

ΗΜΕΡΙΔΑ
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ
ΚΤΙΡΙΩΝ

ΔΙΑΓΝΩΣΗ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ



ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ
ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΜΟΝΩΣΗΣ

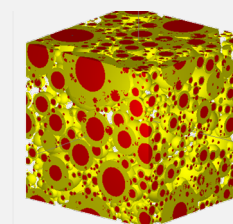
Structural Evaluation Degradation & Protection

Δημήτριος Νικολαΐδης

Υπ. Διδάκτωρ Παν/μίου Πατρών

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός MSc, DIC

Concentral Group



Δομική Αξιολόγηση

Ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία ο Μηχανικός καλείται να αξιολογήσει τη Δομική Ακεραιότητα της υπό εξέταση κατασκευής – τεχνικού.

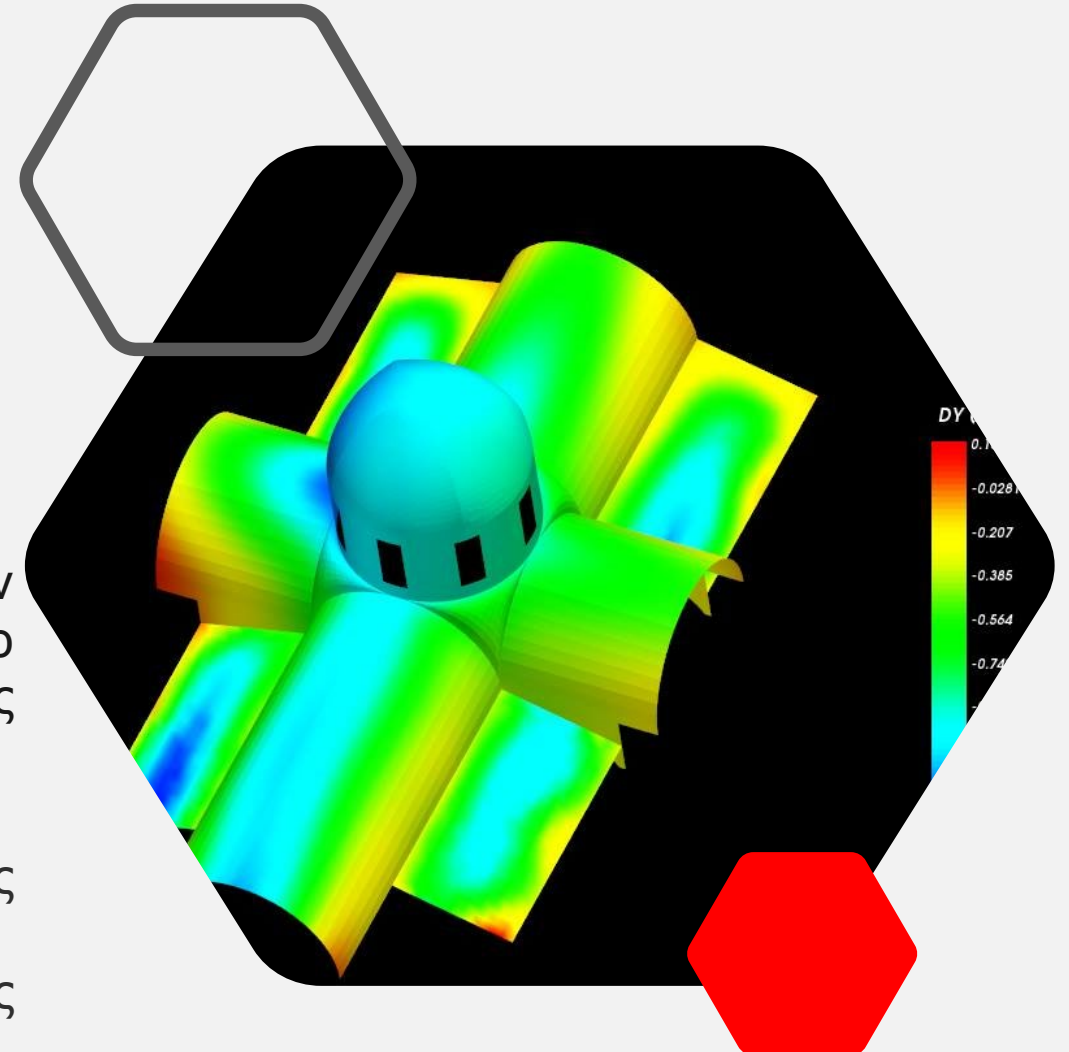
Δομική Ακεραιότητα

Ονομάζεται η ικανότητα της κατασκευής να αντέχει με ασφάλεια τα επιβαλλόμενα φορτία.

ΣΤΑΔΙΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η περιγραφή των σταδίων για την Αξιολόγηση των Υφιστάμενων Κατασκευών παρουσιάζεται στο Πρότυπο ISO13822, το οποίο και αποτελεί το μόνο διεθνές Πρότυπο για Αξιολογήσεις Υφιστάμενων Κατασκευών.

- ✓ Γεωμετρικά Δεδομένα και Δομικός Τύπος Κατασκευής
- ✓ Γεωγραφική Θέση και Κατηγορία Περιβαλλοντικής Έκθεσης (EN206-1).
- ✓ Συλλογή όλων των διαθέσιμων εγγράφων – σχεδίων (Ως Κατασκευασθεί – as built).



Οπτική Επιθεώρηση (DVI & VI)

Η Οπτική Επιθεώρηση και καταγραφή των φθορών και βλαβών, είναι η διαδικασία κατά την οποία ο Μηχανικός θα εξετάσει μακροσκοπικά το Τεχνικό και σε απόσταση που να μπορεί να αγγίξει το κάθε δομικό στοιχείο που εξετάζει.

Δομική Αξιολόγηση (ΚΑΝ.ΕΠΕ)

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει στο Παράρτημα 7Δ κάποιες προκαθορισμένες βλάβες, για σκοπούς αποτίμησης.

Οι βλάβες ή φθορές πρέπει να σημειώνονται στα σχέδια της αποτύπωσης, με τις απαραίτητες επεξηγήσεις.

Ως βλάβες νοούνται, λόγω χάρη:

- Σημαντικές παραμορφώσεις ή αποκλίσεις
- Ρηγματώσεις ή αποκολλήσεις
- Τοπικές αστοχίες και θραύσεις
- Απομειώσεις διατομών, απολεπίσεις και αποφλοιώσεις
- Διάβρωση οπλισμών ή προσβολή σκυροδέματος.

Η ένταση και έκταση των βλαβών, αλλά και των κακοτεχνιών, συνδέονται άμεσα με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα



Παραδείγματα Επιθεωρήσεων

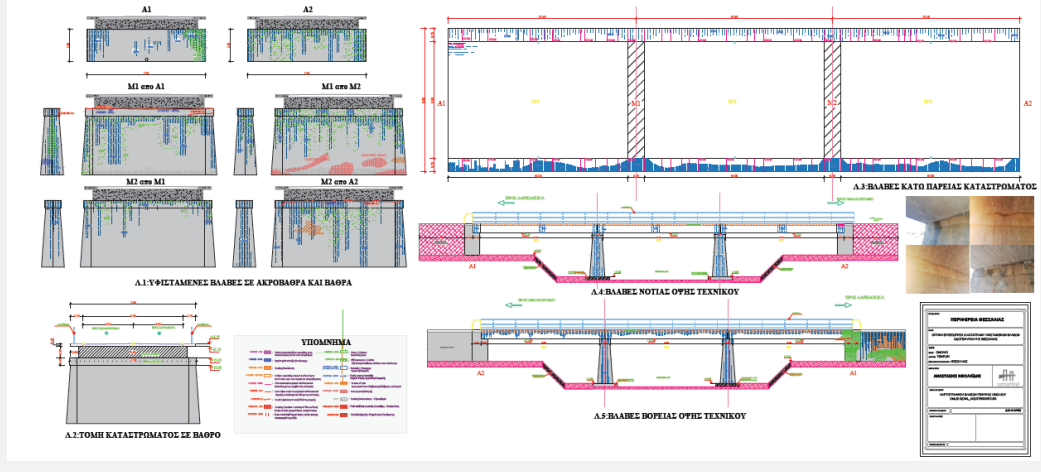
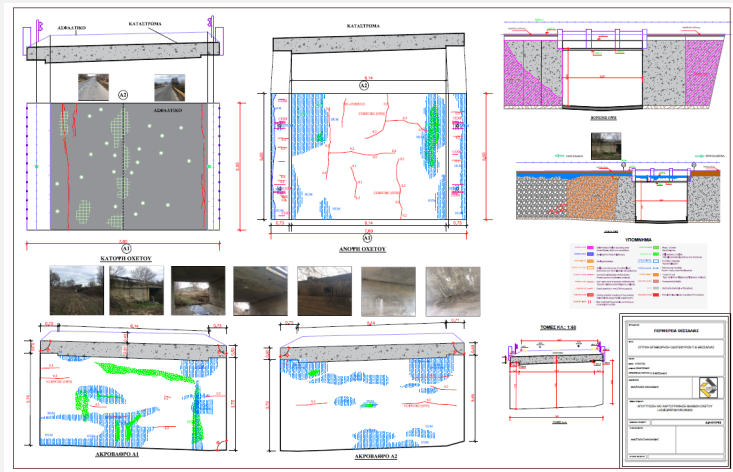
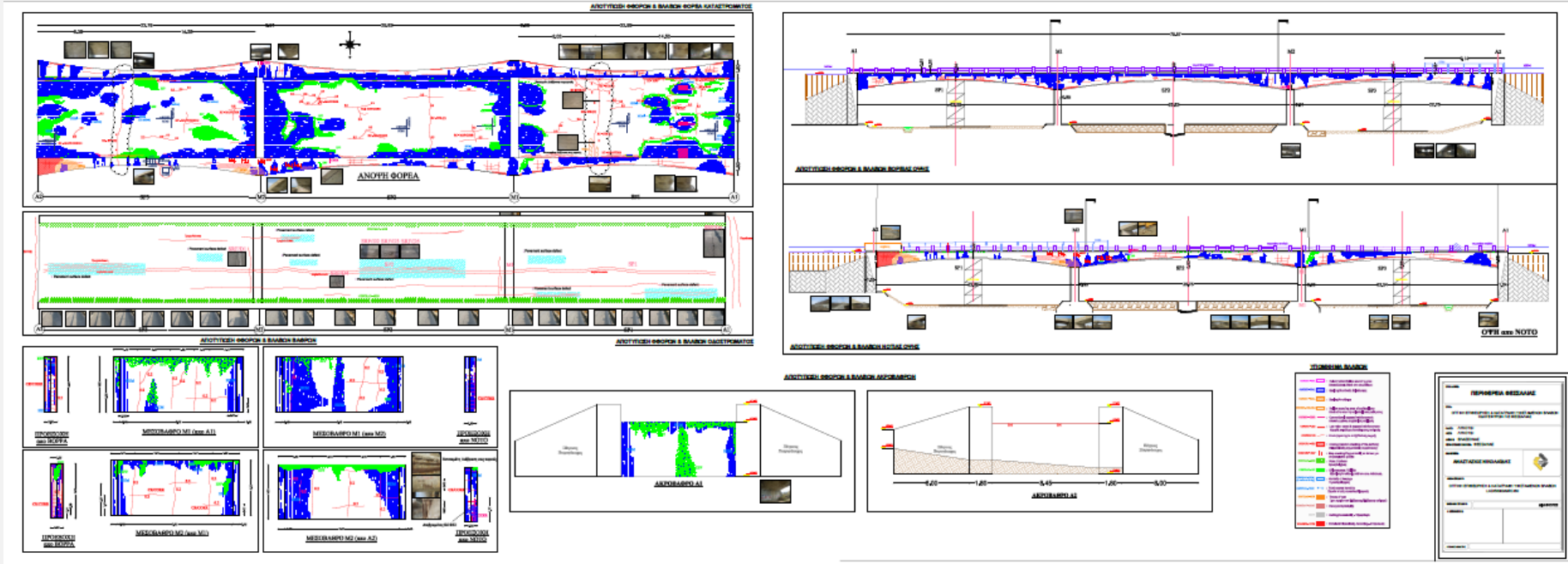
Στην περίπτωση των μεγάλων Τεχνικών Έργων όπως οι οδογέφυρες, η λεπτομερής επιθεώρηση δίνει σημαντικές πληροφορίες για την ορθή αξιολόγηση του Τεχνικού.

