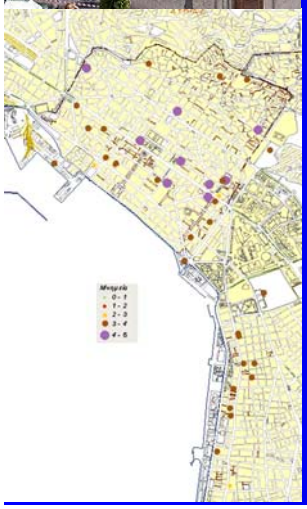
Training Course on Seismic Risk Assessment in Specific Areas with Monumental Structures



Μέθοδοι Αποτίμησης Σεισμικής Τρωτότητας – Γενικές Αρχές

Α. Ι. Κάππος
Καθηγητής Τμήμ. Πολιτ. Μηχανικών ΑΠΘ

Αθήνα, Δεκ. 2010

Αποτίμηση σεισμικής τρωτότητας

- **Τρωτότητα** κατασκευής = *βαθμός βλάβης* της κατασκευής για δεδομένη σεισμική δράση (π.χ. μακροσεισμική ένταση I ή επιτάχυνση a_g) $V = pr(D \geq d \mid A)$
- Αν η *τρωτότητα (vulnerability)* V συνδυαστεί με τη *σεισμική* ***επικινδυνότητα*** *(hazard)* H (δηλ. πιθανότητα υπέρβασης μιας στάθμης της σεισμικής δράσης) και η τιμή H × V υπολογιστεί για όλα τα *υπό διακινδύνευση στοιχεία* (κατασκευές, πληθυσμός, οικονομική δραστηριότητα) σε μια περιοχή,

→ προκύπτει η ***διακινδύνευση*** (ή σεισμικός *κίνδυνος* – seismic risk)

→ ***Διακινδύνευση*** *για ένα συγκεκριμένο* ***«στοιχείο»*** *(π.χ. κτίρια) που εκτίθεται στη σεισμική δράση*

SR = H × V × SL ***όπου SL η (οικονομική) απώλεια για το συγκεκριμένο στοιχείο***

- Συνολική διακινδύνευση ***R = Σ(SR)***
- Η τρωτότητα των δομικών συστημάτων μπορεί να εκτιμηθεί με τα συνήθη εργαλεία του μηχανικού (ανάλυση – πείραμα)
- Η τρωτότητα των πληθυσμών (τραυματισμοί, θάνατοι) και των οικονομικών δραστηριοτήτων, υπηρεσιών, κλπ. μπορεί να αντιμετωπιστεί με *στατιστικές* μεθόδους

Κατηγορίες μεθόδων αποτίμησης σεισμικής τρωτότητας

- Εμπειρικές
  - Μέθοδοι ταξινόμησης
  - Μέθοδοι αξιολόγησης (μέθοδοι ερωτηματολογίου)
- Αναλυτικές, π.χ.
  - Με βάση τις δυνάμεις
  - Με βάση τις μετακινήσεις
- Πειραματικές
  - Εργαστηριακές δοκιμές
  - Επιτόπου δοκιμές

Η επιλογή μεθόδου εξαρτάται από το ***σκοπό*** της αποτίμησης και τα διαθέσιμα ***μέσα***

- Για αποτίμηση σεισμικών απωλειών («σενάρια») σε πολεοδομικά συγκροτήματα:

  → *Εμπειρικές (ταξινόμησης)*

  (όχι για μνημεία…)
- Για καθορισμό προτεραιοτήτων ενίσχυσης:

  → *Εμπειρικές (*ερωτηματολογίου*)*
- Για μελέτες ενίσχυσης μεμονωμένων κτιρίων:

  → *Αναλυτικές (+επιτόπου δοκιμές)*

Εμπειρικές μέθοδοι ταξινόμησης

- *Κοινό χαρακτηριστικό*: Μετά από επιτόπου εξέταση ή/και μελέτη αρχείων – βάσεων δεδομένων (π.χ. ΕΣΥΕ, Πολεοδομίας, Δήμων) τα κτίρια κατατάσσονται σε κατηγορίες (ταξινομούνται) με βάση:
  - Φέροντα οργανισμό (κυρίως το σύστημα παραλαβής σεισμικών δυνάμεων)
  - Υλικά κατασκευής
  - Έτος ανέγερσης (⇔ ηλικία, κανονισμοί, κατασκευαστικές πρακτικές)
  - Θεμελιώδη ιδιοπερίοδο (ή, συνήθως, το *ύψος* τους)

Υφιστάμενα *συστήματα ταξινόμησης* κτιρίων:

- ATC (1985) [Αμερικανικός Οργανισμός Εφηρμοσμένης Τεχνολογίας]: 40 τύποι κτιρίων και 38 τύποι μη-κτιριακών κατασκευών (γέφυρες, αγωγοί, σήραγγες, κλπ.)
- UNDP/UNIDO (1985) [Υπηρεσίες ΟΗΕ] – Για τα κτίρια στις Βαλκανικές χώρες: 15 βασικοί τύποι κτιρίων (βάσει υλικού κατασκευής και στατικού συστήματος), με υποδιαιρέσεις του κάθε τύπου προκύπτει σύνολο 71 κατηγορίες (χωρίς επιρροή ύψους, κανονισμού)!
- RISK-UE [πρόγραμμα της ΕΕ]: 23 βασικοί τύποι
  → 65 βάσει και ύψους → $\leq 4 \times 65$ βάσει κανονισμών!

→ Για κάθε τύπο κτιρίου πρέπει να οριστεί ένα *μέτρο της σεισμικής βλάβης* → *π.χ.* ***Μητρώα Βλάβης***

Υλικό και δομικό σύστημα	Αριθμός ορόφων
Άοπλη τοιχοποιία (φέροντες τοίχοι)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους)
Άοπλη τοιχοποιία σε συνδυασμό με πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Τοιχώματα από Ο/Σ σε συνδυασμό με πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Τοιχώματα από Ο/Σ χωρίς (κύρια) πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Τοιχώματα από οπλισμένη τοιχοποιία (ΟΤ) χωρίς (κύρια) πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Τοιχώματα από ΟΤ σε συνδυασμό με πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)

Ταξινόμηση κτιρίων κατά ATC (1)

Χαλύβδινα πλαίσια με δικτυωτούς συνδέσμους	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Χαλύβδινα πλαίσια με 'στερεούς' (συγκολλητούς) κόμβους (περιμετρικά πλαίσια)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Χαλύβδινα πλαίσια με 'στερεούς' κόμβους ('κατανεμημένα' πλαίσια)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Πλάστιμα πλαίσια από Ο/Σ ('κατανεμημένα' πλαίσια)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Μη-πλάστιμα πλαίσια από Ο/Σ ('κατανεμημένα' πλαίσια)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Προκατασκευή από Ο/Σ (πλην των λυομένων)	χαμηλά (1-3 ορόφους) μέσου ύψους (4-7 ορόφους) ψηλά (≥8 ορόφους)
Λυόμενα (συναρμολογούμενα) κτίρια	χαμηλά (1-3 ορόφους)
Ξύλινα πλαίσια	χαμηλά (1-3 ορόφους)

Ταξινόμηση κτιρίων κατά ATC (2)

1ο ψηφίο	2ο ψηφίο	3ο ψηφίο
1 = τοιχοποιία	1 = χωρίς διαζώματα 2 = οριζόντια διαζώματα 3 = οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα, χωρίς συνδέσμους 4 = πατώματα ή στέγη Ο/Σ	1 = πηλός 2 = λίθοι χωρίς κονίαμα 3 = λίθοι με κονίαμα 4 – τούβλα χωρίς οπές 5 = τούβλα με οπές 6 = Τσιμεντόλιθοι 7 = Άσπλο σκυρόδεμα
2 = οπλισμένο σκυρόδεμα	1 = πλαίσιο χυτό επιτόπου 2 = τοιχώματα χυτά επιτόπου 3 = προκατασκευή 4 = μικτό (Ο/Σ+ τοιχοποιία) 5 = μικτό (Ο/Σ+χάλυβας)	1 = με ελαφρά διαχωριστικά 2 = με τοιχοπληρώσεις - τούβλα χωρίς οπές 3 = με τοιχοπληρώσεις - τούβλα με οπές 4 = με τοιχοπληρώσεις από τσιμεντόλιθους
3 = χάλυβας	1 = βαρύ μεταλλικό πλαίσιο 2 = ελαφρύ μεταλλικό πλαίσιο 3 = μικτό με τοιχοποιία ή Ο/Σ	1 = με ελαφρά διαχωριστικά 2 = με τοιχοπληρώσεις - τούβλα χωρίς οπές 3 = με τοιχοπληρώσεις - τούβλα με οπές
4 = ξύλο	1 = ξύλινο πλαίσιο 2 = bagdadi	

Ταξινόμηση κτιρίων κατά UNIDO/UNDP (1985)

No.	Label	Description	Height classes: Name	Height classes: No. of Stories	Height classes: Height Range (m
1	M11L	Rubble stone, fieldstone	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
2	M11M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
3	M12L	Simple stone	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
4	M12M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
5	M12H		High-Rise	6+	> 15
6	M13L	Massive stone	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
7	M13M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
8	M13H		High-Rise	6+	> 15
9	M2L	Adobe	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
10	M31L	Wooden slabs URM	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
11	M31M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
12	M31H		High-Rise	6+	> 15
13	M32L	Masonry vaults URM	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
14	M32M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
15	M32H		High-Rise	6+	> 15
16	M33L	Composite slabs URM	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
17	M33M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
18	M33H		High-Rise	6+	> 15
19	M34L	RC slabs URM	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
20	M34M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
21	M34H		High-Rise	6+	> 15

Ταξινόμηση κτιρίων κατά RISK-UE (2003)

No.	Label	Description	Name	Height classes No. of Stories	Height Range (m)
22	M4L	Reinforced or confined masonry	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
23	M4M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
24	M4H		High-Rise	6+	> 15
25	M5L	Overall strengthened masonry	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
26	M5M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
27	M5H		High-Rise	6+	> 15
28	RC1L	RC moment frames	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
29	RC1M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
30	RC1H		High-Rise	6+	> 15
31	RC2L	RC shear walls	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
32	RC2M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
32	RC2H		High-Rise	6+	> 15
34	RC31L	Regularly infilled RC frames	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
35	RC31M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
36	RC31H		High-Rise	6+	> 15
37	RC32L	Irregular RC frames	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
38	RC32M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
39	RC32H		High-Rise	6+	> 15

