σκεπαστοί εξώστες κ.ο.κ., εξώστες, εξέδρες εξόδου.	4,0	2,0

²⁾ Οι τιμές επιβαλλόμενων φορτίων για εργοστάσια και εργοτάξια αφορούν σε κυρίως στατικές δράσεις. Σε ειδικές περιπτώσεις συχνά επαναλαμβανόμενες δράσεις πρέπει, ανάλογα με τα δεδομένα, να κατατάσσονται ως δυναμικά φορτία σύμφωνα με την παρ. 5.

³⁾ Οι τιμές αυτές είναι οι ελάχιστες. Σε περιπτώσεις που προβλέπονται μεγαλύτερα φορτία, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αυτά.

⁴⁾ Από την άποψη συνδυασμών δράσεων, οι δράσεις πρέπει να κατατάσσονται σύμφωνα με την κατηγορία χρήσης του εκάστοτε κτηρίου ή τμήματος κτηρίου.
Σύμφωνα με το [3.2] δεν απαιτείται επαλληλία τους με τα φορτία χιονιού.

⁵⁾ Ισχύει σύμφωνα με [3.2] για σκάλες και πλατύσκαλα της κατηγορίας T1 ακόμα και όταν αποτελούν τμήματα της οδού διαφυγής.

- Τα φορτία της υπόψη παραγράφου θεωρούνται κυρίως στατικά. Φορείς που μπορεί να υποβληθούν σε ταλαντώσεις λόγω πολυκοσμίας, πρέπει να σχεδιάζονται έναντι φαινομένων συντονισμού.
- Για υπόγεια κατοικιών ή υπόγειους χώρους σε κτήρια διαμονής $q_k = 3,0$ kN/m² και $Q_k = 3,0$ kN [3.2].
- Σε κτήρια και οικοδομικές εγκαταστάσεις που κατατάσσονται στην κατηγορία Ε, πρέπει σε κάθε χώρο να εφαρμόζεται το φορτίο που λαμβάνεται από τον Πίνακα 3.16.
- Όταν απαιτείται έλεγχος της τοπικής ελάχιστης αντοχής (π.χ. για δομικά στοιχεία χωρίς επαρκή πλευρική κατανομή των φορτίων), αυτός πρέπει να διεξάγεται με τις χαρακτηριστικές τιμές συγκεντρωμένων φορτίων Q_k από τον Πίνακα 3.16 χωρίς επαλληλία με το επιφανειακό φορτίο q_k . Η επιφάνεια επιβολής του Q_k είναι τετραγωνική με μήκος πλευράς 5 cm.
- Σε περιπτώσεις συγκεντρωμένων φορτίων από ράφια αποθήκευσης, εξοπλισμό ανύψωσης, χρηματοκιβώτια κ.ο.κ., αυτά πρέπει να υπολογίζονται ξεχωριστά και να λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο αντοχής μαζί με τα ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία.
- Για τη διανομή τους στα δευτερεύοντα δομικά μέλη (δοκούς, υποστυλώματα, τοιχία, θεμέλια κ.λπ.) τα επιβαλλόμενα φορτία επιτρέπεται να μειώνονται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$q'_k = \alpha_A \cdot q_k$$

όπου q'_k μειωμένο επιβαλλόμενο φορτίο,

q_k επιβαλλόμενο φορτίο Πίνακα 3.16 (το πρόσθετο φορτίο λόγω διαχωριστικών τοίχων (παρ. 2) επιτρέπεται επίσης να μειωθεί),

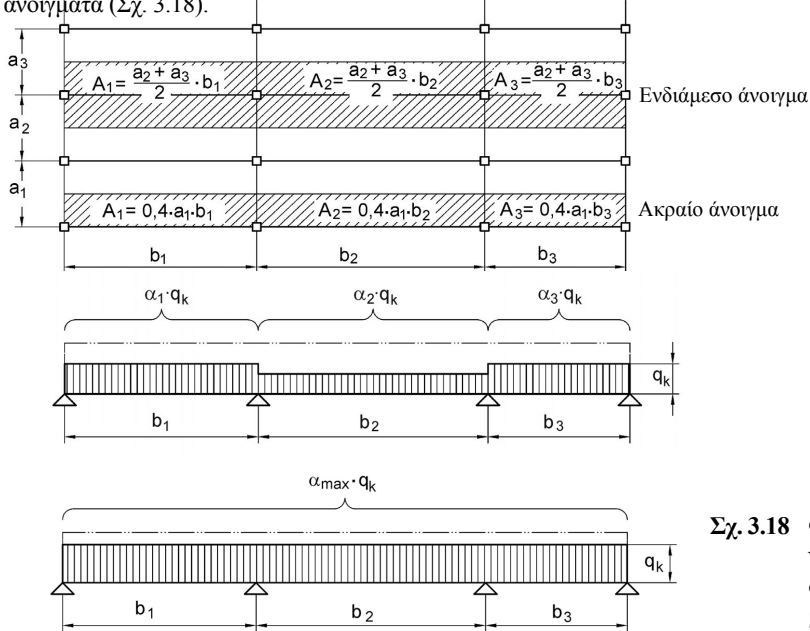
α_A μειωτικός συντελεστής από Πίν. 3.18a (βλ. EN 1991-1-1/NA, 6.3.1.2(10)), με Α τη φορτιζόμενη επιφάνεια του δευτερεύοντος δομικού μέλους σε m².

- Για δάπεδα με κυκλοφορία επιβατικών ή περνοφόρων ανυψωτικών οχημάτων, πρέπει στις διαδρομές των χώρων να εφαρμόζεται το συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο των Πινάκων 3.19b ή 3.20. Επιπροσθέτως, για την κατηγορία Ε ισχύει επίσης η παράγραφος 5, γραμμές 1. και 2.
- Στις διαδρομές επί δαπέδων με κυκλοφορία βαρέων οχημάτων (π.χ. αυτών της παρ. 5.3), πρέπει να εφαρμόζεται το συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο οχήματος της αντίστοιχης κατηγορίας γέφυρας κατά DIN 1072.

Πίνακας 3.18α Μειωτικός συντελεστής α_A

Κατηγορίες A, B, Z	Κατηγορίες C έως E1.1
$\alpha_A = 0,5 + 10/A \leq 1,0$	$\alpha_A = 0,7 + 10/A \leq 1,0$

Σε φορείς πολλών ανοιγμάτων η φορτιζόμενη επιφάνεια κάθε ανοίγματος πρέπει να προσδιορίζεται χωριστά. Ο δυσμενέστερος μειωτικός συντελεστής επιτρέπεται προσεγγιστικά να εφαρμοσθεί σε όλα τα ανοίγματα (Σχ. 3.18).



Σχ. 3.18 Φορτιζόμενες επιφάνειες και φορτία για δευτερεύοντα δομικά μέλη

Όταν για τη διαστασιολόγηση των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων είναι κρίσιμα φορτία που οφείλονται σε περισσότερους του ενός ορόφους, αυτά επιτρέπεται για τις κατηγορίες A έως E, T και Z να μειώνονται με το συντελεστή α_n . Ο μειωτικός συντελεστής α_n όμως δεν μπορεί να εφαρμοσθεί αν κατά τον συνδυασμό των δράσεων η χαρακτηριστική τιμή του επιβαλλόμενου φορτίου έχει μειωθεί με έναν συντελεστή συνδυασμού ψ . Επιπροσθέτως, οι συντελεστές α_A και α_n δεν μπορούν να εφαρμοσθούν ταυτοχρόνως, επιτρέπεται μόνο η χρήση του ευμενέστερου εκ των δύο. Στον προσδιορισμό του συνδυασμού δράσεων για πολυώροφα κτήρια, το επιβαλλόμενο φορτίο όλων των ορόφων πρέπει να θεωρείται συνολικά σαν μία ανεξάρτητη μεταβλητή δράση.

Πίνακας 3.18b Μειωτικός συντελεστής α_n

Κατηγορίες A έως D, Z	Κατηγορίες E, T
$\alpha_n = 0,7 + 0,6/n$	$\alpha_n = 1,0$
n αριθμός ορόφων πάνω από το φορτιζόμενο δομικό στοιχείο (> 2)	

2 Φορτία ελαφρών διαχωριστικών τοίχων

Τα φορτία ελαφρών αφόρτιστων διαχωριστικών τοίχων (φορτίο τοίχου ≤ 5 kN/m μήκους τοίχου) επιτρέπεται απλοποιητικά να θεωρούνται ως ένα ομοιόμορφα κατανομημένο πρόσθετο επιβαλλόμενο φορτίο (EN 1991-1-1/NA, 6.3.1.2). Εξαιρούνται τοίχοι παράλληλοι σε δοκούς δαπέδων χωρίς επαρκή πλευρική διανομή φορτίων, καθώς και κινητά χωρίσματα.

Πίνακας 3.18c Πρόσθετο φορτίο λόγω διαχωριστικών τοίχων¹⁾

Πρόσθετο φορτίο διαχωριστικών τοίχων για τοίχους (συμπεριλ. επιχρίσματος) με φορτίο	≤ 3 kN/m μήκους τοίχου	0,8 kN/m ²
	> 3 kN/m μήκους τοίχου	1,2 kN/m ²
Το πρόσθετο φορτίο μπορεί να παραλείπεται για επιβαλλόμενα φορτία ≥ 5 kN/m ²		

¹⁾ Σε περιπτώσεις που είναι κρίσιμοι οι έλεγχοι σε οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (π.χ., έλεγχος παραμορφώσεων), το φορτίο των διαχωριστικών τοίχων πρέπει να εφαρμόζεται με $\psi_2 = 1,0$ [3.2].

3 Ομοιόμορφα διανεμημένα και συγκεντρωμένα φορτία για στέγες

Τα φορτία της παρ. 3 θεωρούνται κυρίως στατικά.

Όταν απαιτείται έλεγχος της τοπικής ελάχιστης αντοχής, αυτός πρέπει να διεξάγεται με τις χαρακτηριστικές τιμές για συγκεντρωμένο φορτίο Q_k απ' τον Πίνακα 3.19α. Η επιφάνεια επιβολής του Q_k είναι τετραγωνική με μήκος πλευράς 5 cm.

Σε διαδρόμους επιθεώρησης, που αποτελούν τμήμα οδού διαφυγής, επιβάλλεται φορτίο 3 kN/m².

Ρυθμίσεις για στέγες με οδική κυκλοφορία ή ειδική λειτουργία παρουσιάζονται στις παρ. 4 και 5.

Πίνακας 3.19α Επιβαλλόμενα φορτία στεγών (EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.10 DE)

Κατηγορία	Χρήση	Q_k σε kN
H	Μη προσβάσιμες στέγες, με εξαίρεση συνήθη μέτρα συντήρησης και επισκευών	1,0

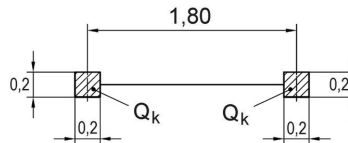
Δεν απαιτείται επαλληλία των δράσεων του Πίνακα 3.19α με τα φορτία χιονιού. Σε πύχτες στεγών πρέπει να εφαρμόζονται δύο συγκεντρωμένα φορτία, 0,5 kN έκαστο, στα τέταρτα του ανοίγματος από κάθε άκρο. Δεν απαιτείται έλεγχος για ξύλινους πύχτες στεγών με δοκιμασμένες, βάσει εμπειρίας, διαστάσεις διατομών και απόσταση τεγίδων μέχρι 1 m περίπου.

Ελαφρές αντηρίδες επιτρέπεται να υπολογίζονται με ένα συγκεντρωμένο φορτίο 0,5 kN στη δυσμενέστερη θέση, όταν οι στέγες είναι βατές μόνο με τη βοήθεια σανίδων και σκαλωσιών.

4 Ομοιόμορφα διανεμημένα επιβαλλόμενα φορτία για χώρους στάθμευσης και επιφάνειες με κυκλοφορία οχημάτων

Οι χαρακτηριστικές τιμές του Πίνακα 3.19b για τα επιβαλλόμενα φορτία σε χώρους στάθμευσης και οι επιφάνειες με κυκλοφορία οχημάτων επιτρέπεται να θεωρούνται ως κυρίως στατικά φορτία. Σε ελέγχους τοπικής ελάχιστης αντοχής με τις χαρακτηριστικές τιμές συγκεντρωμένων φορτίων Q_k δεν απαιτείται επαλληλία με το επιφανειακό φορτίο q_k .