Κατασκευή Χάρτη Βλαβών

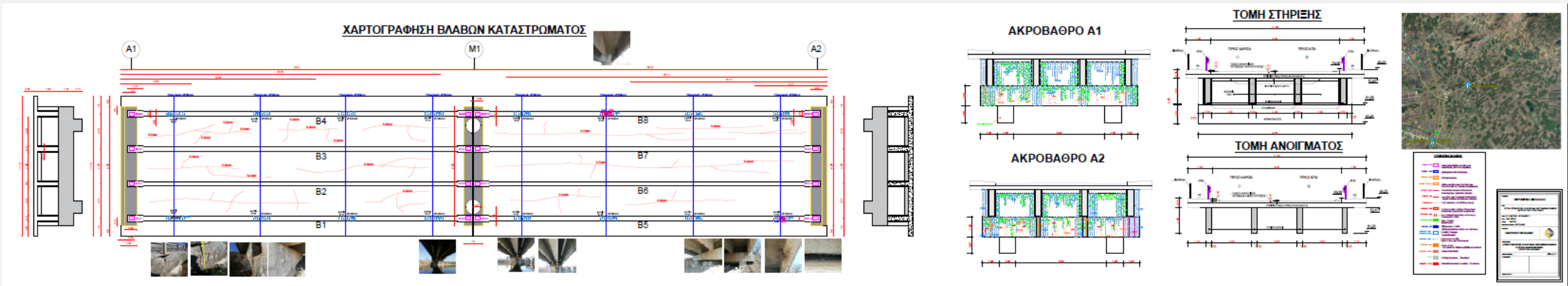
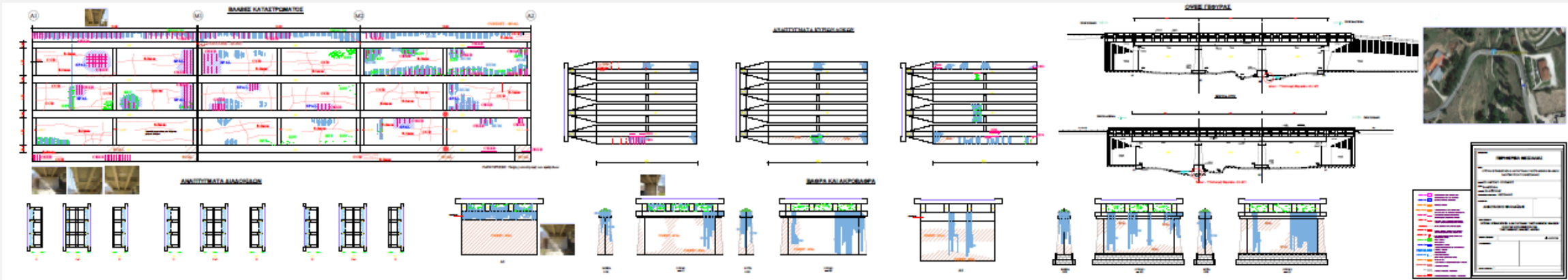
- Εφαρμογή προκαθορισμένης λίστα βλαβών με ειδική κωδικοποίηση.
- Λεπτομερή σχέδια με απεικόνιση των βλαβών σε κάθε θέση, όπως αυτές επιθεωρήθηκαν.
- Ποσοτικοποίηση των βλαβών.



Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Οδογέφυρες



Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Οδογέφυρες






















Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Οδογέφυρες

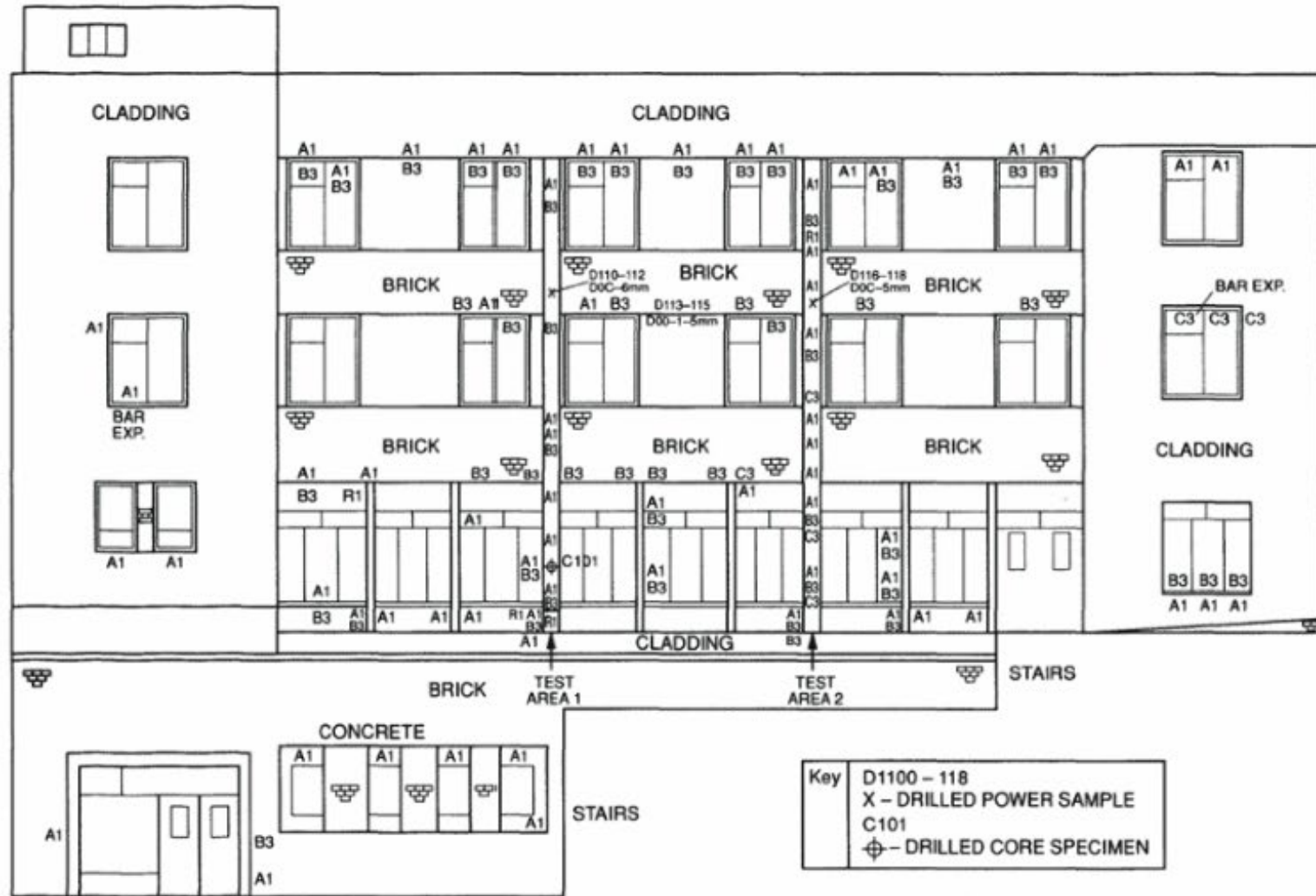


Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Οδογέφυρες - Προένταση





Key

-  Drilled powder sample
-  Drilled core specimen
-  A1 Cracking (general)
-  A2 Pattern cracking
-  B1 Exudation
-  B2 Incrustation
-  B3 Rust stains
-  B4 Dampness
-  C1 Popouts
-  C2 Spall
-  C3 Delamination
-  C4 Weathering
-  D2 Honeycombing
-  D3 Contamination of shutter
-  D4 Scouring
-  E1 Construction joint
-  E2 Panel joint
-  photograph reference
-  R1 Repair

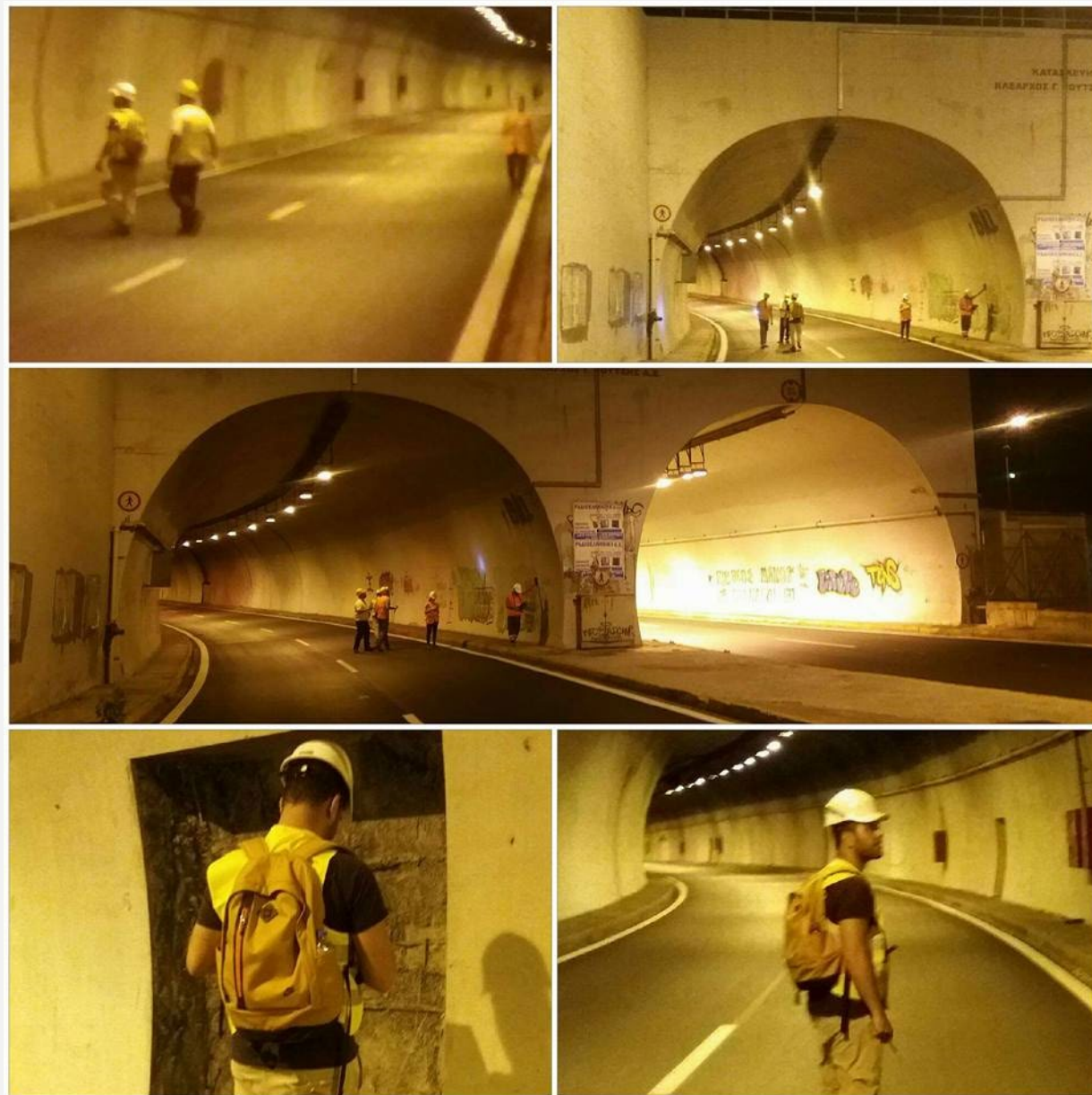


Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Κτιριακά

Κωδικός	Τύπος Βλάβης	B, Δείκτης Βαρύτητας	Βαθμός Βλάβης			
			I (K ₂₁ =0.5)	II (K ₂₁ =1.0)	III (K ₂₁ =1.5)	IV (K ₂₁ =2.0)
1	Μετακινήσεις – Παραμορφώσεις					
1.1	Θεμέλια					
1.13	Διαφορική καθίζηση	3	<2cm	2-5 cm	5-10cm	>10cm
1.2	Ανωδομή					
1.21	Κατακόρυφες παραμορφώσεις	2	<L/1000	L/1000 - L/500	L/500 – L/300	>L/300
2	Σκυρόδεμα					
2.1	Αποφλοιώσεις- κενά- φωλιές –απόμιξη	1	Τοπικές μικρές βλάβες	Αρκετές μικρές βλάβες σε διαφορετικά σημεία	Μερικές εκτεταμένες βλάβες	Αρκετές εκτεταμένες βλάβες
2.2	Πλαστική συρρίκνωση – ρηγματώσεις	1	τοπικές	Αρκετές μικρές	Μερικές εκτεταμένες	Πολλές εκτεταμένες
2.3	Αντοχή σκυροδέματος χαμηλότερη απο την απαιτούμενη.	2	<10%	10-20%	20-30%	>30%
2.4	Λόγος υφιστάμενης επικάλυψης προς απαιτούμενη (C _{exist} –C _d)	2	<1cm	1-2cm	2-3cm	>3cm
2.5	Βάθος ενανθράκωσης (απόσταση απο τους οπλισμούς)	2	2-3 cm και άνω	1-2 cm και άνω	0-1 cm και άνω	Στο επίπεδο των οπλισμών και βαθύτερα
2.6	Βάθος προσβολής απο χλωριόντα (απόσταση απο τους οπλισμούς)	3	>2cm	0.5-2 cm	Στο επίπεδο των οπλισμών	Σε μεγαλύτερο βάθος
2.7	Δομικές ρωγμές	1	τοπική<0.5mm	Μερικές<0.5cm	Τοπική>0.5mm	Αρκετές >0.5mm
2.8	Μηχανική βλάβη σκυροδέματος	1				
2.9	Εξάνθηση σκυροδέματος – απόπλυση	2				
2.10	Leakage (παρουσία υγρασίας – διαρροής)	2	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Έντονη
2.11	Βρεγμένες Επιφάνειες	1	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Έντονη
2.12	Κύκλος Πήξης - Τήξης	2	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Έντονη
2.13	Ρωγμές στη επικάλυψη λόγω διάβρωσης οπλισμών.	2	Ελαφρά ίχνη σκουριάς	Έντονα ίχνη σκουριάς	Ρωγμές πάνω απο τους συνδετήρες	Αποτίναξη επικάλυψης
2.15	Αποτίναξη επικάλυψης λόγω διάβρωσης οπλισμών.	3	Τριχιδειδείς ρωγμές κατα μήκος των οπλισμών.	Τριχιδειδείς ρωγμές κατα μήκος των οπλισμών ή ρωγμές μεγαλύτερου εύρους ή εκτεθημένοι οπλισμοί στις γωνίες.	Εκτεθημένοι οπλισμοί ή παρουσία εκτεταμένων ρωγμών.	Περιοχές με κενά ή αποτίναξη του σκυροδέματος.
3	Οπλισμοί					
3.1	Διάβρωση συνδετήρων	2				
3.2	Διάβρωση διαμήκων οπλισμών με απομείωση της διατομής τους. (%)	3	Γενική <10%	Βελονισμοί <10%	Γενική >10%	Βελονισμοί >10%
3.3	Μετρήσεις Ημιδυναμικών (mV)	1	150 - 250	250-350	350-400	>400
3.4	Μετρήσεις αντίστασης του σκυροδέματος (KΩcm)	2	>20KΩcm	10-20KΩcm	5-10 KΩcm	<5 KΩcm