Ταξινόμηση κτιρίων κατά RISK-UE (2003) – συνέχεια

No.	Label	Description	Name	Height classes No. of Stories	Height Range (m)
40	RC4L	RC dual systems	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
41	RC4M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
42	RC4H		High-Rise	6+	> 15
43	RC5L	Precast concrete tilt-up walls	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
44	RC5M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
45	RC5H		High-Rise	6+	> 15
46	RC6L	Precast concrete frames with concrete shear walls	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
47	RC6M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
48	RC6H		High-Rise	6+	> 15
49	S1L	Steel moment frames	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
50	S1M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
51	S1H		High-Rise	6+	> 15
52	S2L	Steel braced frames	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
53	S2M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
54	S2H		High-Rise	6+	> 15
55	S3L	Steel frames with URM infill walls	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
56	S3M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
57	S3H		High-Rise	6+	> 15
58	S4L	Steel frames with cast-in-place concrete shear walls	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
59	S4M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
60	S4H		High-Rise	6+	> 15
61	S5L	Steel and RC composite systems	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
62	S5M		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15
63	S5H		High-Rise	6+	> 15
64	WL	Wooden structures	Low-Rise	1 – 2	≤ 6
65	WM		Mid-Rise	3 – 5	6 – 15

Ταξινόμηση κτιρίων κατά RISK-UE

Μητρώα Πιθανότητας Βλάβης (ΜΠΒ)

Γενική μορφή ενός ΜΠΒ:

Επίπεδο Βλάβης	Εύρος Δείκτη Βλάβης	Κεντρικός Δείκτης Βλάβης	Πιθανότητα εμφάνισης ενός συγκεκριμένου επιπέδου βλάβης σε ένα κτίριο όταν αυτό υπόκειται σε σεισμό συγκεκριμένης έντασης						
			VI	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
1.	0	0.0	$P_{0.0}^{VI}$	$P_{0.0}^{VII}$	$P_{0.0}^{VIII}$	$P_{0.0}^{IX}$	$P_{0.0}^{X}$	$P_{0.0}^{XI}$	$P_{0.0}^{XII}$
2.	0-1	0.5	$P_{0.5}^{VI}$	$P_{0.5}^{VII}$	$P_{0.5}^{VIII}$	$P_{0.5}^{IX}$	$P_{0.5}^{X}$	$P_{0.5}^{XI}$	$P_{0.5}^{XII}$
3.	1-10	5.0	$P_{5.0}^{VI}$	$P_{5.0}^{VII}$	$P_{5.0}^{VIII}$	$P_{5.0}^{IX}$	$P_{5.0}^{X}$	$P_{5.0}^{XI}$	$P_{5.0}^{XII}$
4.	10-30	20.0	$P_{20.0}^{VI}$	$P_{20.0}^{VII}$	$P_{20.0}^{VIII}$	$P_{20.0}^{IX}$	$P_{20.0}^{X}$	$P_{20.0}^{XI}$	$P_{20.0}^{XII}$
5.	30-60	45.0	$P_{45.0}^{VI}$	$P_{45.0}^{VII}$	$P_{45.0}^{VIII}$	$P_{45.0}^{IX}$	$P_{45.0}^{X}$	$P_{45.0}^{XI}$	$P_{45.0}^{XII}$
6.	60-100	80.0	$P_{80.0}^{VI}$	$P_{80.0}^{VII}$	$P_{80.0}^{VIII}$	$P_{80.0}^{IX}$	$P_{80.0}^{X}$	$P_{80.0}^{XI}$	$P_{80.0}^{XII}$
7.	100	100.0	$P_{100.0}^{VI}$	$P_{100.0}^{VII}$	$P_{100.0}^{VIII}$	$P_{100.0}^{IX}$	$P_{100.0}^{X}$	$P_{100.0}^{XI}$	$P_{100.0}^{XII}$
MDF (μέσος δείκτης βλάβης)			MDF^{VI}	MDF^{VII}	MDF^{VII}	MDF^{IX}	MDF^{X}	MDF^{XI}	MDF^{XII}

Περιγραφή σταθμών βλάβης (για κτίρια από τοιχοποιία και Ο/Σ) στη μακροσεισμική κλίμακα εντάσεων (MSK)

Damage Grade	Masonry Buildings	R/C Buildings
D1-Slight	Hairline cracks	Panels cracked (Non-structural)
D2-Moderate	Cracks 0.5-2cm	Structural Cracks <1cm
D3-Heavy	Cracks >2cm. or wall material dislodged	Heavy damage to structural members, loss of concrete
D4-Partial Destruction	Complete collapse of individual wall or roof support	Complete collapse of individual structural member or major deflection of structure
D5-Collapse		Failure of structural members to allow fall of slabs.

Μέθοδοι κατάστρωσης ΜΠΒ

- Με βάση την «έμπειρη κρίση» (expert judgement), π.χ. μητρώα ATC-13:
  - διανομή ερωτηματολογίων σε 80 έμπειρους μηχανικούς, για να εκτιμήσουν τη χαμηλότερη, μέση, και υψηλότερη αναμενόμενη τιμή του δείκτη βλάβης για κάθε τύπο κατασκευής και δεδομένη I_{MM}
  - καθορισμός συναρτήσεων κατανομής πιθανότητας τύπου β για κάθε τύπο κατασκευής και κάθε ένταση, και κατάστρωση αντίστοιχων ΜΠΒ
- Με ποσοτικοποίηση (χρήση fuzzy set theory) των ορισμών της μακροσεισμικής κλίμακας, π.χ. EMS 98

Μέθοδοι κατάστρωσης ΜΠΒ (συνέχεια)

- Με βάση στατιστικά στοιχεία παλιότερων σεισμών (βλάβη – I_{MM})
  - π.χ. Braga et al. (1982) από σεισμό Irpinia (1980), για κτίρια από τοιχοποιία
  - Kappos et al. (1995, 1998) από σεισμό Θεσσαλονίκης (1978) για κτίρια Ο/Σ
- Με συνδυασμό στατιστικών και αναλυτικών μεθόδων
  - συνήθως τα στατιστικά στοιχεία καλύπτουν (επαρκώς) μόνο 1-2 εντάσεις (και όχι όλους τους τύπους κτιρίων)
  - κατάστρωση ορισμένων στηλών των ΜΠΒ βάσει στατιστικών στοιχείων, και των υπολοίπων βάσει ανελαστικών αναλύσεων που εκτιμούν το βαθμό βλάβης

    → μέθοδος Ερευν. Ομάδας ΑΠΘ

Μητρώα Πιθανότητας Βλάβης (ATC-13) για κτίρια Ο/Σ με μη-πλάστιμα πλαίσια, μέσου ύψους (4-7 ορόφους)

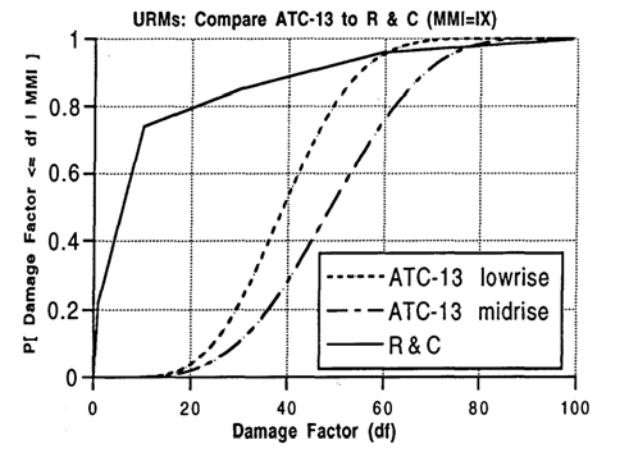
CDF	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.0	0.3						
0.5	30.9	0.3					
5.0	68.8	96.9	33.6	1.9	0.2		
20.0		2.8	65.7	65.1	30.8	3.6	0.5
45.0			0.7	33.0	67.7	70.0	27.9
80.0					1.3	26.4	71.2
100.0							0.4
MDF	3.6	5.4	15.1	28.0	37.7	53.3	70.0

Καμπύλες τρωτότητας

- Μπορεί να προκύψουν από τα ΜΠΒ, υπολογίζοντας τη σωρευτική
  - πιθανότητα για δεδομένη ένταση (I), η βλάβη να είναι ≥ από μια στάθμη (df) → καμπύλη df – p(DF≥df | I)
  - πιθανότητα υπέρβασης μιας τιμής του δείκτη βλάβης DF=df, για κάθε ένταση I, π.χ. για κανονική λογαριθμική συνάρτηση πιθανότητας

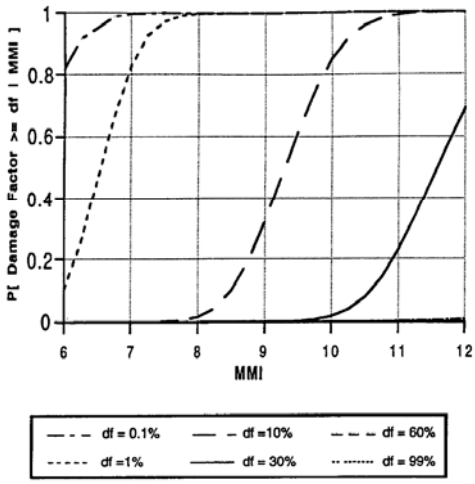
    → καμπύλη I – p(DF≥df | I) (1 καμπύλη ανά στάθμη βλάβης)
  - μπορεί να προσαρμοστεί σ'αυτήν μια σωρευτική κατανομή (CDF)

$$P[DF \geq df \mid I] = \int_0^I \frac{1}{I\ \sigma_x\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln I - m_x}{\sigma_x}\right)^2\right] dI$$



Σύγκριση στατιστικών δεδομένων βλάβης (καμπύλη "R&C") για κτίρια από **άοπλη τοιχοποιία** με τις αντίστοιχες καμπύλες df – p(DF≤df|I) βάσει των ΜΠΒ του ATC -13, για ένταση IX

Καμπύλες τρωτότητας I – p(DF≥df|I) [κατά ATC-13] και αντίστοιχες τιμές παραμέτρων για χαμηλά κτίρια Ο/Σ με μικτό σύστημα πλαισίων-τοιχωμάτων

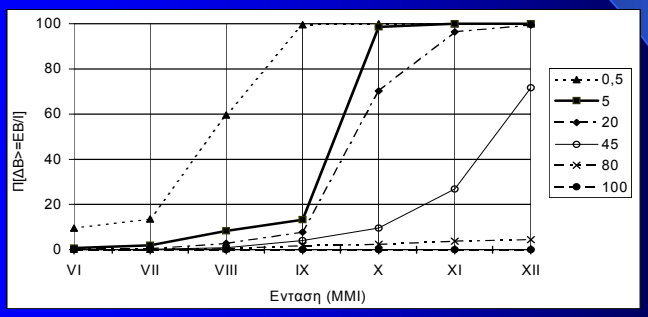


Parameters of Lognormal Distributions for Fragility Curves for Building Class 3

Damage Factor (%)	Median of Ln(MMI)	Standard Deviation of Ln(MMI)
0.1	1.71	0.0898
1	1.88	0.07
10	2.23	0.07
30	2.45	0.0699
60	2.84	0.15
99	2.84	0.15

ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΜΕΝΑ (4 – 7 ΟΡΟΦΟΙ)							
CDF	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0.50	90,50	86,51	40,42	0,48	0,00	0,00	0,00
5.00	8,76	11,49	51,34	86,21	1,40	0,00	0,00
20.00	0,61	1,65	5,51	5,51	28,30	3,60	0,50
45.00	0,13	0,22	1,86	3,82	60,70	69,50	27,90
80.00	0,00	0,13	0,39	2,21	7,30	23,10	67,20
100.00	0,00	0,00	0,48	1,78	2,30	3,80	4,40
MDF	1,07	1,54	5,50	10,68	41,18	54,27	70,81