Οι προσβάσεις σε επιφάνειες, οι οποίες διαστασιολογούνται με την κατηγορία F, πρέπει να οριοθετούνται με κατάλληλες διατάξεις, ώστε να παρεμποδίζεται η διέλευση βαρέων οχημάτων.



Σχ. 3.19 Επιφάνεια επιβολής του Q_k .

Πίνακας 3.19b Κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία σε χώρους στάθμευσης και επιφάνειες με κυκλοφορία οχημάτων (EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.8 DE)

Κατηγορία	Χρήση	$A^2)$ m ²	q_k kN/m ²	ή	$2 \cdot Q_k$ kN
F	F1	Χώροι κυκλοφορίας και στάθμευσης για ελαφρά οχήματα (μεικτό βάρος ≤ 30 kN)	≤ 20		3,5
	F2		> 20	2,5	20 ¹⁾
	F3	Ράμπες πρόσβασης	≤ 20	5,0	20
	F4		> 20	3,5	20 ¹⁾

¹⁾ Στις κατηγορίες F2 και F4, για τον έλεγχο τοπικής καταπόνησης (π.χ. διάτμηση στη στήριξη ή διάτμηση κάτω από το φορτίο τροχού), μπορεί να είναι καθοριστικό είτε το φορτίο άξονα ($2 \cdot Q_k = 20$ kN) είτε το φορτίο τροχού ($Q_k = 10$ kN).

²⁾ Για πλάκες καταπονούμενες σε μια διεύθυνση, η επιφάνεια A υπολογίζεται ως γινόμενο του ανοίγματος επί το συνεργαζόμενο πλάτος b_m για το φορτίο άξονα $2Q_k$. Το πλάτος b_m μπορεί να προσδιορισθεί με κατάλληλα βοηθήματα, π.χ. σύμφωνα με το DAfStb-H. 240. Για δομικά στοιχεία που μεταβιβάζουν περαιτέρω τα φορτία (π.χ. δοκοί, υποστυλώματα), η επιφάνεια A υπολογίζεται σύμφωνα με την παρ. 3.18.

5 Ομοιόμορφα διανεμημένα και συγκεντρωμένα επιβαλλόμενα φορτία για δυναμικές δράσεις

- Τα ομοιόμορφα διανεμημένα φορτία q_k των παρ. 5.2 και 5.4 εφαρμόζονται χωρίς δυναμικό συντελεστή.
- Τα συγκεντρωμένα φορτία Q_k των παρ. 5.2 και 5.4 πολλαπλασιάζονται με το δυναμικό συντελεστή ϕ .

5.1 Δυναμικοί συντελεστές

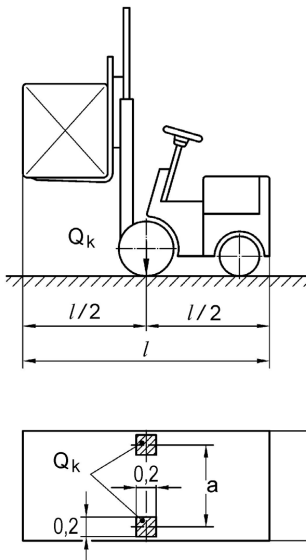
- Ο δυναμικός συντελεστής είναι $\phi = 1,4$, αν δεν γίνει ακριβέστερος έλεγχος.
Για φορείς υπό επίχωση $\phi = 1,4 - 0,1 \cdot h_{\bar{u}} \geq 1,0$ (όπου $h_{\bar{u}}$ το πάχος της επίχωσης σε m).
- Ο δυναμικός συντελεστής ϕ για επιφάνειες της παρ. 5.3 δίνεται στο DIN 1072.

5.2 Επιφάνειες με λειτουργία περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων

Δάπεδα σε εργοτάξια, εργοστάσια, αποθηκευτικούς χώρους και αγροκτήματα, επί των οποίων κινούνται περονοφόρα οχήματα, διαστασιολογούνται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας για ένα περονοφόρο όχημα στη δυσμενέστερη θέση με τα συγκεντρωμένα φορτία Q_k του Πίν. 3.20 (γεωμετρία σύμφωνα με παρ. 3.20) και για ένα ομοιόμορφα διανεμημένο τριγύρω φορτίο q_k από τον Πίν. 3.20.

Πίνακας 3.20 Κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία σε χώρους αποθήκευσης με λειτουργία περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων
(EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.4 DE και EN 1991-1-1, Πίν. 6.5 και 6.6)

Κατηγορία	Κατηγορία περονοφόρου ανυψ. οχήματος	Καθαρό βάρος σε kN	Φορτίο ανύψωσης σε kN	Επιβαλλόμενο φορτίο		
				$2 \cdot Q_k$ σε kN	q_k σε kN/m ²	
E	E2.2	FL1	21	10	26	12,5
	E2.3	FL2	31	15	40	15,0
	E2.4	FL3	44	25	63	17,5
	E2.5	FL4	60	40	90	20,0
		FL5	90	60	140	
		FL6	110	80	170	



Διαστάσεις a , b και l για περονοφόρα (βλ. Σχ. 3.20)

Κατηγορία	a σε m	b σε m	l σε m
FL1	0,85	1,00	2,60
FL2	0,95	1,10	3,00
FL3	1,00	1,20	3,30
FL4	1,20	1,40	4,00
FL5	1,50	1,90	4,60
FL6	1,80	2,30	5,10

- Το ομοιόμορφο φορτίο q_k πρέπει επίσης να εφαρμόζεται στη δυσμενέστερη διάταξη – μεταβαλλόμενο ανά άνοιγμα – αν η καθολική εφαρμογή του δεν είναι δυσμενέστερη.
- Σε περίπτωση που τα δάπεδα υπόκεινται σε κυκλοφορία περονοφόρων οχημάτων, αλλά και οχημάτων της κατηγορίας F ή οχημάτων της παρ. 3, θα εφαρμόζεται το δυσμενέστερο από τα δρώντα φορτία.

Σχ. 3.20 Περονοφόρο ανυψωτικό όχημα.

5.3 Επιφάνειες κυκλοφορίας οχημάτων σε οροφές υπογείων και επιφάνειες δαπέδων με ελεύθερη κυκλοφορία

- Οροφές υπογείων και άλλα δάπεδα στα οποία κυκλοφορούν ελεύθερα οχήματα, διαστασιολογούνται για τα φορτία της κατηγορίας γεφυρών 6/6 έως 30/30 κατά DIN 1072.
- Οροφές υπογείων, επί των οποίων κυκλοφορούν μόνο πυροσβεστικά οχήματα σε περίπτωση πυρκαγιάς, διαστασιολογούνται για κατηγορία γέφυρας 16/16 κατά DIN 1072, πίνακας 2. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται να εξετασθεί ένα μόνο όχημα στη δυσμενέστερη θέση· στην υπόλοιπη επιφάνεια εφαρμόζεται το ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο της κύριας λωρίδας. Ο απαιτούμενος από το DIN 1072 έλεγχος για ένα φορτίο μεμονωμένου άξονα 110 kN μπορεί να παραληφθεί. Το επιβαλλόμενο φορτίο μπορεί να ταξινομηθεί ως κυρίως στατικό.

5.4 Επιφάνειες χώρων προσγείωσης ελικοπτέρων

- Για δάπεδα με χώρους προσγείωσης ελικοπτέρων, τα υπολογιστικά φορτία λαμβάνονται από τον Πίνακα 3.21a ανάλογα με το επιτρεπόμενο βάρος απογείωσης του ελικοπτερού.
- Εκτός αυτού, τα διάφορα δομικά στοιχεία διαστασιολογούνται για ένα ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο 5 kN/m^2 με πλήρες φορτίο ανά μεμονωμένο άνοιγμα στο δυσμενέστερο συνδυασμό – μεταβαλλόμενο ανά άνοιγμα. Η δυσμενέστερη τιμή είναι καθοριστική.

Πίνακας 3.21a Υπολογιστικά φορτία ελικοπτέρων (EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.11 DE)

Κατηγορία	Επιτρεπόμενο φορτίο απογείωσης σε t	Υπολογιστικό φορτίο ελικοπτερού Q_k σε kN	Μήκος πλευράς φορτιζόμενης τετραγωνικής επιφάνειας σε cm
HC ¹⁾	HC1	3	20
	HC2	6	30
	HC3	12	30

¹⁾ Οι δράσεις συνδυάζονται όπως αυτές της κατηγορίας E.

6 Οριζόντια επιβαλλόμενα φορτία

6.1 Οριζόντια φορτία από ανθρώπους σε προστ. κιγκλιδώματα, διαχωριστικούς τοίχους και άλλες κατασκευές που λειτουργούν ως στηθαία ασφάλειας

- Οι χαρακτηριστικές τιμές ομοιόμορφων φορτίων, τα οποία δρουν στη στάθμη του χειρολισθήρα αλλά όχι ψηλότερα από 1,2 m, δίνονται στον Πίνακα 3.21b.
- Τα οριζόντια φορτία του Πίνακα 3.21b λαμβάνονται με την πλήρη τιμή τους για την κατεύθυνση πτώσης και με 50% αυτής στην αντίθετη κατεύθυνση (κατ' ελάχιστον όμως $0,5 \text{ kN/m}$).
- Φορτία ανέμου και οριζόντια επιβαλλόμενα φορτία δεν χρειάζεται να επαλληλίζονται.

Πίνακας 3.21b Οριζόντια επιβαλλόμενα φορτία q_k από ανθρώπους σε προστατευτικά κιγκλιδώματα, διαχωριστικούς τοίχους και άλλες κατασκευές που λειτουργούν σαν στηθαία ασφάλειας (EN 1991-1-1/NA, Πίν. 6.12 DE)

Φορτιζόμενες επιφάνειες κατά κατηγορία	Οριζόντιο φορτίο q_k σε kN/m
A, B1, H, F1 ¹⁾ έως F4 ¹⁾ , T1, Z ²⁾	0,5
B2, B3, C1 έως C4, D, E1.1 ³⁾ , E1.2 ³⁾ , E2.1 ³⁾ έως E2.5 ³⁾ , FL1 ¹⁾ έως FL6 ¹⁾ , HC, T2, Z ²⁾	1,0
C5, C6, T3	2,0

¹⁾ Πρόσκρουση αποκλείεται μέσω κατασκευαστικών διατάξεων.

²⁾ Στην κατηγορία Z η κατάταξη στη σειρά 1 ή 2 γίνεται με βάση την αντίστοιχη ουσιαστική κατηγορία χρήσης σύμφωνα με τον πίνακα 6.1DE.

³⁾ Σε επιφάνειες των κατηγοριών E.1.1, E.1.2, E.2.1 έως E.2.5, οι οποίες κυκλοφορούνται μόνο για λόγους επιθεώρησης και συντήρησης, τα φορτία καθορίζονται σε συμφωνία με τον ιδιοκτήτη, αλλά με ελάχιστο τα $0,5 \text{ kN/m}$.

6.2 Οριζόντια φορτία για επίτευξη επαρκούς διαμήκους και εγκάρσιας δυσκαμψίας

Παράλληλα με τα φορτία ανέμου και τα άλλα φορτία με οριζόντια δράση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επίτευξη επαρκούς διαμήκους και εγκάρσιας δυσκαμψίας τα ακόλουθα οριζόντια φορτία σε οιαδήποτε κατεύθυνση:

- Σε κατασκευές κερκίδων και παρόμοιες εγκαταστάσεις καθημένων ή ορθίων πρέπει να εφαρμόζεται στη στάθμη δαπέδου ένα οριζόντιο φορτίο ίσο με $1/20$ του κατακόρυφου επιβαλλόμενου φορτίου.
- Σε ικρίωματα πρέπει να εφαρμόζεται στο ύψος του καλουπιού ένα οριζόντιο φορτίο ίσο με $1/100$ του συνόλου των κατακόρυφων φορτίων.
- Για τη διασφάλιση έναντι ανατροπής εγκαταστάσεων, οι οποίες βρίσκονται στο εσωτερικό κλειστών δομημάτων και δεν υπόκεινται σε φορτία ανεμοπίεσης, πρέπει να εφαρμόζεται ένα οριζόντιο φορτίο ίσο με $1/100$ του συνολικού βάρους τους στη στάθμη του κέντρου βάρους τους.