Όροφος	Δομικό Στοιχείο	Βλάβη (ΚΩΔ.)	Φωτογραφία	Υπολογισμός CR (Condition Rating)
5	5K14	CORR(L) CR(L) CRB(M) LC HC(H) EXR		<p>CORR(L): Διάβρωση οπλισμών (χαμηλή). Ο χάλυβας έχει αποπαθητικοποιηθεί λόγω ενανθράκωσης και βρίσκεται σε κατάσταση γενικής διάβρωσης με χαμηλό ρυθμό διάβρωσης (0.12-0.33μΑ/cm²).</p> <p>LC: Χαμηλή επικάλυψη σκυροδέματος (Απαιτούμενη – Υφιστάμενη >1.5cm).</p> <p>CR: Τριχοειδείς ρηγματώσεις στην επιφάνεια της επικάλυψης λόγω διάβρωσης οπλισμών (CR<0.3mm)</p> <p>CRB: Βάθος ενανθράκωσης 15-18mm.</p> <p>HC: Κενά & απομίξεις σκυροδέματος (έντονες)</p> <p>EXR: Εκτεθειμένοι οπλισμοί.</p>
4	4K1	LC HC EXR CORR(L) CRB(M)		<p>CORR(L): Διάβρωση οπλισμών (χαμηλή). Ο χάλυβας έχει αποπαθητικοποιηθεί λόγω ενανθράκωσης και βρίσκεται σε κατάσταση γενικής διάβρωσης με χαμηλό ρυθμό διάβρωσης (0.12-0.33μΑ/cm²).</p> <p>LC: Χαμηλή επικάλυψη σκυροδέματος (Απαιτούμενη – Υφιστάμενη >1.5cm).</p> <p>CR: Τριχοειδείς ρηγματώσεις στην επιφάνεια της επικάλυψης λόγω διάβρωσης οπλισμών (CR<0.3mm)</p> <p>CRB: Βάθος ενανθράκωσης 15-18mm.</p> <p>HC: Κενά & απομίξεις σκυροδέματος (έντονες)</p> <p>EXR: Εκτεθειμένοι οπλισμοί.</p>

Παραδείγματα Επιθεωρήσεων Σήραγγες



Βλάβες – Τύποι Βλαβών

Δομητικές Βλάβες

Υπερφόρτιση
Καθίζηση
Έκρηξη
Δόνηση

Χημικές Βλάβες

Αλκαλοπυριτική
Μαλακό Νερό
Θειικά
Χλωριόντα

Φυσικές Βλάβες

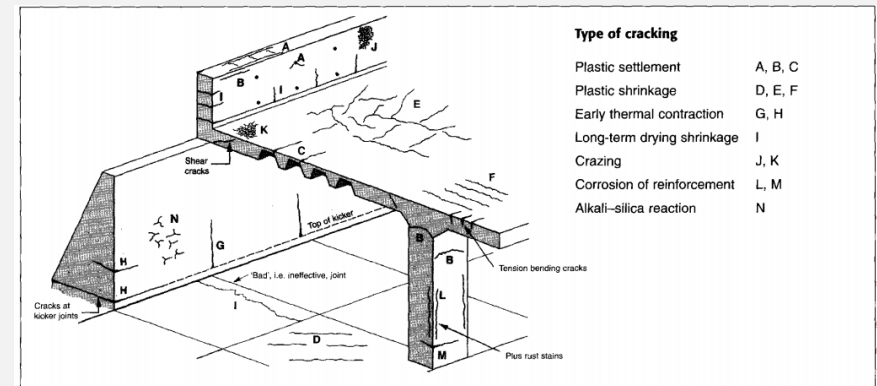
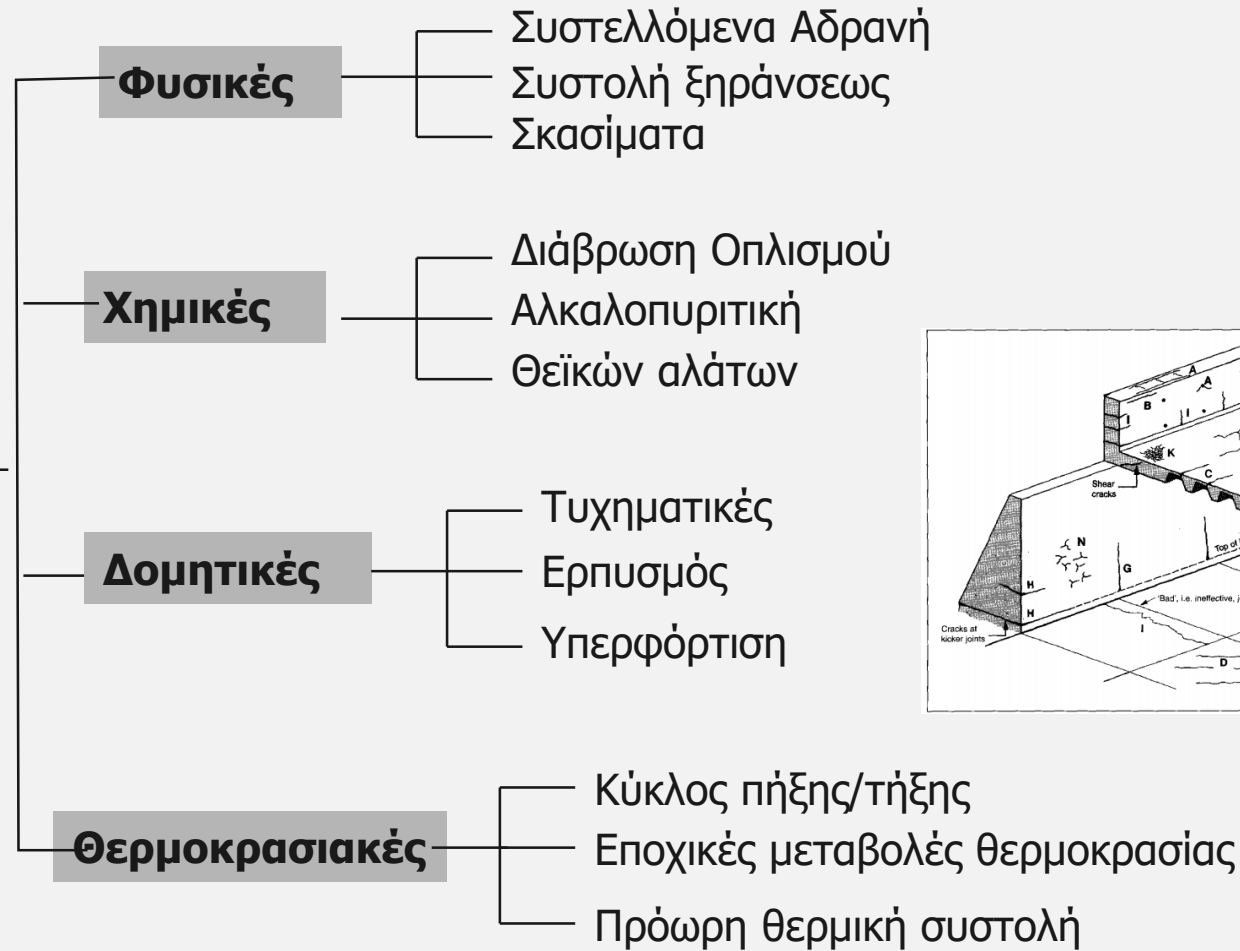
Πήξη/Τήξη
Θερμοκρασία
Κρυστάλλωση Αλάτων
Συρρίκνωση
Τριβή
Διάβρωση

**Θα πρέπει να σημειωθεί πως οι Χημικές και Φυσικές Βλάβες
δύναται να οδηγήσουν σε πρόκληση Δομητικής (Δομικής) Βλάβης**

Ρηγμάτωση

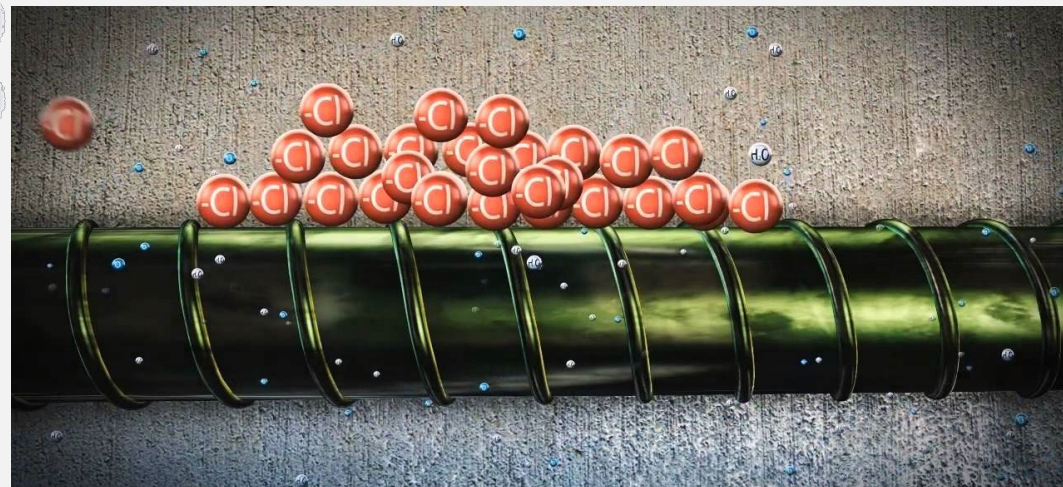
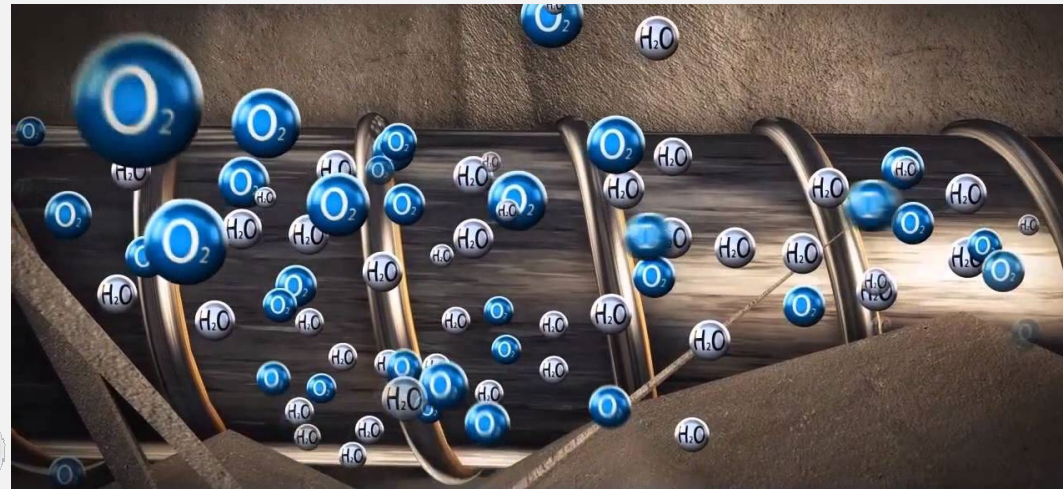
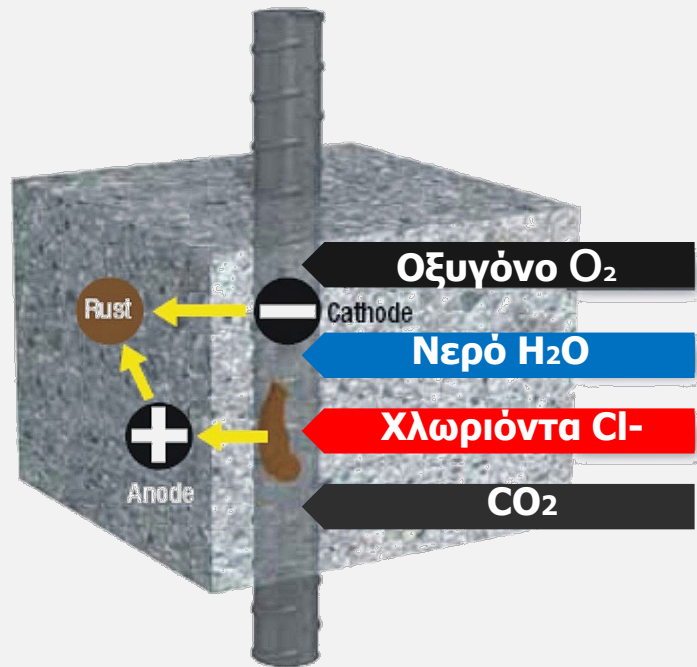
Τύποι Ρωγμών

