



Επιτροπή Αντισεισμικής Προστασίας Γεφυρών

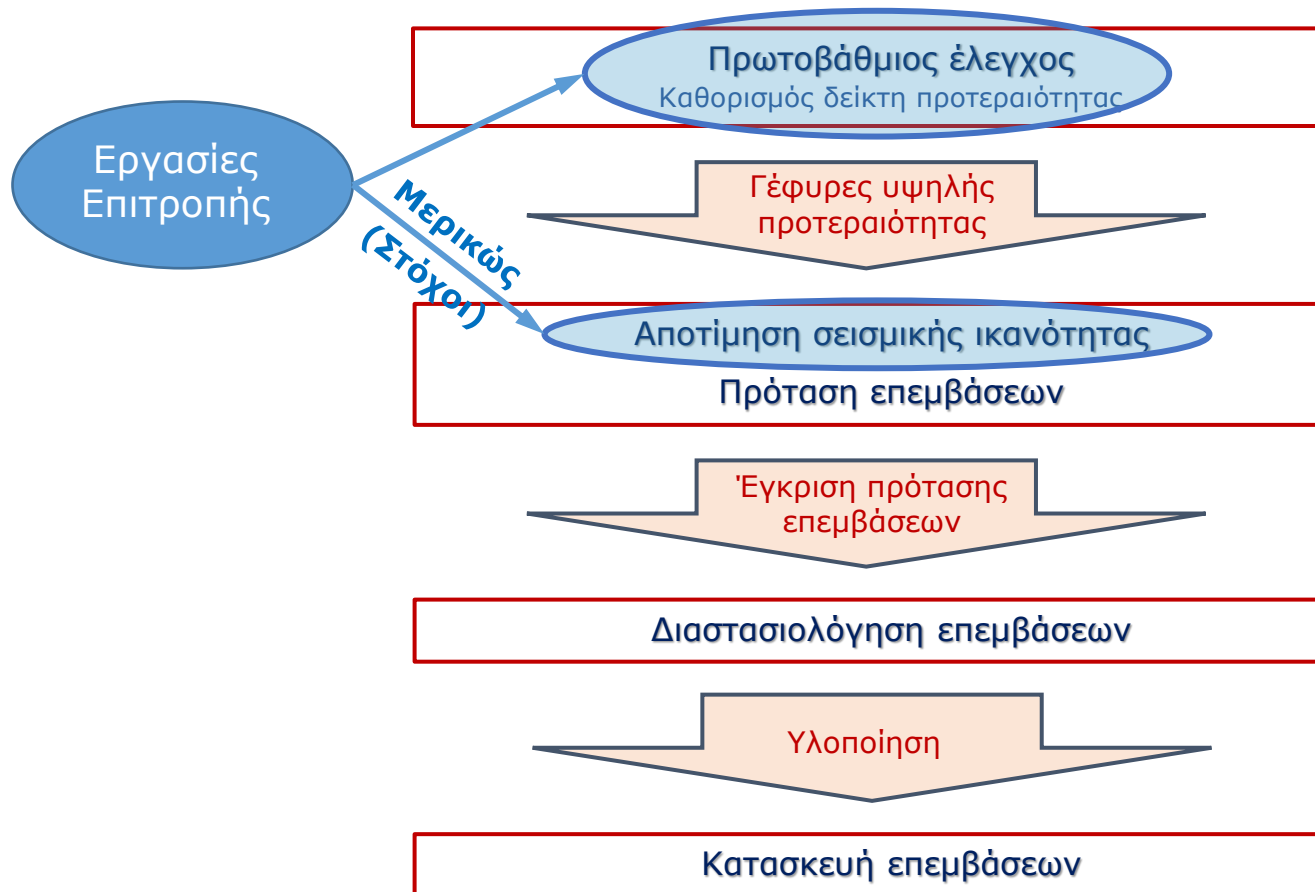
ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΓΕΦΥΡΩΝ

Draft Report (v1)

Γιάννης Ψυχάρης

Απρίλιος 2021

Διαδικασία ελέγχου και ενίσχυσης υφιστάμενων γεφυρών



Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

- 2.1 Επιθεώρηση γεφυρών
- 2.2 Δομική τρωτότητα
- 2.3 Σπουδαιότητα
- 2.4 Επικινδυνότητα
- 2.5 Απομένουσα ζωή
- 2.6 Λειτουργική επάρκεια
- 2.7 Υπολογισμός δείκτη προτεραιότητας
- 2.8 Προτεινόμενες ενέργειες με βάση τη διακινδύνευση

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- 3.1 Σεισμική ένταση
- 3.2 Στάθμες επιτελεστικότητας
- 3.3 Ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

**ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Κεφάλαιο 2

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφ. 2.1 Επιθεώρηση γεφυρών

2.1.1 Δελτίο Μητρώου γεφυρών

- Γενικά στοιχεία
 - Θέση
 - Έτος κατασκευής
 - Σπουδαιότητα
 - Σεισμικότητα περιοχής
- Ανωδομή
 - Γεωμετρικά στοιχεία
 - Τύπος γέφυρας
 - Υλικά
- Εφέδρανα - αρμοί
 - Τύπος
 - Μήκος έδρασης φορέα
- Βάθρα – ακρόβαθρα
 - Τύπος
 - Υλικά
 - Διαστάσεις
- Θεμελίωση

2.1.2 Οδηγίες συμπλήρωσης δελτίου

BRIDGE SEISMIC INVENTORY DATA FORM		
GENERAL		
Bridge Name _____	BIN Number _____	
Location _____		
Year Built _____	ADT _____	Detour Length _____
Total Length _____	Feature Carried _____	
Overall Width _____	Feature Crossed _____	
Importance: essential / standard Alignment: straight / skewed / curved Geometry: regular / irregular		
Seismic Hazard (100-year event): $S_s =$ _____ g $S_1 =$ _____ g Soil Site Class: A / B / C / D / E _____		
(1000 year event): $S_s =$ _____ g $S_1 =$ _____ g Soil Site Class: A / B / C / D / E _____		
SUPERSTRUCTURE		
Material and Type _____	_____	
Number of spans _____	_____ joints _____	
BEARINGS		
Type _____	_____	
Type of restraint _____	_____	
Actual support length _____	Minimum required length _____	
COLUMNS AND PIERS		
Material and Type _____		
Cross-section: Min. transverse dimension _____ Min. longitudinal dimension _____		
Height range (low – high): _____ Fixity: Top _____ Bottom _____		
Longitudinal reinforcement (%) _____ Splices in end zones ? yes / no _____		
Transverse confinement steel _____		
FOUNDATIONS AND ABUTMENTS		
Pier foundation type: spread footings / pile footings / pile bent / single shaft / other _____		
Abutment type: seat / integral / other _____ On Piles: yes / no _____		
other _____		
Abutment height _____ Approach slabs: yes / no Slab length _____		
Location: cut / fill Wingwalls: yes / no Liquefaction: susceptibility low / moderate / high _____		
REMARKS _____		

Τα στοιχεία του Μητρώου πρέπει να αρκούν για τον καθορισμό του δείκτη προτεραιότητας χωρίς πρόσθετη αυτοψία

Κεφ. 2.2 Δομική τρωτότητα

Βασίζεται στη μορφή και το είδος των δομικών στοιχείων, αλλά και στη γενική κατάσταση της γέφυρας (παθολογία).

