

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u></b>	<b>7</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</u></b>	<b>11</b>
<b><u>1.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</u></b>	<b>21</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΥ</u></b>	<b>23</b>
<b><u>2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</u></b>	<b>23</b>
<b><u>2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ</u></b>	<b>23</b>
<b><u>2.1.2 ΚΤΙΡΙΟ Α (ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ)</u></b>	<b>24</b>
<b><u>2.1.3 ΚΤΙΡΙΟ Β (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ ΚΑΙ Υ'Υ)</u></b>	<b>25</b>
<b><u>2.1.4 ΚΤΙΡΙΟ Γ (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ)</u></b>	<b>26</b>
<b><u>2.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</u></b>	<b>27</b>
<b><u>2.3 ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</u></b>	<b>27</b>
<b><u>2.4 ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ</u></b>	<b>29</b>
<b><u>2.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ</u></b>	<b>29</b>
<b><u>2.4.2 ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ</u></b>	<b>29</b>
<b><u>2.4.3 ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ</u></b>	<b>29</b>
<b><u>2.4.3.1 ΦΟΡΤΙΟ ΧΙΟΝΙΟΥ</u></b>	<b>31</b>
<b><u>2.4.4 ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ</u></b>	<b>31</b>
<b><u>2.4.4.1 ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΗ</u></b>	<b>31</b>
<b><u>2.4.4.2 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ</u></b>	<b>32</b>
<b><u>2.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ</u></b>	<b>41</b>
<b><u>2.5.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΜΑΖΩΝ</u></b>	<b>41</b>
<b><u>2.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ</u></b>	<b>41</b>
<b><u>2.5.1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΟΜΒΙΩΝ ΜΑΖΩΝ</u></b>	<b>42</b>
<b><u>2.5.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ</u></b>	<b>42</b>
<b><u>2.6 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ</u></b>	<b>51</b>
<b><u>2.6.1 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΔΡΑΣΕΙΣ</u></b>	<b>51</b>
<b><u>2.6.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ</u></b>	<b>52</b>
<b><u>2.7 ΜΕΣΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</u></b>	<b>57</b>
<b><u>2.7.1 ΓΕΝΙΚΑ</u></b>	<b>57</b>

<u>2.7.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOFISTIK2003</u>	58
<u>2.7.2.1 ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ</u>	59
<u>2.7.2.2 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</u>	61
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΟΡΕΑ</u></b>	<b>63</b>
<b><u>3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u></b>	<b>63</b>
<b><u>3.2 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΕΛΕΓΧΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ3(ΕC3)</u></b>	<b>65</b>
<u>3.2.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΧΑΛΥΒΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</u>	65
<u>3.2.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ</u>	66
<u>3.2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</u>	71
<u>3.2.4 ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ</u>	71
<u>3.2.4.1 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ</u>	71
<u>3.2.4.2 ΘΛΙΨΗ</u>	72
<u>3.2.4.3 ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ</u>	72
<u>3.2.4.4 ΤΕΜΝΟΥΣΑ</u>	73
<u>3.2.4.5 ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗ</u>	74
<u>3.2.4.6 ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ</u>	74
<u>3.2.4.7 ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ - ΜΕΛΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ</u>	76
<u>3.2.4.7.1 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ</u>	76
<u>3.2.4.7.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ</u>	76
<u>3.2.4.7.3 ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ</u>	79
<u>3.2.4.7.4 ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΣΤΡΕΠΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΡΕΠΤΟΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ</u>	80
<u>3.2.4.7.5 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΡΕΠΤΟΚΑΜΠΤΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ – ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ</u>	80
<u>3.2.4.8 ΜΕΛΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΥΠΟ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ</u>	82
<u>3.2.4.8.1 ΚΡΙΣΙΜΗ ΡΟΠΗ ΣΤΡΕΠΤΟΚΑΜΠΤΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ</u>	87
<b><u>3.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ</u></b>	<b>91</b>
<u>3.3.1 ΚΤΙΡΙΟ Α (ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ)</u>	91
<u>3.3.1.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	91
<u>3.3.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	96
<u>3.3.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</u>	122
<u>3.3.2 ΚΤΙΡΙΟ Β (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ ΚΑΙ Υ'Υ)</u>	138
<u>3.3.2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	138
<u>3.3.2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	144
<u>3.3.2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΙΑΓΩΝΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ</u>	183
<u>3.3.3 ΚΤΙΡΙΟ Γ (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ)</u>	186
<u>3.3.3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	186
<u>3.3.3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ</u>	191
<u>3.3.3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</u>	216
<u>3.3.3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΙΑΓΩΝΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ</u>	230
<b><u>3.4 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΕΛΕΓΧΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ3 (ΕC3)</u></b>	<b>233</b>

<a href="#">3.4.1</a>	<a href="#">ΕΙΣΑΓΩΓΗ</a>	233
<a href="#">3.4.2</a>	<a href="#">ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΒΕΛΗ</a>	234
<a href="#">3.4.3</a>	<a href="#">ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΕΛΗ</a>	235
<a href="#">3.4.4</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ</a>	235
<a href="#">3.5</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ</a>	240

## [ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕΛΩΝ](#) 249

<a href="#">4.1</a>	<a href="#">ΕΙΣΑΓΩΓΗ</a>	249
<a href="#">4.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ</a>	249
<a href="#">4.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕΛΩΝ ΜΕΣΩ INSTANT 2000</a>	256
<a href="#">4.3.1</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ Α ( ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ)</a>	256
<a href="#">4.3.1.1</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ</a>	256
<a href="#">4.3.1.1.1</a>	<a href="#">HEB300 ΕΠΙ HEB450</a>	258
<a href="#">4.3.1.1.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	259
<a href="#">4.3.1.1.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [56]</a>	261
<a href="#">4.3.1.1.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΟΧΛΙΩΝ {J3.6.2}</a>	261
<a href="#">4.3.1.1.3.2</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΡΟΠΗ</a>	261
<a href="#">4.3.1.1.3.3</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ</a>	262
<a href="#">4.3.1.1.3.4</a>	<a href="#">ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ</a>	262
<a href="#">4.3.1.1.3.5</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ</a>	262
<a href="#">4.3.1.1.3.6</a>	<a href="#">ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ {J.4.1} &amp; ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ {J.5}</a>	262
<a href="#">4.3.1.1.3.7</a>	<a href="#">ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	263
<a href="#">4.3.1.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ ΣΕ ΚΥΡΙΑ ΔΟΚΟ</a>	264
<a href="#">4.3.1.2.1</a>	<a href="#">IPE240 ΕΠΙ HEB300</a>	265
<a href="#">4.3.1.2.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	265
<a href="#">4.3.1.2.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [I.B. ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ]</a>	267
<a href="#">4.3.1.2.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	268
<a href="#">4.3.1.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	271
<a href="#">4.3.1.3.1</a>	<a href="#">ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ NO.17</a>	272
<a href="#">4.3.1.3.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	272
<a href="#">4.3.1.3.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [52]</a>	276
<a href="#">4.3.1.3.3.1</a>	<a href="#">ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ</a>	276
<a href="#">4.3.1.3.3.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</a>	276
<a href="#">4.3.1.3.3.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ</a>	276
<a href="#">4.3.1.3.3.4</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ</a>	276
<a href="#">4.3.1.3.3.5</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΧΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	277
<a href="#">4.3.1.3.3.6</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	277
<a href="#">4.3.1.3.3.7</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	277
<a href="#">4.3.1.3.3.8</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ</a>	278
<a href="#">4.3.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ Β (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ &amp; Υ'Υ)</a>	279
<a href="#">4.3.2.1</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ</a>	279

<a href="#">4.3.2.1.1</a>	<a href="#">HEB300 ΕΠΙ ΗΕΒ400</a>	281
<a href="#">4.3.2.1.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	282
<a href="#">4.3.2.1.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [56]</a>	283
<a href="#">4.3.2.1.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΟΧΛΙΩΝ {J3.6.2}</a>	284
<a href="#">4.3.2.1.3.2</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΡΟΠΗ</a>	284
<a href="#">4.3.2.1.3.3</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ</a>	285
<a href="#">4.3.2.1.3.4</a>	<a href="#">ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ</a>	285
<a href="#">4.3.2.1.3.5</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ</a>	285
<a href="#">4.3.2.1.3.6</a>	<a href="#">ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ {J.4.1} &amp; ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ {J.5}</a>	285
<a href="#">4.3.2.1.3.7</a>	<a href="#">ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	286
<a href="#">4.3.2.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ ΣΕ ΚΥΡΙΑ ΔΟΚΟ</a>	287
<a href="#">4.3.2.2.1</a>	<a href="#">ΙΡΕ240 ΕΠΙ ΗΕΒ300</a>	288
<a href="#">4.3.2.2.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	288
<a href="#">4.3.2.2.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [I.B. ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ]</a>	290
<a href="#">4.3.2.2.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	291
<a href="#">4.3.2.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	294
<a href="#">4.3.2.3.1</a>	<a href="#">ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΝΟ.19</a>	295
<a href="#">4.3.2.3.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	295
<a href="#">4.3.2.3.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [52]</a>	297
<a href="#">4.3.2.3.3.1</a>	<a href="#">ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ</a>	298
<a href="#">4.3.2.3.3.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</a>	298
<a href="#">4.3.2.3.3.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ</a>	298
<a href="#">4.3.2.3.3.4</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ</a>	298
<a href="#">4.3.2.3.3.5</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΧΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	298
<a href="#">4.3.2.3.3.6</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	299
<a href="#">4.3.2.3.3.7</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	299
<a href="#">4.3.2.3.3.8</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ</a>	299
<a href="#">4.3.2.4</a>	<a href="#">ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΝΟ.29</a>	300
<a href="#">4.3.2.4.1</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	300
<a href="#">4.3.2.4.2</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [51]</a>	302
<a href="#">4.3.2.4.2.1</a>	<a href="#">ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ</a>	303
<a href="#">4.3.2.4.2.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</a>	303
<a href="#">4.3.2.4.2.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ</a>	303
<a href="#">4.3.2.4.2.4</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ</a>	303
<a href="#">4.3.2.4.2.5</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΧΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	304
<a href="#">4.3.2.4.2.6</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	304
<a href="#">4.3.2.4.2.7</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	304
<a href="#">4.3.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ Γ ( ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ)</a>	305
<a href="#">4.3.3.1</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ</a>	305
<a href="#">4.3.3.1.1</a>	<a href="#">HEB320 ΕΠΙ ΗΕΒ400</a>	307
<a href="#">4.3.3.1.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	308
<a href="#">4.3.3.1.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [56]</a>	310
<a href="#">4.3.3.1.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΟΧΛΙΩΝ {J3.6.2}</a>	310
<a href="#">4.3.3.1.3.2</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΡΟΠΗ</a>	311



<a href="#">4.3.3.1.3.3</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ</a>	311
<a href="#">4.3.3.1.3.4</a>	<a href="#">ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ</a>	311
<a href="#">4.3.3.1.3.5</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΟΡΜΟΥ ΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΟΥ</a>	311
<a href="#">4.3.3.1.3.6</a>	<a href="#">ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ {J.4.1} &amp; ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ {J.5}</a>	312
<a href="#">4.3.3.1.3.7</a>	<a href="#">ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	312
<a href="#">4.3.3.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ ΣΕ ΚΥΡΙΑ ΔΟΚΟ</a>	313
<a href="#">4.3.3.2.1</a>	<a href="#">ΙΡΕ240 ΕΠΙ ΗΕΒ320</a>	314
<a href="#">4.3.3.2.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	314
<a href="#">4.3.3.2.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [I.B. ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ]</a>	316
<a href="#">4.3.3.2.3.1</a>	<a href="#">ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ</a>	317
<a href="#">4.3.3.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	320
<a href="#">4.3.3.3.1</a>	<a href="#">ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ NO.17</a>	321
<a href="#">4.3.3.3.2</a>	<a href="#">ΔΕΔΟΜΕΝΑ</a>	321
<a href="#">4.3.3.3.3</a>	<a href="#">ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ [52]</a>	324
<a href="#">4.3.3.3.3.1</a>	<a href="#">ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΛΕΟΝΑΣ</a>	324
<a href="#">4.3.3.3.3.2</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</a>	324
<a href="#">4.3.3.3.3.3</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ</a>	324
<a href="#">4.3.3.3.3.4</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ</a>	324
<a href="#">4.3.3.3.3.5</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΧΟΥΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	325
<a href="#">4.3.3.3.3.6</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΕΔΡΑΣΗΣ</a>	325
<a href="#">4.3.3.3.3.7</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ</a>	325
<a href="#">4.3.3.3.3.8</a>	<a href="#">ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ</a>	326
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</u></b>		<b>327</b>
<a href="#">5.1</a>	<a href="#">ΕΙΣΑΓΩΓΗ</a>	327
<a href="#">5.2</a>	<a href="#">ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ</a>	327
<a href="#">5.2.1</a>	<a href="#">ΕΙΣΑΓΩΓΗ</a>	327
<a href="#">5.2.2</a>	<a href="#">ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</a>	328
<a href="#">5.2.2.1</a>	<a href="#">ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ</a>	328
<a href="#">5.2.2.2</a>	<a href="#">ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ</a>	329
<a href="#">5.3</a>	<a href="#">ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ Ή ΜΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ</a>	330
<a href="#">5.3.1</a>	<a href="#">ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ</a>	330
<a href="#">5.3.2</a>	<a href="#">ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</a>	331
<a href="#">5.3.3</a>	<a href="#">ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ</a>	332
<a href="#">5.3.3.1</a>	<a href="#">ΛΕΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (N) ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ</a>	332
<a href="#">5.3.3.2</a>	<a href="#">ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ (VZ) ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ</a>	344
<a href="#">5.3.3.3</a>	<a href="#">ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ (MY) ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ</a>	350
<a href="#">5.3.4</a>	<a href="#">ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ &amp; ΓΩΝΙΑΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ</a>	356
<a href="#">5.3.4.1</a>	<a href="#">ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΟΜΒΩΝ</a>	356
<a href="#">5.3.4.2</a>	<a href="#">ΓΩΝΙΑΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ</a>	360
<a href="#">5.4</a>	<a href="#">ΣΥΝΟΨΗ</a>	366

<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:</u></b>	<b><u>367</u></b>
<b><u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ SOFISTIK – ΚΤΙΡΙΟ Α</u></b>	<b><u>367</u></b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b>	<b><u>393</u></b>



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τον σχεδιασμό και την μελέτη τριών εξαώροφων μεταλλικών κατασκευών με και χωρίς τη χρήση κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας. Συγκεκριμένα μελετάται πως επηρεάζεται ο σχεδιασμός και η συμπεριφορά των τριών κτιρίων με βάση τη χρήση ή όχι των κατακόρυφων συνδέσμων. Αναλυτικότερα :

Στο **1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ** γίνεται μία ιστορική αναδρομή στη χρήση και την εξέλιξη των μεταλλικών κατασκευών. Τέλος, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και οι λόγοι που οδηγούν στην καθιέρωση τους ως κυρίαρχη κατασκευαστική λύση.

Στο **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ** γίνεται η περιγραφή του έργου. Αρχικά δίνονται αναλυτικές πληροφορίες για τη γεωμετρία, τις διαστάσεις και τα υλικά κατασκευής των τριών κτιρίων. Στη συνέχεια, περιγράφονται τα στατικά φορτία και οι τιμές που ελήφθησαν για τη παρούσα μελέτη. Αναφέρονται οι σεισμικές δράσεις και οι παράμετροι που επιλέξαμε, ώστε να καταλήξουμε στο φάσμα σχεδιασμού. Παρουσιάζεται το φάσμα και η διαδικασία που ακολουθήσαμε μέσω του προγράμματος Sofistik για τη σεισμική ανάλυση των κατασκευών μέσω της δυναμικής φασματικής μεθόδου. Τέλος, γίνεται αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας του προγράμματος Sofistik το οποίο αποτέλεσε το βασικό μέσο ανάλυσης των κατασκευών.

Στο **3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ** λαμβάνοντας τα αποτελέσματα της στατικής και δυναμικής ανάλυσης μέσω του Sofistik, πραγματοποιούνται όλοι οι έλεγχοι των μελών του φορέα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 (ENV 1993-1-1) και τις διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού για περιορισμό των βλαβών. Ενδεικτικά στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζεται και η επίλυση μιας διαδοκίδας.

Στο **4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ** περιγράφονται οι συνδέσεις των μελών του φορέα και τα αποτελέσματα των ελέγχων τους, όπως αυτά προέκυψαν μέσω του προγράμματος INSTANT2000.

Στο **5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ** γίνεται η σύγκριση των τριών κατασκευών. Αρχικά γίνεται περιγραφή των συνδέσμων δυσκαμψίας και της χρήσης τους, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ε.Α.Κ. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι συγκρίσεις των κτιρίων με βάση συγκεκριμένα μεγέθη και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Ο χάλυβας είναι ένα κράμα από σίδηρο (Fe) και διάφορα άλλα μεταλλικά και μη στοιχεία, το κυριότερο από τα οποία είναι ο άνθρακας (C). Ο συνήθης χάλυβας περιέχει λιγότερο από 2.06% κ.β. άνθρακα, λιγότερο από 1.0% κ.β. μαγγάνιο και πολύ μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και οξυγόνου. Οι κραματομένοι χάλυβες, όπως για παράδειγμα οι ανοξείδωτοι χάλυβες και οι εργαλειοχάλυβες, αποτελούν μία ειδική κατηγορία κραμάτων που περιέχουν υψηλότερα ποσοστά άλλων μετάλλων. Ανάλογα με τις απαιτήσεις χρήσεως του χάλυβα, μπορούν να μεταβληθούν ορισμένες ιδιότητες κατά την παραγωγή του διαμέσου της χημικής του σύνθεσης, της μεταβολής της κρυσταλλικής του δομής αλλά και με άλλες μεθόδους όπως η θερμική κατεργασία (π.χ. ανόπτηση εξομάλυνσης, βαφή και επαναφορά κλπ.).

### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο σίδηρος από την αρχαιότητα κατείχε εξέχουσα θέση στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Η κατασκευή εργαλείων, όπλων και σκευών αποτελούν δείγματα της ευρείας εφαρμογής του σιδήρου κατά τα πρώτα χρόνια της ανθρώπινης εξέλιξης.

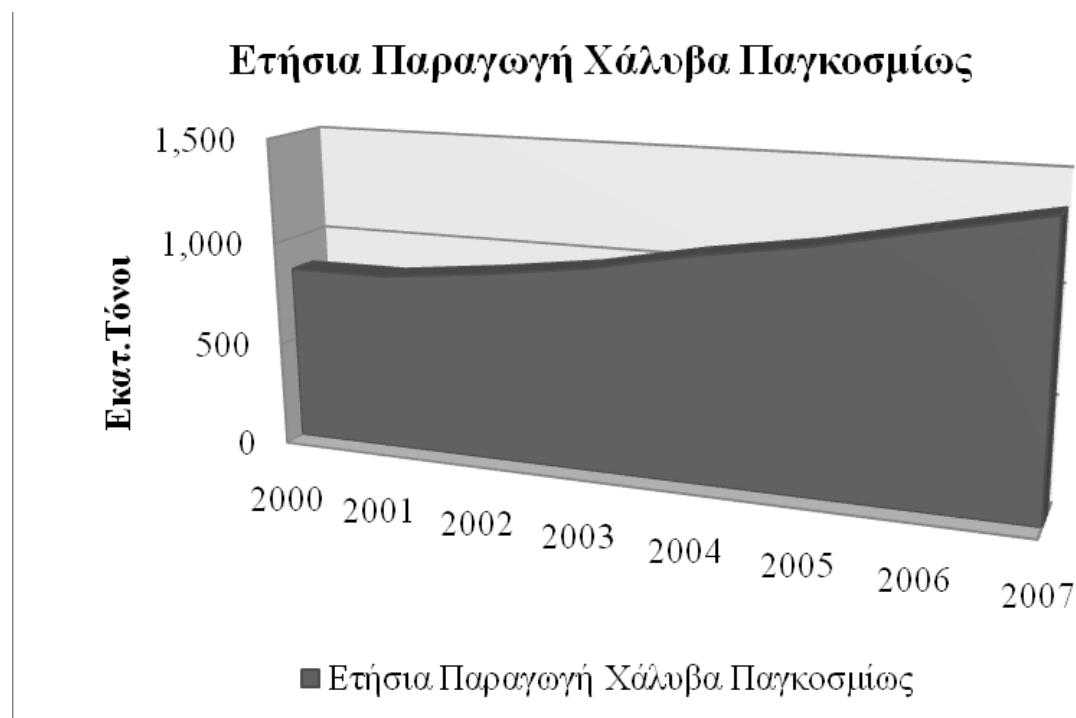
Η πρώτη παραγωγή τήγματος σιδήρου καταγράφεται στις περιοχές του Καυκάσου, και συγκεκριμένα στην Αρμενία, περί το 1500 π.Χ. Στην Ανατολή υπάρχουν ενδείξεις για παλαιότερη ύπαρξη του σιδήρου σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία. Στη Δύση, η φυλή *Χάλυβες* που άνηκαν στην αυτοκρατορία των *Χιτιτών* έκαναν χρήση του σιδήρου περί το 1400 π.Χ. Στην Ευρώπη ο σίδηρος ήρθε μετά την πτώση της αυτοκρατορίας αυτής, περί το 1200 π.Χ. μέσω των αποικιών. Στην Ελλάδα η χρήση και επεξεργασία του σιδήρου καταγράφεται σε πολλές ιστορικές αναφορές αλλά και στα *Ομηρικά έπη*.

Η εξέλιξη της επεξεργασίας του σιδήρου κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα πραγματοποιείται με τη χρήση καθαρού C (κωκ) ή λιθάνθρακα αντί για ξυλάνθρακα ως υλικού καύσης της καμίνου πετυχαίνοντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερες θερμοκρασίες τήξης. Στη συνέχεια η εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων όπως κάμινων, μηχανών έγχυσης και ανάδευσης του τήγματος αλλά και της σταδιακής απομάκρυνσης του άνθρακα C από τη

χημική δομή του σιδήρου οδήγησε το 1850, στην Αγγλία, στη παραγωγή χάλυβα με την ανάπτυξη και χρήση μεταλλακτών Bessemer. Ουσιαστικά όμως η ευρεία εφαρμογή και χρήση του χάλυβα στην ναυπηγική και στις κατασκευές ξεκινά με την τελειοποίηση του μεταλλακτή Siemens-Martins από το 1880.

Σήμερα η ετήσια παραγωγή χάλυβα έρχεται να επιβεβαιώσει τη ευρεία εφαρμογή του στο σύγχρονο κόσμο και κυρίως στο χώρο των κατασκευών. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του *AME Mineral Economics* και του *International Iron & Steel Institute* εκτιμάται ότι κατά το 2006, η παραγωγή αυξήθηκε κατά 104 εκατομμύρια τόνους, δηλαδή αύξηση της τάξεως του 6,71%. Η περιοχή με τη μεγαλύτερη παραγωγή ήταν η Ασία, ενώ για το 2006 το απόλυτο μέγεθος παραγωγής της Ασίας προσέγγισε τα 653 εκατ. τόνους οφειλόμενη κυρίως στην αυξημένη παραγωγή της Κίνας, της Ιαπωνίας και της Ινδίας. Για το 2007, η συνολική παραγωγή ήταν 1.339 εκατ. μετρικούς τόνους, με συνολική αύξηση της τάξεως του 7,64%. Η σημαντικότερη αύξηση προήλθε εκ νέου από την περιοχή της Ασίας και για το 2007, καθώς η συνολική παραγωγή διαμορφώθηκε σε 730 εκατ. μετρικούς τόνους, αυξημένη κατά 11,79% σε σχέση με το έτος 2006.

Η ανοδική πορεία συνεχίζεται και τα τελευταία 2 χρόνια ανταποκρινόμενη στη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση της αγοράς για αυτό το πολύτιμο υλικό.



**Πηγή: World Steel Association**





### 1.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η εξέλιξη της χρήσης του σιδήρου ως δομικό υλικό είναι ραγδαία. Τα τελευταία 200 χρόνια ο σίδηρος μετατράπηκε από υλικό δευτερεύουσας σημασίας σε ένα από τα πιο χρήσιμα δομικά υλικά. Ξεκινώντας σαν υποκατάστατο των παραδοσιακών δομικών υλικών, όπως η πέτρα και το ξύλο, ο σίδηρος και ο χάλυβας απέκτησαν σταδιακά τη δική τους κατασκευαστική και αρχιτεκτονική εφαρμογή. Η ταχύτατη ανάπτυξη της τεχνολογίας του χάλυβα και οι διάφορες εκφάνσεις του στο χώρο των κατασκευών, αποτελούν τα πρώτα βήματα για το τεράστιο πεδίο εφαρμογής και περαιτέρω τελειοποίησης που προσφέρει αυτό πολύτιμο υλικό.

Ένα από τα πρώτα παραδείγματα χρήσης του σιδήρου στην αρχιτεκτονική βρίσκεται στην ανατολική πρόσοψη του *Μουσείου του Λούβρου* στο Παρίσι. Ο αρχιτέκτονας Claude Perrault (1613-1688) ανέγειρε αυτό το πλάγιο τμήμα το 1670 και χρησιμοποίησε σφυρήλατες σιδερένιες ράβδους σαν ενίσχυση στην τοιχοποιία. Ο μηχανικός Jean Rondolet (1734-1823) έκανε το ίδιο πράγμα όταν 100 χρόνια αργότερα σχεδίασε την κατασκευή για την *Εκκλησία Ste. Genevieve* (1713-1780) για τον αρχιτέκτονα Germain Soufflot, που αργότερα ονομάστηκε Πάνθεον, στο Παρίσι. Αυτά τα πρώτα δείγματα αποτέλεσαν την απαρχή για τη χρησιμοποίηση του σιδήρου και την αλλαγή των διαστάσεων της κλασικής αρχιτεκτονικής. Μπορεί εκείνη την εποχή ο σίδηρος να μην χρησιμοποιούνταν σαν εμφανές δομικό στοιχείο, ωστόσο αδιαμφισβήτητα χάραξε το δρόμο για την εφαρμογή των σημαντικών ιδιοτήτων του στην οικοδομική και πρόσθεσε μια νέα αντίληψη στην αρχιτεκτονική έκφραση.



**Εικ.1 Coalbrookdale Bridge, Αγγλία 1779**

Η πρώτη χρήση αυτού ως κύριου δομικού υλικού, γίνεται αρχικά υπό τη μορφή του χυτοσιδήρου για την κατασκευή της πρώτης στον κόσμο σιδηράς γέφυρας, ανοίγματος 33 m, άνω του ποταμού Severn στην *Coalbrookdale* της Αγγλίας, το 1779 (Εικ. 1), η οποία εξακολουθεί να βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία.

Μεταξύ των ετών 1780-1820 κατασκευάστηκαν από χυτοσίδηρο αρκετές γέφυρες κυρίως με αψιδωτή μορφή αλλά και άλλες δομικές κατασκευές. Η αστοχία όμως, εφελκόμενων μελών με ψαθυρά θραύση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την κατάρρευση γεφυρών από χυτοσίδηρο, με πάρα πολλά ανθρώπινα θύματα, περιόρισε τη χρήση του χυτοσιδήρου μόνο σε θλιβόμενα μέλη (π.χ. υποστυλώματα).

Η βιομηχανική παραγωγή του πολτοπαγούς σιδήρου άρχισε να αντικαθιστά το χυτοσίδηρο το 1840, κυρίως λόγω της σημαντικής ιδιότητάς του να υπόκειται σε μεγάλες εφελκυστικές παραμορφώσεις στην πλαστική περιοχή, χωρίς να θραύεται. Επιπλέον, ο πολτοπαγής σίδηρος ήταν δυνατό να λαμβάνει τη μορφή λεπτών πλακών, οι οποίες μπορούσαν να καμφθούν και να συνδεθούν με ήλους χωρίς αισθητή μείωση της αντοχής τους. Η πρώτη γέφυρα από πολτοπαγή σίδηρο, που αξίζει να μνημονευτεί είναι η γέφυρα *Britannia* και κατασκευάστηκε το 1850 (Εικ. 2). Είναι η πρώτη σημαντική ολόσωμη σιδηροδρομική γέφυρα μέγιστου ανοίγματος 142m, στη ζεύξη Menai στην Αγγλία.



## Εικ.2 Britannia Bridge

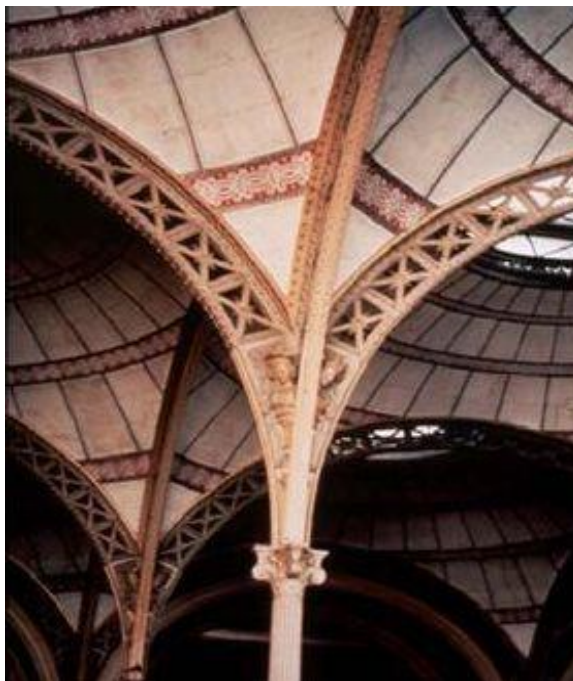
Η κατασκευή μέσω ελάσεως διαφόρων μορφών διατομών (ορθογωνικών, κυκλικών, σωληνωτών κλπ.), άρχισε όταν ο χυτοσίδηρος και ο πολτοπαγής σίδηρος παρουσίασαν ευρύτερη χρήση. Το 1820 άρχισε η κατασκευή μέσω ελάσεως σιδηροτροχιών, ενώ περί το 1870 διατομών διπλού T (I) (υποστυλωμάτων από χυτοσίδηρο και δοκών από πολτοπαγή σίδηρο).

Τα νέα υλικά πρωτοεμφανίστηκαν σε τύπους κατασκευών που δεν είχαν μεγάλη παράδοση. Η βιομηχανική επανάσταση δημιούργησε την ανάγκη για μεγάλους βιομηχανικούς χώρους. Η κάλυψη μεγάλων επιφανειών αλλά και η ταχύτητα κατασκευής οδήγησε σταδιακά στην αποκλειστική χρήση του χάλυβα ως βασικό δομικό υλικό. Τα πρώτα βιομηχανικά κτίρια αποτελούνταν από εξωτερική φέρουσα τοιχοποιία και εσωτερικό μεταλλικό σκελετό από υποστυλώματα και δοκούς. Οι κυριότερες εφαρμογές του συναντώνται στη Μ. Βρετανία και στην Ηπειρωτική Ευρώπη, σε κλωστοϋφαντουργεία και σε αποθήκες εμπορευμάτων. Ο σίδηρος βρήκε αστική εφαρμογή στις πολλές, καλυμμένες με γυαλί, γκαλερί που ανεγέρθηκαν στην Ευρώπη από το 1800-1850. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το *Crystal Palace* (Εικ. 3) στο Λονδίνο (1850), διαστάσεων 70.000 m<sup>2</sup> με χρόνο κατασκευής μόλις 10 μήνες.



### **Εικ.3 Crystal Palace, London**

Η *Εθνική Βιβλιοθήκη του Παρισιού* (1842-1851) θεωρείται το μεγαλύτερο επίτευγμα του Labrouste (Εικ. 4). Ο χώρος καλύπτεται από 9 ελαφρούς θόλους που στηρίζονται σε τόξα από σίδηρο, τα οποία εδράζονται σε 16 στύλους από χυτοσίδηρο.



#### Εικ.4 Εθνική Βιβλιοθήκη του Παρισιού

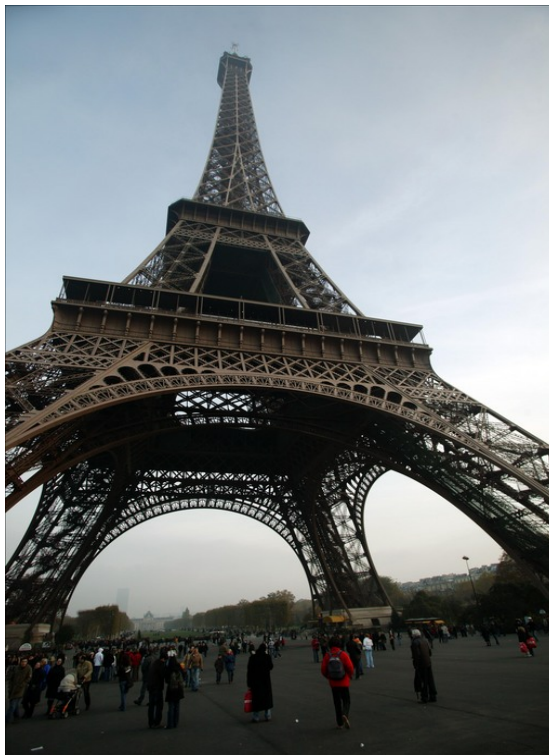
Το *Chocolate Factory* (Εικ. 5) στο Menier του Παρισιού (1871-1872) είναι το παλαιότερο κτίριο με σκελετό που αποτελείται εξολοκλήρου από σίδηρο. Αποτελεί έναν υπέροχο συνδυασμό σιδήρου και τούβλου. Για πρώτη φορά ο σίδηρος αναλαμβάνει και τα κατακόρυφα και τα οριζόντια φορτία. Οι διατομές του σιδήρου αποτελούνται από 2 διατομές T οι οποίες σχηματίζουν διατομές H και περιβάλλουν τα τούβλα.

Με την ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων επιτεύχθηκε η μετατροπή του ακατέργαστου σιδήρου σε ρευστοπαγή χάλυβα, το γνωστό σε όλους μας δομικό χάλυβα, ο οποίος μέχρι το 1890 είχε αντικαταστήσει πλήρως τον πολτοπαγή σίδηρο. Η πρώτη μεγάλη γέφυρα, εξολοκλήρου από δομικό χάλυβα, είναι η περίφημη τοξωτή γέφυρα *Eads* στην πόλη Saint Louis των Η.Π.Α., η οποία κατασκευάστηκε το 1874 με κεντρικό άνοιγμα 156m. Το 1876 κατασκευάστηκε, επίσης εξολοκλήρου από χάλυβα, ο Πύργος του *Eiffel* στο Παρίσι (Εικ. 6). Το 1889 κατασκευάστηκε στη Σκωτία, εξολοκλήρου από δομικό χάλυβα, η γέφυρα *Firth of Forth* η οποία είναι 2 ανοιγμάτων, 520m το καθένα και υπήρξε εντυπωσιακό επίτευγμα για την εποχή εκείνη.