Μετά Σκλήρυνσης



Περιβαλλοντικές Δράσεις

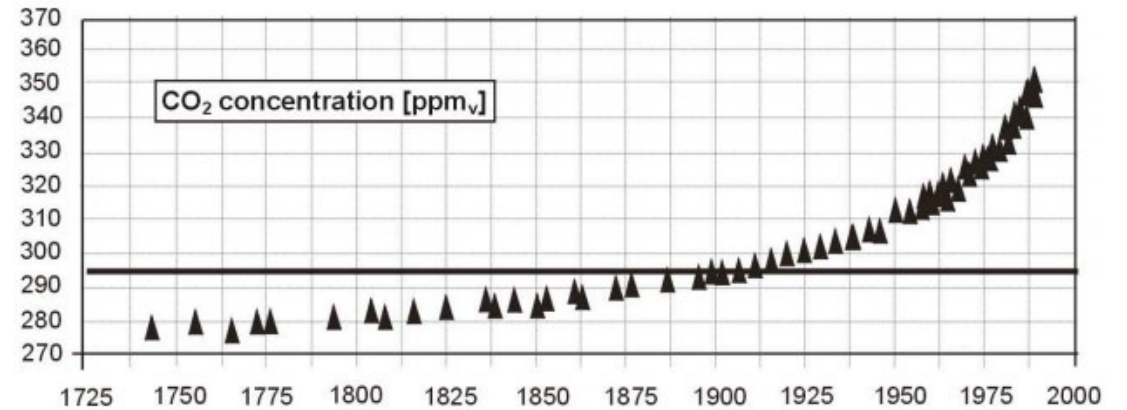
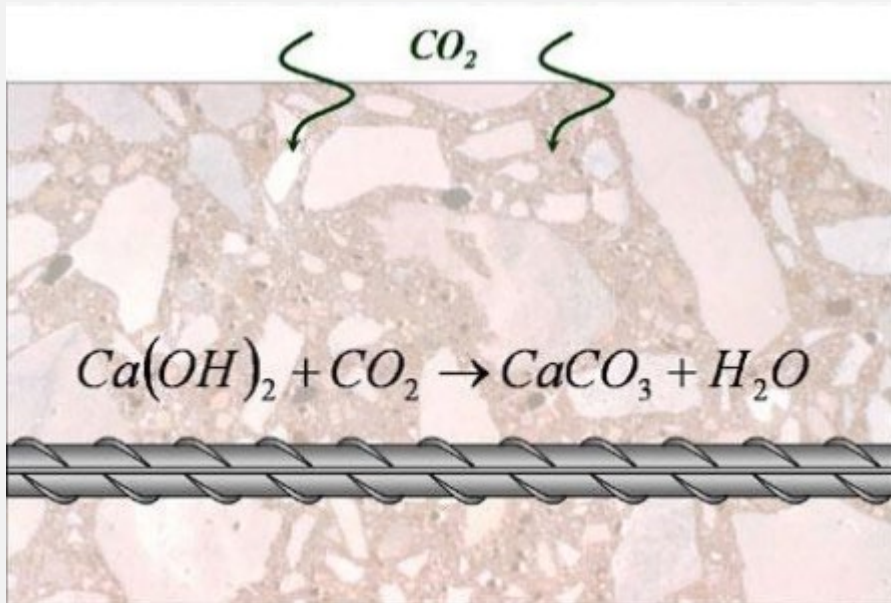
Βλάβες από Περιβαλλοντικές Δράσεις



Ενανθράκωση Σκυροδέματος

Θεωρητικό Υπόβαθρο

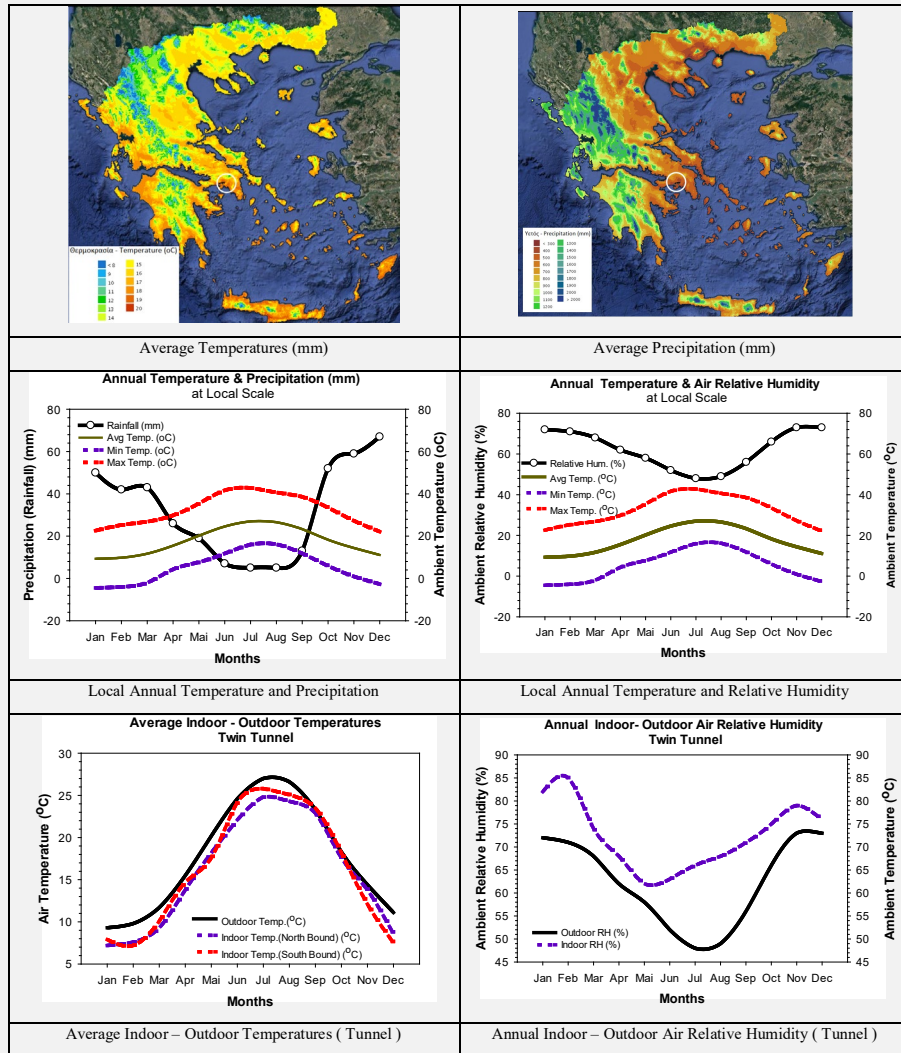
Κατά τη πήξη του τσιμέντου παράγεται ως γνωστών υδροξείδιο του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Το υδροξείδιο του ασβεστίου πλεονάζει στο σκυρόδεμα με αποτέλεσμα να υπάρχει υψηλό αλκαλικό pH στο μπετόν (pH περίπου 13). Η επίδραση το CO_2 , το οποίο αφομοιώνεται τριχοειδώς από την επιφάνεια του μπετόν, έχει ως αποτέλεσμα την εξουδετέρωση της αλκαλικότητας.



Η συγκέντρωση του Διοξειδίου του Άνθρακα στην ατμόσφαιρά έχει υπολογισθεί ανάμεσα από 350 - 380 ppm ή 0.00057 - 0.00062 Kg/m³

Κλιματικές Συνθήκες

Μάκρο – Μέσο και Μίκρο Κλίμα

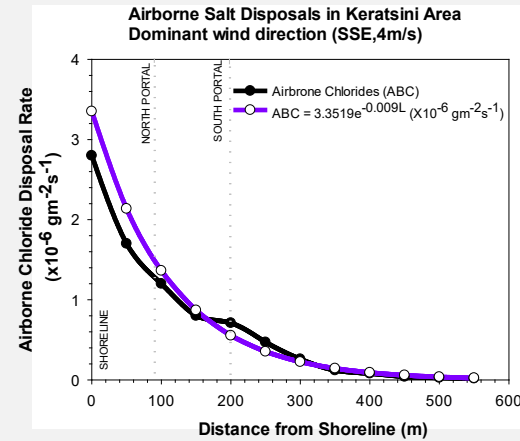
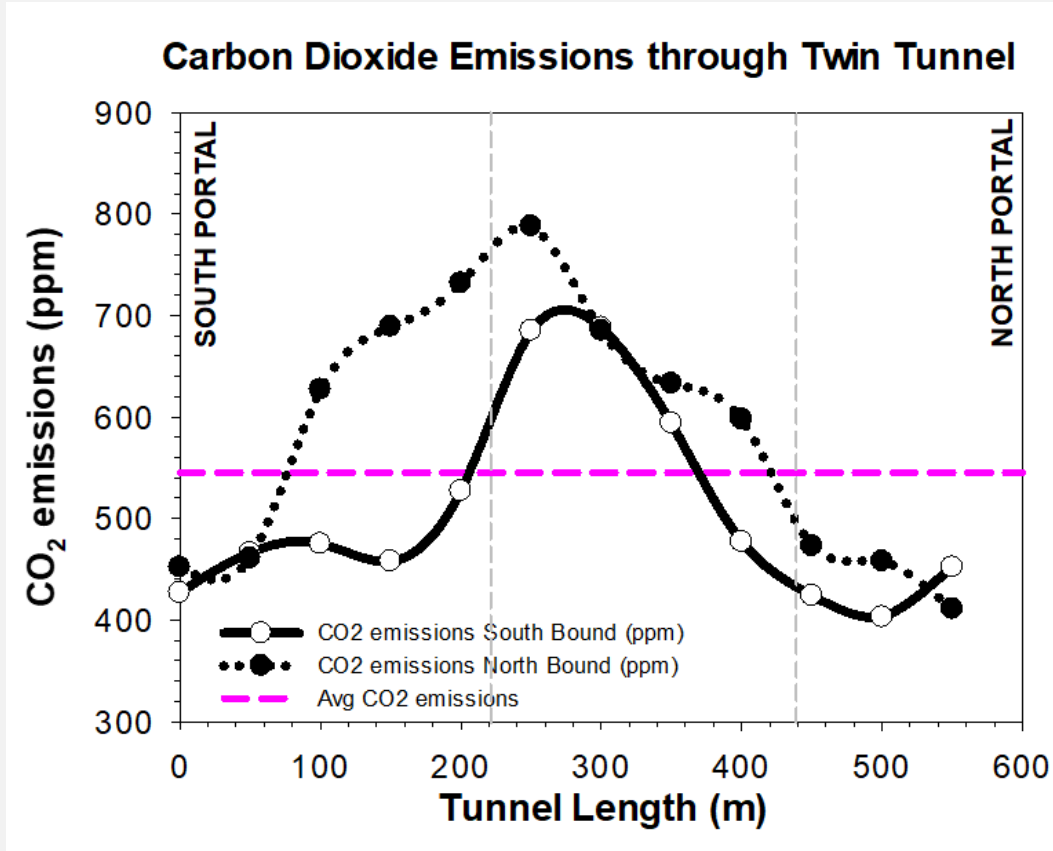
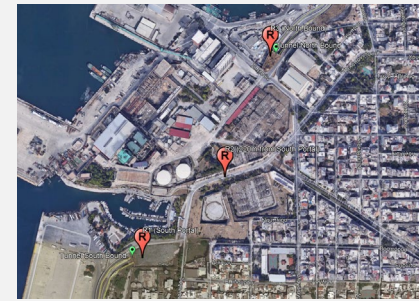


Κατηγορία Έκθεσης βάσει του EN206-1

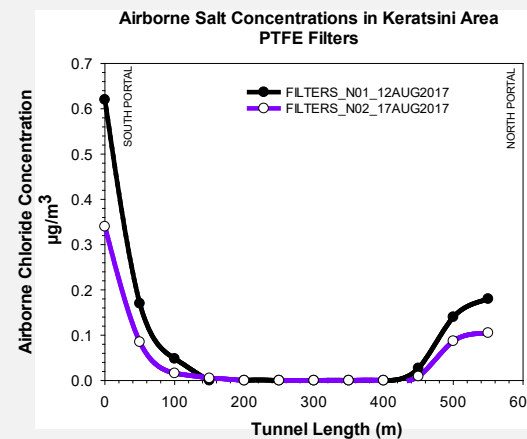
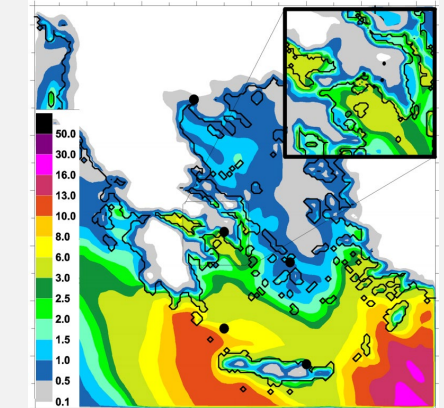
Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	
0	Κανένας κίνδυνος διάβρωσης
Ενανθράκωση	
C1	Ξηρό ή μονιμα υγρό, RH (45%-65%) ή (>98%)
C2	Υγρό, σπανίως ξηρό, RH (90% -98%)
C3	Μέτρια Υγρασία, RH (65%-85%)
C4	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης- ξήρανσης RH (75%-90%)
Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα	
D1	Μέτρια Υγρασία
D2	Υγρό, σπανίως ξηρό
D3	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης - ξήρανσης
S1	Έκθεση σε αερομεταφερόμενα άλατα
S2	Μονίμως καλυμμένο με νερό
S3	Περιοχές υποκείμενες σε παλίρροια ή διαβροχή από κύματα ή ψεκασμό από θαλασσινό νερό.

