

ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Βασικοί Υπολογισμοί και Κατασκευαστική Διαμόρφωση

Prof. Dipl.-Ing. Gerhard Werner
Επεξεργασία από Prof. Dr.-Ing. Günter Steck

4η Επεξεργασμένη και Διευρυμένη Έκδοση 1991

Τόμος Α

Μετάφραση: Χαράλαμπος Σαρρής
Πολιτικός Μηχανικός



Εκδότης: Μ. Γκιούρδας
Σεργίου Πατριάρχου 4, Τηλ. 3624947
114 72 Αθήνα, 1995

Τίτλος Πρωτοτύπου:
Holzbau
Teil1, Grundlagen

Copyright © 1991 Werner-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1991
ISBN 3-8041-4040-8

Αποκλειστικότητα για την Ελληνική Γλώσσα:
Εκδότης: **Μόσχος Γκιούρδας**



Σεργίου Πατριάρχου 4, Τηλ. 3624947
114 72 Αθήνα, 1995

Αναδημοσίευση του βιβλίου σε οποιαδήποτε μορφή, ολόκληρου ή μέρους
δεν επιτρέπεται χωρίς την έγγραφη εξουσιοδότηση του εκδότη

Desktop Publishing: Ε. Γκαγκάτσιου, Τηλ. 2683227
Εκτύπωση Offset: Πέτρος Μπαλλίδης & Σια Ο.Ε., Τηλ. 2829968
Βιβλιοδεσία: Β. Ευταξιάδης - Ι. Ιωσηφίδης Ο.Ε., Τηλ. 9586207

Πρόλογος της 4ης Έκδοσης

Η νέα έκδοση του DIN 1052 του Απριλίου 1988 απαίτησε μία πλήρη επεξεργασία της 3ης έκδοσης του 1984. Συντάχθηκαν νέες άδειες δοκιμής επίβλεψης στην περιοχή των Ξύλινων κατασκευών όπως και μία πληθώρα ογκωδών αποτελεσμάτων ερεύνης των τελευταίων ετών. Η βιβλιογραφία περιέχει στο μεγαλύτερο μέρος της νέες εργασίες, συγκρινόμενη με την 3η έκδοση, και συμπληρώθηκε από κατάλογο των χρησιμοποιούμενων κανονισμών.

Η αλλαγή συγγραφέα επέφερε αναπόφευκτα ορισμένες αλλαγές στον τρόπο έκφρασης, αλλά η δομή του βιβλίου παρέμεινε αμετάβλητη.

Starnberg, Ιούνιος 1991

Günter Steck

Πρόλογος 3ης Εκδοσης

Η τρίτη Εκδοση επεξεργάστηκε ριζικά, συντάχθηκε εκ νέου κατά μέρη και διευρύνθηκε σημαντικά. Κεφάλαια όπως οι άκαμπτοι αρμοί και συνδέσεις, συνδέσεις διάτμησης εφελκυσμού, συγκολλητές ράβδοι με σπειρώματα, συνδέσεις γόμφων μετωπικού ξύλου και συνδέσεις με πλάκες ήλων στον ειδικό τρόπο δόμησης καθώς και διατμητική τάση σαν αποτέλεσμα της στρέψης συντάχθηκαν εκ νέου και διευκρινίστηκαν με παραδείγματα.

Συμπληρώματα επίσης παρεμβλήθησαν στα κεφάλαια περί τιμών αντοχής συμπεριφοράς σε καύση, πελμάτων δοκών, φορέων με εγκοπές και πολυμελών διατομών.

Για τις παραδοχές φορτίων ανέμου ελήφθη ως βάση (όπως και στις Ξύλινες κατασκευές Τόμος Β) το νέο DIN 1055 Μέρος 4 (5/77). Οι νέοι συμβολισμοί του DIN 1080 Μέρος 5 δεν εισήχθησαν ακόμη γενικά (πλην λίγων εξαιρέσεων) για να διατηρηθεί η συμφωνία με το ισχύον DIN 1052 (10/69).

Θα είμαι πάντοτε ευγνώμων σε υποδείξεις από το αναγνωστικό κοινό.

Σε όλους που συμμετείχαν και που με τη βοήθειά τους έχουν συνεισφέρει στην ολοκλήρωση αυτού του βιβλίου, εκφράζω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου, ιδιαίτε-
ρως δε στην ομάδα Εργασίας Ξύλου, στην ομάδα εξέλιξης των Ξύλινων Κατασκευών καθώς και σε κατασκευαστικές Βιομηχανίες για την παροχή πληροφοριακού υλικού.

