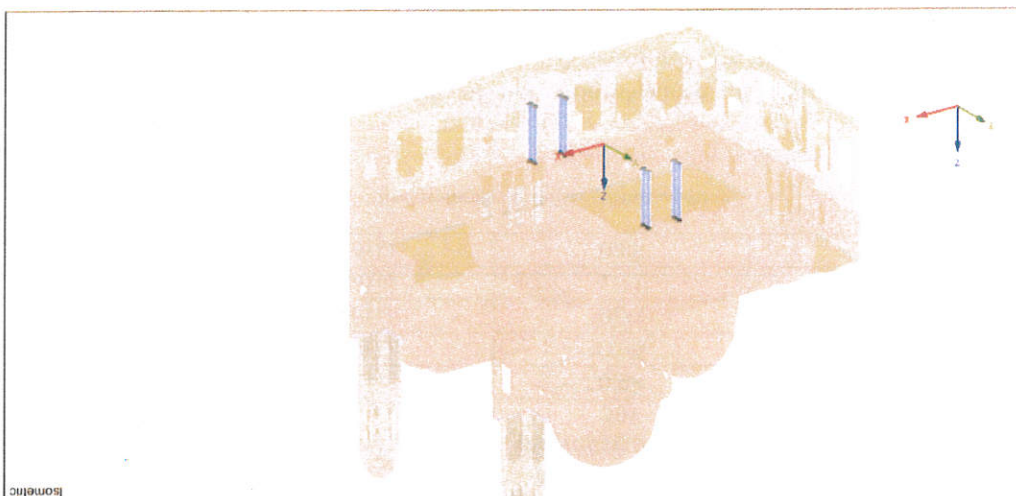
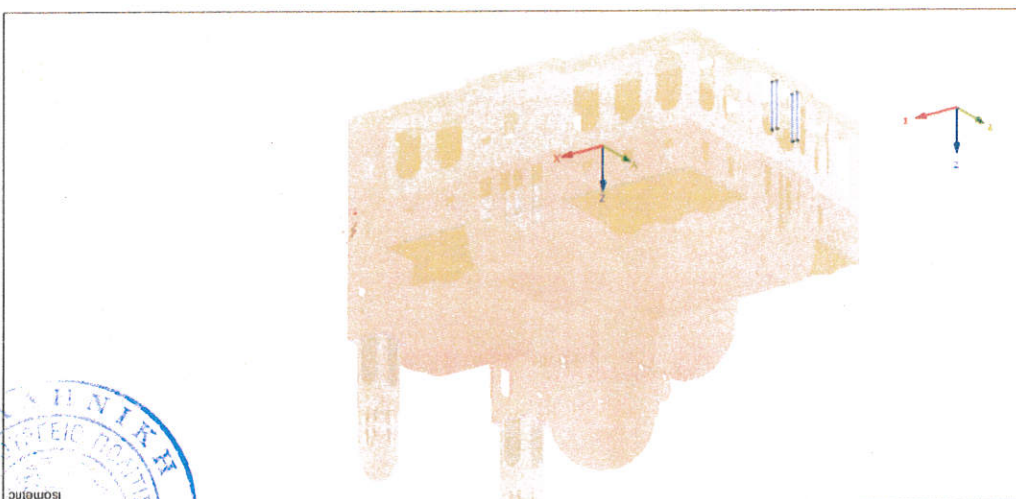


Εικόνα 56. Υποστυλώματα Φ450.



Εικόνα 55. Υποστυλώματα Φ250.

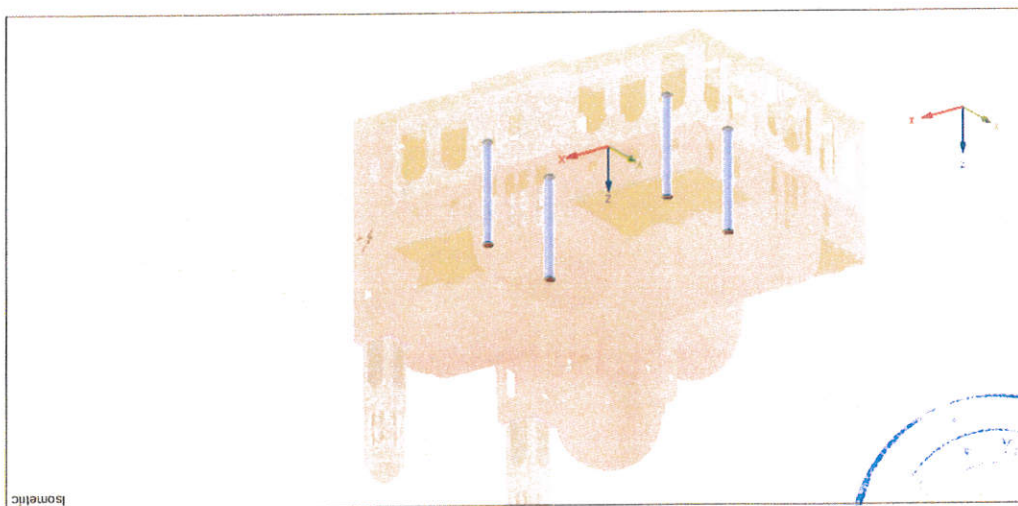


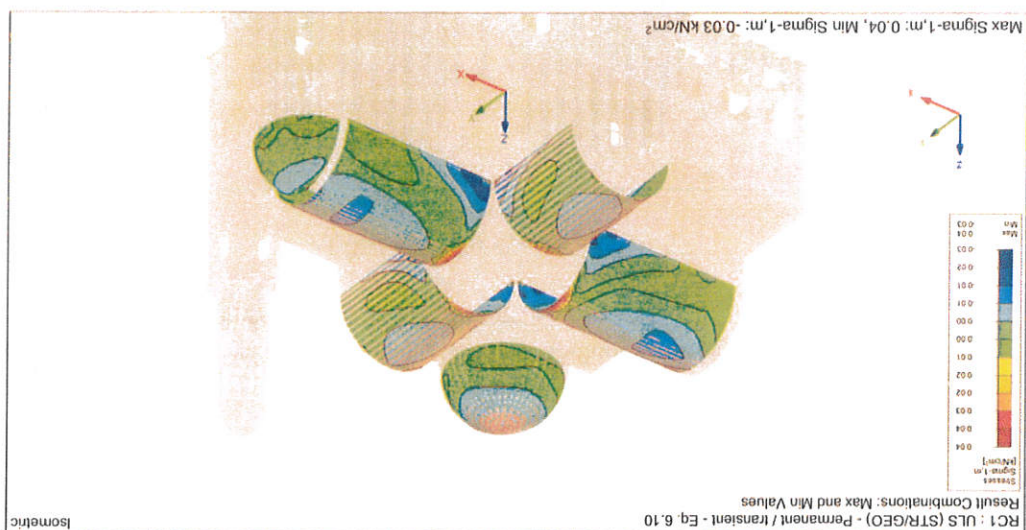
Παρουσιάζονται ανεπάρκειες στα κυκλικά υποστυλίσματα με διάμετρο 85 εκατοστά καθώς και στα μικρότερα υποστυλίσματα διαμέτρου 45 εκατοστών στο Βόρειο και Νότιο τμήμα του Ναού. Για το λόγο αυτό επιλέγεται να ενισχυθούν με περίβλεψη με Ι.Α.Μ. Οι υπολογισμοί και η αντίστοιχη επάρκεια που προκύπτει μετά την εφαρμογή των Ι.Α.Μ. παρουσιάζονται στην αντίστοιχη παράγραφο στη συνέχεια.

Πίνακας 18. Λόγοι ανεπάρκειας υποστυλίσματος Ναού.

Διατομή – θέση υποστυλίσματος	Θέση ελέγχου	Μέγιστος λόγος ανεπάρκειας 100X-30Y	Μέγιστος λόγος ανεπάρκειας 30X-100Y	Κεντρικά	Κυκλικά Φ250	Κυκλικά Φ450	Κυκλικά Φ850	Ιερόν
				κάτω	κάτω	κάτω	κάτω	κάτω
				0.98	0.24	0.73	1.21	0.85
				0.99	0.43	1.06	1.34	1.00

Εικόνα 57. Υποστυλίσματα Φ850.





Εικόνα 58. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση 1 για την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας σε στατικά φορτία.

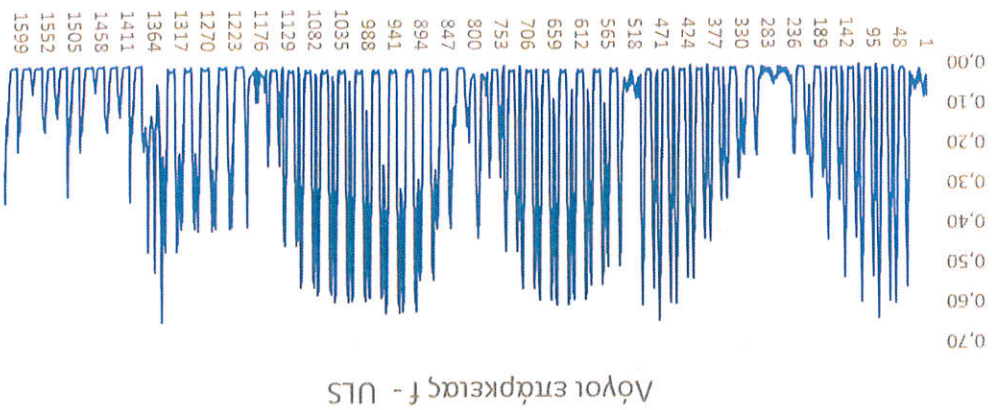
Εάχχοι κρηπίδου Ottosen

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εάχχων της τοιχοποιίας του Ναού σε επίπεδο τάσεων μεσω του κρηπίδου του Ottosen. Οι αναλυτικοί έλεγχοι στα επιμέρους σημεία των επιφανειών παρουσιάζονται σε αντίστοιχα τεύχη υπολογισμών. Παρόλα αυτά ενοπλίζονται ακόμη σαφής βελτίωση σε σχέση με τον αρχικό μη ενισχυμένο φορέα. Παρόλα αυτά ενοπλίζονται ακόμη περσιόχες οι οποίες έχουν λόγο ανεπάρκειας μεγάλυτερο της μονάδας. Για το λόγο αυτό επιλέγεται ενισχυση των στοιχείων αυτών που αφορούν με ιοντάγματα Ανόργανης Μήτρας -ΙΑΜ με υαλοπλάσματα τύπου AR -Alkaline Resistant και καθαρά ποζολανικό κονίαμα βόσκη, ώστε να μην περιέχεται καθόλου τσιμέντο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κύριες τάσεις στις επιφάνειες του τριβλίου και των καμαρών του Ναού. Οι διευθύνσεις των κυρίων τάσεων σφραγίζονται έναντι των τοιχών από κάθε στοιχείο ανάλογα με την ένταση οπότε η διακρίμηση της έντασης έχει περισσότερο νόημα ως προς το μέτρο της.



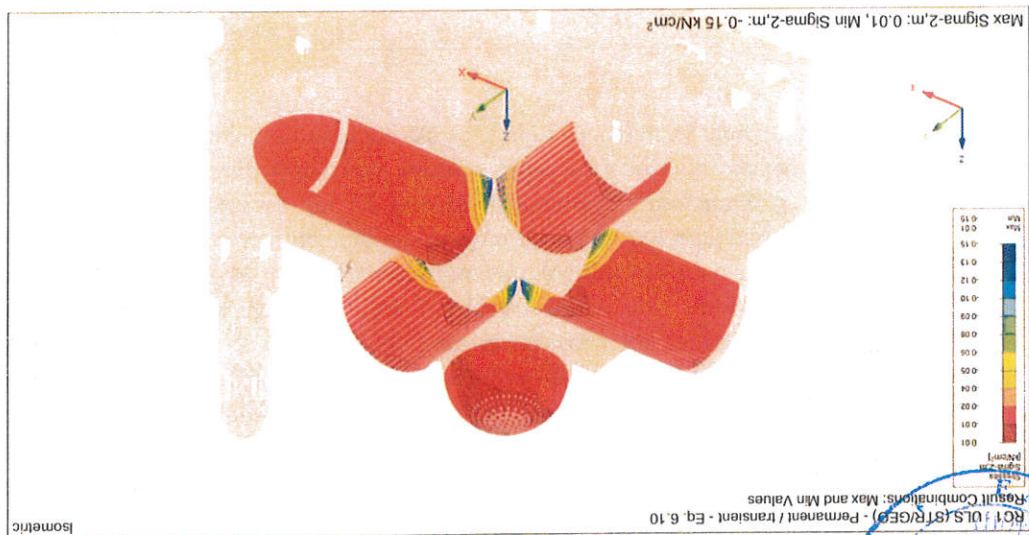


Εικόνα 60. Αόγοι επέκτασης για την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας σε στατικά φορτία.



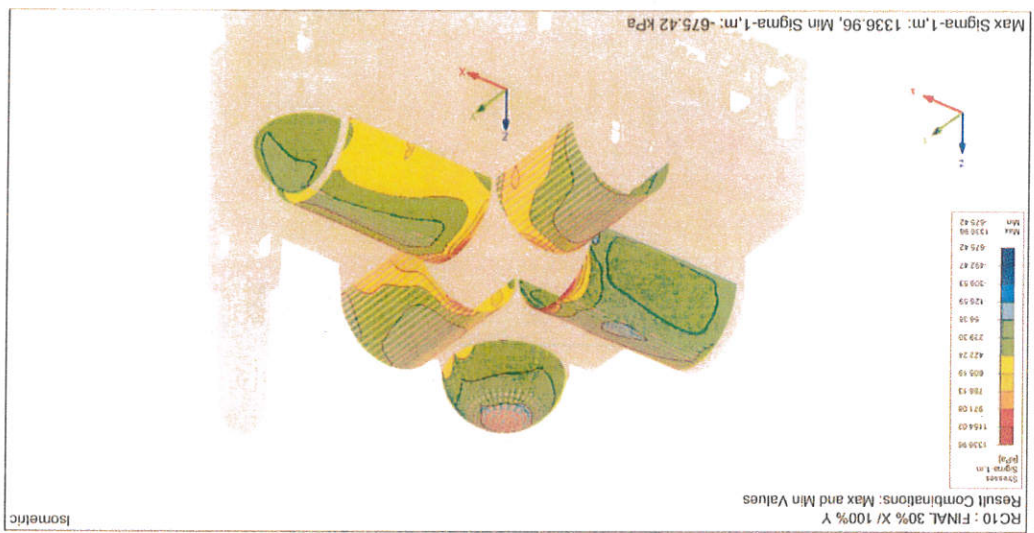
Για κάθε επιμέρους περιοχή και για την παραθεση της αρίθμησης των θέσεων ελέγχου παρουσιάζονται διαγράμματα του λόγου της έντασης, ++

Εικόνα 59. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση z για την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας σε στατικά φορτία.

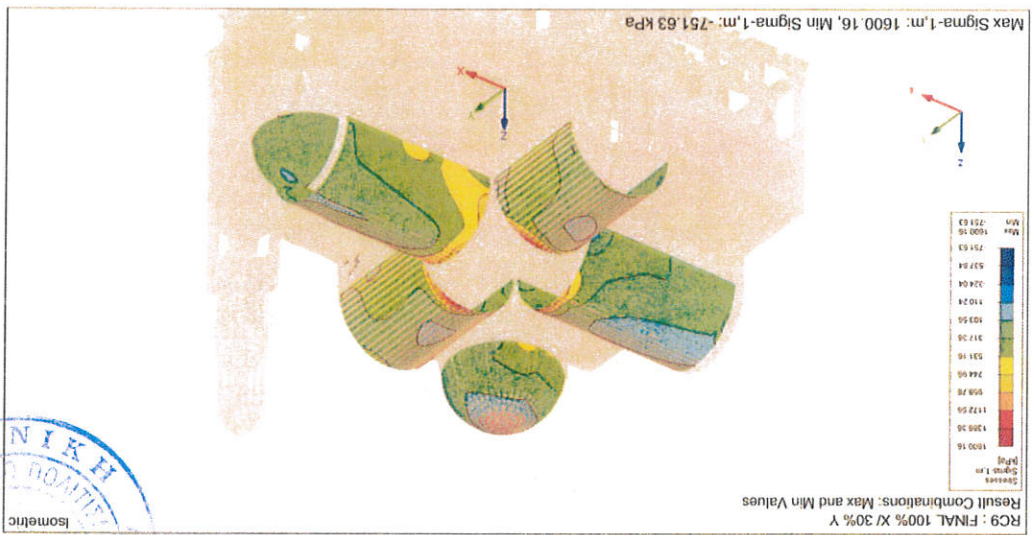




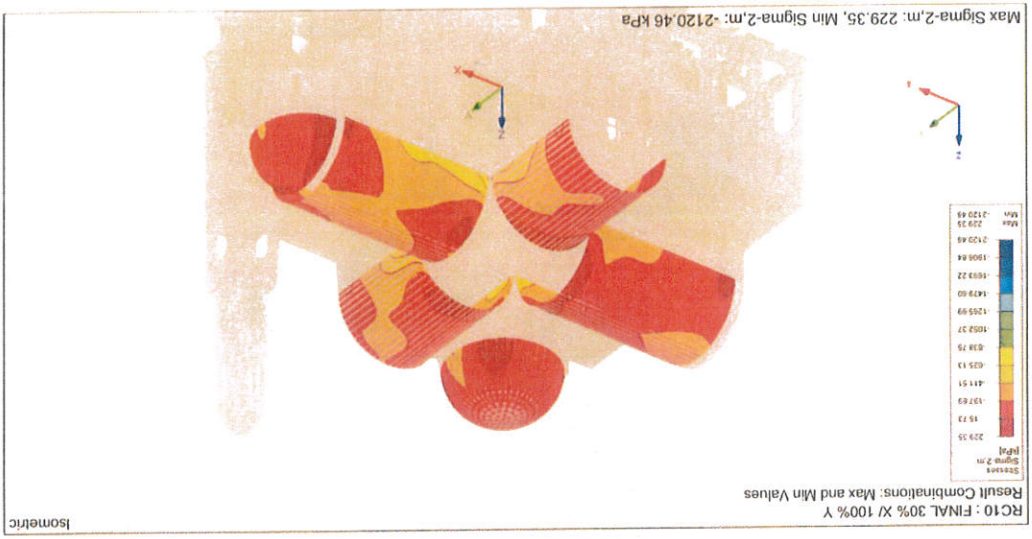
Εικόνα 62. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση 1 για τα οριζοντιά φορτία 30X-100Y.



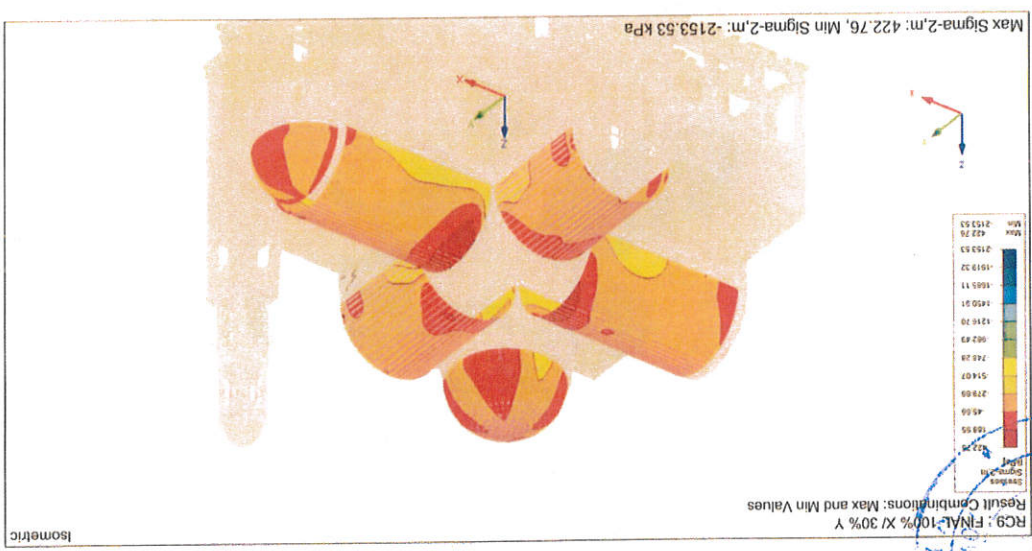
Εικόνα 61. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση 1 για τα οριζοντιά φορτία 100X-30Y.