Περιβαλλοντικά Φορτία

Μάκρο – Μέσο και Μικρο Περιβάλλον



Airborne Chloride Disposal Rate in Keratsini area



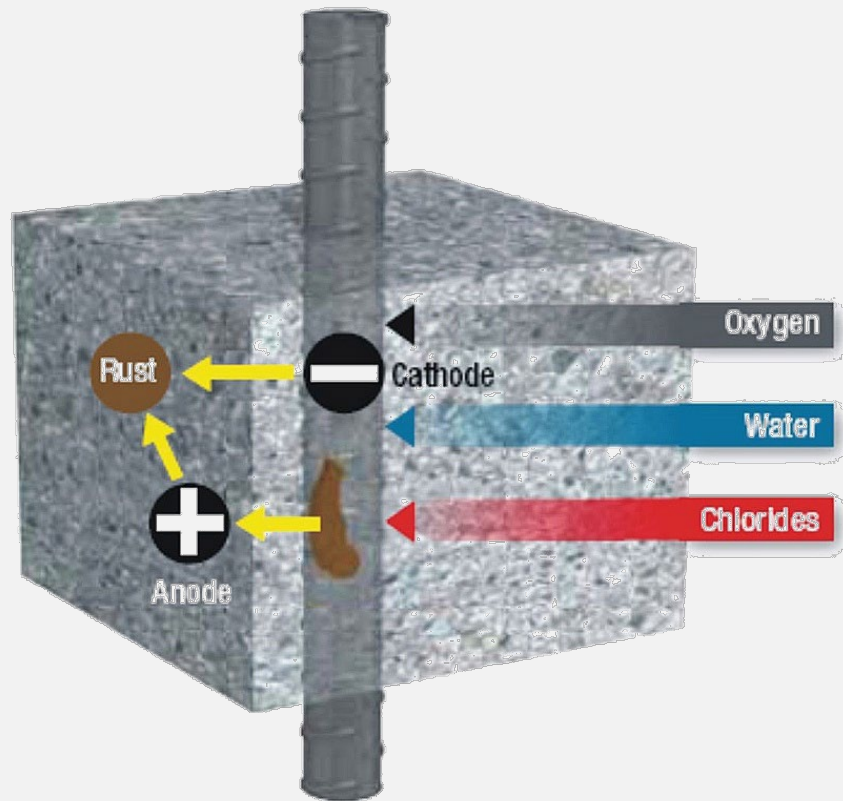
Airborne Chloride Concentration across tunnel lining



Contour map and plan view of tunnel lining

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις.

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά

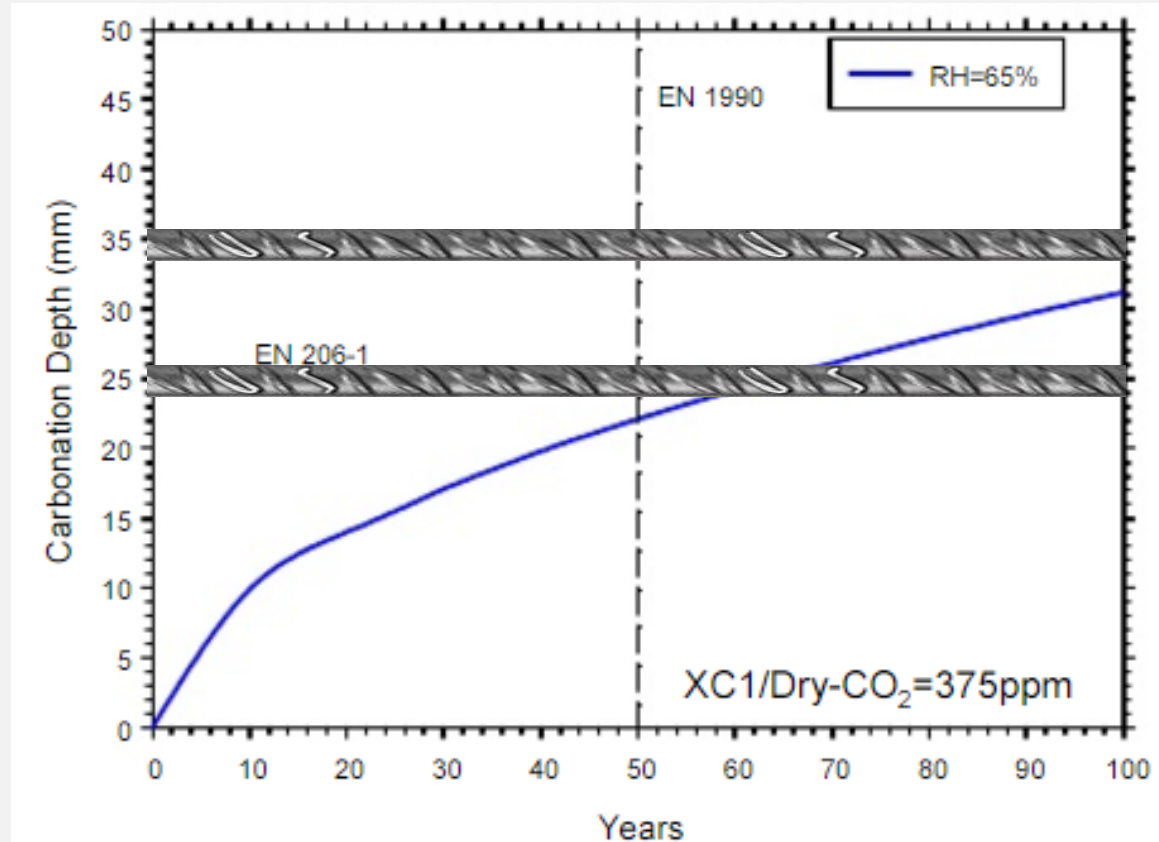


Παράγοντες Επιρροής:

- ✓ Ποιότητα και πάχος επικάλυψης.
- ✓ Περιεκτικότητα σε τσιμέντο.
- ✓ Τύπος Σκυροδέματος
- ✓ Κατηγορία Τσιμέντου.
- ✓ Λόγος Νερού / Τσιμέντου.
- ✓ Συνθήκες Περιβάλλοντος – Υγρασία – Θερμοκρασία.
- ✓ Ρηγμάτωση σκυροδέματος.

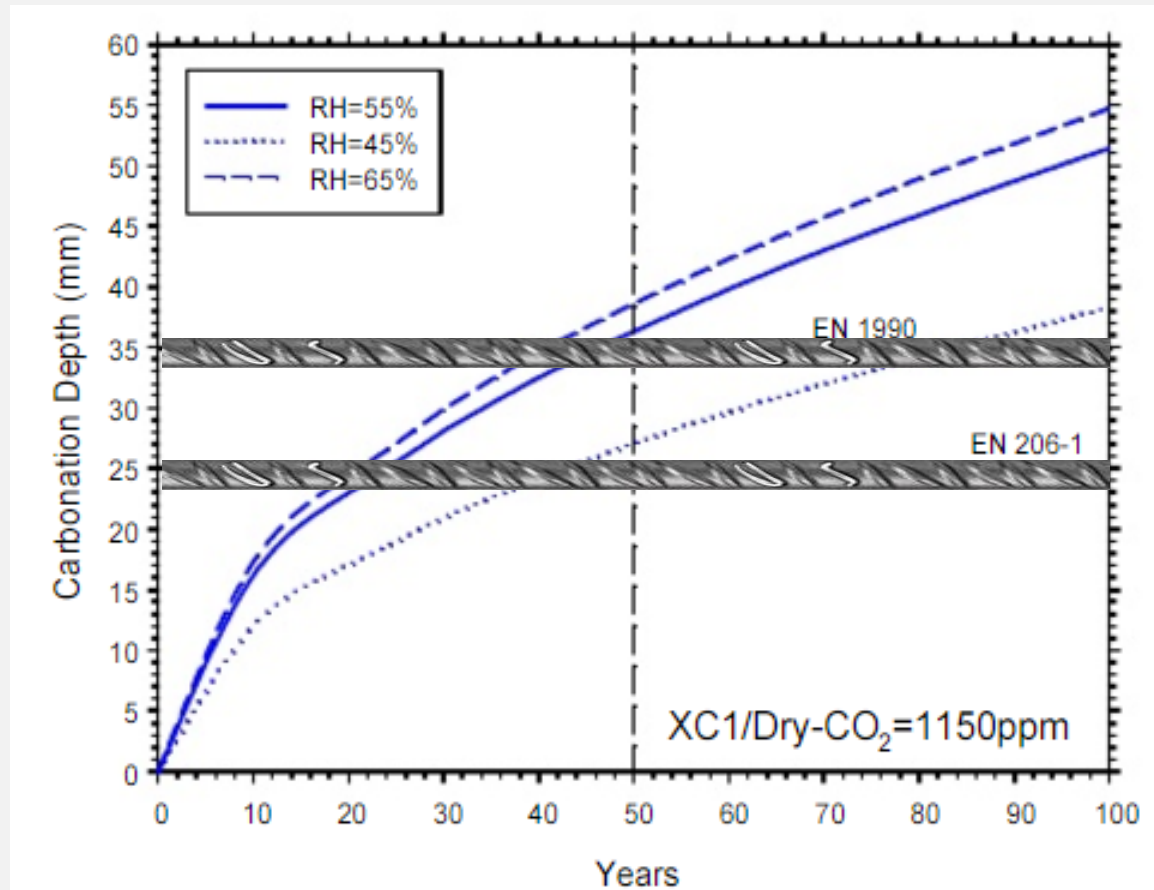
Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

XC1: Ξηρό Περιβάλλον ($45\% \leq RH < 65\%$), 375ppm



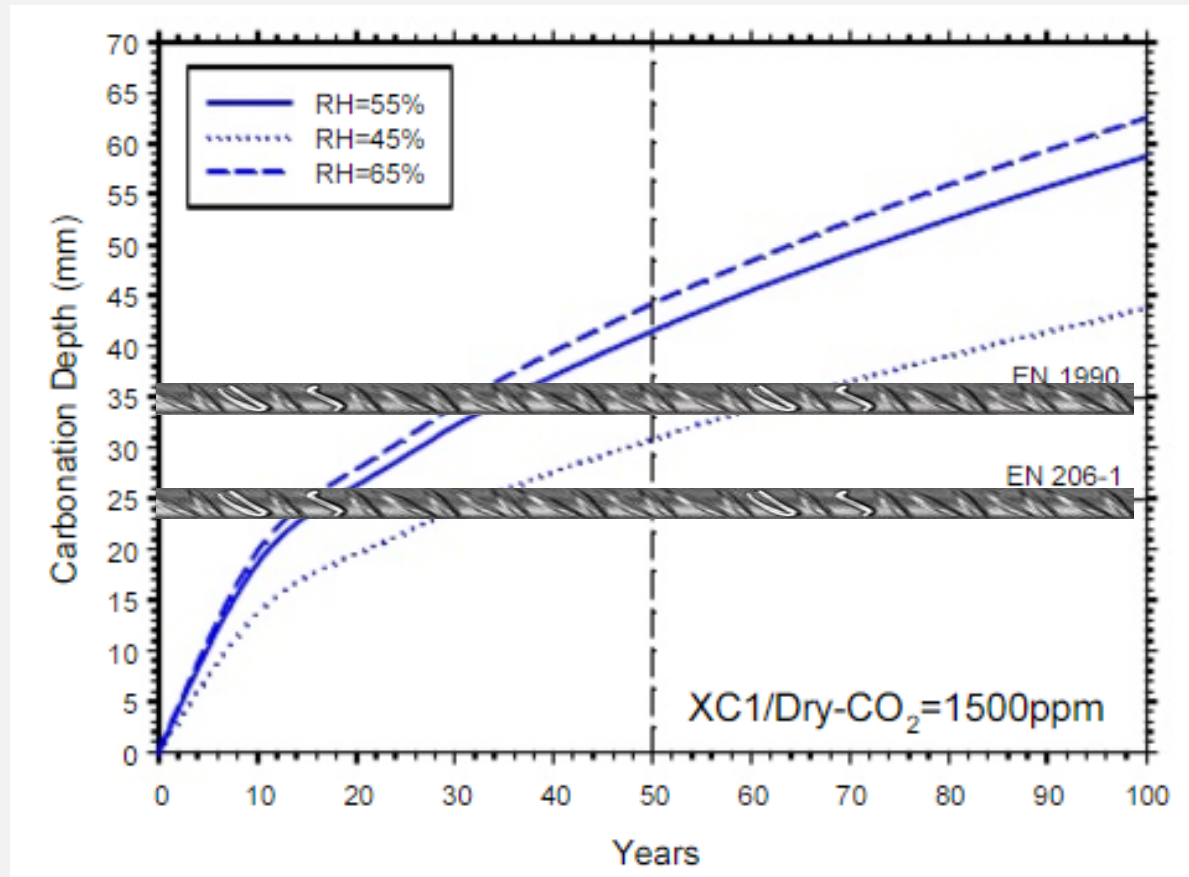
Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

XC1: Ξηρό Περιβάλλον ($45\% \leq RH < 65\%$), 1150ppm



Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

XC1: Ξηρό Περιβάλλον ($45\% \leq RH < 65\%$), 1500ppm



Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων

Τύπος Τσιμέντου: CEM I 42.5 και CEM II/ A-M (P-L-W)42.5N

Εκτίμηση του λόγου N/T από την εξίσωση Kokubu

	Concrete Strength f_c (MPa)	Concrete Strength f_c (kgf/cm ²)	w/c
C1	24.38	248.61	0.60
C2	15.86*	161.73	0.70
C3	20.83	212.41	0.64
C4	20.89	213.02	0.64
C5	25.87	263.80	0.59
C6	15.06*	153.57	0.71

Πιθανά σενάρια σύνθεσης σκυροδέματος

Materials Used	Unit	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
CEM I 42.5	[Kg/m ³]	330	340	350
Unit content of water	[Kg/m ³]	198	204	210
Sand	[Kg/m ³]	935	935	925
W/C*	-	0.6	0.6	0.6
Fine gravel	[Kg/m ³]	180	170	190
Gravel	[Kg/m ³]	685	695	685
Aggregates (Total)	[Kg/m ³]	865	865	875
A/C*		0.7	0.69	0.68