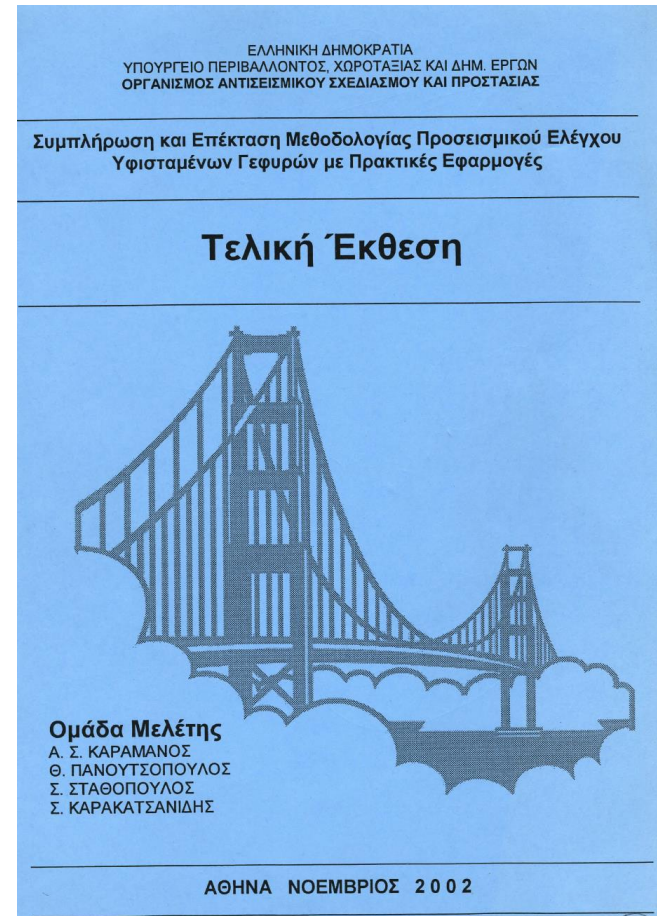
Σύμφωνα με Τελική Έκθεση ΟΑΣΠ 2002, λαμβάνει τιμές από 0 έως 10:

- $\Delta = 0$: πολύ μικρή πιθανότητα εμφάνισης αστοχιών
- $\Delta = 5$: μέτρια πιθανότητα κατάρρευσης / υψηλή πιθανότητα να τεθεί η γέφυρα εκτός λειτουργίας
- $\Delta = 10$: υψηλή πιθανότητα κατάρρευσης

Για τον καθορισμό του δείκτη Δ λαμβάνονται υπόψη επιμέρους δείκτες που αφορούν:

- ◆ Εφέδρανα, συνδέσμους, εδράσεις
- ◆ Μεσόβαθρα, ακρόβαθρα, έδαφος
- ◆ Χρονολογία και Κανονισμό μελέτης
- ◆ Γενική κατάσταση γέφυρας (διαβρώσεις, ενανθράκωση, αποσύνθεση υλικών, κλπ.)
 - ➔ Βαθμός Φύλλου Επιθεώρησης

Απαιτείται επικαιροποίηση του τρόπου υπολογισμού του δείκτη δομικής τρωτότητας λαμβάνοντας υπόψη και την πρακτική σε άλλες χώρες.



Κεφ. 2.3 Σπουδαιότητα

Παλαιότερος τρόπος υπολογισμού (Τελική Έκθεση ΟΑΣΠ 2002)

- ♦ Με βάση επιμέρους δείκτες **ποσοτικού χαρακτήρα**, όπως:
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος επί της γέφυρας
 - Το μήκος παράκαμψης σε περίπτωση κλεισίματος της γέφυρας
- ♦ Εμπεριέχει δυσκολία εφαρμογής ως προς την ακριβή κατά το δυνατόν γνώση των παραμέτρων αυτών.
- ♦ Ο χαρακτηρισμός της σπουδαιότητας με βάση ποσοτικά κριτήρια ενδέχεται να μην λαμβάνει άμεσα υπόψη του (ή στον βαθμό που θα έπρεπε) κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους που μπορεί να διαμορφώνουν σε σημαντικό βαθμό την σπουδαιότητα μιας γέφυρας.

Σύγχρονες τάσεις (FHWA 2006, JRA 2002)

- ♦ Πιο γενική, ποιοτικού χαρακτήρα κατάταξη των γεφυρών ως προς την σπουδαιότητά τους, σε:
 - **Συνήθεις**
 - **Σημαντικές**

Η λογική αυτή προτείνεται να ακολουθηθεί και στις Οδηγίες.

Οι παρακάτω ορισμοί ακολουθούν τις σχετικές διατάξεις της FHWA 2006 προσαρμοσμένοι κατάλληλα στα Ελληνικά δεδομένα.

Κεφ. 2.3 Σπουδαιότητα

Σημαντική γέφυρα:

- ♦ Πρέπει να παραμείνει λειτουργική μετά από έναν σεισμό ή
- ♦ Διασταυρώνεται με κρίσιμο στοιχείο (π.χ οδικό άξονα, σιδηροδρομική γραμμή κτλ.) το οποίο θα πρέπει να παραμείνει ανοικτό μετά από έναν σεισμό για την μετασεισμική διαχείριση και αποκατάσταση.

Συγκεκριμένα, ως **σημαντική** θεωρείται η γέφυρα η οποία πληροί **τουλάχιστον ένα** από τα παρακάτω κριτήρια:

- Αποτελεί μέρος εθνικού οδικού δικτύου ή μεγάλου αυτοκινητοδρόμου.
- Παρέχει πρόσβαση ή διασταυρώνεται με κρίσιμο στοιχείο (οδικός άξονας, σιδηροδρομική γραμμή) που παρέχει πρόσβαση σε σημαντικές δομές (π.χ. νοσοκομεία) καθώς και μεταφορά των εμπλεκόμενων υπηρεσιών στη μετασεισμική διαχείριση και αποκατάσταση.
- Φέρει κρίσιμα δίκτυα (όπως δίκτυο ύδρευσης, αποχέτευσης, φυσικού αερίου, κλπ.).
- Ενδεχόμενη αστοχία ή κατάρρευσή της θα επιφέρει πιθανόν ανθρώπινες και σημαντικές υλικές / οικονομικές απώλειες στην επηρεαζόμενη περιοχή.
- Συνδέει το εθνικό δίκτυο με περιοχές χωρίς εναλλακτική πρόσβαση σε αυτό.
- Είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας:
 - (α) αποτελεί σημαντικό στοιχείο του συστήματος μεταφορών,
 - (β) είναι σημαντική για την οικονομική ανάκαμψη της πληγείσας περιοχής.
- Παρακάμπτει ποτάμι για το οποίο εκτιμάται ότι η πιθανή κατάρρευση της γέφυρας θα προκαλέσει διακοπή της ροής και υπερχειλίση του ποταμού.
- Θεωρείται κρίσιμη για το οδικό δίκτυο ασφάλειας και άμυνας.