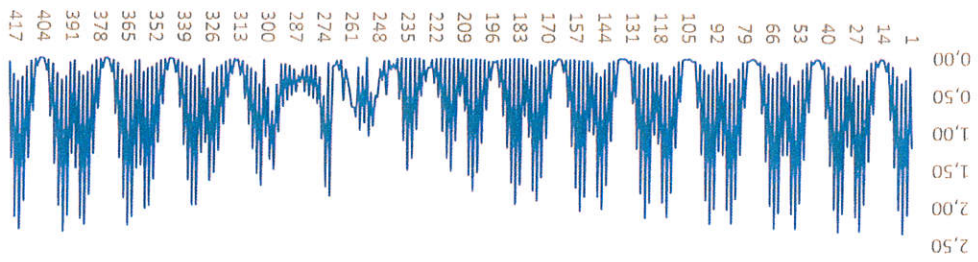


Εικόνα 64. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση Z για τα σεισμικά φορτία 30X-100Y.

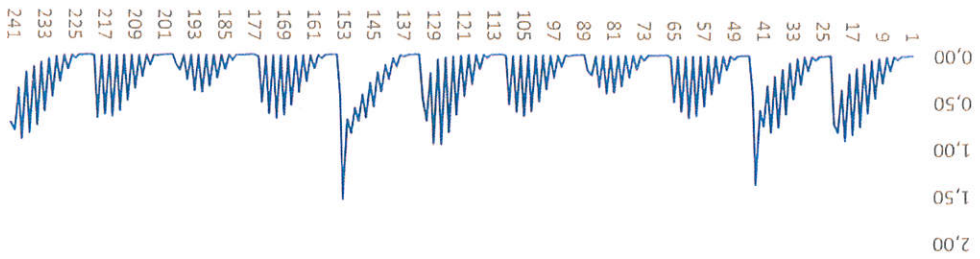


Εικόνα 63. Κύριες τάσεις κατά τη διεύθυνση Z για τα σεισμικά φορτία 100X-30Y.

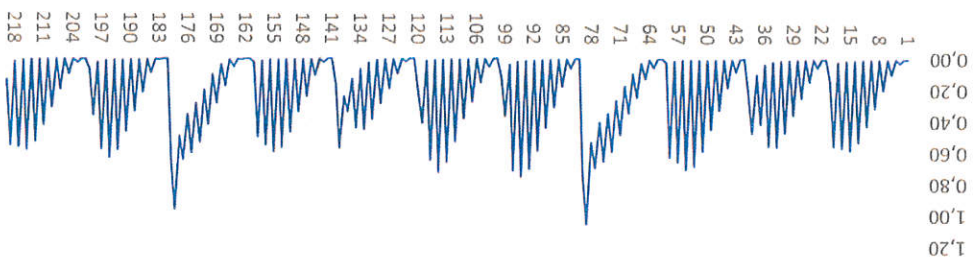




Δόλοι ανεπάρκειας f - Δυτική καμάρα - 30X100Υ



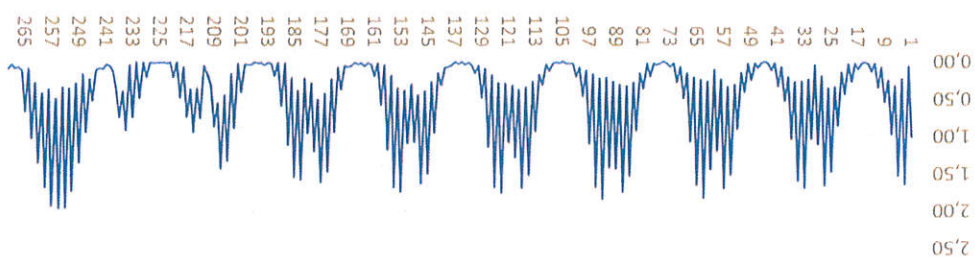
Δόλοι ανεπάρκειας f - Τρούλος - 100X30Υ



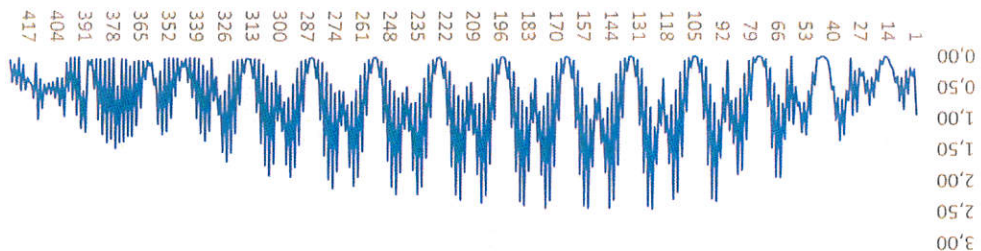
Δόλοι ανεπάρκειας f - Τρούλος - 30X100Υ



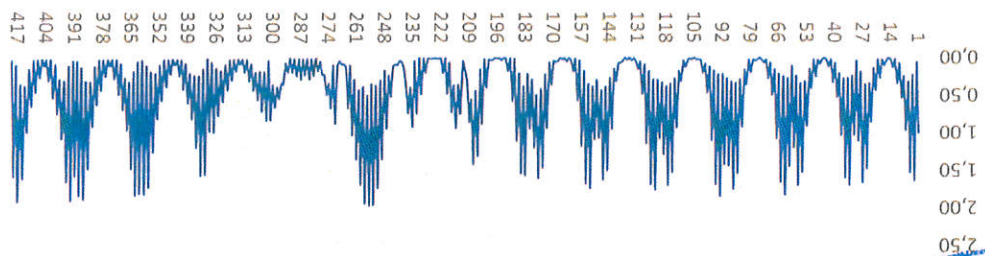




Λόγοι ανεπάρκειας f - Ανατολική καμάρα - 100X30Y

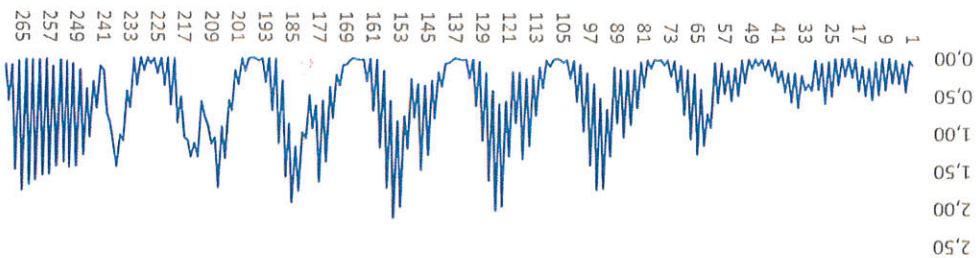


Λόγοι ανεπάρκειας f - Ανατολική καμάρα - 30X100Y

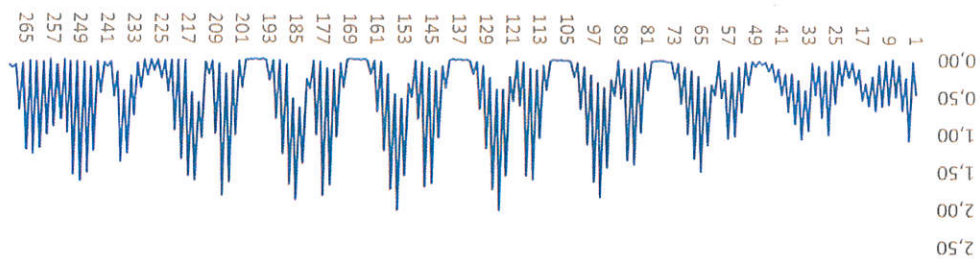


Λόγοι ανεπάρκειας f - Δυτική καμάρα - 100X30Y

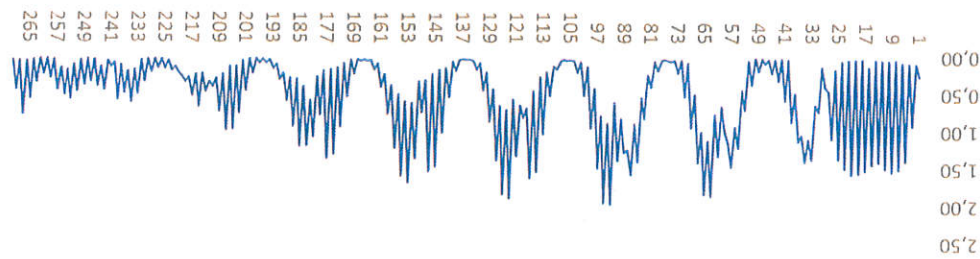




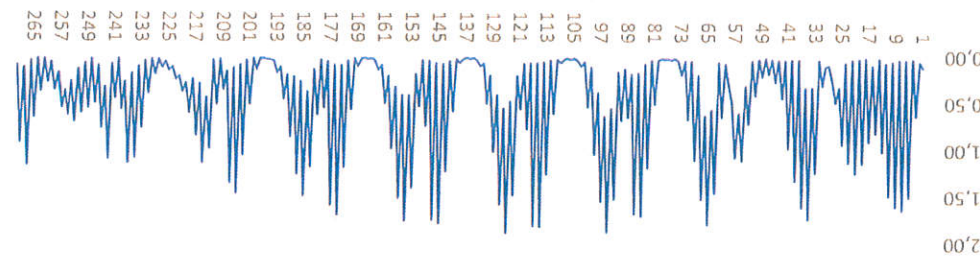
Λόγοι ανεπάρκειας f - Βόρεια καμάρα - 30X100Y



Λόγοι ανεπάρκειας f - Βόρεια καμάρα - 100X30Y



Λόγοι ανεπάρκειας f - Νότια καμάρα - 30X100Y

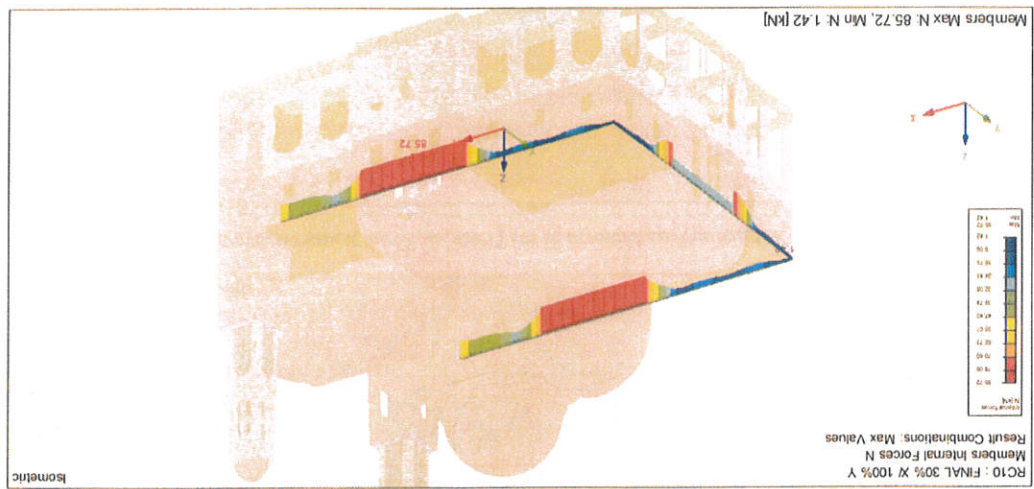


Λόγοι ανεπάρκειας f - Νότια καμάρα - 100X30Y

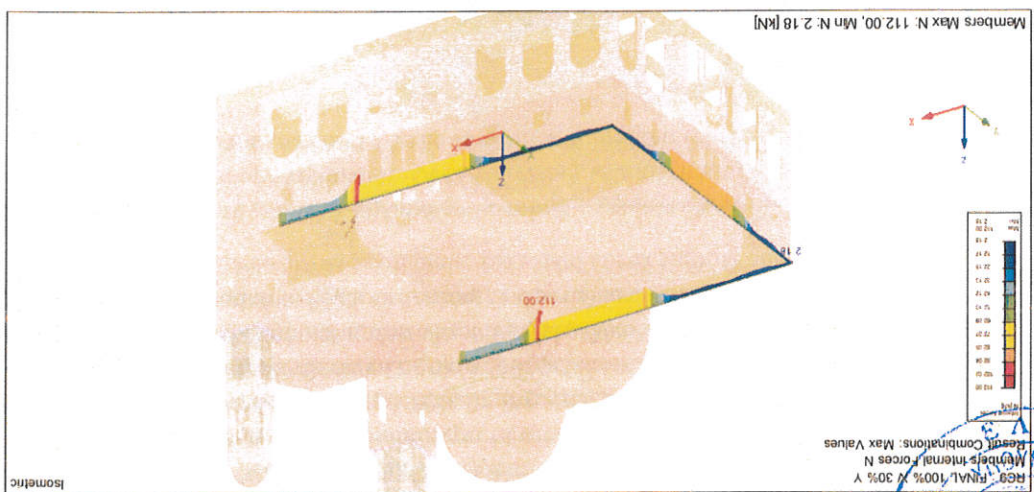
Εικόνα 65. Λόγοι ανεπάρκειας για τις καμπύλες επιφάνειας του Ναού.



Εικόνα 69. Αξονικές δυνάμεις νέων μελών πεπιεστικά για το σεισμικό συνδυασμό 30X+100Y.

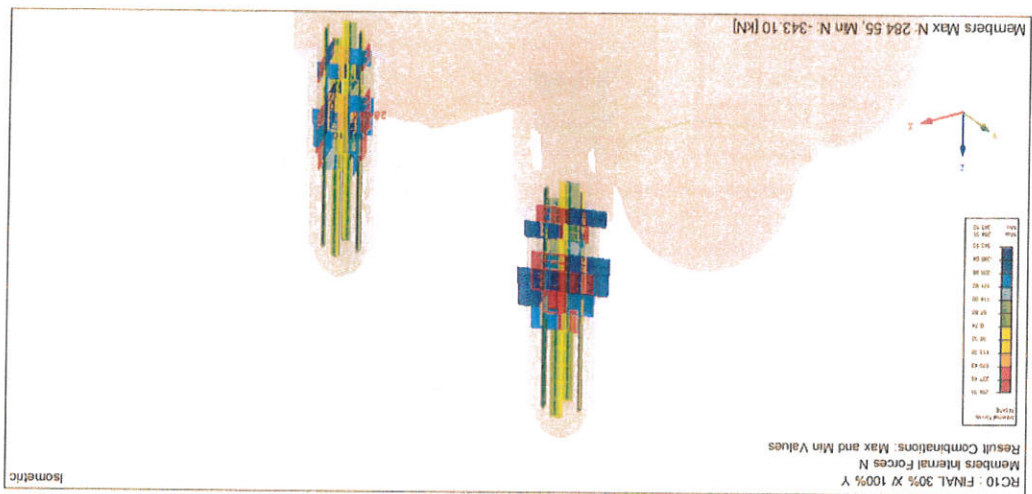


Εικόνα 68. Αξονικές δυνάμεις νέων μελών πεπιεστικά για το σεισμικό συνδυασμό 100X+30Y.

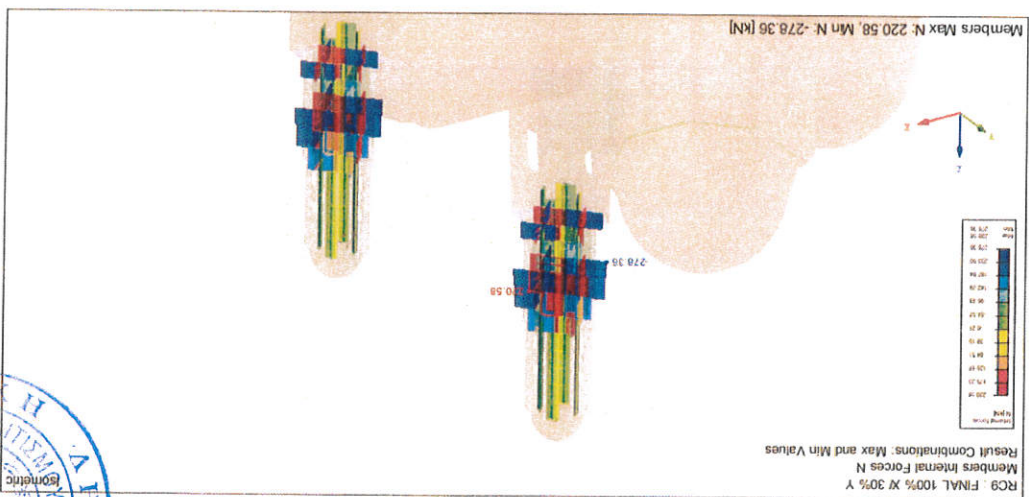


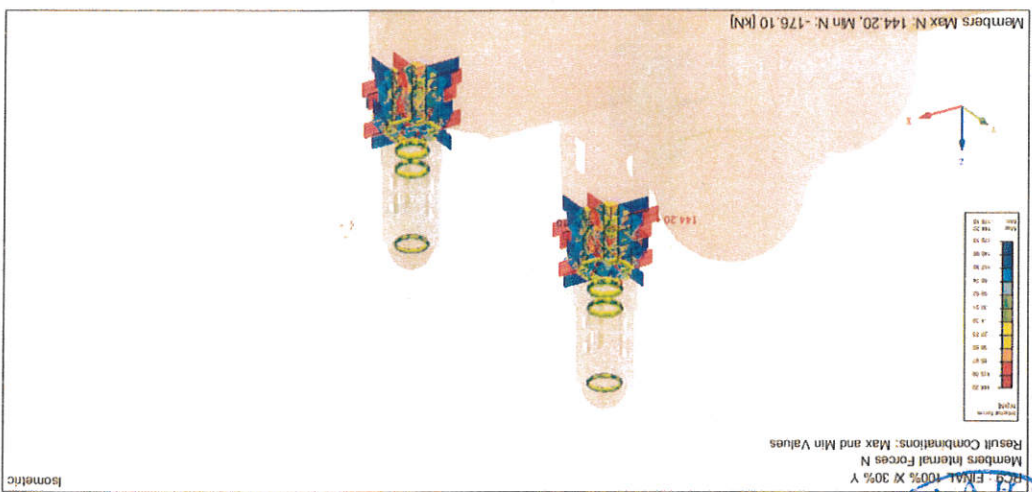


Εικόνα 71. Αξονικές διατομές UPN240 για το σημείο συνδυασμό 30X+100Y.

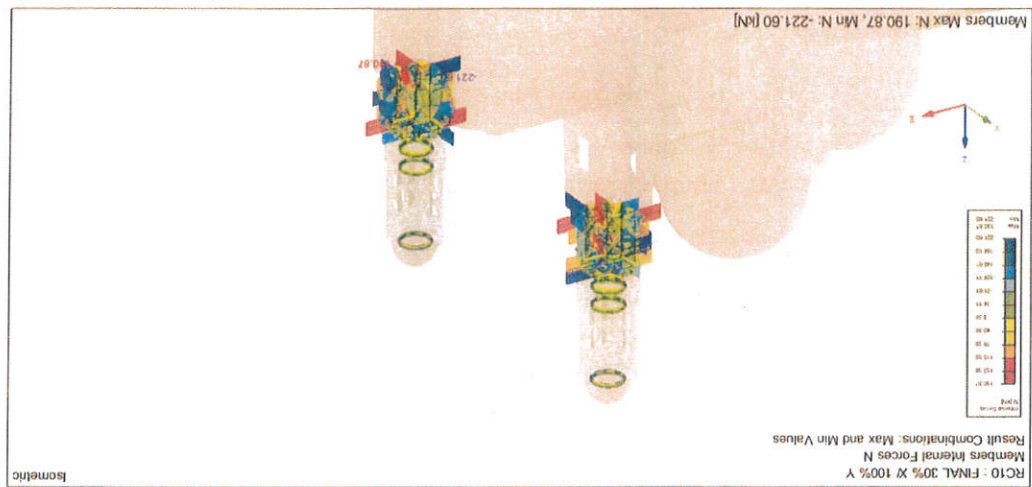


Εικόνα 70. Αξονικές διατομές UPN240 για το σημείο συνδυασμό 100X+30Y.

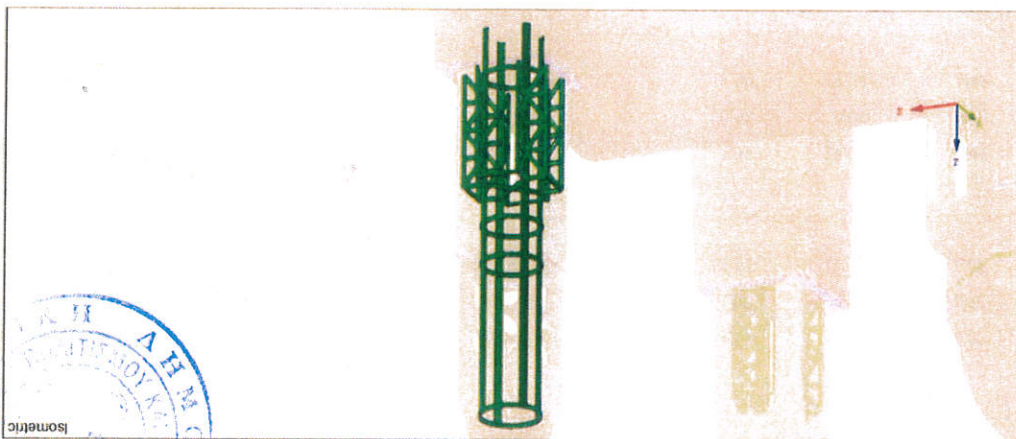




Εικόνα 72. Αξονικές δυνάμεις διατομών UPN140 για το σεισμικό συνδυασμό 100X+30Y.