**Εικ.5 Chocolate Factory στο Menier του Παρισιού (1871-1872)**



**Εικ.6 Πύργος του Eiffel, Παρίσι 1876**

Παράλληλα με τις προαναφερθείσες τεχνολογικές εξελίξεις, που οδήγησαν στην παραγωγή του δομικού χάλυβα, σημαντική πρόοδος σημειώνεται στην πειραματική αντοχή των υλικών και στη στατική ανάλυση των κατασκευών. Αυτό οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στη συμβολή διακεκριμένων επιστημόνων της εποχής εκείνης, ορισμένοι εκ των οποίων είχαν αναλάβει τη διερεύνηση των αιτιών καταρρεύσεως σοβαρών τεχνικών έργων. Κατά την περίοδο από τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο μέχρι τη δεκαετία του '60 η αρχιτεκτονική των κατασκευών εστίαζε κυρίως στη χρήση οπλισμένου σκυροδέματος. Από τότε μέχρι και σήμερα γίνεται χρήση πιο εξελιγμένων και σε μεγαλύτερη ποικιλία υλικών στις σύγχρονες κατασκευές που πλέον έχουν μεγαλύτερο όγκο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το στέγαστρο του Ολυμπιακού γηπέδου του Μονάχου - *Olympian Roof* (1972), των Günther Behnisch και Frei Otto. Το *Centre Pompidou* στο Παρίσι που σχεδιάστηκε από τους Renzo Piano και Richard Rogers (1972-1976) θεωρείται ως η αρχή εφαρμογής της υψηλής τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική (Εικ. 7&8).





**Εκκ.6 Munich Olympic Stadium roof**



**Εικ. 7 Centre Pompidou, Παρίσι 1972-1976****Εικ. 8 Centre Pompidou (εσωτερικό)**

Στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα η τεράστια συσσώρευση πληθυσμών στα μεγάλα αστικά κέντρα, η υπέρμετρη αξία της τιμής των οικοπέδων αλλά και η δημιουργία των πρώτων κολοσσιαίων πολυεθνικών εταιριών οδήγησε στην κατασκευή των ουρανοξυστών. Με λίκνο τις Η.Π.Α και πρώτο το Σικάγο, ξεκίνησε η κατασκευή όλο και υψηλότερων κτιρίων η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα με πρωτοπόρους τις χώρες της κεντρικής και ανατολικής Ασίας (Κίνα, Ταϊβάν, Ιαπωνία κλπ.) και των Αραβικών Εμιράτων (Ντουμπάι, Αμπού Ντάμπι).



**Εικ.9 *Empire State Building* N.Y**



**Εικ.10 *Chrysler Building* N.Y**

Χαρακτηριστικά δείγματα αποτελούν το *Empire State Building* (Εικ. 9) και το *Chrysler Building* (Εικ.10) στη Νέα Υόρκη, το *Taipei 101* στην Ταϊβάν (Εικ. 11) και το υψηλότερο κτίριο μέχρι αυτή τη στιγμή *Burj Dubai* (ο Πύργος του Ντουμπάι) το οποίο πριν λίγους μήνες έφτασε το τελικό του ύψος 818 μέτρων (Εικ. 12).

Το *Burj Dubai* αποτελεί τον «βασιλιά» των μεταλλικών κτιρίων και σύμβολο της ανθρώπινης εξέλιξης στον επιστημονικό και οικονομικό τομέα. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν πάνω από 330.000 κυβικά μέτρα σκυροδέματος και 31.400 μετρικοί τόνοι χάλυβα, διαθέτει σύστημα συλλογής βρόχινου νερού που ισούται με 20 ολυμπιακών διαστάσεων πισίνες ετησίως ενώ για τα θεμέλια χρησιμοποιήθηκαν 45.000 κυβικά μέτρα σκυροδέματος.

Ο γερμανός αρχιτέκτονας Μάινχαρντ φον Γκέρκαν χαρακτήρισε τον ουρανοξύστη «ως οικονομικά παράλογο» και ως «σύμβολο γοήτρου που αποτυπώνει τη δύναμη του



χρήματος». Σε δηλώσεις του στο ραδιοσταθμό «Deutschlandradio Kultur» υπέδειξε πως «με τέτοια κτίρια δεν μπορείς να κερδίσεις χρήματα», καθώς κρίνει «ασύμφορο» το κόστος ανέγερσης και συντήρησης ενός τέτοιου κτιρίου. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια άρχισε ο σχεδιασμός όλο και μεγαλύτερων ουρανοξυστών, όπως αναφέρει ο Μάικλ Λίου, εκπρόσωπος της «Taipei Financial Centre Corporation», ιδιοκτήτριας εταιρείας του «Taipei 101».

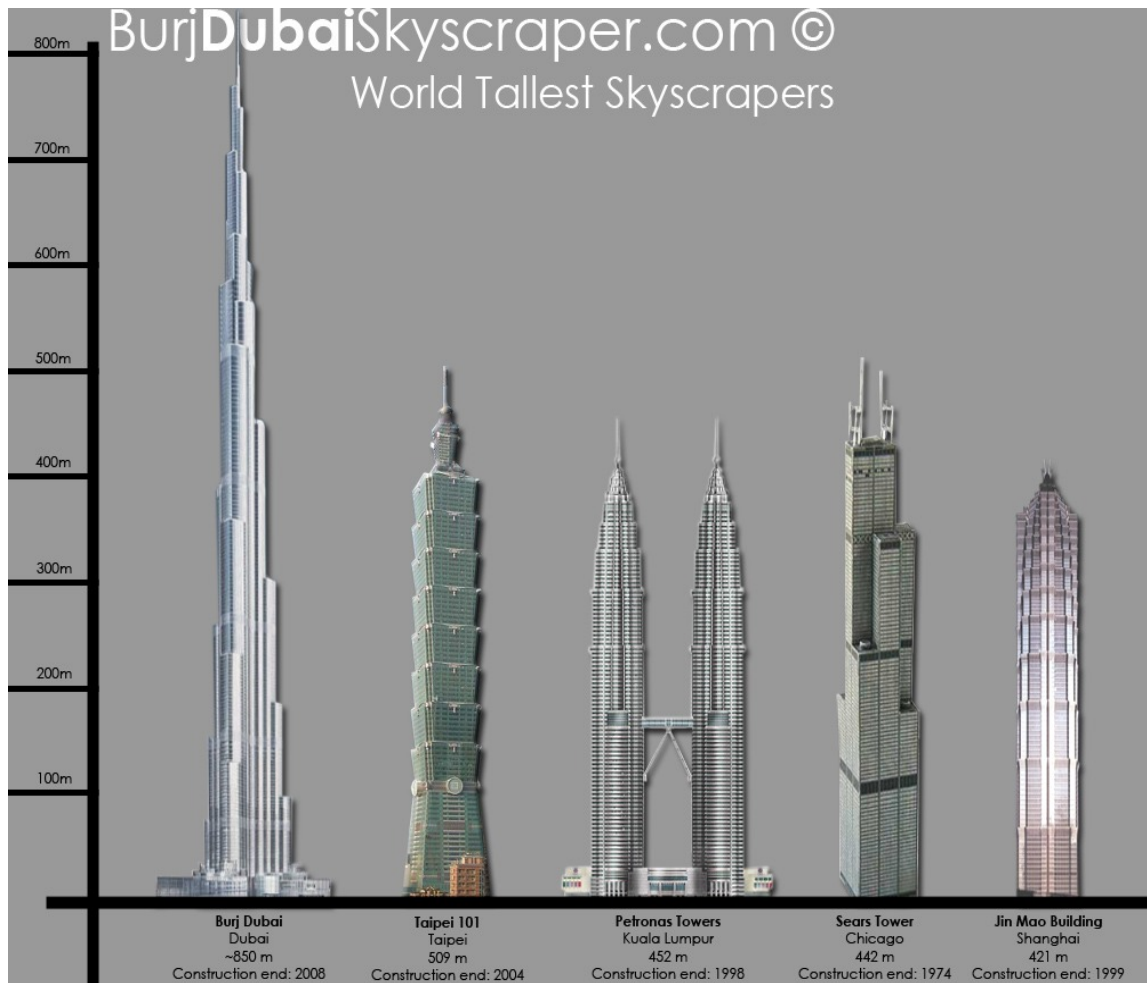


**Εικ.11 Taipei 101, Taiwan**



**Εικ.12 *Burj Dubai***

Τα τελευταία 20 χρόνια, η χρήση των υπολογιστικών προγραμμάτων αλλά και των νέων 3D σχεδιαστικών προγραμμάτων έδωσε επιπλέον δυνατότητες στους πολιτικούς μηχανικούς και αρχιτέκτονες, οι οποίοι δεν σχεδιάζουν πλέον συνήθη ορθογωνικά δοκάρια αλλά οι δοκοί μπορεί να είναι λυγισμένες ή καμπύλες σε μία, δύο ή και τρεις διαστάσεις. Τέλος, η τεράστια γνώση των δυνατοτήτων του χάλυβα και η εξαιρετική ποιότητα παραγωγής του, τον έχουν καταστήσει τόσο σε κυρίαρχο δομικό υλικό αλλά και σε αναπόσπαστο κομμάτι του αντισεισμικού σχεδιασμού των σύγχρονων κτιρίων. Τα σύγχρονα κτίρια δεν διακρίνονται μόνο για το τεράστιο μέγεθος τους αλλά και για την τεράστια αντοχή που διαθέτουν απέναντι σε κάθε είδους φορτίο με κυρίαρχο τον σεισμό. Αποτελούν «επιστημονικές τράπεζες» και επιστέγασμα της διανόησης των σύγχρονων μηχανικών.



**Εικ.13 Τα υψηλότερα κτίρια του πλανήτη**

## 1.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Οι αντοχές του χάλυβα αλλά και η ευκολία στην διαμόρφωση του, έδωσαν το δικαίωμα στους σύγχρονους μηχανικούς να συνδυάσουν την αισθητική με την στατική ευστάθεια και τον αντισεισμικό σχεδιασμό, κατασκευάζοντας αρχιτεκτονικά αριστουργήματα. Στην Ιαπωνία, λόγω της έντονης σεισμικής δραστηριότητας, το 65% των κτιρίων είναι μεταλλικά. Η συμπεριφορά των μεταλλικών κτιρίων απέναντι στον ισχυρότερο αντίπαλο του πολιτικού μηχανικού, τον σεισμό, τα αναδεικνύει σε αξιόπιστες κατασκευαστικές λύσεις.

Οι κυριότεροι λόγοι ανάπτυξης των μεταλλικών κτιρίων διεθνώς είναι:

- Ταχύτητα κατασκευής
- Δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων ανοιγμάτων
- Σχεδιαστική ελευθερία
- Αντοχή στο σεισμό
- Αντοχή στο χρόνο

Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα τα μεταλλικά κτίρια υπερτερούν σε πολλούς τομείς, οι κυριότεροι είναι:

- Ταχύτητα και ακρίβεια κατασκευής: λόγω του μεγάλου βαθμού προκατασκευασμένων μελών πολλές εργασίες μπορούν να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- Μεγάλα ανοίγματα που επιτρέπουν έξυπνη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων
- Μικρές διαστάσεις υποστυλωμάτων που αυξάνουν τον ωφέλιμο χώρο
- Ευελιξία στη διαμόρφωση προσόψεων
- Ευελιξία χρήσης, μετατροπών, προσθηκών και προσαρμογής στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
- Αντισεισμικότητα
- Δυνατότητα ενίσχυσης και επισκευής
- Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης

- Δυνατότητα ανακύκλωσης του χάλυβα

Τέλος να αναφέρουμε ότι τα μεταλλικά κτίρια παρουσιάζουν και αρκετά μειονεκτήματα τα οποία όμως σε καμία περίπτωση σε αντισταθμίζουν τα τόσο σημαντικά οφέλη. Οι κατασκευαστικές ατέλειες των μελών και των συνδέσεων, η ευαισθησία στη διάβρωση και στην πυρκαγιά, η απαίτηση εξειδικευμένου εργατοτεχνικού προσωπικού και το μεγάλο κόστος μελέτης αποτελούν τις βασικές τους αδυναμίες.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΥ

### 2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

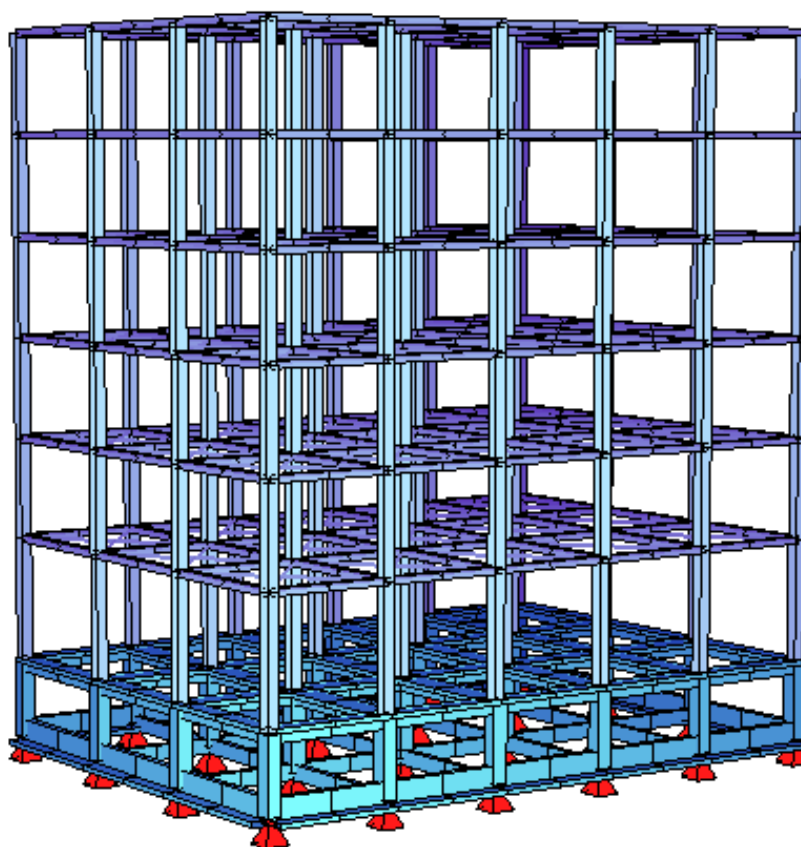
#### 2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει τη μελέτη **τριών πανομοιότυπων, εξαώροφων, μεταλλικών κατασκευών** οι οποίες πρόκειται να στεγάσουν χώρους γραφείων. Τα κτίρια αποτελούνται από έξι ορόφους με μεταλλικό σκελετό και ένα υπόγειο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Η **κάτοψη κάθε ορόφου** και του υπογείου καλύπτει επιφάνεια **450m<sup>2</sup>** ( ) και **συνολικά** κάθε κτίριο στεγάζει επιφάνεια **3,140m<sup>2</sup>** ( ).
- Το **ύψος του υπογείου** είναι **3m**, του **ισογείου 5m** και των **υπόλοιπων ορόφων 4m** έκαστος, δηλαδή **συνολικό ύψος 25m** ανά κτίριο.
- Η **πρόσοψη** κάθε ορόφου **κατά τη διεύθυνση y'y** αποτελείται από **4 υποστυλώματα ανά 6m** και **κατά την διεύθυνση x'x** από **6 υποστυλώματα σε αποστάσεις ανά 5m**.
- Τα τρία κτίρια έχουν σχεδιαστεί με τις **ίδιες φορτίσεις** και με κριτήριο **την βελτιστοποίηση των διατομών ως προς το ίδιο βάρος** της κατασκευής και φυσικά **την επάρκεια των ελέγχων αντοχής σε οριακή κατάσταση αστοχίας, λειτουργικότητας και γωνιακής παραμόρφωσης**.
- Οι περιορισμοί όσον αφορά τον σχεδιασμό ήταν στο **κτίριο Α** να μην χρησιμοποιηθούν κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας, στο **κτίριο Β** να χρησιμοποιηθούν κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας και στις δύο διευθύνσεις (x'x και y'y) και στο **κτίριο Γ** να χρησιμοποιηθούν κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας μόνο κατά τη διεύθυνση x'x.

### 2.1.2 ΚΤΙΡΙΟ Α (ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ)

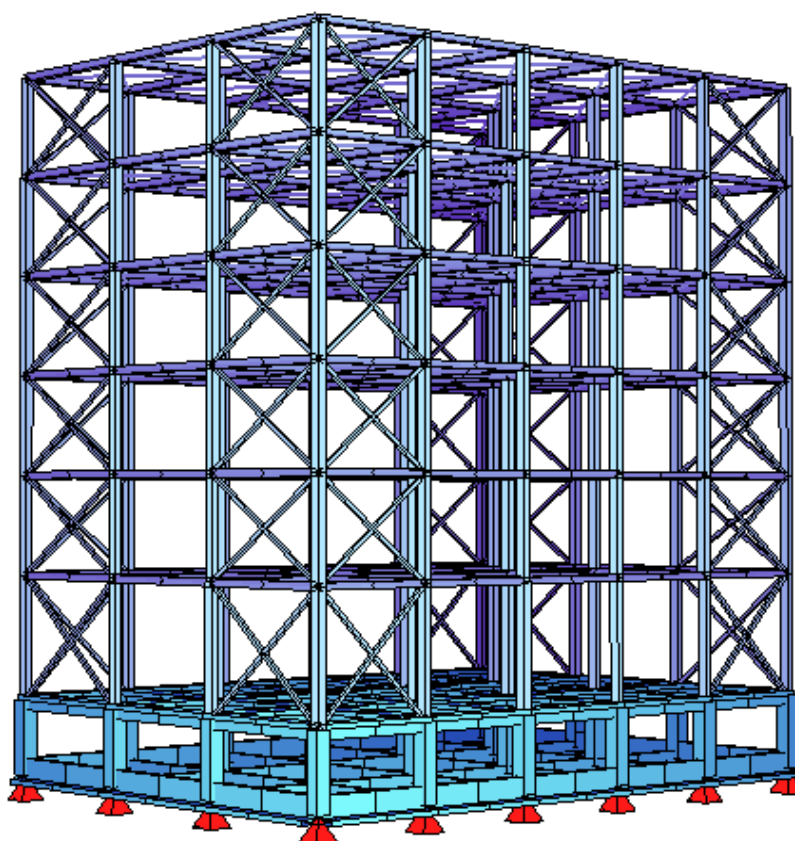
Το κτίριο Α αποτελείται από υποστυλώματα διατομής **2HEB 450**, κύριες δοκούς διατομής **HEB 300** και δευτερεύουσες δοκούς **HEB 280**. Την κατασκευή συμπληρώνουν, οριζόντιοι σύνδεσμοι, διατομής **L90.9**, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στα δάπεδα, καθιστώντας άκαμπτο το δίσκο τους και εξασφαλίζοντας τη διαφραγματική λειτουργία του όλου φορέα. Οι ακριβείς θέσεις των παραπάνω στοιχείων απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 1: προοπτική απεικόνιση του κτιρίου Α

### 2.1.3 ΚΤΙΡΙΟ Β (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ ΚΑΙ Υ'Υ)

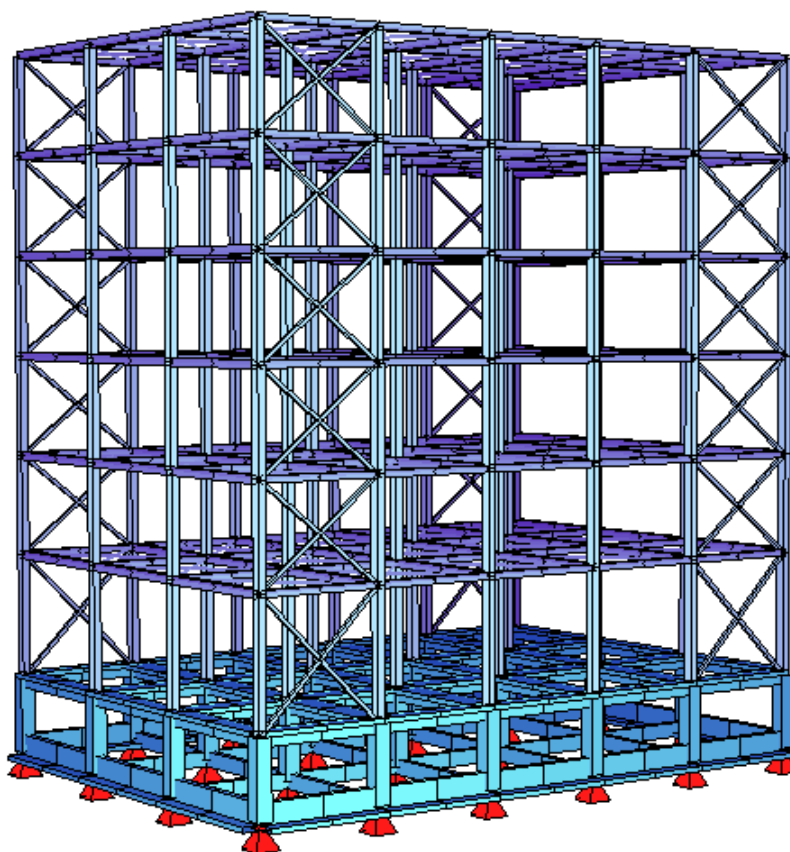
Το κτίριο Β αποτελείται από υποστυλώματα διατομής **HEB 400**, κύριες δοκούς διατομής **HEB 300** και δευτερεύουσες δοκούς **HEB 260**. Στο ισόγειο τοποθετήθηκαν κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας **SH 150 150 12.5** ενώ στους ανώτερους ορόφους **SH 140 140 10**. Οι χιαστί σύνδεσμοι τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένα περιμετρικά πλαίσια κατά  $x'x$  και  $y'y$  διεύθυνση. Την κατασκευή συμπληρώνουν οι οριζόντιοι σύνδεσμοι, διατομής **L90.9**, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στα δάπεδα, καθιστώντας άκαμπτο το δίσκο τους και εξασφαλίζοντας τη διαφραγματική λειτουργία του όλου φορέα. Οι ακριβείς θέσεις των παραπάνω στοιχείων απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 2: προοπτική απεικόνιση του κτιρίου Β

### 2.1.4 ΚΤΙΡΙΟ Γ (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ)

Το κτίριο Γ αποτελείται από υποστυλώματα διατομής **HEB 400**, κύριες δοκούς διατομής **HEB 320** και δευτερεύουσες δοκούς **HEB 260**. Στο ισόγειο τοποθετήθηκαν κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας **SH 150 150 10** ενώ στους ανώτερους ορόφους **SH 140 140 10**. Οι χιαστί σύνδεσμοι τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένα περιμετρικά πλαίσια κατά τη χ'χ διεύθυνση. Την κατασκευή συμπληρώνουν οι οριζόντιοι σύνδεσμοι, διατομής **L90.9**, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στα δάπεδα, καθιστώντας άκαμπτο το δίσκο τους και εξασφαλίζοντας τη διαφραγματική λειτουργία του όλου φορέα. Οι ακριβείς θέσεις των παραπάνω στοιχείων απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3: προοπτική απεικόνιση του κτιρίου Γ

## 2.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Σε όλο το κτιριακό συγκρότημα επιλέχθηκε ως κύριο δομικό υλικό χάλυβας **ποιότητας S235** ( ). Πέραν της μεταλλικής κατασκευής κάθε κτίριο περιλαμβάνει υπόγειο χώρο και θεμελίωση από **οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας C30** ( ). Οι πλάκες των ορόφων θα είναι σύμμικτες αποτελούμενες από **χαλυβδόφυλλα** και **έγχυτο σκυρόδεμα**. Τα χαλυβδόφυλλα λειτουργούν ως μεταλλότυπος κατά τη φάση σκυροδέτησης ενώ στη φάση λειτουργίας συνεργάζονται με το έγχυτο σκληρυνμένο σκυρόδεμα και τα δύο υλικά λειτουργούν ως σύμμικτη πλάκα. Τέλος, θα χρησιμοποιηθεί τραπεζοειδές προφίλ επικάλυψης **KSH 50 t=1mm**.

## 2.3 ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η ανέγερση πρέπει να περιγράφεται αναλυτικά σε όλες τις φάσεις από τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα, σε σχέση και με τα διάφορα αναλυτικά σχέδια. Ο συνδυασμός των απαραίτητων μηχανημάτων στο εργοτάξιο (όπως γερανοί αυτοφερόμενοι ή κυλιόμενοι σε ράγες) με τα απαιτούμενα ικρίωματα, θα πρέπει εξ' αρχής να έχει μελετηθεί ώστε η ανέγερση να γίνεται απρόσκοπτα, ενώ τα κατασκευαστικά σχέδια θα πρέπει να δίνουν στον κατασκευαστή πλήρεις πληροφορίες των προδιαγραφών για συνήθεις συνδέσεις, ελέγχους ποιότητας κ.λ.π.

Στα σχέδια συναρμολόγησης περιλαμβάνονται:

- Κατόψεις όπου παρουσιάζεται ο κάναβος εγκατάστασης των βάσεων και του μεταλλικού φορέα.
- Τομές στις οποίες παρουσιάζονται οι στάθμες της θεμελίωσης, των βάσεων και των σταθμών των δαπέδων.
- Λεπτομέρειες τυχόν προσωρινών κατασκευών σταθεροποίησης, τις απαιτήσεις των αρμών, άλλων διακένων κ.λ.π.
- Οι προς ανύψωση προσυναρμολογημένες ενότητες βάρους μεγαλύτερου των 5t.

Ο μελετητής ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις είναι ο επιβλέπων, πρέπει να ελέγχει την πιστή εφαρμογή αυτών που περιγράφονται στα σχέδια, την εφαρμογή του προγράμματος ανέγερσης και την επάρκεια του κατασκευαστή σε προσωπικό και μηχανήματα. Πρόκειται δηλαδή για μια διαδικασία που απαιτεί μελέτη και έμπειρο

εργατικό δυναμικό. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση, διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος της κατασκευής, τις επιτόπου συνθήκες, τη δυνατότητα ανεφοδιασμού, την προτίμηση του κατασκευαστή κ.λ.π.

Στις κατασκευές που μελετάμε προτείνεται η ανέγερση με τη βοήθεια γερανών, που κινούνται σε όλο το μήκος του εκάστοτε κτιρίου, ανυψώνοντας ένα-ένα τα τεμάχια ή και ομάδα συνδεδεμένων τεμαχίων, τα οποία θα συνδέονται στην τελική τους θέση. Παράλληλα θα ανυψώνονται και θα συνδέονται και οι σύνδεσμοι, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια της κατασκευής στο χώρο. Αρχικά θα πραγματοποιηθεί η ανέγερση των υποστυλωμάτων και στη συνέχεια των δοκών.



## 2.4 ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

### 2.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Η εκτίμηση των φορτίων και δυνάμεων που καταπονούν την κατασκευή δεν είναι πάντα δυνατή με ακρίβεια. Η κατανομή μιας φόρτισης καθορίζεται συνήθως με παραδοχές και προσεγγίσεις, ακόμα κι αν η φόρτιση είναι γνωστή. Τα φορτία που δρουν στην κατασκευή διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Τα **Μόνιμα Φορτία (Dead Loads)**
- Τα **Κινητά Φορτία (Live Loads)**
- Τα **Τυχηματικά Φορτία (Accidental Loads)**, τα οποία δεν αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης στην συγκεκριμένη εργασία.

Τα παραπάνω μπορούν να δρουν σε συνδυασμό, οι συνδυασμοί αυτοί των φορτίσεων και η ακριβής τιμή τους σε αυτές λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό με την μέθοδο των οριακών καταστάσεων.

### 2.4.2 ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ

Το Μόνιμο ή Νεκρό φορτίο είναι ένα φορτίο σταθερής διεύθυνσης, γιατί ενεργεί συνεχώς επί της κατασκευής με κατεύθυνση το κέντρο της γης, δηλαδή είναι στατικό φορτίο. Στα μόνιμα φορτία περιλαμβάνεται το σύνολο του ίδιου βάρους της κατασκευής και των λοιπών φερόμενων στοιχείων επ' αυτής κατά τη διάρκεια της ζωής της (π.χ. μονώσεις, επιστρώσεις, τοίχοι). Στην ανάλυση εκτιμήθηκε μόνιμο φορτίο κατασκευής **300** βάση των διατομών και των διαστάσεων της κατασκευής.

### 2.4.3 ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα Κινητά ή Μεταβλητά φορτία είναι φορτία βαρύτητας ή πλευρικά φορτία που δρουν, όταν η κατασκευή βρίσκεται πλέον σε λειτουργία, και μεταβάλλονται ως προς τη θέση και το μέγεθός τους. Αυτά μπορεί να έχουν μόνιμο ή και παροδικό χαρακτήρα. Στα κτίρια τα φορτία αυτά λαμβάνονται ως ομοιόμορφα κατανεμημένα. Στα κινητά φορτία βαρύτητας περιλαμβάνονται άτομα, έπιπλα, αποθηκευμένα αντικείμενα, φορτία χιονιού κ.λ.π. Τα κινητά φορτία, αν και -τουλάχιστον θεωρητικά- είναι δυναμικά, λαμβάνονται ως στατικά κατά την ανάλυση των φορέων, εκτός αν συντρέχει ειδικός λόγος που επιβάλλει να ληφθεί υπόψη η δυναμική επιρροή αυτών (π.χ. λόγω λειτουργίας μηχανών ή

ταλάντωσης γεφυρών συνεπεία ταχείας διελεύσεως οχημάτων). Στη γενική περίπτωση το βάρος και η θέση τους, προσδιορίζονται στατιστικά, οι δε τιμές εφαρμογής τους (χαρακτηριστικές τιμές) δίνονται από τους κανονισμούς.

Οι χώροι σε κατοικίες, σε δημόσια, εμπορικά και διοικητικά κτίρια διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Τα επιβαλλόμενα φορτία ανά κατηγορία χρήσης φαίνονταν στον Πίνακα 2, όπως προτείνεται στο **Εθνικό Προσάρτημα του EN1991-1-1**. Το συγκεντρωμένο φορτίο  $Q_k$  που αναφέρεται στον πίνακα 2 πρέπει να λαμβάνεται υπόψη θεωρούμενο ότι δρα μόνο του σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου (δάπεδο, μπαλκόνι, σκάλες κ.λ.π), για τοπικούς ελέγχους.

Επειδή η πιθανότητα ταυτόχρονης φόρτισης όλου του φορέα με τα κινητά φορτία είναι σχετικά μικρή, οι κανονισμοί προβλέπουν κάποια ποσοστά απομείωσης των τιμών  $q_k$  που περιέχονται στον Πίνακα 2, καθώς και των συνολικών επιβαλλόμενων φορτίων σε υποστυλώματα και τοίχους, που προέρχονται από διάφορους ορόφους (**EN1991-1-1**, Παρ.6.3.1.2). Στην ανάλυση εκτιμήθηκαν κινητά φορτία κατασκευής **500** για ολόκληρη την κατασκευή.

- Πίνακες από το **Εθνικό Προσάρτημα του EN1991-1-1**

<b>Πίνακας 1.2 Κατηγορίες χρήσης</b>		
<b>Κατηγορία</b>	<b>Συγκεκριμένη χρήση</b>	<b>Παράδειγμα</b>
A	Χώροι για οικιακές δραστηριότητες	Δωμάτια σε κτίρια κατοικιών και στίπια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροιστούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A, B, και D)	C1: Χώροι με τραπέζια κλπ, π. χ. σχολικοί χώροι, καφενεία, εσπιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνώστηρια, χώροι υποδοχής.
		C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.
		C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακοί χώροι κλπ., και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτίρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαύλια σιδηροδρομικών σταθμών.
		C4: Χώροι για πιθανές κινητικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές.
		C5: Χώροι προοριζόμενοι για μεγάλα πλήθη, π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξέδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες σιδηροδρόμων.
D	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης, γενικά.
		D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα

### Πίνακας 1: Κατηγορίες χρήσης

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Κατηγορία A και Κατηγορία B</b>		
Δάπεδα	2,0	2,0
Σκάλες	3,5	2,0
Εξώστες	5,0	3,0
<b>Κατηγορία C</b>		
C1	3,0	3,0
C2	5,0	4,0
C3	5,0	4,0
C4	5,0	4,0
C5	7,5	4,5
<b>Κατηγορία D</b>		
D1	5,0	4,0
D2	5,0	4,0

**Πίνακας 2: Επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα εξώστες και σκάλες κτιρίων, σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα του EN 1991**

### 2.4.3.1 ΦΟΡΤΙΟ ΧΙΟΝΙΟΥ

Το Φορτίο Χιονιού είναι το κινητό φορτίο βαρύτητας με το οποίο υπολογίζονται οι επίπεδες και οι κεκλιμένες στέγες. Η τιμή του κινητού φορτίου λόγω χιονιού εξαρτάται από την κλίση της στέγης, την τοποθεσία αλλά και τον προσανατολισμό της κατασκευής ως προς την κύρια διεύθυνση που πνέουν οι άνεμοι. Στην ανάλυση εκτιμήθηκε ότι η οροφή καταπονείται από φορτία χιονιού **62,5**.

## 2.4.4 ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

### 2.4.4.1 ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΗ

Τα φορτία ανέμου κατατάσσονται στις μεταβλητές ελεύθερες δράσεις και παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στις κατασκευές από χάλυβα αφού σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν την βασική φόρτιση.

Η πλέον σημαντική παράμετρος για τον προσδιορισμό των δράσεων λόγω ανέμου επί της κατασκευής είναι η ταχύτητα του ανέμου η οποία επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων όπως: η γεωγραφική θέση, η φυσική θέση (π. χ. κοντά σε ακτές, αγροτικές εκτάσεις, κέντρα πόλεων κλπ.), η τοπογραφία (τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της

τοποθεσίας σε σχέση με λόφους ή και τους γκρεμούς), οι διαστάσεις του κτιρίου (κυρίως το ύψος), η μέση ταχύτητα του ανέμου, το σχήμα της κατασκευής, η κλίση της στέγης, η διεύθυνση του ανέμου.