Διαφορετικά η γέφυρα χαρακτηρίζεται ως **συνήθης**.

Κεφ. 2.3 Σπουδαιότητα

Σύμφωνα με τα παραπάνω ορίζεται δείκτης σπουδαιότητας μιας γέφυρας ο οποίος λαμβάνει τιμή σύμφωνα με τον Πίνακα:

Κατηγορία γέφυρας	Τιμή Δείκτη Σπουδαιότητας
Συνήθης	0
Σημαντική	10

Κεφ. 2.4 Επικινδυνότητα

Για τον καθορισμό του δείκτη επικινδυνότητας λαμβάνονται υπόψη:

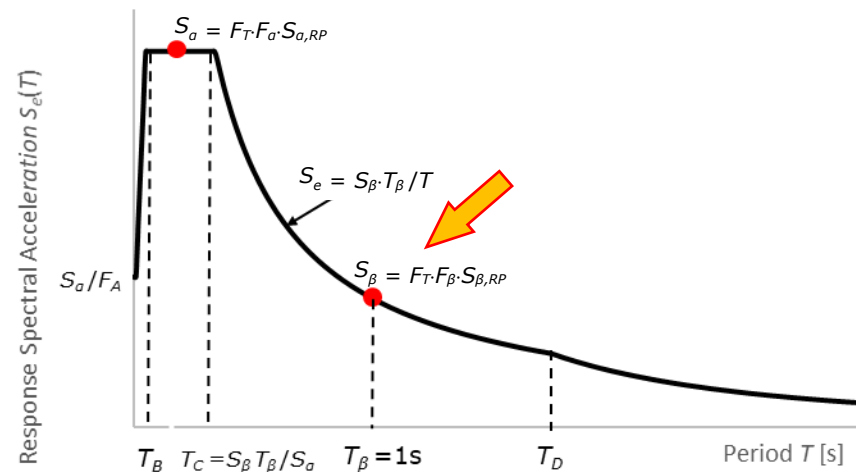
2.4.1 Επικινδυνότητα έναντι σεισμικών δράσεων (E)

2.4.2 Επικινδυνότητα έναντι άλλων φαινομένων

- Επικινδυνότητα έναντι φωτιάς
- Επικινδυνότητα έναντι έκρηξης
- Επικινδυνότητα έναντι πρόσκρουσης (π.χ. πρόσκρουση πλοίου, τρένου, οχήματος σε βάθρο)
- Επικινδυνότητα έναντι υποσκαφής βάθρων
- Επικινδυνότητα έναντι ρευστοποίησης εδάφους
- Επικινδυνότητα έναντι αστοχίας πρανών – κατολισθήσεων.

2.4.1 Δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας, E

Ο δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας E υπολογίζεται βάσει της φασματικής επιτάχυνσης S_β του ελαστικού φάσματος απόκρισης για περίοδο $T=T_\beta=1.0$ sec και απόσβεση 5%.



Η φασματική επιτάχυνση S_β προκύπτει από τη σχέση:

$$S_\beta = F_T \cdot F_\beta \cdot S_{\beta,RP}$$

όπου:

F_T είναι ο συντελεστής τοπογραφικής ενίσχυσης,

F_β είναι ο συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης, και

$S_{\beta,RP}$ είναι η φασματική επιτάχυνση για περίοδο $T=T_\beta=1.0$ sec και απόσβεση 5% που αντιστοιχεί σε βραχώδες έδαφος (κατηγορία A) και σεισμική ένταση με περίοδο επαναφοράς T_{RP} .

Με τον τρόπο αυτό λαμβάνονται υπόψη τόσο η σεισμικότητα της περιοχής της γέφυρας όσο και οι εδαφικές συνθήκες θεμελίωσης.

Επιρροή σεισμικής έντασης, $S_{\beta,RP}$

Η φασματική επιτάχυνση $S_{\beta,RP}$ αντιστοιχεί σε σεισμική ένταση με περίοδο επαναφοράς T_{RP} και μπορεί να υπολογίζεται από την αντίστοιχη επιτάχυνση αναφοράς $S_{\beta,ref}$ που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς αναφοράς $T_{ref}=475$ έτη από τη σχέση:

$$S_{\beta,RP} = \gamma_{LC,CC} \cdot S_{\beta,ref}$$

Ο συντελεστής επιτελεστικότητας $\gamma_{LC,CC}$ εξαρτάται από την στάθμη επιτελεστικότητας LS (Limit State) και την κατηγορία επιπτώσεων σε περίπτωση αστοχίας της κατασκευής CC (Consequences Class).

Δεδομένου ότι ο δείκτης σπουδαιότητας προσμετράται ανεξάρτητα, προτείνεται, ο δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας που θα ληφθεί υπόψη στη διαμόρφωση του γενικού δείκτη προτεραιότητας της γέφυρας να υπολογίζεται για περίοδο επαναφοράς $T_{RP}=T_{ref}=475$ έτη, δηλαδή: $S_{\beta,RP} = S_{\beta,ref} = S_{\beta,475}$.

Η φασματική επιτάχυνση αναφοράς $S_{\beta,ref}$ μπορεί να υπολογίζεται από:

- Χάρτες φασματικών επιταχύνσεων για περίοδο επαναφοράς $T_{ref}=475$ έτη, εφόσον διατίθενται
- Βάσεις δεδομένων (π.χ. EFEHR)
- Την αντίστοιχη φασματική επιτάχυνση αναφοράς $S_{a,ref}$ που αντιστοιχεί στην περιοχή σταθερών επιταχύνσεων του φάσματος απόκρισης από τη σχέση:

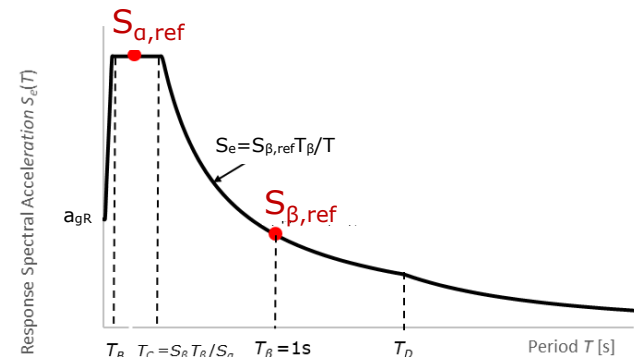
$$S_{\beta,ref} = f_h \cdot S_{a,ref}$$

όπου:

$f_h = 0.2$ για χαμηλή και πολύ χαμηλή σεισμικότητα,

$f_h = 0.3$ για μεσαία σεισμικότητα,

$f_h = 0.4$ για υψηλή σεισμικότητα.