Εικόνα 73. Αξονικές δυνάμεις διατομών UPN140 για το σεισμικό συνδυασμό 30X+100Y.



Εικόνα 74. Νέο μεταλλικό πύλο.

Section No.	Member No.	Location x [m]	S-Point No.	Load-Ing	Stress Type	Existing Stress [kN/cm <sup>2</sup> ]	Limit	Ratio
12	142	0,000000	1	RC10	Sigma Total	12,27	17,50	0,70
					Tau Total	0,00	10,10	0,00
					Sigma-eqv	12,27	17,50	0,70
13	182	0,000000	1	RC9	Sigma Total	1,39	17,24	0,08
					Tau Total	0,18	9,95	0,02
					Sigma-eqv	1,39	17,24	0,08
14	199	0,000000	4	RC9	Sigma Total	-13,19	18,50	0,71
					Tau Total	0,35	10,68	0,03
					Sigma-eqv	13,19	18,50	0,71
15	482	3,795130	2	RC9	Sigma Total	1,12	18,50	0,06
					Tau Total	0,01	10,68	0,00
					Sigma-eqv	1,12	18,50	0,06
16	669	0,000000	1	RC10	Sigma Total	-11,69	17,24	0,68
					Tau Total	0,53	9,95	0,05
					Sigma-eqv	11,69	17,24	0,68

UPN 240 | ArcelorMittal (EN 10365:2017)



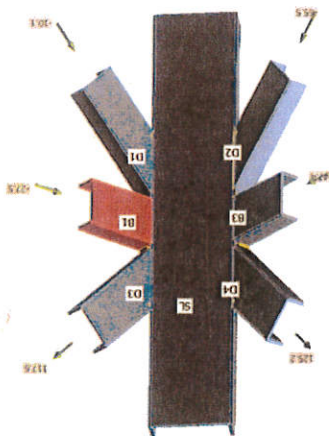


17	UPN 140   ArcelorMittal (EN 10365:2017)									
	753	0,000000	1	RC10	Sigma Total	-14,13	17,24	0,82		
	695	0,761108	9	RC10	Tau Total	1,00	9,95	0,10		
18	IPN 140   ArcelorMittal (EN 10365:2017)									
	721	0,985495	10	RC10	Sigma Total	7,30	17,24	0,42		
	716	0,985495	13	RC10	Tau Total	0,95	9,95	0,10		
19	Circle 49,4975 (2*Φ35)									
	1034	0,000000	1	RC9	Sigma Total	13,95	17,24	0,81		
	1027	0,000000	1	RC9	Tau Total	0,00	9,95	0,00		
20	Rectangle 10/150									
	1092	4,575000	2	RC9	Sigma Total	11,26	17,24	0,65		
	1092	4,575000	5	RC9	Tau Total	0,72	9,95	0,07		
	1092	4,575000	2	RC9	Sigma-eqv	11,26	17,24	0,65		

Πίνακας 19. Αόγει ενδρκετας μεταλλικών διατομών.

Διαστασιολόγηση συνδέσεων μεταλλικών πλαισίων

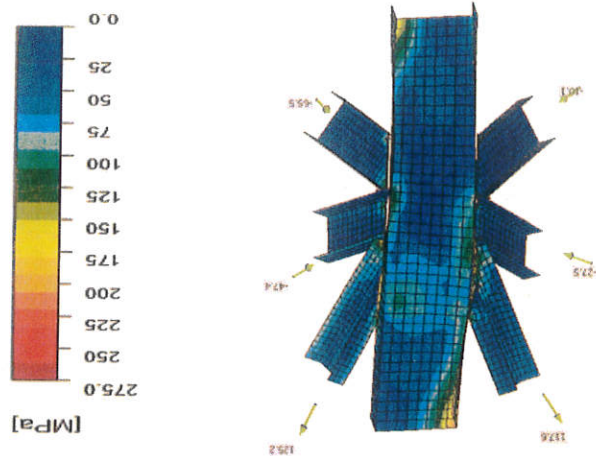
Σύνδεση 1



Εικόνα 75. Τυπική κεντρική σύνδεση.

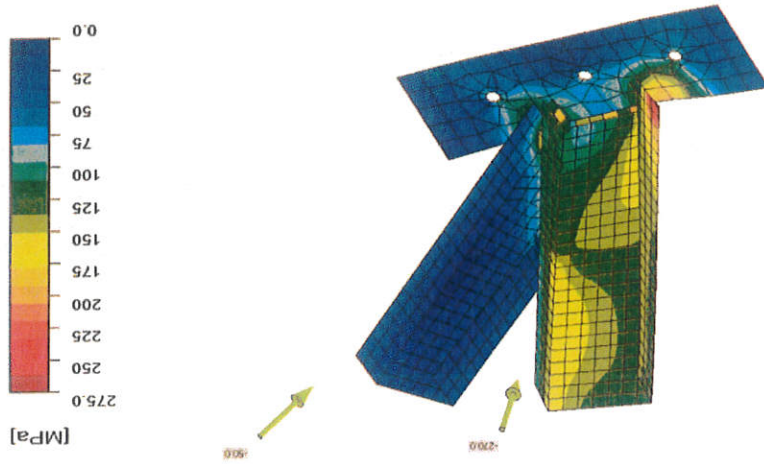
Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5%	OK
Welds	82.4 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Πίνακας 20. Ποσοστά επίτευξης συνδέσεων.



Εικόνα 76. Έλεγχοι ισοδυναμίας τάσης.

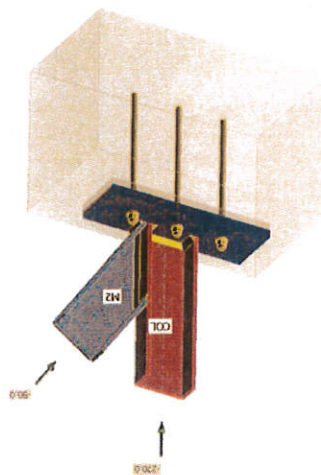
Εικόνα 78. Ελέγχος ισοδύναμης τάσης.



Πίνακας 21. Προσομοίωση εντάσεων.

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.1 < 5%	OK
Anchor	84.2 < 100%	OK
Welds	98.0 < 100%	OK
Concrete block	99.0 < 100%	OK
Shear	31.7 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

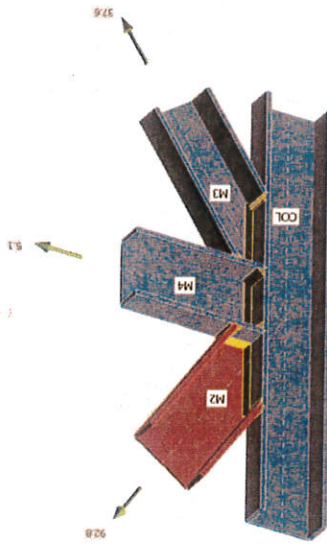
Εικόνα 77. Γεωμετρία σύνδεσης.





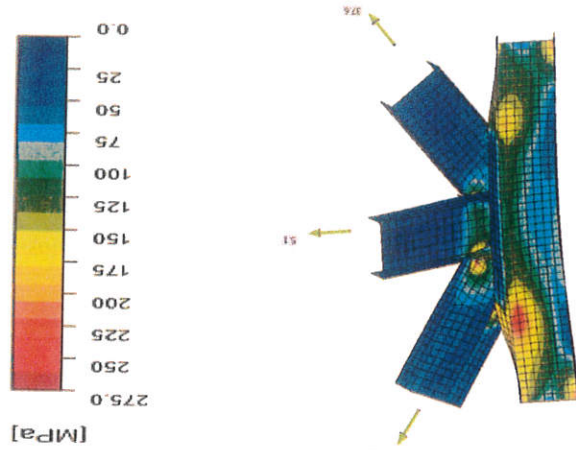


Εικόνα 79. Γεωμετρία σύνδεσης.



Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5%	OK
Welds	79.1 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Πίνακας 22. Ποσοστά επίδοσης σύνδεσης.



Εικόνα 80. Έλεγχος ισοδυναμίας τένον.

Αποδοτικότητα ενισχύσεων με Ινοπλέγματα Ανόργανης Μήτρας (IAM)



Δεδομένα υλικών:

<b>Πλέγμα</b>	
SikaWrap-340	Grid AR
Πάχος ξηρού πλέγματος	[mm]
Μέτρο ελαστικότητας	72000
Εφελκυστική αντοχή	1390
Εφελκυστική αντοχή πλέγματος ft [MPa]	

<b>Κονίαμα</b>	
SikaMur-200 M15	Μέτρο ελαστικότητας
10000	κονιάματος f <sub>mort</sub> [MPa]
15	Θαυτική αντοχή
	κονιάματος f <sub>mort</sub> [MPa]

Ενίσχυση κατακόρυφων πεσσών γυναικωλήν:

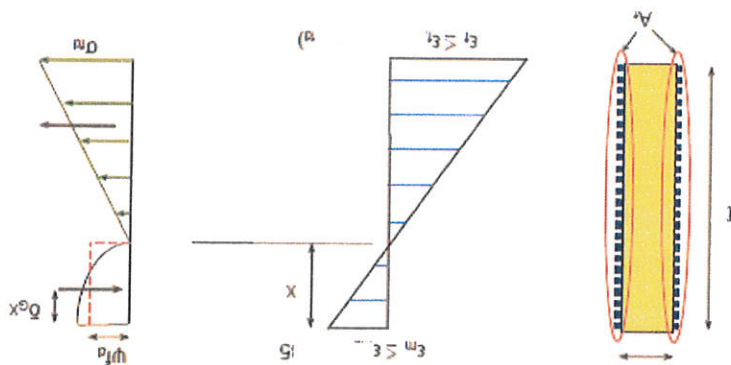
<b>Σύστημα IAM</b>	
2	Στρώσεις πλέγματος
10	Πάχος IAM ανά πλευρά
	Εξασφάλιση πλήρους
	συνάφειας
	$\gamma_m=1.25$

Δεδομένα κρίσιμότερου πεσσού:

<b>Αντοχές</b>	
3260.0 kPa	Θαυτική αντοχή τοιχοποιίας (f <sub>wd</sub> )
333.0 kPa	εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας (f <sub>wtd</sub> )
302.1 kPa	διατμητική αντοχή τοιχοποιίας (f <sub>vd0</sub> )
0.15%	Παραμόρφωση στη διαρροή ε <sub>y</sub>
0.20%	Παραμόρφωση στη αστοχία ε <sub>u</sub>
<b>Διαστάσεις</b>	
1.66 m	H
3.22 m	L
0.85 m	t



a. Κάμψη εντός επιπέδου:  
 Ένταση μέγεθη κρίσιμης φόρτισης:  $N_{ed} = -397.0 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = 526.0 \text{ kNm}$   
 Υπολογίζεται η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου πρεσσοθωπώμενου επιτεδότη διατομής, μηδενική εφελακυστική αντοχή τοιχοποιίας και μηδενική θλιπτική αντοχή IAM (Εικόνα 81).



Εικόνα 81: Ισορροπία ενισχυμένης διατομής εντός επιπέδου

Στην ισορροπία:  
 Κρίσιμο υλικό: Αστοχία IAM  
 Μήκος θαμβόμενης ζώνης:  $x = 0.332 \text{ m}$   
 Θλιπτική δύναμη τοιχοποιίας:  $F_{cm} = 735 \text{ kN}$   
 Εφελακυστική δύναμη IAM:  $F_t = 338 \text{ kN}$   
 Ποπή αντοχής:  $M_{rd} = 1299 \text{ kNm} > M_{ed} = 526.0 \text{ kNm}$ . Ο έλεγχος ικανοποιείται

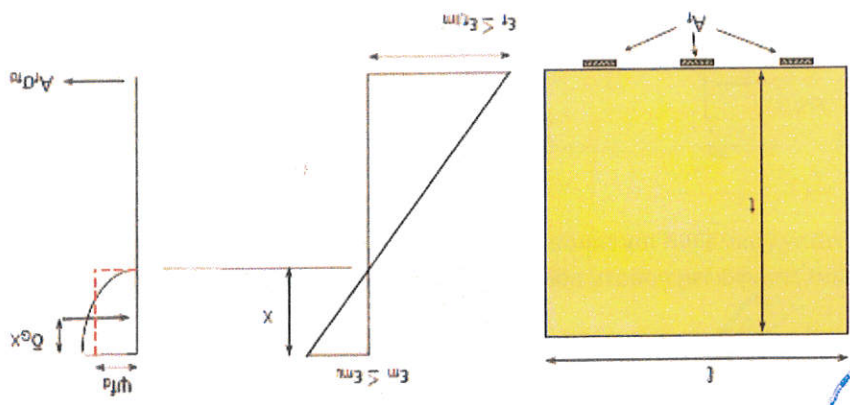
b. Τέμνοσα εντός επιπέδου:  
 Ένταση μέγεθη κρίσιμης φόρτισης:  $V_{ed} = -1252.0 \text{ kN}$

KAEF 8.9.8(β)  
 Διαμητική αντοχή άοπλου πρεσσοθωπώμενου για  $L' = L$ :  $V_R = 1025.0 \text{ kN}$   
 Διαμητική IAM:  $V_f = 2 \cdot f_t \cdot H \cdot t_f = 266 \text{ kN}$   
 Συνολική διαμητική αντοχή:  
 $V_{rd} = V_R + V_f = 1291 \text{ kN} > V_{ed} = 1025 \text{ kN}$ . Ο έλεγχος ικανοποιείται

c. Κάμψη εκτός επιπέδου:  
 Ένταση μέγεθη κρίσιμης φόρτισης:  $N_{ed} = -397.0 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = 131.0 \text{ kNm}$

Υπολογίζεται η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου πρεσσοθωπώμενου επιτεδότη διατομής, μηδενική εφελακυστική αντοχή τοιχοποιίας και μηδενική θλιπτική αντοχή IAM (Εικόνα 82).



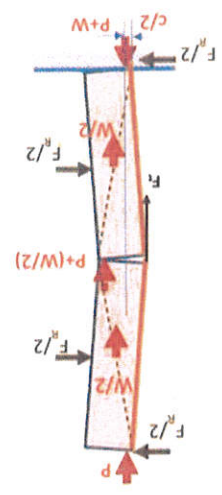


Εικόνα 82: Ισορροπία ενισχυμένης διατομής εκτός επιπέδου

Στην ισορροπία:  
 Κρίσιμο υλικό: Αστοχία τοιχοποιίας  
 Μήκος θλαβόμενης ζώνης:  $x=0.098 \text{ m}$   
 Θάψτική δύναμη τοιχοποιίας:  $F_{cm}=770 \text{ kN}$   
 Εφακυστική δύναμη ΙΑΜ:  $F_t=373 \text{ kN}$   
 Ροπή αντοχής:  $M_{rd}=456.0 \text{ kNm} > M_{ed}=131.0 \text{ kN}$ . Ο έλεγχος ικανοποιείται

d. Αναρροπή εκτός επιπέδου:  
 Εντατικά μεγέθη κρίσιμης φόρτισης:  
 $V_{ed}=-1252.0 \text{ kN}$

Εξετάζεται η αναρροπή του πρεστού με άνοιγμα πωλητής στο μέσον του ύψους του.



Εικόνα 83: Έλεγχος σε αναρροπή στο μέσον



Ιδιο βάρος:  $W = 91.94 \text{ kN}$   
Κατακόρυφη δύναμη στη στέγη του πρεσού:  $P = 397 \text{ kN}$   
Εφαγκυστική δύναμη ΙΑΜ:  $F_t = 377.2 \text{ kN}$   
Αντίσταση σε αναρροπή με οριζόντια ρωγμή στο μέσον, από ισορροπία:

$$F_{\text{rad}} = 2531 \text{ kN} > 91.94 \text{ kN. Ο έλεγχος ικανοποιείται}$$

Εντοχση κυκλικών πρεσών λόγω περισφιγής:

Σύστημα ΙΑΜ	
Στρώσεις πλέγματος	1
Πάχος ΙΑΜ ανά πλευρά	10
(mm)	

Σύστημα ΙΑΜ	
Στρώσεις πλέγματος	1
Πάχος ΙΑΜ ανά πλευρά	10
(mm)	

Υπολογίζεται η αύξηση της θλιπτικής αντοχής λόγω περισφιγής με μία σπών ΙΑΜ.  
Σύμφωνα με το [13, 14], παρ. 4.4.1 υπολογίζεται η αυξημένη θλιπτική αντοχή του πρεσού κυκλικής διατομής λόγω της περισφιγής που προσφέρουν τα ΙΑΜ:

Μέγιστη παραμόρφωση σχεδιασμού:

$$p = \frac{4t}{4 \cdot 0.01} = \frac{D}{0.65} = 0.062$$

$$k = a_t \cdot \left( p \cdot \frac{f_c}{f_{ct}} \right)^z = 1.81 \cdot \left( 0.062 \cdot \frac{15}{3.26} \right)^2 = 0.516$$

$$\epsilon_{ul} = \min \left( k \cdot n_a \cdot \frac{\epsilon_{ul}^m}{\gamma_m}; 0.004 \right) = \min \left( 0.516 \cdot 0.9 \cdot \frac{0.0193}{1.5}; 0.004 \right) = 0.004$$

Τόση περισφιγής που εφαρμόζεται:

$$f_l = \frac{2 \cdot n_f \cdot l_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{ul}}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0.053 \cdot 10^3 \cdot 72000000 \cdot 0.004}{0.65} = 46.96 \text{ kPa}$$

Για ενιαία περισφιγή:  $k_{fl} = 1.0$

Ισοδύναμη τόση περισφιγής:

$$f_{l,eq} = k_{fl} \cdot f_l = 1.0 \cdot 46.96 = 46.96 \text{ kPa}$$

Στην Εικόνα 84 παρουσιάζονται οι κλίσεις μεμβρανικές δυνάμεις από όλους τους φορτιστικούς συνδυασμούς στην άνω ίνα του κελύφους, εκεί όπου τοποθετείται το σύστημα IΛM. Παρατηρείται ότι δεν υπερβαίνεται η δύναμη αποκόλλησης  $N_0=363 \text{ kN/m}$ . Συνεπώς το σύστημα IΛM αναλαμβάνει με ασφάλεια τις δράσεις σχεδιασμού.

$$N_0 = b \cdot r \cdot f_{wd} = 1.0 \cdot 1.10 \cdot 333.0 = 363.0 \text{ kN / m}$$

$$\sigma_0 = \frac{f_t}{\beta_0} = \frac{1.8}{1390} = 772 \text{ MPa}$$

Σύμφωνα με το [13], παρ. 4.5 υπολογίζεται εφεξυςτική δύναμη αποκόλλησης του IΛM στην εξωτερική επιφάνεια του θόλου:

Σύστημα IΛM	1	Πάχος IΛM ανά πλεύρα (mm)
Στιρώσεις πλέγματος	10	

Επίχυση θόλου:

Η νέα ποινή αντοχής εκτός επιπέδου υπολογίζεται:  
 $M_{Rd}=180.66 \text{ kN} > M_{Ed}=176 \text{ kN}$ . Ο έλεγχος ικανοποιείται

$$f_{mcd} = f_{md} \cdot \left[ 1 + k' \cdot \left( \frac{f_{l,eff}}{f_{md}} \right)^{a_1} \right] = 4.5 \cdot \left[ 1 + 2 \cdot \left( \frac{46.96}{4500} \right)^{0.5} \right] = 5.42 \text{ MPa}$$