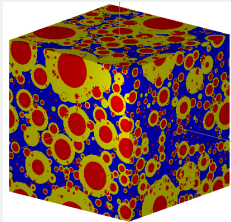
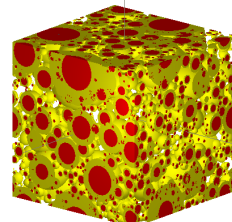
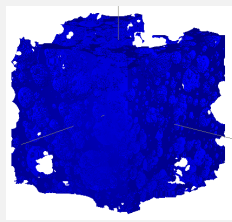
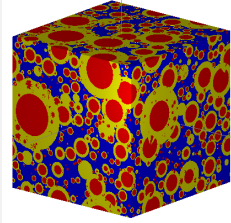
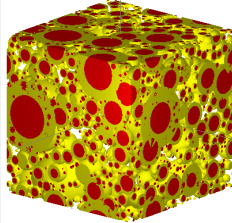
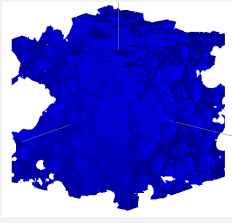
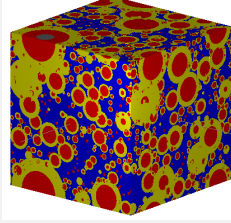
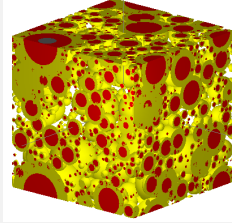
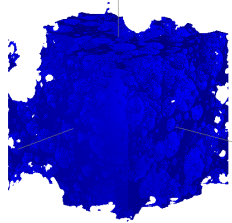
Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων

Τύπος Τσιμέντου: CEM I 42.5 και CEM II/ A-M (P-L-W)42.5N

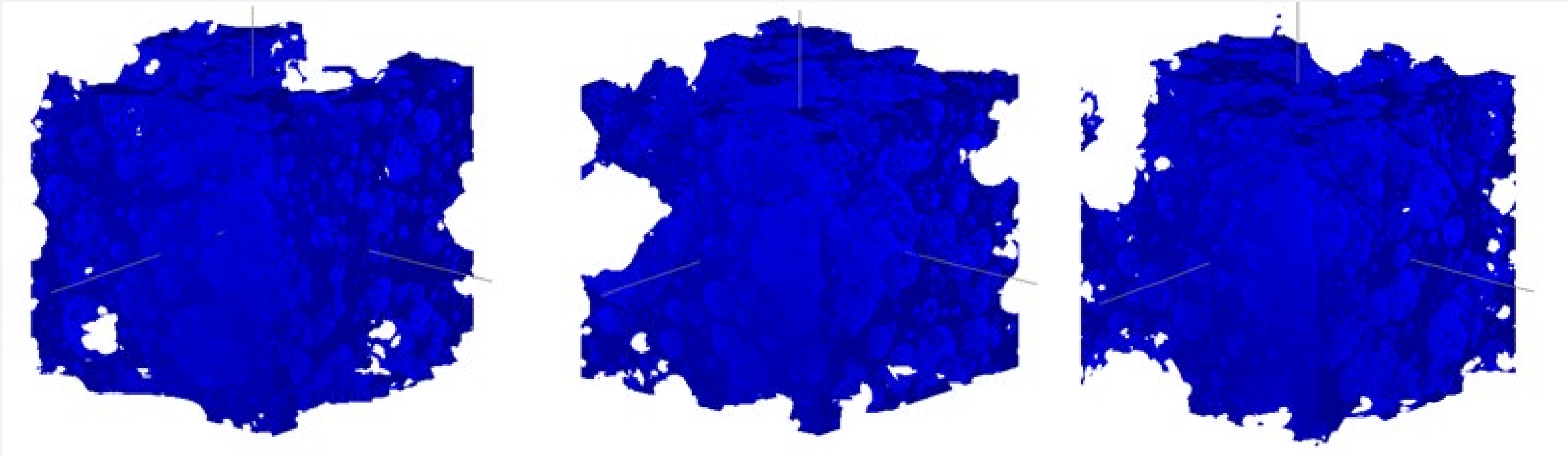
Συμβολισμός στην Χημεία τσιμέντου	Χημική φόρμουλα	Ονομασία	Ορυκτή φάση
C ₃ S	3CaO•SiO ₂	Πυριτικό τριασθέσιο	Αλίτης
C ₂ S	2CaO•SiO ₂	Πυριτικό διασθέσιο	Βελίτης
C ₃ A	3CaO•Al ₂ O ₃	Αργιλικό τριασθέσιο	Σελίτης
C ₄ AF	4CaO•Al ₂ O ₃ •Fe ₂ O ₃	Αργιλοσιδηρικό τετρασθέσιο	Φερρίτης

CEM I 42.5			
Oxides mass Fractions	(%)	Mass fractions Bogue composition	(%)
SiO ₂	20.63		
Al ₂ O ₃	4.73		
TiO ₂	0.25		
P ₂ O ₅	0.19	C ₃ S	55.32%
Fe ₂ O ₃	2.93		
Mn ₃ O ₄	0.07		
CaO	63.56		
MgO	1.52		
SO ₃	3.03		
K ₂ O	0.8		
Na ₂ O	0.2	C ₂ S	17.41%
Na ₂ O equiv	0.73		
L.O.I	2.09		

	Hydration Model	Hydration Particles	Pore Structure
Scenario 1			
Scenario 2			
Scenario 3			

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων –
Πορώδες Σκυροδέματος - Hymostruct