για λογιστικούς λόγους (υβριδι-κή μέθοδος)



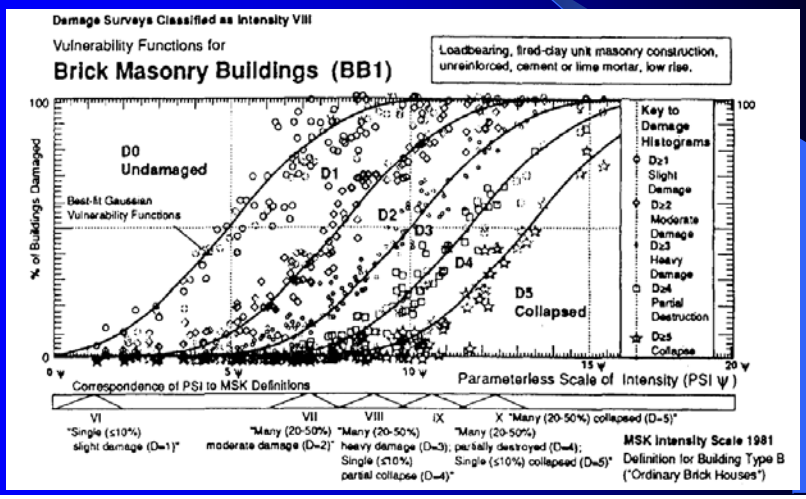
[Κάππος και συνεργ. 2000]

Καμπύλες τρωτότητας (I – p(DF≥df | I), βάσει ΚΔΒ, για κτίρια μέσου ύψους κανονικά τοιχοπληρωμένα σύμφωνα με Κ.Ο.Σ. 1959

Κρίσιμα σημεία:

- Σημειώνεται ότι η ένταση (MMI) δεν είναι συνεχές μέγεθος!
- Προτιμότερες οι καμπύλες συναρτήσει a_g, ή (καλύτερα) συναρτήσει φασματικών μεγεθών (S_a, S_d), αλλά τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία (για απευθείας παραγωγή καμπυλών) είναι σπανιότερα….
- Οι καμπύλες συναρτήσει a_g προκύπτουν εύκολα (αλλά με μεγάλο COV!…) από τις αντίστοιχες συναρτήσει I, αν χρησιμοποιηθούν οι εμπειρικές συσχετίσεις, π.χ. $\ln(a_g) = 0.74I+0.03$ [ΙΤΣΑΚ 1998]

- Στατιστική επεξεργασία βάσεων δεδομένων σεισμικών βλαβών, βάσει της προσέγγισης της «σχετικής τρωτότητας»
  → Η κλίμακα μακροσεισμικής έντασης βασίζεται στη βλάβη που παρουσιάζουν τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία
  [Univ. of Cambridge: Spence, Coburn, Pomonis]



'Άμεσος' υπολογισμός των καμπυλών τρωτότητας

- Θεωρείται λογαριθμοκανονική κατανομή (2 παράμετροι)

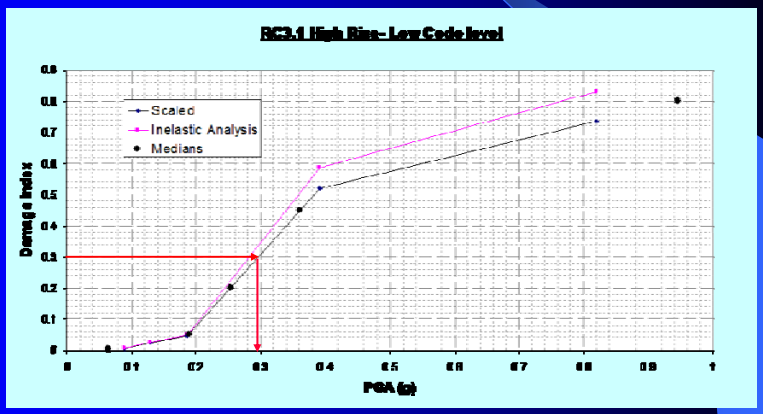
$$P[ds \geq ds_i / PGA] = \Phi[\frac{1}{\beta_{ds_i}} \ln(\frac{PGA}{\overline{PGA}, ds_i})]$$

- Ορίζονται οι στάθμες βλάβης, π.χ. 5+1 (DS0 ως DS5), συναρτήσει του δείκτη βλάβης D (δομικού ή οικονομικού)
- Υπολογίζεται η σχέση (σεισμικής έντασης) – (δείκτη βλάβης), π.χ. D (ή L) – a_g, με εμπειρικό (στατιστικά στοιχεία), αναλυτικό (π.χ. ανελαστική ανάλυση), ή και υβριδικό (συνδυασμός των προηγούμενων) τρόπο.
- Από τη σχέση D – a_g και τους ορισμούς των σταθμών βλάβης προκύπτουν οι τιμές a_g που ορίζουν το 'κατώφλι' κάθε στάθμης
- Εκτιμάται η συνολική διασπορά $\beta \approx (\beta_D^2 + \beta_C^2 + \beta_{ds}^2)^{1/2}$ και χαράσσονται οι καμπύλες τρωτότητας

Μέσες τιμές για κάθε στάθμη βλάβης

- καθορισμός των τιμών a_g (PGA) που ορίζουν το 'κατώφλι' κάθε στάθμης βλάβης από τη σχέση L – a_g ('πρωτογενής καμπύλη τρωτότητας')

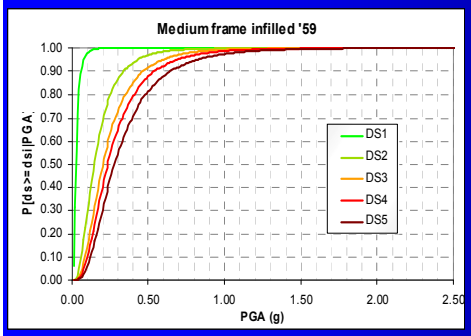
π.χ. DS4 (L_o=30%)

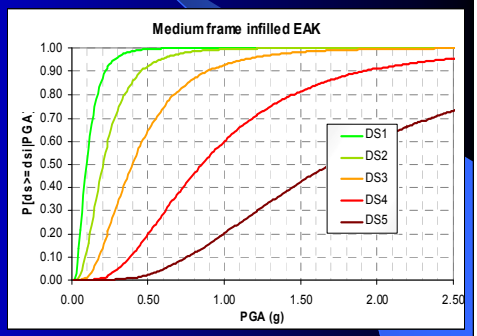


Διασπορά στη λογαριθμοκανονική κατανομή

- Αβεβαιότητα στη *σεισμική απαίτηση*: υπολογίζεται από τη διασπορά των αποτελεσμάτων των ανελαστικών δυναμικών αναλύσεων που γίνονται για έναν επαρκή αριθμό επιταχυνσιογραφημάτων για κάθε θεωρούμενη στάθμη PGA
- Αβεβαιότητα στη *διαθέσιμη απόκριση*
  - για κτίρια παλιών κανονισμών β=0.3 (από Hazus)
  - για κτίρια ΕΑΚ ή παρόμοια β=0.25 (από Hazus)
- Αβεβαιότητα στον *ορισμό των σταθμών βλάβης*: για όλα τα κτίρια και όλες τις *στάθμες βλάβης*, β=0.4 (Hazus)
- Συνολική διασπορά: $\beta \approx (\beta_D^2 + \beta_C^2 + \beta_{ds}^2)^{1/2}$

Καμπύλες τρωτότητας για κτίρια Ο/Σ μέσου ύψους με τοιχοπληρωμένα πλαίσια
[Kappos et al. 2004]

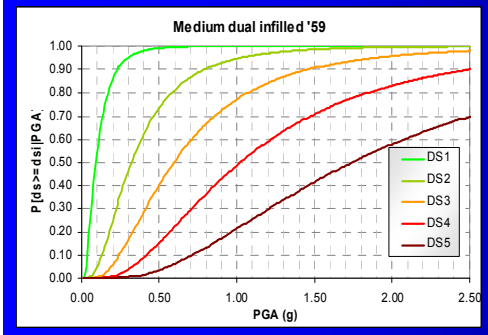


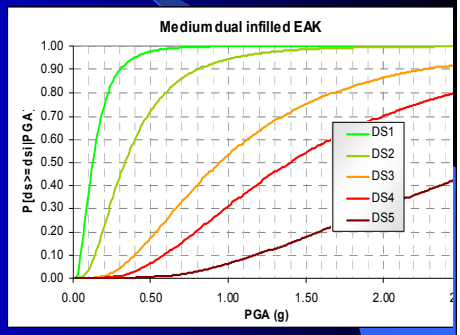


Παλιοί Κανονισμοί

Νέοι Κανονισμοί

Καμπύλες τρωτότητας για κτίρια Ο/Σ μέσου ύψους με διπλό σύστημα
[Kappos et al. 2004]





Παλιοί Κανονισμοί

Νέοι Κανονισμοί

Εμπειρικές μέθοδοι αξιολόγησης (μέθοδοι ερωτηματολογίου)

- Προϋποθέτουν τη συλλογή πιο λεπτομερών στοιχείων απ' ό,τι οι μέθοδοι ταξινόμησης

  → απαραίτητη η επιτόπου έρευνα (έλεγχος του κτιρίου)
- Η αξιολόγηση επικεντρώνεται στα κρίσιμα, από αντισεισμική άποψη, στοιχεία
- Τα αποτελέσματα της επιτόπου έρευνας συνοψίζονται με συμπλήρωση ερωτηματολογίου που πρέπει να έχει συνταχθεί με κατάλληλο τρόπο

- Κάθε χαρακτηριστικό του κτιρίου αξιολογείται με μια αντίστοιχη **βαθμολογία** ("σκορ") σε σχέση με την επάρκειά του από αντισεισμική άποψη,

  π.χ. "καλή-μεσαία-κακή" ή "1, 2, 3, 4, …".
- Οι επιμέρους βαθμολογίες αθροίζονται αφού σταθμισθούν με κατάλληλους *δείκτες βαρύτητας* και προκύπτει η τελική βαθμολογία του κτιρίου.
- Η βαθμολογία είναι ο καθοριστικός παράγοντας, με βάση τον οποίο θα αποφασισθεί αν το κτίριο
  - είναι σεισμικώς επαρκές, ή
  - απαιτείται αναλυτικότερη αποτίμηση (δοκιμές, αναλύσεις) για να βρεθεί καταπόσο χρειάζεται (προσεισμική) ενίσχυση και ποιά ενίσχυση είναι η καταλληλότερη.
- Υπάρχει ποικιλία απλών και συνθετότερων μεθόδων ερωτηματολογίου

Ιταλική εμπειρική μέθοδος αξιολόγησης (GNDT)