Η κατασκευή μας εκτιμήθηκε ότι καταπονείται από φορτία ανέμου **0.8kN/m<sup>2</sup>** ενώ οι **υποπιέσεις** που αναπτύσσονται στα **κατόντη** της κατασκευής είναι **0.5kN/m<sup>2</sup>**.

#### 2.4.4.2 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Σεισμικές δράσεις είναι οι δράσεις που καταπονούν μια κατασκευή κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η ιδιαιτερότητά τους οφείλεται στο γεγονός, ότι δεν προκύπτουν από εξωτερικά επιβαλλόμενα φορτία, αλλά από τις παραμορφώσεις που εισάγονται στην κατασκευή εξαιτίας των ταλαντώσεων του εδάφους, που προκαλεί ο σεισμός. Είναι λοιπόν αδρανειακές δυνάμεις που προέρχονται από την αντίσταση της μάζας της κατασκευής στην μεταδιδόμενη σε αυτήν κίνηση από το έδαφος. Κατά συνέπεια, οι σεισμικές δράσεις εξαρτώνται από την φύση της σεισμικής κίνησης του εδάφους (καθοριζόμενη από την επιτάχυνση, ταχύτητα, χρονική διάρκεια και διεύθυνση) και την συμπεριφορά της κατασκευής (καθοριζόμενη από την ακαμψία, κατανομή της μάζας, απόσβεση, ιδιότητες του υλικού κλπ.).

Οι ταλαντώσεις του εδάφους λόγω του σεισμού ονομάζονται σεισμικές διεγέρσεις ή σεισμικές δονήσεις και αποτελούνται από δύο οριζόντιες κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες (με τυχαίο προσανατολισμό) και μία κατακόρυφη συνιστώσα. Από αυτές οι οριζόντιες θεωρούνται οι πιο σημαντικές χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι κατακόρυφες δεν μπορεί να αποβούν καταστροφικές υπό ορισμένες συνθήκες.

Η χώρα μας βρίσκεται σε μία εξαιρετικά σεισμογενή περιοχή και ως εκ τούτου οι σεισμικές δράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των κατασκευών. Ο υπολογισμός των σεισμικών δράσεων στην κατασκευή μας έγινε σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ. 2000). Ο Ε.Α.Κ καλύπτει τα λεγόμενα έργα «κανονικού κινδύνου» (δηλ. έργα των οποίων η ενδεχόμενη βλάβη περιορίζεται στο ίδιο το έργο, στο περιεχόμενό του και στη γειτονιά του) και περιέχει τις βασικές απαιτήσεις, τα κριτήρια σχεδιασμού, το μέγεθος των σεισμικών δράσεων και τους κανόνες συνδυασμού με άλλες δράσεις.

Η ένταση των εδαφικών σεισμικών διεγέρσεων, καθορίζεται συμβατικά από μία μόνο παράμετρο, την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού  $A$ , ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας στην οποία βρίσκεται το έργο. Η Ελλάδα υποδιαιρείται σε Τρεις Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας (I έως III), τα όρια των οποίων καθορίζονται από τον Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (βλ. Ε.Α.Κ. 2000). Σε κάθε ζώνη αντιστοιχεί μία τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους  $A$ , η οποία σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα έχει πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια (δηλ. περίοδος επαναφοράς 475 χρόνια), με βάση τη σχέση:

Όπου:

$g$ =είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\alpha=0.16$  για Ζώνη I

$\alpha=0.24$  για Ζώνη II

$\alpha=0.36$  για Ζώνη III

- Για τα κτίρια επιλέξαμε συντελεστή επιτάχυνσης  $\alpha=0.16$  θεωρώντας ότι βρίσκονται **στη Ζώνη I**.

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής προβλέπεται από τον Ε.Α.Κ 2000 η εφαρμογή των μεθόδων:

- **Δυναμική Φασματική Μέθοδος:** Η δυναμική φασματική μέθοδος περιλαμβάνει πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος και υπολογισμό της μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης.
- **Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος:** Η απλοποιημένη φασματική μέθοδος δεν απαιτεί ιδιομορφική ανάλυση, προκύπτει από τη δυναμική φασματική μέθοδο με προσεγγιστική θεώρηση μόνο της θεμελιώδους ιδιομορφής ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση υπολογισμού (μόνο - ιδιομορφική μέθοδος), η οποία όμως ενισχύεται κατάλληλα ώστε τα προκύπτοντα αποτελέσματα να βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.
- Για την μελέτη των κτιρίων έναντι σεισμού επιλέξαμε την **Δυναμική Φασματική Μέθοδο**. Η διαδικασία ανάλυσης θα περιγραφεί σε επόμενη ενότητα του κεφαλαίου.

Τόσο επιστημονικές αναφορές αλλά και παλαιότερες διπλωματικές εργασίες αποδεικνύουν ότι στα πολώροφα μεταλλικά κτίρια η χρήση της **Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου** αποτελεί μία πιο ακριβή και ρεαλιστική ανάλυση του φαινομένου και των τελικών αποτελεσμάτων. Οι προκύπτουσες διαφορές των αναπτυσσόμενων δυνάμεων μεταξύ των δύο μεθόδων, οφείλονται στην πλαστική συμπεριφορά της κατασκευής. Βασική προϋπόθεση για τα παραπάνω είναι η κατασκευή να διαθέτει ιδιαίτερη πλαστιμότητα.

Στη **δυναμική ανάλυση** έχουμε επαλληλία των ιδιομορφών σε αντίθεση με την **ισοδύναμη στατική ανάλυση** όπου η επίλυση πραγματοποιείται μόνο με τη θεμελιώδη ιδιομορφή. Η καλύτερη δυνατή επιστημονική προσέγγιση του φαινομένου του σεισμού και των δράσεων αυτού επί των κατασκευών, είναι η θεώρηση των τελευταίων ως συνεχή συστήματα και η μελέτη τους μέσω δυναμικής ανάλυσης, η οποία θα λαμβάνει υπόψη της, τις ελαστοπλαστικές ιδιότητες του υλικού, όπου και όταν αυτές εμφανίζονται. Πρόκειται δηλαδή, για **Δυναμική Ανάλυση των Συνεχών Συστημάτων**, με θεώρηση

ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς του υλικού, η οποία περιγράφει το φαινόμενο του σεισμού και την απόκριση των κατασκευών όπως συμβαίνει στην πράξη. Η μέθοδος αυτή δίνει τα πιο ακριβή αποτελέσματα, είναι όμως εξαιρετικά επίπονη και χρονοβόρα.

Για την ισοδύναμη γραμμική ανάλυση των κατασκευών στην μετελαστική περιοχή συμπεριφοράς της κατασκευής χρησιμοποιούνται τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών επιτάχυνσης του σεισμού του Ε.Α.Κ.2000 τα οποία προκύπτουν από τις ακόλουθες εξισώσεις.

Περιοχή Περιόδων	Εξίσωση
$0 \leq T < T_1$ :	$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$ ..... (2.1.α)
$T_1 \leq T \leq T_2$ :	$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$ ..... (2.1.β)
$T_2 < T$ :	$\Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$ ..... (2.1.γ)

Όπου:

<b>A = a · g</b>	η μέγιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση του εδάφους
<b>g</b>	επιτάχυνση της βαρύτητας
<b>γ<sub>1</sub></b>	συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου
<b>q</b>	συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής
<b>η</b>	διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό απόσβεσης ≠ 5%
<b>θ</b>	συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης
<b>T<sub>1</sub> και T<sub>2</sub></b>	χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος
<b>β<sub>0</sub> = 2.5</b>	συντελεστής φασματικής ενίσχυσης

Το σχήμα του φάσματος καθορίζεται από τον συντελεστή φασματικής ενίσχυσης και από τις χαρακτηριστικές περιόδους οι οποίες καθορίζονται από την κατηγορία του εδάφους στο οποίο βρίσκεται η κατασκευή σύμφωνα με τους πίνακες 3 και 4.



<b>Κατηγορία εδάφους</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>
<b><math>T_1</math></b>	0.10	0.15	0.20	0.20
<b><math>T_2</math></b>	0.40	0.60	0.80	1.20

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσασθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

**Πίνακας 4: Κατηγορίες εδάφους**

- Η κατασκευή μας θεμελιώνεται σε **έδαφος κατηγορίας B** συνεπώς οι αντίστοιχες τιμές των χαρακτηριστικών περιόδων θα είναι:  $T_1=0.15 \text{ sec}$  και  $T_2=0.60 \text{ sec}$ .

**Συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_I$**  : Περαιτέρω κλιμάκωση της εδαφικής επιτάχυνσης εντός της ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας εισάγεται ανάλογα με τον συντελεστή σπουδαιότητας ο οποίος **εκφράζει την αύξηση ή την μείωση της περιόδου επαναφοράς** της ισχυρής σεισμικής δόνησης για μεγαλύτερης ή μικρότερης σπουδαιότητας κτίρια.

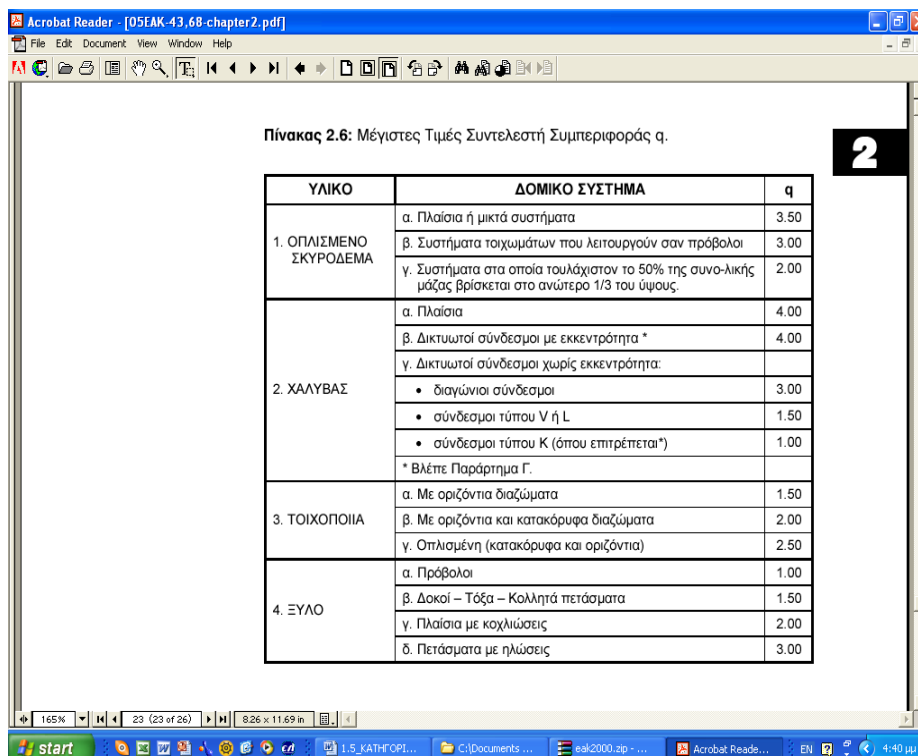
Τα κτίρια κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες σπουδαιότητας ανάλογα με τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειές που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή ή διακοπή της λειτουργίας τους. Σε κάθε κατηγορία σπουδαιότητας αντιστοιχεί μία τιμή του συντελεστή σπουδαιότητας  $\gamma_1$  σύμφωνα με τον πίνακα 5.

Κατηγορία Σπουδαιότητας		$\gamma_i$
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικόματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αιθουσές αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1.30

**Πίνακας 5: Κατηγορίες σπουδαιότητας**

- Επιλέχθηκε  $\gamma_i = 1.00$  που αντιστοιχεί σε κτίρια **σπουδαιότητας Σ2**.

**Συντελεστής συμπεριφοράς  $q$**  : Εισάγει την μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε ελαστικό σύστημα, εκφράζει δε γενικά την ικανότητα της κατασκευής να απορροφά και διαχέει ενέργεια μέσω πλάστιμης συμπεριφοράς ορισμένων μελών της, χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή της. Ο συντελεστής συμπεριφοράς εξαρτάται από την διαθέσιμη πλαστικότητα, την υπερστατικότητα, την υστερητική απόσβεση και άλλους παράγοντες. Η τιμή του  $q$  ορίζεται για όλο το κτίριο. Στον πίνακα 6 φαίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$ , ανάλογα με το υλικό και το δομικό σύστημα σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ.2000.



**Πίνακας 2.6:** Μέγιστες Τιμές Συντελεστή Συμπεριφοράς  $q$ .

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	$q$
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3.50
	β. Συστήματα τοιχομάτων που λειτουργούν σαν πρόβολοι	3.00
	γ. Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους	2.00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα *	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:	
	• διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	• σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
• σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται*)	1.00	
	* Βλέπε Παράρτημα Γ.	
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1.50
	β. Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2.00
	γ. Οπλισμένα (κατακόρυφα και οριζόντια)	2.50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1.00
	β. Δοκοί – Τόξα – Κολητά πετάσματα	1.50
	γ. Πλαίσια με κοχλιώσεις	2.00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3.00

**Πίνακας 6:** Μέγιστες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, για χαλύβδινες κατασκευές με διαγώνιους συνδέσμους με εκκεντρότητα η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς είναι  $q = 4.00$ , ενώ η αντίστοιχη τιμή για κατασκευές από το ίδιο υλικό με διαγώνιους δικτυωτούς συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα είναι  $q = 3$  (**ελαστοπλαστική συμπεριφορά**). Στα τρία κτίρια δεν χρησιμοποιήθηκαν οι μέγιστες αυτές τιμές αλλά ταυτόχρονα για μείωση του κόστους θέλαμε να αποφύγουμε την πλήρως ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής δηλαδή για  $q=1.00$ . Σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000, §4.1.4[5], σε δομήματα από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα, χάλυβα ή τοιχοποιία, οι έλεγχοι για την εξασφάλιση αξιόπιστου ελαστοπλαστικού μηχανισμού και οι έλεγχοι του ικανοτικού σχεδιασμού, δεν απαιτούνται όταν χρησιμοποιείται συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  που δεν υπερβαίνει την μικρότερη από τις τιμές 1,5 ή  $q/2$ .

- Συνεπώς για τους παραπάνω λόγους επιλέξαμε **συντελεστή συμπεριφοράς**

**q = 1.50**

**Διορθωτικός συντελεστής  $n$ :** εκφράζει την αυξομείωση της επιρροής της ιξώδους απόσβεσης στην ελαστική περιοχή της συμπεριφοράς, όταν το ποσοστό της κρίσιμης απόσβεσης  $\zeta$  είναι διάφορο του 5% και υπολογίζεται από την σχέση:

Οι τιμές της κρίσιμης απόσβεσης  $\zeta$  εξαρτώνται από το είδος της κατασκευής όπως φαίνεται στον πίνακα 7.

Είδος Κατασκευής		$\zeta\%$
Μεταλλική:	με συγκολλήσεις	2
	με κοχλιώσεις	4
Σκυρόδεμα:	όπλο	3
	οπλισμένο	5
	προεντεταμένο	4
Τοιχοποιία:	οπλισμένη	6
	διαζωματική	5
Ξύλινη:	κολλητή	4
	κοχλιωτή	4
	ηλωτή	5

**Πίνακας 7: Συντελεστής απόσβεσης**

- Συνεπώς για **κοχλιωτή μεταλλική κατασκευή** είναι  $\zeta = 4\%$  και κατά συνέπεια θα έχουμε:

**Συντελεστής θεμελίωσης  $\theta$ :** Εξαρτάται από το βάθος και την δυσκαμψία της θεμελίωσης, εκφράζει δε την ευνοϊκή επιρροή της δύσκαμπτης θεμελίωσης. Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας τα εδάφη κατατάσσονται σε 5 κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ, Χ που περιγράφονται στον Ε.Α.Κ.2000.

Σε εδάφη κατηγορίας Α και Β ο συντελεστής  $\theta$  λαμβάνει την τιμή 1.0 . Σε εδάφη κατηγορίας Γ ή Δ ο συντελεστής  $\theta$  επιτρέπεται να λαμβάνει μικρότερες τιμές, όταν συντρέχει τουλάχιστον μία από τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στον πίνακα 8 και εφόσον η προκύπτουσα φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού δεν είναι μικρότερη από εκείνη που θα προέκυπτε για έδαφος κατηγορίας Β.



Συντελεστής θεμελίωσης $\theta$		
Προϋποθέσεις		
<b>1α</b>	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0.9
.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	0
<b>1β.</b>	Η θεμελίωση του κτιρίου με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην	
<b>1γ.</b>	κεφαλή	
<b>2α</b>	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0.8
.	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική	0
<b>2β.</b>	κοιτόστρωση	
	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο	
<b>2γ.</b>	κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	

**Πίνακας 8: Συντελεστής θεμελίωσης  $\theta$**

- Επιλέχθηκε συντελεστής θεμελίωσης  $\theta = 1.00$
- Λαμβάνοντας τα παραπάνω δεδομένα κατασκευάστηκε το φάσμα σχεδιασμού των τριών κτιρίων:

### Σχήμα 1



T=	$\Phi d(T)/A=$
0	1
0.025	1.133333333
0.05	1.266666667
0.075	1.4
0.1	1.533333333
0.125	1.666666667
0.15	1.8

T=	$\Phi d(T)/A=$
0.15	1.8
0.2	1.8
0.25	1.8
0.3	1.8
0.35	1.8
0.4	1.8
0.45	1.8
0.5	1.8
0.55	1.8
0.6	1.8

T=	$\Phi d(T)/A=$
0.6	1.8
0.7	1.624206754
0.8	1.485867262
0.9	1.373657091
1	1.28048159
1.1	1.201650621
1.2	1.133928945
1.3	1.075006534
1.4	1.023186139
1.5	0.977190342
1.6	0.93603772
1.7	0.898960738
1.8	0.865349742
1.9	0.834713821
2	0.806652854
2.1	0.780837164
2.2	0.756992456
2.3	0.734888494
2.4	0.714330473
2.5	0.695152357
2.6	0.67721168
2.7	0.66038545
2.8	0.644566877
2.9	0.629662757

Οι παραπάνω παράμετροι εισήχθησαν στο πρόγραμμα **SOFISTIK** το οποίο προσαρμόζεται στον **E.A.K 2000**. Μέσω τις υπορουτίνας **DYNA** δημιουργήθηκαν οι φορτίσεις και υπολογίστηκαν τα εντατικά μεγέθη λόγω σεισμού. Αναλυτικότερη περιγραφή της υπολογιστικής διαδικασίας θα ακολουθήσει παρακάτω.

## 2.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

### 2.5.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΜΑΖΩΝ

#### 2.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στις κατασκευές του Πολιτικού Μηχανικού η μάζα, ενώ είναι κατανεμημένη σε όλα τα μέλη, συχνά εμφανίζει συγκεντρώσεις σε ορισμένα σημεία ή περιοχές. Στα κτίρια π.χ. η μάζα συγκεντρώνεται στις στάθμες των ορόφων, υιοθετείται δηλαδή η παραδοχή συγκεντρωμένων μαζών στα άκρα των δοκών και των υποστυλωμάτων. Αυτό επιτρέπει να περιγράψουμε την κίνηση ενός απειροβάθμιου συστήματος μετατρέποντας το σε πολυβάθμιο λαμβάνοντας ως συντεταγμένες της παραμόρφωσης τις συνιστώσες μετατόπισης των σημείων της κατασκευής που παρουσιάζουν συγκέντρωση των αδρανειακών χαρακτηριστικών τους (μαζών και ροπών αδρανείας). Στην γενική περίπτωση λαμβάνονται υπόψη 6 βαθμοί ελευθερίας ανά μάζα (3μετακινήσεις και 3 στροφές).

Έστω ένα πολυώροφο κτίριο το οποίο αποτελείται από  $n$  οριζόντιες αλληπάλληλες πλάκες που συνδέονται μεταξύ τους με  $K$  κατακόρυφα ελαστικά στοιχεία. Η παραμόρφωση των πλακών στο επίπεδό τους είναι πολύ μικρή και μπορεί να αμεληθεί. Έτσι η λειτουργία των πλακών κατά την οριζόντια κίνηση μπορεί να προσομοιωθεί με αυτή του επίπεδου στερεού σώματος και αναφέρεται ως διαφραγματική λειτουργία των πλακών. Συνέπεια τούτου είναι η δέσμευση των οριζόντιων μετατοπίσεων και των στροφών των άκρων των κατακόρυφων στοιχείων που ακολουθούν αυτές του διαφράγματος. Εφόσον το ύψος του κτιρίου είναι μικρό σε σχέση με τις άλλες του διαστάσεις, μπορούν να αμεληθούν οι αξονικές παραμορφώσεις των στύλων. Έτσι οι ενεργοί βαθμοί ελευθερίας είναι 3 για κάθε όροφο, 2 μεταφορικοί και 1 ένας στροφικός. Επομένως για ένα κτίριο με  $n$  ορόφους διατυπώνεται η εξίσωση κίνησης με  $3n$  βαθμούς ελευθερίας κίνησης.

Στην πραγματικότητα έχουμε περισσότερες από μία μάζες στη στάθμη των ορόφων, επειδή αντιστοιχούμε κάθε κόμβο του μοντέλου μας (στον χώρο) με την μάζα που του αντιστοιχεί. Έτσι ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ορόφων, και εξαρτάται από τον αριθμό των κόμβων του μοντέλου. Η διαφραγματική λειτουργία ορόφου εξασφαλίζεται με πλασματικά χιαστί σε όλα τα φαντώματα του δαπέδου.



### 2.5.1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΟΜΒΙΩΝ ΜΑΖΩΝ

Μέσω του **SOFISTIK** δίνεται η δυνατότητα προσομοίωσης των μαζών των κτιρίων. Η υπορουτίνα **ASE** υπολογίζει αυτόματα τις μάζες που αντιστοιχούν σε κάθε κόμβο μέσω μιας βοηθητικής φόρτισης ( **LC899** ) η οποία περιέχει το σύνολο των φορτίων από τα οποία προκύπτουν οι μάζες για την δυναμική ανάλυση.

Συνδυάζοντας τις φορτίσεις **LC1** και **LC2**, που αντιστοιχούν στα μόνιμα φορτία (ίδιο βάρος και επικαλύψεις) και στα κινητά φορτία της κατασκευής, με συντελεστές συμμετοχής **1.00** και **0.30** αντίστοιχα δημιουργείται μια νέα φόρτιση **LC899** η οποία αποτελεί την προσομοιωμένη πλέον μάζα στους αντίστοιχους κόμβους. Τα δεδομένα της φόρτισης **LC899** μεταφέρονται στην υπορουτίνα **DYNA**, μέσω της εντολής **MASS**, μέσω της οποίας θα υπολογιστούν τα εντατικά μεγέθη λόγω σεισμού.

### 2.5.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η δυναμική φασματική μέθοδος εφαρμόζεται χωρίς περιορισμούς σε όλες τις περιπτώσεις κατασκευών που καλύπτει ο ΕΑΚ2000. Βασίζεται στην πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος και δίνει την δυνατότητα υπολογισμού της μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης. Με τη μέθοδο αυτή, υπολογίζονται οι πιθανές ακραίες τιμές τυχόντος μεγέθους απόκρισης με τετραγωνική επαλληλία των ιδιομορφικών τιμών του υπόψη μεγέθους. Κατά την εφαρμογή της αρκεί η θεώρηση ενός μόνο προσανατολισμού των δύο οριζόντιων (και κάθετων μεταξύ τους) συνιστωσών του σεισμού. Για  $q=1$  χρησιμοποιείται το ελαστικό φάσμα  $\Phi_e(T)$  (με εισαγωγή της κατάλληλης τιμής του συντελεστή θεμελίωσης  $\theta$ ), ενώ για  $q>1$  χρησιμοποιείται το φάσμα σχεδιασμού  $\Phi_d(T)$  (όπως στην περίπτωση που εξετάζουμε, όπου  $q=1.5$ ).

Η υπορουτίνα **DYNA** του **SOFISTIK** είναι αυτή με την οποία πραγματοποιείται η δυναμική ανάλυση του κτιρίου. Το πρόγραμμα προσφέρει πολλές δυνατότητες παραμετροποίησης και διεκπεραιώνει δυναμική ανάλυση με φάσμα ή με χρονοϊστορίες.

Στη δυναμική ανάλυση προσδιορίστηκαν οι ιδιομορφές του κτιρίου με βάση την αύξουσα σειρά της ιδιοσυχνότητας. Οι ιδιομορφές είναι ανεξάρτητες της φόρτισης και εξαρτώνται μόνο από το **μητρώο μάζας [M]** και το **μητρώο ακαμψίας** της κατασκευής **[K]**. Για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης θα λαμβάνεται υποχρεωτικά υπόψη ένας αριθμός ιδιομορφών, έως ότου το άθροισμα των **δρωσών ιδιομορφικών μαζών ΣΜ<sub>i</sub>** φθάσει στο **90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας M** του συστήματος (ΕΑΚ2000).

Συνολική ταλαντούμενη μάζα είναι η μάζα άνωθεν της διεπιφάνειας κατασκευής-εδάφους, η οποία υφίσταται ελεύθερη μετατόπιση κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού. Σε κτίρια με υπόγειο η παραπάνω διεπιφάνεια λαμβάνεται στην οροφή του υπογείου.

**Δρώσα ιδιομορφική μάζα** είναι το μέρος της συνολικής ταλαντούμενης μάζας που ενεργοποιείται για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης. Οι ιδιομορφές με ιδιοπερίοδο  $T$  sec λαμβάνονται πάντοτε υπόψη. Ο αριθμός των απαιτούμενων ιδιομορφικών μαζών προσδιορίστηκε κάνοντας επάλληλες δοκιμές και αυξάνοντας κάθε φορά τον αριθμό των απαιτούμενων ιδιομορφών και εκτελώντας το **DYNA**. Μετά από δοκιμές καταλήξαμε στον απαιτούμενο **αριθμό ιδιομορφών** για τον οποίο το ποσοστό των ιδιομορφικών μαζών ήταν πάνω από το **90% των δρῶσών ιδιομορφικών μαζών** όπως φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν.

Ο υπολογισμός των δρῶσών μαζών κάθε ιδιομορφής γίνεται απευθείας από το **SOFISTIK**. Η εύρεση του ποσοστού συμμετοχής κάθε ιδιομορφής επί της συνολικής δρῶσας μάζας γίνεται μέσω των συντελεστών συμμετοχής **R\*V\*FACTOR**. Το άθροισμα των ποσοστών θα πρέπει να ξεπερνά το 90% της συνολικής δρῶσας μάζας. Παρακάτω παρουσιάζονται (πίνακες 9, 10, 11) τα αποτελέσματα για τις **30 πρώτες ιδιομορφές** στις οποίες και καταλήξαμε εφόσον πληρούνταν το κριτήριο.



**Κτίριο Α ( χωρίς κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας )**

<b>Ιδιομορφή</b>	<b>R*V*FACT</b>	<b>Ποσοστό Συμμετοχής Δρώσας Μάζας</b>
1	0.000	0
2	-36.900	64.365
3	0.000	0
4	0.000	0
5	13.800	9.03
6	0.000	0
7	0.000	0
8	-9.770	4.515
9	0.000	0
10	0.000	0
11	9.539	4.305
12	0.000	0
13	0.000	0
14	0.000	0
15	0.000	0
16	0.000	0
17	0.000	0
18	0.000	0
19	11.710	6.51
20	0.000	0
21	0.000	0
22	0.000	0
23	3.921	0.735
24	0.000	0
25	-3.302	0.525
26	-2.274	0.21
27	0.000	0
28	-0.008	0
29	-1.757	0.105
30	0.375	0
	<b>Άθροισμα</b>	<b>90.3%</b>

**Πίνακας 9**

## Κτίριο Β ( με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας κατά x'x και y'y )

Ιδιομορφή	R*V*FACT	Ποσοστό Συμμετοχής Δρώσας Μάζας
1	-35.01	60.375
2	5.975E-13	0
3	9.123E-14	0
4	-1.77E-11	0
5	17.53	15.12
6	6.321E-12	0
7	-7.401	2.73
8	4.061E-12	0
9	4.325	0.945
10	4.368E-12	0
11	-3.144	0.525
12	1.828E-12	0
13	-2.31	0.315
14	1.827E-07	0
15	-0.00005201	10.71
16	14.73	0
17	-0.000801	0
18	0.05045	0
19	0.00003609	0
20	-0.000001125	0
21	-0.000005992	0
22	-0.00003888	0
23	0.01927	0
24	0.00008989	0
25	-0.0001326	0
26	0.0008143	0
27	0.01273	0
28	0.004148	0
29	0.001412	0
30	0.07914	0
	<b>Άθροισμα</b>	<b>90.72%</b>

Πίνακας 10

**Κτίριο Γ ( με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας κατά x'x )**

<b>Ιδιομορφή</b>	<b>R*V*FACT</b>	<b>Ποσοστό Συμμετοχής Δρώσας Μάζας</b>
1	0.000	0
2	34.850	60.06
3	0.000	0
4	0.000	0
5	17.640	15.435
6	0.000	0
7	0.000	0
8	7.020	2.415
9	0.000	0
10	0.000	0
11	-4.085	0.84
12	-3.053	0.42
13	0.000	0
14	2.265	0.21
15	0.000	0
16	0.000	0
17	0.000	0
18	0.000	0
19	14.920	11.025
20	-0.290	0
21	0.000	0
22	0.000	0
23	-0.002	0.735
24	0.005	0
25	0.094	0.525
26	0.091	0.21
27	-0.011	0
28	0.014	0
29	-0.013	0.105
30	-0.006	0
	<b>Άθροισμα</b>	<b>91.98%</b>

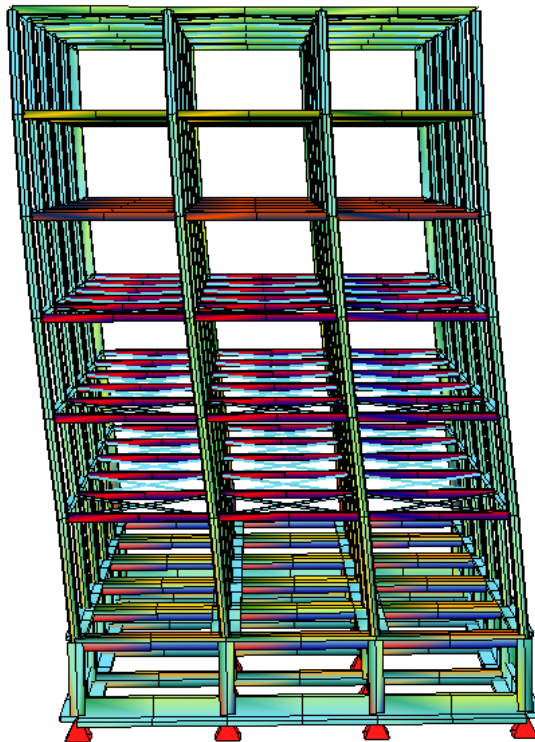
**Πίνακας 11**

- Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον σεισμό κατά y'y και επαληθεύθηκε η επιλογή των 30 ιδιομορφών.

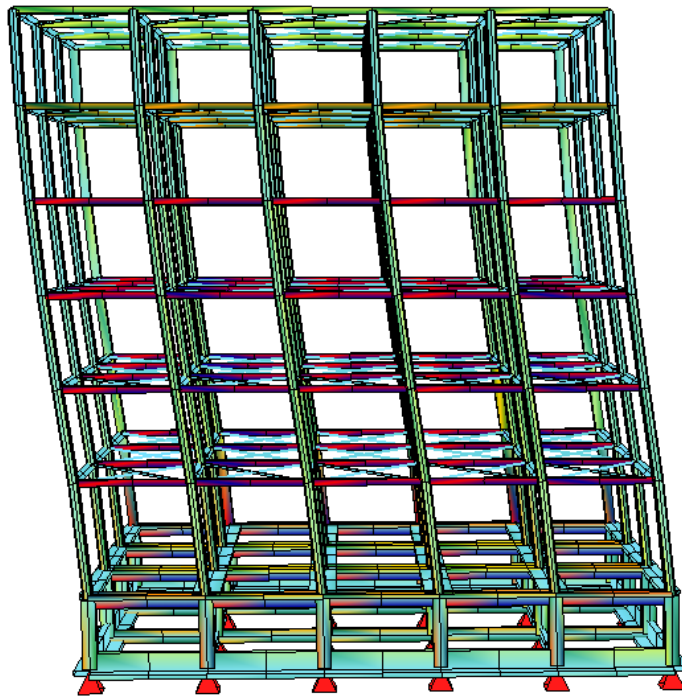
Δίνοντας στο πρόγραμμα την εντολή να χρησιμοποιήσει τις πρώτες 30 ιδιομορφές **LC1031** έως **LC1060** συνεχίσαμε τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών λόγω σεισμού.