Ιδιαίτερες όμως ευχαριστίες οφείλω στον εκδοτικό οίκο WERNER για την άψογη παρουσίαση της 3ης Εκδοσης που είναι σημαντικά βελτιωμένη.

Bad Oeynhausen, Οκτώβριος 1983

Gerhard Werner

Πρόλογος 1ης και 2ης Εκδόσης

Η παρούσα εξέλιξη των μηχανικών Ξύλινων κατασκευών χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή ευθυγράμμων και καμπυλωτών φορέων από στρώματα σανίδων καθώς και πολλαπλών ειδικών τρόπων δόμησης φορέων από δικτυώματα ή πλήρεις τοίχους, των οποίων τα μέλη συνδέονται με κόλλα ή μηχανικά μέσα σύνδεσης.

Ο Τόμος 48 της σειράς WIT διαπραγματεύεται τις βασικές αρχές των συγχρόνων ξύλινων κατασκευών. Η Εισαγωγή παρέχει μία γενική άποψη των συστημάτων φορέων και της κατασκευής, των ιδιοτήτων και της προστασίας του ξύλου. Ακολουθεί μία διεξοδική περιγραφή των χρησιμοποιούμενων μέσων σύνδεσης για την κατασκευή αρμών και συνδέσεων καθώς και την σύνδεση πολυμελών ράβδων. Μετά, δείχνονται ο υπολογισμός και εκτέλεση φορέων και υποστυλωμάτων με μονομελείς και συνδεδεμένες διατομές. Πλήρη παραδείγματα για στατικό υπολογισμό και κατασκευή διευκολύνουν τη μελέτη.

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες, που απαιτούνται είτε για την αρτιότητα της κατασκευής είτε για τη βέλτιστη διαμόρφωση παρουσιάζονται σε διάφορες παραλλαγές. Έχουν δε σαν σκοπό να παρέξουν τη δυνατότητα κριτικής σύγκρισης στους αναγνώστες και να παρακινήσουν τη φαντασία τους για τη δημιουργία δικών τους ιδεών.

Ο σκοπός του μηχανικού που σχεδιάζει είναι να διαμορφώσει με τέτοιο τρόπο την κατασκευή, ώστε οι ιδεατές παραδοχές των υπολογισμών να πραγματοποιούνται μέσα από την κατασκευή. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις συνδέσεις. Γι' αυτό τα γαλβανισμένα ελάσματα έχουν ολοένα αυξανόμενη εφαρμογή. Αλλά επίσης ελκυστήρες, υποστυλώματα και φορείς γερανοτροχιών από χάλυβα μπορούν να συνδυαστούν με μέλη των ξύλινων κατασκευών.

Όλοι οι έλεγχοι τάσεων εκτελούνται ενιαία στην πρακτική μονάδα kN/cm^2 (για Πίνακα μετατροπής βλέπε σελίδα XVI). Επίσης εισήχθησαν οι νέοι συμβολισμοί του DIN 1080 Μέρος 1 (6/76), δηλαδή A για την επιφάνεια, F για τη δύναμη καθώς και οι τοπικές συντεταγμένες ράβδων.