Επιρροή σεισμικής έντασης, $S_{\beta,RP}$

Ενδεικτικές τιμές $S_{\alpha,ref}$, $S_{\beta,ref}$ και f_h για διάφορες πόλεις της Ελλάδας κατά ΕΦΕΗΡ

Ζώνη Z1				Ζώνη Z2				Ζώνη Z3			
Θέση	$S_{\alpha,ref}^{(1)}$ (g)	$S_{\beta,ref}^{(2)}$ (g)	f_h	Θέση	$S_{\alpha,ref}^{(1)}$ (g)	$S_{\beta,ref}^{(2)}$ (g)	f_h	Θέση	$S_{\alpha,ref}^{(1)}$ (g)	$S_{\beta,ref}^{(2)}$ (g)	f_h
Αθήνα	0.73	0.20	0.27	Ηράκλειο	0.73	0.27	0.37	Ζάκυνθος	1.14	0.29	0.25
Αλεξανδρούπολη	0.48	0.16	0.33	Καλαμάτα	0.74	0.21	0.28	Κεφαλονιά	1.30	0.39	0.30
Άργος	0.72	0.21	0.29	Καρπενήσι	0.61	0.18	0.30	Λευκάδα	1.05	0.31	0.30
Βέροια	0.42	0.09	0.21	Κέρκυρα	0.77	0.17	0.22				
Θεσσαλονίκη	0.50	0.11	0.22	Κόρινθος	0.97	0.26	0.27				
Καβάλα	0.41	0.11	0.27	Λαμία	0.66	0.18	0.27				
Κοζάνη	0.43	0.10	0.23	Λάρισα	0.55	0.14	0.25				
Νάξος	0.55	0.24	0.44	Μυτιλήνη	0.68	0.17	0.25				
Ξάνθη	0.40	0.12	0.30	Πάτρα	0.93	0.26	0.28				
Τρίπολη	0.66	0.19	0.29	Ρόδος	0.74	0.27	0.36				

(1) Φασματική επιτάχυνση για περίοδο $T = 0.2$ s μέσου φάσματος απόκρισης για περίοδο επαναφοράς $T_{ref} = 475$ έτη.

(2) Φασματική επιτάχυνση για περίοδο $T = 1.0$ s μέσου φάσματος απόκρισης για περίοδο επαναφοράς $T_{ref} = 475$ έτη.

Προτεινόμενη τιμή: $f_h = 0.30$ και για τις τρεις ζώνες Z1, Z2, Z3

Επιρροή σεισμικής έντασης, $S_{\beta,RP}$

Η φασματική επιτάχυνση $S_{a,ref}$ για απόσβεση 5%, έδαφος κατηγορίας A και περίοδο επαναφοράς 475 έτη, που αντιστοιχεί στην περιοχή της σταθερής επιτάχυνσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης, ισούται με:

$$S_{a,ref} = F_A \cdot a_{gR}$$

όπου $F_A = 2.5$ και a_{gR} είναι η εδαφική επιτάχυνση αναφοράς που αντιστοιχεί στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας που βρίσκεται η γέφυρα, σύμφωνα με την ισχύουσα κατάταξη των περιοχών σε σεισμικές ζώνες.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω, *ελλείψει χαρτών φασματικών επιταχύνσεων*, η φασματική επιτάχυνση $S_{\beta,475}$ (για $T_{RP}=475$ έτη) μπορεί να υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S_{\beta,475} = 0.30 \times 2.5 \cdot a_{gR} = 0.75 \cdot a_{gR}$$

Προτεινόμενες τιμές $S_{\beta,475}$

Σεισμική ζώνη	a_{gR} (g)	$S_{\beta,475}$ (g)
Z1	0.16	0.12
Z2	0.24	0.18
Z3	0.36	0.27

Συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης, F_{β}

Ο συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης F_{β} εξαρτάται από την τιμή της μέσης ταχύτητας των διατμητικών κυμάτων $v_{s,H}$ στο πάχος H των εδαφικών στρώσεων που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v_{s,H} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}}$$

όπου:

$H = 30 \text{ m}$ εάν $H_{800} \geq 30 \text{ m}$

$= H_{800}$ εάν $H_{800} < 30 \text{ m}$

όπου H_{800} είναι το βάθος του βραχώδους υποβάθρου με $v_s > 800 \text{ m/s}$,

$h_i =$ πάχος της i εδαφικής στρώσης,

$v_i =$ ταχύτητα διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στη i εδαφική στρώση,

$N =$ πλήθος εδαφικών στρώσεων από την επιφάνεια του εδάφους έως βάθος H .

Συντελεστές εδάφους F_{β} (αναθεώρηση ΕΚ8-1)

Κατηγορία εδάφους	Γνωστά H_{800} & $v_{s,H}$	Προκαθορισμένη τιμή
A	1.0	1.00
B	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70r_{\beta}}$	1.60
C		2.25
D		3.20
E	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70r_{\beta} \frac{H}{30}}$	3.00
F	$1.25 \cdot \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70r_{\beta}}$	4.00

$$r_{\beta} = 1 - 2 \cdot 10^3 \frac{S_{\beta,RP}}{v_{s,H}^2} \quad (S_{\beta,RP} \text{ σε } \text{m/s}^2, v_{s,H} \text{ σε } \text{m/s})$$

Συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης, F_{β}

- ♦ Η προκαθορισμένη τιμή για κάθε κατηγορία εδάφους μπορεί να χρησιμοποιείται εάν η τιμή της $v_{s,H}$ δεν είναι γνωστή (αναμενόμενο κατά τη διαδικασία καθορισμού του δείκτη προτεραιότητας).
Σημείωση: Οι προκαθορισμένες τιμές του Πίνακα είναι αρκετά συντηρητικές για μαλακά εδάφη.
- ♦ Οι τιμές του συντελεστή F_{β} για κάθε σεισμική ζώνη ($S_{\beta,RP}=S_{\beta,475}=0.75 \cdot a_{gR}$) και για τις ακραίες τιμές $v_{s,H}$ σε κάθε κατηγορία εδάφους δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Για ενδιάμεσες τιμές της $v_{s,H}$ μπορεί να γίνεται γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών $\max F_{\beta}$ και $\min F_{\beta}$.

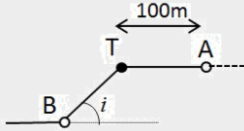
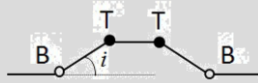
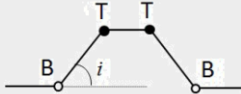
Συντελεστές εδάφους F_{β} για $S_{\beta,RP}=S_{\beta,ref}=0.75 \cdot a_{gR}$ και ακραίες τιμές $v_{s,H}$ κάθε κατηγορίας.

Κατηγορία εδάφους	Προκαθορισμένη τιμή EK8-1	min $v_{s,H}$	max $v_{s,H}$	$Z_1: a_{gR} = 1.6 \text{ m/s}^2$		$Z_2: a_{gR} = 2.4 \text{ m/s}^2$		$Z_3: a_{gR} = 3.6 \text{ m/s}^2$	
				max F_{β}	min F_{β}	max F_{β}	min F_{β}	max F_{β}	min F_{β}
A	1.00	250	800	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.60	400	800	1.61	1.00	1.61	1.00	1.60	1.00
C	2.25	250	400	2.19	1.61	2.15	1.61	2.10	1.60
D	3.20	150	250	2.85	2.19	2.68	2.15	2.44	2.10
E ^(*)	3.00	150	400	2.01	1.38	1.93	1.37	1.81	1.37
F	4.00	150	400	3.56	2.02	3.35	2.01	3.05	2.00

(*) Για την κατηγορία E θεωρήθηκε πάχος $H = 20 \text{ m}$.