Τέλος, από τους πίνακες παρατηρούμε ότι **οι ιδιομορφές κατά σεισμό χ'χ με τη μεγαλύτερη ιδιομορφική μάζα είναι:**

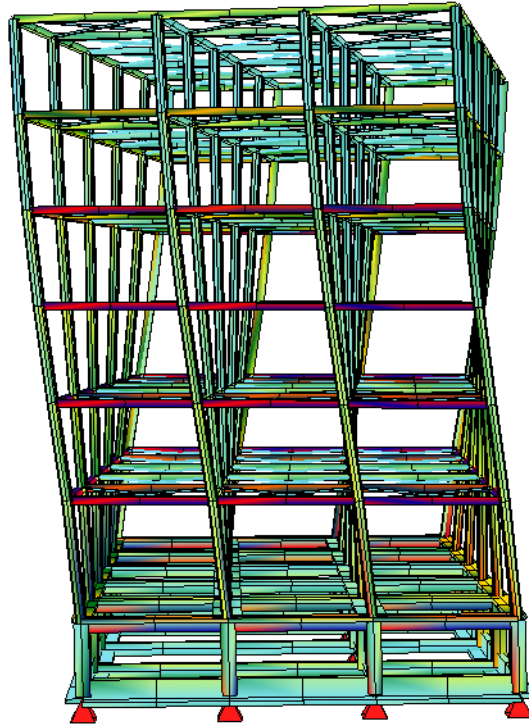
- για το κτίριο **A** οι ιδιομορφές **2** (εικόνα 5) και **5** (εικόνα 7) με  **$T_2=1.292$  sec** και  **$T_5=0.396$  sec**



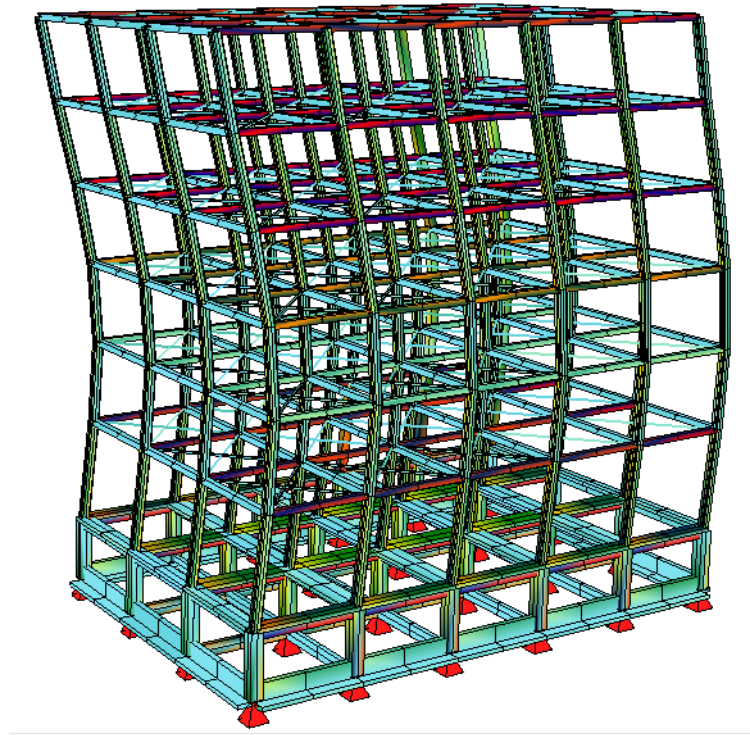
**Εικόνα 4: 1<sup>η</sup> ιδιομορφή κτιρίου A**



**Εικόνα 5: 2<sup>η</sup> ιδιομορφή κτιρίου Α**

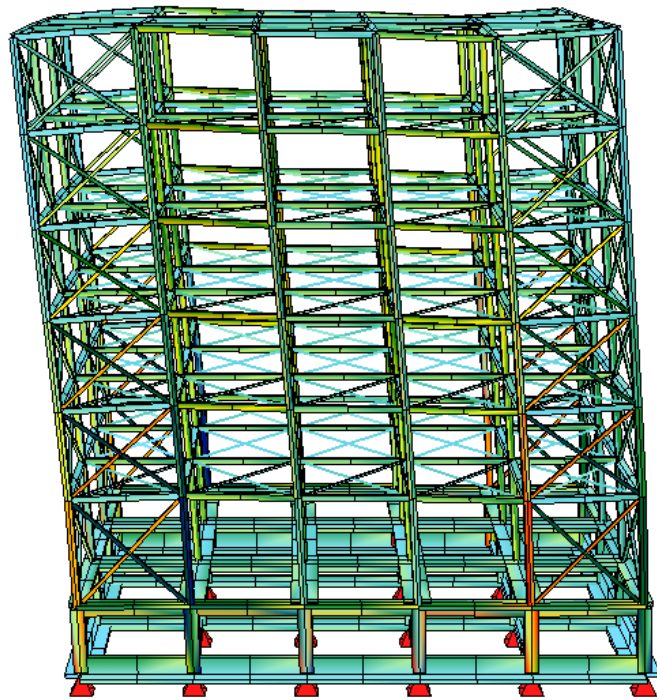


**Εικόνα 6: 3<sup>η</sup> ιδιομορφή κτιρίου Α**



**Εικόνα 7: 5<sup>η</sup> ιδιομορφή κτιρίου Α**

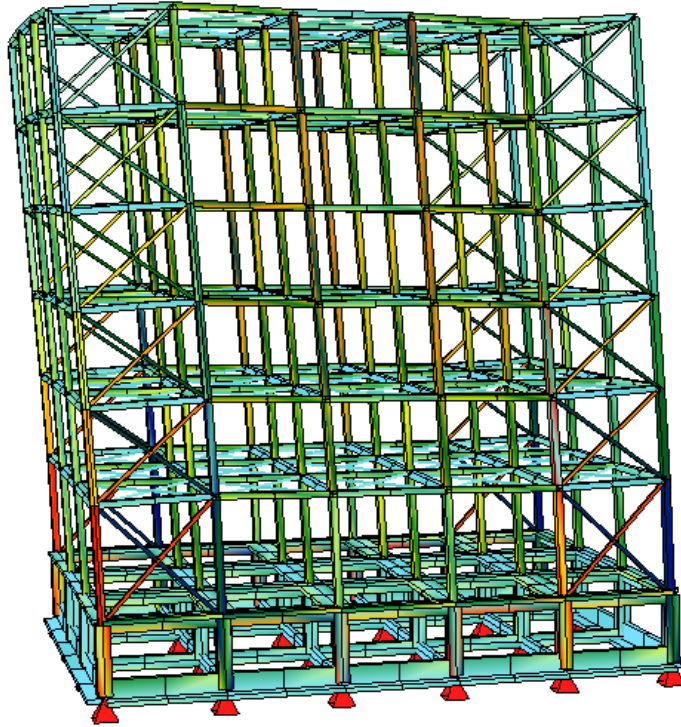
- για το **κτίριο Β** οι ιδιομορφές **1** (εικόνα 8) και **5** με  $T_1 = 0.764 \text{ sec}$  και  $T_5 = 0.245 \text{ sec}$



**Εικόνα 8: Θεμελιώδης ιδιομορφή(1<sup>η</sup>) κτιρίου Β**



- για το κτίριο Γ οι ιδιομορφές 2 (εικόνα 9) και 5 με  $T_2=0.805$  sec και  $T_5=0.251$  sec



**Εικόνα 9: 2<sup>η</sup> ιδιομορφή κτιρίου Γ**

## 2.6 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

### 2.6.1 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΔΡΑΣΕΙΣ

Στην ενότητα αυτή, περιγράφονται οι αρχές και οι απαιτήσεις για ασφάλεια, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα των κατασκευών, με βάση τη θεωρία των οριακών καταστάσεων και τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας, σύμφωνα με τον **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1 (EC1)**.

Τα τρία κτίρια σχεδιάστηκαν με σκοπό να ικανοποιούν τις ακόλουθες θεμελιώδεις απαιτήσεις :

- 1) θα πρέπει να παραμένουν κατάλληλα για τη χρήση για την οποία προορίζονται.
- 2) θα πρέπει να παραλαμβάνουν όλες τις δράσεις και τις επιδράσεις που πιθανόν να λάβουν χώρα κατά τη διάρκεια της ανέγερσης και της χρήσης τους.
- 3) θα πρέπει να αποφεύγεται ο κίνδυνος να υποστούν δυσανάλογα μεγάλες βλάβες, από συμβάντα όπως εκρήξεις, προσκρούσεις ή συνέπειες ανθρώπινου λάθους, μέσω επιλογής κατάλληλων μέτρων (προφυλακτικά μέτρα, επιλογή κατάλληλου δομικού συστήματος).

Ο έλεγχος των κατασκευών έναντι αστοχίας ή λειτουργικότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση των λεγόμενων «καταστάσεων σχεδιασμού», που περιγράφουν με επαρκή αξιοπιστία όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων, στις οποίες θα εκτεθεί η κατασκευή κατά την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής της (για κτιριακά έργα 50 χρόνια). Οι καταστάσεις σχεδιασμού ταξινομούνται ως εξής :

- **Καταστάσεις διάρκειας**, που αντιστοιχούν σε κανονικές συνθήκες χρήσης.
- **Παροδικές καταστάσεις**, που αντιστοιχούν σε παροδικές συνθήκες (π.χ. κατά τη φάση ανέγερσης ή επισκευών).
- **Τυχηματικές καταστάσεις**, που αντιστοιχούν σε εξαιρετικές συνθήκες (π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση).

- **Καταστάσεις σεισμού**, που αντιστοιχούν σε συνθήκες επιβολής σεισμικής καταπόνησης στην κατασκευή.

**Οριακές καταστάσεις** είναι εκείνες, πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας του σχεδιασμού και διακρίνονται σε **α) οριακές καταστάσεις αστοχίας** και **β) οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας** (δεν έγινε εκτενής έλεγχος στην παρούσα εργασία).

Οι **οριακές καταστάσεις αστοχίας** (πλαστικές αντοχές, απώλεια ευστάθειας, θραύση κλπ) αντιστοιχούν σε κατάρρευση ή άλλου είδους ισοδύναμες μορφές αστοχίας. Οι **οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας** (μετατοπίσεις, ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κλπ) είναι εκείνες, πέραν των οποίων δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια λειτουργικότητας της κατασκευής ή μελών της.

Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή, με τη μορφή συνδυασμών, ταξινομούνται ως προς το **χρόνο** σε:

- **Μόνιμες (G)**, ίδια βάρη της κατασκευής.
- **Μεταβλητές (Q,S,W)**, επιβεβλημένα(κινητά) φορτία, φορτία χιονιού και ανέμου αντίστοιχα.
- **Σεισμικές (E)**, οι οποίες μελετήθηκαν και ως στατικές και ως δυναμικές δράσεις.

Οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των παραπάνω δράσεων προσδιορίστηκαν ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής.

## 2.6.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της κατασκευής στην οριακή κατάσταση αστοχίας χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των δράσεων αυτών οι οποίοι καλύπτουν όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού ( καταστάσεις διάρκειας, παροδικές, τυχηματικές και σεισμού). Οι δράσεις πολλαπλασιάζονται με τους κατάλληλους συντελεστές (επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma$ ) και συνδυάζονται μεταξύ τους κατάλληλως(συντελεστές συνδυασμού  $\psi$ ). Στους συνδυασμούς αυτούς δεν συνυπολογίζονται δράσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

### 1. Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές

$$\Sigma \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_p P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Qi} \psi_{oi} Q_{ki}$$

### 2. Για τυχηματικές καταστάσεις

$$\Sigma \gamma_{GAj} G_{kj} + \gamma_p A P_k + A_d + \psi_{11} Q_{k1} + \Sigma \psi_{1i} Q_{ki}$$

### 3. Για καταστάσεις σεισμού

$$\Sigma G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

Τα σύμβολα στους συνδυασμούς αυτούς είναι τα εξής:

+	σημαίνει « επαλληλία με »
$G_{kj}$	είναι η χαρακτηριστική τιμή των μονίμων δράσεων
$P_k$	είναι η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης
$Q_{k1}$	είναι η χαρακτηριστική τιμή της μεταβλητής δράσης i
$A_d$	είναι η τιμή σχεδιασμού της τυχηματικής δράσης
$A_{Ed}$	είναι η τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης
$\gamma_{Gj}, \gamma_{GAj}$	είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μόνιμη δράση j
$\gamma_p, \gamma_{pA}$	είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την προένταση
$\gamma_{Qi}$	είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τη μεταβλητή δράση i
$\gamma_I$	είναι ο συντελεστής σπουδαιότητας
$\psi_{oi}, \psi_{1i}, \psi_{2i}$	είναι συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων

Οι επιμέρους **συντελεστές ασφαλείας**  $\gamma$  χρησιμοποιούνται, προκειμένου να ληφθούν υπόψη πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις ή πιθανή μη ακριβής προσομοίωση των

δράσεων καθώς και αβεβαιότητες στον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων των δράσεων. Οι τιμές των συντελεστών αυτών για την περίπτωση του ελέγχου αστοχίας ενός κτιρίου ή μέλους του είναι :

- **Καταστάσεις διάρκειας και παροδικές:**

Για μόνιμες δράσεις:  $\gamma_{Gsup} = 1,35$  (δυσμενής επιρροή)

$\gamma_{Ginf} = 1,00$  (ευμενής επιρροή)

Για μεταβλητές δράσεις:  $\gamma_Q = 1,50$

- **Καταστάσεις τυχηματικές, γενικώς:**  $\gamma_A = 1,00$

Ως δυσμενής επιρροή των μονίμων δράσεων χαρακτηρίζεται η περίπτωση κατά την οποία τα αποτελέσματα των μονίμων δράσεων αυξάνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα των μεταβλητών δράσεων.

Ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_I$  αντιστοιχεί στις κατηγορίες σπουδαιότητας στις οποίες κατατάσσονται οι κατασκευές, ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται τόσο για τον άνθρωπο, αλλά και για τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή τους ή διακοπή της λειτουργίας τους.

Οι συντελεστές συνδυασμού  $\psi_i$  των μεταβλητών δράσεων χρησιμοποιούνται προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μειωμένη πιθανότητα για ταυτόχρονη συνύπαρξη των πλέον δυσμενών τιμών των διαφόρων ανεξάρτητων δράσεων.

Παρακάτω (πίνακας 12) επισυνάπτονται οι προτεινόμενες από τον EC1 τιμές των επιμέρους συντελεστών συνδυασμού  $\psi_i$ , τις οποίες και χρησιμοποιήσαμε:

Συντελεστές συνδυασμού δράσεων $\psi_i$ κατά τον EC1			
Δράση			

Μεταβλητά φορτία σε κτίρια			
Κατηγορία Α: κατοικίες	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία Β: γραφεία	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία C: επιφάνειες συνάθροισης (σχολεία, εστιατόρια, εκκλησίες, θέατρα, κινηματογράφοι κ.λ.π)	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία D: καταστήματα			
Κατηγορία E: αποθηκευτικοί χώροι	[0,7]	[0,7]	[0,6]
	[1,0]	[0,9]	[0,8]
Φορτία κυκλοφορίας οχημάτων σε κτίρια			
Κατηγορία F: βάρος οχημάτων $\leq 30\text{kN}$	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία G: $30\text{kN} \leq$ βάρος οχημάτων $\leq 160\text{kN}$	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία H: στέγες	[0]	[0]	[0]
Φορτία χιονιού σε κτίρια	[0,6]	[0,2]	[0]
Φορτία ανέμου σε κτίρια	[0,6]	[0,5]	[0]
Θερμοκρασία σε κτίρια (εκτός φωτιάς)	[0,6]	[0,5]	[0]
(1) Για συνδυασμούς επιβεβλημένων φορτίων σε πολυώροφα κτίρια βλ. EC1:Μέρος 2-1			
(2) Ενδέχεται να απαιτούνται τροποποιήσεις για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές			
(3) Βλ. EC1:Μέρος 2-5			

Πίνακας 12

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000 στο σεισμικό συνδυασμό δράσεις καταναγκασμού, όπως οι προκαλούμενες από μεταβολή και διαφορά θερμοκρασίας και υποχωρήσεις στηρίξεων, δεν χρειάζεται να συμπεριλαμβάνονται. Επίσης, ο σεισμός δεν συνδυάζεται με άλλες τυχαματικές δράσεις (π.χ. κρούσεις οχημάτων ή πλοίων).

Στην παρούσα εργασία οι συνδυασμοί φορτίσεων που επιλέχθηκαν για την επίλυση είναι οι εξής:

**1) ΟΚΑ – Δυσμενής συνδυασμός**

*Κινητά βασικός:*  $1,35G + 1,50Q \quad 0,90W \quad 0,90W \quad + 0,90S$

*Άνεμος κατά x βασικός:*  $1,35G \quad 1,50W \quad + 0,90Q \quad 0,90W \quad + 0,90S$

*Άνεμος κατά y βασικός:*  $1,35G \quad 1,50W \quad + 0,90Q \quad 0,90W \quad + 0,90S$

**2) ΟΚΑ – Ευμενής συνδυασμός ( κατασκευή υπό ανέγερση)**

Η επίλυση έγινε μόνο με μόνιμα φορτία,  $1,00G$

**3) Σεισμικοί συνδυασμοί**

*Σεισμός κατά x βασικός:*  $1,00G + 0,50 Q \quad E \quad 0,30E \quad 0,30E$

*Σεισμός κατά y βασικός:*  $1,00G + 0,50 Q \quad E \quad 0,30 E \quad 0,30E$

*Σεισμός κατά z βασικός:*  $1,00G + 0,50 Q \quad 0,70 E \quad 0,30E \quad 0,30E$

Για την εισαγωγή των παραπάνω συνδυασμών φορτίσεων στο **SOFISTIK** χρησιμοποιήθηκε το υποπρόγραμμα **MAXIMA**. Μέσω αυτού βρέθηκαν τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη των συνδυασμών αυτών αλλά και των συνδυασμών που προέκυψαν από την επαλληλία μεταξύ τους (περιβάλλουσα στατικών και σεισμικών φορτίσεων). Τα αποτελέσματα της περιβάλλουσας των εντατικών μεγεθών των μελών λόγω **στατικών φορτίων** βρίσκονται στα **Load Cases** από **11** έως **22 (LC11~LC22)** και των συνδέσμων στα **Load Cases** από **23** έως **24 (LC23~LC24)**. Τα αποτελέσματα της περιβάλλουσας των εντατικών μεγεθών των μελών λόγω **σεισμικών φορτίων** βρίσκονται στα **Load Cases** από **31** έως **42** και των συνδέσμων στα **Load Cases** από **43** έως **44**. Τέλος, τα αποτελέσματα της επαλληλίας των **στατικών και σεισμικών φορτίων** για τα μέλη βρίσκονται στα **Load Cases** από **51** έως **62** και για τους συνδέσμους στα **Load Cases** από **63** έως **64**.



## 2.7 ΜΕΣΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 2.7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πρόγραμμα **SOFISTIK2003** αποτέλεσε βασικό εργαλείο για την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Η προσομοίωση των τριών κτιρίων, οι στατικές και σεισμικές φορτίσεις, καθώς και ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών υπολογίστηκαν από το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

Το **SOFISTIK2003** έχει σχεδιαστεί με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάλυση κατασκευών που αποτελούν αντικείμενο του Πολιτικού Μηχανικού. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου προγράμματος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση είτε μεταλλικών κατασκευών είτε κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Είναι ένα ευέλικτο πρόγραμμα επίλυσης, που παρέχει σε κάθε χρήστη τη δυνατότητα εύρεσης μιας γρήγορης και αποτελεσματικής λύσης για δεδομένη κατασκευή, ενώ για έναν χρήστη με εμπειρία οι δυνατότητές του είναι πρακτικά απεριόριστες. Στη μελέτη των τριών κατασκευών δεν αναπτύχθηκαν όλες οι δυνατότητες του προγράμματος.

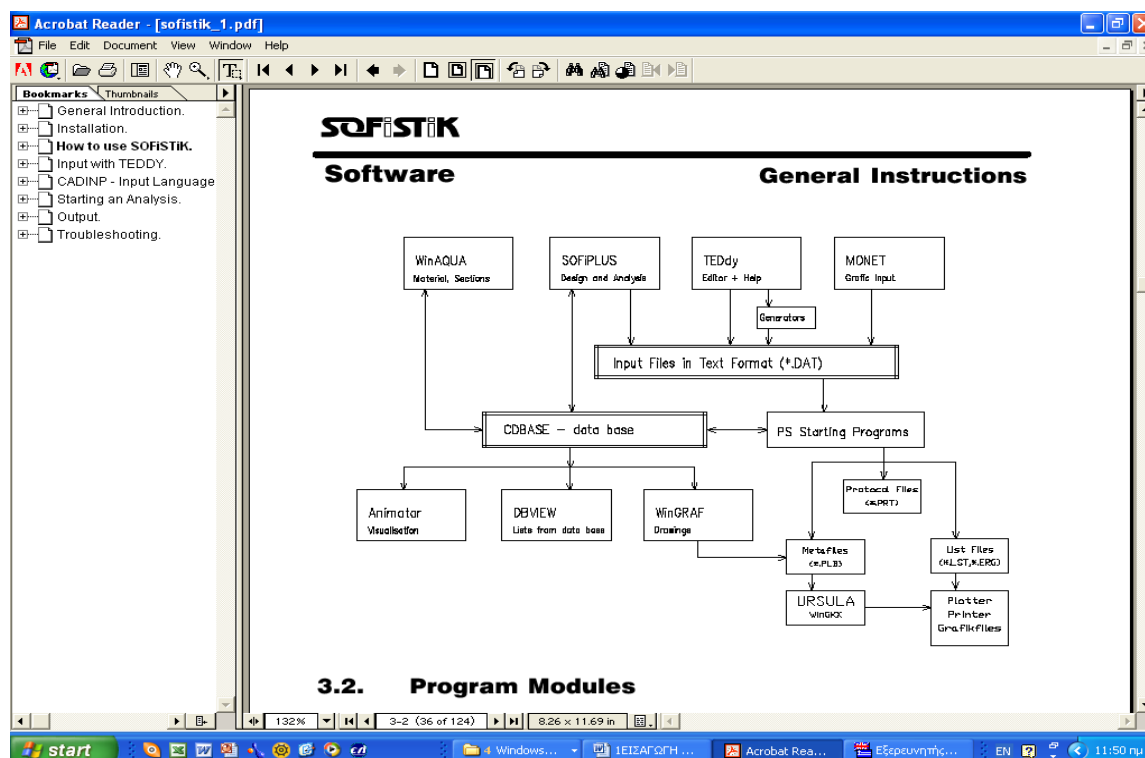
Μέσω των κατάλληλων εντατικών μεγεθών που ελήφθησαν από την ανάλυση με το **SOFISTIK** ο έλεγχος των συνδέσεων συνεχίστηκε μέσω του **INSTANT 2000**, ενώ ο έλεγχος των μελών, των διατομών και της γωνιακής παραμόρφωσης μέσω του **EXCEL**.

Στόχος της χρήσης αυτών των προγραμμάτων ήταν η επαφή, η εκμάθηση και η εξοικείωση με τα αυτοματοποιημένα πλέον «εργαλεία» του επαγγέλματος του Πολιτικού Μηχανικού. Μέσω της συγκεκριμένης μελέτης, αποκτήθηκε σε μεγάλο βαθμό η γνώση της λειτουργίας και του χειρισμού αυτών των υπολογιστικών προγραμμάτων, τα οποία βέβαια διαθέτουν τεράστιο φάσμα δυνατοτήτων.



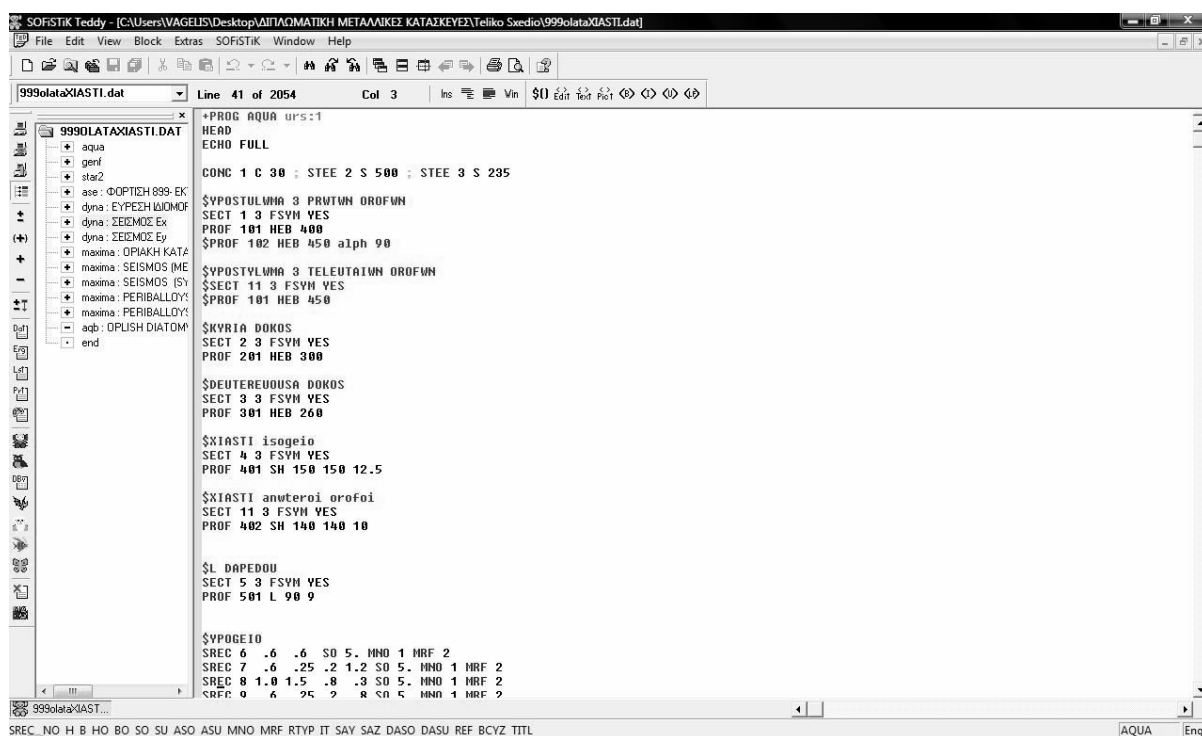
## 2.7.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOFISTIK2003

Το SOFISTIK αποτελείται από ένα σύνολο υποπρογραμμάτων, τα οποία λειτουργούν είτε με καθορισμένα αρχεία κειμένου (text files) είτε με γραφικά περιβάλλοντα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη και ανταλλάσσουν τις πληροφορίες τους μέσω αυτής μιας κεντρικής βάσης (CDBASE). Υπάρχουν υποπρογράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή των δεδομένων καθώς και άλλα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και την λήψη τους από τον χρήστη (σχήμα 2).



Σχήμα 2

Οι πλήρεις δυνατότητες του είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν μέσω της γλώσσας CADINP. Το TEDDY είναι ένα «κέντρο ελέγχου» όλων των υποπρογραμμάτων του SOFISTIK καθώς και ένας editor που υποστηρίζει πλήρως την γλώσσα CADINP για την εισαγωγή δεδομένων μέσω των διαφόρων υποπρογραμμάτων. Παρακάτω απεικονίζεται το περιβάλλον εργασίας TEDDY (εικόνα 10).



Εικόνα 10

### 2.7.2.1 ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

- **AQUA:** Καθορίζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή και οι διατομές που επιλέξαμε (χαλύβδινες πρότυπες διατομές καθώς και οι διατομές των μελών από σκυρόδεμα).
- **GENF:** Εδώ ορίζεται η γεωμετρία της κατασκευής. Αρχικά εισάγουμε τις συντεταγμένες των κόμβων της κατασκευής (NODE). Η αρίθμηση των κόμβων έγινε έτσι ώστε να διακρίνεται ο όροφος και η θέση στην οποία βρίσκονται. Στην συνέχεια δημιουργούνται τα μέλη της κατασκευής (BEAM και TRUSS) ορίζοντας τους κόμβους των άκρων τους καθώς και το είδος της διατομής τους. Η αρίθμηση των μελών έγινε με την ίδια λογική της αρίθμησης των κόμβων έτσι ώστε να διακρίνεται το είδος τους (υποστύλωμα, κύρια δοκός, δευτερεύουσα δοκός, σύνδεσμος δυσκαμψίας), ο όροφος στον οποίο βρίσκονται και καθώς η ακριβή τους θέση σ' αυτόν.

- **STAR2:** Εφόσον έχει καθορισθεί η γεωμετρία της κατασκευής στο υποπρόγραμμα αυτό εισάγουμε στην κατασκευή τα στατικά φορτία (μόνιμα, κινητά, φορτία χιονιού και ανέμου και ισοδύναμα στατικά φορτία σεισμού αν απαιτείται από την μέθοδο δυναμικής ανάλυσης που θα χρησιμοποιήσουμε). Μέσω του STAR2 δίνεται επίσης η δυνατότητα να ληφθούν υπόψη τα ίδια βάρη των μελών της κατασκευής απευθείας πολλαπλασιασμένα με κάποιον συντελεστή. Κάθε είδος φορτίου εισάγεται ως ξεχωριστή κατάσταση φόρτισης LC (load case) έτσι ώστε να είναι δυνατός ο συνδυασμός τους στην συνέχεια. Μέσω των εντολών UL και NL μπορούμε να επιβάλουμε κατανεμημένα φορτία στα μέλη και συγκεντρωμένα φορτία στους κόμβους αντίστοιχα.
- **DYNA:** Εδώ καθορίζονται οι δυναμικές φορτίσεις της κατασκευής. Ορίζουμε την μάζα που αντιστοιχεί σε κάθε κόμβο της κατασκευής (MASS), τον αριθμό των ιδιομορφών, την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση και την διεύθυνσή της, τον συντελεστή απόσβεσης της κατασκευής και το φάσμα του σεισμού. Τέλος ορίζουμε την μέθοδο επαλληλίας των ιδιομορφών που θα χρησιμοποιήσουμε (CQC). Τρέχουμε την υποπρόγραμμα DYNA τόσες φορές όσες και οι θεωρούμενες διευθύνσεις της σεισμικής διέγερσης (κατά x-x, κατά y-y). Τα αποτελέσματα της δυναμικής ανάλυσης εξάγονται σε διαφορετικές ιδεατές φορτίσεις (loadcases) για τις διάφορες ιδιομορφές ανά διεύθυνση σεισμού. Τα τελικά αποτελέσματα των μέγιστων σεισμικών αποκρίσεων της κατασκευής εξάγονται επίσης σε διαφορετικές ιδεατές φορτίσεις που αντιστοιχούν στα εντατικά μεγέθη των καμπτόμενων μελών (BEAM), τα εντατικά μεγέθη των μελών που εντείνονται μόνο αξονικά (TRUSS) και τις μετατοπίσεις των κόμβων.
- **MAXIMA:** Κατασκευάζεται η περιβάλλουσα όλων των συνδυασμών φόρτισης (στατικών και δυναμικών) που λήφθηκαν υπόψη στον σχεδιασμό της κατασκευής. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζονται τα μέγιστα και ελάχιστα των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών. Τα αποτελέσματα εξάγονται σε διαφορετικές ιδεατές φορτίσεις ανάλογα με το είδος του εντατικού ( max-min N, max-min  $V_y$ , max-min  $V_z$ , max-min  $M_y$ , max-min  $M_z$ , max-min  $M_T$ ) ή του παραμορφωσιακού μεγέθους.
- **AQB:** Γίνεται διαστασιολόγηση της κατασκευής με βάση την περιβάλλουσα των εντατικών μεγεθών που προέκυψε από το υποπρόγραμμα MAXIMA με βάση τον Ευρωκώδικα 2.

### 2.7.2.2 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Από την ανάλυση του φορέα με το SOFISTIK διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της εποπτείας τόσο στα δεδομένα εισόδου όσο και στα αποτελέσματα. Η εποπτεία της διαδικασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο μέσω της γραφικής απεικόνισης όσο και μέσω υποπρογραμμάτων που εμφανίζουν παρατηρήσεις και προειδοποιήσεις για τυχόν σφάλματα. Παρέχει στο χρήστη σημαντικά περιθώρια παραμετροποίησης των αποτελεσμάτων έτσι ώστε να λαμβάνονται άμεσα και εύκολα αυτά που απαιτούνται για την διαστασιολόγηση του φορέα και τους διάφορους ελέγχους.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το SOFISTIK παρόλο που είναι πρόγραμμα με μεγάλες δυνατότητες ανάλυσης, απαιτεί προσεκτικούς χειρισμούς για να υπάρχει βεβαιότητα στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Σημαντικό βοήθημα προς την κατεύθυνση αυτή αποτελεί το πλήρες εγχειρίδιο που περιλαμβάνει εκτός των άλλων και πλήθος παραδειγμάτων επίλυσης. Η μεγάλη δυνατότητα παραμετροποίησης είναι θετική αλλά ταυτόχρονα απαιτεί προσεκτική μελέτη των παραδοχών του προγράμματος και διεξοδικό βήμα-βήμα έλεγχο του κώδικα εισαγωγής δεδομένων (ένα και μόνο λάθος μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα που απέχουν πολύ της πραγματικής εντατικής και παραμορφωσιακής κατάστασης του φορέα).







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΟΡΕΑ

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση των φορέων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα **SOFISTIK2003**. Μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος ελήφθησαν τα εντατικά μεγέθη των μελών για όλα τα φορτία και για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων που επιβάλλονται στο φορέα κάθε κατασκευής. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν σε έναν αντιπροσωπευτικό αριθμό στοιχείων του φορέα τα οποία επιλέχθηκαν με βάση τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη.

Οι έλεγχοι των διατομών και μελών κατηγοριοποιήθηκαν ανά κτίριο και ανά είδος ράβδου (Κύριες Δοκοί, Δευτερεύουσες Δοκοί, Υποστυλώματα, Χιαστί Σύνδεσμοι-TRUSS). Τέλος, κάθε κτίριο μελετήθηκε ανά ομάδες 3 ορόφων έτσι ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια τόσο στην επιλογή των δυσμενέστερων μελών για τους ελέγχους αλλά και στην βέλτιστη διαστασιολόγηση των κατασκευών.

Αναλυτικότερα οι έλεγχοι μελών που πραγματοποιήθηκαν είναι:

- Οι **Κύριες Δοκοί**: ελέγχθηκαν σε τέμνουσα, σε μονοαξονική και διαξονική κάμψη. Σε τέμνουσα ελέγχθηκαν εκείνες οι ράβδοι που είχαν μέγιστες τέμνουσες σχεδιασμού ( $V$ ). Σε μονοαξονική και διαξονική κάμψη ελέγχθηκαν οι ράβδοι εκείνες που είχαν μέγιστη ροπή κάμψης κατά τους δυο άξονες ( $M_{y,Sd}$ ,  $M$ ). Σε όλες τις περιπτώσεις έγινε έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας τέμνουσας και αξονικής δύναμης. Ο έλεγχος σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό δεν πραγματοποιήθηκε στις κύριες δοκούς εφόσον αυτές είναι πλευρικά εξασφαλισμένες λόγω παρουσίας διαδοκίδων.
- Οι **Δευτερεύουσες Δοκοί**: ελέγχθηκαν σε τέμνουσα, σε μονοαξονική κάμψη και σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Σε τέμνουσα ελέγχθηκαν μόνο οι ράβδοι που είχαν μέγιστες τέμνουσες σχεδιασμού ( $V$ ). Σε μονοαξονική κάμψη ελέγχθηκαν οι ράβδοι εκείνες που είχαν μέγιστη ροπή κάμψης κατά τους δυο άξονες ( $M_{y,Sd}$ ,

$M$  ). Σε όλες τις περιπτώσεις έγινε έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας τέμνουσας και αξονικής δύναμης. Ο στρεπτοκαμπτικός λυγισμός πραγματοποιήθηκε στις δοκούς με μέγιστη αξονική θλιπτική δύναμη ( $N$  ) και με μέγιστη ροπή κάμψης ( $M$  ).