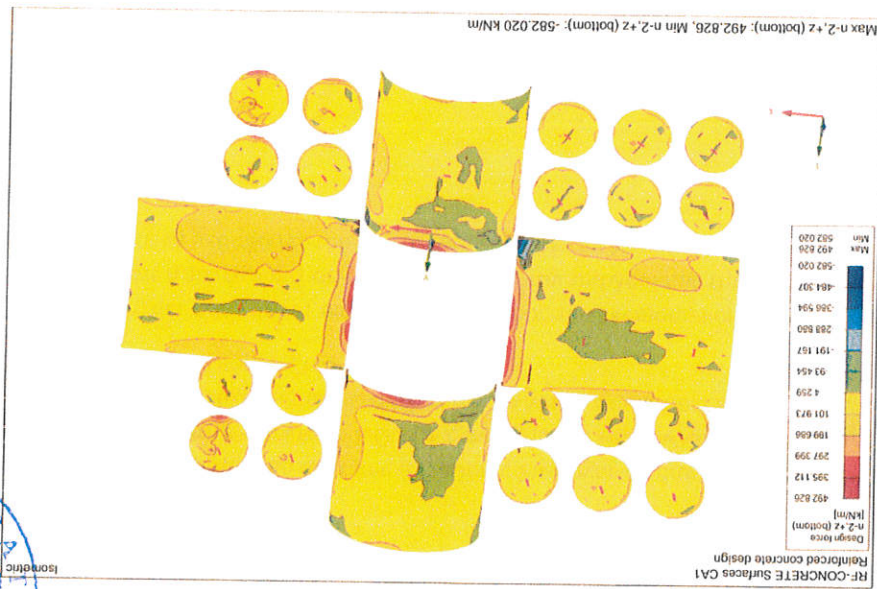
$$k' = a_2 \cdot \left( \frac{8m}{1000} \right)^{a_1} = 1 \cdot \left( \frac{1000}{1000} \right)^1 = 2$$

Περιοφιλμένη θάυτική αντοχή:





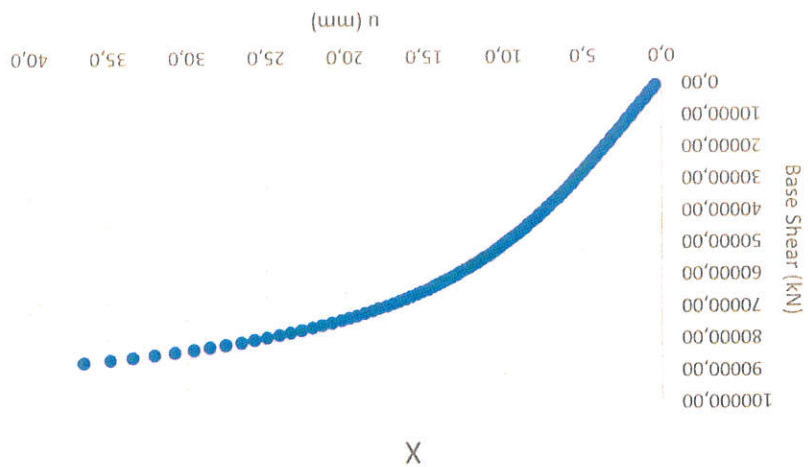
Εικόνα 84: Μεμβρανικές δυνάμεις αποκάλυψης



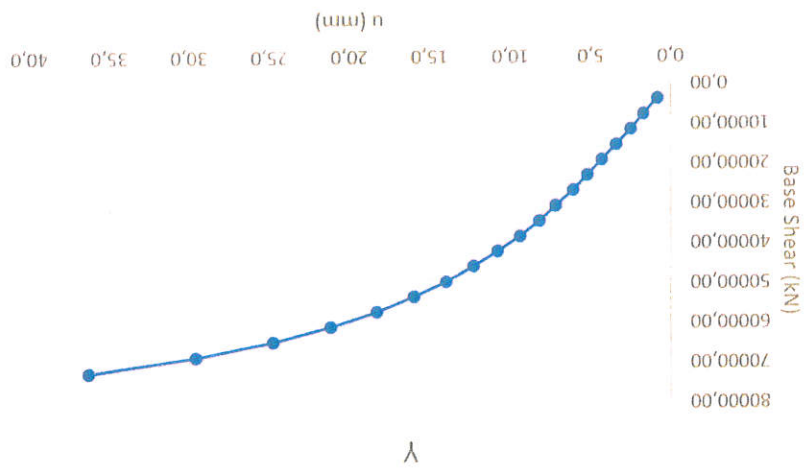


Πραγματοποιούνται δύο μη γραμμικές στατικές αναλύσεις Pushover με βάση την ομοιομορφία κατανομής στις διευθύνσεις X και Y του κτιρίου. Οι τιμές αντοχής των υλικών λαμβάνουν τις μέσες τιμές τους, ενώ για κριτήριο αστοχίας επιλέγεται το κριτήριο Mohr-Coulomb. Επίσης, επιλέγεται ως κόμβος ελέγχου ο ανώτερος κόμβος του τριώλου.

Στη συνέχεια, αφού ελεγχθεί η καμπύλη ικανότητας σε όρους μετακίνησης κόμβου ελέγχου – μετακίνησης βάσης, γίνεται η μετατροπή σε όρους ADRS για τον υπολογισμό της στοχευμένης μετακίνησης σύμφωνα με τη μέθοδο N2 του EC8-1 σύμφωνα με την Εικόνα 87.



Εικόνα 85. Υπερωθητική καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κόμβου ελέγχου (άνω σημείο τριώλου) διεύθ. X.

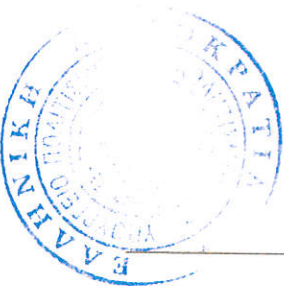
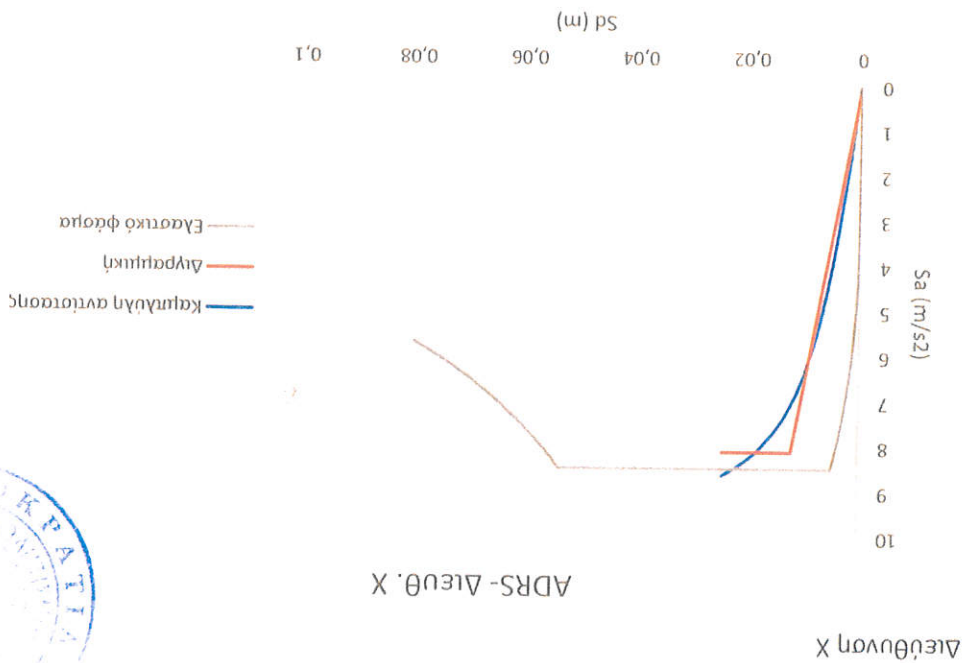


Εικόνα 86. Υπερωθητική καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κόμβου ελέγχου (άνω σημείο τριώλου) διεύθ. Y.

- Μάζα μονοβάθμιου συστήματος:  
 $m^* = \sum m_i \Phi_i^2 = 6700 \text{ kg}$
- Συντελεστής μετασχηματισμού πολλαβάθμιου συστήματος σε μονοβάθμιο:  $\Gamma = 1.5$   
 $\Gamma = \frac{\sum m_i \Phi_i^2}{m^*} = 1.5$
- Μεταρροπή καμπύλης ικανότητας  $F_b-d$  σε όρους φασματικής μετακίνησης – φασματικής επιτάχυνσης  $S_d-S_a$   
 $S_a = \frac{F_b}{m^*}$   
 $S_d = \frac{F_b}{d}$
- Υπολογισμός διγραμμικής καμπύλης με θέρηση των επιβαδών και οριζόντιο πλάτος κλάδο.
- Μετακίνηση διαφοράς:  $S_d = 1.2 \text{ cm}$   
 $S_a = 8.1 \text{ m/s}^2$   
 Ιδιοπερίοδος μονοβάθμιου συστήματος:

Στην Εικόνα 87 γίνεται ο υπολογισμός της στοχευμένης μετακίνησης στη διεύθυνση X σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα:

Εικόνα 87: Υπολογισμός στοχευμένης μετακίνησης στη διεύθυνση X





$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{Sd^3}{S_{ay}}} = 0.242 \text{ sec}$$

- Συντελεστής συμπίεψος  $T^* < T_c = 0.50 \text{ sec}$ :

$$q_u = \frac{S_{ay}}{S_e(T^*)} = 1.046$$

- Παράγοντας πλαστικότητας:

$$\mu_u = 1 + (q_u - 1) \cdot \frac{T_c}{T^*} = 1.096$$

- Στοιχειώδης μετακίνηση μονοβάθμιου:

$$S_u = \mu_u \cdot S_a = 1.32 \text{ cm}$$

- Στοιχειώδης μετακίνηση πολυβάθμιου συστήματος:

$$d_i = \Gamma \cdot S_u = 1.97 \text{ cm}$$

Για οριζόντια μετακίνηση τριών 1.97 cm κατά Χ, ακολουθεί ο έλεγχος ικανότητας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων του Νεού. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6.2.5. του ΚΑΔΕΤ,

υποθέτουμε ότι οι εξής οριακές παραμορφώσεις:

- $\epsilon_u = 0.003$  για την αργολιθοδομή

- $\epsilon_u = 0.004$  για την οπτολιθοδομή

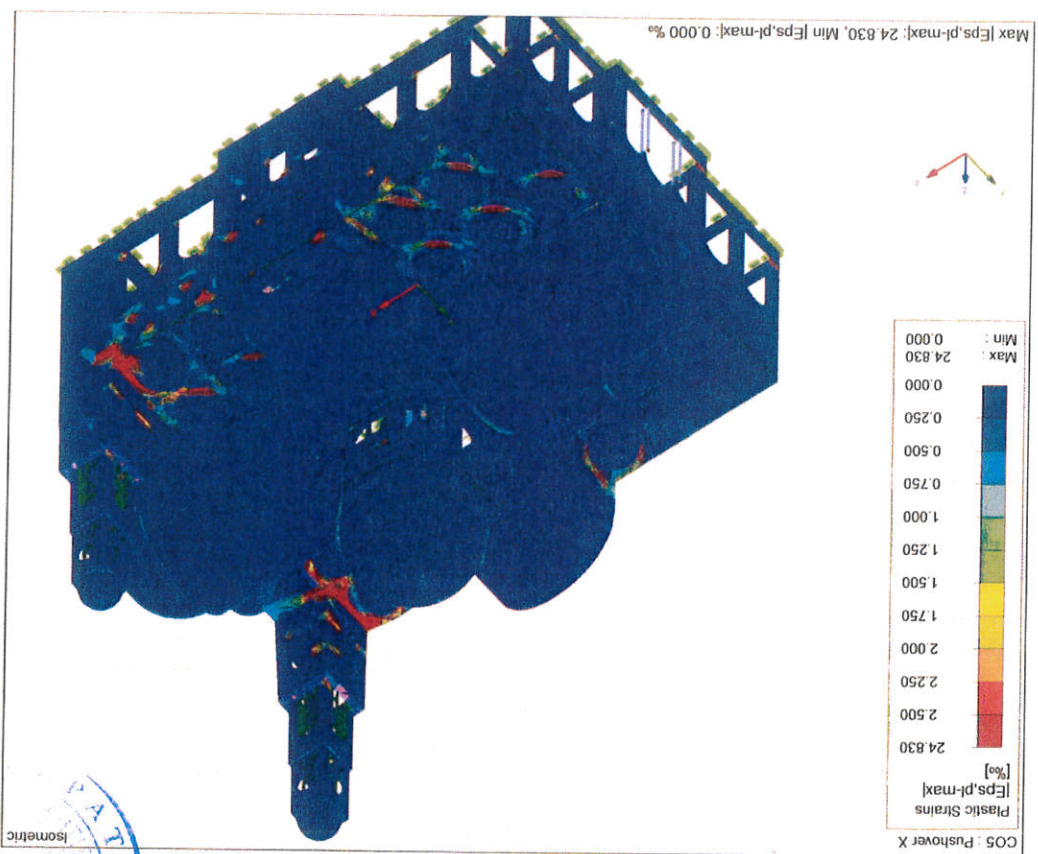
Για παραμόρφωση διαρροής  $\epsilon_y = 0.0015$ , ελέγχονται οι παρακάτω πλαστικές παραμορφώσεις:

- $\epsilon_{pl} = 0.0015$  για την αργολιθοδομή

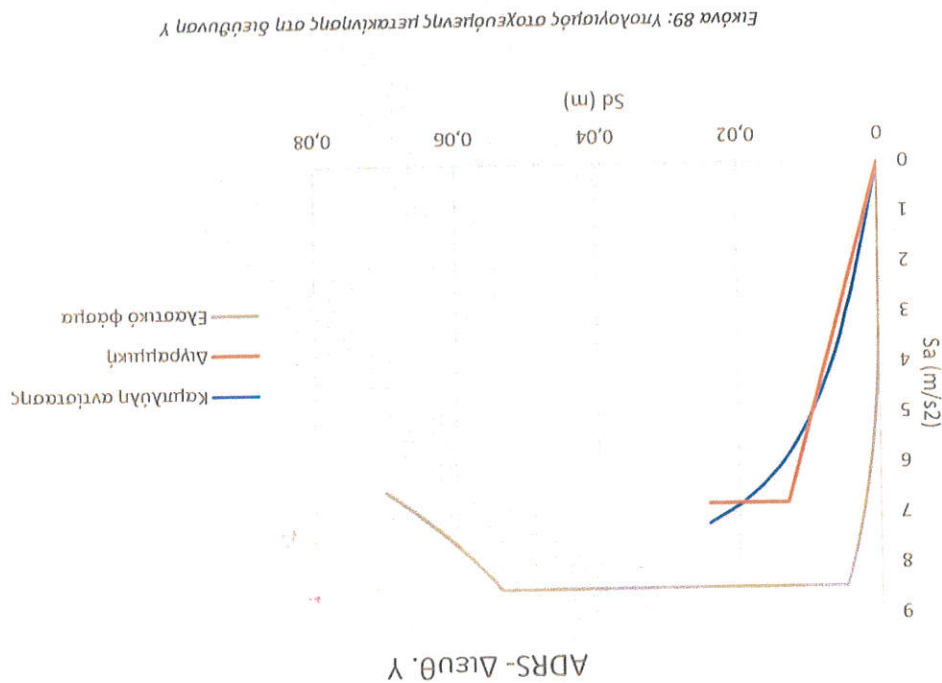
- $\epsilon_{pl} = 0.0025$  για την οπτολιθοδομή



Εικόνα 88: Μέγιστες πλαστικές παραμορφώσεις για τη στοχευόμενη μετακίνηση – διεύθυνση X

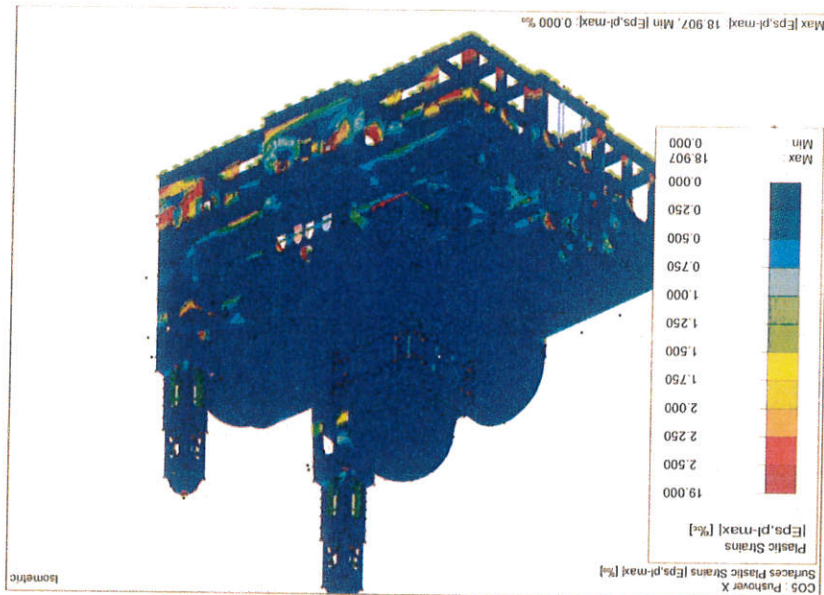


- Στην Εικόνα 89 γίνεται ο υπολογισμός της στοχευόμενης μετακίνησης στη διεύθυνση Y, σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα:
- Μάζα μονοβάθμιου συστήματος:  $m^* = \sum m_i \Phi_i = 6700 \text{ tn}$
  - Συντελεστής μεταρροπής πολυβάθμιου συστήματος σε μονοβάθμιο:  $\Gamma = 1.5$
  - Μεταρροπή καμπύλης ικανότητας F<sub>p</sub>-d σε όρους φασματικής μετακίνησης – φασματικής επιτάχυνσης S<sub>a</sub>-S<sub>d</sub>
  - $S_a = \frac{F_p}{m^*}$
  - $S_d = \frac{S_a}{\rho}$
  - Υπολογισμός διγραμμικής καμπύλης με θέωση των επιβαδών και οριζόντιο πλάτος κλάδο.
  - Μετακίνηση διαρροής: S<sub>dy</sub>=1.3 cm
  - Επιτάχυνση διαρροής: S<sub>ay</sub>=6.8 m/s<sup>2</sup>

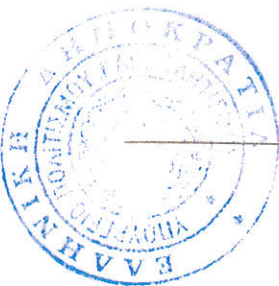




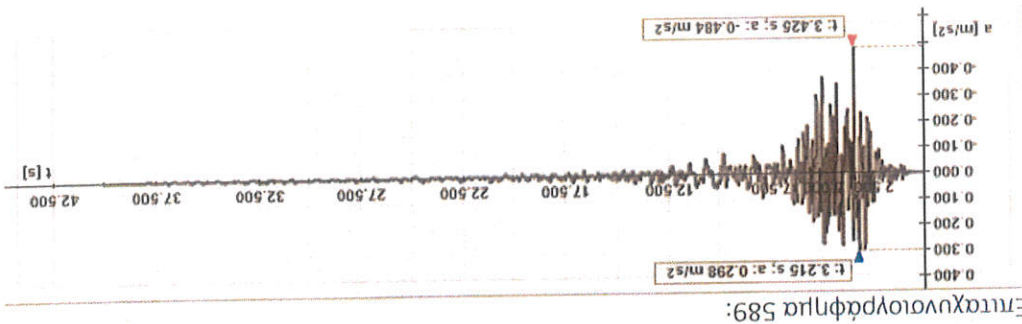
Εικόνα 90: Μέγιστες πλαστικές παραμορφώσεις για τη στοχευόμενη μετακίνηση – δεικνύουν γ



- $\epsilon_{pl}=0.0025$  για την ορτογώνια δοκίμηση
  - $\epsilon_{pl}=0.0015$  για την αργολογική δοκίμηση
- Για παραμόρφωση διαρροής  $\epsilon_y=0.0015$ , ελέγχονται οι παρακάτω πλαστικές παραμορφώσεις:
- $\epsilon_u=0.003$  για την αργολογική δοκίμηση
  - $\epsilon_u=0.004$  για την ορτογώνια δοκίμηση
- υιοθετούνται οι εξής οριακές παραμορφώσεις:
- Για οριζόντια μετακίνηση τριπλού 2.82 cm κατά γ, ακολουθεί ο έλεγχος ικανότητας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων του Ναυλ. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6.2.5. του ΚΑΔΕΤ,
- Για οριζόντια μετακίνηση τριπλού 2.82 cm κατά γ, ακολουθεί ο έλεγχος ικανότητας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων του Ναυλ. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6.2.5. του ΚΑΔΕΤ,
- $d' = T \cdot S_{dp} = 2.82 \text{ cm}$
  - Στοχευόμενη μετακίνηση για την οριζόντια μετακίνηση τριπλού 2.82 cm κατά γ, ακολουθεί ο έλεγχος ικανότητας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων του Ναυλ. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6.2.5. του ΚΑΔΕΤ,
  - $S_{dp} = \mu_d \cdot S_{dy} = 1.88 \text{ cm}$
  - Στοχευόμενη μετακίνηση για την οριζόντια μετακίνηση τριπλού 2.82 cm κατά γ, ακολουθεί ο έλεγχος ικανότητας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων του Ναυλ. Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6.2.5. του ΚΑΔΕΤ,
  - $\mu_d = 1 + (q_u - 1) \cdot \frac{T}{T^*} = 1.45$
  - Παραμόρφωση διαρροής:
  - $q_u = \frac{S_{dy}}{S_c(T^*)} = 1.25$
  - Συντελεστής συμπίεσης πλαστικότητας για  $T^* < T_c = 0.50 \text{ sec}$ :
  - $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_{dy}}} = 0.275 \text{ sec}$
  - Ισοπερίοδος μονοβάθμιας συστήματος:



Εικόνα 91. Σεισμικές επιταχύνσεις κατά Χ - 589.



Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων χρονοιστορίας. Τα επιταχυνσιογράφημα έχουν προκύψει βάσει των μετρήσεων σεισμικού κινδύνου για την πόλη του Ηρακλείου και αποτυπώνονται αναλυτικά στην Τεχνική Έκθεση «Ανάλυση Σεισμικού Κινδύνου για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης», Αθήνα, Απρίλιος 2021, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας. Τα επιταχυνσιογράφημα αυτά δίνονται με χρονικό βήμα 0.05sec. Το χρονικό βήμα της ανάλυσης επιλέγεται το ίδιο ενώ η μέθοδος ολοκλήρωσης είναι η Newton-Raphson.

### Αποτελέσματα μη γραμμικών αναλύσεων χρονοιστορίας

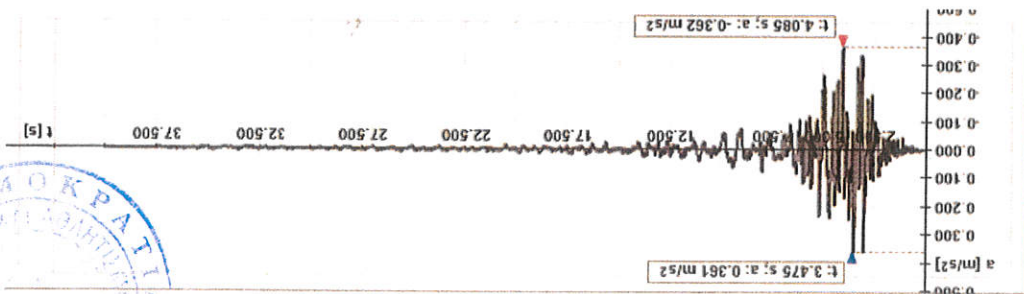
Το επίπεδο της καταπόνησης προκύπτει ιδιαίτερα επιβαρυντικό για τα κωδωνοστάσια και το δομικό τμήμα μεταβαλλόμενο ανάλογα με την εκάστοτε διεγερση. Οι τριτοβάθμιες αναλύσεις είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες καθόσον απαιτούν σε εξασταμένη υπολογιστική δύναμη από 10 μέρες. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρέχουν μια πληρέστερη εικόνα κοτυπέρας προς την πραγματικότητα για μια μέση θέση βλάβης ιδιοτήτων των υλικών. Οι αναπαραστάσεις των ελαστικών αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με τη θέση βλάβης εντολίζουν γωνίες, ζώνες και ευρύτερες περιοχές που υποδεικνύουν γραμμικές διαμορφώσεις που παρατηρούνται σε μηχανισμούς αστοχίας που καταγράφονται και με την κινηματική βλάβη της οριακής ανάλυσης π.χ. στους τεταμένους κανονισμούς και στον Ευρωκώδικα

Οι περισσότερες αναλύσεις με τους σεισμούς, επικυμωμένους στο φάσμα του 0.33g οδηγούν σε σημαντικές υπερβάσεις και γιαυτό οι γραμμικές αναλύσεις παραγματοποιούνται με το 75% των σεισμών το οποίο αντιστοιχεί στο 0.2475g. Και γιαυτό το επίπεδο των διεγέρσεων οι βλάβες που καταγράφονται είναι άλλοτε αποδεκτές και άλλοτε απορριπτές ανάλογα με το επιχείρημα συχνοτήτων και την διεύθυνση της κύριας διεγέρσης του σεισμού.

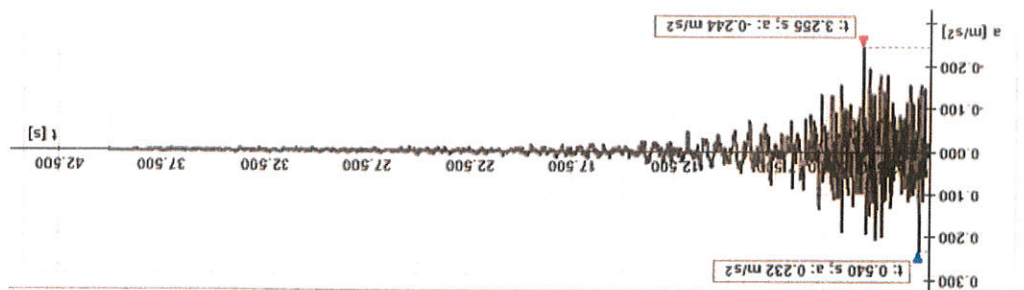
Πέραν των ελαστικών αναλύσεων για τους σεισμούς που προέκυψαν από την ανάλυση σεισμικής επικινδυνότητας παρατηρούνται βλάβες και θέσεις βλάβης με κατάλληλη προσομοίωση των παραμέτρων του μοντέλου concrete – damage plasticity στο πρόγραμμα Abaqus.



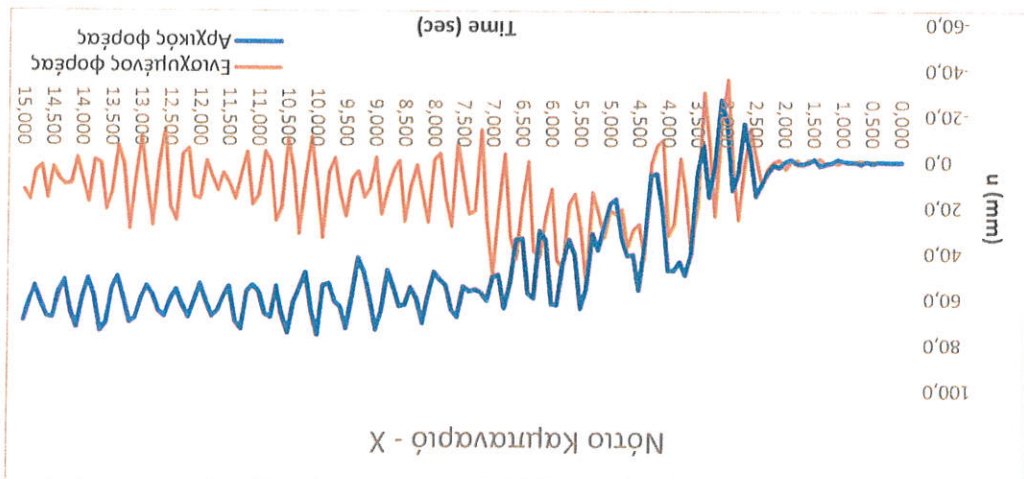




Εικόνα 92. Σεισμικές επιταχύνσεις κατά Y - 589.



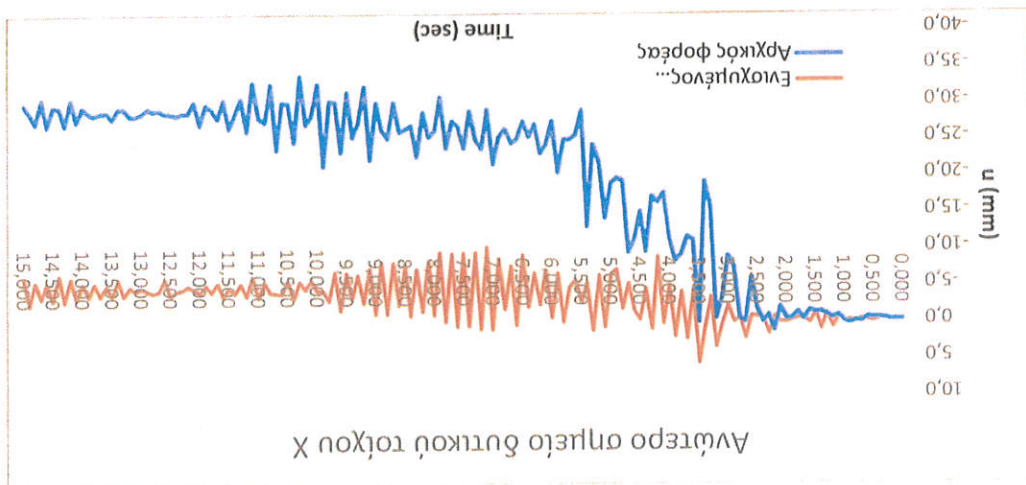
Εικόνα 93. Σεισμικές επιταχύνσεις κατά Z - 589.



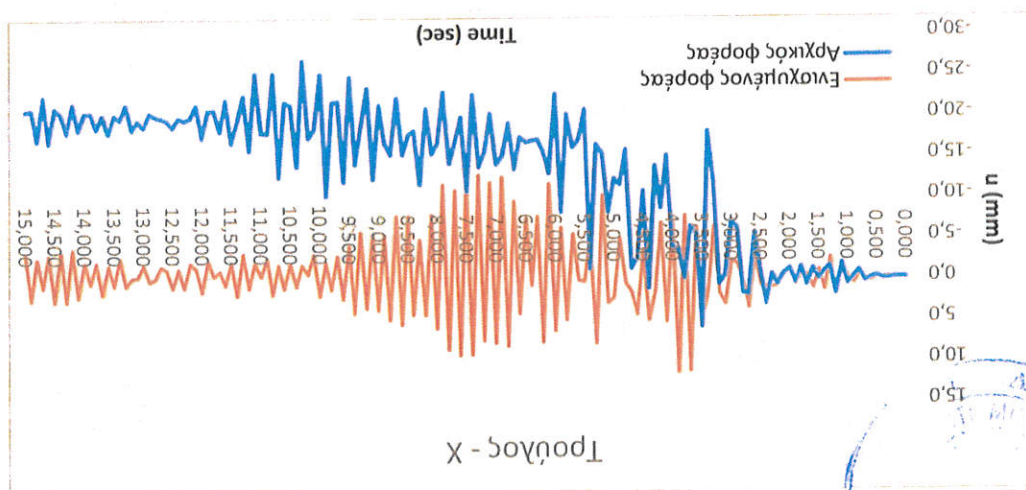
Εικόνα 94. Σύγκριση μετακινήσεων για το νότιο καμπαναριό - Σειμός 589.

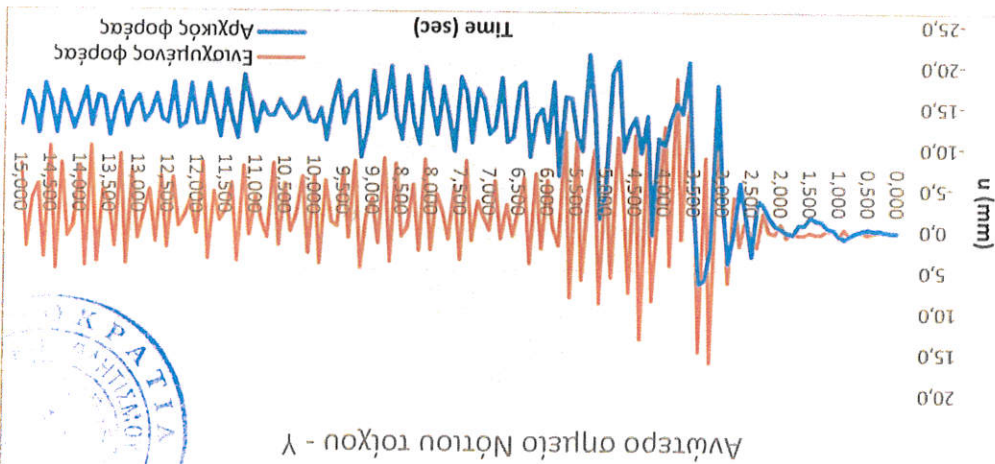
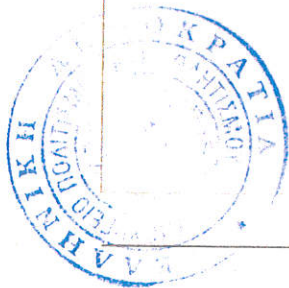


Εικόνα 96. Σύγκριση μετακινήσεων για το δοτικό τοίχο – Ζεαμάς 589.

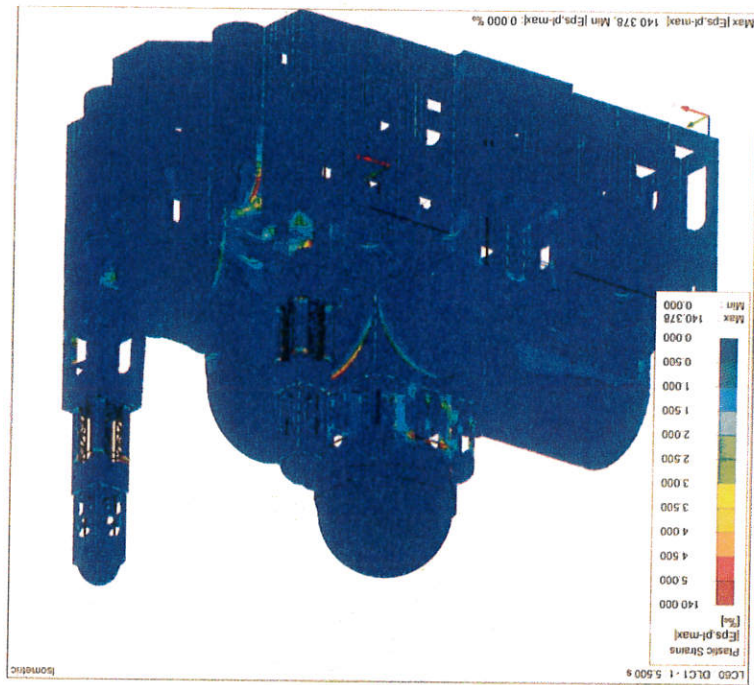


Εικόνα 95. Σύγκριση μετακινήσεων για τον κεντρικό τρούλο – Ζεαμάς 589.





Εικόνα 97. Σύγκριση μετακινήσεων για το νότιο τοίχο – Σεισμός 589.



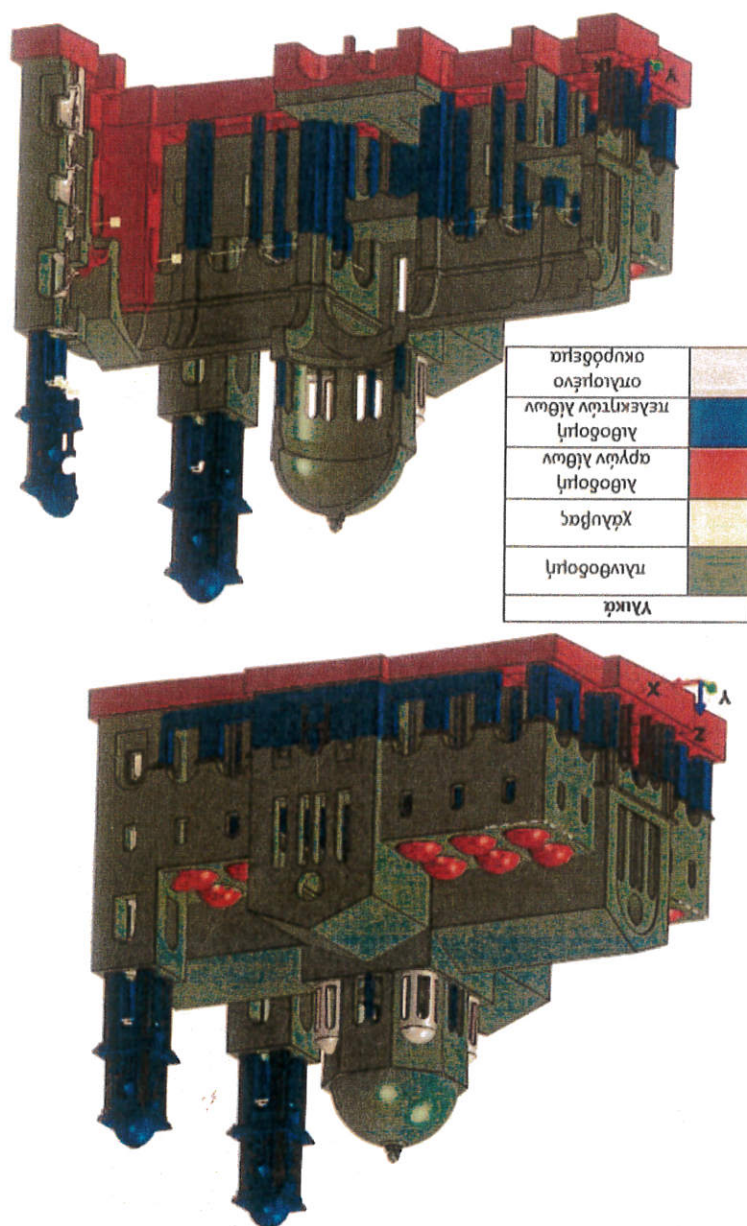
Εικόνα 98. Πλαστικές παραμορφώσεις για τον ενισχυμένο φόρτο  $t=5.5$  sec.



Εικόνα 99. Πλαστικές παραμορφώσεις για τον αρχικό φορτία  $t=5.5$  sec.

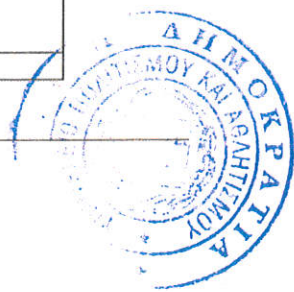
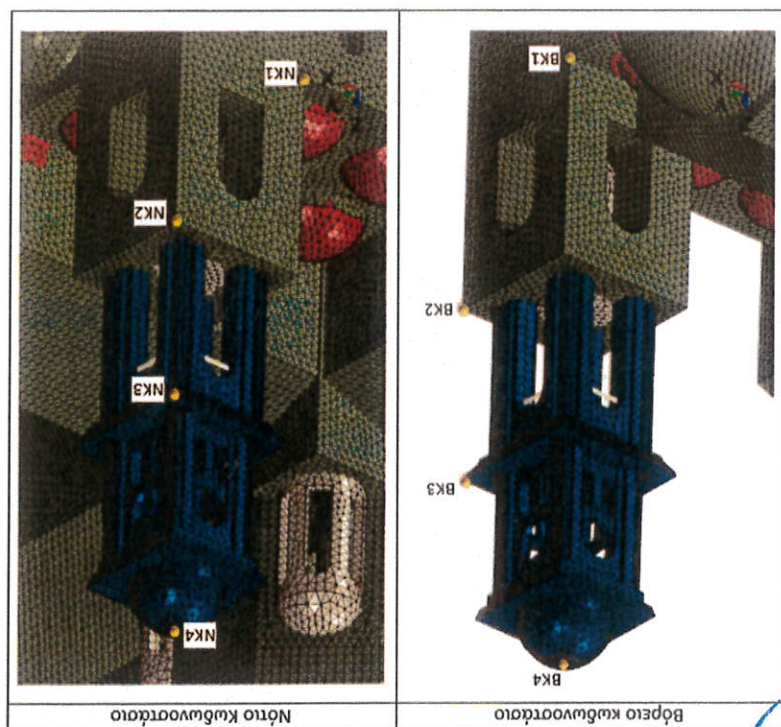