6.3 Οριζόντια φορτία σε χώρους προσγείωσης ελικοπτέρων σε πλάκες στεγών¹⁾

- Ένα οριζόντιο φορτίο q_k σύμφωνα με τον Πίνακα 3.21b πρέπει να εφαρμόζεται στο επίπεδο της επιφάνειας απογείωσης/προσγείωσης και της περιβάλλουσας ζώνης στη δυσμενέστερη θέση για την εκάστοτε εξεταζόμενη διατομή ενός δομικού στοιχείου.
- Στη διάταξη ασφάλειας έναντι ανατροπής, ελάχιστου ύψους $0,25 \text{ m}$, πρέπει να εφαρμόζεται στην άνω ακμή ένα οριζόντιο φορτίο 10 kN .

7 Φορτία πρόσκρουσης

Για τα φορτία πρόσκρουσης ισχύουν τα EN 1991-1-7 και EN 1991-2.

¹⁾ Κατά DIN 1055-3, στο EN 1991-1-1 δεν περιλαμβάνονται ανάλογα στοιχεία.

IV Δράσεις ανέμου

(κατά DIN EN 1991-1-4:2010-12 και DIN EN 1991-1-4/ NA:2010-12)

Καθ. Δρ.-Μηχ. Peter Schmidt

1 Γενικά, πεδίο εφαρμογής, ορισμοί

Το DIN EN 1991-1-4 προορίζεται να αντικαταστήσει το DIN 1055-4 και δίνει οδηγίες, σε συνδυασμό με το Εθνικό Προσάρτημα (NA) για τον προσδιορισμό των φυσικών δράσεων του ανέμου (επίδραση ανέμου) σε κτήρια και τεχνικά έργα. Περιλαμβάνονται ολόκληρες οι κατασκευές ή τμήματά τους, αλλά και δομικά στοιχεία προσαρτημένα στην κατασκευή. Το υπόψη μέρος του κώδικα ισχύει για κτήρια και λοιπά τεχνικά έργα με ύψος μέχρι 300 m και γέφυρες με άνοιγμα μέχρι 200 m. Στις γέφυρες πρέπει επιπροσθέτως να ικανοποιούνται τα κριτήρια δυναμικής απόκρισης (περαιτέρω σχετικά στοιχεία εντός του κώδικα). Το παρόν μέρος δεν περιέχει οδηγίες για τη θεώρηση τοπικών επιδράσεων στο χαρακτηριστικό άνεμο (π.χ. θερμικές αναστροφές, ανεμοστρόβιλοι). Δεν ισχύει για τον υπολογισμό των δράσεων ανέμου σε δικτυωτούς ιστούς και πύργους με μη παράλληλα μέλη, καθώς και σε ιστούς και καμινάδες με επιτόνους. Ακόμη το παρόν μέρος δεν δίνει οδηγίες για στρεπτικές ταλαντώσεις (π.χ. ψηλά κτήρια με κεντρικό πυρήνα), ταλαντώσεις καταστροφμάτων γεφυρών από στροβιλισμό εγκάρσιου ανέμου, καλωδιωτές και κρεμαστές γέφυρες, καθώς και για ταλαντώσεις λόγω ριπών ανέμου (όπου χρειάζεται και άλλες ιδιομορφές πέραν της θεμελιώδους). Σε σύγκριση με το DIN 1055-4 εισάγονται στο DIN EN 1991-1-4 μερικοί νέοι όροι, βλ. Πίνακα 3.22.

Πίνακας 3.22 Ορισμοί κατά DIN EN 1991-1-4 (επιλογή)

Όρος	Ορισμός
Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου	Η μέση ταχύτητα ανέμου κατά τη διάρκεια 10 λεπτών, με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 2%, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου, σε ύψος 10 m πάνω από επίπεδη ανοιχτή περιοχή ανάγλυφου και λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση του υψομέτρου (εάν απαιτείται).
Βασική ταχύτητα ανέμου	Η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, τροποποιημένη, προκειμένου να λάβει υπόψη τη διεύθυνση του ανέμου που εξετάζεται και την εποχή (εάν απαιτείται).
Μέση ταχύτητα ανέμου	Η βασική ταχύτητα ανέμου, τροποποιημένη, προκειμένου να λάβει υπόψη την επίδραση της τραχύτητας του ανάγλυφου και την ορογραφία.
Συντελεστής πίεσης	Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων, ενώ οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εσωτερικές επιφάνειες των κτηρίων. Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης διακρίνονται σε καθολικούς και τοπικούς συντελεστές. Οι τοπικοί συντελεστές δίνουν τους συντελεστές πίεσης για φορτιζόμενες επιφάνειες 1 m ² ή μικρότερες, π.χ. για το σχεδιασμό μικρών στοιχείων και συνδέσμων. Οι καθολικοί συντελεστές δίνουν τους συντελεστές πίεσης για φορτιζόμενες επιφάνειες μεγαλύτερες από 10 m ² .
Συντελεστής δύναμης	Οι συντελεστές δύναμης δίνουν τη συνολική επίδραση του ανέμου σε μια κατασκευή, δομικό στοιχείο ή τμήμα συνολικά και συμπεριλαμβάνουν την επίδραση της τριβής, εκτός αν αυτή εξαιρείται ειδικά.

2 Καταστάσεις σχεδιασμού

Οι κρίσιμες δράσεις του ανέμου πρέπει να προσδιορίζονται για κάθε κατάσταση σχεδιασμού σύμφωνα με το DIN EN 1990, 3.2 για κάθε φορτιζόμενη επιφάνεια. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις άλλων δράσεων (π.χ., χιόνι, πάγος, φορτία κυκλοφορίας), οι οποίες έχουν σημαντική επίδραση είτε στη φορτιζόμενη επιφάνεια, είτε στους αεροδυναμικούς συντελεστές. Αλλαγές στο δόμωμα, π.χ. κατά τη διάρκεια των φάσεων της εκτέλεσης, οι οποίες μπορούν να τροποποιήσουν τις επιδράσεις του ανέμου, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Παράθυρα και πόρτες πρέπει να θεωρούνται κλειστά, η επίδραση της περίπτωσης να είναι ανοιχτά θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού. Η περίπτωση κόπωσης λόγω των αποτελεσμάτων των δράσεων του ανέμου θα πρέπει να εξετάζεται για επιρρεπείς σε κόπωση κατασκευές.

3 Προσομοίωση των δράσεων του ανέμου

Οι δράσεις του ανέμου παρουσιάζουν διακυμάνσεις στο χρόνο και ταξινομούνται ως χρονικά μεταβλητές, χωρικά σταθερές δράσεις (DIN EN 1990, 4.1.1). Η δράση του ανέμου αναπαρίσταται από ένα απλοποιημένο σύνολο πιέσεων ή δυνάμεων, των οποίων οι επιδράσεις είναι ισοδύναμες με τις ακραίες επιδράσεις του στροβιλώδους ανέμου. Οι πιέσεις του ανέμου δρουν άμεσα επί των εξωτερικών επιφανειών κλειστών δομημάτων (εξωτερική πίεση) και, λόγω της πορώδους φύσης του εξωτερικού κελύφους δρουν επίσης έμμεσα επί των εσωτερικών επιφανειών

(εσωτερική πίεση). Επίσης μπορούν να δρουν άμεσα επί της εσωτερικής επιφάνειας ανοιχτών δομημάτων. Η ανεμοπίεση δρα κάθετα στην εξεταζόμενη επιφάνεια και σε περίπτωση δράσης συμπίεσης ονομάζεται *θετική πίεση*, ενώ σε περίπτωση δράσης αναρρόφησης ονομάζεται *αρνητική πίεση*. Σε περιπτώσεις, στις οποίες μεγάλες επιφάνειες δομημάτων σαρώνονται από τον άνεμο, μπορεί να είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη και οι δυνάμεις τριβής που δρουν εφραπτομενικά στην επιφάνεια. Οι δράσεις του ανέμου που υπολογίζονται χρησιμοποιώντας το DIN EN 1991-1-4 είναι χαρακτηριστικές τιμές, οι οποίες προσδιορίζονται από τις βασικές τιμές της ταχύτητας του ανέμου ή της πίεσης λόγω της ταχύτητας. Οι βασικές τιμές είναι χαρακτηριστικές τιμές με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 2 % (ποσοστιαίο σημείο 98 %), η οποία ισοδυναμεί με μια μέση περίοδο επαναφοράς 50 ετών.

4 Εκτίμηση ευπάθειας δομημάτων σε ταλαντώσεις

Σε επαρκώς άκαμπτα, μη ευπαθή σε ταλαντώσεις δομήματα, η δράση του ανέμου αναπαρίσταται με ένα ισοδύναμο στατικό φορτίο, ενώ για ευπαθή σε ταλαντώσεις δομήματα με ένα ισοδύναμο στατικό φορτίο προσαναυξημένο κατά το συντελεστή απόκρισης σε ριπή ανέμου. Στα ακόλουθα παρουσιάζονται κανόνες και μέθοδοι υπολογισμού του φορτίου ανέμου για *μη ευπαθή σε ταλαντώσεις* δομήματα, ενώ για ευπαθή δομήματα γίνεται παραπομπή στον κώδικα.

Ως μη ευπαθή σε ταλαντώσεις δομήματα θεωρούνται αυτά, των οποίων οι παραμορφώσεις υπό τις δράσεις του ανέμου δεν αυξάνονται περισσότερο από 10% λόγω συντονισμού με τις ριπές του ανέμου. Αυτό θεωρείται ότι ικανοποιείται σε:

- Συνήθη κτήρια κατοικιών, γραφείων και βιομηχανικά με ύψος μέχρι 25 m, καθώς και έργα παρόμοιας μορφής και κατασκευής

- Άλλες περιπτώσεις όταν
$$\frac{x_s}{h} \leq \frac{\delta}{\left(\sqrt{\frac{h_{\text{ref}}}{h} \cdot \frac{h+b}{b} + 0,125 \cdot \sqrt{\frac{h}{h_{\text{ref}}}}} \right)^2}$$

x_s μετακίνηση υψηλότερου σημείου (σε m) υπό το ίδιο βάρος με διεύθυνση δράσης αυτή του ανέμου
 δ λογαριθμική μείωση απόσβεσης κατά DIN EN 1991-1-4, Παράρτημα F. *Ελάχιση τιμή* από Πίν. 3.23

h ύψος κτηρίου σε m

b πλάτος κτηρίου κάθετα στην διεύθυνση του ανέμου σε m

Πίνακας 3.23 Προσεγγιστικές τιμές για τη λογαριθμική μείωση απόσβεσης δ_{\min} για κτήρια

Μέθοδος κατασκευής	Κτήρια από σπλισμένο σκυρόδεμα	Κτήρια από χάλυβα	Σύμμεκτες κατασκευές (σκυρόδεμα + χάλυβας)
Μείωση απόσβεσης δ_{\min}	0,100	0,050	0,080

Παράδειγμα: Διερεύνηση της ευπάθειας σε ταλαντώσεις του κτηρίου του Κεφ. 5 C (σελ. 5.41)

Στοιχεία κτηρίου Διαστάσεις κτηρίου: $h = 28 \text{ m}$; $l_x \times l_y = 10,0 \text{ m} \times 40,0 \text{ m}$
 Ίδιο βάρος ανά όροφο: $8,20 \cdot (10,0 \cdot 40,0) = 3280 \text{ kN} = 3,28 \text{ MN}$
 Ακαμψία στη διεύθυνση y : $I_y = 6,21 \text{ m}^4$, $E = 29\,000 \text{ MN/m}^2$