Bad Oeynhausen, Ιανουάριος 1979

Gerhard Werner

Πίνακας Περιεχομένων

Συμβολισμοί και Συντμήσεις	XV
1 Εισαγωγή	1
1.1 Φέροντες οργανισμοί από συμπαγές ξύλο	1
1.2 Φέροντες οργανισμοί από BSH και ειδικοί τρόποι δομήσεως	1
1.3 Φέροντες οργανισμοί στο χώρο	3
1.4 Ξυλουργικές συνδέσεις	4
1.5 Μηχανικές συνδέσεις	5
2 Το ξύλο σαν δομικό υλικό	10
2.1 Είδη ξύλου	10
2.1.1 Ξύλο από βελονόφυλλο δέντρο (NH)	10
2.1.2 Ξύλο από πλατύφυλλο δέντρο (LH)	10
2.2 Διαστάσεις ξύλου	11
2.2.1 Δομική στρογγυλή ξυλεία	11
2.2.2 Ξύλο από βελονόφυλλο δέντρο αποτελούμενο από στρώματα σανίδων ή συμπαγές ξύλο (VH)	11
2.2.3 Ξυλεία με στρώματα	12
2.2.4 Ελάχιστες διατομές	13
2.3 Υλικά δομήσιμης ξυλείας	13
2.4 Κλάσεις ειδών δομικού ξύλου	13
2.5 Περιεκτικότητα σε υγρασία	14
2.5.1 Επιδράσεις	14
2.5.2 Μέση περιεκτικότητα σε υγρασία	15
2.5.3 Υγρασία κατασκευής	15
2.5.4 Τεχνητή αποξήρανση ξύλου	15
2.5.5 Μεγέθη συστολής και διόγκωσης	15
2.5.6 Κατασκευαστικά μέτρα	17
2.6 Φορτία υπολογισμού	18
2.7 Θερμοκρασιακή διαστολή	18
2.8 Μέτρα ελαστικότητας, διάτμησης και στρέψης	18
2.9 Επιτρεπόμενες τάσεις	20
2.10 Παραμορφώσεις φόρτισης	24

3 Προστασία ξύλου στις κατασκευές	26
3.1 Βλαβερές επιδράσεις	26
3.1.1 Μύκητες	26
3.1.2 Εντομα	26
3.1.3 Θαλασσινά παράσιτα του ξύλου	27
3.1.4 Φωτιά	27
3.2 Δομική προστασία ξύλου	27
3.3 Χημική προστασία ξύλου	30
3.3.1 Προληπτικά μέσα	30
3.3.2 Μέσα καταπολέμησης	32
4 Συμπεριφορά σε καύση ξύλινων μερών	33
4.1 Γενικά	33
4.2 Θερμοκρασία ανάφλεξης T_E και ταχύτητα καύσης u_A του ΝΗ	33
4.3 Αντοχή και μέτρο ελαστικότητας E για ΝΗ στους 100 °C	34
4.4 Κλάσεις δομικών υλικών από ξύλο και ξύλινα δομικά υλικά	34
4.5 Διάρκεια – κλάση πυραντίστασης	35
4.5.1 Ελάχιστες διαστάσεις μη επενδεδυμένων δοκών από ΝΗ	36
4.5.2 Ελάχιστες διαστάσεις μη επενδεδυμένων υποστυλωμάτων από ΝΗ	36
4.6 Ελάχιστα μεγέθη μη επενδεδυμένων εφελκυσμένων μελών από ξύλο	37
4.7 Εφελκυσόμενα μέλη από χάλυβα	38
4.8 Κλάσεις πυραντίστασης των ξύλινων συνδέσεων	38
4.9 Κλάσεις πυραντίστασης για στοιχεία πινάκων	41
4.10 Μεταβολές μορφής σε περίπτωση καύσης	41
5 Αρμοί και συνδέσεις	42
5.1 Εφελκυσόμενοι αρμοί και συνδέσεις $\parallel Fa$	42
5.2 Ελκυσόμενες συνδέσεις $\perp Fa$ (Εγκάρσιος εφελκυσμός)	44
5.2.1 Γενικά	44
5.2.2 Γενικές υποδείξεις για καταπόνηση εγκάρσιου εφελκυσμού	44
5.2.3 Υπολογιστικές προτάσεις	44
5.2.4 Υπολογιστικά παραδείγματα	46
5.3 Συνδέσεις θλίψης $\parallel Fa$	48
5.3.1 Σύνδεση επαφής κοντά σε σημεία κόμβων (a_1, b_1)	49
5.3.2 Σύνδεση επαφής σε περιοχή επικίνδυνη για λυγισμό (a_2, b_1)	49
5.3.3 Σύνδεση χωρίς επαφή (b_2)	50
5.4 Συνδέσεις θλίψης $\perp Fa$	50
5.5 Συνδέσεις θλίψης $\nexists Fa$	52
5.6 Σύνδεσμος δικτυώματος	53
5.6.1 Γενικές βασικές αρχές και τύποι υπολογισμού	53
5.6.2 Διευκρινήσεις και παραδείγματα	57
5.7 Συνδέσεις και αρμοί κάμψης	62
5.7.1 Γενικά	62
5.7.2 Ακαμπτες συνδέσεις από φορείς VH	62
5.7.3 Συνδέσεις φορέων BSH (Εξασφάλιση από κάλυψη)	68