- Εφαρμόζονται **τρία** επίπεδα ελέγχου:
  - Ταχύς οπτικός έλεγχος για χονδρική εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης
  - Εκτίμηση τρωτότητας Επιπέδου Ι (σχετικά συνοπτικό ερωτηματολόγιο)
  - Εκτίμηση τρωτότητας Επιπέδου ΙΙ (εκτενές ερωτηματολόγιο)

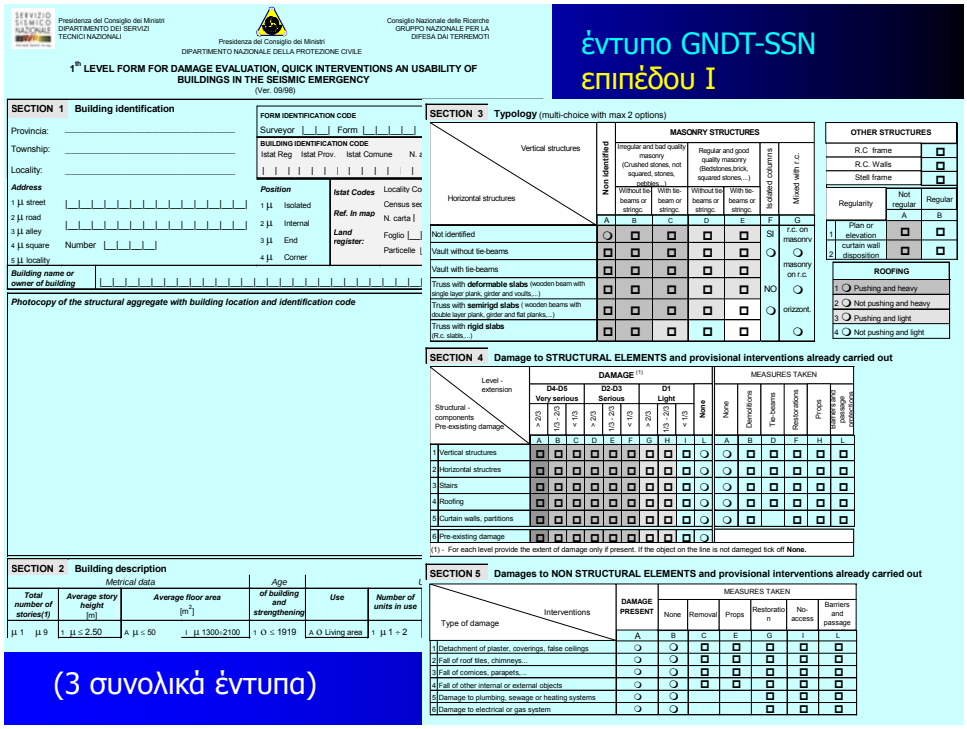
→ Η μέθοδος καλύπτει κτίρια από Ο/Σ, τοιχοποιία, και χάλυβα

- Εφαρμόστηκε κυρίως σε κτίρια από τοιχοποιία (δεν προσφέρονται για ανάλυση!)

- Η ποσότητα των δεδομένων που απαιτούνται για συμπλήρωση του ερωτηματολογίου (ιδιαίτερα του Επιπέδου ΙΙ) είναι σημαντική και απαιτεί εξειδίκευση του προσωπικού
- Μια διμελής ομάδα (τουλάχιστο ο ένας να είναι μηχανικός!) χρειάζεται περίπου μία μέρα ανά κτίριο (Επίπεδο ΙΙ), 60% του χρόνου πάει στην ετοιμασία της τεχνικής έκθεσης
- Σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να υπολογιστεί τελικά ο δείκτης τρωτότητας

  $V = f(C, D)$

  όπου C η 'αντοχή' και D η παράμετρος που συσχετίζει τη σεισμική ένταση με το βαθμό βλάβης, για δεδομένη κατηγορία κτιρίου



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO DEI SERVIZI TECNICI NAZIONALI

Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Consiglio Nazionale delle Ricerche
GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI

1th LEVEL FORM FOR DAMAGE EVALUATION, QUICK INTERVENTIONS AN USABILITY OF BUILDINGS IN THE SEISMIC EMERGENCY
(Ver. 09/98)

SECTION 1 Building identification

Provincia:
Township:
Locality:
Address
1 µ street
2 µ road
3 µ alley
4 µ square Number
5 µ locality
Building name or owner of building

FORM IDENTIFICATION CODE
Surveyor Form
BUILDING IDENTIFICATION CODE
Istat Reg Istat Prov. Istat Comune N.
Position
1 µ Isolated
2 µ Internal
3 µ End
4 µ Corner
Istat Codes Locality Co
Census sec
Ref. In map N. carta
Land register: Foglio
Particelle

Photocopy of the structural aggregate with building location and identification code

SECTION 2 Building description

Metrical data: Total number of stories(1)	Average story height [m]	Average floor area [m²]	Age of building and strengthening	Use	Number of units in use
µ 1 µ 9	1 µ ≤ 2.50	A µ ≤ 50	1 µ 1300÷2100	1 O ≤ 1919	A O Living area 1 µ 1 ÷ 2

SECTION 3 Typology (multi-choice with max 2 options)

Vertical structures / Horizontal structures	Non identified	MASONRY STRUCTURES: Irregular and bad quality masonry (Crushed stones, not squared, stones, pebbles...) – Without tie beams or stringc.	Irregular and bad quality masonry – With tie-beam or stringc.	Regular and good quality masonry (Bedstones,brick, squared stones,...) – Without tie beams or stringc.	Regular and good quality masonry – With tie-beams or stringc.	Isolated columns	Mixed with r.c.
	A	B	C	D	E	F	G
Not identified	❍	☐	☐	☐	☐	SI	r.c. on masonry
Vault without tie-beams	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍ masonry on r.c.
Vault with tie-beams	☐	☐	☐	☐	☐		
Truss with **deformable slabs** (wooden beam with single layer plank, girder and vaults,...)	☐	☐	☐	☐	☐	NO	❍
Truss with **semirigid slabs** (wooden beams with double layer plank, girder and flat planks,...)	☐	☐	☐	☐	☐	❍	orizzont.
Truss with **rigid slabs** (R.c. slabs,...)	☐	☐	☐	☐	☐		❍

OTHER STRUCTURES	
R.C. frame	☐
R.C. Walls	☐
Stell frame	☐

Regularity		Not regular	Regular
		A	B
1	Plan or elevation	☐	☐
2	curtain wall disposition	☐	☐

ROOFING
1 ❍ Pushing and heavy
2 ❍ Not pushing and heavy
3 ❍ Pushing and light
4 ❍ Not pushing and light

SECTION 4 Damage to STRUCTURAL ELEMENTS and provisional interventions already carried out

Structural - components Pre-existing damage / Level - extension	DAMAGE (1): D4-D5 Very serious > 2/3	D4-D5 1/3 -2/3	D4-D5 < 1/3	D2-D3 Serious > 2/3	D2-D3 1/3 -2/3	D2-D3 < 1/3	D1 Light > 2/3	D1 1/3 -2/3	D1 < 1/3	None	MEASURES TAKEN: None	Demolitions	Tie-beams	Restorations	Props	Barriers and passage / Usability under control
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	A	B	D	F	H	L
1 Vertical structures	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
2 Horizontal structres	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
3 Stairs	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
4 Roofing	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
5 Curtain walls, partitions	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍	☐		☐	☐	☐
6 Pre-existing damage	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	❍						

(1) - For each level provide the extent of damage only if present. If the object on the line is not damaged tick off **None.**

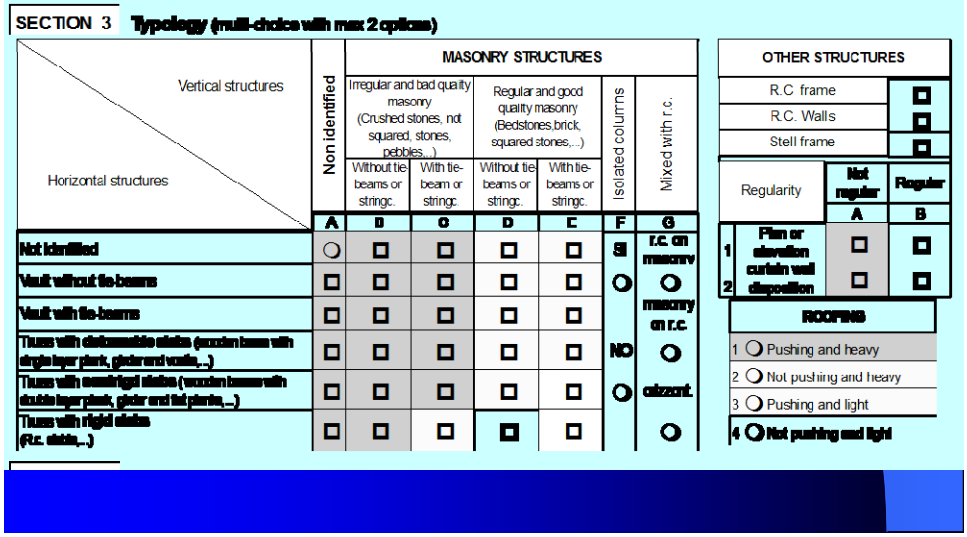
SECTION 5 Damages to NON STRUCTURAL ELEMENTS and provisional interventions already carried out

Type of damage / Interventions	DAMAGE PRESENT	MEASURES TAKEN: None	Removal	Props	Restoration	No-access	Barriers and passage
	A	B	C	E	G	I	L
1 Detachment of plaster, coverings, false ceilings	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
2 Fall of roof ties, chimneys...	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
3 Fall of cornices, parapets,...	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
4 Fall of other internal or external objects	❍	❍	☐	☐	☐	☐	☐
5 Damage to plumbing, sewage or heating systems	❍	❍			☐	☐	☐
6 Damage to electrical or gas system	❍	❍			☐	☐	☐

έντυπο GNDT-SSN επιπέδου I

(3 συνολικά έντυπα)

Τμήμα τυπολογικής ταξινόμησης του εντύπου Επιπέδου I του GNDT-SSN



SECTION 3 Typology (multi-choice with max 2 options)

Vertical structures / Horizontal structures	Non identified	MASONRY STRUCTURES: Irregular and bad quality masonry (Crushed stones, not squared, stones, pebbles...) – Without tie beams or stringc.	Irregular and bad quality masonry – With tie-beam or stringc.	Regular and good quality masonry (Bedstones,brick, squared stones,...) – Without tie beams or stringc.	Regular and good quality masonry – With tie-beams or stringc.	Isolated columns	Mixed with r.c.
	A	B	C	D	E	F	G
Not identified	❍	☐	☐	☐	☐	SI	r.c. on masonry
Vault without tie-beams	☐	☐	☐	☐	☐	❍	❍ masonry on r.c.
Vault with tie-beams	☐	☐	☐	☐	☐		
Truss with deformable slabs (wooden beam with single layer plank, girder and vaults,...)	☐	☐	☐	☐	☐	NO	❍
Truss with semirigid slabs (wooden beams with double layer plank, girder and flat planks,...)	☐	☐	☐	☐	☐	❍	orizzont.
Truss with rigid slabs (R.c. slabs,...)	☐	☐	☐	☐	☐		❍

OTHER STRUCTURES	
R.C frame	☐
R.C. Walls	☐
Stell frame	☐

Regularity		Not regular	Regular
		A	B
1	Plan or elevation	☐	☐
2	curtain wall disposition	☐	☐

ROOFING
1 ❍ Pushing and heavy
2 ❍ Not pushing and heavy
3 ❍ Pushing and light
4 ❍ Not pushing and light

Πρόταση Ο.Ε. ΟΑΣΠ (2000) για Δημόσια Κτίρια

- Υιοθέτηση θεσμικού πλαισίου ΗΠΑ (ΠΔ 1994) με κατάλληλη προσαρμογή
- ***1ο βήμα – Ταχύς Οπτικός Έλεγχος***: τύπου FEMA 154
  - «βαθμολόγηση» σεισμικής ικανότητας κτιρίων
  - βαθμός <2 → κτίριο μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ → περαιτέρω διερεύνηση!