Μετατόπιση x_s $g_h = 8 \cdot 3,28 / 28 = 0,937 \text{ MN/m}$ (ίδιο βάρος κατά τη διεύθυνση του ανέμου)
 $x_s = 0,125 \cdot g_h \cdot h^4 / (E \cdot I) = 0,125 \cdot 0,937 \cdot 28,0^4 / (29\,000 \cdot 6,21) = 0,400 \text{ m}$

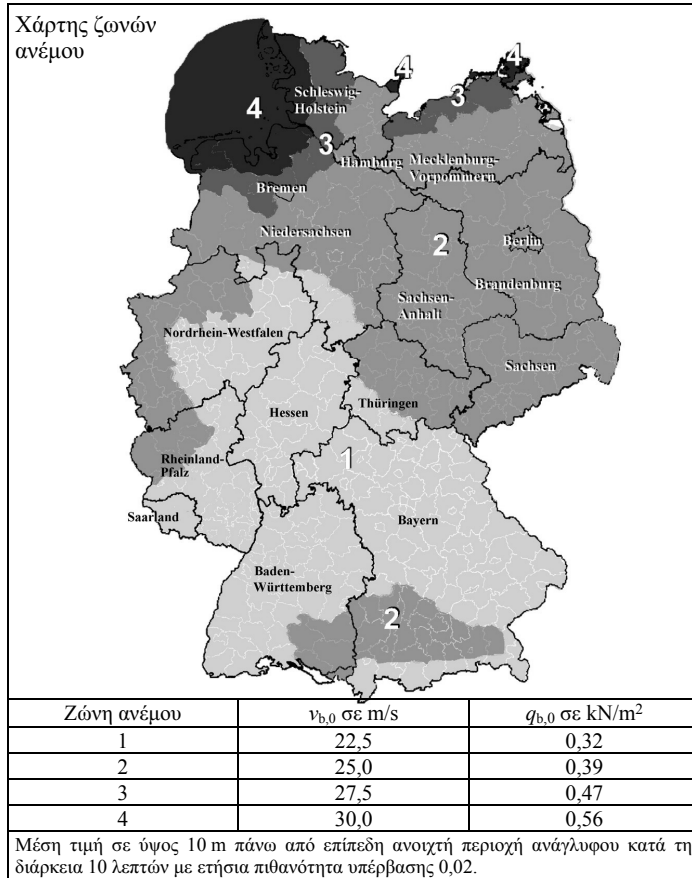
$$\frac{x_s}{h} = \frac{0,40}{28} = 0,014 \leq \frac{0,100}{\left(\sqrt{\frac{25}{28} \cdot \frac{28+10}{10} + 0,125 \cdot \sqrt{\frac{28}{25}}} \right)^2} = 0,0257 \Rightarrow \text{μη ευπαθές σε ταλαντώσεις στη διεύθυνση } x \text{ (παρόμοιος έλεγχος για τη διεύθυνση } y)$$

5 Ζώνες ανέμου, βασική ταχύτητα ανέμου, πίεση λόγω της ταχύτητας

5.1 Γενικά

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα του DIN EN 1991-1-4 η Γερμανία υποδιαιρείται σε τέσσερις ζώνες ανέμου, ώστε να ληφθούν υπόψη οι κατά τόπους διαφορετικές ταχύτητες ανέμου και οι εξ αυτών διαφορετικές δράσεις του ανέμου. Στον Πίνακα 3.24a δίνονται για τις 4 ζώνες ανέμου οι θεμελιώδεις τιμές της βασικής ταχύτητας του ανέμου $v_b,0$ και οι αντίστοιχες πιέσεις λόγω της βασικής ταχύτητας $q_b,0$. Οι τιμές ισχύουν σε ύψος 10 m πάνω από επίπεδη ανοιχτή περιοχή ανάγλυφου κατά τη διάρκεια 10 λεπτών. *Σημείωση:* Μια ακριβής κατάταξη των διοικητικών ορίων των περιφερειών και των άνευ περιφερειών κρατιδίων στις διάφορες ζώνες ανέμου δίνεται στο διαδικτυο στη διεύθυνση www.dibt.de (πίνακας Excel).

Πίνακας 3.24a Χάρτης ζωνών ανέμου με τις αντίστοιχες βασικές ταχύτητες $v_{b,0}$ και πιέσεις λόγω βασικής ταχύτητας $q_{b,0}$ κατά DIN EN 1991-1-4/NA, Προσάρτημα NA-A



Πίνακας 3.24b Κατηγορίες ανάγλυφου κατά DIN EN 1991-1-4/NA, Προσάρτημα NA-B



Από τη θεμελιώδη τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου $v_{b,0}$ σε συνδυασμό με το συντελεστή διεύθυνσης c_{dir} και τον εποχικό συντελεστή c_{season} προκύπτει η βασική ταχύτητα ανέμου v_b :

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

v_b	βασική ταχύτητα ανέμου σε m/s
c_{dir}	συντελεστής διεύθυνσης: σύμφωνα με NA $c_{dir} = 1,0$ ήτοι το φορτίο ανέμου πρέπει να υπολογίζεται με την πλήρη υπολογιστική τιμή της δρώσας πίεσης λόγω ταχύτητας ανεξάρτητα απ' το σημείο του ορίζοντα. Επιτρέπεται μια ακριβέστερη θεώρηση της επιρροής της διεύθυνσης του ανέμου όταν διατίθενται επαρκώς αποδεδειγμένα στατιστικά στοιχεία.
c_{season}	εποχικός συντελεστής: σύμφωνα με το NA $c_{season} = 1,0$
$v_{b,0}$	θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου από τον Πίν. 3.24a

Από τη βασική ταχύτητα v_b και την πυκνότητα του αέρα ρ υπολογίζεται η βασική πίεση q_b με την ακόλουθη εξίσωση:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot 10^{-3}$$

q_b	βασική πίεση σε kN/m ²
v_b	βασική ταχύτητα σε m/s
ρ	πυκνότητα αέρα σε kg/m ³ ($\rho = 1,25$ kg/m ³ για ατμοσφαιρική πίεση 1013 hPa και $T = 10$ °C στο επίπεδο της θάλασσας)

Για τον υπολογισμό των φορτίων ανέμου σε μη ευπαθή σε ταλαντώσεις δομήματα και δομικά στοιχεία είναι απαραίτητη η πίεση ταχύτητας αιχμής ή ριπής q_p . Αυτή προκύπτει από την ταχύτητα μιας ριπής ανέμου (μέση τιμή κατά τη διάρκεια μιας ριπής ανέμου 2 έως 4 δευτερολέπτων) και μπορεί να είναι ανάλογα με την εκάστοτε κατηγορία ανάγλυφου από περίπου 1,1-φορές (κατηγορία ανάγλυφου IV) έως 2,6-φορές (κατηγορία ανάγλυφου I) μεγαλύτερη απ' τη βασική πίεση q_b .

Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου, καθώς και η πίεση ταχύτητας αιχμής εξαρτώνται από την τραχύτητα του ανάγλυφου και την ορογραφία. Διακρίνονται 4 κατηγορίες ανάγλυφου και 2 μεικτά ανάγλυφα (Πίνακας 3.24b):

- **Κατηγορία ανάγλυφου I:** Ανοιχτή θάλασσα, λίμνες με τουλάχιστον 5 km ελεύθερη επιφάνεια κατά τη διεύθυνση του ανέμου, ομαλή επίπεδη περιοχή χωρίς εμπόδια.
- **Κατηγορία ανάγλυφου II:** Ανάγλυφο με θαμνώδη βλάστηση, μεμονωμένα αγροκτίσματα, σπίατα ή δέντρα, π.χ. αγροτική περιοχή.
- **Κατηγορία ανάγλυφου III:** Προάστια, βιομηχανικές και βιοτεχνικές ζώνες, δάση.
- **Κατηγορία ανάγλυφου IV:** Αστικές περιοχές, στις οποίες τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτήρια, το μέσο ύψος των οποίων ξεπερνά τα 15 m.
- **Μεικτό ανάγλυφο ακτής:** Μεταβατική ζώνη μεταξύ κατηγοριών ανάγλυφου I και II.
- **Μεικτό ανάγλυφο ενδοχώρας:** Μεταβατική ζώνη μεταξύ κατηγοριών ανάγλυφου II και III.

Απλοποιητικά μπορεί κατά βάση να χρησιμοποιείται σε παράκτιες περιοχές, καθώς και στα νησιά της Βόρειας και της Βαλτικής θάλασσας η κατηγορία ανάγλυφου I, και στην ενδοχώρα η κατηγορία ανάγλυφου II.

Οι τιμές που δίνονται για τις πιέσεις ταχύτητας αιχμής ισχύουν για επίπεδο ανάγλυφο. Σε εκτεθειμένες θέσεις της τοποθεσίας του δομήματος είναι δυνατόν να απαιτηθεί προσαύξηση τους (DIN EN 1991-1-4/NA, Παρ. NA-B). Για τοποθεσίες σε απόλυτο υψόμετρο πάνω από 800 m η τιμή πρέπει να προσαυξάνεται κατά 10% για κάθε 100 m υψόμετρου (συντελεστής = $0,2 + H_s/1000$, υψόμετρο θάλασσας H_s σε m· DIN EN 1991-1-4/NA, Παρ. NA-A). Σε τοποθεσίες αυχένων και κορυφών του περιαλπτικού τόξου, καθώς και σε τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο πάνω από $H_s = 1100$ m απαιτείται ειδική θεώρηση.

5.2 Μέθοδος υπολογισμού της πίεσης ταχύτητας αιχμής

Κατά το DIN EN 1991-1-4/NA διακρίνονται τρεις μέθοδοι για τον υπολογισμό της πίεσης ταχύτητας αιχμής:

1. Απλοποιημένη μέθοδος για δομήματα περιορισμένου ύψους μέχρι 25 m (Παράγραφος 5.3).
2. Ακριβής μέθοδος για δομήματα μέχρι 300 m ύψος με θεώρηση της τραχύτητας του εδάφους μέσω χρήσης μεικτών ανάγλυφων (συνήθης περίπτωση) (Παράγραφος 5.4).
3. Ακριβής μέθοδος για δομήματα μέχρι 300 m ύψος με ακριβέστερη θεώρηση της τραχύτητας του εδάφους μέσω χρήσης κατηγοριών ανάγλυφου (Παράγραφος 5.5).

5.3 Απλοποιημένες πιέσεις ταχύτητας αιχμής για δομήματα ύψους έως 25 m

Σε δομήματα με ύψος έως 25 m η πίεση ταχύτητας αιχμής μπορεί απλοποιητικά να ληφθεί απ' τον Πίνακα 3.25 σταθερή καθ' όλο το ύψος του δομήματος. Η πίεση ταχύτητας αιχμής προσδιορίζεται από το ύψος του δομήματος, ενώ δεν προβλέπεται πλέον διαβάθμιση της καθ' ύψος, όπως στον παλιό κανονισμό για φορτία ανέμου (DIN 1055-4, έκδοση 1986). Για ψηλότερα δομήματα, καθώς και για δομήματα ύψους άνω των 10 m σε νησιά της Βόρειας θάλασσας, η πίεση ταχύτητας αιχμής πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την Παρ. 5.4.

Πίνακας 3.25 Απλοποιημένες πιέσεις ταχύτητας αιχμής για δομήματα ύψους έως 25 m

Ζώνη ανέμου		Πίεση ταχύτητας q_p σε kN/m ² για ύψος κτηρίου h μεταξύ των ορίων		
		$h \leq 10$ m	$10 \text{ m} < h \leq 18$ m	$18 \text{ m} < h \leq 25$ m
1	Ενδοχώρα	0,50	0,65	0,75
2	Ενδοχώρα	0,65	0,80	0,90
	Ακτές ¹⁾ και νησιά της Βαλτικής θάλασσας	0,85	1,00	1,10
3	Ενδοχώρα	0,80	0,95	1,10
	Ακτές ¹⁾ και νησιά της Βαλτικής θάλασσας	1,05	1,20	1,30
4	Ενδοχώρα	0,95	1,15	1,30
	Ακτές ¹⁾ Βόρειας και Βαλτικής θάλασσας και νησιά Βαλτικής θάλασσας	1,25	1,40	1,55
	Νησιά Βόρειας θάλασσας ²⁾	1,40	–	–

¹⁾ Στις ακτές προσμετράται ζώνη πλάτους 5 km, κατά μήκος της ακτής και προς την ενδοχώρα.