- ♦ Εάν δεν είναι γνωστή η τιμή της $v_{s,H}$ προτείνεται, επί το δυσμενέστερο, να χρησιμοποιείται η $\max F_{\beta}$.

Συντελεστής τοπογραφικής ενίσχυσης, F_T

Περιγραφή τοπογραφίας	F_T	Σκίτσο
Επίπεδες επιφάνειες, πρανή με μέση γωνία κλίσης $i < 15^\circ$ ή ύψος < 30 m	1.0	
Πρανή με μέση γωνία κλίσης $i > 15^\circ$	1.2	
Αναχώματα με πλάτος στην κορυφή πολύ μικρότερο από αυτό της βάσης και μέση γωνία κλίσης $15^\circ < i < 30^\circ$	1.2	
Αναχώματα με πλάτος στην κορυφή πολύ μικρότερο από αυτό της βάσης και μέση γωνία κλίσης $i > 30^\circ$	1.4	

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- Οι τιμές F_T αναφέρονται στο σημείο T
- $F_T = 1$ στο σημείο B (βάση) και στο σημείο A (που βρίσκεται 100 m μακριά από το T)
- Γραμμική μείωση του F_T μεταξύ του σημείου T και του σημείου B και μεταξύ του σημείου T και του σημείου A

2.4.1 Δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας, E

Ο δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας E λαμβάνει τιμές στην κλίμακα από 1 έως 10 και έτσι έχει την ίδια βαρύτητα με τον δείκτη δομικής τρωτότητας Δ. Ορίζεται από τη σχέση:

$$E = 10 \cdot (S_{\beta}/g) \leq 10$$

όπου $S_{\beta} = F_T \cdot F_{\beta} \cdot S_{\beta,475}$ είναι η φασματική επιτάχυνση για περίοδο $T=1.0$ sec, σύμφωνα με τα παραπάνω.

Δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας E για $F_T=1$ και $\max F_{\beta}$

Κατηγορία εδάφους	Ζώνη Z1	Ζώνη Z2	Ζώνη Z3
A	1.2	1.8	2.7
B	1.9	2.9	4.3
C	2.6	3.9	5.7
D	3.4	4.8	6.6
E	2.4	3.5	4.9
F	4.3	6.0	8.2

2.4.1 Δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας, E

Σύνοψη υπολογισμού του δείκτη E:

1. Καθορισμός της σεισμικής ζώνης της περιοχής της γέφυρας και της κατηγορίας του εδάφους θεμελίωσης
2. Υπολογισμός της φασματικής επιτάχυνσης $S_{\beta,475}$ για απόσβεση 5%, έδαφος κατηγορίας A και περίοδο επαναφοράς 475 έτη, που αντιστοιχεί σε περίοδο $T=1$ s. Εάν δεν διατίθενται ανάλογοι χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$S_{\beta,475} = 0.75 \cdot a_{gR}$$

3. Υπολογισμός του συντελεστή εδάφους F_{β} .

Εάν δεν διατίθεται η τιμή της μέσης ταχύτητας των διατμητικών κυμάτων $v_{s,H}$, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή $\max F_{\beta}$ για την κατηγορία εδάφους και τη σεισμική ζώνη, σύμφωνα με τον παραπλεύρωσ Πίνακα

4. Υπολογισμός της φασματικής επιτάχυνσης S_{β} του ελαστικού φάσματος απόκρισης για περίοδο $T=1.0$ sec και απόσβεση 5% από τη σχέση:

$$S_{\beta} = F_T \cdot F_{\beta} \cdot S_{\beta,475}$$

5. Υπολογισμός του δείκτη σεισμικής επικινδυνότητας:

$$E = 10 \cdot (S_{\beta}/g) \leq 10$$

Προτεινόμενες τιμές F_{β} ελλείψει $v_{s,H}$

Κατηγορία εδάφους	Z1	Z2	Z3
A	1.00	1.00	1.00
B	1.61	1.61	1.60
C	2.19	2.15	2.10
D	2.85	2.68	2.44
E	2.01	1.93	1.81
F	3.56	3.35	3.05

Κεφ. 2.5 Απομένουσα ζωή

Ενίσχυση γεφυρών με μικρή απομένουσα χρήσιμη ζωή, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τη σεισμική διακινδύνευση, μπορεί να μην είναι δικαιολογημένη επειδή:

- Πιθανόν είναι αντιοικονομική
- Η πιθανότητα να συμβεί ισχυρός σεισμός στην απομένουσα χρήσιμη ζωή είναι μικρή.

Η εκτίμηση της απομένουσας ζωής εξαρτάται από:

- Την ηλικία
- Τη δομική κατάσταση
- Τα υλικά και τις προδιαγραφές που ίσχυαν κατά την κατασκευή
- Τη λειτουργική επάρκεια στις παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις της κυκλοφορίας.

Χονδρική εκτίμηση της απομένουσας ζωής μπορεί να βασίζεται μόνο στην ηλικία, σε σύγκριση με την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής για την οποία σχεδιάζονται οι νέες γέφυρες.

Σημειώνεται όμως ότι η ενίσχυση μιας “ηλικιωμένης” γέφυρας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της απομένουσας ζωής της.

Κεφ. 2.6 Λειτουργική επάρκεια

Λαμβάνεται υπόψη η επάρκεια της γέφυρας στις παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις της κυκλοφορίας.

Κεφ. 2.7 Υπολογισμός δείκτη προτεραιότητας, Π

Ο συνολικός δείκτης προτεραιότητας Π προκύπτει από τον συνδυασμό όλων των παραπάνω παραγόντων:

$$\Pi = f(\Delta, \Sigma, E, A)$$

όπου:

Δ = Δείκτης Δομικής τρωτότητας

Σ = Δείκτης Σπουδαιότητα

E = Δείκτης Σεισμικής Επικινδυνότητας

A = Άλλοι παράγοντες (μη-σεισμική επικινδυνότητα, απομένουσα ζωή, λειτουργικότητα, κ.α.)

Πρέπει να οριστούν συντελεστές βαρύτητας για κάθε δείκτη και η σχέση που τους συνδέει.

Π.χ., στην Τελική Έκθεση ΟΑΣΠ 2002 είχε χρησιμοποιηθεί η σχέση (χωρίς τον δείκτη A):

$$\Pi = (0.4 \times \Delta + 0.6 \times \Sigma) \times E$$

Κεφ. 2.8 Προτεινόμενες ενέργειες με βάση τη διακινδύνευση

Ο συνολικός δείκτης προτεραιότητας Π θέτει τη σειρά προτεραιότητας που θα πρέπει να ακολουθηθεί σε ένα γενικότερο πρόγραμμα επεμβάσεων/ενισχύσεων γεφυρών, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνον τη δομική τρωτότητα αλλά και κοινωνικούς, οικονομικούς και άλλους παράγοντες, και επομένως αποσκοπεί στην υποβοήθηση των Υπηρεσιών για τη λήψη των σχετικών αποφάσεων.