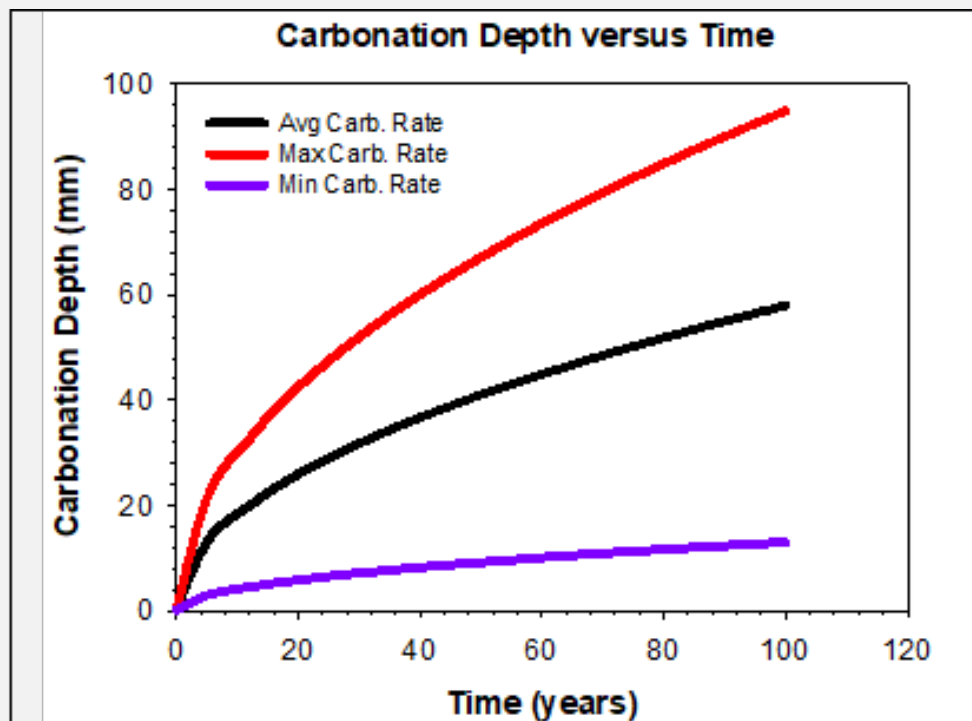
330Kg Τσιμέντο – $N/T=0,6$

340Kg Τσιμέντο – $N/T=0,6$

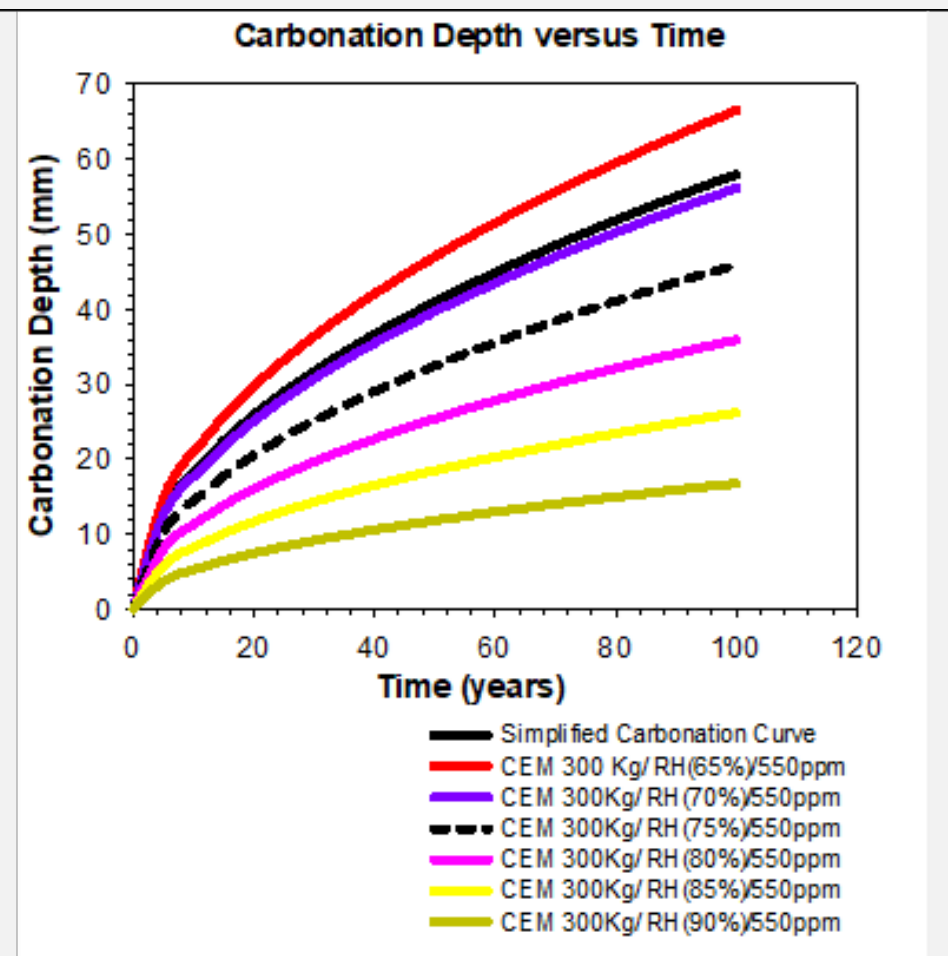
350Kg Τσιμέντο – $N/T=0,6$

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων



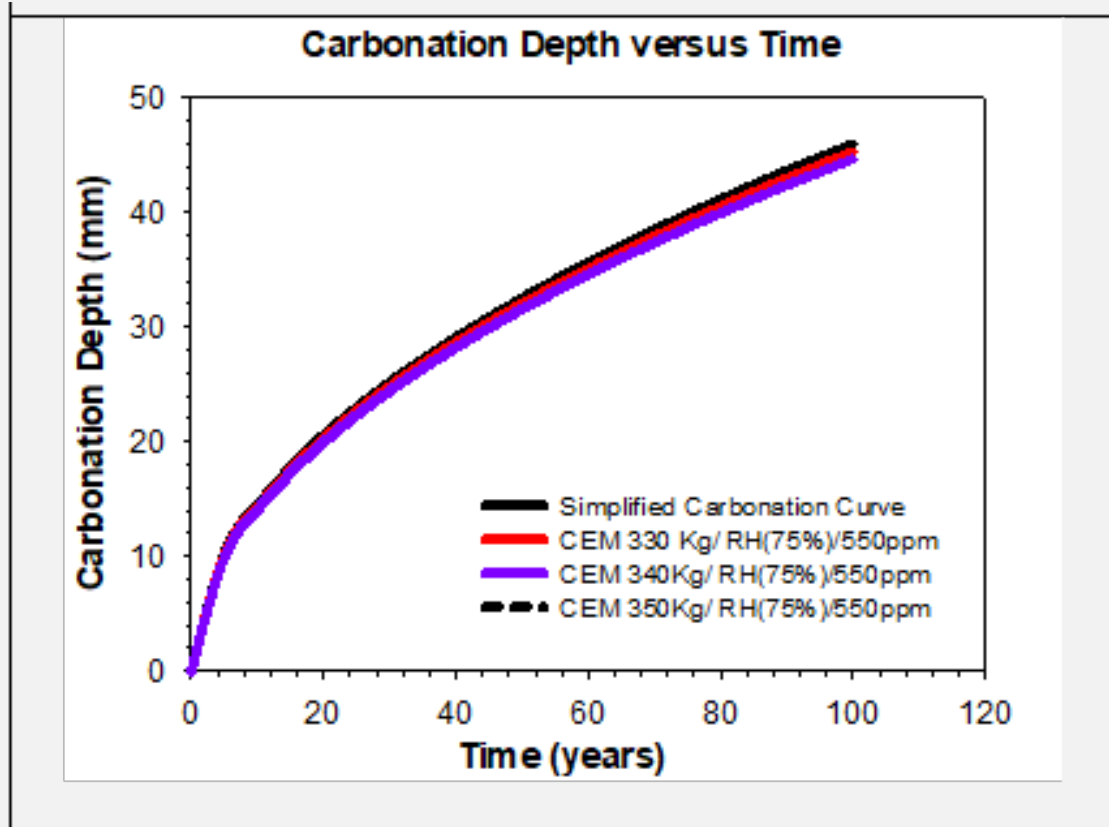
(a). Simplified Carbonation Model



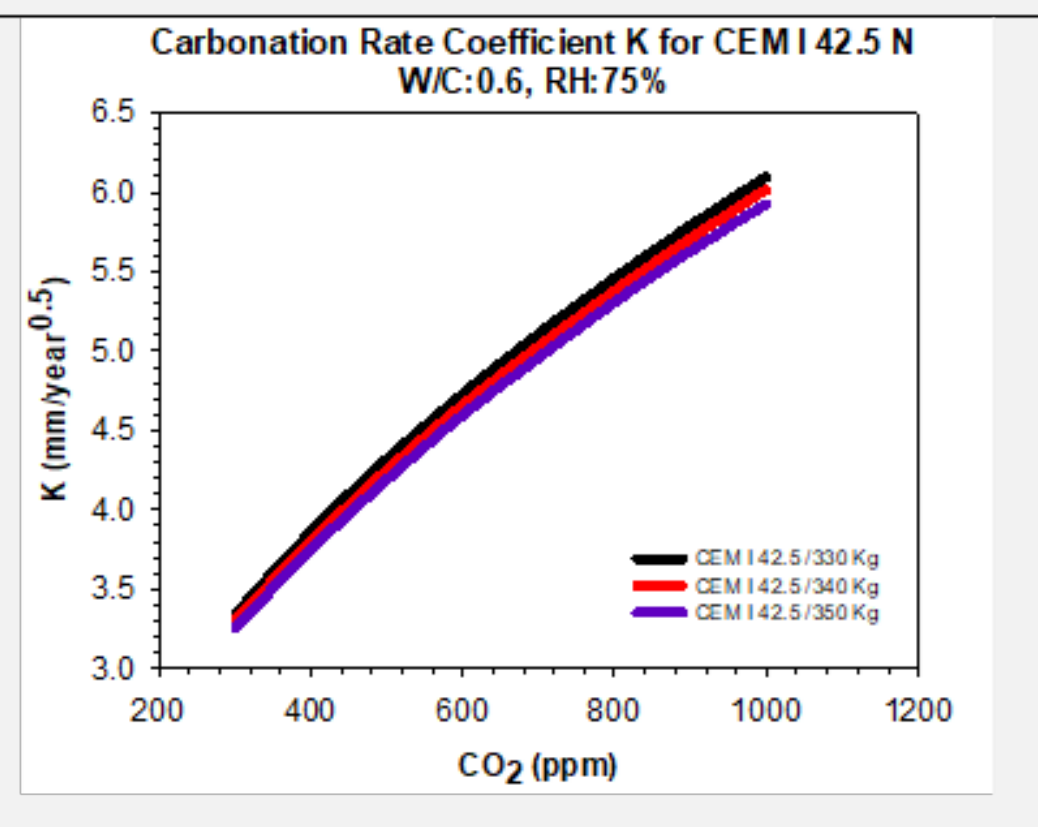
(b). Papadakis Model, Different humidity levels

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων



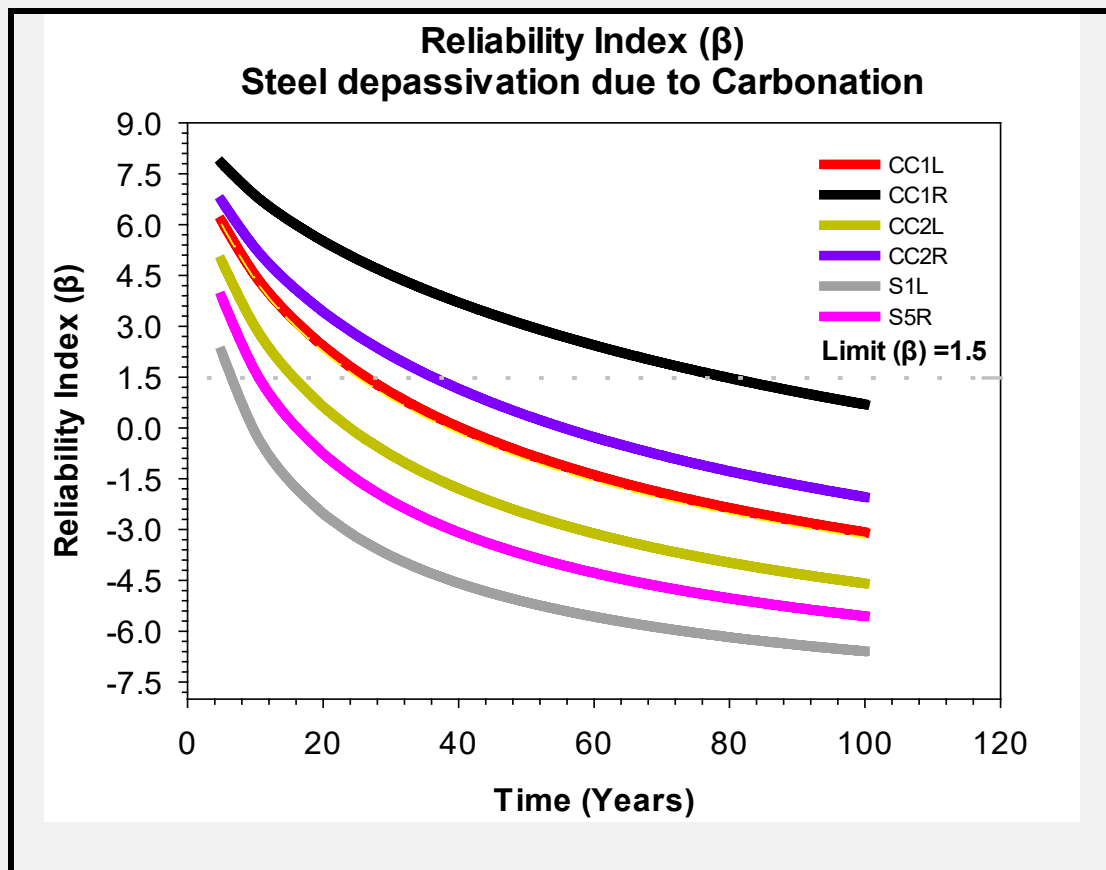
(c). Papadakis Model for different cement content at constant average ambient RH (75%) and average CO₂ Tunnel emissions (550ppm)



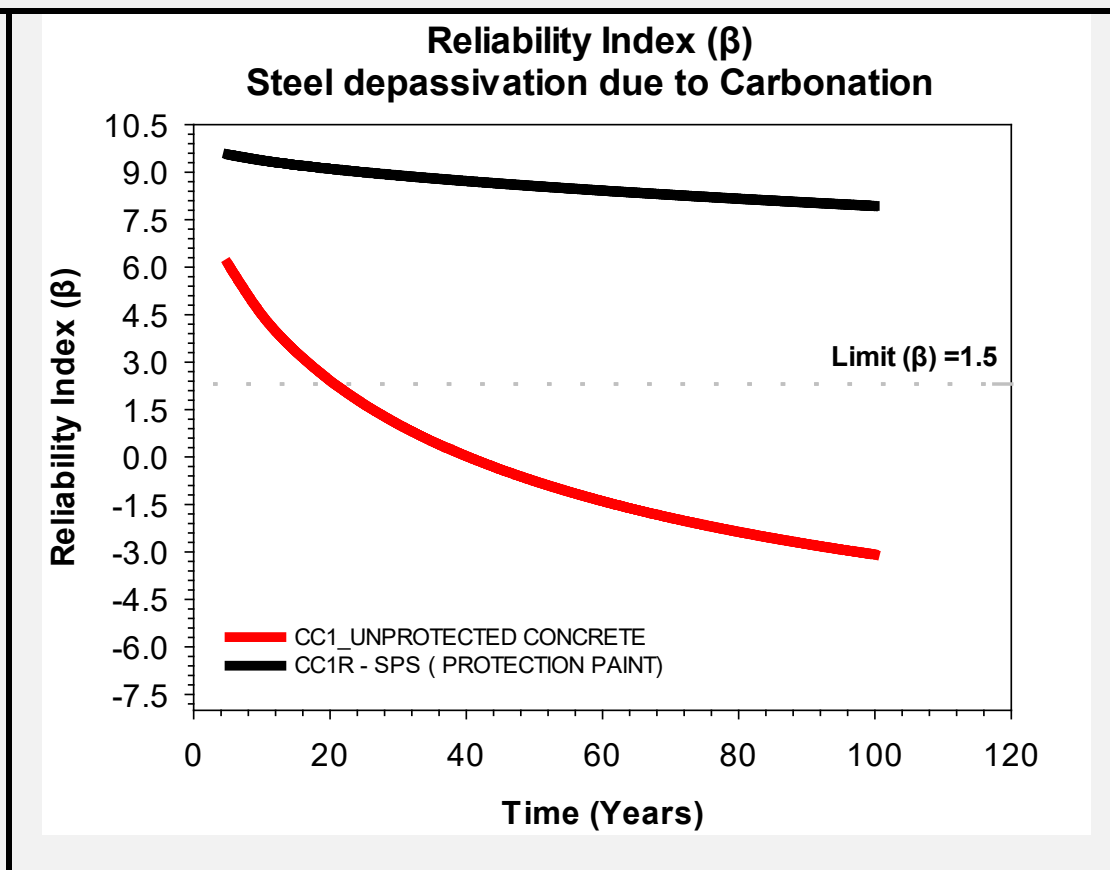
(d). Influence of CO₂ emissions (ppm) on Carbonation Coefficient K.

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις – Ενανθράκωση.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων



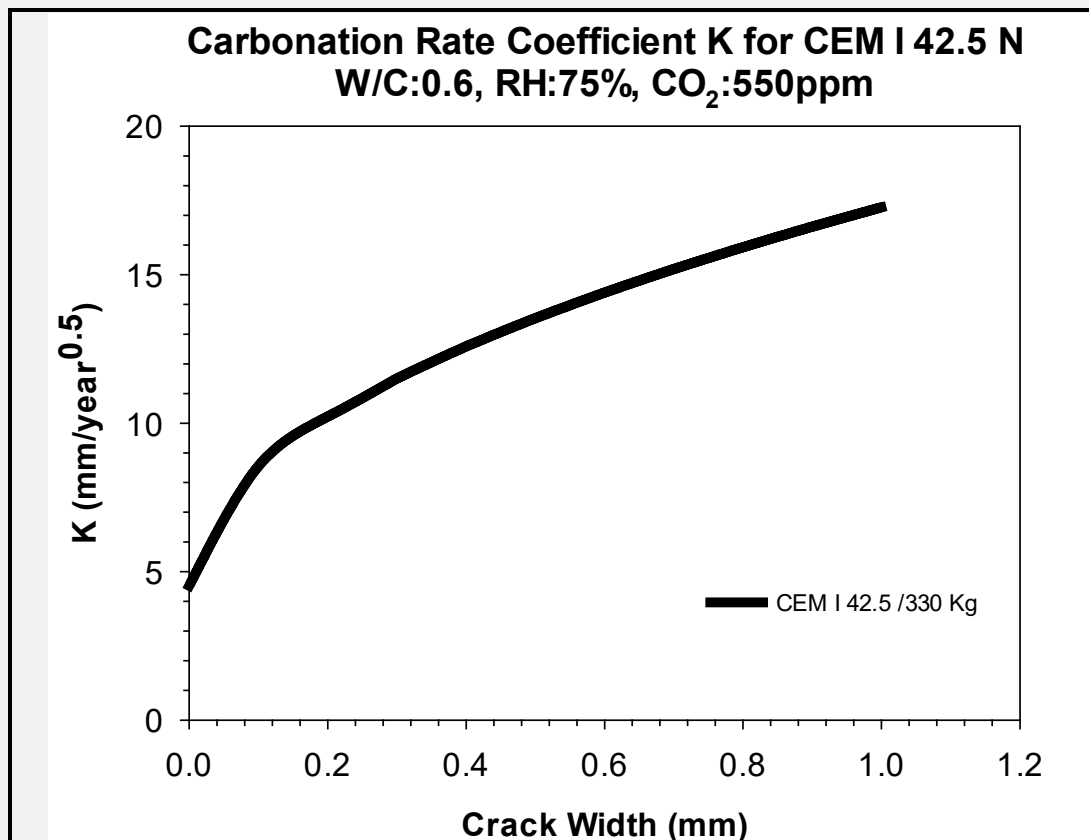
(a). Reliability Index (β) of unprotected concrete



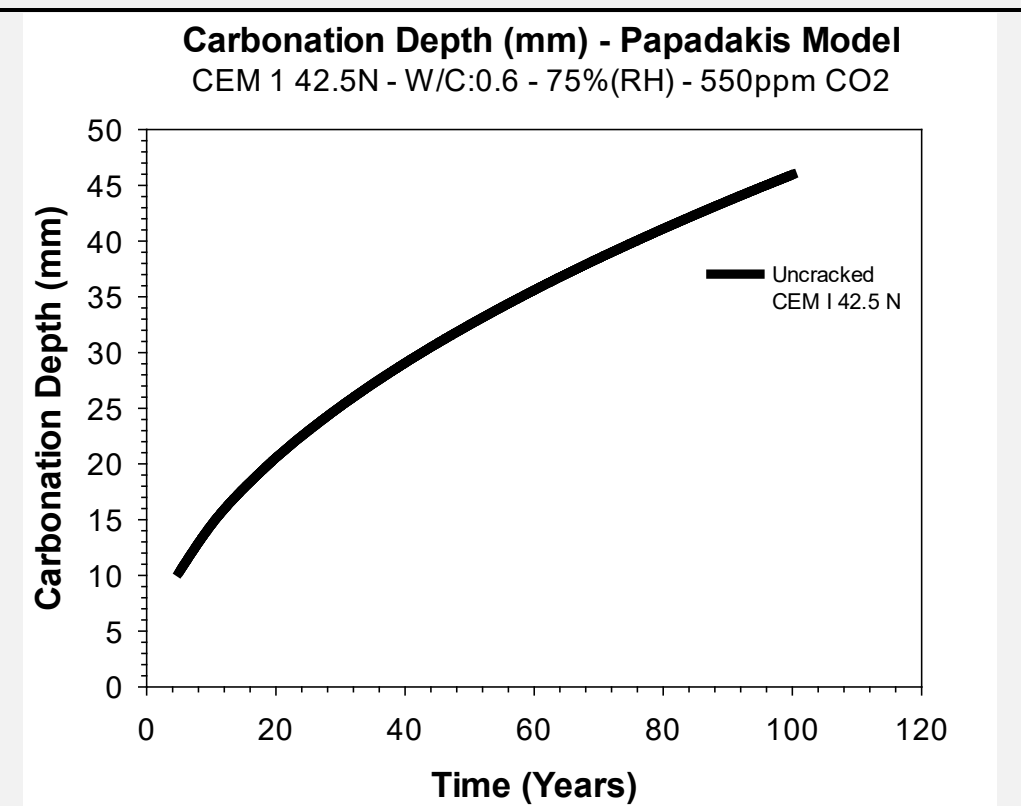
(b). Reliability Index (β) for SPS-protected concrete