²⁾ Στα νησιά της Βόρειας θάλασσας, για δομήματα με ύψος άνω των 10 m, η πίεση ταχύτητας αιχμής υπολογίζεται κατά την Παρ. 5.4.

5.4 Πίεση ταχύτητας αιχμής συναρτήσει του ύψους στη συνήθη περίπτωση

Για δομήματα με ύψος άνω των 25 m πάνω από το έδαφος πρέπει κατά τον υπολογισμό της πίεσης ταχύτητας αιχμής να γίνεται ακριβέστερη θεώρηση για την επίδραση της τραχύτητας του εδάφους. Ως συνήθη περίπτωση το DIN EN 1991-1-4/NA προβλέπει τον υπολογισμό της πίεσης ταχύτητας αιχμής συναρτήσει του ύψους για τρία διαφορετικά μεικτά ανάγλυφα (ενδοχώρα, παράκτιες περιοχές, νησιά Βόρειας θάλασσας) (Πίνακας 3.26a).

Πίνακας 3.26α Πίεση ταχύτητας αιχμής για δομήματα ύψους άνω των 25 m στη συνήθη περίπτωση

Ενδοχώρα (μεικτό ανάγλυφο κατηγοριών II και III)		Παράκτιες περιοχές και νησιά Βαλτικής θάλασσας (μεικτό ανάγλυφο κατηγοριών I και II)											
$q_p(z) = 1,5 \cdot q_b$	για $z \leq 7$ m	$q_p(z) = 1,8 \cdot q_b$	για $z \leq 4$ m										
$q_p(z) = 1,7 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,37}$	για $7 \text{ m} < z \leq 50$ m	$q_p(z) = 2,3 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,27}$	για $4 \text{ m} < z \leq 50$ m										
$q_p(z) = 2,1 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	για $50 \text{ m} < z \leq 300$ m	$q_p(z) = 2,6 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	για $50 \text{ m} < z \leq 300$ m										
Νησιά Βόρειας θάλασσας (κατηγορία ανάγλυφου I)		z ύψος υπεράνω εδάφους και υψόμετρο αναφοράς z_e ή z_i κατά την Παράγραφο 7 σε m											
$q_p(z) = 1,1 \text{ kN/m}$	για $z \leq 2$ m	q_b βασική πίεση. Ισχύει:											
$q_p(z) = 2,6 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$ $= 1,5 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	για $2 \text{ m} < z \leq 300$ m	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ζώνη ανέμου</th> <th>q_b σε kN/m^2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,32</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,39</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,56</td> </tr> </tbody> </table>		Ζώνη ανέμου	q_b σε kN/m^2	1	0,32	2	0,39	3	0,47	4	0,56
Ζώνη ανέμου	q_b σε kN/m^2												
1	0,32												
2	0,39												
3	0,47												
4	0,56												
με $q_b = 0,56 \text{ kN/m}^2$ για ζώνη ανέμου 4 (νησιά Βόρ. θάλασσας)													

5.5 Ακριβέστερη θεώρηση της τραχύτητας του ανάγλυφου

Μια ακριβέστερη μέθοδος υπολογισμού της πίεσης ταχύτητας αιχμής, με την οποία μπορεί να ληφθεί υπόψη η επίδραση της τραχύτητας του ανάγλυφου, δίνεται στο DIN EN 1991-1-4/NA-B, Πίν. Β.2. Οι κατανομές της πίεσης ταχύτητας αιχμής για τις τέσσερις κατηγορίες ανάγλυφου δίνονται στον Πίνακα 3.26β.

Πίνακας 3.26β Κατανομές της πίεσης ταχύτητας αιχμής για τις τέσσερις κατηγορίες ανάγλυφου

Κατηγορία ανάγλυφου	I	II	III	IV
Ελάχιστο ύψος z_{\min}	2,00 m	4,00 m	8,00 m	16,00 m
Πίεση ταχύτητας αιχμής q_p για $z > z_{\min}$	$2,6 \cdot q_b \cdot (z/10)^{0,19}$	$2,1 \cdot q_b \cdot (z/10)^{0,24}$	$1,6 \cdot q_b \cdot (z/10)^{0,31}$	$1,1 \cdot q_b \cdot (z/10)^{0,40}$
Πίεση ταχύτητας αιχμής q_p για $z \leq z_{\min}$	$1,9 \cdot q_b$	$1,7 \cdot q_b$	$1,5 \cdot q_b$	$1,3 \cdot q_b$
q_b βασική πίεση σύμφωνα με Παράγραφο 5.1				

Συντηρητικά μπορεί να εφαρμοσθεί κατηγορία ανάγλυφου I για παράκτιες περιοχές, καθώς και για τα νησιά της Βόρειας και της Βαλτικής θάλασσας και κατηγορία ανάγλυφου II για την ενδοχώρα. Ισχύουν οι ακόλουθοι πρόσθετοι κανόνες:

- **Κατάταξη δασών στην κατηγορία ανάγλυφου III:** Για την απομείωση της ταχύτητας ανέμου κοντά στο έδαφος λόγω δασικής κάλυψης επιτρέπεται μόνο να χρησιμοποιηθεί κατηγορία ανάγλυφου II αντί για κατηγορία III.
- **Μεταβολή τραχύτητας του ανάγλυφου:** Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τροποποίηση μίας ροής ανέμου, που προκαλείται στα κατάντη μιας μεταβολής στην τραχύτητα του ανάγλυφου. Αυτή αφορά στην κατανομή του ανέμου, στην ένταση στροβιλισμού και σε άλλες παραμέτρους, οι οποίες συνυπολογίζονται αν είναι αναγκαίο. Δεν πρέπει να αγνοείται η επιρροή της απόστασης μεταξύ μεταβολών του ανάγλυφου και της τοποθεσίας του δομήματος. Αν δεν γίνει ακριβέστερη διερεύνηση, η επίδραση μεταβαλλόμενων τραχυτήτων μπορεί να ληφθεί υπόψη σύμφωνα με τα ακόλουθα. Αν η τοποθεσία του δομήματος απέχει λιγότερο από 1 km από μια μεταβολή από ομαλότερο σε τραχύτερο ανάγλυφο πρέπει να χρησιμοποιείται η δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή η κατηγορία του ομαλότερου ανάγλυφου. Αν το δόμημα απέχει περισσότερο από 3 km από τη μεταβολή τραχύτητας, επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί η ευμενέστερη περίπτωση, ήτοι η κατηγορία του τραχύτερου ανάγλυφου. Για κτήρια με ύψη άνω των 50 m πρέπει να χρησιμοποιείται η κατηγορία του ομαλότερου ανάγλυφου.
- **Επιρροή της διεύθυνσης του ανέμου:** Η καθοριστική κατηγορία ανάγλυφου μπορεί να υπολογίζεται χωριστά για διάφορους κυκλικούς τομείς περί τη διεύθυνση του ανέμου στα ανάντη της τοποθεσίας του δομήματος.
- **Περιπτώσεις αμφιβολίας:** Σε περιπτώσεις αμφιβολίας χρησιμοποιείται η ομαλότερη, ήτοι η δυσμενέστερη κατηγορία ανάγλυφου

5.6 Μείωση της πίεσης ταχύτητας για παροδικές καταστάσεις

Η πίεση λόγω ταχύτητας μπορεί σύμφωνα με το DIN EN 1991-1-4/NA, Παράρτημα NA-BB να μειωθεί στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε παροδικές καταστάσεις (π.χ. φάσεις κατασκευής).
- Σε προσωρινές κατασκευές.

Το μέγεθος της μείωσης εξαρτάται από τη διάρκεια της κατάστασης, αλλά και από το είδος και την έκταση των μέτρων ασφάλειας που λαμβάνονται έναντι επερχόμενης θύελλας. Διακρίνονται χρονικές περιόδους

μέχρι 3 μέρες, μέχρι 3 μήνες από Μάιο έως Αύγουστο, μέχρι 12 μήνες και μέχρι 24 μήνες. Τα μέτρα ασφάλειας διακρίνονται σε μέτρα προστασίας και σε μέτρα ενίσχυσης. Στα μέτρα προστασίας περιλαμβάνονται, για παράδειγμα, η απόθεση δομικών στοιχείων στο έδαφος, η έγκλειση ή η εναπόθεση δομικών στοιχείων σε υπόστεγα. Στα ενισχυτικά μέτρα ασφάλειας περιλαμβάνονται για παράδειγμα αγκυρώσεις, ηλώσεις στο έδαφος, στοιχεία ακαμψίας, στερεώσεις, που εφαρμόζονται σε περίπτωση επερχόμενης θύελλας και επιτυγχάνουν την ενδυνάμωση της κατασκευής. Μειωτικοί συντελεστές για την πίεση λόγω ταχύτητας σε παροδικές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 3.27. Οι μειώσεις αυτές όμως δεν ισχύουν για κατασκευές που ανεγείρονται και αποσυναρμολογούνται κάθε φορά, όπως οι κινητές κατασκευές και τα ικρίωματα. Ενδεχόμενες εξαιρέσεις από τα ανωτέρω πρέπει να ρυθμίζονται από αντίστοιχους ειδικούς κανονισμούς.

Πίνακας 3.27 Μειωμένη πίεση ταχύτητας για παροδικές καταστάσεις

Διάρκεια της παροδικής κατάστασης	Με προστατευτικά μέτρα ασφάλειας	Με ενισχυτικά μέτρα ασφάλειας	Χωρίς μέτρα ασφάλειας
μέχρι 3 μέρες	0,1· <i>q</i>	0,2· <i>q</i>	0,5· <i>q</i>
μέχρι 3 μήνες από Μάιο ως Αύγουστο	0,2· <i>q</i>	0,3· <i>q</i>	0,5· <i>q</i>
μέχρι 12 μήνες	0,2· <i>q</i>	0,3· <i>q</i>	0,6· <i>q</i>
μέχρι 24 μήνες	0,2· <i>q</i>	0,4· <i>q</i>	0,7· <i>q</i>
<i>Παρατήρηση</i>	Οι πιέσεις ταχύτητας ισχύουν για τον έλεγχο του δομήματος χωρίς τα μέτρα ασφάλειας. Οι τιμές μπορούν να εφαρμοσθούν σε περίπτωση: <ul style="list-style-type: none"> • Επαρκούς παρακολούθησης των καιρικών συνθηκών. • Συλλογής προειδοποιήσεων για επερχόμενες θύελλες από ειδική μετεωρολογική υπηρεσία. • Έγκαιρης αποπεράτωσης των μέτρων ασφάλειας πριν από την επερχόμενη θύελλα. 		Οι πιέσεις ταχύτητας ισχύουν για τον έλεγχο της ενδυναμωμένης μέσω των μέτρων ασφάλειας κατασκευής.
<i>q</i> αρχική (μη απομειωμένη) πίεση ταχύτητας σε kN/m ²			