Άμεσες ενέργειες όμως, πιθανόν να απαιτούνται λόγω μεγάλης δομικής/σεισμικής τρωτότητας. Γι' αυτό, ανάλογα με την τιμή του δείκτη Δ , πρέπει να γίνει μία **ξεχωριστή κατάταξη** των γεφυρών με βάση την **προτεραιότητα άμεσων επεμβάσεων**.

Επομένως, με βάση τον δείκτη Δ και τους επιμέρους δείκτες που τον απαρτίζουν, πρέπει στις Οδηγίες να αναφέρονται προτάσεις άμεσων ενεργειών για την άρση των σχετικών κινδύνων.

Κεφάλαιο 3

ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ & ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Σκοπός

Σκοπός του κεφαλαίου 3 είναι ο καθορισμός των ελάχιστων **στόχων αποτίμησης και ανασχεδιασμού**.

Ένας στόχος αποτίμησης και ανασχεδιασμού αναφέρεται σε έναν συνδυασμό μιας **στάθμης επιτελεστικότητας (Limit State, LS)** με μία **στάθμη σεισμικής δράσης** που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης στην απομένουσα ζωή της γέφυρας, η οποία εκφράζεται με την περίοδο επαναφοράς T_{RP} .

		Στάθμη επιτελεστικότητας (LS)		
		Περιορισμός Βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί Κατάρρευση (NC)
Περίοδος επανάλληψης σεισμικής δράσης	Πολύ μεγάλη ($T_R > 1000$ έτη) (Πολύ ισχυροί και πολύ σπάνιοι σεισμοί)	●	●	●
	Μεγάλη ($T_R \sim 500$ έτη) (Ισχυροί, σπάνιοι σεισμοί)	●	●	●
	Μικρή ($T_R \sim 70$ έτη) (Μικροί, συχνοί σεισμοί)	●	●	●

Μη αποδεκτό για νέες κατασκευές

Το παραπάνω διάγραμμα αφορά κυρίως **νέες κατασκευές**.

Για **υφιστάμενες κατασκευές**, οι στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού μπορούν να μετατεθούν προς τα δεξιά (π.χ. μπλε γραμμή).

Κεφ. 3.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

Ελαστικό φάσμα αναφοράς

Ορίζεται με βάση δύο φασματικές τιμές αναφοράς, $S_{a,ref}$ και $S_{\beta,ref}$, για:

- συντελεστή απόσβεσης 5%,
- έδαφος κατηγορίας A και
- περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης $T_{ref}=475$ έτη (περίοδος επαναφοράς αναφοράς)

Μέχρι να κατασκευαστούν χάρτες για τις $S_{a,ref}$ και $S_{\beta,ref}$ μπορούν να χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:

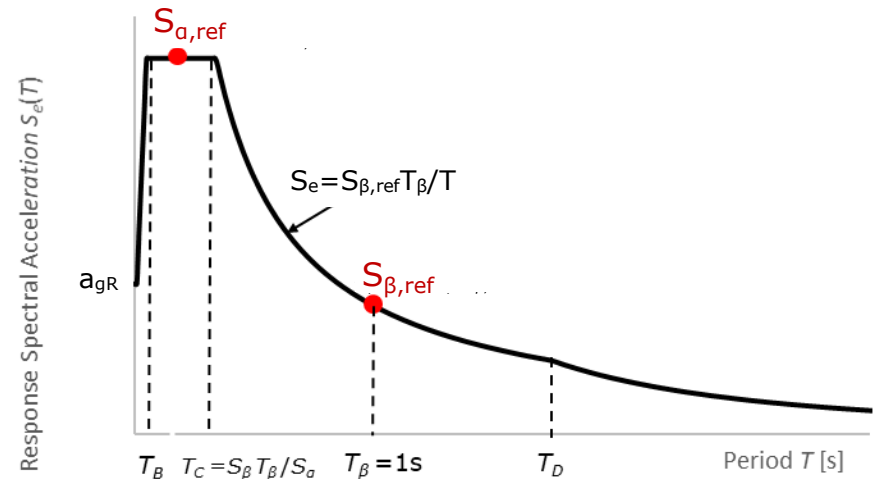
$$S_{a,ref} = F_A \cdot a_{gR}$$

$$S_{\beta,ref} = f_h \cdot S_{a,ref}$$

όπου: $F_A = 2.5$

a_{gR} είναι η εδαφική επιτάχυνση αναφοράς σύμφωνα με τις τρεις σεισμικές ζώνες Z1, Z2, Z3.

$f_h = 0.3$ για όλη την Ελλάδα σύμφωνα με τη διερεύνηση που παρουσιάστηκε παραπάνω.



Κεφ. 3.1.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

Σεισμική ένταση ελέγχου

Στον EC8-3 ορίζονται δύο επίπεδα έντασης σεισμικής δράσης:

1. Μικρός σεισμός: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 50\%$ σε 50 έτη
Περίοδος επαναφοράς: $T_{RP} = 70$ έτη
2. Ισχυρός σεισμός: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 10\%$ σε 50 έτη
Περίοδος επαναφοράς: $T_{RP} = 475$ έτη

Ισχύει κυρίως για οικοδομικά έργα. Για γέφυρες προτείνεται να υιοθετηθούν τα επίπεδα του FHWA

Στο FHWA ορίζονται επίσης δύο επίπεδα έντασης σεισμικής δράσης, αλλά αυξημένα σε σύγκριση με τον EC8-3, που υπολογίζονται για διάρκεια χρήσιμης ζωής γεφυρών 75 έτη:

1. Κατώτερο επίπεδο: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 50\%$ σε 75 έτη
Περίοδος επαναφοράς: $T_{RP} = 100$ έτη
2. Ανώτερο επίπεδο: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 7\%$ σε 75 έτη
Περίοδος επαναφοράς: $T_{RP} = 1000$ έτη

► Σε κάθε περίπτωση, απαιτούνται χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για διάφορες τιμές T_R

Μέχρι τότε, μπορούν να χρησιμοποιούνται βάσεις δεδομένων (π.χ. EFER) ή προσεγγιστικές σχέσεις.

Κεφ. 3.1.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

Σεισμική ένταση για $T_{RP} \neq 475$ έτη

Μέχρι να κατασκευαστούν/επικαιροποιηθούν οι χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για την Ελλάδα για περιόδους επαναφοράς διαφορετικές της $T_{R,ref}=475$ έτη, η εδαφική επιτάχυνση a_g αλλά και οι φασματικές επιταχύνσεις για $T=0.2$ s και $T=1$ s, μπορούν να υπολογίζονται:

- Από βάσεις δεδομένων όπως η EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk) www.efehr.org



- Από προσεγγιστικές σχέσεις:

Π.χ. από τη σχέση του EC8-1 μέσω του "ισοδύναμου" συντελεστή σπουδαιότητας γ_I : $a_g = \gamma_I a_{gR}$:

- Για πιθανότητα υπέρβασης $P=P_{Ref}$ σε $T_L \neq T_{L,ref}$: $\gamma_I \approx (T_{L,ref}/T_L)^{-1/k}$
- Για πιθανότητα υπέρβασης $P \neq P_{Ref}$ σε $T_L = T_{L,ref}$: $\gamma_I \approx (P/P_{Ref})^{-1/k}$

όπου $T_{L,ref} = 50$ έτη, $P_{ref} = 0.10$ και ο συντελεστής k εξαρτάται από τη σεισμικότητα της περιοχής και κυμαίνεται από 2.5 έως 4.