6	Μέσα σύνδεσης	72
6.1	Κόλλα	72
6.1.1	Φέρουσα συμπεριφορά και κατασκευή μελών	72
6.1.2	Τύποι κόλλας	73
6.1.3	Φέρουσα ικανότητα	74
6.1.4	Ενώσεις μήκους	74
6.1.5	Συγκολλητές ράβδοι με σπειρώματα (GS)	76
6.2	Γόμφοι	81
6.2.1	Γενικά	81
6.2.2	Ορισμοί	82
6.2.3	Ο ορθογωνικός γόμφος	84
6.2.4	Γόμφοι ειδικής μορφής	91
6.2.5	Συνδέσεις με γόμφους σε μετωπικό ξύλο από BSH	98
6.2.6	Κατασκευαστικά παραδείγματα	102
6.3	Πείροι (b) και γόμφοι ράβδων (st)	106
6.3.1	Γενικά	106
6.3.2	Περιοχή εφαρμογής	107
6.3.3	Φέρουσα ικανότητα	107
6.3.4	Αριθμός και διάταξη	109
6.3.5	Παραδείγματα	110
6.4	Ηλοι με λείους κορμούς	120
6.4.1	Γενικά	120
6.4.2	Καταπόνηση κάθετη στον άξονα των ήλων	120
6.4.3	Τάσεις κατά την εξαγωγή	122
6.4.4	Συνδυασμένη τάση	124
6.4.5	Ελάχιστα πάχη	124
6.4.6	Αριθμός και διάταξη ήλων	126
6.4.7	Παραδείγματα	130
6.5	Ειδικόί ήλοι και τύποι ελασμάτων	139
6.5.1	Γενικά	139
6.5.2	Κοχλιωτοί ήλοι (SNä)	140
6.5.3	Αυλακωτοί ήλοι (RNä)	140
6.5.4	Τύποι ελασμάτων	141
6.6	Πλάκες με ήλους	147
6.6.1	Γενικά	147
6.6.2	Φέρουσα συμπεριφορά των πλακών με ήλους	149
6.6.3	Ελεγχος της φόρτισης ήλων	150
6.6.4	Ελεγχος της φόρτισης πλακών με ήλους	152
6.6.5	Σημεία τριγωνικών κατασκευών	153
6.6.6	Εφελκυστική διατμητική καταπόνηση του ξύλου	154
6.6.7	Ελεγχος βέλους κάμψης	154
6.6.8	Παράδειγμα από [54]	154

6.7	Κοχλίες για ξύλο (Ξυλόβιδες)	160
6.7.1	Γενικά	160
6.7.2	Επιτρεπόμενη φόρτιση σε "διάτμηση" σε περίπτωση φόρτισης Η161	
6.7.3	Επιτρεπόμενη φόρτιση εξαγωγής σε περίπτωση φόρτισης Η για αποξηραμένο ξύλο	162
6.7.4	Συνδυασμένη τάση	162
6.8	Αγκίστρα	162
6.8.1	Γενικά	162
6.8.2	Διαστάσεις αγκίστρων	162
6.8.3	Καταπόνηση σε "διάτμηση"	163
6.8.4	Καταπόνηση εξαγωγής	163
6.8.5	Συνδυασμένη καταπόνηση	164
6.8.6	Εκτέλεση των συνδέσεων	165
6.9	Δομικά άγκίστρα	165
6.10	Συνεπιδρώντα διαφορετικά μέσα σύνδεσης	166
7	Εφελκόμενες ράβδοι	171
7.1	Γενικά	171
7.2	Υπολογισμός	171
7.3	Ελεγχος τάσεων	171
8	Μονομελείς θλιβόμενες ράβδοι	174
8.1	Γενικά	174
8.2	Υπολογισμός των θλιβομένων ράβδων	174
8.3	Ελεγχος λυγισμού ($A \triangleq$ ακαθάριστη διατομή)	175
8.4	Επιτρεπόμενος βαθμός λυγηρότητας	176
8.5	Μήκη λυγισμού	177
8.5.1	Μήκη λυγισμού υποστυλωμάτων (Εικ. 8.3)	177
8.5.2	Μήκη λυγισμού ράβδων δικτυώματος ($s \triangleq$ μήκος δικτύου)	178
8.5.3	Μήκη λυγισμού μεταθετών στεγών με ελκυστήρες	179
8.5.4	$s_{ky} \parallel$ προς το επίπεδο τόξων για αμφιαρθρωτά και τριαρθρωτά τόξα	179
8.5.5	$s_{ky} \parallel$ προς το επίπεδο πλαισίων για αμφιαρθρωτά και τριαρθρωτά πλαίσια	179
8.5.6	$s_{ky} \parallel$ προς το επίπεδο πλαισίων για πλαίσια με εκκρεμή υποστυλώματα	180
8.5.7	$s_{kz} \perp$ στο επίπεδο πλαισίων για πλήρη τοίχο και πλαίσια δικτυώματος	182
8.6	Παραδείγματα	183
9	Πολυμελείς θλιβόμενες ράβδοι	185
9.1	Γενικά	185
9.2	Λυγισμός ως προς τον "ισχυρό" άξονα	185
9.3	Λυγισμός ως προς τον "ασθενή" άξονα	186
9.3.1	Ολόσωμες θλιβόμενες ράβδοι	186
9.3.2	Θλιβόμενες ράβδοι με ανοίγματα	196