6 Δράσεις ανέμου σε δομήματα και δομικά στοιχεία

Οι δράσεις του ανέμου επί των δομημάτων και των δομικών στοιχείων πρέπει να προσδιορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις εξωτερικές, όσο και τις εσωτερικές πιέσεις ανέμου (εξωτερική και εσωτερική πίεση). Ο κώδικας κάνει διάκριση μεταξύ πιέσεων ανέμου και δυνάμεων ανέμου. Οι πιέσεις ανέμου εκφράζουν την καταπόνηση λόγω ανέμου με τη μορφή επιφανειακών φορτίων (μονάδα: kN/m²), οι δυνάμεις ανέμου με τη μορφή συγκεντρωμένων δυνάμεων (σε kN). Η παράγραφος 7 διαπραγματεύεται τις πιέσεις ανέμου, η παράγραφος 8 τις δυνάμεις ανέμου. Η προσομοίωση της δράσης του ανέμου μέσω επιφανειακών φορτίων (πιέσεις ανέμου) είναι αναγκαία όταν π.χ. πρόκειται να διαστασιολογηθούν δομικά στοιχεία του κελύφους του κτηρίου, τα οποία καταπονούνται άμεσα από τον άνεμο (στοιχεία στέγης, τοίχων, όψεων, στοιχεία στερέωσης κ.ο.κ.). Η δράση του ανέμου πρέπει να εκφράζεται επίσης με επιφανειακό φορτίο επί του κελύφους του κτηρίου και για στοιχεία έμμεσα φορτιζόμενα όπως σύνδεσμοι, φορείς στεγών και πλαίσια στεγών. Ο όρος «πίεση ανέμου» χρησιμοποιείται τόσο για φόρτιση συμπίεσης (προς την επιφάνεια), όσο και αναρρόφησης (από την επιφάνεια). Η πίεση του ανέμου δρα κάθετα στην επιφάνεια. Κανόνας προσήμου: συμπίεση = θετική, αναρρόφηση = αρνητική. Τα στοιχεία αυτής της παραγράφου ισχύουν μόνο για επαρκώς άκαμπτα δομήματα, μη ευπαθή δηλαδή σε ταλαντώσεις, για τα οποία μπορούν να αγνοηθούν ταλαντώσεις συντονισμού λόγω ριπής ανέμου. Για τον έλεγχο της ευπάθειας σε ταλαντώσεις βλ. Παράγραφο 4. Συνήθη κτήρια κατοικίας, γραφείων και βιομηχανικά με ύψος μέχρι 25 m, καθώς και έργα παρόμοιας μορφής και κατασκευής θεωρούνται μη ευπαθή σε ταλαντώσεις, χωρίς περαιτέρω έλεγχο. Οι τιμές των πιέσεων ανέμου που δίνονται στις επόμενες παραγράφους δεν εφαρμόζονται υποχρεωτικά ταυτόχρονα σε όλα τα σημεία της εξεταζόμενης επιφάνειας, ενδεχομένως απαιτείται διερεύνηση της επιρροής κάτι τέτοιου στα μεγέθη των αντιδράσεων. Ο κανονισμός δεν περιέχει ακριβή στοιχεία για το πότε και το πώς επιτρέπεται να επαλληλίζονται τα ευμενή με τα δυσμενή τμήματα του φορτίου. Σημειώνεται όμως επ' αυτού, ότι μια συντηρητική προσέγγιση συνίσταται στον μηδενισμό των ευμενών δρώντων τμημάτων του φορτίου. Επιπροσθέτως, πρέπει να γίνεται ακριβέστερη διερεύνηση της επιρροής ευμενών δρώντων τμημάτων του φορτίου ιδίως σε πλαισιωτούς και τοξωτούς φορείς μεγάλης επιφάνειας και μεγάλων ανοιγμάτων, η οποία κατά κανόνα λαμβάνεται ίση με μηδέν.

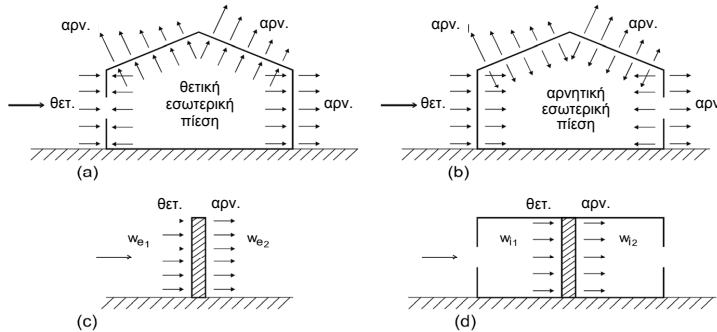
7 Πίεση ανέμου σε επιφάνειες

7.1 Υπολογισμός πιέσεων ανέμου

Η πίεση του ανέμου σε εξωτερικές επιφάνειες (εξωτερική πίεση) ή σε εσωτερικές επιφάνειες (εσωτερική πίεση) ενός δομήματος υπολογίζεται σύμφωνα με τον Πίνακα 3.28a. Η εσωτερική πίεση εξαρτάται από το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων στο εξωτερικό κέλυφος και δρα ταυτόχρονα και με το ίδιο πρόσημο σε όλες τις επιφάνειες που περικλείουν ένα εσωτερικό χώρο. Η καθαρή πίεση λόγω του ανέμου είναι η συνισταμένη της εξωτερικής και της εσωτερικής πίεσης. Η εσωτερική πίεση δεν επιτρέπεται όμως να εφαρμόζεται ανακουφιστικά. Παραδείγματα επαλληλίας εξωτερικής και εσωτερικής πίεσης παρουσιάζονται στο Σχ. 3.28a.

Πίνακας 3.28a Πίεση ανέμου σε επιφάνειες (εξωτερική και εσωτερική πίεση)

Εξωτερική πίεση w_e σε kN/m^2	Εσωτερική πίεση w_i σε kN/m^2
$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$	$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$
c_{pe} αεροδυναμικός συντελεστής για την εξωτερική πίεση κατά την παρ. 7.2	c_{pi} αεροδυναμικός συντελεστής για την εσωτερική πίεση κατά την παρ. 7.2.9
z_e ύψος αναφοράς κατά την παρ. 7.2.9	z_i ύψος αναφοράς κατά την παρ. 7.2.9
q_p πίεση ταχύτητας αιχμής για το ύψος αναφοράς z_e ή z_i σε kN/m^2 κατά την παρ. 5.3 (κτήρια έως 25 m), 5.4 (συνήθης περίπτωση, κτήρια έως 300 m), 5.5 (ακριβέστερη θεώρηση τραχύτητας)	



Σχ. 3.28a

Παραδείγματα επαλληλίας εξωτερικής και εσωτερικής πίεσης.

7.2 Συντελεστές πίεσης για εξωτερική και εσωτερική πίεση

7.2.1 Γενικά

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κτήρια και τμήματα κτηρίων εξαρτώνται από το μέγεθος της φορτιζόμενης επιφάνειας A (Πίν. 3.28b). Ακολουθώς δίνονται σε μορφή πινάκων οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης, ανάλογα με τη διαμόρφωση του κτηρίου, για φορτιζόμενες επιφάνειες $A \leq 1 \text{ m}^2$ ($c_{pe,1}$) και $A > 10 \text{ m}^2$ ($c_{pe,10}$). Για άλλες φορτιζόμενες επιφάνειες οι συντελεστές υπολογίζονται από το Σχ. 3.28b ή τον Πίν. 3.28b.

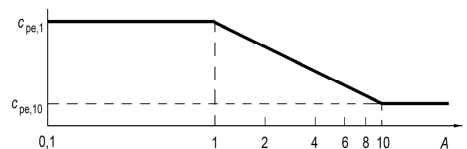
Πίνακας 3.28b Σχέση φορτιζόμενης επιφάνειας και συντελεστή εξωτερικής πίεσης c_{pe}

Φορτιζόμενη επιφ. A	Συντ. εξωτ. πίεσης c_{pe}	Σημείωση
$A \leq 1 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,1}$	Αποκλειστική χρήση για το σχεδιασμό μικρών δομικών στοιχείων και των στερεώσεών τους (π.χ. στοιχεία επένδυσης και στέγασης).
$1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log A$	
$A > 10 \text{ m}^2$	$c_{pe} = c_{pe,10}$	Χρήση στο σχεδιασμό του συνολικού φέροντα οργανισμού των κτηρίων, συμπεριλαμβανομένης της θεμελίωσης και των συνδέσμων ακαμψίας ανεξάρτητα από το πραγματικό μέγεθος της φορτιζόμενης επιφάνειας.

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για φορτιζόμενες επιφάνειες $< 10 \text{ m}^2$ ισχύουν μόνο για το σχεδιασμό των δυνάμεων στερέωσης δομικών στοιχείων, τα οποία φορτίζονται έμμεσα από τον άνεμο (π.χ. πάνελα όψεων) και για τον έλεγχο των αγκυρώσεων και της υποκείμενης κατασκευής τους. Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης $c_{pe,10}$ ($A > 10 \text{ m}^2$) χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό των στοιχείων του συνολικού φέροντα οργανισμού των κτηρίων, της θεμελίωσης και, αν απαιτείται, των συνδέσμων ακαμψίας. Αυτό ισχύει ακόμα και στην περίπτωση που η φορτιζόμενη επιφάνεια του εξεταζόμενου στοιχείου είναι $< 10 \text{ m}^2$. Πρόσθετοι κανόνες:

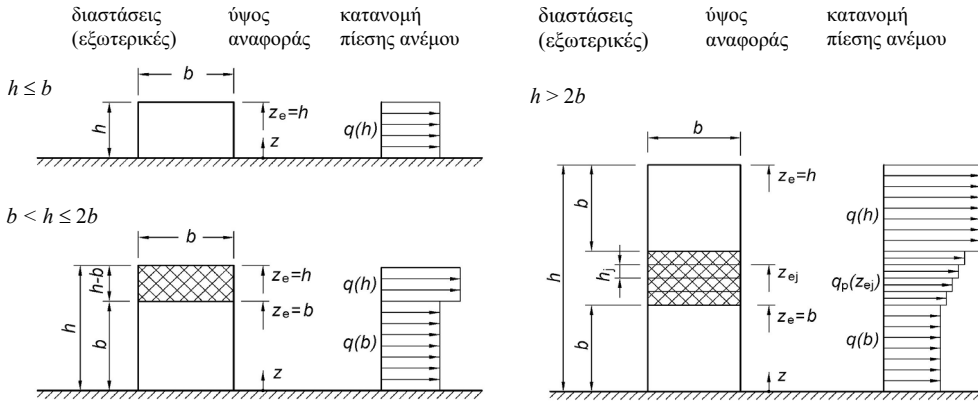
- Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης δεν ισχύουν για επιφάνειες τοίχων και στεγών με οπίσθιο αερισμό.
- Σε προεξέχουσες άκρες στέγης ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης στην κάτω πλευρά είναι αυτός του άμεσα συνδεδεμένου τοίχου, ενώ στην άνω πλευρά αυτός της στέγης. Συμπληρωματικά στον κανόνα αυτό, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό η υποδιαίρεση της άνω επιφάνειας της προεξέχουσας στέγης σε γωνιακές και πλευρικές ζώνες (ζώνες F και G) πάνω από το γείσο (όριο στέγης).

Οι τιμές $c_{pe,1}$ και $c_{pe,10}$ δίνονται στις ακόλουθες παραγράφους για τις ορθογώνιες διευθύνσεις ανέμου 0° , 90° και 180° . Αυτές οι τιμές αντιπροσωπεύουν τις πλέον δυσμενείς τιμές που λαμβάνονται από ένα εύρος διεύθυνσης ανέμου $\pm 45^\circ$ και από τις δύο πλευρές της σχετικής ορθογώνιας διεύθυνσης.



7.2.2 Κατακόρυφοι τοίχοι κτηρίων ορθογωνικής κάτοψης

Για κατακόρυφους τοίχους κτηρίων με ορθογωνική κάτοψη η εξωτερική πίεση υπολογίζεται με βάση το λόγο του ύψους του κτηρίου h προς το πλάτος του b σύμφωνα με το Σχ. 3.29a. Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους από τον Πίνακα 3.29.

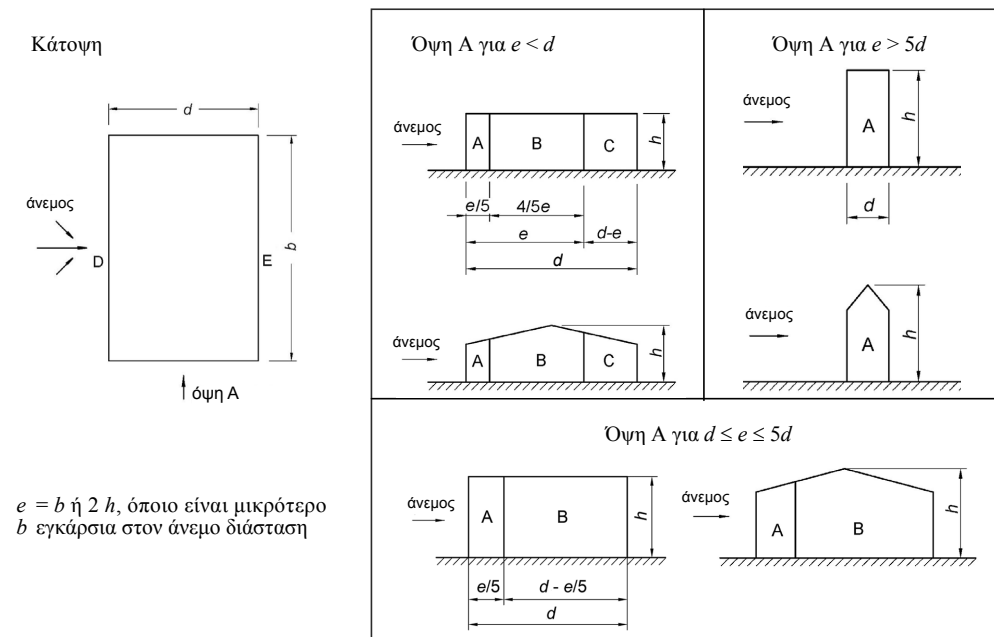


Σχ. 3.29a Κατανομή πίεσης ανέμου, ύψους αναφοράς z_e για κατακόρυφους τοίχους συναρτήσει ύψους κτηρίου h και πλάτους b .