Κεφ. 3.1.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

Σεισμική ένταση για $T_{RP} \neq 475$ έτη

Τιμές του λόγου a_g/a_{gR} για διάφορες τιμές της περιόδου επανάληψης T_{RP}

Πιθανότητα υπέρβασης P	Περίοδος επαναφοράς T_{RP} (έτη)	a_g/a_{gR}		
		k = 2.5	k = 3	k = 4
50%	72	0.53	0.58	0.67
30%	140	0.64	0.69	0.76
20%	224	0.76	0.79	0.84
10%	475	1.00	1.00	1.00
5%	975	1.32	1.26	1.19
2%	2475	1.90	1.71	1.50

Λαμβάνοντας υπόψη την στήλη για k=2.5 λόγω της υψηλής σεισμικότητας της Ελλάδας, προκύπτουν οι παρακάτω τιμές του λόγου a_g/a_{gR} :

Περίοδος επαναφοράς T_{RP} (έτη)	a_g / a_{gR}
72	0.53
475	1.00
975	1.32

Κεφ. 3.1.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

Σεισμική ένταση για $T_{RP} \neq 475$ έτη βάσει ΕΦΕΗΡ

Με βάση τους λόγους $S_{\alpha,RP}/S_{\alpha,ref}$ και $S_{\beta,RP}/S_{\beta,ref}$ που προκύπτουν σύμφωνα με ΕΦΕΗΡ για ενδεικτικές πόλεις για $T_{RP}=975$ έτη και για $T_{RP}=72$ έτη, θα μπορούσαν να υιοθετηθούν οι λόγοι:

T_{RP} (έτη)	$S_{\alpha,RP}/S_{\alpha,ref}$ $S_{\beta,RP}/S_{\beta,ref}$
72	0.40
475	1.00
975	1.40

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Οι παραπάνω λόγοι αντιστοιχούν σε $k=1.8$ για $T_{RP}=72$ έτη και $k=2.1$ για $T_{RP}=975$ έτη σύμφωνα με τη σχέση του EC8-1.

Ενδεικτικές τιμές $S_{\alpha,RP}$ και $S_{\beta,RP}$ (σε g) για περιόδους επαναφοράς $T_{RP} = 975$ έτη και $T_{RP} = 72$ έτη σύμφωνα με ΕΦΕΗΡ.

Ζώνη	Πόλη	$T_{ref} = 475$ έτη		$T_{RP} = 975$ έτη				$T_{RP} = 72$ έτη			
		$S_{\alpha,475}$	$S_{\beta,475}$	$S_{\alpha,975}$	$S_{\beta,975}$	$S_{\alpha,975}/S_{\alpha,475}$	$S_{\beta,975}/S_{\beta,475}$	$S_{\alpha,72}$	$S_{\beta,72}$	$S_{\alpha,72}/S_{\alpha,475}$	$S_{\beta,72}/S_{\beta,475}$
Z1	Αθήνα	0.73	0.20	1.02	0.27	1.40	1.35	0.28	0.08	0.38	0.40
	Αλεξανδρούπολη	0.48	0.16	0.65	0.20	1.35	1.25	0.19	0.06	0.40	0.38
	Άργος	0.72	0.21	0.98	0.28	1.36	1.33	0.28	0.08	0.39	0.38
	Βέροια	0.42	0.09	0.58	0.13	1.38	1.44	0.15	0.03	0.36	0.33
	Θεσσαλονίκη	0.50	0.11	0.71	0.16	1.42	1.45	0.19	0.04	0.38	0.36
	Καβάλα	0.41	0.11	0.55	0.16	1.34	1.45	0.16	0.05	0.39	0.45
	Κοζάνη	0.43	0.10	0.61	0.14	1.42	1.40	0.16	0.04	0.37	0.40
	Νάξος	0.55	0.24	0.77	0.34	1.40	1.42	0.23	0.07	0.42	0.29
	Ξάνθη	0.40	0.12	0.55	0.18	1.38	1.50	0.16	0.05	0.40	0.42
	Τρίπολη	0.66	0.19	0.86	0.26	1.30	1.37	0.27	0.07	0.41	0.37
Z2	Ηράκλειο	0.73	0.27	0.97	0.37	1.33	1.37	0.32	0.09	0.44	0.33
	Καλαμάτα	0.74	0.21	1.03	0.30	1.39	1.43	0.29	0.08	0.39	0.38
	Καρπενήσι	0.61	0.18	0.82	0.24	1.34	1.33	0.26	0.07	0.43	0.39
	Κέρκυρα	0.77	0.17	1.09	0.26	1.42	1.53	0.28	0.06	0.36	0.35
	Κόρινθος	0.97	0.26	1.38	0.35	1.42	1.35	0.36	0.10	0.37	0.38
	Λαμία	0.66	0.18	0.91	0.26	1.38	1.44	0.26	0.07	0.39	0.39
	Λάρισα	0.55	0.14	0.79	0.19	1.44	1.36	0.21	0.05	0.38	0.36
	Μυτιλήνη	0.68	0.17	0.90	0.25	1.32	1.47	0.27	0.07	0.40	0.41
	Πάτρα	0.93	0.26	1.26	0.37	1.35	1.42	0.35	0.09	0.38	0.35
	Ρόδος	0.74	0.27	1.00	0.38	1.35	1.41	0.30	0.09	0.41	0.33
Z3	Ζάκυνθος	1.14	0.29	1.48	0.42	1.30	1.45	0.48	0.12	0.42	0.41
	Κεφαλονιά	1.30	0.39	1.77	0.56	1.36	1.44	0.51	0.12	0.39	0.31
	Λευκάδα	1.05	0.31	1.49	0.48	1.42	1.55	0.38	0.10	0.36	0.32
Μέσος όρος:						1.37	1.41	0.39	0.37		

Κεφ. 3.1.1 Σεισμική ένταση στην οριζόντια διεύθυνση

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_A: & \quad S_e(T) = \frac{S_\alpha}{F_A} \\
 T_A \leq T \leq T_B: & \quad S_e(T) = \frac{S_\alpha}{T_B - T_A} \left[\eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C: & \quad S_e(T) = \eta S_\alpha \\
 T_C \leq T \leq T_D: & \quad S_e(T) = \eta \frac{S_\beta T_\beta}{T} \\
 T_D \leq T: & \quad S_e(T) = \eta T_D \frac{S_\beta T_\beta}{T^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_\alpha &= F_T F_\alpha S_{\alpha,RP} \quad \text{όπου } S_{\alpha,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\alpha,ref} \\
 S_\beta &= F_T F_\beta S_{\beta,RP} \quad \text{όπου } S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,ref}
 \end{aligned}$$