- Τα **Υποστυλώματα**: ελέγχθηκαν σε αξονική θλιπτική δύναμη, σε τέμνουσα, σε μονοαξονική κάμψη και σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Σε τέμνουσα ελέγχθηκαν μόνο οι ράβδοι που είχαν μέγιστες τέμνουσες σχεδιασμού ( $V$  ), σε όλες τις περιπτώσεις έγινε έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας τέμνουσας και αξονικής δύναμης. Σε αξονική θλιπτική δύναμη ελέγχθηκαν τα υποστυλώματα εκείνα που είχαν μέγιστη αξονική θλιπτική δύναμη σχεδιασμού ( $N$  ). Σε μονοαξονική κάμψη ελέγχθηκαν οι ράβδοι εκείνες που είχαν μέγιστη ροπή κάμψης κατά τους δυο άξονες ( $M_{y, sd}, M$  ). Σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό ελέγχθηκαν όλα τα υποστυλώματα που είχαν μέγιστη αξονική θλιπτική δύναμη ( $N$  ) και μέγιστη ροπή κάμψης ( $M$  ).
- Οι **Χιαστί Σύνδεσμοι – TRUSS**: ελέγχθηκαν σε λυγισμό και μονοαξονικό εφελκυσμό ( $N$  ).

Επισημαίνεται ότι όλα τα παραπάνω μέλη ελέγχθηκαν σε ομάδες των 3 ορόφων ανά κτίριο εκτός των κατακόρυφων (χιαστί) συνδέσμων. Οι κατακόρυφοι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν σε δύο ομάδες: α) του ισογείου και β) των ανώτερων ορόφων, αυτή η ομαδοποίηση έγινε εφόσον οι ποιότητες των συνδέσμων του ισογείου σε σχέση με των ανώτερων ορόφων άλλαζε χάριν της οικονομικότητας του σχεδιασμού των κατασκευών. Επίσης, τα υποστυλώματα ελέγχθηκαν μόνο σε μέλη των 3 πρώτων ορόφων καθώς εκεί εντοπίστηκαν τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη (κυρίως στο ισόγειο) ενώ προς τους ανώτερους ορόφους τα μεγέθη μειώνονταν σημαντικά.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των ελέγχων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **EXCEL** όπου με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε διατομής, τα εντατικά

μεγέθη του υπό έλεγχο στοιχείου λαμβανόμενα από το υποπρόγραμμα **DBview** του **SOFISTIK2003**, το είδος και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα, εξετάστηκαν όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι. Τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη που ελήφθησαν στους ελέγχους προέκυψαν από το συνδυασμό στατικών και σεισμικών φορτίων. Οι φορτίσεις **LC51** έως **LC62** αναφέρονται στα καμπτόμενα μέλη ενώ οι **LC63-LC64** στους κατακόρυφους συνδέσμους (TRUSS).

Ενδεικτικά πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος μιας **Διαδοκίδας**, της δυσμενέστερης, σε **οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας**. Τέλος, πραγματοποιήθηκε και ο έλεγχος **γωνιακής παραμόρφωσης** σε κάθε όροφο και για τα τρία κτίρια.

## 3.2 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΕΛΕΓΧΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ3(ΕC3)

### 3.2.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΧΑΛΥΒΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

**Πίνακας 3.1:** Ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής  $f_y$  και της οριακής εφελκυστικής αντοχής  $f_u$  για εν θερμώ ελατούς χάλυβες

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου $t$ [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>EN 10025-2</b> S 235	235	360	215	360

- **Τιμές σχεδιασμού για τους συντελεστές του υλικού:**

Οι συντελεστές υλικού που λαμβάνονται στους υπολογισμούς για δομικούς χάλυβες οι οποίοι καλύπτονται από αυτό το Μέρος του Ευρωκώδικα πρέπει να λαμβάνονται ως εξής:

- μέτρο ελαστικότητας
- μέτρο διάτμησης
- λόγος Poisson στην ελαστική περιοχή
- συντελεστής (N/ )

### 3.2.2 Κατάταξη των διατομών - Βασικές αρχές



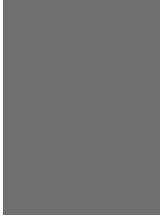
Ο ρόλος της κατάταξης των διατομών είναι να αναγνωρίσει την έκταση στην οποία η αντοχή και η ικανότητα στροφής των διατομών περιορίζεται από την αντοχή τους σε τοπικό λυγισμό.

- **Διατομές κατηγορίας 1:** είναι εκείνες που μπορούν να σχηματίσουν πλαστική άρθρωση με την απαιτούμενη από την πλαστική ανάλυση δυνατότητα στροφής, χωρίς μείωση της αντοχής τους.
- **Διατομές κατηγορίας 2:** είναι εκείνες που μπορούν να αναπτύξουν την πλαστική ροπή αντοχής τους, αλλά έχουν περιορισμένη δυνατότητα στροφής λόγω τοπικού λυγισμού.
- **Διατομές κατηγορίας 3:** είναι εκείνες στις οποίες η τάση στην ακραία θλιβόμενη ίνα του χαλύβδινου μέλους, υποθέτοντας ελαστική κατανομή των τάσεων, μπορεί να φτάσει την αντοχή διαρροής, αλλά ο τοπικός λυγισμός είναι πιθανόν να εμποδίσει την ανάπτυξη της πλαστικής ροπής αντοχής.
- **Διατομές κατηγορίας 4:** είναι εκείνες στις οποίες τοπικός λυγισμός θα συμβεί πριν την ανάπτυξη της τάσης διαρροής σε ένα ή περισσότερα μέρη της διατομής.

Για την κατάταξη των διατομών της κατασκευής σε κατηγορίες χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω πίνακες( 3.2, 3.3, 3.4 )κατάταξης πέλματος και κορμού.

**Πίνακας 3.2 : Μέγιστοι λόγοι πλάτους προς πάχος για θλιβόμενα τμήματα**







<b>Εσωτερικά θλιβόμενα τμήματα</b>			
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)			
1			
2			

Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3						
	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

\*)  $\psi \leq -1$  εφαρμόζεται όπου η θλιπτική τάση  $\sigma < f_y$  είτε η εφελκυστική παραμόρφωση  $\varepsilon_y > f_y/E$






**Πίνακας 3.3 : Μέγιστοι λόγοι πλάτους προς πάχος για θλιβόμενα τμήματα**

Προεξέχοντα πέλματα						
Ελατές διατομές			Συγκολλητές διατομές			
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη				
		Άκρο σε θλίψη		Άκρο σε εφελκυσμό		
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1						
2						
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3		Για $k_{\sigma}$ βλέπε EN 1993-1-5				
	$f_y$	235	275	355	420	460

	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
--	---	------	------	------	------	------

**Πίνακας 3.4 : Μέγιστοι λόγοι πλάτους προς πάχος για θλιβόμενα τμήματα**

<b>Γωνιακά</b>	
Αναφορά επίσης στα “Προεξέχοντα πέλματα” (βλέπε φύλο 2 από 3)	
	Δεν ισχύει για γωνιακά σε συνεχή επαφή με άλλα στοιχεία
Κατηγορία	Διατομή σε θλίψη
Κατανομή τάσεων στη διατομή  (θλίψη θετική)	
3	
<b>Σωληνωτές διατομές</b>	
	
Κατηγορία	Διατομή σε κάμψη και/ή θλίψη
1	
2	

3	ΣΗΜΕΙΩΣΗ Για βλέπε EN 1993-1-6.					
	$f_y$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

### 3.2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Οι αντοχές διατομών προσδιορίζονται με διαίρεση των χαρακτηριστικών τιμών με τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας του υλικού οι οποίοι διαφοροποιούνται ως προς την εξεταζόμενη μορφή αστοχίας.

Οι επιμέρους συντελεστές  $\gamma_{M_i}$  πρέπει να εφαρμόζονται στις διάφορες χαρακτηριστικές τιμές αντοχής σε ως εξής:

- αντοχή διατομών, όποια και αν είναι η κατηγορία:  $\gamma_{M0}$
- αντοχή των μελών σε αστάθεια που προσδιορίζεται από ελέγχους μελών:  $\gamma_{M1}$
- αντοχή διατομών σε εφελκυσμό μέχρι τη θραύση:  $\gamma_{M2}$

Οι επιμέρους συντελεστές  $\gamma_{M_i}$  που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- $\gamma_{M0} = 1,00$
- $\gamma_{M1} = 1,00$
- $\gamma_{M2} = 1,25$

### 3.2.4 ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

#### 3.2.4.1 Εφελκυσμός

(1) Η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής δύναμης  $N_{Ed}$  σε κάθε διατομή πρέπει να ικανοποιεί:

(2) Για διατομές με οπές η αντοχή σχεδιασμού σε εφελκυσμό  $N_{t,Rd}$  πρέπει να λαμβάνεται ως η μικρότερη από:

α) την πλαστική αντοχή σχεδιασμού της ολικής διατομής

β) την οριακή αντοχή σχεδιασμού της καθαρής διατομής στις θέσεις με οπές κοχλιών

#### 3.2.4.2 Θλίψη

(1) Η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης  $N_{Ed}$  σε κάθε διατομή πρέπει να ικανοποιεί:

(2) Η αντοχή σχεδιασμού της διατομής για ομοιόμορφη θλίψη  $N_{c,Rd}$  πρέπει να καθορίζεται όπως παρακάτω:

για διατομές κατηγορίας 1, 2 ή 3

για διατομές κατηγορίας 4

### 3.2.4.3 Ροπή κάμψης

(1) Η τιμή σχεδιασμού της ροπής κάμψης  $M_{Ed}$  σε κάθε διατομή πρέπει να ικανοποιεί:

όπου  $M_{c,Rd}$  καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις σπές κοχλιών, βλέπε παρακάτω.

(2) Η αντοχή σχεδιασμού για κάμψη περί ένα κύριο άξονα μιας διατομής καθορίζεται ως εξής:

για διατομές κατηγορίας 1 ή 2

για διατομές κατηγορίας 3

για διατομές κατηγορίας 4

όπου  $W_{el,min}$  και  $W_{eff,min}$  αντιστοιχούν στην ίνα με τη μεγαλύτερη ελαστική τάση.

(3) Οπές κοχλιών στο εφελκόμενο πέλμα μπορούν να αγνοούνται υπό την προϋπόθεση ότι για το εφελκόμενο πέλμα:

όπου  $A_f$  είναι η επιφάνεια του εφελκόμενου πέλματος.

### 3.2.4.4 Τέμνουσα

(1) Η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής δύναμης  $V_{Ed}$  σε κάθε διατομή πρέπει να ικανοποιεί:

όπου  $V_{c,Rd}$  είναι η αντοχή σχεδιασμού σε τέμνουσα. Για πλαστικό σχεδιασμό  $V_{c,Rd}$  είναι η πλαστική διατμητική αντοχή  $V_{pl,Rd}$  όπως δίνεται στην (2).

(2) Για απουσία στρέψης, η πλαστική διατμητική αντοχή δίνεται από:

όπου  $A_V$  είναι η επιφάνεια διάτμησης.

(3) Η επιφάνεια διάτμησης  $A_V$  μπορεί να λαμβάνεται ως εξής:

α) ελατές διατομές I και H, με φορτίο παράλληλο στον κορμό:  $A_V =$

$t_w$  είναι το πάχος του κορμού (Εάν το πάχος του κορμού δεν είναι σταθερό, ως  $t_w$  θα πρέπει να λαμβάνεται το ελάχιστο πάχος.).

β) ελατές διατομές U, με φορτίο παράλληλο στον κορμό:  $A_V =$

γ) ελατές κοίλες ορθογωνικές διατομές, ομοιόμορφου πάχους:

φορτίο παράλληλο προς το ύψος:  $A_V = Ah/(b+h)$

φορτίο παράλληλο προς το πλάτος:  $A_V = Ab/(b+h)$

### 3.2.4.5 Κάμψη και διάτμηση

(1) Όταν υπάρχει διατμητική δύναμη πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για την επίδρασή της στη ροπή αντοχής.

(2) Όπου η διατμητική δύναμη είναι μικρότερη από τη μισή πλαστική διατμητική αντοχή, η επίδρασή της στη ροπή αντοχής μπορεί να αγνοείται εκτός από εκεί όπου ο λυγισμός λόγω τέμνουσας μειώνει την αντοχή της διατομής.

Συνεπώς εάν:  $M_{y,c} < M_{y,c,Rd}$  δεν απαιτείται απομείωση της καμπτικής αντίστασης της διατομής λόγω τέμνουσας

Αλλιώς, εάν:  $M_{y,c} > M_{y,c,Rd}$  απαιτείται απομείωση της καμπτικής αντίστασης της διατομής λόγω τέμνουσας σε  $M_{y,c,Rd}$ .

Η μειωμένη πλαστική ροπή αντοχής που λαμβάνει υπόψη τη διάτμηση, μπορεί εναλλακτικά να λαμβάνεται για I-διατομές με ίσα πέλματα και κάμψη περί τον ισχυρό άξονα ως εξής:

αλλά

όπου  $M_{y,c,Rd}$  λαμβάνεται από την 2.2.4.3 (2)

και  $A_w = h_w t_w$

### 3.2.4.6 Κάμψη και αξονική θλίψη

(1) Για διατομές διπλής συμμετρίας I- και H- ή άλλες διατομές με πέλματα, δεν χρειάζεται να γίνει πρόβλεψη για την επίδραση της αξονικής δύναμης στην πλαστική ροπή αντοχής περί τον άξονα y-y όταν ικανοποιούνται και τα δύο παρακάτω κριτήρια:

και



Για διατομές διπλής συμμετρίας I- και H-, δεν χρειάζεται να γίνει πρόβλεψη για την επίδραση της αξονικής δύναμης στην πλαστική ροπή αντοχής περί τον άξονα z-z όταν:

(2) Για διατομές όπου οι οπές κοχλιών δεν λαμβάνονται υπόψη, οι παρακάτω προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται για ελατές διατομές I ή H και για συγκολλητές διατομές I ή H με ίσα πέλματα:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) \quad \text{αλλά} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$\text{για } n \leq a: \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$$

$$\text{για } n > a: \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$$

$$\text{όπου } n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$$

$$a = (A - 2bt_f) / A \quad \text{αλλά} \quad a \leq 0,5$$

(3) Για διαξονική κάμψη μπορεί να χρησιμοποιείται το παρακάτω κριτήριο:

στο οποίο  $\alpha$  και  $\beta$  είναι σταθερές, που συντηρητικά μπορούν να λαμβάνονται ως μονάδα, ή αλλιώς ως εξής:

- I και H διατομές:

- Κοίλες κυκλικές διατομές:

- Κοίλες ορθογωνικές διατομές:

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

### 3.2.4.7 Αντοχή των μελών σε λυγισμό - Μέλη σταθερής διατομής υπό θλίψη

#### 3.2.4.7.1 Αντοχή σε λυγισμό

- (1) Ένα θλιβόμενο μέλος πρέπει να ελέγχεται έναντι λυγισμού ως εξής:

όπου  $N_{Ed}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης

$N_{b,Rd}$  είναι η αντοχή του θλιβόμενου μέλους σε λυγισμό.

- (2) Η αντοχή ενός θλιβόμενου μέλους σε λυγισμό πρέπει να λαμβάνεται ως:

για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

για διατομές κατηγορίας 4

όπου  $\chi$  είναι ο μειωτικός συντελεστής για την αντίστοιχη μορφή λυγισμού.

#### 3.2.4.7.2 Καμπύλες λυγισμού

(1) Σε μέλη υπό αξονική θλίψη, η τιμή του  $\chi$  για την κατάλληλη ανηγμένη λυγηρότητα  $\bar{\lambda}$  πρέπει να καθορίζεται από την αντίστοιχη καμπύλη λυγισμού σύμφωνα με τη σχέση:

αλλά , όπου

για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

για διατομές κατηγορίας 4

$\alpha$  είναι ένας συντελεστής ατελειών

$N_{cr}$  είναι το ελαστικό κρίσιμο φορτίο για την αντίστοιχη μορφή λυγισμού βασισμένο στις ιδιότητες της πλήρους διατομής.

(2) Ο συντελεστής ατελειών  $\alpha$  που αντιστοιχεί σε κάθε καμπύλη λυγισμού πρέπει να λαμβάνεται από τον Πίνακα 3.5 και Πίνακα 3.6 .

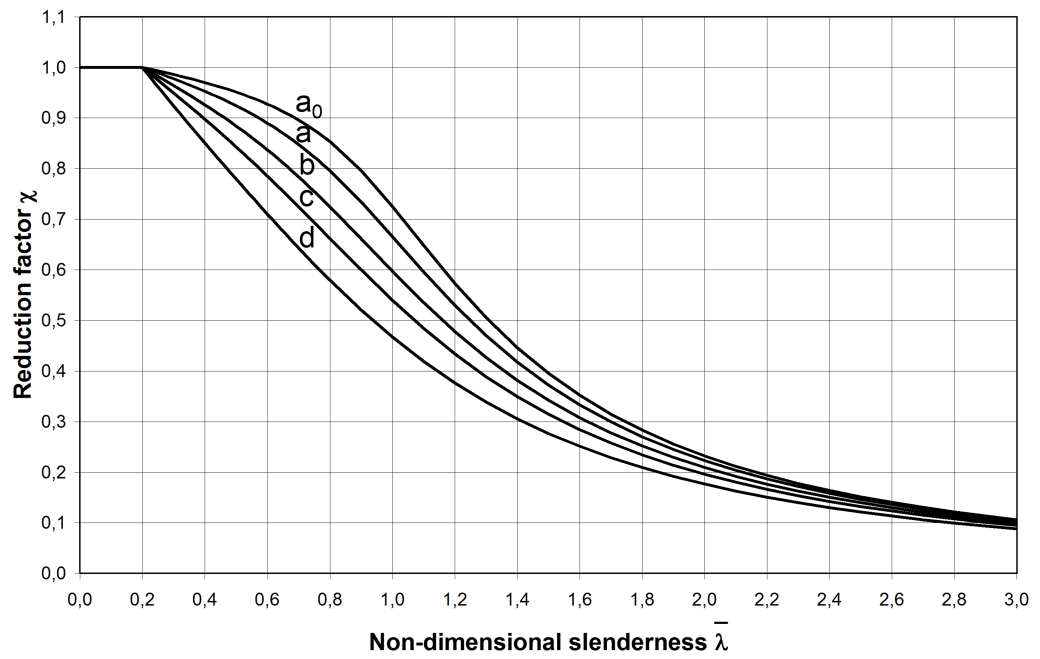
**Πίνακας 3.5 : Συντελεστές ατελειών για καμπύλες λυγισμού**

Καμπύλη λυγισμού	$a_0$	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

(3) Τιμές του μειωτικού συντελεστή  $\chi$  για την κατάλληλη ανηγμένη λυγηρότητα μπορεί να λαμβάνονται από το σχήμα 3.1.

(4) Για λυγηρότητα ή για οι επιδράσεις του λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να εφαρμόζονται μόνο έλεγχοι διατομών.

Μ  
ε  
ι  
ω  
τ  
ι  
κ  
ό  
ς  
σ  
υ  
ν  
τ  
ε  
λ  
ε  
σ  
τ  
ή  
ς  
χ



Ανηγμένη λυγηρότητα

Σχήμα 3.1

Πίνακας 3.6: Επιλογή καμπύλης λυγισμού για δεδομένη διατομή

Διατομή		Όρια		Λυγισμός περί τον άξονα	Καμπύλη λυγισμού	
					S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Ελατές διατομές	$\frac{h}{b} > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	$a_0$ $a_0$	
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	a a	
	$\frac{h}{b} \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a	
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	c c	
	Συγκολλητές I-διατομές	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b c	
		$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	c d	
Κοίλες Διατομές	Εν θερμώ έλαση	Κάθε	a	$a_0$		
	Ψυχρή έλαση	Κάθε	c	c		

Συγκολλητές κιβωτιοειδείς διατομές	Γενικά (εκτός των κατωτέρω)	Κάθε	b	b
	Μεγάλα πάχη ραφής: $\alpha > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Κάθε	c	c
U-, T- και συμπαγείς διατομές		Κάθε	c	c
L-διατομές		Κάθε	b	b

### 3.2.4.7.3 Λυγηρότητα για καμπτικό λυγισμό

(1) Η ανηγμένη λυγηρότητα δίνεται από:

για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

για διατομές κατηγορίας 4

όπου  $L_{cr}$  είναι το μήκος λυγισμού στο υπό θεώρηση επίπεδο λυγισμού

$i$  είναι η ακτίνα αδρανείας περί τον αντίστοιχο άξονα, υπολογιζόμενη χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες της πλήρους διατομής

( $f_y$  σε  $N/mm^2$ )

- (2) Για καμπτικό λυγισμό η κατάλληλη καμπύλη λυγισμού πρέπει να καθορίζεται από τον Πίνακα 3.6.

#### 3.2.4.7.4 Λυγηρότητα για στρεπτικό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό

(1) Για μέλη με ανοιχτές διατομές πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο η αντοχή του μέλους σε στρεπτικό ή στρεπτοκαμπτικό λυγισμό να είναι μικρότερη από την αντοχή του σε καμπτικό λυγισμό.

(2) Η ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτικό ή στρεπτοκαμπτικό λυγισμό πρέπει να λαμβάνεται ως:

για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

για διατομές κατηγορίας 4

όπου

$N_{cr,TF}$  είναι η ελαστική δύναμη στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

$N_{cr,T}$  είναι η ελαστική δύναμη στρεπτικού λυγισμού

(3) Για στρεπτικό ή στρεπτοκαμπτικό λυγισμό η κατάλληλη καμπύλη λυγισμού μπορεί να καθορίζεται από τον Πίνακα 3.6 θεωρώντας αυτήν που σχετίζεται με τον άξονα z.

#### 3.2.4.7.5 Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού – Γενική περίπτωση

(1) Για καμπτόμενα μέλη σταθερής διατομής, η τιμή του  $\chi_{LT}$  για την αντίστοιχη ανηγμένη λυγηρότητα  $\lambda_{LT}$  καθορίζεται από:



όπου

$\alpha_{LT}$  είναι συντελεστής ατελειών

$M_{cr}$  είναι η ελαστική κρίσιμη ροπή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

(2) Το  $M_{cr}$  βασίζεται στις ιδιότητες της πλήρους διατομής και λαμβάνει υπόψη τις συνθήκες φορτίσεως, την πραγματική κατανομή της ροπής και τις πλευρικές δεσμεύσεις.

Οι προτεινόμενες τιμές του  $\alpha_{LT}$  δίνονται στον Πίνακα 3.7.

Καμπύλη λυγισμού	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

**Πίνακας 3.7:** Συντελεστές ατελειών για καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

Οι συστάσεις για τις καμπύλες λυγισμού που πρέπει να χρησιμοποιούνται δίνονται στον Πίνακα 3.8.

Διατομή	Όρια	Καμπύλη λυγισμού
Ελατές διατομές I	$h/b \leq 2$	<b>a</b>
	$h/b > 2$	<b>b</b>

Συγκολλητές διατομές I	$h/b \leq 2$	<b>c</b>
	$h/b > 2$	<b>d</b>
Άλλες διατομές	-	<b>d</b>

**Πίνακας 3.8: Καμπύλη στρεπτοκαμπτικού λυγισμού**

(3) Τιμές του μειωτικού συντελεστή  $\chi_{LT}$  για την αντίστοιχη ανηγμένη λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_{LT}$  μπορούν να λαμβάνονται από το σχήμα 3.1.

(4) Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_{LT} < 0.2$  ή για  $\bar{\lambda}_{LT} > 0.2$  οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

(5) Σύμφωνα με την περίπτωση για ελατές διατομές για λυγηρότητα  $\bar{\lambda}_{LT} < 0.2$  ή για

$\bar{\lambda}_{LT} > 0.2$  οι επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

### 3.2.4.8 Μέλη σταθερής διατομής υπό κάμψη και αξονική θλίψη

(1) Μέλη που υπόκεινται σε συνδυασμένη κάμψη και θλίψη πρέπει να ικανοποιούν:

όπου  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  και  $M_{z,Ed}$  είναι οι τιμές σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης και των μεγίστων ροπών ως προς τους y-y και z-z άξονες κατά μήκος του μέλους, αντίστοιχα

$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$  είναι οι ροπές λόγω της μετατόπισης του κεντροβαρικού για διατομές κατηγορίας 4

$\chi_y$  and  $\chi_z$  είναι οι μειωτικοί συντελεστές λόγω καμπτικού λυγισμού

$\chi_{LT}$  είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης

Κατηγορία	1	2	3	4
$A_i$	A	A	A	$A_{eff}$
$W_y$	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
$W_z$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0	$e_{N,y} N_{Ed}$
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0	$e_{N,z} N_{Ed}$

**Πίνακας 3.9:** Τιμές για  $N_{Rk} = f_y A_i$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$  και  $\Delta M_{i,Ed}$

(2) Οι συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

- Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$  για τη σχέση αλληλεπίδρασης

**Πίνακας 3.10: Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$** 

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Παραδοχές σχεδιασμού	
	ελαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομής κατηγορία 1, κατηγορία 2
$k_{yy}$		
$k_{yz}$		
$k_{zy}$		
$k_{zz}$		
Βοηθητικοί συντελεστές		
	με	

	με
$C_{my}$ Πίνακα Α.2	βλέπε με
	με

**Πίνακας 3.10 (συνέχεια)**

= ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτοκαμπτικό λυγισμό λόγω σταθερής καμπτικής ροπής, δηλ.

$\psi_y = 1,0$  στον Πίνακα 3.11

= ανηγμένη λυγηρότητα για στρεπτοκαμπτικό λυγισμό

Για :  $C_{my} = C_{my,0}$

$C_{mz} = C_{mz,0}$

$C_{mLT} = 1,0$

Για :

για διατομές κατηγορίας 1, 2 και 3

για διατομές κατηγορίας 4

$N_{crit,y}$  = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα y-y

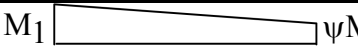
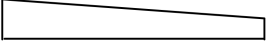
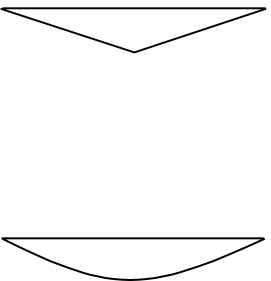
$N_{crit,z}$  = ελαστική δύναμη καμπτικού λυγισμού περί τον άξονα z-z

$N_{crit,T}$  = ελαστική δύναμη στρεπτικού λυγισμού

$I_T$  = σταθερά στρέψης St. Venant

$I_y$  = ροπή αδρανείας ως προς τον άξονα y-y

**Πίνακας 3.11: Συντελεστές  $C_{mi,0}$  ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής**

Διάγραμμα ροπής	
 <p><math>M_1</math>  <math>\psi M_1</math></p>	
	<p><math>M_{i,Ed}(x)</math> είναι η μέγιστη ροπή <math>M_{y,Ed}</math> ή <math>M_{z,Ed}</math>  <math> \delta_x </math> είναι η μέγιστη μετατόπιση του μέλους κατά  το μήκος του</p>
	



### 3.2.4.8.1 Κρίσιμη ροπή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού

Η κρίσιμη ροπή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού δίνεται από τη σχέση:

Όπου:

**E:** μέτρο ελαστικότητας

**G:** μέτρο διάτμησης

**C1, C2, C3:** συντελεστές εξαρτώμενοι από τις συνθήκες φόρτισης και στρεπτικής στήριξης

**I<sub>T</sub> :** η σταθερά στρέψης

**I<sub>w</sub> :** η σταθερά στρέβλωσης

**I<sub>z</sub> :** η ροπή αδράνειας ως προς τον ασθενή άξονα

**L<sub>T</sub> :** το μήκος του μέλους μεταξύ σημείων πλευρικά εξασφαλισμένων

**z<sub>g</sub>=z<sub>α</sub>-z<sub>ς</sub> :** η απόσταση του κέντρου διάτμησης από το σημείο εφαρμογής του φορτίου

**z<sub>α</sub> :** η τεταγμένη του σημείου εφαρμογής του φορτίου ως προς τον κεντροβαρικό άξονα y-y

**z<sub>ς</sub> :** η τεταγμένη του κέντρου διάτμησης ως προς τον κεντροβαρικό άξονα y-y

**z<sub>j</sub> :** (για διατομές διπλής συμμετρίας z<sub>j</sub>=0)






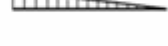




**k και  $k_w$**  : συντελεστές εξαρτώμενοι από το είδος των στηρίξεων ως προς την ελευθερία στροφής και στρέβλωσης των άκρων του εξεταζόμενου πλευρικά μη προστατευόμενου τμήματος

- Ο συντελεστής **k** αφορά τη στροφή του άκρου στο εγκάρσιο προς τη φόρτιση επίπεδο και είναι ανάλογος του συντελεστή ισοδύναμου μήκους λυγισμού θλιβόμενου στοιχείου.
- Ο συντελεστής  **$k_w$**  αφορά τη στρέβλωση του άκρου και λαμβάνεται ίσος προς 1.0, εκτός και εάν έχουμε λάβει ειδικά μέτρα πάκτωσης έναντι στρέβλωσης.

Οι συντελεστές **k** και  **$k_w$** :

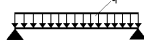

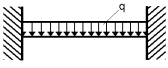

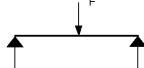
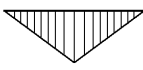
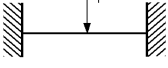
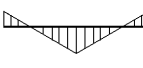

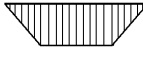
- για πλήρη πάκτωση λαμβάνουν τιμή 0.5
- για απλές στηρίξεις λαμβάνουν τιμή 1.0
- για περιπτώσεις που έχουμε το ένα άκρο απλά στηριζόμενο και το άλλο πακτωμένο, λαμβάνουν τιμή 0.7.

**Πίνακας 3.12:** Συντελεστές  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  για διάφορες τιμές του  $k$ , σε περίπτωση φόρτισης μόνο με ακραίες ροπές (και για  $\theta = 0$ ).

Φόρτιση και συνθήκες στήριξης	Διάγραμμα καμπτικών ροπών	Τιμές του συντελεστή $k$	Συντελεστές		
			$C_1$	$C_2$	$C_3$
	 ψ=1	1.0	1.000	-	1.000
		0.7	1.000	-	1.113
		0.5	1.000	-	1.114
	 ψ=3/4	1.0	1.141	-	0.998
		0.7	1.270	-	1.565
		0.5	1.305	-	2.283
	 ψ=1/2	1.0	1.323	-	0.992
		0.7	1.473	-	1.556
		0.5	1.514	-	2.271
	 ψ=1/4	1.0	1.563	-	0.977
		0.7	1.739	-	1.531
		0.5	1.788	-	2.235
	 ψ=0	1.0	1.879	-	0.939
		0.7	2.092	-	1.473
		0.5	2.150	-	2.150
	 ψ=-1/4	1.0	2.281	-	0.855
		0.7	2.538	-	1.340
		0.5	2.609	-	1.975
	 ψ=-1/2	1.0	2.704	-	0.676
		0.7	3.009	-	1.059
		0.5	3.093	-	1.546
	 ψ=-3/4	1.0	2.927	-	0.366
		0.7	3.258	-	0.575
		0.5	3.348	-	0.837
 ψ=-1.0	1.0	2.752	-	0.000	
	0.7	3.063	-	0.000	
	0.5	3.149	-	0.000	



**Πίνακας 3.13:** Συντελεστές  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  για διάφορες τιμές του  $k$  σε περίπτωση φόρτισης μόνο με εγκάρσια φορτία (και για  $\lambda = 0$ ).