Πίνακας 3.29 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους κτηρίων με ορθογωνική κάτοψη (υποδιαίρεση επιφανειών τοίχων σύμφωνα με Σχ. 3.29b)

Ζώνη h/d	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$= 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

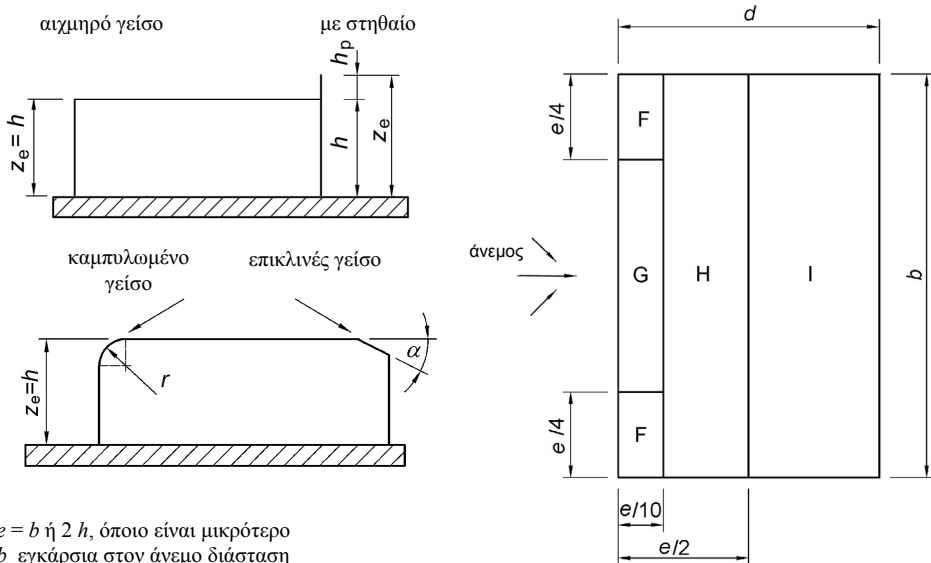
Σε μεμονωμένα κτήρια σε ανοιχτή περιοχή μπορεί να υπάρχουν και μεγαλύτερες δυνάμεις αναρρόφησης στην υπήνεμη πλευρά. Για ενδιάμεσες τιμές επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή. Για κτήρια με $h/d > 5$ το ολικό φορτίο ανέμου πρέπει να υπολογίζεται με τους συντελεστές δύναμης του DIN EN 1991-1-4, παρ. 7.6 έως 7.8 και 7.9.2 (βλ. και παρ. 8 παρόντος).



Σχ. 3.29b Υποδιαίρεση επιφανειών τοίχων για κατακόρυφους τοίχους.

7.2.3 Οριζόντιες στέγες

Οριζόντιες στέγες σύμφωνα με τον κώδικα είναι αυτές, που έχουν κλίση μικρότερη από 5° . Συντελεστές εξωτερικής πίεσης από Πίνακα 3.30, υποδιαίρεση επιφάνειας σε ζώνες όπως στο Σχ. 3.30. Για πολύ επίπεδα κτήρια με $h/d < 0,1$ η ζώνη F μπορεί να παραλείπεται. Συντελεστές πίεσης στα στηθαία, όπως σε ελεύθερα ιστάμενους τοίχους (Παράγραφος 7.2.13).



Σχ. 3.30 Υποδιαίρεση επιφάνειας σε οριζόντιες στέγες.

Πίνακας 3.30 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για οριζόντιες στέγες

Τύπος στέγης	Ζώνη								
	F		G		H		I		
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
Αιχμηρά γείσα	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6	
Με στηθαία	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
Καμπυλωμένα γείσα	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		$\pm 0,2$	
Επικλινή γείσα	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		$\pm 0,2$	

Για στέγες με στηθαία ή καμπυλωμένα γείσα μπορεί να χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή για τις ενδιάμεσες τιμές των h_p/h και r/h .

Για στέγες με επικλινή γείσα μπορεί να χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή μεταξύ $\alpha = 30^\circ$, 45° και 60° . Για $\alpha > 60^\circ$ μπορεί να χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών για $\alpha = 60^\circ$ και των τιμών για οριζόντιες στέγες με αιχμηρά γείσα.

Στη Ζώνη I, για την οποία δίνονται θετικές και αρνητικές τιμές, πρέπει να εξετάζονται και οι δύο τιμές.

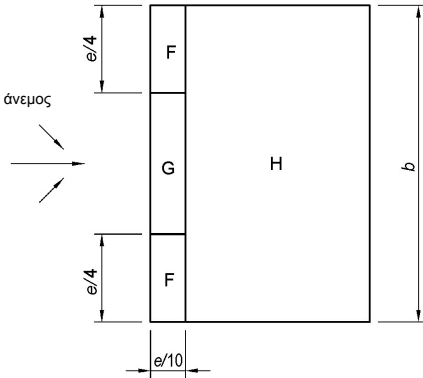
Για το ίδιο το επικλινές γείσο οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης δίνονται στην Παράγραφο 7.2.5 «Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δίρριχτες και αυλακωτές στέγες», διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$, Ζώνες F και G, ανάλογα με τη γωνία κλίσης του επικλινούς γείσου.

Για το ίδιο το καμπυλωμένο γείσο οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή κατά μήκος της καμπύλης μεταξύ των τιμών για τον κατακόρυφο τοίχο και τη στέγη.

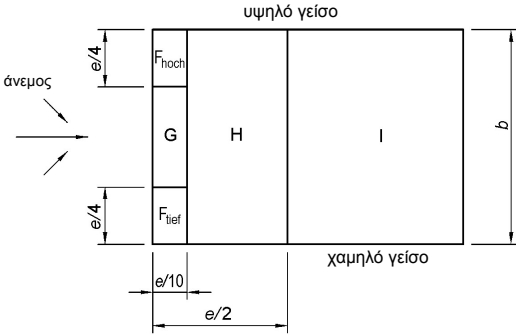
7.2.4 Μονόρριχτες στέγες

Σε μονόρριχτες στέγες πρέπει να εξετάζονται τρεις διευθύνσεις ανέμου ($\theta = 0^\circ$: άνεμος από την πλευρά του χαμηλού γείσου· $\theta = 180^\circ$: άνεμος από την πλευρά του υψηλού γείσου· $\theta = 90^\circ$: άνεμος παράλληλος στο υψηλό και το χαμηλό γείσο). Συντελεστές εξωτερικής πίεσης από Πίν. 3.31, υποδιαίρεση επιφάνειας σε ζώνες όπως στο Σχ. 3.31.

Διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$ και $\theta = 180^\circ$

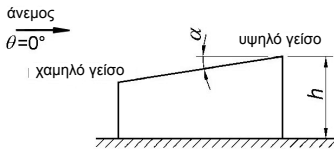


Διεύθυνση ανέμου $\theta = 90^\circ$

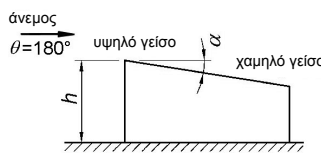


$e = b$ ή $2h$, όποιο είναι μικρότερο
 b εγκάρσια στον άνεμο διάσταση

Διεύθ. ανέμου $\theta = 0^\circ$



Διεύθ. ανέμου $\theta = 180^\circ$



ύψος αναφοράς: $z_e = h$

Σχ. 3.31 Υποδιαίρεση επιφάνειας σε μονόρριχτες στέγες.

Πίνακας 3.31 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για μονόρριχτες στέγες (βλ. [3.4])

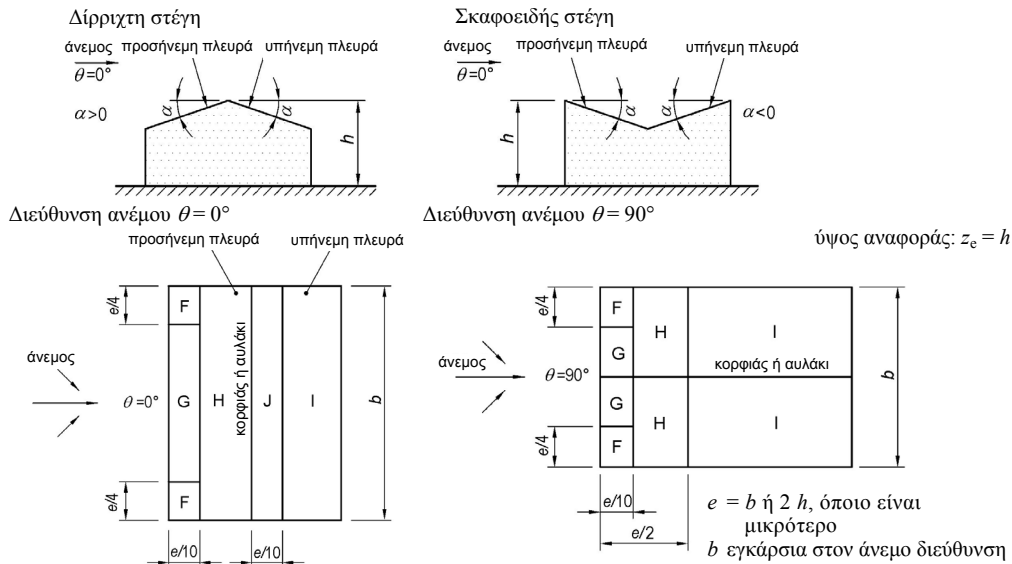
		Διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$ ²⁾						Διεύθυνση ανέμου $\theta = 180^\circ$					
Γωνία κλίσης $\alpha^1)$	Ζώνη												
	F		G		H		F		G		H		
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	
					0,0								
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	
	+0,2		+0,2		+0,2								
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5		-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4								
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3		-0,5		-0,7	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0		-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0		-0,5		-0,5	
		Διεύθυνση ανέμου $\theta = 90^\circ$											
Γωνία κλίσης $\alpha^1)$	Ζώνη												
	$F_{\text{υψηλό}}$		$F_{\text{χαμηλό}}$		G		H		I				
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$			
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2		-0,5			
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2			
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2			
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2			
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2			
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3		-0,5			

¹⁾ Γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης μπορεί να χρησιμοποιείται μεταξύ τιμών του ίδιου πρόσημου.

²⁾ Για διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$ και γωνίες κλίσης $15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ η πίεση μεταβάλλεται γρήγορα μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών. Γι' αυτήν την περιοχή τιμών δίνονται και οι θετικοί και οι αρνητικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης.

7.2.5 Δίρριχτες και αυλακωτές στέγες

Συντελεστές εξωτερικής πίεσης από Πίνακα 3.32, υποδιαίρεση επιφάνειας σε ζώνες όπως στο Σχ. 3.32.