F_α = συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης για μικρές περιόδους
 F_β = συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης για μεσαίες περιόδους ($T = T_\beta$)
 F_T = συντελεστής τοπογραφικής ενίσχυσης

$$F_A = 2.5$$

$$T_\beta = 1 \text{ s}$$

$$T_A = 0.02 \text{ s}$$

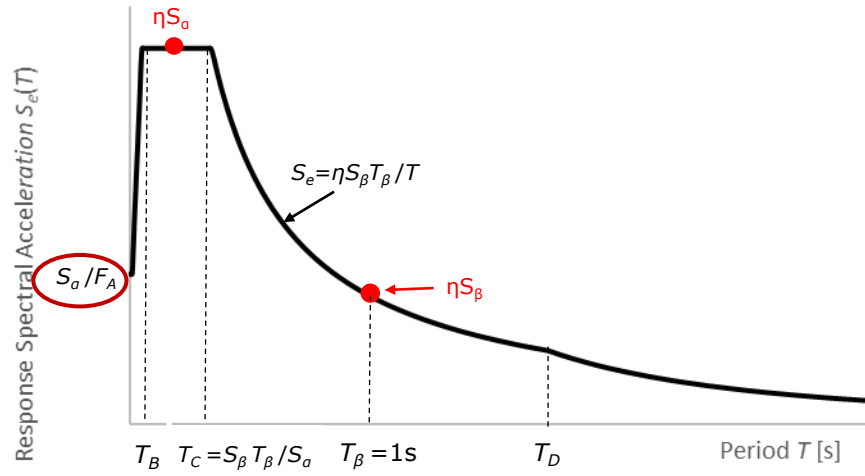
$$\begin{aligned}
 T_B &= 0.05 \text{ s} \quad \text{εάν } T_C/\chi \leq 0.05 \text{ s} \\
 &= T_C/\chi \quad \text{εάν } 0.05 \text{ s} \leq T_C/\chi \leq 0.10 \text{ s} \\
 &= 0.10 \text{ s} \quad \text{εάν } 0.10 \text{ s} \leq T_C/\chi
 \end{aligned}$$

όπου $\chi = 4$

$$T_C = S_\beta T_\beta / S_\alpha$$

$$\begin{aligned}
 T_D &= 2 \text{ s} \quad \text{εάν } S_{\beta,RP} \leq 1 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1 + S_{\beta,RP} \quad \text{εάν } S_{\beta,RP} > 1 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\left(10 + \frac{T_C(\xi - 5)}{T_C + 30T}\right)}{(5 + \xi)}} \quad \text{(το } \xi \text{ δίνεται \%)}$$



Κεφ. 3.1 Σεισμική ένταση

3.1.2 Κατακόρυφη σεισμική ένταση

3.1.3 Επιλογή επιταχυνσιογραφημάτων για αναλύσεις χρονοϊστορίας

3.1.4 Γειτνίαση με ενεργό σεισμικό ρήγμα (φαινόμενα κοντινού πεδίου)

3.1.5 Κίνδυνος ρευστοποίησης

Κεφ. 3.2 Στάθμες επιτελεστικότητας

Στον EC8-3 ορίζονται τέσσερις στάθμες επιτελεστικότητας (**Limit States – LS**). Αντίστοιχες είναι και οι στάθμες που εφαρμόζονται στις ΗΠΑ, όπου χρησιμοποιείται ο όρος **Performance Level (PL)**.

OP: Πλήρης Λειτουργία – Fully Operational (FHWA: PL3 – Fully Operational)

- ◆ Ασήμαντες βλάβες και πλήρης λειτουργία της γέφυρας μετά από σχετικό έλεγχο.
- ◆ Οι όποιες βλάβες είναι επισκευάσιμες χωρίς διακοπή της κυκλοφορίας.

DL: Περιορισμός Βλαβών – Damage Limitation (FHWA: PL2 – Operational)

- ◆ Μικρές βλάβες και λειτουργία της γέφυρας για τα οχήματα ανάγκης μετά από σχετικό έλεγχο.
- ◆ Η γέφυρα είναι επισκευάσιμη με ή χωρίς διακοπή λειτουργίας.

SD: Σημαντικές Βλάβες – Significant Damage (FHWA: PL1 – Life Safety)

- ◆ Σημαντικές βλάβες που οδηγούν σε διακοπή λειτουργίας της γέφυρας, χωρίς όμως να υπάρξει κίνδυνος απώλειας ζωής.
- ◆ Γενικώς, η γέφυρα είναι επισκευάσιμη. Όμως υπάρχει πιθανότητα να απαιτείται αντικατάστασή της μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

NC: Οιονεί Κατάρρευση – Near Collapse (FHWA: PL0 – no minimum level of performance)

- ◆ Πολύ εκτεταμένες βλάβες, χωρίς όμως κατάρρευση της γέφυρας (διατηρεί την ικανότητα να φέρει τα φορτία βαρύτητας).
- ◆ Η επισκευή της γέφυρας είναι μάλλον αντιοικονομική και είναι περισσότερο πιθανόν να χρειαστεί αντικατάστασή της.

Κεφ. 3.3 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Στον EC8-3 ορίζονται οι παρακάτω στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού:

Πιθανότητα υπέρβασης P σε 50 έτη (Περίοδος επανάληψης T_R)	Στάθμη επιτελεστικότητας (LS)		
	Περιορισμός βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί κατάρρευση (NC)
10% (475 έτη) – $PGA=S \gamma_I a_{gR}$	A1	ⓑ1	Ⓠ1
50% (70 έτη) – $PGA \approx 0.6 S \gamma_I a_{gR}$	A2	B2	Γ2

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., οι ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού για κτίρια δίνονται στον παρακάτω πίνακα ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας.

Κατηγορία σπουδαιότητας	Στάθμη επιτελεστικότητας για αποτίμηση/ανασχεδιασμό (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)
I	Γ2
ⓆII	Ⓠ1
III	B1
IV	B1 & A2

Παράδειγμα: Για κτίρια συνήθους σπουδαιότητας (κατηγορία II), η αποτίμηση γίνεται για στόχο Γ1, ενώ ο σχεδιασμός νέων κτιρίων γίνεται για στόχο B1.

Κεφ. 3.3 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Σύγκριση στόχων αποτίμησης/ανασχεδιασμού μεταξύ ΚΑΝ.ΕΠΕ. και FHWA

ΚΑΝ.ΕΠΕ. (κτίρια)

Σεισμική δράση / T_R	Συνήθης σπουδαιότητα	Υψηλή σπουδαιότητα
Κατώτερο επίπεδο / $T_R=70$ έτη	-	-
Ανώτερο επίπεδο / $T_R=475$ έτη	NC	SD

FHWA (γέφυρες)

Σεισμική δράση / T_R	Συνήθης σπουδαιότητα			Υψηλή σπουδαιότητα		
	ASL 1	ASL 2	ASL 3	ASL 1	ASL 2	ASL3
Κατώτερο επίπεδο / $T_R=100$ έτη	NC	OP	OP	NC	OP	OP
Ανώτερο επίπεδο / $T_R=1000$ έτη	NC	SD	SD	NC	SD	DL

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Απομένουσα ζωή

ASL1: 0 – 15 years
ASL2: 16 – 50 years
ASL3: > 50 years

Επίπεδα Επιτελεστικότητας (EC8)

NC: Near Collapse
SD: Significant Damage
DL: Damage Limitation
OP: Fully Operational