Φόρτιση και συνθήκες στήριξης	Διάγραμμα καμπτικών ροπών	Τιμές του συντελεστή $k$	Συντελεστές		
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
		1.0	1.132	0.459	0.525
		0.5	0.972	0.304	0.980
		1.0	1.285	1.562	0.753
		0.5	0.712	0.652	1.070
		1.0	1.365	0.553	1.730
		0.5	1.070	0.432	3.050
		1.0	1.565	1.267	2.640
		0.5	0.938	0.715	4.800
		1.0	1.046	0.430	1.120
		0.5	1.010	0.410	1.890

### 3.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ

#### 3.3.1 ΚΤΙΡΙΟ Α (ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ)

##### 3.3.1.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ

- Στοιχεία Διατομής HEB 300:

##### HEB 300

H=	300 mm	$i_y=$	12.99 cm
b=	300 mm	$i_z=$	7.58 cm
$t_w=$	11 mm	$I_t=$	185 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	19 mm	$I_w=$	1688000 cm <sup>6</sup>
c=d=	208 mm	$W_{el,y}=$	1678 cm <sup>3</sup>
A=	149.1 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	570.9 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	47.43 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}$ =	1869 cm <sup>3</sup>
r=	27 mm	$W_{pl,z}=$	870.1 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	25170 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	8563 cm <sup>4</sup>		

- Κατάταξη Διατομής:

##### Κορμός

**Κατηγορία1****Πέλμα****Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα y-y'    καμπύλη λυγισμού "b"

λυγισμός περί τον άξονα z-z'    καμπύλη λυγισμού "c"

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 30, x = 6.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$= 276.54$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 643.52 \quad > \quad = 276.54$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



**B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:**

- **Ράβδος 30, x = 6.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$V = 276.54 \qquad 321.76$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 30,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

331.72

= 439.215

ο έλεγχος ικανοποιείται

Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:

- Ράβδος 30,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

12

331.72

0.02

439.215

204.473

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.003$

Άρα:

$$0.570412437 + 9.78122\text{E-}05 = 0.5705$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Τρείς τελευταίοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 320,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 262.67$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 643.52 \quad > \quad = 262.67$$

ο έλεγχος ικανοποιείται

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 320,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 262.67 \quad 321.76$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 320,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$293.22$$

= 439.215

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:

- Ράβδος 320,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

5.1

293.22

0.09

439.215

204.473

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.001455542$

Άρα:

$0.445689961 + 0.000440155 = 0.4461$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

Ε) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

Οι κύριες δοκοί εξασφαλίζονται πλευρικά λόγω της παρουσίας των διαδοκίδων, συνεπώς δεν απαιτείται έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

### 3.3.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ

- **Στοιχεία Διατομής HEB 280:**

#### HEB 280

H=	280 mm	$i_{y^{\bar{}}}$	12.11 cm
b=	280 mm	$i_{z^{\bar{}}}$	7.09 cm
$t_w^{\bar{}}$	10.5 mm	$I_t^{\bar{}}$	143.7 cm <sup>4</sup>
$t_f^{\bar{}}$	18 mm	$I_w^{\bar{}}$	1130000 cm <sup>6</sup>
c=d=	196 mm	$W_{el,y^{\bar{}}}$	1376 cm <sup>3</sup>
A=	131.4 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z^{\bar{}}}$	471 cm <sup>3</sup>
$A_{vz^{\bar{}}}$	41.09 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y^{\bar{}}}$	1534 cm <sup>3</sup>
r=	24 mm	$W_{pl,z^{\bar{}}}$	717.6 cm <sup>3</sup>
$I_{y^{\bar{}}}$	19270 cm <sup>4</sup>		
$I_{z^{\bar{}}}$	6595 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**



**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα y-y'    καμπύλη λυγισμού “b”

λυγισμός περί τον άξονα z-z'    καμπύλη λυγισμού “c”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 157, x = 5.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$= 79.92$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 557.50 \quad > \quad = 79.92$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 157, x = 5.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

V = 79.92

278.75

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 157,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56, min My :

198.57

= 360.49

ο έλεγχος ικανοποιείται

Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- Ράβδος 48,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :

38.7

80.93

0.17

Μήκος: 500 cm

Υλικό: S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

Καμπύλη λυγισμού:

$a_y = 0.34$  "b"

$a_z = 0.49$  "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} = 3087.9$

$M_{y,pl} = 360.49$

$M_{z,pl} = 168.64$

$N_{pl,Rd} = 1945.3$

**Συντελεστής**

Στήριξη κατά y: αρθρ. άρθρ. y 1.0

Στήριξη κατά z: αρθρ. άρθρ. z 1.0

**Κ α τ ά  
Κατά y-y z-z**

Ανηγμένο μήκος λυγισμού:  $L_y = 500$  cm  $L_z = 500$  cm

Ανηγμένη λυγηρότητα:  $\lambda_y = 0.440$   $\lambda_z = 0.751$

Συντελεστής "φ":  $\Phi_y = 0.637$   $\Phi_z = 0.917$

Μειωτικός συντελεστής:  $\chi_y = 0.910$   $\chi_z = 0.693$

Μειωτικοί συντελεστές:  $\chi_{y'} = 0.910$

$\chi_{z'} = 0.693$

**Ένρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :**

$k=$	1
$G=$	8077
$k_w=$	1
$C_1=$	2.78
$C_2=$	0
$C_3=$	0.059
$I_t=$	143.7 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	1130000 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	6595 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	500 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 297695.931$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

0.34798471

0.02718545

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt}= 0.57608507$

$\chi_{Lt}= 0.96600287$  δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta= 0.75$

$\varphi_{Lt}= 0.57056741$

$\chi_{Lt}= 0.919178152$  δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt}=$**

0.919178152

$N_{cr,y}= 15959.5373$

$N_{cr,z}= 5462.02121$

$N_{cr,T}= 10646.6382$

$i_M^2=i_Y^2+i_Z^2= 196.9 \text{ cm}^2$

Ανηγγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$ 

$\psi=$		1
$k=$		1
$C_1=$		1
$M_{cr,Lt}=$	107084.867	
$\lambda_0=$	0.58020646	
		$\lambda_0 >$ Κριτήριο
<b>Κριτήριο:</b>	0.332571479	$\nu$
$C_{my,0}=$	0.789711924	
$C_{my}=$	0.854325166	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.789158268	
$\psi=$		0
$a_{Lt}=$	0.992542813	
$\mu_y=$	0.999781342	
$\mu_z=$	0.997813764	
$\varepsilon_y=$	19.96988237	
$C_{mLt}=$	0.922173176	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>		1
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	3087.9	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	36049	
$\eta_{pl}=$	0.01253279	

$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	16863.6
$w_y=$	1.114825581
τελική τιμή	1.114825581
$w_z=$	1.523566879
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}=$	4.11339E-05
$d_{Lt}=$	0.000894332
$C_{Lt}=$	0.159632197
$\lambda_{max}=$	0.751
$e_{Lt}=$	0.5950905
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}=$	1.00036390
$C_{yz}=$	0.92865960
$C_{zy}=$	0.99667864
$C_{zz}=$	1.00333052
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}=$	0.963087247
$K_{yz}=$	0.595516851
$K_{zy}=$	0.499024699
$K_{zz}=$	0.790419476

- Τελικός Έλεγχος:



1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Ράβδος 157, x = 5.000, Φόρτιση 56, min My :**

2.2

198.57

0.32

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y$ = 23.5

$\lambda_1$ = 93.9

$\beta$ = 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y$ = 0.34 "b"

$a_z$ = 0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl}$ = 3087.9

$M_{y,pl}$ = 360.49

$M_{z,pl}$ = 168.64

$N_{pl,Rd}$ = 1945.3

**Συντελεστής**

			1	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			1	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

	<b>Κατά y-y</b>		<b>Κ α τ ά z-z</b>	
<b>Ανηγμένο μήκος λυγισμού:</b>	$L_y=$	500 cm	$L_z=$	500 cm
<b>Ανηγμένη λυγηρότητα:</b>	$\lambda_y=$	0.440	$\lambda_z=$	0.751
<b>Συντελεστής "φ":</b>	$\Phi_y=$	0.637	$\Phi_z=$	0.917
<b>Μειωτικός συντελεστής:</b>	$\chi_y=$	0.910	$\chi_z=$	0.693
<b>Μειωτικοί συντελεστές:</b>	$\chi_y=$	0.910		
	$\chi_z=$	0.693		
<b>Έυρεση συντελεστή <math>X_{Lt}</math>:</b>				
<b>k=</b>		1		
<b>G=</b>		8077		
<b><math>k_w=</math></b>		1		
<b><math>C_1=</math></b>		1.565		
<b><math>C_2=</math></b>		1.267		
<b><math>C_3=</math></b>		0.059		
<b><math>I_t=</math></b>		143.7	$\text{cm}^4$	
<b><math>I_w=</math></b>		1130000	$\text{cm}^6$	
<b><math>I_z=</math></b>		6595	$\text{cm}^4$	
<b><math>L_t=</math></b>		500	cm	
<b><math>Z_g=Z_a-Z_s</math></b>		0		
<b><math>Z_a=</math></b>		0		
<b><math>Z_s=</math></b>		0		

$$Z_j = 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = 167587.817$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για

οι επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.46379428$$

$$0.118487133$$

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$ , άρα καμπύλη α

$$a_{Lt}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$$\varphi_{Lt} = 0.635250967$$

$$\chi_{Lt} = 0.935150858 \text{ δεκτό}$$

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta=$	0.75
$\varphi_{Lt}=$	0.625509453
$\chi_{Lt}=$	0.857270693 δεκτό
<b>Επιλέγω τον ελάχιστο <math>\chi_{Lt}</math> :</b>	$\chi_{Lt}=$
	0.857270693

$N_{cr,y}=$	15959.5373
$N_{cr,z}=$	5462.02121
$N_{cr,T}=$	10646.6382

$$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 196.9 \text{ cm}^2$$

**Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$** 

$\psi=$	1
$k=$	1
$C_1=$	1
$M_{cr,Lt}=$	107084.8673
$\lambda_0=$	0.58020646
<b>Κριτήριο:</b>	0.250161797 $\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.789983624

$C_{my} =$	0.993031873
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.78995215
$\psi =$	0
$a_{Lt} =$	0.992542813
$\mu_y =$	0.999987596
$\mu_z =$	0.999876294
$\varepsilon_y =$	861.921842
$C_{mLt} =$	0.979057009
Τελική τιμή $C_{mLt} =$	1
$N_{Rk} = A \cdot f_y =$	3087.9
$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y =$	36049
$n_{pl} =$	16863.6
$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y =$	1.114825581
$w_y =$	1.114825581
τελική τιμή	1.523566879
$w_z =$	1.5
τελική τιμή	0.000203698
$b_{Lt} =$	0.004283017
$d_{Lt} =$	0.406543799
$C_{Lt} =$	0.751
$\lambda_{max} =$	1.515548595
$e_{Lt} =$	16863.6

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$$C_{yy} = 0.999987996$$

$$C_{yz} = 0.797209459$$

$$C_{zy} = 0.999301977$$

$$C_{zz} = 0.999860812$$

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς****Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.993168383$$

$$K_{yz} = 0.689908241$$

$$K_{zy} = 0.514021954$$

$$K_{zz} = 0.790282692$$

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Τρεις τελευταίοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 357,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 58.30$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 557.50 \quad > \quad = 58.30$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:**

- **Ράβδος 357,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 58.30 \quad 278.75$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

**Γ) Έλεγχος σε κάμψη:**

- **Ράβδος 357,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$143.65 \quad .m$$

$$= 360.49$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



## Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- **Ράβδος 348,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

35.8

40.26

0.14

Μήκος: 500 cm

Υλικό: S235

 $f_y =$  23.5 $\lambda_1 =$  93.9 $\beta =$  1.3

Καμπύλη λυγισμού:

 $a_y =$  0.34 "b" $a_z =$  0.49 "c"

Πλαστικά μεγέθη:

 $N_{pl} =$  3087.9 $M_{y,pl} =$  360.49 $M_{z,pl} =$  168.64 $N_{pl,Rd} =$  1945.3

Συντελεστής

Στήριξη κατά y: αρθρ. άρθρ. 1 1.0

			y	
			l	
Στήριξη κατά z:	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0
			<b>Κ α τ ά</b>	
	<b>Κατά y-y</b>		<b>z-z</b>	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.440	$\lambda_z =$	0.751
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.637	$\Phi_z =$	0.917
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.910	$\chi_z =$	0.693
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.910		
	$\chi_z =$	0.693		
<b>Έυρεση συντελεστή <math>X_{Lt}</math>:</b>				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		2.8		
$C_2 =$		0		
$C_3 =$		0.08		
$I_t =$		143.7 cm <sup>4</sup>		
$I_w =$		1130000 cm <sup>6</sup>		
$I_z =$		6595 cm <sup>4</sup>		
$L_t =$		500 cm		

$$Z_g = Z_a - Z_s \quad 0$$

$$Z_a = \quad 0$$

$$Z_s = \quad 0$$

$$Z_j = \quad 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = \quad 299837.6284$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

0.34673968

0.01342726

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :****Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt}= 0.575521869$

$\chi_{Lt}= 0.966308696$  Δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta= 0.75$

$\varphi_{Lt}= 0.570031398$

$\chi_{Lt}= 0.919811483$  Δεκτό

Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt} =$   
0.919811483

$N_{cr,y} =$  15959.5373

$N_{cr,z} =$  5462.02121

$N_{cr,T} =$  10646.6382

$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 =$  196.9 cm<sup>2</sup>

Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$

$\psi =$  1

$k =$  1

$C_1 =$  1

$M_{cr,Lt} =$  107084.867

$\lambda_0 =$  0.58020646

$\lambda_0 >$  Κριτήριο

Κριτήριο: 0.333833056 υ

$C_{my,0} =$  0.789733511

$C_{my} =$  0.950555992

$C_{mz} = C_{mz,0} =$  0.789221343

$\psi =$  0

$a_{Lt} =$  0.992542813

$\mu_y =$  0.99979776

$\mu_z^=$	0.99797833
$\varepsilon_y^=$	10.73909478
$C_{mLt}^=$	0.901288857
Τελική τιμή $C_{mLt}^=$	1
$N_{Rk}^=A \cdot f_y^=$	3087.9
$M_{y,Rk}^=W_{pl,y} \cdot f_y^=$	36049
$n_{pl}^=$	0.01159364
$M_{z,Rk}^=W_{pl,z} \cdot f_y^=$	16863.6
$w_y^=$	1.114825581
τελική τιμή	1.114825581
$w_z^=$	1.523566879
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}^=$	1.68401E-05
$d_{Lt}^=$	0.00037025
$C_{Lt}^=$	0.080255002
$\lambda_{max}^=$	0.751
$e_{Lt}^=$	0.299181431
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}^=$	1.00039
$C_{yz}^=$	0.96771
$C_{zy}^=$	0.99711
$C_{zz}^=$	1.0048

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς**  
**Αλληλεπίδρασης:**

$K_{yy} =$	0.95213
$K_{yz} =$	0.57123
$K_{zy} =$	0.49322
$K_{zz} =$	0.78904

- Τελικός Έλεγχος:

1)

2)

ο έλεγχος ικανοποιείται

- Ράβδος 357,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56, min My :

2.2

143.65

0.36

<b>Μήκος:</b>	500 cm
<b>Υλικό:</b>	S235
$f_y =$	23.5
$\lambda_1 =$	93.9
$\beta =$	1.3
<b>Καμπύλη λυγισμού:</b>	
$a_y =$	0.34      "b"

$a_z = 0.49$  "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pI} = 3087.9$

$M_{y,pI} = 360.49$

$M_{z,pI} = 168.64$

$N_{pI,Rd} = 1945.3$

**Συντελεστής**

1

Στήριξη κατά y: αρθρ. άρθρ. y 1.0

1

Στήριξη κατά z: αρθρ. άρθρ. z 1.0

**Κ α τ ά  
z-z**

**Κατά y-y**

500

Ανηγμένο μήκος λυγισμού:

$L_y = 500$  cm

$L_z =$  cm

Ανηγμένη λυγηρότητα:

$\lambda_y = 0.440$

$\lambda_z = 0.751$

Συντελεστής "φ":

$\varphi_y = 0.637$

$\varphi_z = 0.917$

Μειωτικός συντελεστής:

$\chi_y = 0.910$

$\chi_z = 0.693$

Μειωτικοί συντελεστές:

$\chi_y = 0.910$

$\chi_z = 0.693$

Έυρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :

$k = 1$



$G=$	8077
$k_w=$	1
$C_1=$	1.565
$C_2=$	1.267
$C_3=$	2.64
$I_t=$	143.7 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	1130000 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	6595 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	500 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 167587.817$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για

οι επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.46379428$$

0.085716255

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt} = 0.635250967$

$\chi_{Lt} = 0.935150858$  Δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta = 0.75$

$\varphi_{Lt} = 0.625509453$

$\chi_{Lt} = 0.857270693$  Δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt} = 0.857270693$**

$N_{cr,y} = 15959.5373$

$N_{cr,z} = 5462.02121$

$N_{cr,T} = 10646.6382$

$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 196.9 \text{ cm}^2$

**Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$** 

$\psi=$		1
$k=$		1
$C_1=$		1
$M_{cr,Lt}=$	107084.8673	
$\lambda_0=$	0.58020646	
<b>Κριτήριο:</b>	0.250161797	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.789983624	
$C_{my}=$	0.939623478	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.78995215	
$\psi=$		0
$a_{Lt}=$	0.992542813	
$\mu_y=$	0.999987596	
$\mu_z=$	0.999876294	
$\varepsilon_y=$	623.5336284	
$C_{mLt}=$	0.976737604	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>		1
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	3087.9	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	36049	

$n_{pl}^=$	0.000712458
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} * f_y^=$	16863.6
$w_y^=$	1.114825581
τελική τιμή	1.114825581
$w_z^=$	1.523566879
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}^=$	0.00016578
$d_{Lt}^=$	0.003489871
$C_{Lt}^=$	0.294451907
$\lambda_{max}^=$	0.751
$e_{Lt}^=$	1.097682896
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}^=$	0.99999271
$C_{yz}^=$	0.853255405
$C_{zy}^=$	0.999393926
$C_{zz}^=$	1.000009668
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}^=$	0.99198659
$K_{yz}^=$	0.644591728
$K_{zy}^=$	0.513365492
$K_{zz}^=$	0.790165055

- Τελικός Έλεγχος:

1)

2)

**ο**

**έλεγχος**

**ικανοποιείται**

### 3.3.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

- **Στοιχεία Διατομής 2HEB 450:**

#### **2 H E B 450**

H=	450 mm	$i_{y^{\bar{}}}$	19.14 cm
b=	300 mm	$i_{z^{\bar{}}}$	19.14 cm
$t_w^{\bar{}}$	14 mm	$I_t^{\bar{}}$	440.5 cm <sup>4</sup>
$t_f^{\bar{}}$	26 mm	$I_w^{\bar{}}$	5258000 cm <sup>6</sup>
c=d=	344 mm	$W_{el,y^{\bar{}}}$	3551 cm <sup>3</sup>
A=	436 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z^{\bar{}}}$	3551 cm <sup>3</sup>
$A_{vz^{\bar{}}}$	79.66 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y^{\bar{}}}$	3982 cm <sup>3</sup>
r=	27 mm	$W_{pl,z^{\bar{}}}$	3982 cm <sup>3</sup>
$I_{y^{\bar{}}}$	79890 cm <sup>4</sup>		
$I_{z^{\bar{}}}$	79890 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**

**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “a”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “b”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε θλίψη:**

- **Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min N$  :**

3135

Αντοχή σχεδιασμού :

$$10246 > 3135$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης:**

- **Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min N$  :**

3135

$$1) \quad 2561.5$$

$$2) \quad 565.88$$

Επομένως χρειάζεται απομείωση της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης.

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) = 956.622$$

$$\text{Πρέπει } M_{N,y,Rd} = 956.622 \quad M_{pl,y,Rd} = 935.77$$

$$\text{Άρα } M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = 935.77$$

$$180.83$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**Γ) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 5, x = 5.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$= 115.36$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 1080.80 > 115.36$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



Δ) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 5,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 115.36 \quad 540.4$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Ε) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 5,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$401.08$$

$$= 935.77$$

ο έλεγχος ικανοποιείται

ΣΤ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- **Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min N$  :**

$$3135$$

$$180.83$$

$$124.97$$

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y=$  23.5

$\lambda_1=$  93.9

$\beta=$  1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y=$  0.21 "a"

$a_z=$  0.34 "b"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl}=$  10246.0

$M_{y,pl}=$  935.77

$M_{z,pl}=$  935.77

$N_{pl,Rd}=$  9054.3

**Συντελεστής**

**Στήριξη κατά y:** αρθρ. άρθρ. 1 1.0

**Στήριξη κατά z:** αρθρ. άρθρ. 1 1.0

**Κατά y-y** **Κ α τ ά**  
**z-z**

**Ανηγμένο μήκος λυγισμού:**  $L_y=$  500 cm  $L_z=$  500 cm

Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.278	$\lambda_z =$	0.278
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.547	$\Phi_z =$	0.552
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.983	$\chi_z =$	0.972
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.910		
	$\chi_z =$	0.693		
<b>Έυρεση συντελεστή <math>X_{Lt}</math>:</b>				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		2.891		
$C_2 =$		0		
$C_3 =$		0.705		
$I_t =$		440.5	cm <sup>4</sup>	
$I_w =$		5258000	cm <sup>6</sup>	
$I_z =$		79890	cm <sup>4</sup>	
$L_t =$		500	Cm	
$Z_g = Z_a - Z_s$		0		
$Z_a =$		0		
$Z_s =$		0		
$Z_j =$		0		
<b>Έυρεση <math>M_{cr}</math>:</b>				
$M_{cr} =$		2093367.862		

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.21142765$$

$$0.008612915$$

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1.5$  ,άρα καμπύλη α

$$a_{Lt}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :****Γενική Περίπτωση**

$$\varphi_{Lt}= 0.523550729$$

$$\chi_{Lt}= 0.997494486 \quad \text{Δεκτό}$$

**Για Ελατές Διατομές**

$$\beta= 0.75$$

$$\varphi_{Lt}= 0.51870582$$

$$\chi_{Lt}= 0.984663884 \quad \text{Δεκτό}$$

Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt} =$   
0.984663884

$N_{cr,y} =$  66165.4093

$N_{cr,z} =$  66165.4093

$N_{cr,T} =$  10799.58016

$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 =$  732.7 cm<sup>2</sup>

**Ανηγμένη Δυστηρότητα  $\lambda_0$**

$\psi =$  1

$k =$  1

$C_1 =$  1

$M_{cr,Lt} =$  724098.1883

$\lambda_0 =$  0.359489184

$\lambda_0 >$  Κριτήριο

**Κριτήριο:** 0.308357274 υ

$C_{my,0} =$  0.784371107

$C_{my} =$  0.801001254

$C_{mz} = C_{mz,0} =$  0.784371107

$\psi =$  0

$a_{Lt} =$  0.994486168

$\mu_{y=}$	0.99913257
$\mu_{z=}$	0.99861251
$\varepsilon_{y=}$	0.706145179
$C_{mLt=}$	0.942025393
Τελική τιμή $C_{mLt=}$	1
$N_{Rk}=A * f_{y=}$	10246
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} * f_{y=}$	93577
$n_{pl=}$	0.305973063
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} * f_{y=}$	93577
$w_{y=}$	1.121374261
τελική τιμή	1.121374261
$w_{z=}$	1.121374261
τελική τιμή	1.121374261
$b_{Lt=}$	0.001679251
$d_{Lt=}$	0.254673356
$C_{Lt=}$	0.056922924
$\lambda_{max=}$	0.278
$e_{Lt=}$	1.271415124
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy=}$	1.059397223
$C_{yz=}$	1.053407214
$C_{zy=}$	1.025693006

$$C_{zz} = 1.015466886$$

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.873730003$$

$$K_{yz} = 0.468576541$$

$$K_{zy} = 0.541182595$$

$$K_{zz} = 0.809717826$$

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



- **Ράβδος 5,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56, min  $M_y$  :**

531

401.08

103.55

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ :** 23.5

**$\lambda_1$ :** 93.9

**$\beta$ :** 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

**$a_y$ :** 0.21 "a"

**$a_z$ :** 0.34 "b"

**Πλαστικά μεγέθη:**

**$N_{pl}$ :** 10246.0

**$M_{y,pl}$ :** 935.77

**$M_{z,pl}$ :** 935.77

**$N_{pl,Rd}$ :** 9054.3

**Συντελεστής**

l

**Στήριξη κατά y:** αρθρ. άρθρ. y 1.0

**Στήριξη κατά z:** αρθρ. αρθρ. l 1.0

z

	Κατά y-y		Κ α τ ά z-z	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y=$	500 cm	$L_z=$	5 0 0 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y=$	0.278	$\lambda_z=$	0.278
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y=$	0.547	$\Phi_z=$	0.552
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y=$	0.983	$\chi_z=$	0.972
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y=$	0.910		
	$\chi_z=$	0.693		
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :				
k=		1		
G=		8077		
$k_w=$		1		
$C_1=$		1.381		
$C_2=$		0		
$C_3=$		0.98		
$I_t=$		440.5 cm <sup>4</sup>		
$I_w=$		5258000 cm <sup>6</sup>		
$I_z=$		79890 cm <sup>4</sup>		
$L_t=$		500 Cm		

$$Z_g = Z_a - Z_s \quad 0$$

$$Z_a = \quad 0$$

$$Z_s = \quad 0$$

$$Z_j = \quad 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = \quad 999979.598$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα  $\lambda$  ή για  $\lambda$  οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.3059067$$

$$0.0401108$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1.5$  ,άρα καμπύλη  $a$

$$a_{Lt}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$$\varphi_{Lt} = 0.557909658$$

$$\chi_{Lt} = 0.976108633 \quad \text{Δεκτό}$$

Για Ελατές Διατομές

$$\beta = 0.75$$

$$\varphi_{Lt} = 0.55309623$$

$$\chi_{Lt} = 0.94020327 \quad \text{Δεκτό}$$

Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt} : \chi_{Lt} = 0.94020327$

$$N_{cr,y} = 66165.4093$$

$$N_{cr,z} = 66165.4093$$

$$N_{cr,T} = 10799.58016$$

$$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 732.7 \text{ cm}^2$$

Ανηγμένη Δυστηρότητα  $\lambda_0$

$$\psi = 1$$

$$k = 1$$

$$C_1 = 1$$

$$M_{cr,Lt} = 724098.1883$$

$$\lambda_0 = 0.359489184$$

$$\text{Κριτήριο: } 0.231620962 \quad \lambda_0 > \text{Κριτήριο}$$

		υ
$C_{my,0}$	0.789046589	
$C_{my}$	0.947636395	
$C_{mz}=C_{mz,0}$	0.789046589	
$\psi$		0
$a_{Lt}$	0.994486168	
$\mu_y$	0.999858803	
$\mu_z$	0.999774051	
$\varepsilon_y$	9.274573726	
$C_{mLt}$	0.919560186	
Τελική τιμή $C_{mLt}$		1
$N_{Rk}=A \cdot f_y$	10246	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y$	93577	
$n_{pl}$	0.051825102	
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y$	93577	
$w_y$	1.121374261	
τελική τιμή	1.121374261	
$w_z$	1.121374261	
τελική τιμή	1.121374261	
$b_{Lt}$	0.003241777	
$d_{Lt}$	0.455156058	
$C_{Lt}$	0.123509607	

$$\lambda_{\max} = 0.278$$

$$e_{Lt} = 2.758677387$$

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$$C_{yy} = 1.009321442$$

$$C_{yz} = 0.995197079$$

$$C_{zy} = 0.953885353$$

$$C_{zz} = 0.993241049$$

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς**

**Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.946346825$$

$$K_{yz} = 0.479493696$$

$$K_{zy} = 0.600755955$$

$$K_{zz} = 0.800662098$$

• **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο**

**έλεγχος**

**ικανοποιείται**

### 3.3.2 ΚΤΙΡΙΟ Β (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ ΚΑΙ Υ'Υ)

#### 3.3.2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ

- Στοιχεία Διατομής HEB 300:

##### HEB 300

H=	300 mm	$i_y=$	12.99 cm
b=	300 mm	$i_z=$	7.58 cm
$t_w=$	11 mm	$I_t=$	185 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	19 mm	$I_w=$	1688000 cm <sup>6</sup>
c=d=	208 mm	$W_{el,y}=$	1678 cm <sup>3</sup>
A=	149.1 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	570.9 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	47.43 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	1869 cm <sup>3</sup>
r=	27 mm	$W_{pl,z}=$	870.1 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	25170 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	8563 cm <sup>4</sup>		

- Κατάταξη Διατομής:

##### Κορμός

## Κατηγορία1



**Πέλμα****Κατηγορία1**

Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “b”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “c”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 234,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 257.24$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 643.52 \quad > \quad = 257.24$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:**

- **Ράβδος 234,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 257.24 \quad 321.76$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

**Γ) Έλεγχος σε κάμψη:**

- **Ράβδος 234,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$274.22$$

$$= 439.215$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:**

- **Ράβδος 30,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$9.2$$

$$274.22$$

$$1.10$$

439.215

204.473

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.003$

Άρα:

$$0.389801877 + 0.00537967 = 0.395181$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Τρεις τελευταίοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 434,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min V_z$  :**

$$= 259.67$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 643.52 \quad > \quad = 259.67$$

ο έλεγχος ικανοποιείται

**B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:**

- **Ράβδος 434,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min Vz :**

$$V = 259.67 \qquad 321.76$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 434,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

283.08

= 439.215

ο έλεγχος ικανοποιείται

Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:

- Ράβδος 434,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

37.3

283.08

1.15

439.215

204.473



**Ε) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

Οι κύριες δοκοί εξασφαλίζονται πλευρικά λόγω της παρουσίας των διαδοκίδων, συνεπώς δεν απαιτείται έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

### 3.3.2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ

- Στοιχεία Διατομής HEB 260:

#### HEB 260

$H=$	260 mm	$i_y=$	11.22 cm
$b=$	260 mm	$i_z=$	6.58 cm
$t_w=$	10 mm	$I_t=$	123.8 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	17.5 mm	$I_w=$	753700 cm <sup>6</sup>
$c=d=$	177 mm	$W_{el,y}=$	1148 cm <sup>3</sup>
$A=$	118.4 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	395 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	37.59 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	1283 cm <sup>3</sup>
$r=$	24 mm	$W_{pl,z}=$	602.2 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	14920 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	5135 cm <sup>4</sup>		

- Κατάταξη Διατομής:

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**



## Κατηγορία1

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “b”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “c”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 246,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 28.92$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 510.011 \quad > \quad = 28.92$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:**

- **Ράβδος 246,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 28.92 \quad 255.006$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 244,  $\chi = 0.000$ , Φόρτιση 54, min My :**

$$70.90$$

$$= 301.505$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- **Ράβδος 244,  $\chi = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

$$88.9$$

$$27.31$$

$$0.72$$

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ =** 23.5

$\lambda_1 =$	93.9	
$\beta =$	1.3	
<b>Καμπύλη λυγισμού:</b>		
$a_y =$	0.34	"b"
$a_z =$	0.49	"c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} =$	2782.4
$M_{y,pl} =$	301.51
$M_{z,pl} =$	141.52
$N_{pl,Rd} =$	1660.4

**Συντελεστής**

			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

**Κατά y-y****Κατά z-z**

<b>Ανηγμένο μήκος λυγισμού:</b>	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
<b>Ανηγμένη λυγηρότητα:</b>	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809
<b>Συντελεστής "φ":</b>	$\Phi_y =$	0.659	$\Phi_z =$	0.977
<b>Μειωτικός συντελεστής:</b>	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656
<b>Μειωτικοί συντελεστές:</b>	$\chi_y =$	0.895		

$$\chi_z = 0.656$$

#### Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :

$k =$	1
$G =$	8077
$k_w =$	1
$C_1 =$	1.565
$C_2 =$	1.267
$C_3 =$	2.64
$I_t =$	123.8 cm <sup>4</sup>
$I_w =$	753700 cm <sup>6</sup>
$I_z =$	5135 cm <sup>4</sup>
$L_t =$	500 cm
$Z_g = Z_a - Z_s$	0
$Z_a =$	0
$Z_s =$	0
$Z_j =$	0

#### Έυρεση $M_{cr}$ :

$$M_{cr} = 130153.0404$$

#### Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

0.481304698

0.020975307

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:** $h/b=1$  ,άρα καμπύλη  $\alpha$  $a_{Lt}=0.21$ **Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :****Γενική Περίπτωση** $\varphi_{Lt}= 0.645364099$  $\chi_{Lt}= 0.929977326$  δεκτό**Για Ελατές Διατομές** $\beta= 0.75$  $\varphi_{Lt}= 0.634692128$  $\chi_{Lt}= 0.847408427$  δεκτό**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt}= 0.847408427$**  $N_{cr,y}= 12356.83949$  $N_{cr,z}= 4252.839864$  $N_{cr,T}= 9599.868095$  $i_M^2=i_Y^2+i_Z^2= 169.2 \text{ cm}^2$

**Ανηγμένη Αυξηρότητα  $\lambda_0$** 

$\psi=$		1
$k=$		1
$C_1=$		1
$M_{cr,Lt}=$	83164.88204	
$\lambda_0=$	0.602111984	
<b>Κριτήριο:</b>	0.248303811	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.789145306	
$C_{my}=$	0.923738384	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.787516643	
$\psi=$		0
$a_{Lt}=$	0.991702413	
$\mu_y=$	0.9992421	
$\mu_z=$	0.992718017	
$\varepsilon_y=$	3.16716508	
$C_{mLt}=$	0.859185445	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>		1
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	2782.4	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	30150.5	
$\eta_{pl}=$	0.031950834	

$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y$	14151.7
$w_y$	1.117595819
τελική τιμή	1.117595819
$w_z$	1.524556962
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}$	9.77249E-05
$d_{Lt}$	0.00168824
$C_{Lt}$	0.076607749
$\lambda_{max}$	0.809
$e_{Lt}$	0.222120678
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}$	1.000784216
$C_{yz}$	0.981688356
$C_{zy}$	0.990461639
$C_{zz}$	1.012932417
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς</b>	
<b>Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}$	0.928998573
$K_{yz}$	0.569096483
$K_{zy}$	0.482970961
$K_{zz}$	0.788278635

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



- **Ράβδος 244,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 54, min My :**

73

70.90

1.15

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y =$  0.34 "b"

$a_z =$  0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} =$  2782.4

$M_{y,pl} =$  301.51

$M_{z,pl} =$  141.52

$N_{pl,Rd} =$  1660.4

**Συντελεστής**

			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

	Κατά y-y		Κατά z-z	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.659	$\Phi_z =$	0.977
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.895		
	$\chi_z =$	0.656		
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		1.565		
$C_2 =$		1.267		
$C_3 =$		2.64		
$I_t =$		123.8 cm <sup>4</sup>		
$I_w =$		753700 cm <sup>6</sup>		
$I_z =$		5135 cm <sup>4</sup>		
$L_t =$		500 cm		
$Z_g = Z_a - Z_s$		0		
$Z_a =$		0		
$Z_s =$		0		

$$Z_j = 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.054474333$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$$a_{Lt}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$$\varphi_{Lt} = 0.645364099$$

$$\chi_{Lt} = 0.929977326 \quad \text{δεκτό}$$

**Για Ελατές Διατομές**

$$\beta = 0.75$$

$\Phi_{Lt} =$	0.634692128	
$\chi_{Lt} =$	0.847408427	δεκτό
<b>Επιλέγω τον ελάχιστο <math>\chi_{Lt}</math> : <math>\chi_{Lt} =</math> 0.847408427</b>		
$N_{cr,y} =$	12356.83949	
$N_{cr,z} =$	4252.839864	
$N_{cr,T} =$	9599.868095	
$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 =$	169.2	cm <sup>2</sup>

**Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$** 

$\psi =$	1	
$k =$	1	
$C_1 =$	1	
$M_{cr,Lt} =$	83164.88204	
$\lambda_0 =$	0.602111984	
<b>Κριτήριο:</b>	0.248644319	$\lambda_0 >$ Κριτηρίου
$C_{my,0} =$	0.78929817	
$C_{my} =$	0.949089688	
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.787960798	
$\psi =$	0	
$a_{Lt} =$	0.991702413	
$\mu_y =$	0.999378373	