Εικόνα 100. Προσομοίωση στο πρόγραμμα Abaqus



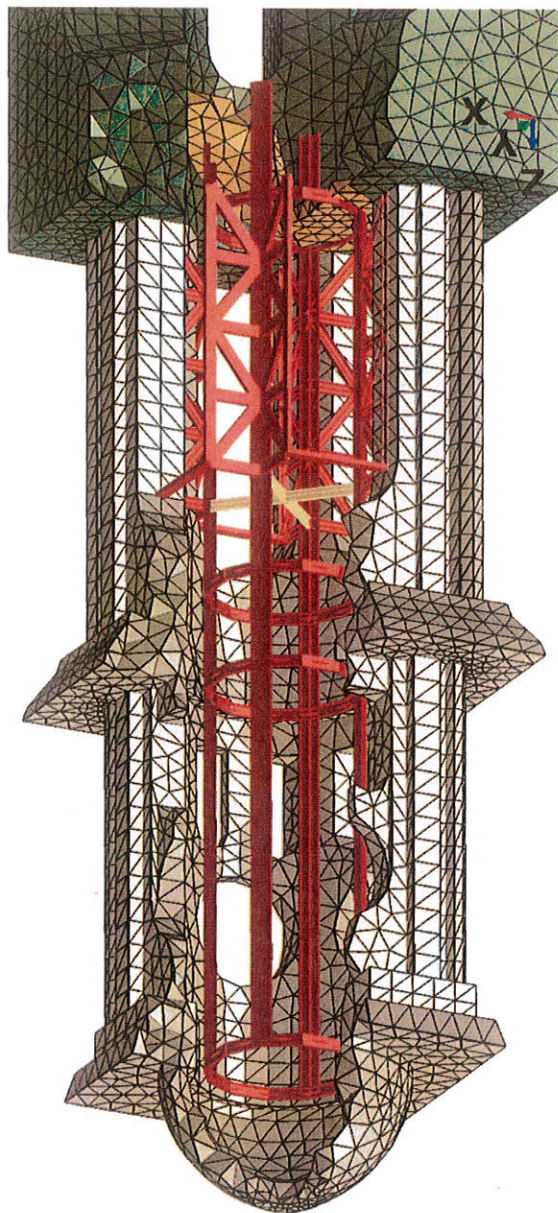
Αποτελέσματα της γραμμικής αναλύσεως χρονοτοπίας με το πρόγραμμα Περσπομένην Στοιχείων Abaqus

Εικόνα 101. Σημεία ελέγχου στα κωδωνοστάσια





Εικόνα 102. Μεταλλικές ενισχύσεις κωδωνοστασίων, διατομή: κεντρικοί στύλοι UPN 240, UPN 140



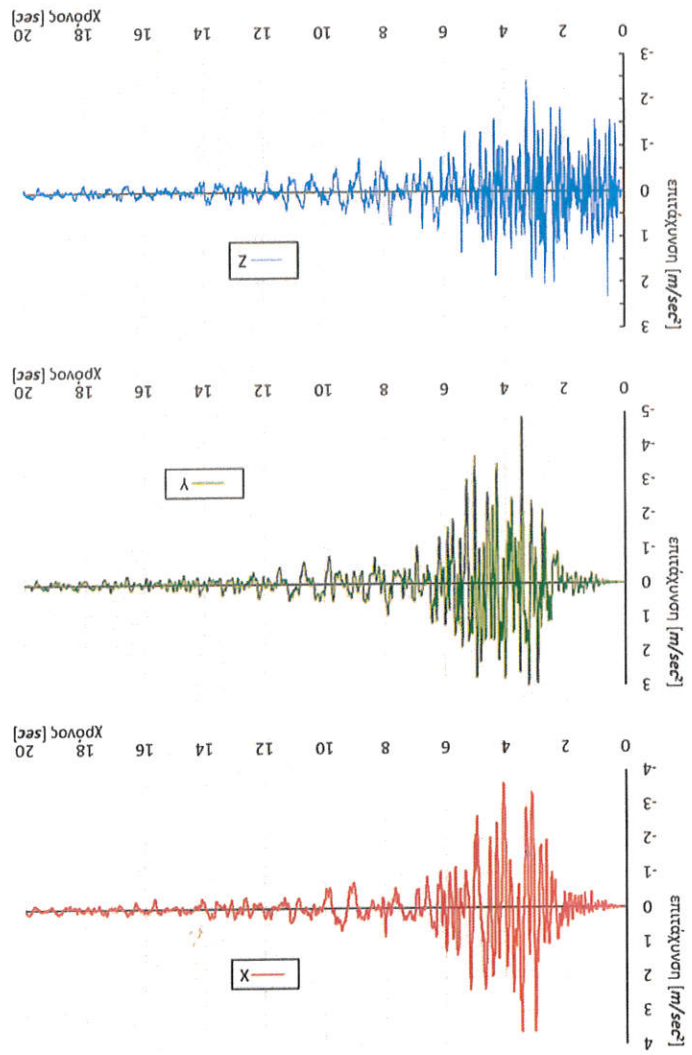




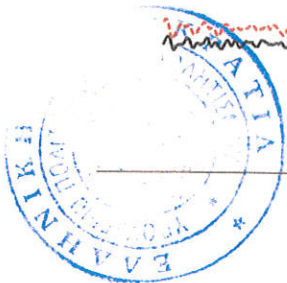
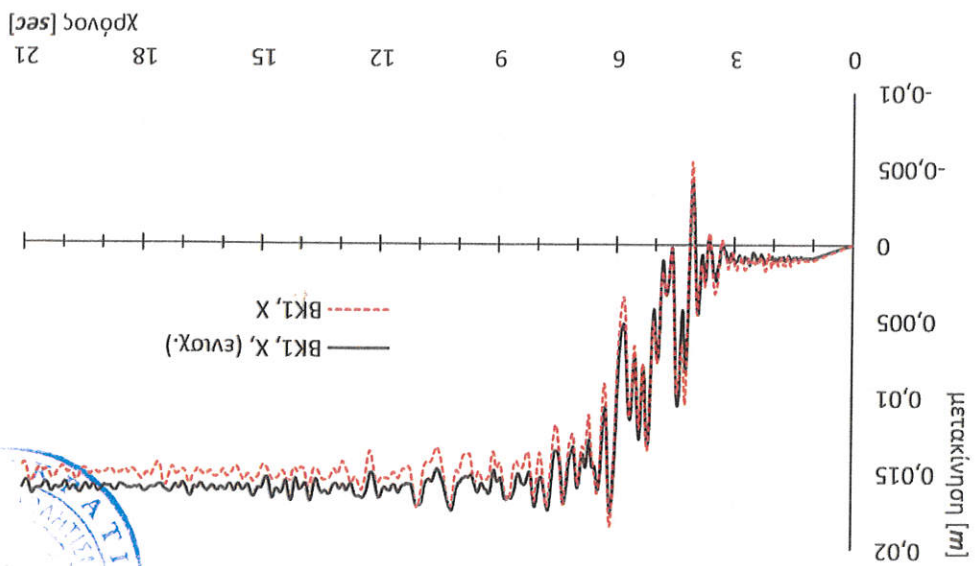
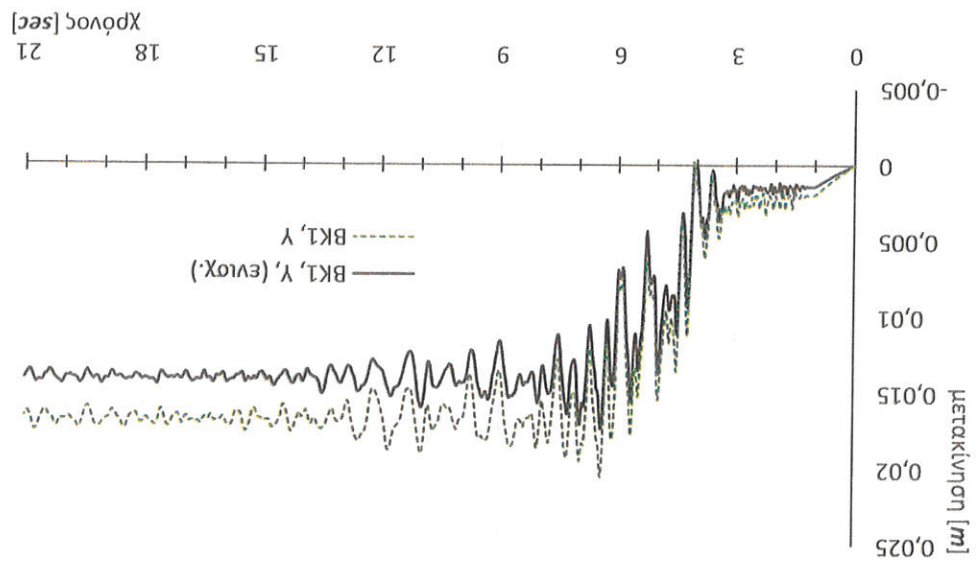
Επιταχυνσιογράφημα 589:

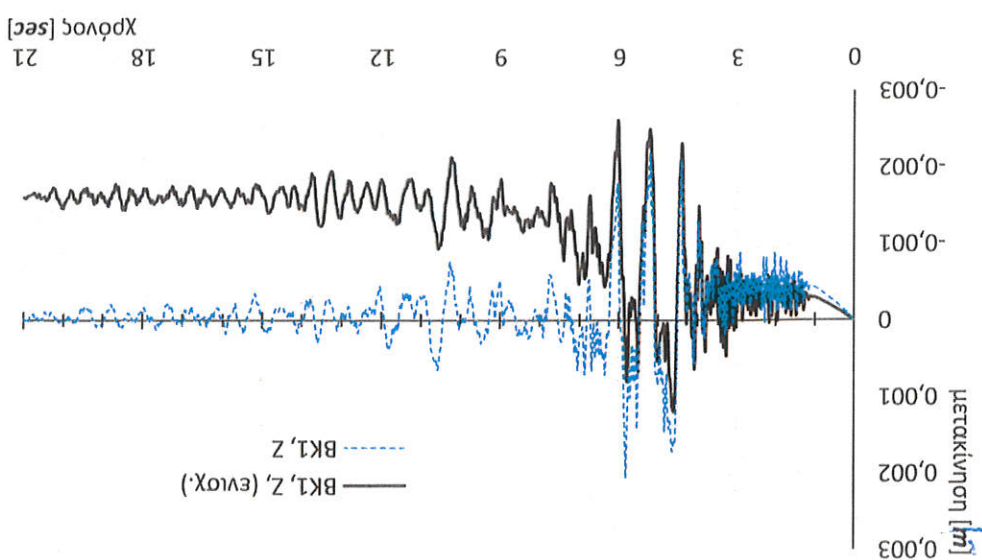
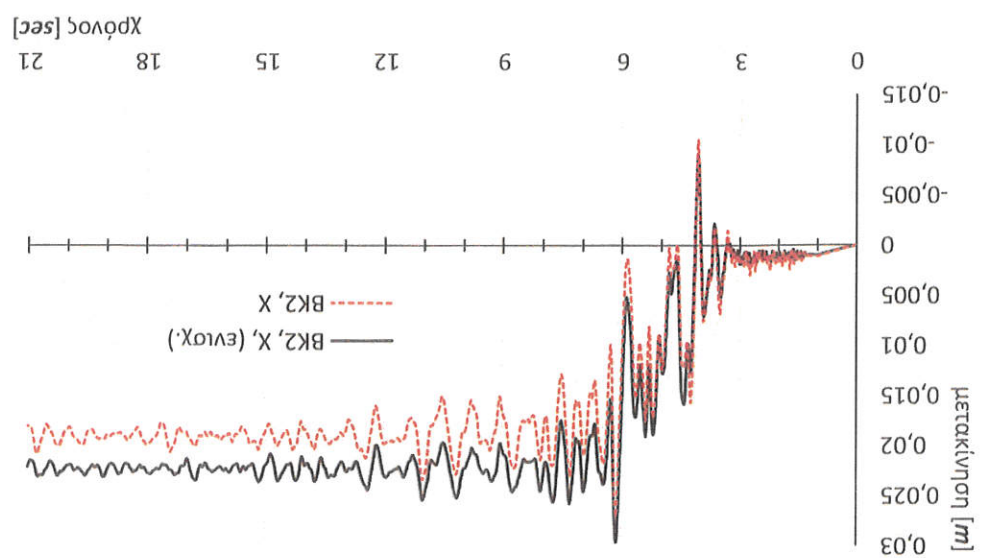
Συγκριτικά αποτελέσματα για τον σεισμό «589» με συντελεστή επικινηκώσης 75%

Αρχικά επιταχυνσιογράφηματα σεισμού (χωρίς επικινηκώση)

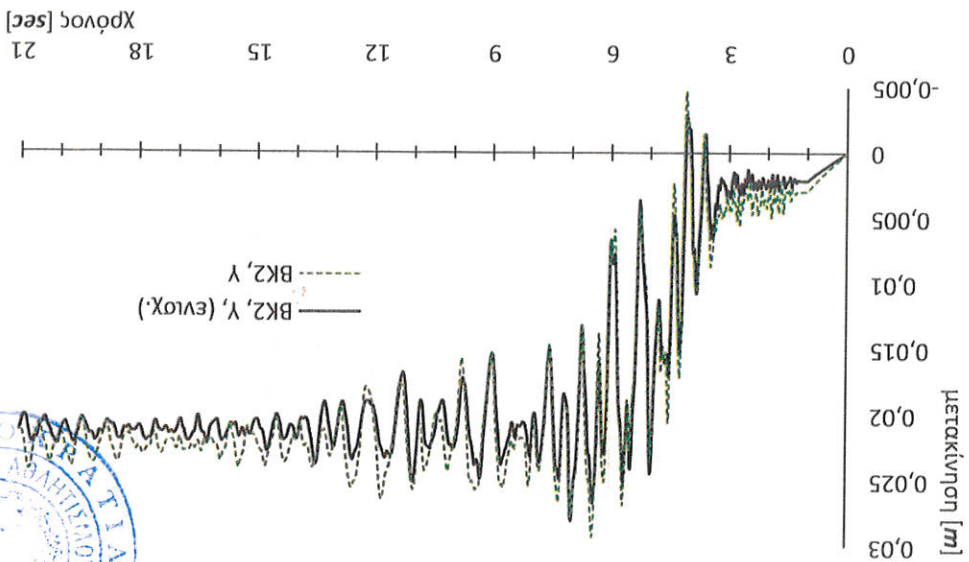
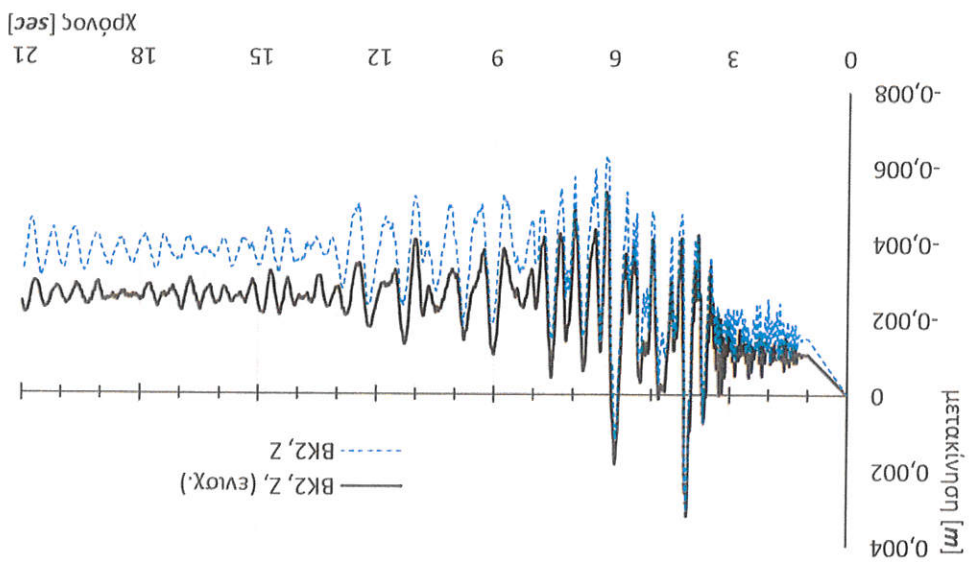


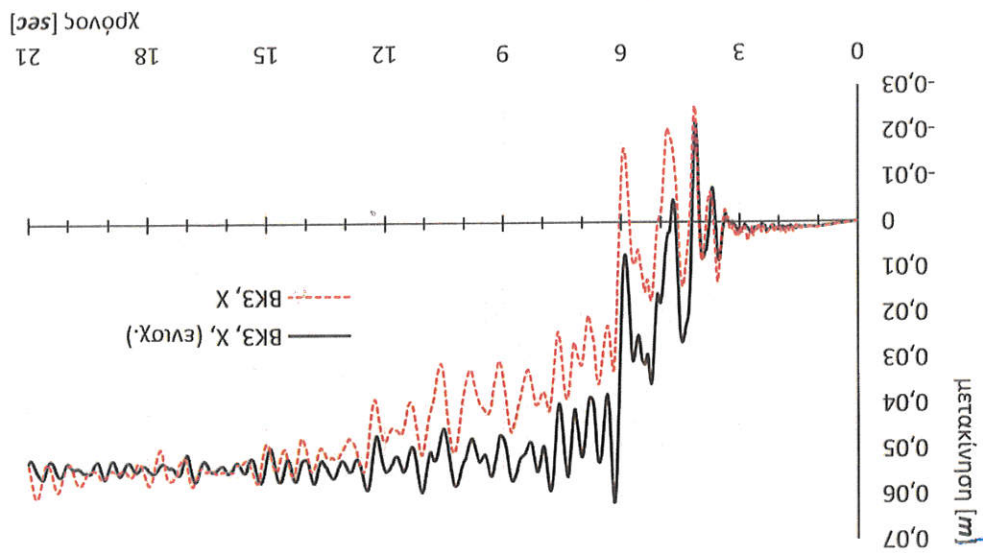
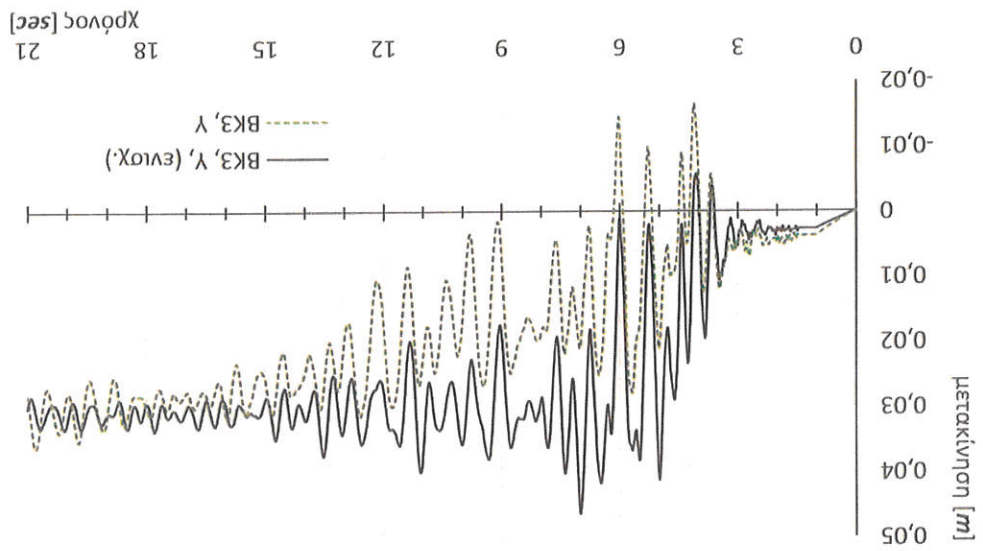
Εικόνα 103. Επιταχυνσιογράφηματα σεισμού (χωρίς επικινηκώση) κατά x, y, z.