- ***2ο βήμα – Προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας***: Κατά FEMA 178
  - Έλεγχοι για 85% των δράσεων του ΕΑΚ
  - Αν προκύψει μη-επάρκεια → περαιτέρω διερεύνηση (3ο βήμα)
- ***3ο βήμα – Μελέτη Αποκατάστασης***
  - Έλεγχοι κατά ΕΑΚ-ΕΚΟΣ για 85% των σεισμικών δράσεων και χαμηλά (…;) q
  - Δυνατότητα παρέκκλισης από ΕΑΚ, με έλεγχο παραμορφώσεων κατά FEMA 273
- Πρόταση θεσμικού πλαισίου (ΝΔ, ΠΔ ή Υπ. Απόφ.)
- **Εφαρμογή**: στον Προσεισμικό Έλεγχο των κτιρίων του ΑΠΘ (2004-5), <u>και για τις τρεις</u> φάσεις!

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΟΑΣΠ/ΑΠΘ)

ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – Α' ΦΑΣΗ

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. ΝΟΜΟΣ: _____
2. ΔΗΜΟΣ: _____
3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: _____
   ΤΚ _____ Τηλ. _____
4. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ: _____ 4α. ΚΤΙΡΙΟ: _____
5. ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ: _____
6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ: _____
7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ: _____
8. ΑΡΜΟΔΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ: _____
9. ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: _____
10. ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΑΘΡΟΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΜΕΧΡΙ 10 ☐ 10 – 100 ☐ > 100 ☐

ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

11. ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ: _____ ΥΠΟΓΕΙΩΝ: _____
12. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΤΟΨΗΣ: _____
13. ΟΛΙΚΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ: _____
14. ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: _____
15. ΕΤΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ: _____
16. ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ Η ΜΕΛΕΤΗ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ _____
17. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ Η ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ _____
18. ΕΧΕΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΕΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ _____
19. ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΕΙ / ΕΝΙΣΧΥΘΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ _____
20. ΑΝ ΝΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΠΟΤΕ: _____
21. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.-2000: Σ1 Σ2 Σ3 Σ4
22. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ: _____

23. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ:
    1. ΟΝΟΜΑ: _____ 2. ΟΝΟΜΑ: _____
    ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: _____ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: _____
24. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: _____

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ : ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

25. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ. - 2000

I ☐ II ☐ III ☐ IV ☐

26. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά το χρόνο μελέτης του Κτιρίου

Πριν το 1995 I ☐ II ☐ III ☐

Μετά το 1995 I ☐ II ☐ III ☐ IV ☐

27. Κατηγορία Εδάφους κατά Ε.Α.Κ. - 2000

Α ☐ Β ☐ Γ ☐ Δ ☐ Χ ☐

Άγνωστη κατηγορία εδάφους ☐

ΕΝΟΤΗΤΑ Δ : ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

28. Δομικός τύπος του κτιρίου
(Σύμφωνα με το συνημμένο πίνακα 1)

ΟΣ1 ☐ ΟΣ2 ☐ ΟΣ3 ☐ ΟΣ4 ☐ ΟΣ5 ☐ ΟΣ6 ☐ ΟΣ7 ☐

ΠΟΣ1 ☐ ΠΟΣ2 ☐

ΑΤ1 ☐ ΑΤ2 ☐ ΔΤ ☐ ΟΤ ☐ ΕΤ ☐

ΧΛ1α ☐ ΧΛ1β ☐ ΧΛ2α ☐ ΧΛ2β ☐

Δομικοί τύποι κτιρίων (ΟΑΣΠ/ΑΠΘ)

	ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΟΣ1	Κτίριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ2	Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ3	Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα και τοιχώματα επαρκή ώστε να απαλλάσσεται του Α/Σ υπολογισμού)	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
	ΟΣ4	Κτίριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985 Κ/Σ '54
	ΟΣ5	Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985 Κ/Σ '54
	ΟΣ6	Κτίριο με πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Α/Σ : ΝΕΑΚ Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ
	ΟΣ7	Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα και τοιχώματα)	Α/Σ : ΝΕΑΚ Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ
ΠΡΟΚΑΤ ΑΣΚΕΥΗ	ΠΟΣ1	Κτίρια με προκατασκευασμένο πλαισιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	
	ΠΟΣ2	Κτίρια με προκατασκευασμένα τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος	

ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	ΑΤ1	Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), χωρίς διαζώματα ή διαφράγματα, με ξύλινη στέγη	
	ΑΤ2	Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, με διαφράγματα (πατώματα) από ΟΣ	
	ΔΤ	Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), με διαζώματα και διαφράγματα από ΟΣ	
	ΟΤ	Κτίρια με φέρουσα οπλισμένη τοιχοποιία, κυρίως από σύγχρονου τύπου τοιχοσώματα, με διάσπαρτο οπλισμό (οριζοντίως και κατακορύφως), με διαφράγματα και ίσως και πρόσθετα διαζώματα από ΟΣ	
	ΕΤ	Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, επισκευασμένα και ενισχυμένα με διαζώματα, διαφράγματα και κατάλληλα συνδεδεμένους και θεμελιωμένους ελαφρούς μανδύες από ΟΣ, μονόπλευρους και αμφίπλευρους	
	Σημείωση: 1. Ως διαζώματα νοούνται οριζόντια <u>και</u> κατακόρυφα στοιχεία από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με ισχυρούς κόμβους στις συναντήσεις τους, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις και κανονιστικές απαιτήσεις/διατάξεις για διαζωματική/περισφιγμένη τοιχοποιία. 2. Ως διαφράγματα νοούνται ελαφρές συνεχείς πλάκες από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με το πλέγμα των οριζοντίων και κατακόρυφων διαζωμάτων, χωρίς μεγάλες τρύπες.		
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΧΛ1α	Μονόροφα βιομηχανικά κτίρια	Α/Σ 1959, DIN 1050 (ή άλλος ξένος κανονισμός)
	ΧΛ1β		ΝΕΑΚ Ευρωκώδικας 3
	ΧΛ2α	Πολυώροφα μεταλλικά κτίρια ως χωρικά πλαίσια ή/και με κατακόρυφους μεταλλικούς συνδέσμους	Α/Σ 1959, DIN 1050 (ή άλλος ξένος κανονισμός)
	ΧΛ2β		ΝΕΑΚ Ευρωκώδικας 3
	<u>Παρατήρηση:</u> Για μεταλλικά κτίρια με τοιχώματα ή/και πυρήνες από σκυρόδεμα ισχύουν τα αντίστοιχα των τοιχωματικών κτιρίων από σκυρόδεμα.		

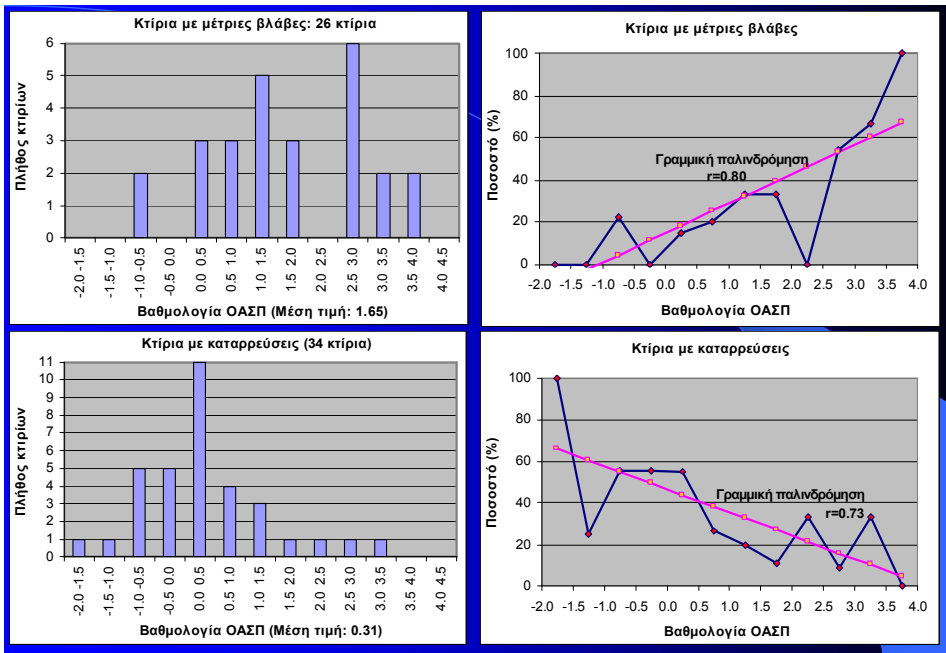
ΕΝΟΤΗΤΑ Ε : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

(Σημειώστε με Χ τις θετικές απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα)

29. Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό ☐
30. Έχει αλλάξει η σπουδαιότητα λόγω αλλαγής της χρήσης → διακινδύνευση! ☐
31. Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις ☐
32. Κακή κατάσταση λόγω ελλιπούς συντήρησης / κακοτεχνιών ☐
33. Κίνδυνος κρούσης με γειτονικά κτίρια ☐
34. Μαλακός όροφος ☐
35. Μη κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη ☐
36. Μεγάλο ύψος ☐
37. Μη κανονικότητα καθ' ύψος ☐
38. Οριζόντια μη κανονικότητα ☐
39. Ενδεχόμενο στρέψης ☐
40. Κοντά υποστυλώματα ☐