$\mu_z^=$	0.994035261
$\varepsilon_y^=$	10.01689657
$C_{mLt}^=$	0.904509494
Τελική τιμή $C_{mLt}^=$	1
$N_{Rk}^=A \cdot f_y^=$	2782.4
$M_{y,Rk}^=W_{pl,y} \cdot f_y^=$	30150.5
$\eta_{pl}^=$	0.026236343
$M_{z,Rk}^=W_{pl,z} \cdot f_y^=$	14151.7
$w_y^=$	1.117595819
τελική τιμή	1.117595819
$w_z^=$	1.524556962
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}^=$	0.000405372
$d_{Lt}^=$	0.006812084
$C_{Lt}^=$	0.193641315
$\lambda_{max}^=$	0.809
$e_{Lt}^=$	0.561454172
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}^=$	1.000298738
$C_{yz}^=$	0.91958483
$C_{zy}^=$	0.990759472
$C_{zz}^=$	1.006153652

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς**

**Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.95385147$$

$$K_{yz} = 0.605642917$$

$$K_{zy} = 0.496091847$$

$$K_{zz} = 0.792066198$$

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**0**

**έλεγχος**

**ικανοποιείται**

- **Τρείς τελευταίοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 461,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54,  $\min Vz$  :**

$$= 29.98$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 510.011 > = 29.98$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 461,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54,  $\min Vz$  :**

$$V = 29.98 \quad 255.006$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 444,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 54,  $\min My$  :**

$$73.86 \text{ .m}$$

= 301.505

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- **Ράβδος 545,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

200.2

5.84

0.66

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y =$  0.34 "b"

$a_z =$  0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} =$  2782.4

$M_{y,pl} =$  301.51

$M_{z,pl} =$  141.52

$N_{pl,Rd} =$  1660.4

**Συντελεστής**

**Στήριξη κατά y:** αρθρ.    αρθρ.    1    1.0

			y	
			l	
Στήριξη κατά z:	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0
		<b>Κατά y-y</b>	<b>Κατά z-z</b>	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.659	$\Phi_z =$	0.977
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.895		
	$\chi_z =$	0.656		
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		1.565		
$C_2 =$		1.267		
$C_3 =$		2.64		
$I_t =$		123.8 cm <sup>4</sup>		
$I_w =$		753700 cm <sup>6</sup>		
$I_z =$		5135 cm <sup>4</sup>		
$L_t =$		500 cm		
$Z_g = Z_a - Z_s$		0		

$$Z_a = 0$$

$$Z_s = 0$$

$$Z_j = 0$$

Έυρεση  $M_{cr}$ :

$$M_{cr} = 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.004487025$$

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη  $a$

$$a_{Lt}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

Γενική Περίπτωση

$\varphi_{Lt}^=$	0.645364099	
$\chi_{Lt}^=$	0.929977326	δεκτό
<b>Για Ελατές Διατομές</b>		
$\beta^=$	0.75	
$\varphi_{Lt}^=$	0.634692128	
$\chi_{Lt}^=$	0.847408427	δεκτό
<b>Επιλέγω τον ελάχιστο <math>\chi_{Lt} : \chi_{Lt}^=</math></b>	0.847408427	

$N_{cr,y}^=$	12356.83949
$N_{cr,z}^=$	4252.839864
$N_{cr,T}^=$	9599.868095

$$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 169.2 \text{ cm}^2$$

#### Ανηγγμένη Αυγηρότητα $\lambda_0$

$\psi^=$	1
$k^=$	1
$C_1^=$	1
$M_{cr,Lt}^=$	83164.88204
$\lambda_0^=$	0.602111984

<b>Κριτήριο:</b>	0.245902942	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0} =$	0.788075255	
$C_{my} =$	0.862738783	
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.784407558	
$\psi =$	0	
$a_{Lt} =$	0.991702413	
$\mu_y =$	0.998279267	
$\mu_z =$	0.983310506	
$\varepsilon_y =$	0.300855938	
$C_{mLt} =$	0.764164566	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt} =</math></b>	1	
$N_{Rk} = A \cdot f_y =$	2782.4	
$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y =$	30150.5	
$\eta_{pl} =$	0.071952271	
$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y =$	14151.7	
$w_y =$	1.117595819	
<b>τελική τιμή</b>	1.117595819	
$w_z =$	1.524556962	
<b>τελική τιμή</b>	1.5	
$b_{Lt} =$	1.91631E-05	
$d_{Lt} =$	0.000355864	
$C_{Lt} =$	0.017546584	
$\lambda_{max} =$	0.809	
$e_{Lt} =$	0.05087552	

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$$C_{yy} = 1.003721999$$

$$C_{yz} = 1.036460802$$

$$C_{zy} = 0.983772471$$

$$C_{zz} = 1.035558669$$

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.872191395$$

$$K_{yz} = 0.551107667$$

$$K_{zy} = 0.453959604$$

$$K_{zz} = 0.78162557$$

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Ράβδος 444,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 54, min My :**

107.5

73.86

1.36

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ =** 23.5

**$\lambda_1$ =** 93.9

**$\beta$ =** 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y = 0.34$  "b"

$a_z = 0.49$  "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} = 2782.4$

$M_{y,pl} = 301.51$

$M_{z,pl} = 141.52$

$N_{pl,Rd} = 1660.4$

**Συντελεστής**

	αρθρ.	άρθρ.	l	
Στήριξη κατά y:			y	1.0
			l	
Στήριξη κατά z:			z	1.0

**Κατά y-y****Κατά z-z**

Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y = 500$ cm	$L_z = 500$ cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y = 0.475$	$\lambda_z = 0.809$
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y = 0.659$	$\Phi_z = 0.977$
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y = 0.895$	$\chi_z = 0.656$
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y = 0.895$	$\chi_z = 0.656$
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :		
$k = 1$		



$G=$	8077
$k_w=$	1
$C_1=$	1.565
$C_2=$	1.267
$C_3=$	2.64
$I_t=$	123.8 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	753700 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	5135 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	500 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.055404007$$

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt}= 0.645364099$

$\chi_{Lt}= 0.929977326$  δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta= 0.75$

$\varphi_{Lt}= 0.634692128$

$\chi_{Lt}= 0.847408427$  δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt}= 0.847408427$**

$N_{cr,y}= 12356.83949$

$N_{cr,z}= 4252.839864$

$N_{cr,T}= 9599.868095$

$i_M^2=i_Y^2+i_Z^2= 169.2 \text{ cm}^2$

**Ανηγγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$**

$\psi= 1$

$k=$	1	
$C_1=$	1	
$M_{cr,Lt}=$	83164.88204	
$\lambda_0=$	0.602111984	
<b>Κριτήριο:</b>	0.247904706	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.788966483	
$C_{my}=$	0.941516587	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.786997065	
$\psi=$	0	
$a_{Lt}=$	0.991702413	
$\mu_y=$	0.999082285	
$\mu_z=$	0.991168747	
$\varepsilon_y=$	6.91825946	
$C_{mLt}=$	0.895451589	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>	1	
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	2782.4	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	30150.5	
$\eta_{pl}=$	0.03863571	
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	14151.7	
$w_y=$	1.117595819	
<b>τελική τιμή</b>	1.117595819	
$w_z=$	1.524556962	

τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}^=$	0.000487578
$d_{Lt}^=$	0.008269535
$C_{Lt}^=$	0.198530192
$\lambda_{max}^=$	0.809
$e_{Lt}^=$	0.575629249
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}^=$	1.000589111
$C_{yz}^=$	0.924929061
$C_{zy}^=$	0.986941549
$C_{zz}^=$	1.008833836
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς</b>	
<b>Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}^=$	0.94834901
$K_{yz}^=$	0.60623266
$K_{zy}^=$	0.493999923
$K_{zz}^=$	0.793268044

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

### 3.3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

- **Στοιχεία Διατομής HEB 400:**

#### HEB 400

$H=$	400 mm	$i_y=$	17.08 cm
$b=$	300 mm	$i_z=$	7.4 cm
$t_w=$	13.5 mm	$I_t=$	355.7 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	24 mm	$I_w=$	3817000 cm <sup>6</sup>
$c=d=$	298 mm	$W_{el,y}=$	2884 cm <sup>3</sup>
$A=$	197.8 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	721.3 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	69.98 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	3232 cm <sup>3</sup>
$r=$	27 mm	$W_{pl,z}=$	1104 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	57680 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	10820 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**

**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “a”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “b”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε θλίψη:**

- **Ράβδος 19,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

3060.5

Αντοχή σχεδιασμού :

$$4648.3 > 3060.5$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης:**

- **Ράβδος 19,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

3060.5

$$1) \quad 1162.075$$

$$2) \quad 472.702$$

Επομένως χρειάζεται απομείωση της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης.

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) = 300.279$$

$$\text{Πρέπει } M_{N,y,Rd} = 300.279 \quad M_{pl,y,Rd} = 759.52$$

$$\text{Άρα } M_{N,y,Rd} = 300.279$$

$$38.86$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**Γ) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 135, x = 4.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$= 77.35$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 949.46 > 77.35$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



Δ) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 135, x = 4.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$V = 77.35 \quad 474.735$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Ε) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 135, x = 4.000, Φόρτιση 56, min My :**

$$147.60$$

$$= 759.52$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

ΣΤ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λογισμού:

- **Ράβδος 19, x = 5.000, Φόρτιση 52, min N :**

$$3060.535$$

$$38.86$$

8.82

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y=$  23.5

$\lambda_1=$  93.9

$\beta=$  1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y=$  0.21 "a"

$a_z=$  0.34 "b"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl}=$  4648.3

$M_{y,pl}=$  759.52

$M_{z,pl}=$  259.44

$N_{pl,Rd}=$  3264.80

**Συντελεστής**

			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

**Κατά y-y**

**Κατά z-z**

<b>Ανηγμένο μήκος λυγισμού:</b>	$L_y=$	500 cm	$L_z=$	5 0 0 cm
<b>Ανηγμένη λυγηρότητα:</b>	$\lambda_y=$	0.312	$\lambda_z=$	0.719

Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.560	$\Phi_z =$	0.847
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.975	$\chi_z =$	0.773
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.975		
	$\chi_z =$	0.773		
<b>Έυρεση συντελεστή <math>X_{Lt}</math>:</b>				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		2.7927		
$C_2 =$		0		
$C_3 =$		0.366		
$I_t =$		355.7	cm <sup>4</sup>	
$I_w =$		3817000	cm <sup>6</sup>	
$I_z =$		10820	cm <sup>4</sup>	
$L_t =$		500	cm	
$Z_g = Z_a - Z_s$		0		
$Z_a =$		0		
$Z_s =$		0		
$Z_j =$		0		
<b>Έυρεση <math>M_{cr}</math>:</b>				
$M_{cr} =$		649882.8216		

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

#### Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:

0.341862984

0.00597953

ο έλεγχος συνεχίζεται

#### Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

$h/b=1.3$ , άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

#### Μειωτικός Συντελεστής $\chi_{Lt}$ :

##### Γενική Περίπτωση

$\varphi_{Lt}=0.573330763$

$\chi_{Lt}=0.967502333$  δεκτό

##### Για Ελατές Διατομές

$\beta=0.75$

$\varphi_{Lt}=0.56794307$

$\chi_{Lt}=0.92228557$  δεκτό

Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt}=0.92228557$

$N_{cr,y}=47770.94515$

$N_{cr,z}=8961.193248$

$N_{cr,T} =$	17415.55434	
$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 =$	346.5	cm <sup>2</sup>
<b>Ανηγγμένη Λυγηρότητα <math>\lambda_0</math></b>		
$\psi =$	1	
$k =$	1	
$C_1 =$	1	
$M_{cr,Lt} =$	232707.71	
$\lambda_0 =$	0.571299996	
<b>Κριτήριο:</b>	0.286875409	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0} =$	0.782388943	
$C_{my} =$	0.831737246	
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.749426452	
$\psi =$	0	
$a_{Lt} =$	0.993833218	
$\mu_y =$	0.998273914	
$\mu_z =$	0.894498455	
$\varepsilon_y =$	0.087084616	
$C_{mLt} =$	0.933218719	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt} =</math></b>	1	

$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	4648.3
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	75952
$n_{pl}=$	0.658412753
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	25944
$w_y=$	1.120665742
τελική τιμή	1.120665742
$w_z=$	1.530569805
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}=$	0.000305873
$d_{Lt}=$	0.00933761
$C_{Lt}=$	0.041068844
$\lambda_{max}=$	0.719
$e_{Lt}=$	0.174965342
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}=$	1.061784196
$C_{yz}=$	1.461427622
$C_{zy}=$	0.932434612
$C_{zz}=$	1.356828511
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς</b>	
<b>Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}=$	0.835515393
$K_{yz}=$	0.539663525
$K_{zy}=$	0.442125809
$K_{zz}=$	0.750319886

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Ράβδος 135,  $x = 4.000$ , Φόρτιση 56, min My :**

1035.6

147.6

7.74

**Μήκος:** 400 cm

**Υλικό:** S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

**Καμπύλη λογισμού:**

$a_y =$  0.21 "a"

$a_z =$  0.34 "b"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl}$	4648.3
$M_{y,pl}$	759.52
$M_{z,pl}$	259.44
$N_{pl,Rd}$	3264.80

		Συντελεστής		
		l		
Στήριξη κατά y:	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
		l		
Στήριξη κατά z:	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

	Κατά y-y		Κατά z-z	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y$	400 cm	$L_z$	4 0 0 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y$	0.249	$\lambda_z$	0.576
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y$	0.536	$\Phi_z$	0.729
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y$	0.989	$\chi_z$	0.849
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y$	0.989		
	$\chi_z$	0.849		
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :				
$k$		1		
$G$		8077		
$k_w$		1		
$C_1$		1.879		



$C_2=$	0
$C_3=$	0.939
$I_t=$	355.7 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	3817000 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	10820 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	400 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 621945.4542$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.34945677$$

$$0.023731985$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:** $h/b=1.3$ , άρα καμπύλη  $\alpha$  $a_{L_t}=0.21$ **Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{L_t}$ :****Γενική Περίπτωση** $\varphi_{L_t} = 0.576752978$  $\chi_{L_t} = 0.965640687$  δεκτό**Για Ελατές Διατομές** $\beta = 0.75$  $\varphi_{L_t} = 0.571202664$  $\chi_{L_t} = 0.918428445$  δεκτό**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{L_t}$  :**  $\chi_{L_t} = 0.918428445$  $N_{cr,y} = 74642.1018$  $N_{cr,z} = 14001.86445$  $N_{cr,T} = 22547.67758$  $i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 346.5 \text{ cm}^2$ **Ανηγγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$**  $\psi = 1$  $k = 1$

$C_1=$	1	
$M_{cr,Lt}=$	330998.1129	
$\lambda_0=$	0.479023532	
<b>Κριτήριο:</b>	0.265794367	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.788351744	
$C_{my}=$	0.893247052	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.781213364	
$\psi=$	0	
$a_{Lt}=$	0.993833218	
$\mu_y=$	0.999846291	
$\mu_z=$	0.988093571	
$\varepsilon_y=$	0.977519314	
$C_{mLt}=$	0.843629812	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>	1	
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	4648.3	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	75952	
$\eta_{pl}=$	0.222791128	
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	25944	
$w_y=$	1.120665742	
<b>τελική τιμή</b>	1.120665742	
$w_z=$	1.530569805	
<b>τελική τιμή</b>	1.5	

$b_{Lt}^=$	0.000719785
$d_{Lt}^=$	0.041063856
$C_{Lt}^=$	0.105720119
$\lambda_{max}^=$	0.576
$e_{Lt}^=$	0.913995988
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}^=$	1.025907415
$C_{yz}^=$	1.128408488
$C_{zy}^=$	0.992528416
$C_{zz}^=$	1.055213579
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς</b>	
<b>Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}^=$	0.882804106
$K_{yz}^=$	0.518879348
$K_{zy}^=$	0.467668443
$K_{zz}^=$	0.78994774

- Τελικός Έλεγχος:

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

### 3.3.2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΙΑΓΩΝΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

- **ΙΣΟΓΕΙΟ:**
- **Στοιχεία Διατομής SH 150 150 12.50 :**

**SH 150 150 12.50**

A=	68	cm <sup>2</sup>	i <sub>y</sub> =	5.59	cm
t=	12.5	mm	i <sub>z</sub> =	5.59	cm
I=	2125	cm <sup>4</sup>			

**A) Έλεγχος σε Εφελκυσμό:**

- **Ράβδος 111016, Φόρτιση 63, max N :**

546.40

Αντοχή σχεδιασμού :

$$1598 > 546.40$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος σε Λυγισμό:**

- **Ράβδος 111016, Φόρτιση 64, min N :**

639

707

Για κοίλες διατομές εν θερμώ έλαση η καμπύλη λυγισμού είναι η α.

Άρα:

$$\alpha=0.21$$

κατά y'y

κατά z'z

$\lambda_y =$	1.34737		$\lambda_z =$	0.67369	
	7	δεκτό			δεκτό
$\chi_y =$	0.44459		$\chi_z =$	0.85975	
	3	$\chi < 1$			$\chi < 1$
$\Phi_y =$	1.52818		$\Phi_z =$	0.77667	
	7				
MIN $\chi_y, \chi_z =$	0.44459				
	3				

710.4595

639

ο έλεγχος ικανοποιείται

- **ΑΝΩΤΕΡΟΙ ΟΡΟΦΟΙ:**
- **Στοιχεία Διατομής SH 140 140 10 :**

**SH 140 140 10**

A=	51.50	cm <sup>2</sup>	$i_y =$	5.29	cm
t=	10	mm	$i_z =$	5.29	cm
I=	1441	cm <sup>4</sup>			

**A) Έλεγχος σε Εφελκυσμό:**

- **Ράβδος 222009, Φόρτιση 63, max N :**

423.00

Αντοχή σχεδιασμού :

$$1210.25 > 423.00$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος σε Λυγισμό:**

- **Ράβδος 222009, Φόρτιση 64, min N :**

455.70

640

Για κοίλες διατομές εν θερμώ έλαση η καμπύλη λυγισμού είναι η a.

Άρα:

$$\alpha=0.21$$

κατά y'y

κατά z'z

$$\lambda_y = 1.28898 \quad \text{δεκτό} \quad \lambda_z = 0.64449 \quad \text{δεκτό}$$

$$\chi_y = 0.476562 \quad \chi < 1 \quad \chi_z = 0.87231 \quad \chi < 1$$

$$\Phi_y = 1.445078 \quad \Phi_z = 0.75436$$

$$\text{MIN } \chi_y, \chi_z = 0.476562$$

576.7594

455.7

**ο έλεγχος ικανοποιείται**





### 3.3.3 ΚΤΙΡΙΟ Γ (ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΚΑΤΑ Χ'Χ)

#### 3.3.3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΟΚΟΥ

- Στοιχεία Διατομής HEB 320:

##### HEB 320

H=	320 mm	$i_y=$	13.82 cm
b=	300 mm	$i_z=$	7.57 cm
$t_w=$	11.5 mm	$I_t=$	225.1 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	20.5 mm	$I_w=$	2069000 cm <sup>6</sup>
c=d=	225 mm	$W_{el,y}=$	1926 cm <sup>3</sup>
A=	161.3 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	615.9 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	51.77 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	2149 cm <sup>3</sup>
r=	27 mm	$W_{pl,z}=$	939.1 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	30820 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	9239 cm <sup>4</sup>		

- Κατάταξη Διατομής:

Κορμός

Κατηγορία1

Πέλμα

**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “b”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “c”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 9,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 282.30$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 702.40 \quad > \quad = 282.30$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 9,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 282.30 \quad 351.201$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 134,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

345.66

= 505.015

ο έλεγχος ικανοποιείται

Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:

- Ράβδος 134,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

5.5

345.66

0.60

505.015

220.688

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.001$

Άρα:

$$0.468478534 + 0.002718764 = 0.4712$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Τρείς τελευταίοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 334,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$= 272.17$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 702.40 \quad > \quad = 272.17$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 334,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 272.17 \quad 351.201$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 334,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56,  $\min My$  :**

$$317.50$$

= 505.015

**ο έλεγχος ικανοποιείται**



Δ) Έλεγχος σε διαξονική κάμψη:

- Ράβδος 334,  $x = 6.000$ , Φόρτιση 56, min My :

4.3

317.50

0.61

505.015

220.688

όπου  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.001$

Άρα:

$$0.39525639 + 0.00276407 = 0.39802$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

Ε) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

Οι κύριες δοκοί εξασφαλίζονται πλευρικά λόγω της παρουσίας των διαδοκίδων, συνεπώς δεν απαιτείται έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

### 3.3.3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ

- **Στοιχεία Διατομής HEB 260:**

#### HEB 260

H=	260 mm	$i_y=$	11.22 cm
b=	260 mm	$i_z=$	6.58 cm
$t_w=$	10 mm	$I_t=$	123.8 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	17.5 mm	$I_w=$	753700 cm <sup>6</sup>
c=d=	177 mm	$W_{el,y}=$	1148 cm <sup>3</sup>
A=	118.4 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	395 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	37.59 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	1283 cm <sup>3</sup>
r=	24 mm	$W_{pl,z}=$	602.2 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	14920 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	5135 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**

## Κατηγορία1

Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “b”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “c”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 246,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54,  $\min Vz$  :**

$$= 29.15$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= \quad = 510.011 \quad > \quad = 29.15$$

ο έλεγχος ικανοποιείται

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 246,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54,  $\min Vz$  :**

V = 29.15

255.006

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 244,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54, min My :

71.92

$$= 301.505$$

ο έλεγχος ικανοποιείται

Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- Ράβδος 246,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :

51.3

63.61

1.00

Μήκος: 500 cm

Υλικό: S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

Καμπύλη λυγισμού:

$a_y = 0.34$  "b"

$a_z = 0.49$  "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} = 2782.4$

$M_{y,pl} = 301.51$

$M_{z,pl} = 141.52$

$N_{pl,Rd} = 1660.4$

**Συντελεστής**

	αρθρ.	άρθρ.	l	
Στήριξη κατά y:	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
Στήριξη κατά z:	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

**Κατά y-y**

**Κατά z-z**

Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y = 500$ cm	$L_z = 500$ cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y = 0.475$	$\lambda_z = 0.809$
Συντελεστής "φ":	$\varphi_y = 0.659$	$\varphi_z = 0.977$
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y = 0.895$	$\chi_z = 0.656$

**Μειωτικοί συντελεστές:**

$\chi_y = 0.895$

$\chi_z = 0.656$

**Έυρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :**

$k = 1$

$G = 8077$

$k_w=$	1
$C_1=$	1.565
$C_2=$	1.267
$C_3=$	2.64
$I_t=$	123.8 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	753700 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	5135 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	500 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.048873234$$



ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\Phi_{Lt} =$	0.645364099	
$\chi_{Lt} =$	0.929977326	δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta =$	0.75	
$\Phi_{Lt} =$	0.634692128	
$\chi_{Lt} =$	0.847408427	δεκτό
<b>Επιλέγω τον ελάχιστο <math>\chi_{Lt}</math> :</b>	$\chi_{Lt} =$	0.847408427

$N_{cr,y} =$	12356.83949
--------------	-------------

$N_{cr,z} =$	4252.839864
--------------	-------------

$N_{cr,T} =$	9599.868095
--------------	-------------

$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 =$	169.2	cm <sup>2</sup>
---------------------------	-------	-----------------

**Ανηγγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$**

$\psi =$	1
----------	---

$k=$	1	
$C_1=$	1	
$M_{cr,Lt}=$	83164.88204	
$\lambda_0=$	0.602111984	
<b>Κριτήριο:</b>	0.249108059	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.789506796	
$C_{my}=$	0.953701339	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.788566972	
$\psi=$	0	
$a_{Lt}=$	0.991702413	
$\mu_y=$	0.999563848	
$\mu_z=$	0.995822493	
$\varepsilon_y=$	12.78844808	
$C_{mLt}=$	0.90992361	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>	1	
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	2782.4	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	30150.5	
$\eta_{pl}=$	0.01843732	
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	14151.7	
$w_y=$	1.117595819	
<b>τελική τιμή</b>	1.117595819	
$w_z=$	1.524556962	

τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}^=$	0.000316254
$d_{Lt}^=$	0.005284723
$C_{Lt}^=$	0.172890864
$\lambda_{\max}^=$	0.809
$e_{Lt}^=$	0.501289186

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$C_{yy}^=$	1.000166374
$C_{yz}^=$	0.925072722
$C_{zy}^=$	0.99334778
$C_{zz}^=$	1.004865301

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$K_{yy}^=$	0.957100252
$K_{yz}^=$	0.599512559
$K_{zy}^=$	0.49721904
$K_{zz}^=$	0.791012245

- Τελικός Έλεγχος:

1)

2)

ο έλεγχος ικανοποιείται

- **Ράβδος 246,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 54, min My :**

49.6

71.92

1.02

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ =** 23.5

**$\lambda_1$ =** 93.9

**$\beta$ =** 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

**$a_y$ =** 0.34 "b"

**$a_z$ =** 0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

**$N_{pl}$ =** 2782.4

**$M_{y,pl}$ =** 301.51

$$M_{z,pl} = 141.52$$

$$N_{pl,Rd} = 1660.4$$

	Συντελεστής			
			l	
Στήριξη κατά y:	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
Στήριξη κατά z:	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

	Κατά y-y		Κατά z-z	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809
Συντελεστής "φ":	$\varphi_y =$	0.659	$\varphi_z =$	0.977
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.895		
	$\chi_z =$	0.656		

Έυρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :

$$k = 1$$

$$G = 8077$$

$$k_w = 1$$

$$C_1 = 1.565$$

$$C_2 = 1.267$$

$$C_3 = 2.64$$

$$I_t = 123.8 \text{ cm}^4$$

$$I_w = 753700 \text{ cm}^6$$

$$I_z = 5135 \text{ cm}^4$$

$$L_t = 500 \text{ cm}$$

$$Z_g = Z_a - Z_s = 0$$

$$Z_a = 0$$

$$Z_s = 0$$

$$Z_j = 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.055258025$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη α

$$a_{L_t}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :****Γενική Περίπτωση**

$\Phi_{Lt} =$	0.645364099	
$\chi_{Lt} =$	0.929977326	δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta =$	0.75	
$\Phi_{Lt} =$	0.634692128	
$\chi_{Lt} =$	0.847408427	δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :**  $\chi_{Lt} = 0.847408427$

$N_{cr,y} =$	12356.83949	
$N_{cr,z} =$	4252.839864	
$N_{cr,T} =$	9599.868095	

$$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 169.2 \text{ cm}^2$$

**Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$** 

$\psi =$	1	
$k =$	1	
$C_1 =$	1	
$M_{cr,Lt} =$	83164.88204	
$\lambda_0 =$	0.602111984	

**Κριτήριο:** 0.248644319  $\lambda_0 >$  Κριτηρίου

$C_{my,0} =$	0.78929817
$C_{my} =$	0.956468465
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.78861446
$\psi =$	0
$a_{Lt} =$	0.991702413
$\mu_y =$	0.999378373
$\mu_z =$	0.995961996
$\varepsilon_y =$	14.95470383
$C_{mLt} =$	0.914944942
Τελική τιμή $C_{mLt} =$	1
$N_{Rk} = A \cdot f_y =$	2782.4
$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y =$	30150.5
$n_{pl} =$	0.017826337
$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y =$	14151.7
$w_y =$	1.117595819
τελική τιμή	1.117595819
$w_z =$	1.524556962
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt} =$	0.00036472
$d_{Lt} =$	0.006076622
$C_{Lt} =$	0.19491177
$\lambda_{max} =$	0.809
$e_{Lt} =$	0.565137799



**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$$C_{yy} = 1.000130707$$

$$C_{yz} = 0.91367977$$

$$C_{zy} = 0.993396256$$

$$C_{zz} = 1.004133937$$

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$$K_{yy} = 0.959792805$$

$$K_{yz} = 0.606787912$$

$$K_{zy} = 0.498638334$$

$$K_{zz} = 0.791426729$$

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Τρεις τελευταίοι όροφοι:**

A) Έλεγχος σε τέμνουσα:

- **Ράβδος 446,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min Vz$  :**

$$= 30.35$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 510.011 > 30.35$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

B) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 446,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min Vz$  :**

$$V = 30.35 \quad 255.006$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Γ) Έλεγχος σε κάμψη:

- **Ράβδος 461,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min My$  :**

$$75.26 \text{ .m}$$

$$= 301.505$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**Δ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

- **Ράβδος 446,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

74.60

64.72

1.19

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ =** 23.5

**$\lambda_1$ =** 93.9

**$\beta$ =** 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

**$a_y$ =** 0.34 "b"

**$a_z$ =** 0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

**$N_{pl}$ =** 2782.4

**$M_{y,pl}$ =** 301.51

$M_{z,pl} =$	141.52			
$N_{pl,Rd} =$	1660.4			
			<b>Συντελεστής</b>	
			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0
			<b>Κατά y-y</b>	<b>Κατά z-z</b>
<b>Ανηγμένο μήκος λογισμού:</b>	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
<b>Ανηγμένη λυγηρότητα:</b>	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809
<b>Συντελεστής "φ":</b>	$\Phi_y =$	0.659	$\Phi_z =$	0.977
<b>Μειωτικός συντελεστής:</b>	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656
<b>Μειωτικοί συντελεστές:</b>	$\chi_y =$	0.895		
	$\chi_z =$	0.656		
<b>Έυρεση συντελεστή <math>X_{Lt}</math>:</b>				
$k =$	1			
$G =$	8077			
$k_w =$	1			
$C_1 =$	1.565			
$C_2 =$	1.267			
$C_3 =$	2.64			
$I_t =$	123.8	cm <sup>4</sup>		
$I_w =$	753700	cm <sup>6</sup>		

$$I_z = 5135 \text{ cm}^4$$

$$L_t = 500 \text{ cm}$$

$$Z_g = Z_a - Z_s = 0$$

$$Z_a = 0$$

$$Z_s = 0$$

$$Z_j = 0$$

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = 130153.0404$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.481304698$$

$$0.049726076$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1$  , άρα καμπύλη α

$$a_{L_t}=0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{L_t}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt}^=$	0.645364099	
$\chi_{Lt}^=$	0.929977326	δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta^=$	0.75	
$\varphi_{Lt}^=$	0.634692128	
$\chi_{Lt}^=$	0.847408427	δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt}^=$**  0.847408427

$$N_{cr,y}^= 12356.83949$$

$$N_{cr,z}^= 4252.839864$$

$$N_{cr,T}^= 9599.868095$$

$$i_M^2=i_Y^2+i_Z^2^= 169.2 \text{ cm}^2$$

**Ανηγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$** 

$$\psi^= 1$$

$$k^= 1$$

$$C_1^= 1$$

$$M_{cr,Lt}^= 83164.88204$$

$$\lambda_0^= 0.602111984$$

**Κριτήριο:** 0.248610082  $\lambda_0 >$  Κριτηρίου

$C_{my,0} =$	0.789282787
$C_{my} =$	0.837490359
$C_{mz} = C_{mz,0} =$	0.787916103
$\psi =$	0
$a_{Lt} =$	0.991702413
$\mu_y =$	0.999364675
$\mu_z =$	0.993903004
$\varepsilon_y =$	8.947660461
$C_{mLt} =$	0.900541136
Τελική τιμή $C_{mLt} =$	1
$N_{Rk} = A \cdot f_y =$	2782.4
$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y =$	30150.5
$n_{pl} =$	0.026811386
$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y =$	14151.7
$w_y =$	1.117595819
τελική τιμή	1.117595819
$w_z =$	1.524556962
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt} =$	0.000382909
$d_{Lt} =$	0.006450014
$C_{Lt} =$	0.177175998
$\lambda_{max} =$	0.809
$e_{Lt} =$	0.513713736

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$C_{yy}^=$	1.000336717
$C_{yz}^=$	0.9281782
$C_{zy}^=$	0.990686672
$C_{zz}^=$	1.006929995

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$K_{yy}^=$	0.951700487
$K_{yz}^=$	0.600223181
$K_{zy}^=$	0.494969222
$K_{zz}^=$	0.791608345

- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **Ράβδος 461,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 54, min My :**

74.60

75.26



1.20

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

$f_y =$  23.5

$\lambda_1 =$  93.9

$\beta =$  1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

$a_y =$  0.34 "b"

$a_z =$  0.49 "c"

**Πλαστικά μεγέθη:**

$N_{pl} =$  2782.4

$M_{y,pl} =$  301.51

$M_{z,pl} =$  141.52

$N_{pl,Rd} =$  1660.4

**Συντελεστής**

			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

**Κατά y-y**

**Κατά z-z**

<b>Ανηγμένο μήκος λυγισμού:</b>	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	500 cm
<b>Ανηγμένη λυγηρότητα:</b>	$\lambda_y =$	0.475	$\lambda_z =$	0.809

Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.659	$\Phi_z =$	0.977
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.895	$\chi_z =$	0.656

Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.895
	$\chi_z =$	0.656

Έυρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :

$k =$	1
$G =$	8077
$k_w =$	1
$C_1 =$	1.565
$C_2 =$	1.267
$C_3 =$	2.64
$I_t =$	123.8 cm <sup>4</sup>
$I_w =$	753700 cm <sup>6</sup>
$I_z =$	5135 cm <sup>4</sup>
$L_t =$	500 cm
$Z_g = Z_a - Z_s$	0
$Z_a =$	0
$Z_s =$	0
$Z_j =$	0

Έυρεση  $M_{cr}$ :

$M_{cr} =$	130153.0404
------------	-------------

## Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι  
 επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο  
 έλεγχοι διατομής.

#### Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:

0.481304698

0.057824235

ο έλεγχος συνεχίζεται

#### Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

$h/b=1$  ,άρα καμπύλη  $\alpha$

$a_{Lt}=0.21$

#### Μειωτικός Συντελεστής $\chi_{Lt}$ :

##### Γενική Περίπτωση

$\varphi_{Lt} = 0.645364099$

$\chi_{Lt} = 0.929977326$  δεκτό

##### Για Ελατές Διατομές

$\beta = 0.75$

$\varphi_{Lt} = 0.634692128$

$\chi_{Lt} = 0.847408427$  δεκτό

Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt} : \chi_{Lt} = 0.847408427$

$N_{cr,y} = 12356.83949$

$N_{cr,z} = 4252.839864$

$$N_{cr,T} = 9599.868095$$

$$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 169.2 \text{ cm}^2$$

### Ανηγγμένη Λυγηρότητα $\lambda_0$

$$\psi = 1$$

$$k = 1$$

$$C_1 = 1$$

$$M_{cr,Lt} = 83164.88204$$

$$\lambda_0 = 0.602111984$$

$$\text{Κριτήριο: } 0.248610082 \quad \lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$$

$$C_{my,0} = 0.789282787$$

$$C_{my} = 0.840352293$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0.787916103$$

$$\psi = 0$$

$$a_{Lt} = 0.991702413$$

$$\mu_y = 0.999364675$$

$$\mu_z = 0.993903004$$

$$\varepsilon_y = 10.40483508$$

$$C_{mLt} = 0.906143834$$

$$\text{Τελική τιμή } C_{mLt} = 1$$

$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	2782.4
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	30150.5
$n_{pl}=$	0.026811386
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	14151.7
$w_y=$	1.117595819
τελική τιμή	1.117595819
$w_z=$	1.524556962
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}=$	0.000449009
$d_{Lt}=$	0.007540043
$C_{Lt}=$	0.205392131
$\lambda_{max}=$	0.809
$e_{Lt}=$	0.59552513
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}=$	1.000292087
$C_{yz}=$	0.914070134
$C_{zy}=$	0.990466034
$C_{zz}=$	1.005833256
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}=$	0.954698982
$K_{yz}=$	0.609487228
$K_{zy}=$	0.496617158
$K_{zz}=$	0.792471497



- **Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

### 3.3.3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

- **Στοιχεία Διατομής HEB 400:**

#### HEB 400

H=	400 mm	$i_y=$	17.08 cm
b=	300 mm	$i_z=$	7.4 cm
$t_w=$	13.5 mm	$I_t=$	355.7 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	24 mm	$I_w=$	3817000 cm <sup>6</sup>
c=d=	298 mm	$W_{el,y}=$	2884 cm <sup>3</sup>
A=	197.8 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	721.3 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	69.98 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	3232 cm <sup>3</sup>
r=	27 mm	$W_{pl,z}=$	1104 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	57680 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	10820 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**



**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Καμπύλες λυγισμού:**

λυγισμός περί τον άξονα  $y-y'$     καμπύλη λυγισμού “a”

λυγισμός περί τον άξονα  $z-z'$     καμπύλη λυγισμού “b”

- **Τρεις πρώτοι όροφοι:**

**A) Έλεγχος σε θλίψη:**

- **Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

3063.20

Αντοχή σχεδιασμού :

$$4648.3 > 3063.20$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος απομείωσης της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης:**

- **Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52, min N :**

3063.20

$$1) \quad 1162.075$$

$$2) \quad 472.702$$

Επομένως χρειάζεται απομείωση της πλαστικής ροπής αντοχής λόγω αξονικής δύναμης.

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a) = 299.768$$

$$\text{Πρέπει } M_{N,y,Rd} = 299.768 \quad M_{pl,y,Rd} = 759.52$$

$$\text{Άρα } M_{N,y,Rd} = 299.768$$

$$157.93$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**Γ) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

- **Ράβδος 133, x = 0.000, Φόρτιση 56, min Vz :**

$$= 115.55$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 949.46 > 115.55$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

Δ) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης:

- **Ράβδος 133,  $x = 0.000$ , Φόρτιση 56,  $\min Vz$  :**

$$V = 115.55 \qquad 474.735$$

Επομένως δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

Ε) Έλεγχος σε κάμψη:

- Ράβδος 40,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 55,  $\max M_y$  :

355.44

= 759.52

ο έλεγχος ικανοποιείται

ΣΤ) Έλεγχος έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:

- Ράβδος 17,  $x = 5.000$ , Φόρτιση 52,  $\min N$  :

3063.20

157.93

9.89

Μήκος: 500 cm

Υλικό: S235

$f_y$ = 23.5

$\lambda_1$ = 93.9

$\beta$ = 1.3

Καμπύλη λυγισμού:

$a_y$ = 0.21 "a"

$$a_z = 0.34 \quad "b"$$

**Πλαστικά μεγέθη:**

$$N_{pl} = 4648.3$$

$$M_{y,pl} = 759.52$$

$$M_{z,pl} = 259.44$$

$$N_{pl,Rd} = 3264.80$$

**Συντελεστής**

l

$$\text{Στήριξη κατά } y: \quad \text{αρθρ.} \quad \text{άρθρ.} \quad y \quad 1.0$$

l

$$\text{Στήριξη κατά } z: \quad \text{αρθρ.} \quad \text{αρθρ.} \quad z \quad 1.0$$

**Κατά y-y**

**Κατά z-z**

**Ανηγμένο μήκος λογισμού:**

$$L_y = 500 \text{ cm}$$

$$L_z = 500 \text{ cm}$$

**Ανηγμένη λυγηρότητα:**

$$\lambda_y = 0.312$$

$$\lambda_z = 0.719$$

**Συντελεστής "φ":**

$$\varphi_y = 0.560$$

$$\varphi_z = 0.847$$

**Μειωτικός συντελεστής:**

$$\chi_y = 0.975$$

$$\chi_z = 0.773$$

**Μειωτικοί συντελεστές:**

$$\chi_y = 0.975$$

$$\chi_z = 0.773$$

**Έυρεση συντελεστή  $X_{Lt}$ :**

$$k = 1$$

$$G = 8077$$

$$k_w = 1$$

$C_1=$	2.794
$C_2=$	0
$C_3=$	0.552
$I_t=$	355.7 cm <sup>4</sup>
$I_w=$	3817000 cm <sup>6</sup>
$I_z=$	10820 cm <sup>4</sup>
$L_t=$	500 cm
$Z_g=Z_a-Z_s$	0
$Z_a=$	0
$Z_s=$	0
$Z_j=$	0

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr}= 650185.3416$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.341783443$$

$$0.024289997$$

**ο έλεγχος συνεχίζεται**

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$h/b=1.3$ , άρα καμπύλη  $\alpha$

$a_{Lt}=0.21$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :**

**Γενική Περίπτωση**

$\varphi_{Lt} = 0.573295222$

$\chi_{Lt} = 0.967521746$  δεκτό

**Για Ελατές Διατομές**

$\beta = 0.75$

$\varphi_{Lt} = 0.567909156$

$\chi_{Lt} = 0.922325836$  δεκτό

**Επιλέγω τον ελάχιστο  $\chi_{Lt}$  :  $\chi_{Lt} = 0.922325836$**

$N_{cr,y} = 47770.94515$

$N_{cr,z} = 8961.193248$

$N_{cr,T} = 17415.55434$

$i_M^2 = i_Y^2 + i_Z^2 = 346.5 \text{ cm}^2$

**Ανηγγμένη Λυγηρότητα  $\lambda_0$**

$\psi = 1$

$k = 1$

$C_1=$	1	
$M_{cr,Lt}=$	232707.71	
$\lambda_0=$	0.571299996	
<b>Κριτήριο:</b>	0.286895849	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}=$	0.782382228	
$C_{my}=$	0.863217886	
$C_{mz}=C_{mz,0}=$	0.749390658	
$\psi=$	0	
$a_{Lt}=$	0.993833218	
$\mu_y=$	0.998272289	
$\mu_z=$	0.894371978	
$\varepsilon_y=$	0.35360656	
$C_{mLt}=$	1.005523518	
<b>Τελική τιμή <math>C_{mLt}=</math></b>	1	
$N_{Rk}=A \cdot f_y=$	4648.3	
$M_{y,Rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=$	75952	
$\eta_{pl}=$	0.658993611	
$M_{z,Rk}=W_{pl,z} \cdot f_y=$	25944	
$w_y=$	1.120665742	
<b>τελική τιμή</b>	1.120665742	
$w_z=$	1.530569805	
<b>τελική τιμή</b>	1.5	



$b_{Lt}^=$	0.001393838
$d_{Lt}^=$	0.041000843
$C_{Lt}^=$	0.16081297
$\lambda_{\max}^=$	0.719
$e_{Lt}^=$	0.685110509

**Βοηθητικοί Συντελεστές:**

$C_{yy}^=$	1.054213378
$C_{yz}^=$	1.40199762
$C_{zy}^=$	0.911159712
$C_{zz}^=$	1.189075433

**Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς  
Αλληλεπίδρασης:**

$K_{yy}^=$	0.878242041
$K_{yz}^=$	0.562769326
$K_{zy}^=$	0.472129432
$K_{zz}^=$	0.856403877

**• Τελικός Έλεγχος:**

1)

2)

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

• **Ράβδος 135,  $x = 4.000$ , Φόρτιση 56, min My :**

600.5

335.44

12.47

**Μήκος:** 500 cm

**Υλικό:** S235

**$f_y$ =** 23.5

**$\lambda_1$ =** 93.9

**$\beta$ =** 1.3

**Καμπύλη λυγισμού:**

**$a_y$ =** 0.21 "a"

**$a_z$ =** 0.34 "b"

**Πλαστικά μεγέθη:**

**$N_{pl}$ =** 4648.3

**$M_{y,pl}$ =** 759.52

**$M_{z,pl}$ =** 259.44

**$N_{pl,Rd}$ =** 3264.80

**Συντελεστής**

			l	
<b>Στήριξη κατά y:</b>	αρθρ.	άρθρ.	y	1.0
			l	
<b>Στήριξη κατά z:</b>	αρθρ.	αρθρ.	z	1.0

	Κατά y-y		Κατά z-z	
Ανηγμένο μήκος λυγισμού:	$L_y =$	500 cm	$L_z =$	5 0 0 cm
Ανηγμένη λυγηρότητα:	$\lambda_y =$	0.312	$\lambda_z =$	0.719
Συντελεστής "φ":	$\Phi_y =$	0.560	$\Phi_z =$	0.847
Μειωτικός συντελεστής:	$\chi_y =$	0.975	$\chi_z =$	0.773
Μειωτικοί συντελεστές:	$\chi_y =$	0.975		
	$\chi_z =$	0.773		
Έυρεση συντελεστή $X_{Lt}$ :				
$k =$		1		
$G =$		8077		
$k_w =$		1		
$C_1 =$		1.233		
$C_2 =$		0		
$C_3 =$		0.994		
$I_t =$		355.7	$\text{cm}^4$	
$I_w =$		3817000	$\text{cm}^6$	
$I_z =$		10820	$\text{cm}^4$	
$L_t =$		500	cm	
$Z_g = Z_a - Z_s$		0		
$Z_a =$		0		
$Z_s =$		0		
$Z_j =$		0		

**Έυρεση  $M_{cr}$ :**

$$M_{cr} = 286928.6064$$

**Λυγηρότητα Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

Σύμφωνα με τη γενική περίπτωση για λυγηρότητα ή για οι

επιδράσεις στρεπτοκαμπτικού λυγισμού μπορούν να αγνοούνται και να γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

**Επίδραση Στρεπτοκαμπτικού Λυγισμού:**

$$0.514496806$$

$$0.11690713$$

ο έλεγχος συνεχίζεται

**Καμπύλες στρεπτοκαμπτικού λυγισμού:**

$$h/b = 1.3, \text{ άρα καμπύλη } a$$

$$a_{Lt} = 0.21$$

**Μειωτικός Συντελεστής  $\chi_{Lt}$ :****Γενική Περίπτωση**

$$\varphi_{Lt} = 0.665375646$$

$$\chi_{Lt} = 0.919711751 \quad \text{δεκτό}$$

**Για Ελατές Διατομές**

$$\beta = 0.75$$

$\Phi_{Lt}^=$	0.652729568	
$\chi_{Lt}^=$	0.828378442	δεκτό
Επιλέγω τον ελάχιστο $\chi_{Lt} : \chi_{Lt}^=$	0.828378442	
$N_{cr,y}^=$	47770.94515	
$N_{cr,z}^=$	8961.193248	
$N_{cr,T}^=$	17415.55434	
$i_M^2=i_Y^2+i_Z^2=$	346.5	cm <sup>2</sup>
<b>Ανηγμένη Λυγηρότητα <math>\lambda_0</math></b>		
$\psi^=$	1	
$k^=$	1	
$C_1^=$	1	
$M_{cr,Lt}^=$	232707.71	
$\lambda_0^=$	0.571299996	
<b>Κριτήριο:</b>	0.216356969	$\lambda_0 > \text{Κριτηρίου}$
$C_{my,0}^=$	0.788506636	
$C_{my}^=$	0.928192204	
$C_{mz}^=C_{mz,0}^=$	0.782039074	
$\psi^=$	0	
$a_{Lt}^=$	0.993833218	
$\mu_y^=$	0.999678536	
$\mu_z^=$	0.983929675	

$\varepsilon_y$	3.831182752
$C_{mLt}$	0.90213313
Τελική τιμή $C_{mLt}$	1
$N_{Rk} = A \cdot f_y$	4648.3
$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$	75952
$\eta_{pl}$	0.129187015
$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$	25944
$w_y$	1.120665742
τελική τιμή	1.120665742
$w_z$	1.530569805
τελική τιμή	1.5
$b_{Lt}$	0.004156122
$d_{Lt}$	0.108950965
$C_{Lt}$	0.353679093
$\lambda_{max}$	0.719
$e_{Lt}$	1.506776863
<b>Βοηθητικοί Συντελεστές:</b>	
$C_{yy}$	1.006954563
$C_{yz}$	0.914647333
$C_{zy}$	0.96296829
$C_{zz}$	0.979729724
<b>Σ υ ν τ ε λ ε σ τ έ ς</b>	
<b>Αλληλεπίδρασης:</b>	
$K_{yy}$	0.933216199

$$K_{yz} = 0.635942036$$

$$K_{zy} = 0.498112588$$

$$K_{zz} = 0.841801666$$

- Τελικός Έλεγχος:

1)

2)

**ο**

**έλεγχος**

**ικανοποιείται**



### 3.3.3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΙΑΓΩΝΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

- **ΙΣΟΓΕΙΟ:**
- **Στοιχεία Διατομής SH 150 150 10 :**

**SH 150 150 10**

$A=$	55.5	$\text{cm}^2$	$i_y=$	5.70	cm
$t=$	10.0	mm	$i_z=$	5.70	cm
$I=$	1803	$\text{cm}^4$			

**A) Έλεγχος σε Εφελκυσμό:**

- **Ράβδος 111005, Φόρτιση 63, max N :**

449.10

Αντοχή σχεδιασμού :

$$1304.25 > 449.10$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος σε Λυγισμό:**

- **Ράβδος 111007, Φόρτιση 64, min N :**

553.70

707

Για κοίλες διατομές εν θερμώ έλαση η καμπύλη λυγισμού είναι η α.

Άρα:

$$\alpha=0.21$$

κατά y'y

κατά z'z

$$\lambda_y = 1.321486 \quad \text{δεκτό} \quad \lambda_z = 0.66074 \quad \text{Δεκτό}$$

$$\chi_y = 0.458459 \quad \chi < 1 \quad \chi_z = 0.86542 \quad \chi < 1$$

$$\varphi_y = 1.490919 \quad \varphi_z = 0.76667$$

$$\text{MIN } \lambda_y, \lambda_z = 0.458459$$

$$597.9455$$

$$553.70$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

- **ΑΝΩΤΕΡΟΙ ΟΡΟΦΟΙ:**
- **Στοιχεία Διατομής SH 140 140 10 :**

**SH 140 140 10**

$$A = 51.50 \text{ cm}^2 \quad i_y = 5.29 \text{ cm}$$

$$t = 10 \text{ mm} \quad i_z = 5.29 \text{ cm}$$

$$I = 1441 \text{ cm}^4$$

**A) Έλεγχος σε Εφελκυσμό:**

- **Ράβδος 222003, Φόρτιση 63, max N :**

$$364.80$$

Αντοχή σχεδιασμού :

$$1210.25 > 364.80$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος σε Λυγισμό:**

- **Ράβδος 222003, Φόρτιση 64, min N :**

$$428.90$$

$$640$$

Για κοίλες διατομές εν θερμώ έλαση η καμπύλη λυγισμού είναι η a.

Άρα:

$$\alpha=0.21$$

κατά y'y

κατά z'z

$$\lambda_y = 1.28898 \quad \text{δεκτό} \quad \lambda_z = 0.64449 \quad \text{Δεκτό}$$

$$\chi_y = 0.476562 \quad \chi < 1 \quad \chi_z = 0.87231 \quad \chi < 1$$

$$\varphi_y = 1.445078 \quad \varphi_z = 0.75436$$

$$\text{MIN } \chi_y, \chi_z = 0.476562$$

$$576.7594$$

$$428.90$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

### **3.4 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΕΛΕΓΧΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ3 (EC3)**

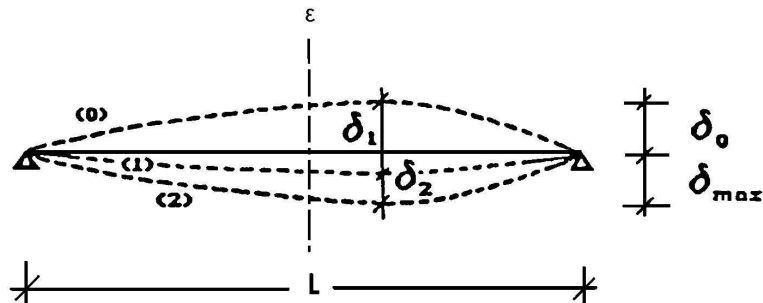
#### **3.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας αφορά γενικά την εξασφάλιση ότι οι μετακινήσεις και οι στροφές δεν είναι υπερβολικές υπό κανονικές συνθήκες χρήσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι επίσης αναγκαίο να εξασφαλιστεί ότι η κατασκευή δεν υπόκειται σε υπερβολικές ταλαντώσεις. Περιπτώσεις όπου αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, περιλαμβάνουν κατασκευές εκτεθειμένες σε σημαντικές δυναμικές καταπονήσεις ή εκείνες που εξυπηρετούν ευαίσθητο εξοπλισμό. Τόσο οι μετακινήσεις όσο και οι ταλαντώσεις συνδέονται περισσότερο με την δυσκαμψία παρά με την αντοχή της κατασκευής. Για κατασκευές από χάλυβα, επαρκής δυσκαμψία εξασφαλίζεται γενικά υπολογίζοντας τις μετακινήσεις και εξασφαλίζοντας ότι αυτές είναι μικρότερες από τα προκαθορισμένα όρια. Επειδή οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας αναφέρονται στην συμπεριφορά του φορέα υπό συνθήκες φορτίσεως λειτουργίας, ο έλεγχος γίνεται με τους αντίστοιχους συνδυασμούς φορτίων και με βάση την ελαστική ανάλυση ανεξάρτητα από την ανάλυση που έχει χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

Οι υπερβολικές μετατοπίσεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν ένα πλήθος ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων τόσο αισθητικών αλλά κυρίως λειτουργικών. Μερικά από αυτά είναι οι ζημιές στα τελειώματα και τα υλικά πλήρωσης (χωρίσματα) της κατασκευής (ειδικά όταν χρησιμοποιούνται εύθραυστα υλικά, όπως γυαλί γύψινες κατασκευές και ασβεστοκονίαμα), οι συσσωρεύσεις νερού σε επίπεδες στέγες, η δυσχέρεια στη λειτουργία γερανογεφυρών, η οπτική ενόχληση στους χρήστες και σε εξαιρετικές περιπτώσεις, αλλαγές στην στατική λειτουργία του φορέα, που μπορεί να προκαλέσει ακόμα και αστοχίες.

Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει προσδιορισμό των κατακόρυφων βελών και των οριζόντιων μετατοπίσεων και σύγκριση τους με τα επιτρεπόμενα όρια, τα οποία εξαρτώνται από το είδος των φερόντων και μη φερόντων στοιχείων (π.χ. διαφορετικά όρια βελών για οροφές και δάπεδα).

### 3.4.2 Κατακόρυφα βέλη



Το συνολικό βέλος  $\delta_{\max}$  ισούται με:

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

όπου:

$\delta_{\max}$  : το μέγιστο συνολικό βέλος κάμψης στην τελική κατάσταση σε σχέση με την ευθεία γραμμή που ενώνει τις στηρίξεις.

$\delta_0$  : το αρχικό αντιβέλος κάμψης στη αφόρτιστη κατάσταση (κατάσταση 0)

$\delta_1$  : η μεταβολή του βέλους κάμψης λόγω μονίμων φορτίων αμέσως μετά την φόρτιση (κατάσταση 1)

**$\delta_2$**  : η μεταβολή του βέλους κάμψης της δοκού λόγω μεταβλητών φορτίων συν όποιων άλλων χρονικά εξαρτώμενων παραμορφώσεων λόγω μόνιμου φορτίου

(κατάσταση 2)

- **Μέγιστες αποδεκτές τιμές βελών κάμψης**

	$\delta_{\max}$	$\delta_2$
<b>Οροφές γενικά</b>	L/200	L/250
<b>Δάπεδα γενικά</b>	L/250	L/300

### 3.4.3 Οριζόντια βέλη

Τα συνιστώμενα όρια για οριζόντια βέλη κάμψης στην κορυφή των υποστυλωμάτων για πολυώροφα κτίρια είναι:

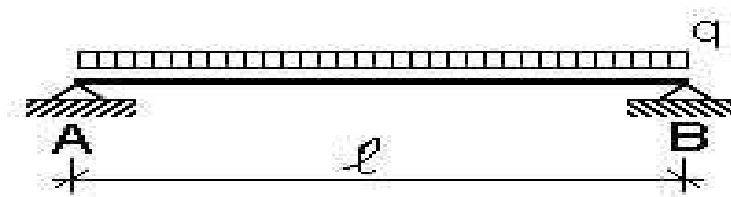
- Σε κάθε όροφο:  **$h/300$**
- Στην κατασκευή ως σύνολο  **$h_0/500$**

Όπου: **h**: το ύψος του ορόφου ή του υποστυλώματος

**$h_0$** : το ολικό ύψος της κατασκευής

### 3.4.4 Έλεγχος Διαδοκίδας

Εφόσον όλα τα κτίρια έχουν τις ίδιες διαστάσεις και φορτία (κινητά και μόνιμα) οι διαδοκίδες θα είναι ίδιες και στα τρία κτίρια. Επιλέξαμε να τοποθετήσουμε 3 διαδοκίδες ανά φάτνωμα (πλάτος επιρροής 1.50 m).





- **Στοιχεία Διαδοκίδας IPE 240:**

**IPE 240**

$H=$	240 mm	$i_y=$	9.97 cm
$b=$	120 mm	$i_z=$	2.69 cm
$t_w=$	6.2 mm	$I_t=$	12.88 cm <sup>4</sup>
$t_f=$	9.8 mm	$I_w=$	37390 cm <sup>6</sup>
$c=d=$	190.4 mm	$W_{el,y}=$	324.3 cm <sup>3</sup>
$A=$	39.2 cm <sup>2</sup>	$W_{el,z}=$	47.27 cm <sup>3</sup>
$A_{vz}=$	19.14 cm <sup>2</sup>	$W_{pl,y}=$	366.6 cm <sup>3</sup>
$r=$	15 mm	$W_{pl,z}=$	73.92 cm <sup>3</sup>
$I_y=$	3892 cm <sup>4</sup>		
$I_z=$	283.6 cm <sup>4</sup>		

- **Κατάταξη Διατομής:**

**Κορμός**

**Κατηγορία1**

**Πέλμα**

**Κατηγορία1**

**Η διατομή ανήκει σε Κατηγορία 1.**

- **Φορτίσεις:**

$$b_{\text{επιρ}} = 1.50 \text{ m}$$

$$\gamma = 25$$

$$g = 3.0$$

$$q = 5.0$$

$$h = 0.18$$

$$g = 0.307$$

$$g = g + g + g = 11.56$$

**1) Έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας:**

$$q = = 26.85$$

- **Στατική Επίλυση Ράβδου:**

$$V = = 67.13$$

$$= = 83.91$$

**A) Έλεγχος σε τέμνουσα:**

$$= 67.13$$

Πλαστική οριακή τέμνουσα :

$$= 259.68 > = 67.13$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**B) Έλεγχος σε κάμψη:**

$$83.91$$

$$= 86.151$$

**ο έλεγχος ικανοποιείται**

**2) Έλεγχος σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας:**

- **Φορτίο λειτουργίας:**

$$q = = 19.06$$

- **Βέλη:**

$\delta =$

$$\delta = \quad = 1.89 < \quad = \quad = 2.00$$

$$\delta = \quad = 0.74 < \quad = \quad = 1.67$$

### 3.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Για την αποφυγή βλαβών κατά τη διάρκεια ενός σεισμού θα πρέπει μεταξύ άλλων εκτενέστερων ελέγχων να πληρείται ο έλεγχος της **γωνιακής παραμόρφωσης**. Ο συντελεστής συμπεριφοράς **q** που λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό των σεισμικών μεγεθών συμμετέχει στον έλεγχο της γωνιακής παραμόρφωσης. Ο ρόλος του είναι εξασφαλίζει περιορισμένες και επιδιορθώσιμες βλάβες στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού υπό τον σεισμό σχεδιασμού, ενώ συγχρόνως να ελαχιστοποιούνται οι βλάβες για σεισμούς μικρότερης εντάσεως και με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης.

Ο περιορισμός γωνιακής παραμόρφωσης ορόφου είναι  $< \dots$ .

Όπου :

- $\dots$  (δηλ. για  $< 2,5$  ισχύει  $\dots$  )
- **q** ο συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής
- **h** το ύψος του ορόφου
- **Δ<sub>ελ</sub>** η σχετική μετακίνηση όπως προκύπτει από την ελαστική ανάλυση.

Σε κτίρια με οργανισμό πλήρωσης η μέγιστη γωνιακή παραμόρφωση σε όλους τους περιμετρικούς τοίχους, λαμβανομένης υπόψη και της στροφής των διαδοχικών πλακών περί κατακόρυφο άξονα δεν υπερβαίνει την τιμή **0,005** για τοιχοπληρώσεις. Για λιγότερο ευαίσθητα χωρίσματα (π.χ. χωρίσματα με μεταλλικό σκελετό ) η γωνιακή παραμόρφωση δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή **0,007**.

Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται με τιμές των μετακινήσεων που προκύπτουν από την ελαστική σεισμική ανάλυση, πολλαπλασιασμένες επί τον λόγο **q / 2.5** που δεν πρέπει να λαμβάνεται μικρότερος από **1.00**. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε σεισμό μικρότερης έντασης και μεγαλύτερης συχνότητας εμφάνισης από τον σεισμό σχεδιασμού.



Ο έλεγχος των υποστυλωμάτων υπό την επίδραση του σεισμικού συνδυασμού επιτρέπεται να γίνεται εφόσον εξασφαλίζεται η αμεταθετότητα της κατασκευής .

Η γωνιακή παραμόρφωση θα ελεγχθεί και στα τρία κτίρια για κάθε όροφο χωριστά. Για κάθε κτίριο επιλέξαμε τους κόμβους που στην αντίστοιχη διεύθυνση για σεισμό κατά  $x'x$  και  $y'y$  παρουσίασαν τις μέγιστες μετακινήσεις. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι κόμβοι σε κάθε όροφο, οι μετακινήσεις τους για την εκάστοτε φόρτιση, καθώς και η παραμόρφωση σε κάθε όροφο. Τέλος, να αναφέρουμε ότι τα στοιχεία για τον έλεγχο ελήφθησαν από το υποπρόγραμμα του **Sofistik 2003, DBView**, μετά από την επίλυση της κατασκευής μέσω της **Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου** για τους σεισμικούς συνδυασμούς **LC 453 (CQC)**, για σεισμό κατά  $x'x$ , και **LC 463 (CQC)**, για σεισμό κατά  $y'y$ .

- **Κτίριο Α :**

<b>Κτίριο Α (χωρίς κατακόρυφους συνδέσμους)</b>		
<b>Κόμβος</b>	<b>Φόρτιση 453 (σεισμός κατά <math>x'x</math>)</b>	<b>Μετατόπιση <math>xx(mm)</math></b>
7	453	2.825
126	453	21.312
226	453	41.052
326	453	59.516
426	453	74.852
526	453	86.157
626	453	93.391

<b>Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Α κατά x'x</b>			
<b>Όροφος</b>	<b>Ύψος Ορόφων(mm)=Δh</b>	<b>Δxx/Δh</b>	<b>Έλεγχος κατά x'x</b>
<b>ισόγειο</b>	5000	0.0036974	<b>δεκτή</b>
<b>1ος</b>	4000	0.004935	<b>δεκτή</b>
<b>2ος</b>	4000	0.004616	<b>δεκτή</b>
<b>3ος</b>	4000	0.003834	<b>δεκτή</b>
<b>4ος</b>	4000	0.00282625	<b>δεκτή</b>
<b>5ος</b>	4000	0.0018085	<b>δεκτή</b>

<b>Κτίριο Α (χωρίς κατακόρυφους συνδέσμους)</b>		
<b>Κόμβος</b>	<b>Φόρτιση 463 (σεισμός κατά y'y)</b>	<b>Μετατόπιση υυ(mm)</b>
<b>3</b>	<b>463</b>	3.691
<b>133</b>	<b>463</b>	23.029
<b>233</b>	<b>463</b>	42.956
<b>333</b>	<b>463</b>	61.518
<b>433</b>	<b>463</b>	76.916
<b>533</b>	<b>463</b>	88.281
<b>633</b>	<b>463</b>	95.574

<b>Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Α κατά y'y</b>			
<b>Όροφος</b>	<b>Ύψος Ορόφων(mm)=Δh</b>	<b>Δyy/Δh</b>	<b>Έλεγχος κατά y'y</b>
<b>ισόγειο</b>	5000	0.0038676	<b>δεκτή</b>
<b>1ος</b>	4000	0.00498175	<b>δεκτή</b>
<b>2ος</b>	4000	0.0046405	<b>δεκτή</b>
<b>3ος</b>	4000	0.0038495	<b>δεκτή</b>
<b>4ος</b>	4000	0.00284125	<b>δεκτή</b>
<b>5ος</b>	4000	0.00182325	<b>δεκτή</b>

- **Κτίριο Β :**

<b>Κτίριο Β (με κατακόρυφους συνδέσμους σε όλες τις διευθύνσεις)</b>		
<b>Κόμβος</b>	<b>Φόρτιση 453 (σεισμός κατά x'x)</b>	<b>Μετατόπιση xx(mm)</b>
7	453	1.092
126	453	9.517
226	453	17.111
326	453	25.526
426	453	34.203
526	453	42.627
626	453	49.862

<b>Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Β κατά x'x</b>			
<b>Όροφος</b>	<b>Ύψος Ορόφων(mm)=Δh</b>	<b>Δxx/Δh</b>	<b>Έλεγχος κατά x'x</b>
ισόγειο	5000	0.001685	δεκτή
1ος	4000	0.0018985	δεκτή
2ος	4000	0.00210375	δεκτή
3ος	4000	0.00216925	δεκτή
4ος	4000	0.002106	δεκτή
5ος	4000	0.00180875	δεκτή

<b>Κτίριο Β (με κατακόρυφους συνδέσμους σε όλες τις διευθύνσεις)</b>		
<b>Κόμβος</b>	<b>Φόρτιση 463 (σεισμός κατά y'y)</b>	<b>Μετατόπιση yy(mm)</b>
<b>9</b>	<b>463</b>	1.651
<b>134</b>	<b>463</b>	9.989
<b>234</b>	<b>463</b>	17.316
<b>334</b>	<b>463</b>	24.418
<b>434</b>	<b>463</b>	31.301
<b>534</b>	<b>463</b>	37.531
<b>634</b>	<b>463</b>	42.245

<b>Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Β κατά y'y</b>			
<b>Όροφος</b>	<b>Ύψος Ορόφων(mm)=Δh</b>	<b>Δyy/Δh</b>	<b>Έλεγχος κατά y'y</b>
<b>ισόγειο</b>	5000	0.0016676	<b>δεκτή</b>
<b>1ος</b>	4000	0.00183175	<b>δεκτή</b>
<b>2ος</b>	4000	0.0017755	<b>δεκτή</b>
<b>3ος</b>	4000	0.00172075	<b>δεκτή</b>
<b>4ος</b>	4000	0.0015575	<b>δεκτή</b>
<b>5ος</b>	4000	0.0011785	<b>δεκτή</b>

- **Κτίριο Γ :**

Κτίριο Γ (με κατακόρυφους συνδέσμους κατά x'x )		
Κόμβος	Φόρτιση 453 (σεισμός κατά x'x)	Μετατόπιση xx(mm)
13	453	1.172
127	453	10.183
227	453	18.131
327	453	27.04
427	453	36.38
527	453	45.583
627	453	53.501

Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Γ κατά x'x			
Όροφος	Ύψος Ορόφων(mm)=Δh	Δxx/Δh	Έλεγχος κατά x'x
ισόγειο	5000	0.0018022	δεκτή
1ος	4000	0.001987	δεκτή
2ος	4000	0.00222725	δεκτή
3ος	4000	0.002335	δεκτή
4ος	4000	0.00230075	δεκτή
5ος	4000	0.0019795	δεκτή

<b>Κτίριο Γ (με κατακόρυφους συνδέσμους κατά x'x )</b>		
<b>Κόμβος</b>	<b>Φόρτιση 463 (σεισμός κατά y'y)</b>	<b>Μετατόπιση yy(mm)</b>
<b>3</b>	<b>463</b>	3.371
<b>133</b>	<b>463</b>	24.569
<b>233</b>	<b>463</b>	44.112
<b>333</b>	<b>463</b>	61.571
<b>433</b>	<b>463</b>	75.808
<b>533</b>	<b>463</b>	86.13
<b>633</b>	<b>463</b>	92.342

<b>Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφων Κτιρίου Γ κατά y'y</b>			
<b>Όροφος</b>	<b>Ύψος Ορόφων(mm)=Δh</b>	<b>Δyy/Δh</b>	<b>Έλεγχος κατά y'y</b>
<b>ισόγειο</b>	5000	0.0042396	<b>δεκτή</b>
<b>1ος</b>	4000	0.00488575	<b>δεκτή</b>
<b>2ος</b>	4000	0.00436475	<b>δεκτή</b>
<b>3ος</b>	4000	0.00355925	<b>δεκτή</b>
<b>4ος</b>	4000	0.0025805	<b>δεκτή</b>
<b>5ος</b>	4000	0.001553	<b>δεκτή</b>