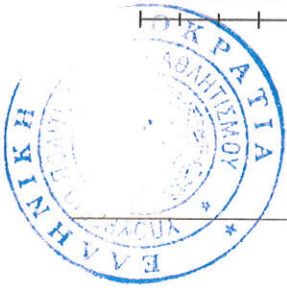
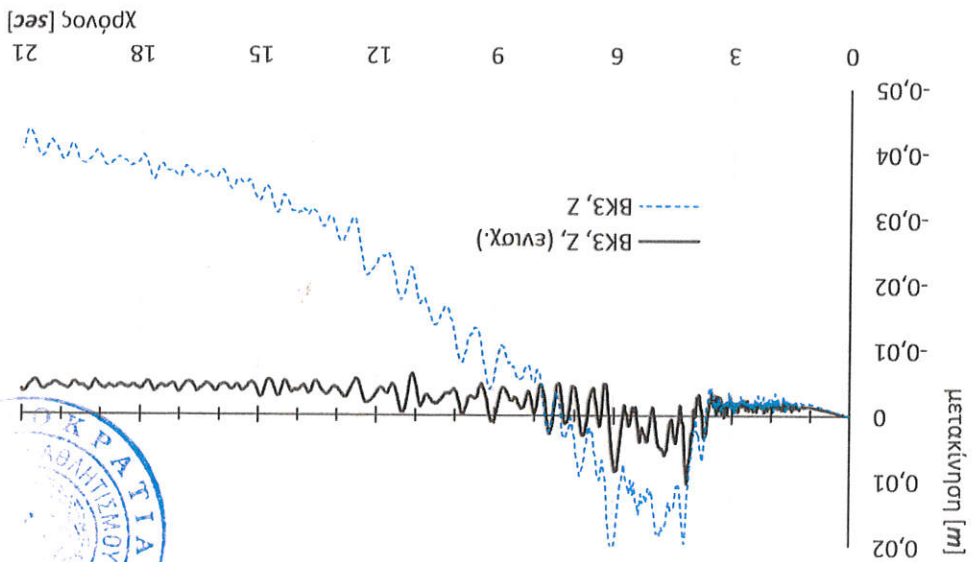
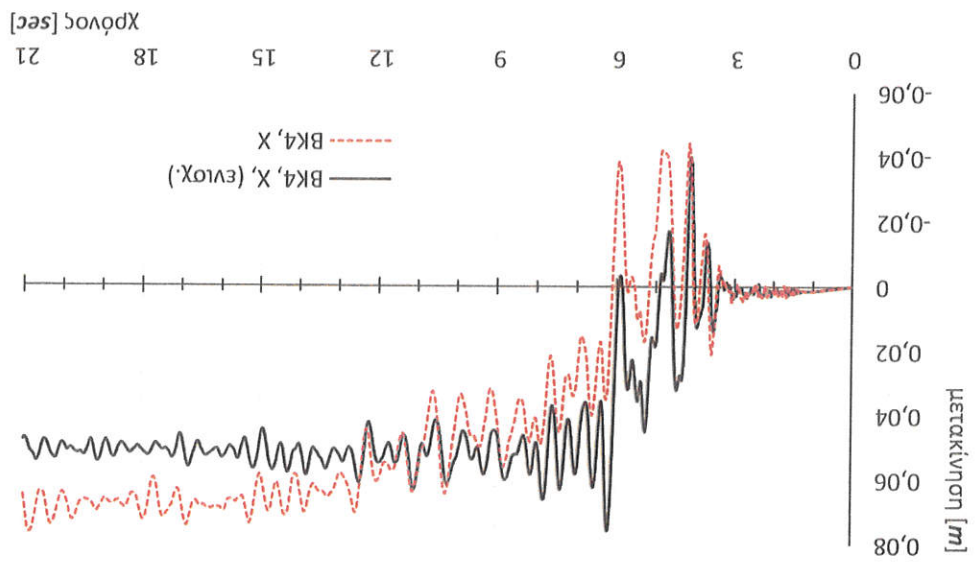




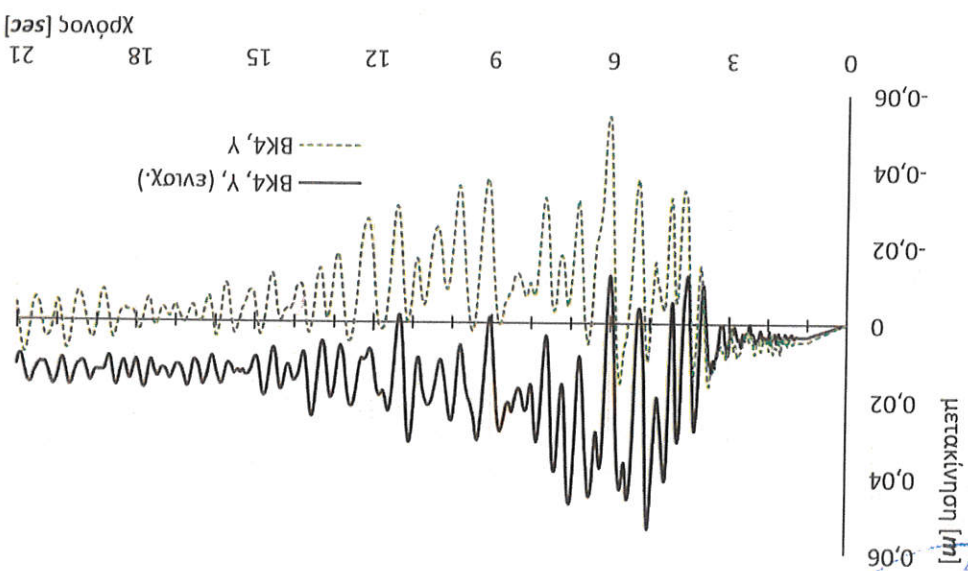
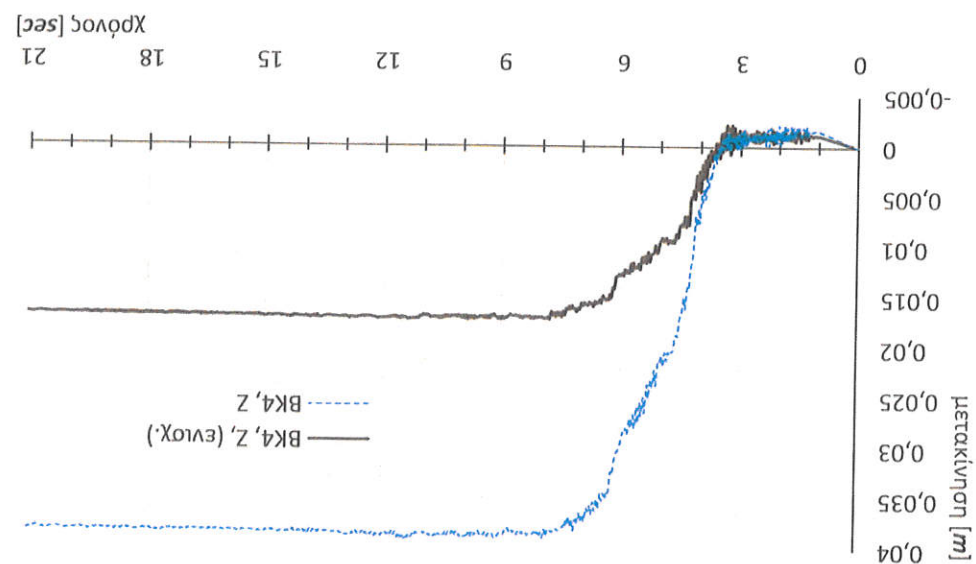


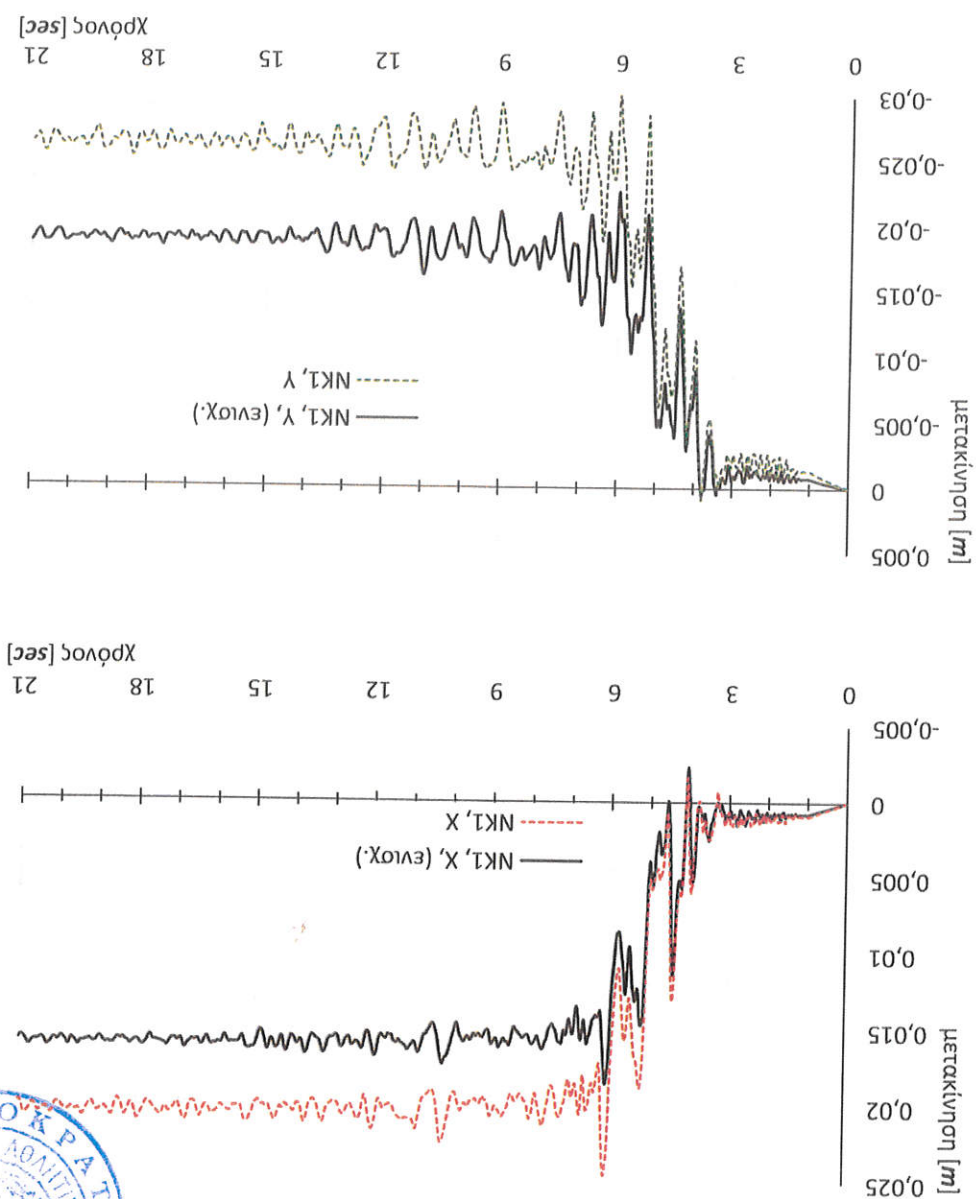


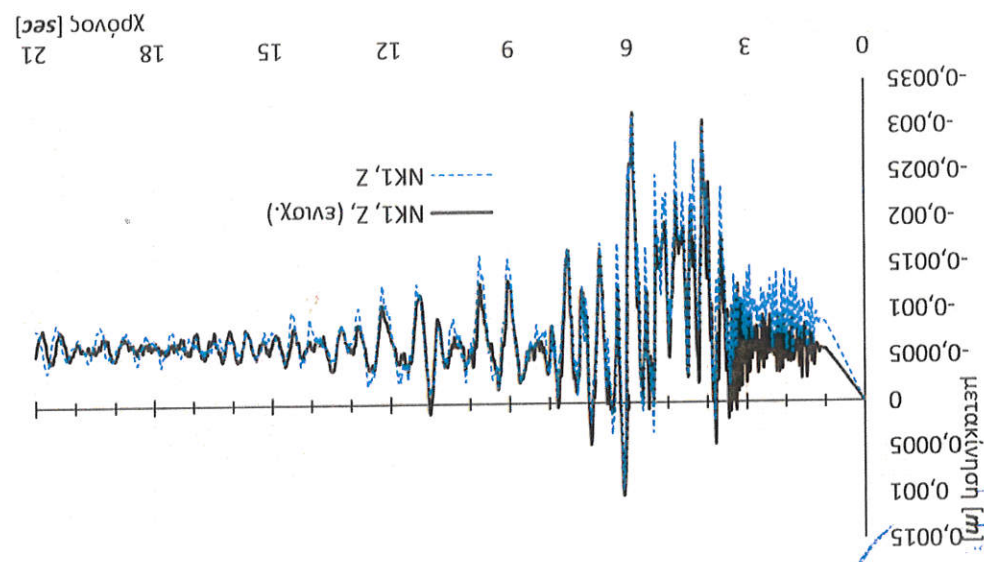
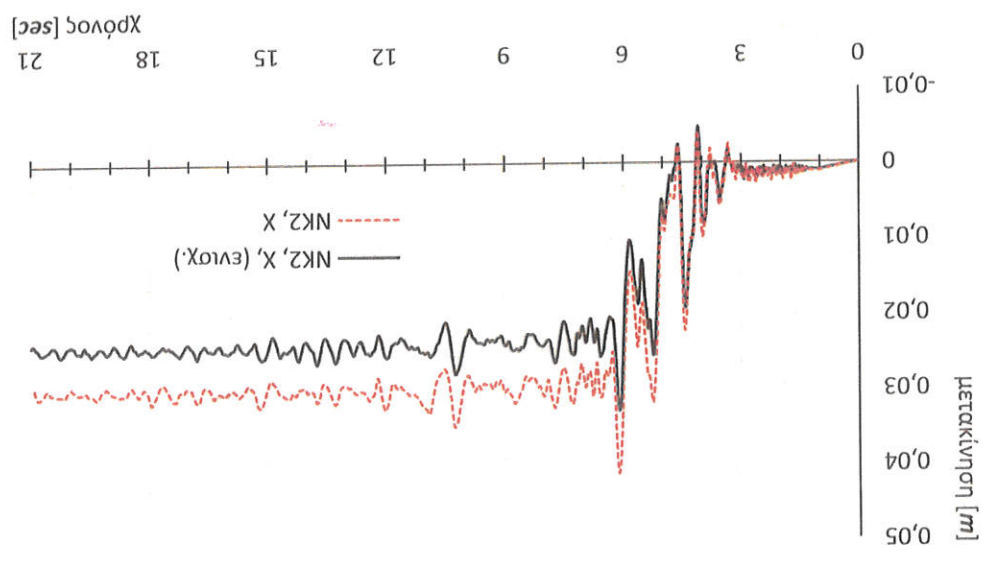




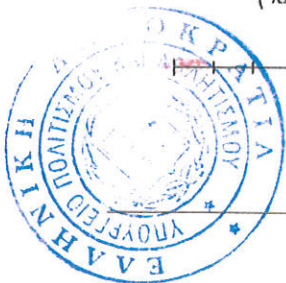
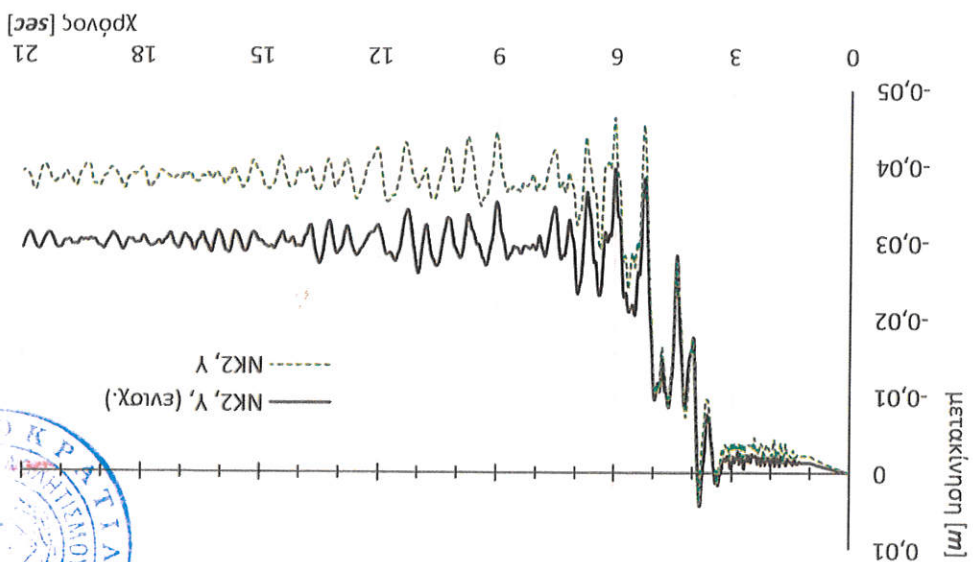
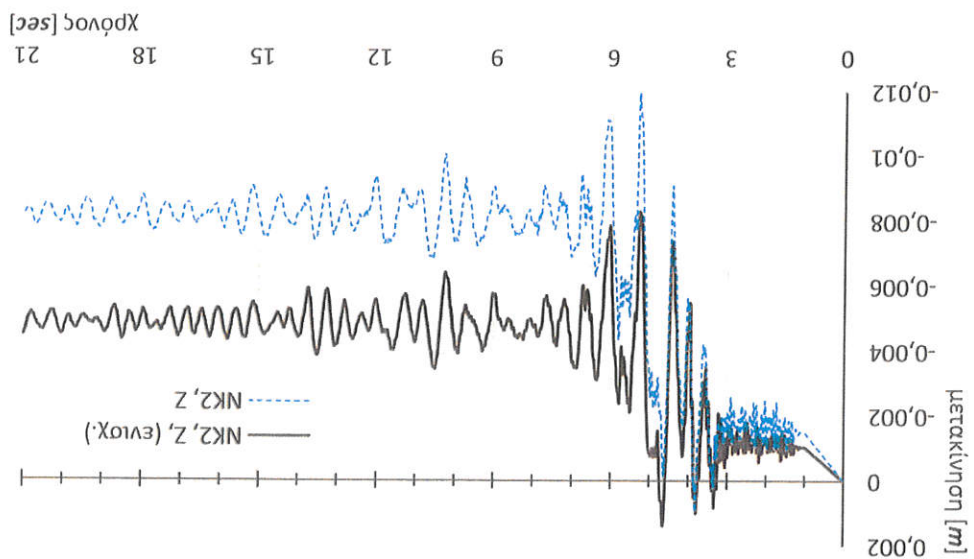


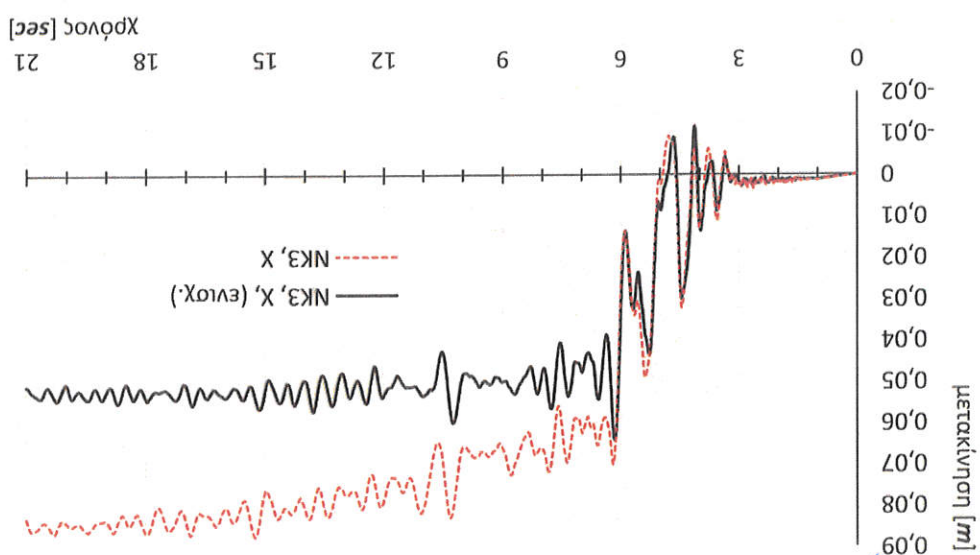
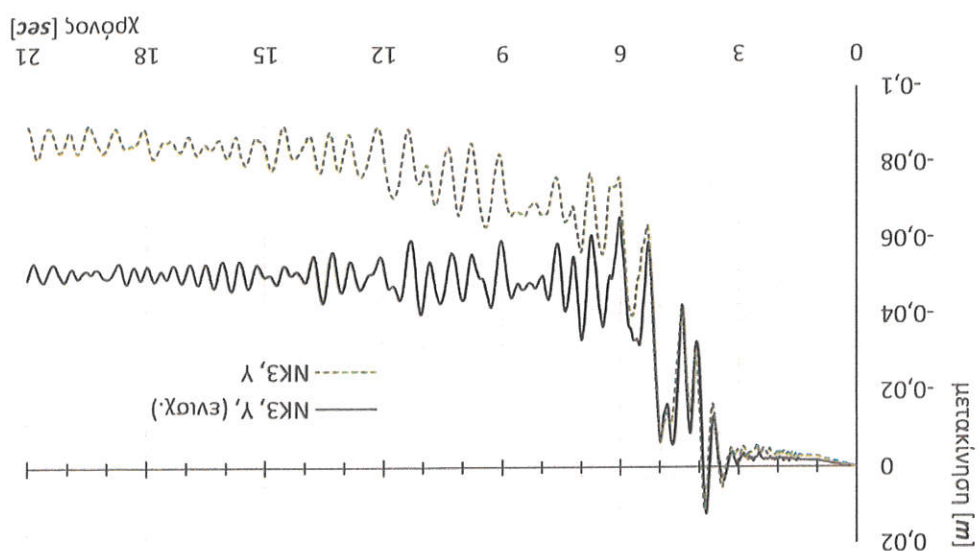