10 Ευθύγραμμοι φορείς σε κάμψη	207
10.1 Γενικά	207
10.2 Μονομελής ορθογωνική διατομή	208
10.2.1 Διαστάσεις διατομής	208
10.2.2 Καμπτική τάση (μονοαξονική)	208
10.2.3 Διατμητική τάση	208
10.2.4 Εγκοπές	210
10.2.5 Δυνάμεις έδρασης	214
10.2.6 Έλεγχος ανατροπής	215
10.2.7 Βέλος κάμψης	216
10.2.8 Παραδείγματα	219
10.2.9 Διπλή κάμψη	226
10.3 Ολόσωμη πολυμελής διατομή με συνεχή συγκολλητή ένωση	228
10.3.1 Γενικά	228
10.3.2 Κιβωτοειδείς φορείς από συμπαγές ξύλο NH II	229
10.3.3 Φορέας κιβωτοειδούς διατομής με κορμό BFU	234
10.4 Ολόσωμη πολυμελής διατομή με συνεχή υποχωρούσα σύνδεση ..	237
10.4.1 Κάμψη περί τον "ισχυρό" άξονα	237
10.4.2 Κάμψη περί τον "ασθενή" άξονα	237
10.5 Πολυμελείς διατομές με ανοίγματα	247
10.5.1 Κάμψη περί τον "ισχυρό" άξονα	247
10.5.2 Κάμψη περί τον "ασθενή" άξονα	247
10.6 Σύνθετοι φορείς από χάλυβα και ξύλο	249
11 Κάμψη με αξονική δύναμη	256
11.1 Γενικά	256
11.2 Κάμψη με εφελκυσμό	256
11.3 Κάμψη με θλίψη	256
11.3.1 Μονομελής ορθογωνική διατομή και πολυμελής συγκολλημένη συμμετρική διατομή	256
11.3.2 Πολυμελείς, υποχωρητικά συνδεδεμένες διατομές	259
Παράρτημα	
Επιτρεπόμενη φόρτιση μονομελών ξύλινων υποστυλωμάτων	267
Συντελεστές λυγισμού ω	267
Τιμές διατομής και ίδια βάρη για ορθογωνικές διατομές	268
Πήχεις στέγης	270
Συγκολλημένες ορθογωνικές διατομές (BSH)	270
Χρησιμοποιούμενες Προδιαγραφές και Κανονισμοί	271
Βιβλιογραφία	273
Αλφαβητικό ευρετήριο	277

Συμβολισμοί και Συντηρήσεις:

NH	Ξύλο από βελονόφυλλο δέντρο
LH	Ξύλο από πλατύφυλλο δέντρο
VH	Συμπαγές ξύλο
BSH	Στρώματα σανίδων από βελονόφυλλο δέντρο
BFU	Φύλλα κόντρα-πλακέ (καπλαμαδωτά ή πλακάζ) κατά DIN 68 705 Μέρος 3
BFU-BU	Φύλλα κόντρα-πλακέ (καπλαμαδωτά ή πλακάζ) από οξυά κατά DIN 68 705 Μέρος 5
FP	Επίπεδες συμπιεστές πλάκες κατά DIN 68 763
HFM	Δομικές πλάκες από ίνες μέτριας σκληρότητας κατά DIN 68 754 Μέρος 1
HFH	Δομικές πλάκες από σκληρές ίνες κατά DIN 68 754 Μέρος 1
Gkl I	Κλάση ποιότητας I \triangleq Ταξινόμησης S 13
Gkl II	Κλάση ποιότητας II \triangleq Ταξινόμησης S 10
Gkl III	Κλάση ποιότητας III \triangleq Ταξινόμησης S 7
NH II	Ξύλο από βελονόφυλλο δέντρο κλάσης ποιότητας II
Fa	κατά την διεύθυνση των ινών
\perp Fa	κάθετα στην διεύθυνση των ινών
∇ Fa	υπό γωνία προς την διεύθυνση των ινών
Kr	κατά τη διεύθυνση της δύναμης
\perp Kr	κάθετα στην διεύθυνση της δύναμης
Pl	κατά το επίπεδο της πλάκας
\perp Pl	κάθετα στο επίπεδο της πλάκας
$E_{ }$	μέτρο ελαστικότητας Fa
E_{\perp}	μέτρο ελαστικότητας \perp Fa
G	μέτρο διάτμησης
G_T	μέτρο στρέψης
g	ίδιο βάρος
p	κινητό φορτίο
εν I	ενεργός ροπή επιφάνειας 2 ^{ου} βαθμού (ενεργός ροπή αδράνειας)
I_n	καθαρή ροπή επιφάνειας 2 ^{ου} βαθμού (καθαρή ροπή αδράνειας)
α_T	Γραμμικός συντελεστής θερμοκρασιακής μεταβολής
u	Περιεκτικότητα σε υγρασία
α	Μέτρο συστολής και διόγκωσης
VM	Μέσο σύνδεσης
Dü	Γόμφος (τζαβέτα ή καβίλια)
SDü	Γόμφος ράβδου
PB	Εφαρμοστός πείρος
Bo	Πείρος (μπουλόνι)
Nä	Ηλος (καρφί)
RNä	Αυλακωτός ήλος
SNä	Κοχλιωτός ήλος

Γενικά σύμβολα, π.χ.:

- [16] Βιβλιογραφία αριθμός 16
(5.3) Εξίσωση 3 στο Κεφάλαιο 5

- Εικ. 6.4 Εικόνα 4 στο Κεφάλαιο 6
Πιν. 9.3 Πίνακας 3 στο Κεφάλαιο 9

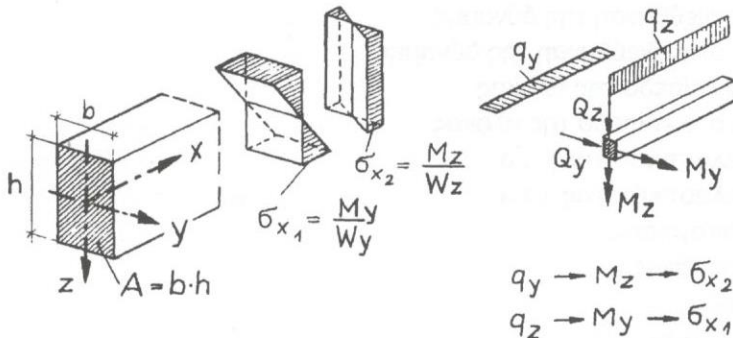
Παραπομπές στο κείμενο του DIN1052 και διευκρινήσεις του DIN 1052, π.χ.

- 9.1.8- DIN 1052, Μέρος 1, Κεφάλαιο 9.1.8
-T 2, 4.3- DIN 1052, Μέρος 2, Κεφάλαιο 4,3
-E 36- Ερμηνείες στο DIN 1052 [1], σελίδα 36^{*)}

Συντελεστές μετατροπής μονάδων

$$1\text{kN/cm}^2 \triangleq 10\text{MN/m}^2 \triangleq 10\text{N/mm}^2$$
$$1\text{kN/cm} \triangleq 100\text{N/mm}$$

Σύστημα συντεταγμένων κατά DIN 1080 Μέρος 1 (6/76)



Σε μονοαξονική κάμψη ορισμένες ενδείξεις απλοποιούνται.

*) Σελίδα i στο [1] \triangleq σελίδα (i+338) στο [3] για το DIN 1052 Μέρος 1.
Σελίδα j στο [1] \triangleq σελίδα (j+340) στο [3] για το DIN 1052 Μέρος 2.