	Δομικός Τύπος (Πίνακας 1)	Αρχική Βαθμολογία (ΑΒΣΚ)	Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I	II	III/IV	Βασικά Δομικά Χαρακτηριστικά: PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα	Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης	Βασική Βαθμολογία (ΒΒΣΚ)
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΟΣ1	3,0	0	-0,5	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5	-1,5	0,5	
	ΟΣ3	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,0	-	
	ΟΣ4	4,0	0	-1,0	-1,5	-1,5	05	
	ΟΣ5	4,0	0	-1,0	-1,5	-0,5	05	
	ΟΣ6	5,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
	ΟΣ7	5,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
ΠΡΟΚΑΤ ΑΣΚΕΥΗ	ΠΟΣ1	2,0	0	-0,5	-1,0	-0,5	-	
	ΠΟΣ2	3,5	0	-1,0	-1,5	-	-	
ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ	ΑΤ1	2,5	0	-0,5	-1,5	-	-	
	ΑΤ2	3,0	0	-0,5	-1,0			
	ΔΤ	3,5	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΟΤ	4,0	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΕΤ	3,5	0	-0,5	-1,0	-	-	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΧΛ1α	7,0	0	-0,5	-1,0	-	-	
	ΧΛ1β	7,0	0	0	0			
	ΧΛ2α	4,0	0	-0,5	-1,0			
	ΧΛ2β	6,0	0	-0,5	-1,0			

Αρχική και βασική βαθμολογία σεισμικού κινδύνου δομικών τύπων



Βαθμονόμηση Δομικής Βαθμολογίας κατά τη μέθοδο ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ (2000) με δεδομένα σεισμού Αθήνας

Έντυπο ΟΣΚ: μη-δομικής τρωτότητας

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ Α.Ε.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ : 4^{ο} ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΚΗΦΙΣΙΑΣ (ΚΤΙΡΙΟ 2/4)

ΔΕΛΤΙΟ ΜΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

ΔΩΜΑ

Οριζόντια πλάκα Ο.Σ. ☐ κεκλιμένες πλάκες Ο.Σ. ☐
Στέγη με ψευδοροφή ☐ στέγη σε πλάκα Ο.Σ. ☐
Σε περίπτωση ψευδοροφής να γίνει αναφορά της κατασκευής της _____

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Οι εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης έχουν κατασκευασθεί από οπτοπλινθοδομές
Εμφανείς διαγώνιες ρωγμές στην επιφάνεια των τοίχων πλήρωσης ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εμφανίζονται κατακόρυφες αποκολλήσεις από τα φέροντα στοιχεία ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εμφανίζονται οριζόντιες αποκολλήσεις από τα φέροντα στοιχεία ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εάν υπάρχουν ρωγμές αυτές εμφανίζονται
Στην μία πλευρά των τοίχων πλήρωσης ☐ Και στις δύο πλευρές των τοίχων ☐
Σε μεμονωμένα σημεία ☐ Σε μικρή έκταση ☐ Σε μεγάλη έκταση ☐
Εύρος ρωγμών <1mm ☐ >1mm & <3mm ☐ >3mm ☐

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Οι εσωτερικοί τοίχοι πλήρωσης έχουν κατασκευασθεί από _____
Εμφανείς διαγώνιες ρωγμές στην επιφάνεια των τοίχων πλήρωσης ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εμφανίζονται κατακόρυφες αποκολλήσεις από τα φέροντα στοιχεία ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εμφανίζονται οριζόντιες αποκολλήσεις από τα φέροντα στοιχεία ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Εάν υπάρχουν ρωγμές αυτές εμφανίζονται
Στην μία πλευρά των τοίχων πλήρωσης ☐ Και στις δύο πλευρές των τοίχων ☐
Σε μεμονωμένα σημεία ☐ Σε μικρή έκταση ☐ Σε μεγάλη έκταση ☐
Εύρος ρωγμών <1mm ☐ >1mm & <3mm ☐ >3mm ☐

Έντυπο ΟΣΚ: μη-δομικής τρωτότητας (συνέχεια)

ΣΤΗΘΑΙΑ , ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΑ , ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ

Τα στηθαία είναι κατασκευασμένα από _____
Γενική κατάσταση των στηθαίων ΚΑΛΗ ☐ ΜΕΤΡΙΑ ☐ ΚΑΚΗ ☐
Η στήριξη των κιγκλιδωμάτων κρίνεται επαρκής ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Η στήριξη των καμινάδων κρίνεται επαρκής ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Διάφορα προσαρτήματα στο κτίριο είναι καλά στηριγμένα ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

ΠΑΡΑΘΥΡΑ , ΦΕΓΓΙΤΕΣ , ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ , ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ , ΕΠΙΠΛΑ

Τα τζάμια που χρησιμοποιούνται στα παράθυρα είναι ασφαλείας ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Τα τζάμια που χρησιμοποιούνται στους φεγγίτες είναι ασφαλείας ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Τα τζάμια που χρησιμοποιούνται στις πόρτες είναι ασφαλείας ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Οι φωτιστικές επιφάνειες στα κλιμακοστάσια έχουν κατασκευασθεί από :
σιδερένια υαλοστάσια ☐ υαλοστάσια αλουμινίου ☐
ξύλινα υαλοστάσια ☐ υαλότουβλα ☐
Στα υαλοστάσια κλιμακοστασίων τα τζάμια είναι ασφαλείας ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Τα φωτιστικά οροφής φαίνονται καλά στερεωμένα ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Οι πίνακες διδασκαλίας είναι καλά στερεωμένοι ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Τα έπιπλα και/ή τα περιεχόμενά τους είναι καλά στερεωμένα ώστε σε περίπτωση σεισμού να μην πέσουν ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Οι ντουλάπες που περιέχουν επικίνδυνα ή εύθραυστα υλικά είναι κατάλληλα στερεωμένες στο δάπεδο ή στον τοίχο (αίθουσες Χημείας) ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Οι σωληνώσεις είναι καλά στερεωμένες ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Οι αυτόματες πόρτες πυρασφάλειας είναι καλά στερεωμένες ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
Τα εξωτερικά φωτιστικά φαίνονται καλά στερεωμένα στο κτίριο ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Χώρος για προβλήματα που εντοπίσατε και δεν καλύπτονται από το ερωτηματολόγιο καθώς και αν απαιτείται , κατά την γνώμη σας , άμεση παρέμβαση σε κάποιο σημείο.

Προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας (‘Φάση 2’)

- Επιτόπου επίσκεψη (επισκέψεις) στο κτίριο, οπτική αξιολόγηση, και διεξαγωγή μη-καταστροφικών ελέγχων αντοχών υλικών (π.χ. κρουσιμετρήσεων)
- Κατάταξη του αποτιμώμενου κτιρίου σε μια από τις υπάρχουσες κατηγορίες (↔ αντίστοιχο ερωτηματολόγιο)
- Διεξαγωγή επιμέρους αναλυτικών υπολογισμών για τον προσδιορισμό ορισμένων κρίσιμων μεγεθών (λογισμικό ΑΠΘ)
- Συμπλήρωση των εντύπων του προσεισμικού ελέγχου της Β΄ Φάσης
- Τελική αξιολόγηση των αδυναμιών του κτιρίου και σύνταξη της σχετικής έκθεσης

Συνήθεις τύποι κτηρίων

Κωδικός	Περιγραφή
C1	ΠΛΑΙΣΙΑ Ο/Σ
C2	ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ Ο/Σ ΜΕ ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ
C3	ΠΛΑΙΣΙΑ Ο/Σ ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ
PC	ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Ο/Σ
URM1	ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ
URM2	ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ

ΒΑΣΙΚΟ ΕΝΤΥΠΟ ΔΟΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ C1: ΠΛΑΙΣΙΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.

Για κάθε κριτήριο αποτίμησης πρέπει να σημειώνεται αν 'πληρούται' (Π), 'δεν πληρούται' (ΔΠ) ή 'δεν εφαρμόζεται' (ΔΕ) στην παρούσα φάση της αποτίμησης. Πλήρωση ενός κριτηρίου σημαίνει ότι το αντίστοιχο δομικό χαρακτηριστικό του κτηρίου πληροί τις απαιτήσεις του παρόντος ελέγχου, ενώ Μη-Πλήρωση ενός κριτηρίου σημαίνει ότι απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Ορισμένα κριτήρια μπορεί να μην έχουν εφαρμογή στα υπό αποτίμηση κτήρια (οπότε σημειώνεται ΔΕ). Για τα μη-πληρούμενα κριτήρια ο μελετητής μπορεί να επιλέξει περαιτέρω έρευνα χρησιμοποιώντας λεπτομερέστερες διαδικασίες αποτίμησης.

ΣΧΟΛΙΑ ΒΑΣΙΚΟΥ ΕΝΤΥΠΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ C1

Αυτά τα κτήρια συντίθενται από πλαίσια αποτελούμενα από υποστυλώματα και δοκούς χυτού επιτόπου σκυροδέματος. Τα πατώματα και η οροφή αποτελούνται από χυτές επιτόπου πλάκες σκυροδέματος, δοκούς σκυροδέματος, πλάκες με νευρώσεις κατά μία διεύθυνση, πλάκες με νευρώσεις κατά δύο διευθύνσεις ή μυκητοειδείς πλάκες. Οι σεισμικές δράσεις αναλαμβάνονται από πλαίσια σκυροδέματος τα οποία αναπτύσσουν δυσκαμψία έναντι οριζοντίων φορτίων μέσω μονολιθικών συνδέσεων δοκών και υποστυλωμάτων. Σε ορισμένα κτήρια, τα πλαίσια μπορεί να αποτελούνται από τα υποστυλώματα και τις συνεργαζόμενες λωρίδες των μυκητοειδών πλακών. Πλαίσια σε σύγχρονα κτήρια (μετά το 1985) διαθέτουν οπλισμό κόμβων, συνδετήρες σε μικρές αποστάσεις και ειδική κατασκευαστική διαμόρφωση ώστε να διασφαλίζεται πλάστιμη συμπεριφορά. Αυτή η διαμόρφωση δεν υπάρχει κατά κανόνα στις παλιότερες κατασκευές. Οι θεμελιώσεις αποτελούνται από μεμονωμένα πέδιλα (με ή χωρίς συνδετήριες δοκούς) πεδιλοδοκούς ή (σπανιότερα) βαθιές πασσαλοθεμελιώσεις.