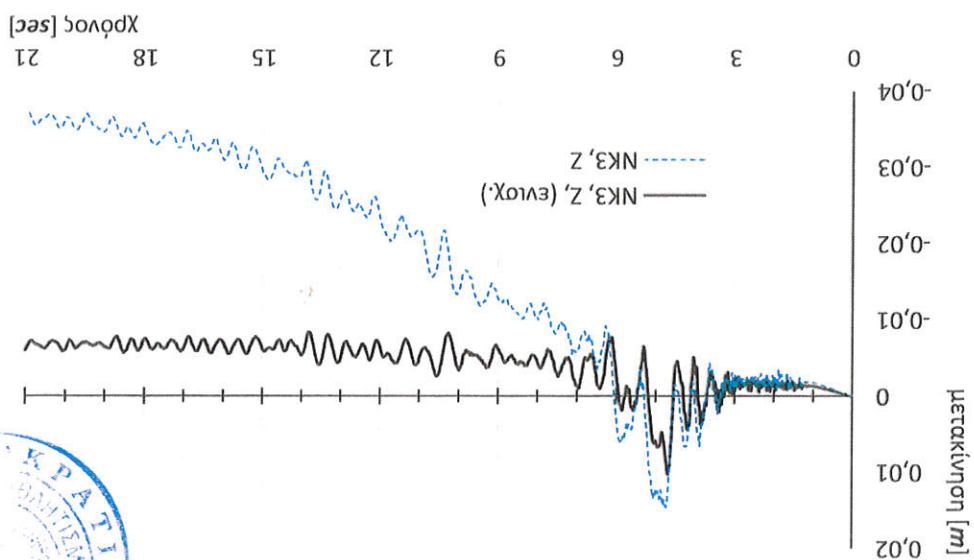
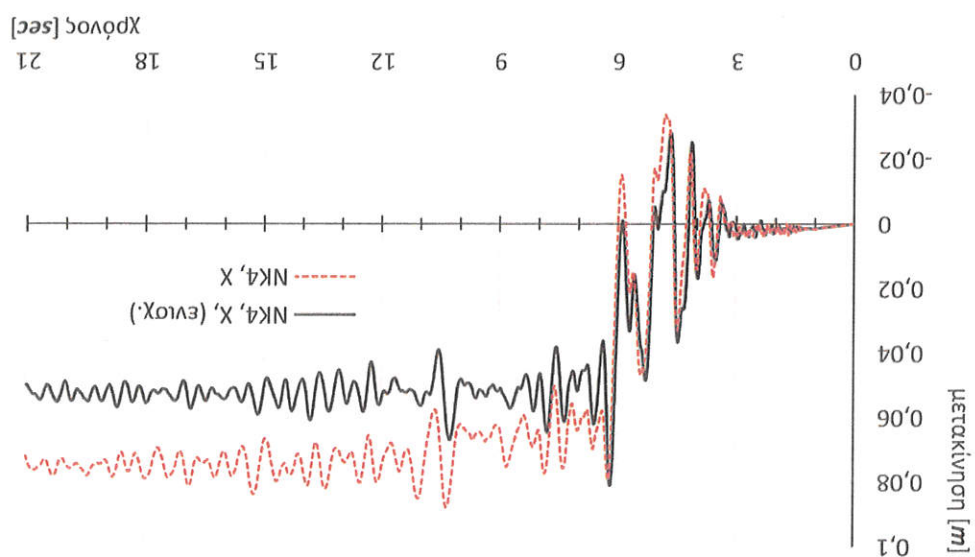




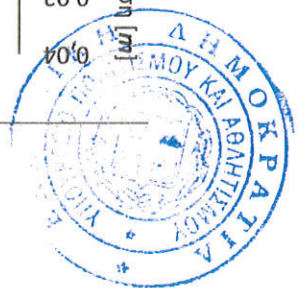
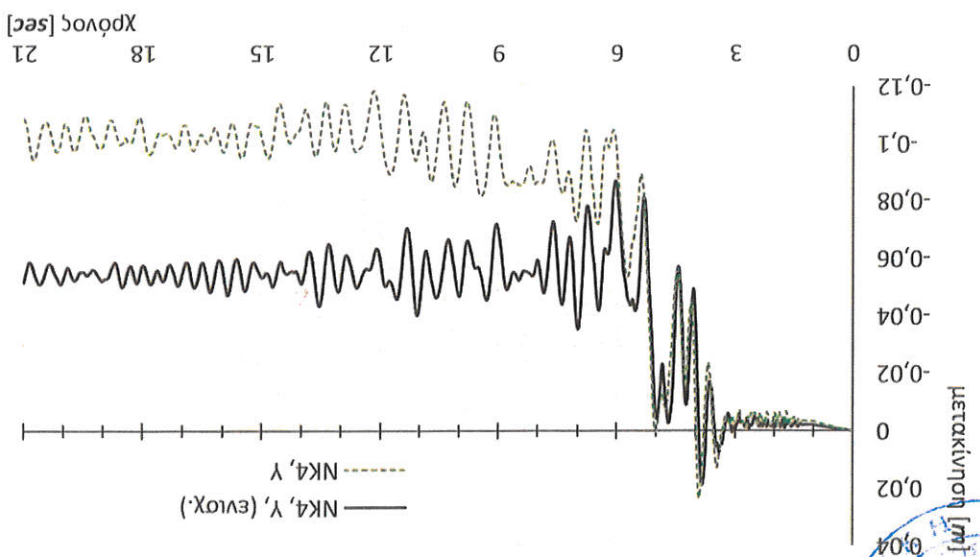
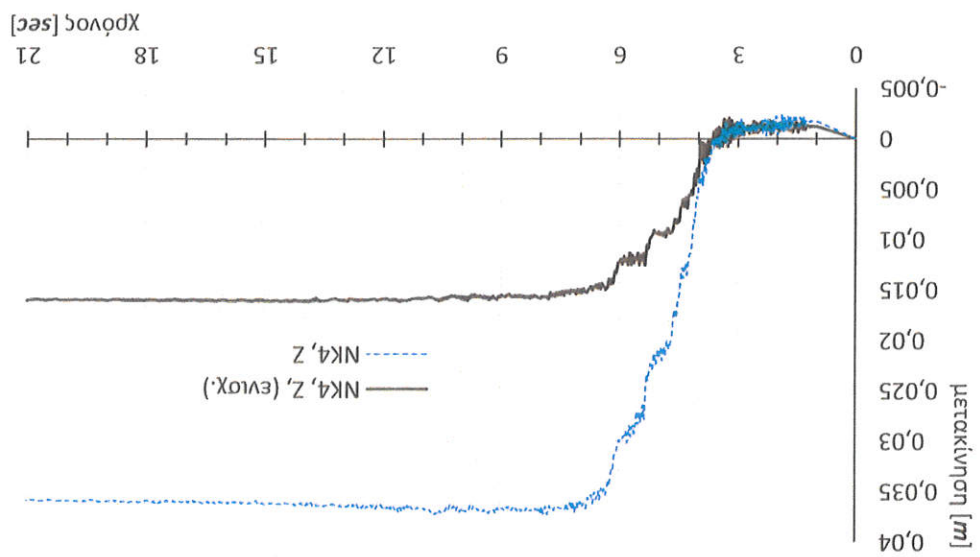


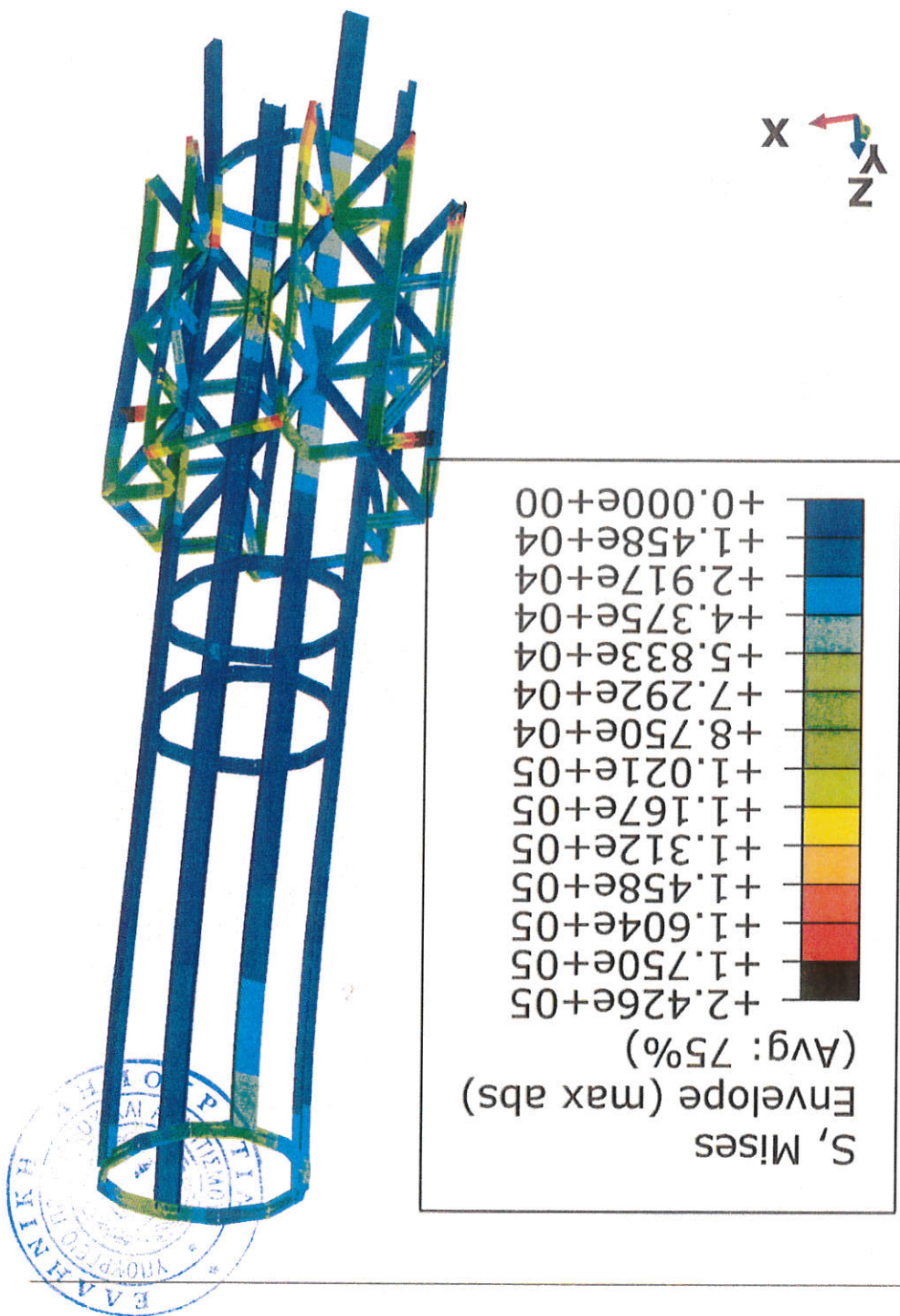




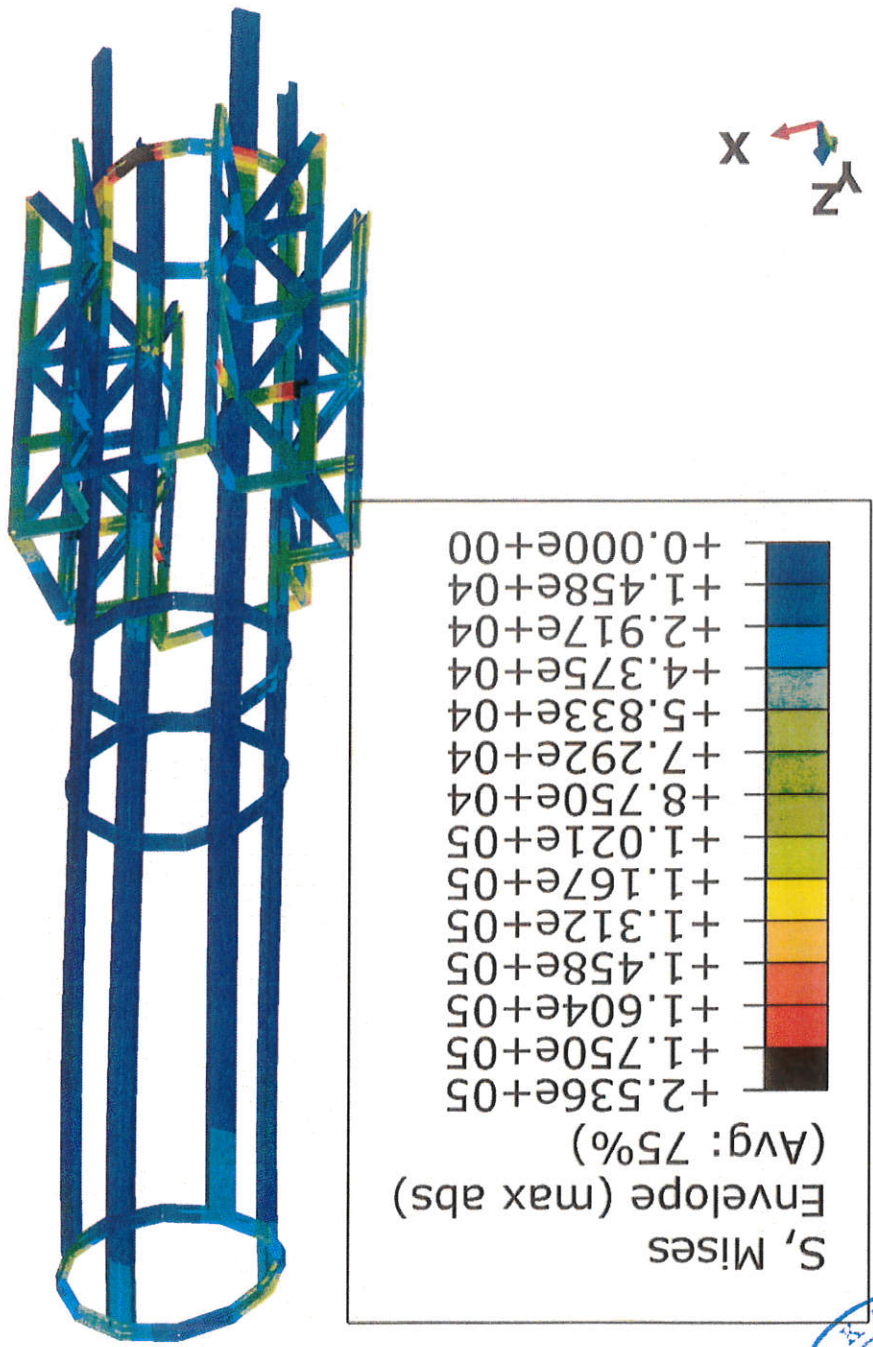






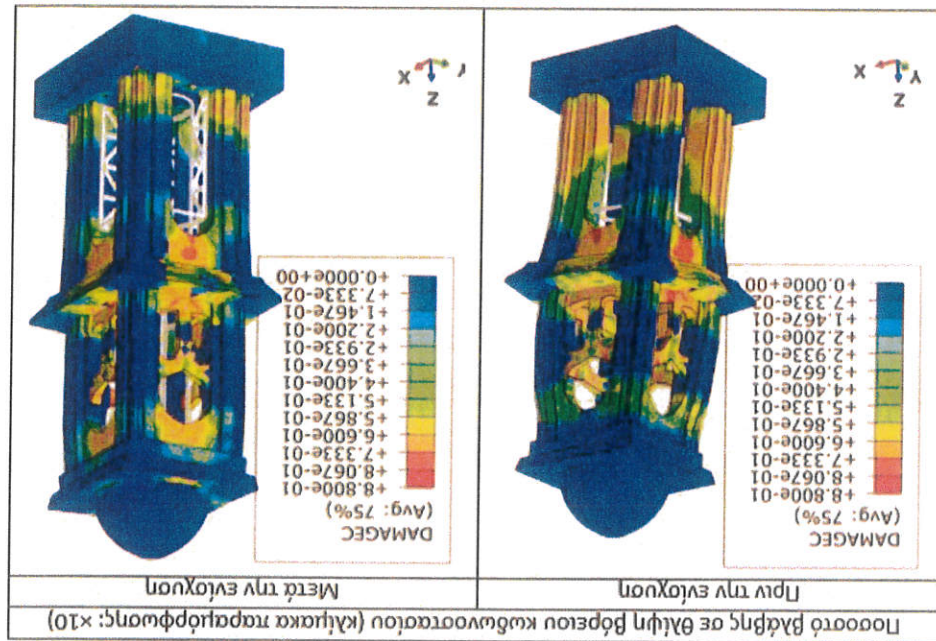
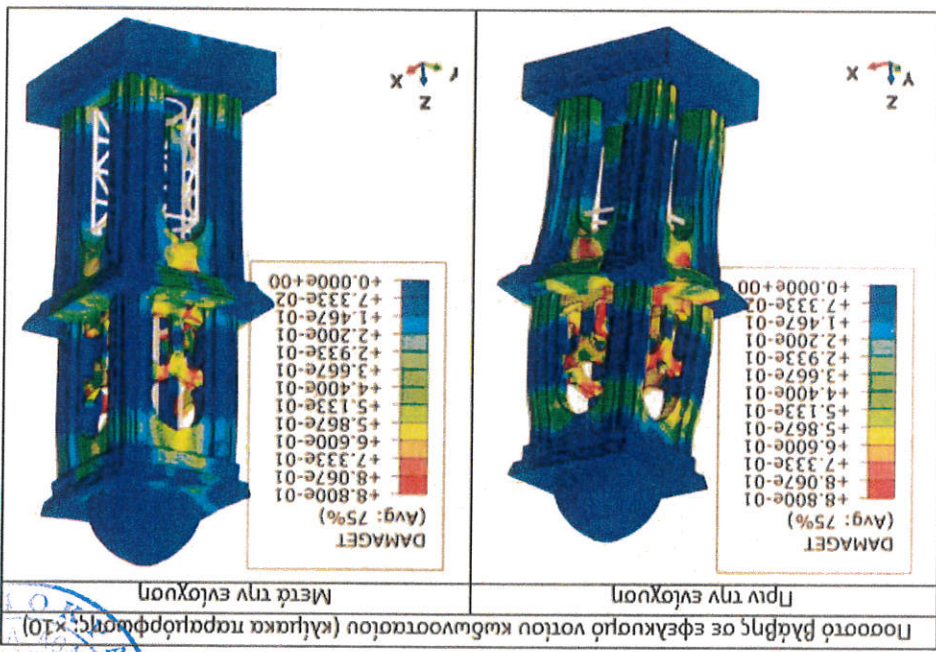
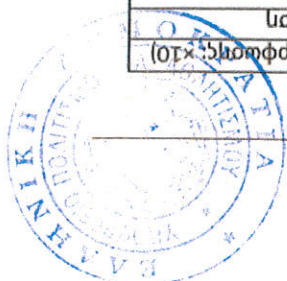


Εικόνα 104. Μεταλλική ενίσχυση βόρειου κωδωνοστασίου, κλίμακα παραμόρφωσης  $\times 20$ ,  $t=21$  sec, τάση von-Mises [kPa].

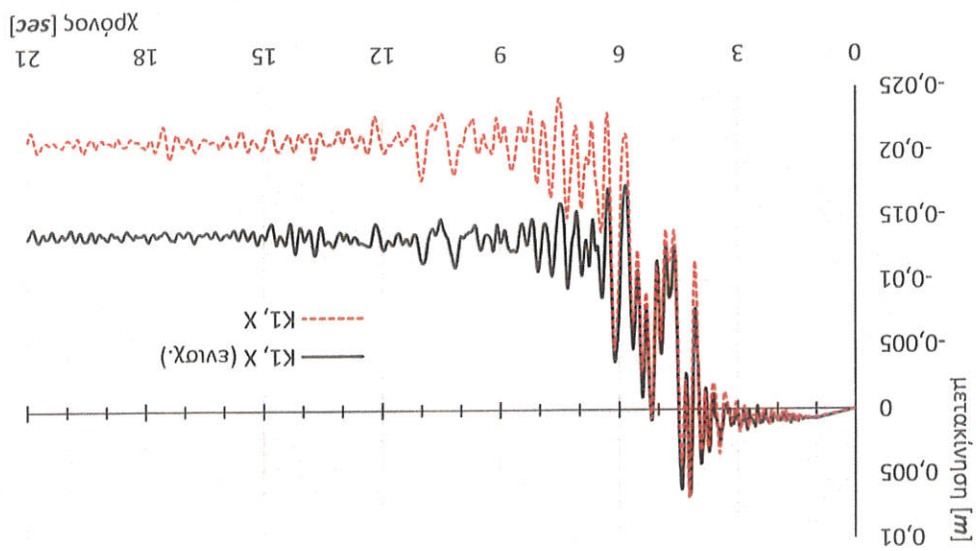


Εικόνα 105. Μεταλλική ενίσχυση υπόρου κωδωνοστασίου, κλίμακα παραμόρφωσης  $\times 20$ ,  $t=21$  sec τόν von-Mises [kPa].





Εικόνα 106. Κατανομή βλάβης σε εφεκυσμό και θάληη πριν και μετά τις ενισχύσεις.



Εικόνα 107. Θέσεις καταγραφών μετακινήσεων.