Σχ. 3.32 Υποδιαίρεση επιφάνειας σε δίρριχτες ή αυλακωτές στέγες

Πίνακας 3.32 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δίρριχτες και αυλακωτές στέγες

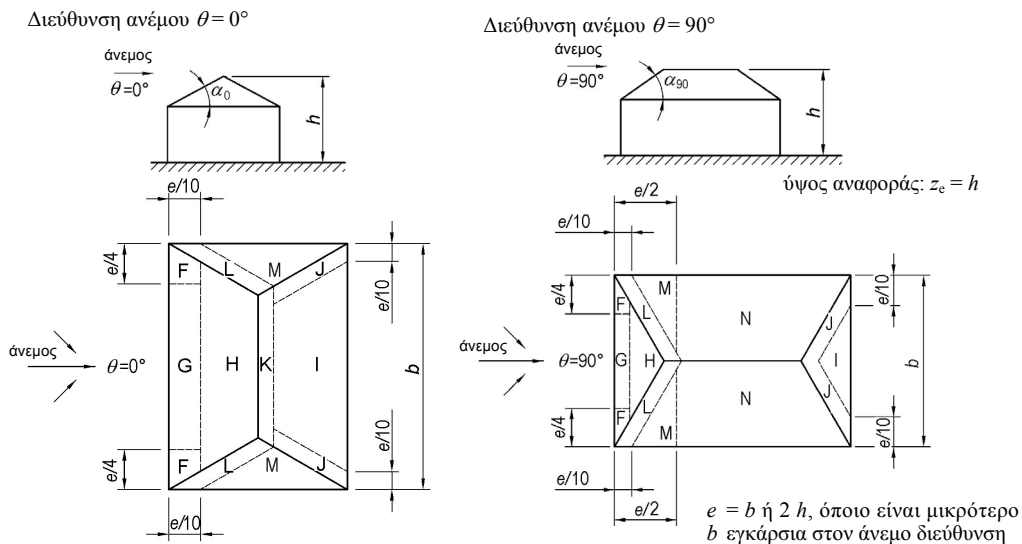
Γωνία κλίσης $\alpha^1)$	Διεύθυνση ανέμου $\theta=0^\circ$ ²⁾ · Ζώνη									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6/+0,2		-0,6/+0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		-0,6/+0,2	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	
Γωνία κλίσης α	Διεύθυνση ανέμου $\theta=90^\circ$ · Ζώνη									
	F		G		H		I			
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$		
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2		
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2		
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2		
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2		
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6			
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5			
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5			
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5			
60°, 75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5			

¹⁾ Για διεύθυνση ανέμου $\theta=0^\circ$ και γωνία κλίσης μεταξύ $\alpha = -5^\circ$ έως $+45^\circ$ η πίεση μεταβάλλεται γρήγορα μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών, ως εκ τούτου δίνονται τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές τιμές. Για τις στέγες αυτές θα πρέπει να εξετάζονται τέσσερις περιπτώσεις, κατά τις οποίες η εκάστοτε μικρότερη ή μεγαλύτερη τιμή για τις ζώνες F, G και H συνδυάζεται με τις μικρότερες ή μεγαλύτερες τιμές των ζωνών I και J. Δεν επιτρέπεται ανάμιξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια πλευρά της στέγης.

²⁾ Για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης σε σχέση με τις αναγραφόμενες επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή μεταξύ τιμών του ίδιου πρόσημου. Μεταξύ των τιμών $\alpha = +5^\circ$ και $\alpha = -5^\circ$ δεν επιτρέπεται παρεμβολή, αντ' αυτής πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές για οριζόντιες στέγες.

7.2.6 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τετράρριχτες στέγες

Συντελεστές εξωτερικής πίεσης από Πίνακα 3.33, υποδιαίρεση επιφάνειας σε ζώνες, όπως στο Σχ. 3.33. Για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή μεταξύ τιμών του ίδιου πρόσημου.



Σχ. 3.33 Υποδιαίρεση επιφάνειας σε τετράρριχτες στέγες

Πίνακας 3.33 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τετράρριχτες στέγες

Γωνία κλίσης α_0 για $\theta=0^\circ$ α_{90} για $\theta=90^\circ$	Διεύθυνση ανέμου $\theta=0^\circ$ und $\theta=90^\circ$																													
	Ζώνη																													
	F	G	H	I	J	K	L	M	N	F	G	H	I	J	K	L	M	N												
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$												
+5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	-0,6	-0,6	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,4	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,5	-1,0	-1,5	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	
+15°		+0,2	+0,2	+0,2																										
+30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,7	-1,2	-0,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	+0,5	+0,7	+0,7	+0,4											
+45°	+0,7	+0,7	+0,7	+0,6	-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,6	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,2						
+60°	+0,7	+0,7	+0,7	+0,6	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,2	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,2								
+75°	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-2,0	-0,4	-0,2																			

Σημείωση 1: Για διεύθυνση ανέμου $\theta=0^\circ$ και γωνία κλίσης μεταξύ $\alpha = +5^\circ$ και $+45^\circ$ η πίεση στην προσήνεμη πλευρά μεταβάλλεται γρήγορα μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών, ως εκ τούτου δίνονται τόσο οι θετικές, όσο και οι αρνητικές τιμές. Για τις στέγες αυτές θα πρέπει να εξετάζονται χωριστά δύο περιπτώσεις: 1. Αποκλειστικά θετικές και 2. Αποκλειστικά αρνητικές τιμές. Δεν επιτρέπεται ανάμειξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια επιφάνεια στέγης.
Σημείωση 2: Επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης μόνο για τιμές ίδιου πρόσημου.
Σημείωση 3: Η γωνία κλίσης της προσήνεμης πλευράς είναι πάντοτε καθοριστική για τους συντελεστές πίεσης.

7.2.7 Πρόστεγα

Το DIN EN 1991-1-4 δεν περιέχει στοιχεία για φορτία ανέμου σε πρόστεγα, καθώς κατά το χρόνο σύνταξης του κώδικα δεν υπήρχαν αναγνωρισμένοι αεροδυναμικοί συντελεστές για πρόστεγα. Τα στοιχεία που ακολουθούν βασίζονται στον Προτεινόμενο Κώδικα για Πρόστεγα¹⁾, ο οποίος εισήχθη τον Φεβρουάριο 2007 στον Κατάλογο Πρότυπων Τεχνικών Κανονισμών Δόμησης. Σύμφωνα με αυτόν τα πρόστεγα πρέπει να σχεδιάζονται τόσο για (θετική) διεύθυνση ανέμου προς τα κάτω (καθοδικό φορτίο) όσο για (αρνητική) διεύθυνση ανέμου προς τα άνω (ανοδικό φορτίο). Το πρόστεγο υποδιαιρείται σε δύο ζώνες (Α και Β) (Σχ. 3.34a), για τις οποίες δίνονται αεροδυναμικοί συντελεστές για την εκάστοτε συνεπαγόμενη πίεση σε συνάρτηση με τη γεωμετρία (Πίνακας 3.34).

¹⁾ DIBt-Πρόγραμμα ZP 52-5-3.94-1141/05: Προσδιορισμός αεροδυναμικών συντελεστών για την τυποποιημένη προσομοίωση των πιέσεων και δυνάμεων ανέμου σε πρόστεγα, Εταιρεία Μηχανικών Niemann & Partner GbR, 2006.

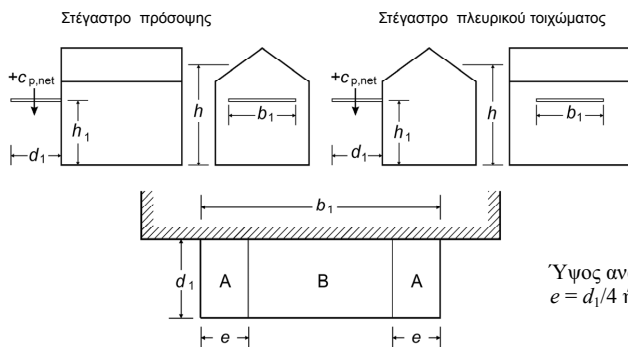
Στον Πίνακα 3.34 ισχύουν περαιτέρω:

- Οι συντελεστές πίεσης ισχύουν για επίπεδα πρόστεγα, συνδεδεμένα σε έναν τοίχου κτηρίου, με μέγιστο μήκος προβόλου 10 m και απόκλιση από την οριζόντια έως $\pm 10^\circ$.
- Οι τιμές $c_{p,net}$ ισχύουν για τη συνισταμένη των πιέσεων σε άνω και κάτω πλευρά.
- Οι τιμές ισχύουν ανεξάρτητα από την οριζόντια απόσταση του πρόστεγου από τη γωνία του κτηρίου.
- Ως ύψος αναφοράς z_e λαμβάνεται η μέση τιμή των υψών γείσου και κορφιά.

Πίνακας 3.34 Αεροδυναμικοί συντελεστές $c_{p,net}$ για τη συνισταμένη πίεση σε πρόστεγα

Λόγος υψών h_1/h	Ζώνη					
	Καθοδικό φορτίο	Ανοδικό φορτίο		Καθοδικό φορτίο	Ανοδικό φορτίο	
		$h_1/d_1 \leq 1,0$	$h_1/d_1 \geq 3,5$		$h_1/d_1 \leq 1,0$	$h_1/d_1 \geq 3,5$
$\leq 0,1$	1,1	-0,9	-1,4	0,9	-0,2	-0,5
0,2	0,8	-0,9	-1,4	0,5	-0,2	-0,5
0,3	0,7	-0,9	-1,4	0,4	-0,2	-0,5
0,4	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,5	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,6	0,7	-1,1	-1,6	0,3	-0,4	-0,7
0,7	0,7	-1,2	-1,7	0,3	-0,7	-1,0
0,8	0,7	-1,4	-1,9	0,3	-1,0	-1,3
0,9	0,7	-1,7	-2,2	0,3	-1,3	-1,6
1,0	0,7	-2,0	-2,5	0,3	-1,6	-1,9

Για ενδιάμεσες τιμές $1,0 < h_1/d_1 < 3,5$ πρέπει να γίνεται γραμμική παρεμβολή. Τα ίδιο επιτρέπεται για ενδιάμεσες τιμές h_1/h .



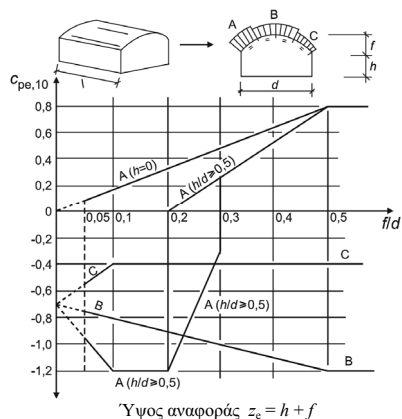
Ύψος αναφοράς $z_e =$ μέσος όρος υψών γείσου και κορφιά $e = d_1/4$ ή $b_1/2$, όποιο είναι μικρότερο.

Σχ. 3.34a Διαστάσεις και υποδιαίρεση επιφανειών για πρόστεγα.

7.2.8 Θολωτές στέγες

Η υπόψη παράγραφος εφαρμόζεται σε κυκλικές κυλινδρικές στέγες. Συντελεστές πίεσης και υποδιαίρεση επιφάνειας στο Σχ. 3.34b. Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα οι κατανομές πιέσεων νοούνται ως περιβάλλουσες, οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται ταυτόχρονα ή να αντιστοιχούν στην ίδια διεύθυνση ανέμου. Η πραγματική στιγμιαία κατανομή πίεσης πρέπει να εφαρμόζεται δυσμενώς ανάλογα με το εκάστοτε εξεταζόμενο εντατικό μέγεθος. Για τον λόγο αυτό μπορεί να είναι αναγκαίο να εξετασθούν περισσότερες κατανομές της ανεμοπίεσης, ιδίως αν το φορτίο ανέμου καθορίζει σε σημαντικό βαθμό το αποτέλεσμα της διαστασιολόγησης. Ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες:

- Για $0 < h/d < 0,5$ η τιμή $c_{pe,10^-}$ λαμβάνεται με γραμμική παρεμβολή.
- Για $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ και $h/d \geq 0,5$ πρέπει να εξετάζονται δύο τιμές του $c_{pe,10^-}$.
- Το διάγραμμα δεν εφαρμόζεται σε επίπεδες στέγες.



Ύψος αναφοράς $z_e = h + f$

Σχ. 3.34b Συντελεστές εξωτερικής πίεσης $c_{pe,10}$ για θολωτές στέγες με ορθογωνική κάτοψη.