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ: Το δομικό σύστημα περιλαμβάνει μία ολοκληρωμένη διαδρομή δυνάμεων σε κάθε οριζόντια διεύθυνση και καθιστά δυνατή τη μεταφορά των αδρανειακών δυνάμεων από τη μάζα της ανωδομής στη θεμελίωση.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΗΡΙΑ: Δεν υπάρχει παρακείμενο κτήριο σε απόσταση από το υπό αποτίμηση κτήριο μικρότερη από 4% του ύψους του χαμηλότερου κτηρίου.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΗΜΙΩΡΟΦΟΙ/ΠΙΑΤΑΡΙΑ: Τα πατάρια των ορόφων είτε στηρίζονται ανεξάρτητα από το κύριο δομικό σύστημα, είτε αγκυρώνονται στο κύριο σύστημα ανάληψης των οριζοντίων φορτίων.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΑΣΘΕΝΗΣ ΟΡΟΦΟΣ: Η αντοχή του συστήματος ανάληψης οριζοντίων δυνάμεων κάθε ορόφου δεν υπερβαίνει παραπάνω από 50% την αντοχή των παρακείμενων ορόφων. Εφαρμόζεται μόνο όταν στον ασθενέστερο από τους παρακείμενους ορόφους δεν πληρούται ο έλεγχος διατμητικών τάσεων.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΜΑΛΑΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ: Η πλευρική δυσκαμψία ενός ορόφου δεν είναι μικρότερη από το 70% της δυσκαμψίας του παρακείμενου ορόφου ή μικρότερη από το 80% της μέσης δυσκαμψίας των τριών παρακείμενων ορόφων άνω και κάτω του συγκεκριμένου.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ: Δεν υπάρχουν σημαντικές ακανονικότητες ως προς τη γεωμετρία. Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές π.χ. αλλαγή στην οριζόντια διάσταση του συστήματος παραλαβής οριζοντίων δυνάμεων μεγαλύτερη από 30% για έναν όροφο σε σχέση με τους γειτονικούς ορόφους με εξαίρεση μονώροφες σοφίτες.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ: Όλα τα στοιχεία του συστήματος ανάληψης οριζοντίων δυνάμεων είναι συνεχή μέχρι και τη θεμελίωση.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΜΑΖΑ: Δεν υπάρχουν σημαντικές ακανονικότητες ως προς τη μάζα. Δεν υπάρχει μεταβολή στη δρώσα μάζα μεγαλύτερη από 50% από τον έναν όροφο στον άλλον.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΣΤΡΕΨΗ: Η απόσταση ανάμεσα στο κέντρο δυσκαμψίας και το κέντρο μάζας του ορόφου δεν είναι μεγαλύτερη από το 20% του πλάτους του κτηρίου σε κάθε μία από τις κύριες διαστάσεις της κάτοψης.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ: Δεν υπάρχει ορατή αποσάθρωση του σκυροδέματος ή διάβρωση του χάλυβα των οπλισμών στα επιμέρους δομικά στοιχεία.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ: Δεν υπάρχει ένδειξη διάβρωσης ή αποφλοίωσης στις περιοχές αγκύρωσης των οπλισμών προέντασης. Δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σπειροειδείς αγκυρώσεις.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΤΗΤΑ: Ο αριθμός των πλαισίων σε κάθε κύρια διεύθυνση είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 2 για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία Ζωής» και τη στάθμη «Άμεση Χρήση». Ο αριθμός των φατνωμάτων κάθε πλαισίου είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 2.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ: Όλοι οι τοίχοι πλήρωσης που βρίσκονται εντός των φατνωμάτων των πλαισίων Ο/Σ είναι σε απόσταση από τα δομικά στοιχεία ή δεν δημιουργούν πρόβλημα κοντών υποστυλωμάτων.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ: Η διατμητική τάση των υποστυλωμάτων υπολογισμένη με τη γρήγορη διαδικασία του παρόντος ελέγχου είναι μικρότερη των 0.7MPa ή 0.17? f_c MPa.
Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΩΝ ΤΑΣΕΩΝ: Η ορθή τάση λόγω κατακόρυφων φορτίων των υποστυλωμάτων που αναλαμβάνουν σεισμικές δράσεις είναι μικρότερη του 0.10f_c. Εναλλακτικά οι ορθές τάσεις λόγω σεισμικών μόνο δράσεων υπολογισμένες με βάση τη γρήγορη διαδικασία του παρόντος ελέγχου είναι μικρότερες του 0.30f_c.

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Π	**ΔΠ**	**ΔΕ**	ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ Ο/Σ: Σε περιπτώσεις μη μονολιθικής σύνδεσης των υποστυλωμάτων με τη θεμελίωση, όλα τα υποστυλώματα αγκυρώνονται στη θεμελίωση για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία Ζωής» και τα στοιχεία αγκύρωσης είναι σε θέση να αναπτύσσουν την εφελκυστική αντοχή του οπλισμού των υποστυλωμάτων του φέροντος συστήματος για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση Χρήση»

Ως κρίσιμα (Κ) επιλέχθηκαν τα εξής κριτήρια:

1 ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ: Το κριτήριο αυτό θεωρείται ως κρίσιμο (Κ) σε κάθε περίπτωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα οι ελάχιστες περιπτώσεις κατάρρευσης οικοδομών από Ο/Σ συχνά συνδέονταν με την ανυπαρξία ενός σαφούς συστήματος ανάληψης των σεισμικών δράσεων (πλαίσια ή και τοιχώματα).

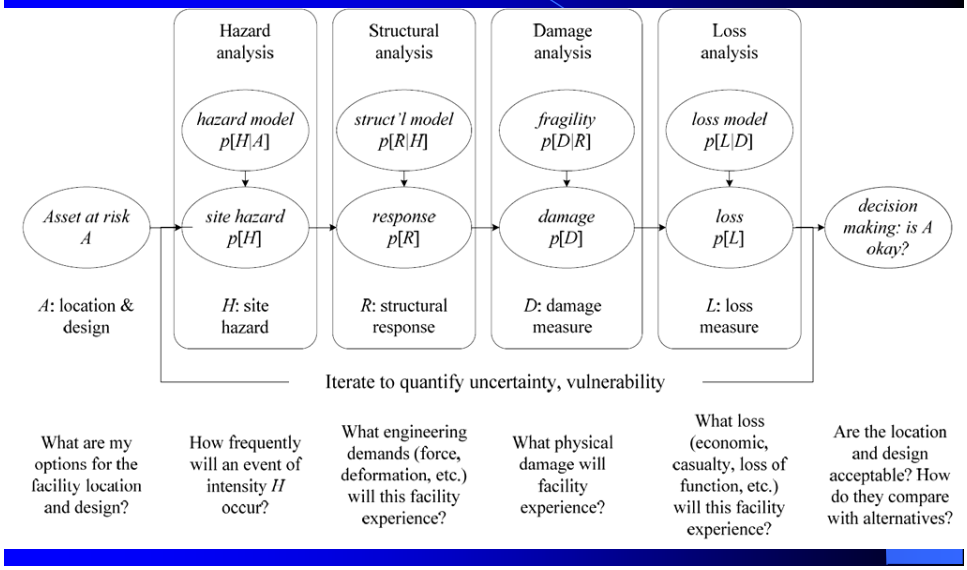
2 ΑΣΘΕΝΗΣ ΟΡΟΦΟΣ: Το κριτήριο του ασθενούς ορόφου θεωρείται ως κρίσιμο (Κ) όταν ο αριθμός των ορόφων του κτηρίου είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 4 και όταν το πρόβλημα του ασθενούς ορόφου παρουσιάζεται στο κάτω 1/3 του ύψους του κτηρίου. Τόσο αυτό το κριτήριο, όσο και το επόμενο, έχουν επιλεγεί ως κρίσιμα με βάση κυρίως την ελληνική αλλά και τη διεθνή εμπειρία αστοχιών από σεισμό.

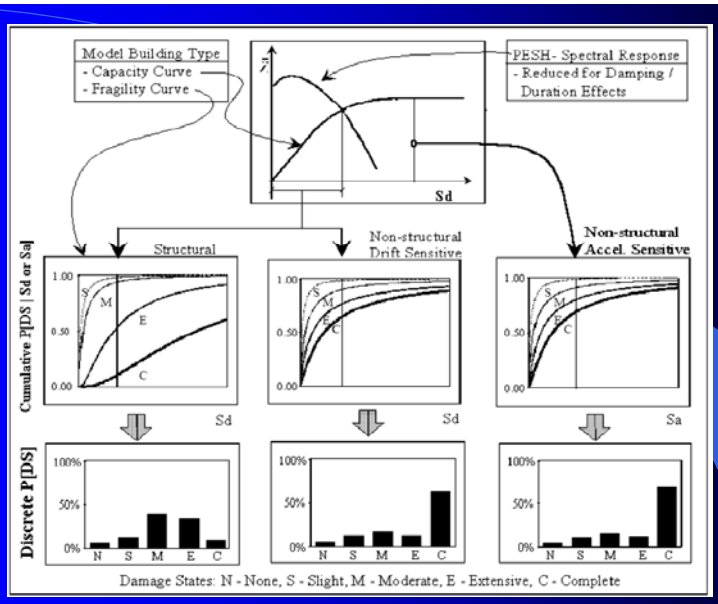
3 ΜΑΛΑΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ: Το κριτήριο του μαλακού ορόφου θεωρείται κρίσιμο (Κ) στην περίπτωση των τύπων κτηρίου C1 και C3, όταν προέρχεται από την ύπαρξη πιλοτής ή/και όταν πολύ ισχυρά τοιχώματα που υπάρχουν στους ανώτερους ορόφους του κτηρίου δεν συνεχίζονται μέχρι και τη θεμελίωση. Για τον τύπο κτηρίου C2 το συγκεκριμένο κριτήριο θεωρείται πάντοτε ως μη κρίσιμο (ΜΚ).

4 ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το κριτήριο της υπερστατικότητας θα είναι κρίσιμο (Κ) στις περιπτώσεις κτηρίων με αριθμό ορόφων μεγαλύτερο του 2, ή όταν ο λόγος ύψους προς πλάτος του κτηρίου υπερβαίνει το 2.

5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ: Το κριτήριο αυτό θεωρείται ως κρίσιμο (Κ) σε κάθε περίπτωση, δεδομένου ότι είναι μια σαφής (και τεκμηριωμένη με υπολογισμούς, έστω και προσεγγιστικούς) ένδειξη της ανεπάρκειας της αντοχής του κτηρίου έναντι σεισμικών δράσεων.

Σενάρια βλάβης – διακινδύνευσης

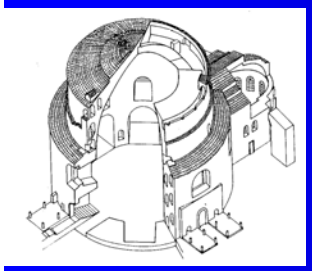


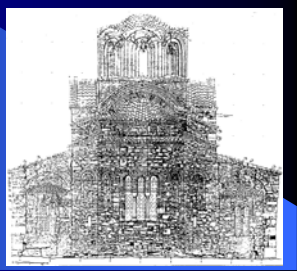


Διαδικασία HAZUS για την κατάστρωση ενός σεισμικού σεναρίου

Τρωτότητα μνημειακών κατασκευών
Vulnerability assessment of monumental buildings (WP5)

A. J. Kappos (coord.), K.C. Stylianidis, Gr. G. Penelis, V.K. Papanikolaou

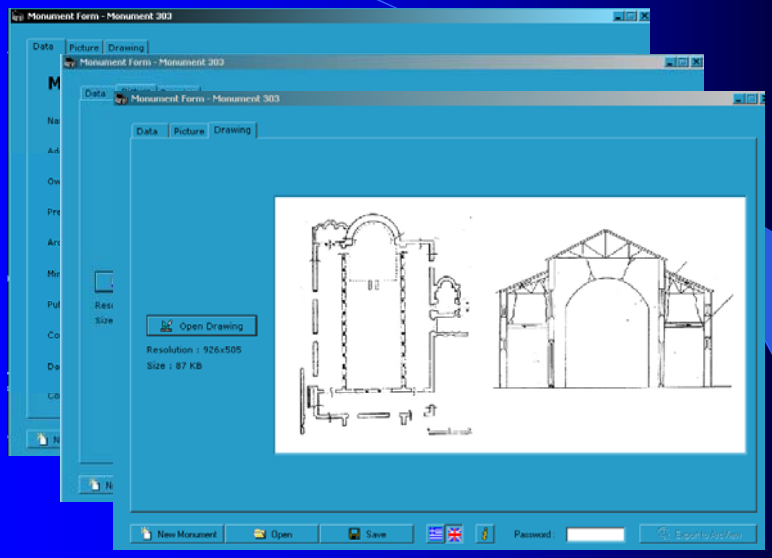




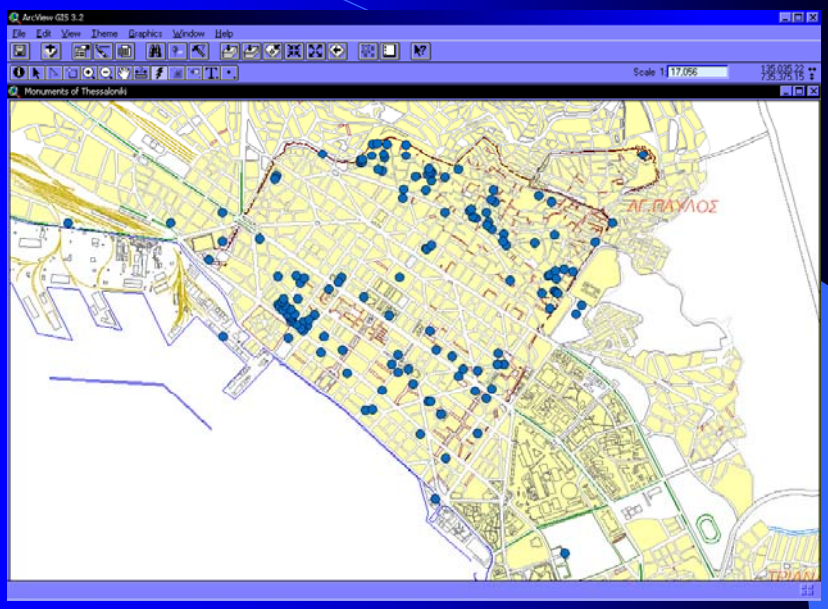
Κατάλογος μνημείων

- All registered (preserved) buildings have been included in a GIS based database
- All monumental buildings have been assigned a vulnerability index following the vulnerability assessment methodology for monumental buildings developed within the RISK UE project (Lagomarsino et al.)

GIS Database



GIS Database



Vulnerability index

The index is calculated based on data from a survey form

[Lagomarsino et al.]

TYPOLOGY	Vi-	Vi²	Vi+	β
[illegible]	[illegible]	0.616	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.736	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.456	[illegible]	[illegible]
[illegible]	0.97	0.89	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.77	[illegible]	[illegible]
[illegible]	0.67	0.73	[illegible]	[illegible]
Theatres	[illegible]	0.736	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.776	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.296	[illegible]	[illegible]
Walls	[illegible]	0.496	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.456	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.456	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	0.296	[illegible]	[illegible]

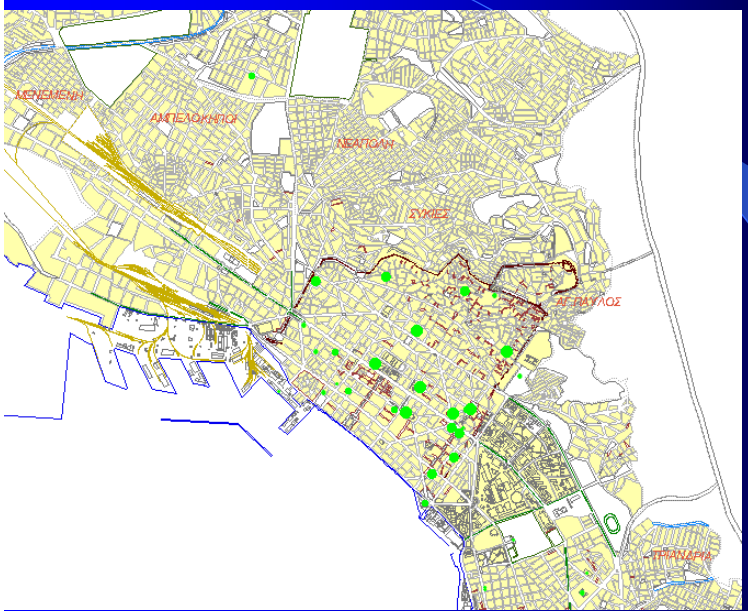
[illegible]		Vi
STATE OF MAINTENANCE	[illegible]	0.04
	[illegible]	0
	[illegible]	-0.04
DAMAGE LEVEL	[illegible]	0.04
	[illegible]	0.02
	[illegible]	0
ARCHITECTURAL TRANSFORMATIONS	[illegible]	0.02
	[illegible]	0
RECENT INTERVENTIONS	[illegible]	-0.02
	[illegible]	0.02
MASONRY QUALITY	[illegible]	0.05
	[illegible]	0
SITE MORPHOLOGY	[illegible]	0.04
	[illegible]	0.02
	[illegible]	0
PLAN REGULARITY	It depends	
SECTION REGULARITY	It depends	
POSITION	It depends	

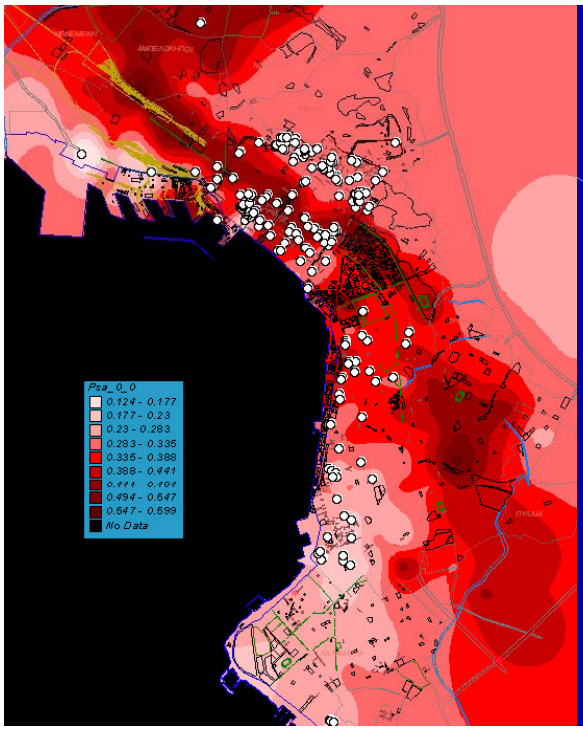
CHURCHES		
[illegible]		Vi
NAVE TYPOLOGY	[illegible]	-0.02
	[illegible]	0
	[illegible]	0.02
SEALING FRONDEARRED ELEMENTS	[illegible]	0.04
	[illegible]	0
POSITION	[illegible]	-0.02
	[illegible]	0.02
	[illegible]	0
[illegible]		Vi
DOMES/VAULTS	[illegible]	0.04
	[illegible]	0
LATERAL WALL HEIGHT	<6 m	-0.02
	9>h>12 m	0
	>12	0.01

examples of vulnerability index estimation

NAME	TYPOLOGY	AGE	KIND OF USE	FREQUENCY	CROWD	MAINTENANCE	DAMAGE LEVEL	Arch TRAN	REC. INTER	MAS QUAL	SITE	PLAN REG.	POSITION	I_v
The Customs	Palaces - Vilas	1910	Offices in the main building and warehouses in the rest buildings	Daily	yes	good	severe	no	yes	yes	flat ground	yes	isolated	0.576
Ioniki and Laiki Bank	Palaces - Vilas	1929	Bank	Daily	yes	medium	nihil	no	no	yes	flat ground	yes	corner	0.656
Vlatadon Monastery	Monasteries	1351	0	occasional	yes	good	medium	no	yes	yes	ridge	yes	isolated	0.676
The Rotunda	Churches	300	0	Occasional	yes	good	severe	yes	yes	good	flat ground	central	isolated	0.97
The Church of Achiropiitos	Churches	500	church	daily	yes	good	severe	no	yes	good	sloping	three	isolated	0.99
The Church of St.Panteleimon	Churches	1300	church	Daily	yes	good	severe	no	yes	good	flat ground	one	isolated	0.95
The Church of Ayia Sophia	Churches	800	church	daily	yes	good	light	no	yes	good	flat ground	three	isolated	0.99
The Church of Ayios Nikolaos Orphanos	Churches	1400	church	daily	yes	medium				good	flat ground	three	isolated	0.95
The Church of Hosios David	Churches	600	church	daily	yes	good	severe	no	yes	good	flat ground	one	isolated	0.89
The Rotunda Minaret	Minaret	300	0	Occasional	yes	good	severe	no	yes	good	flat ground	circular	isolated	0.736
The White Tower	tower	0	Museum	daily	yes	good	light	no	yes	good	slopping	circular	isolated	0.796
Galerios Arch (Kamara)	arch	0	0	Daily	yes	good	light	yes	yes	good	flat ground	not meaningful	isolated	0.456

The vulnerability index is then inserted in the GIS database





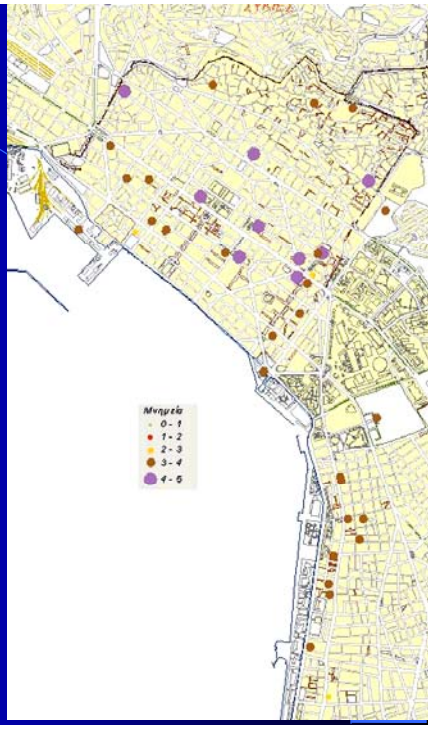
<u>Σεισμικό σενάριο</u>
(βάσει μικροζωνικής μελέτης)

maximum predicted PGA's are overlaid on the GIS map showing the locations of monuments

Πρόβλεψη βαθμού βλάβης

$$\mu_D = 2.5 \cdot \left[1 + \tanh\left(\frac{I + 3.4375 \cdot i_v - 8.9125}{3} \right) \right]$$

predicted damage grade is plotted on the GIS map



Σύνοψη αποτελεσμάτων για μνημειακές κατασκευές

RANGE	NUM	PER
0 -1	0	0%
1-2	0	0%
2-3	5	11%
3-4	32	70%
4-5	9	20%

- the majority of monuments will suffer a damage grade of 3-4 while a significant number will sustain damage of 4-5 (near collapse)
- this prediction is, of course, related to the severity of the scenario earthquake and the correlation between I and PGA, as well as the conservativeness in the vulnerability models…