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις - Ενανθράκωση.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων



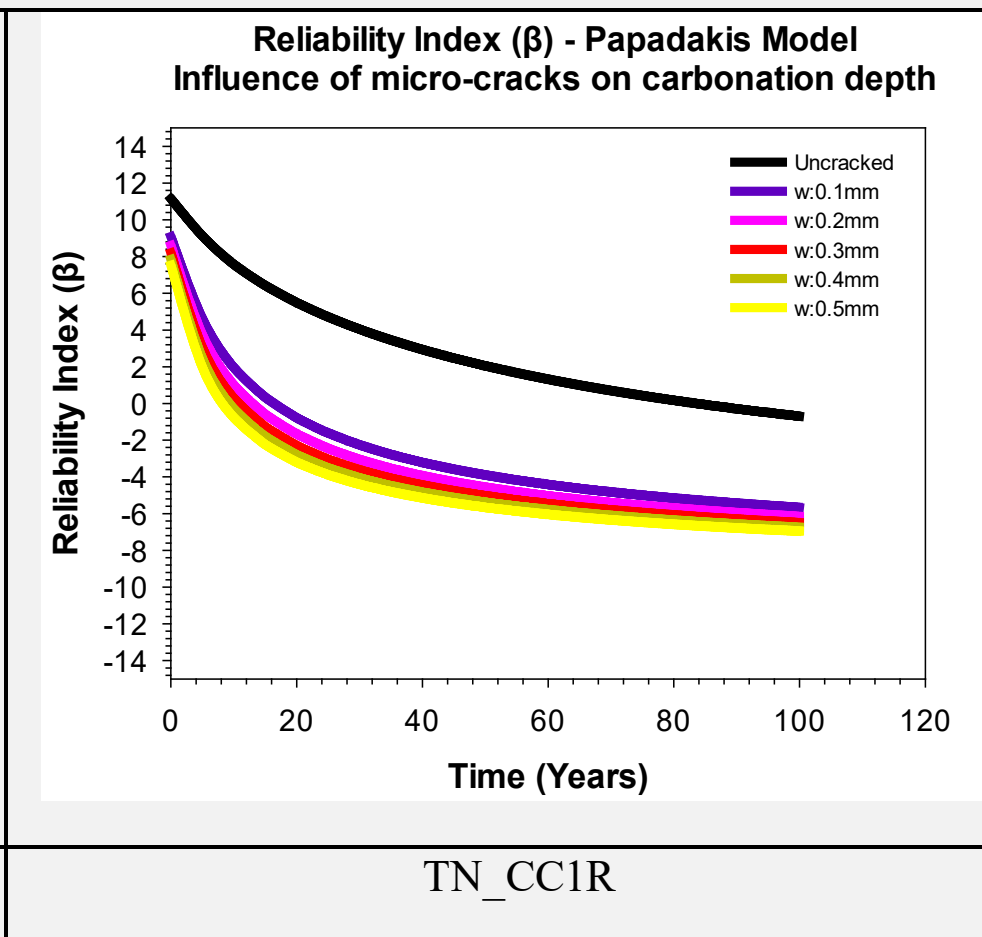
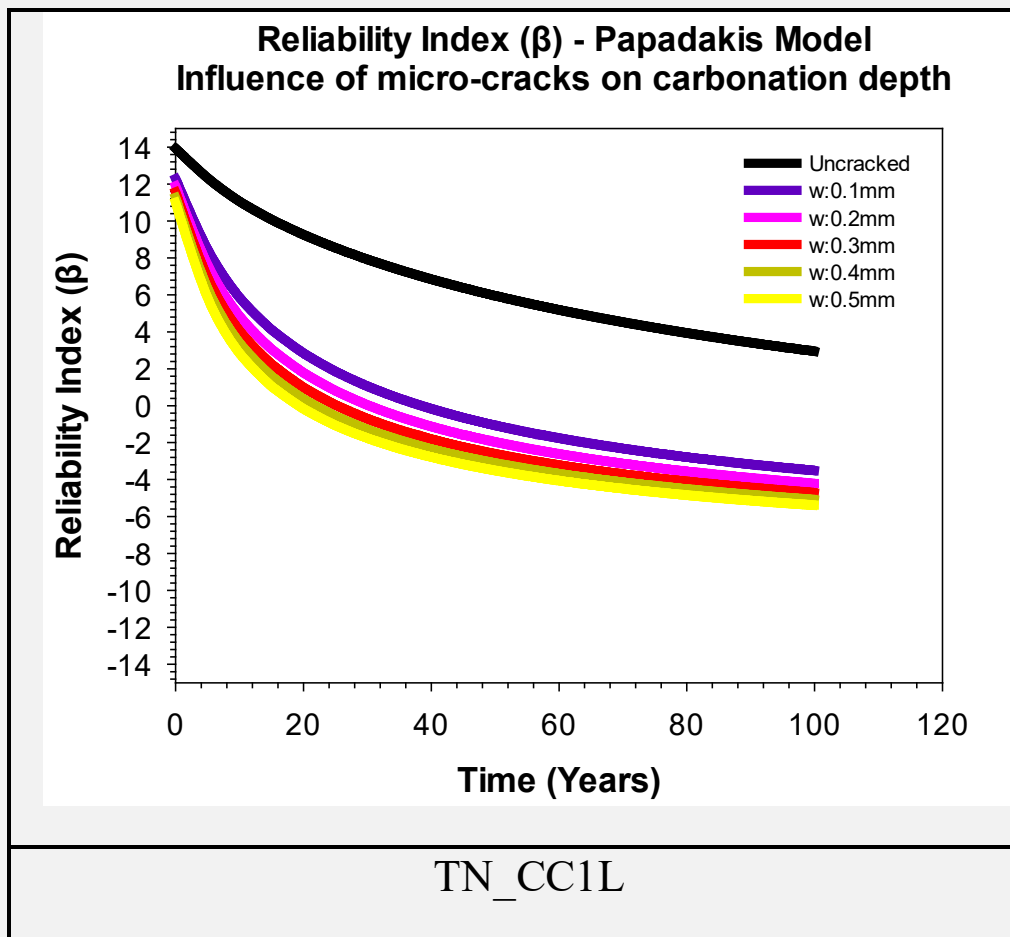
Micro-crack influence on Carbonation Coefficient K



Micro-crack influence on Carbonation Depth (mm)

Αντίσταση σκυροδέματος στις Περιβαλλοντικές Δράσεις - Ενανθράκωση.

Παράδειγμα Τελικής Επένδυσης Δίδυμων Σηράγγων



Μέτρηση Βάθους Ενανθράκωσης


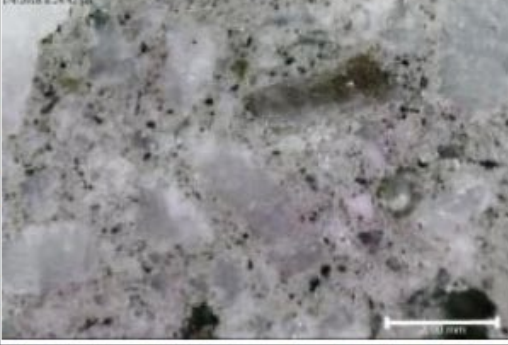

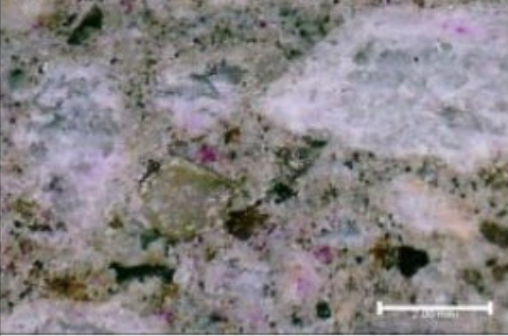

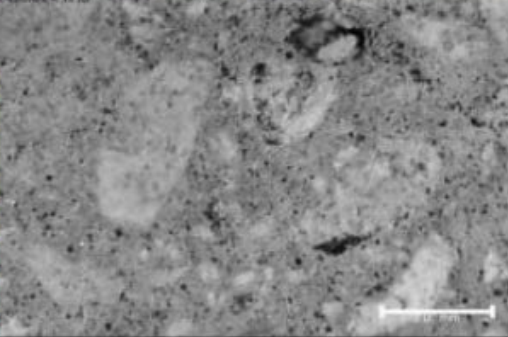
Μέτρηση pH

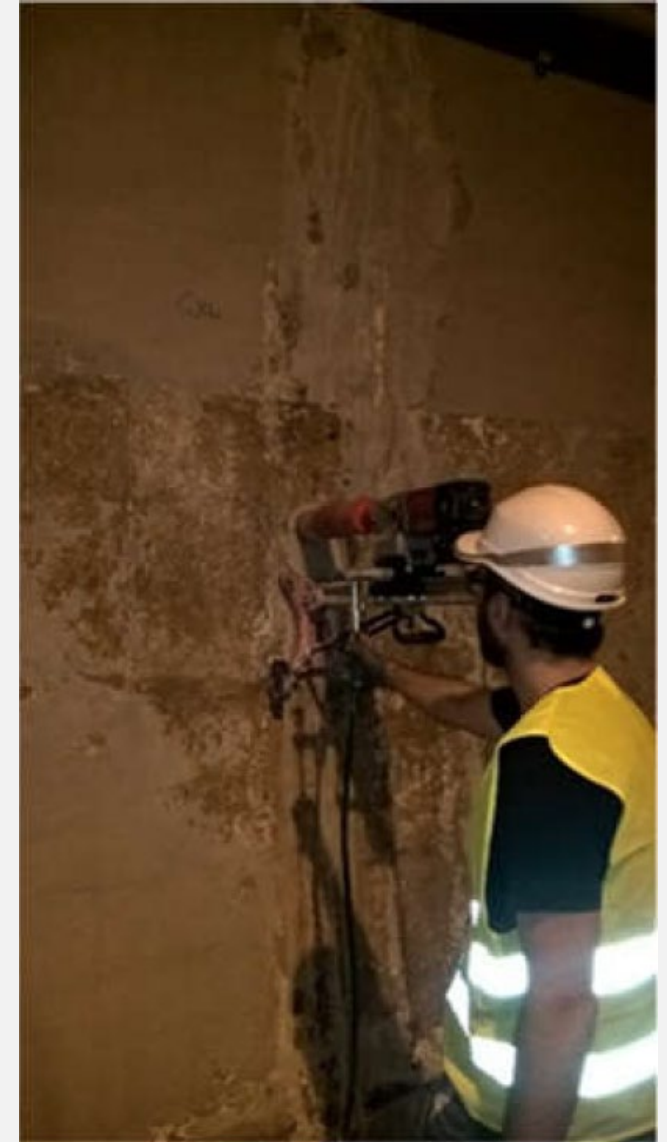
Η μέτρηση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος στο πεδίο, γίνεται με εφαρμογή χημικών δεικτών οι οποίοι αντιδρούν με την τσιμεντόπαστα και παράγουν χρωματικούς συνδυασμούς. Οι βασικοί τύποι είναι οι κάτωθι:

- ❑ Μονοχρωματικοί δείκτες (deep purple indicators), π.χ διαλύματα φαινολοφθαλείνης. Οι δείκτες αντιδρούν σε pH μεταξύ 8.5 και 9
- ❑ Οι πολυχρωματικοί δείκτες (rainbow indicators) αντιδρούν σε ένα μεγάλο εύρος pH και δίνουν την δυνατότητα ανίχνευσης του ρυθμού μείωσης της αλκαλικότητας καθώς και τον προσδιορισμό του επιπέδου της χημικής προσβολής (EN206-1).

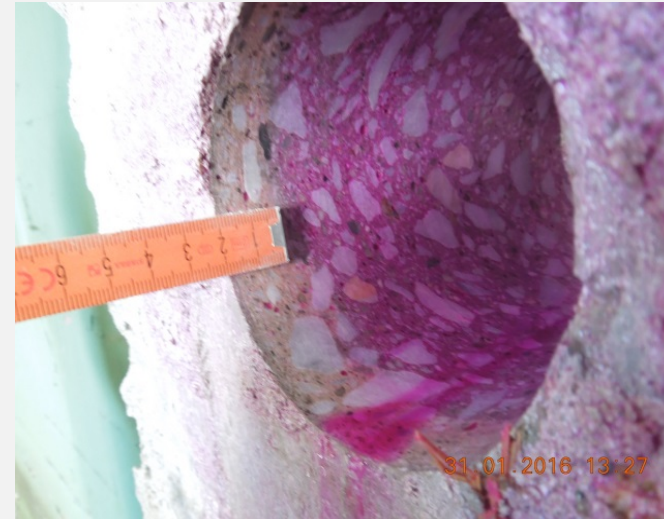


Μέτρηση Βάθους Ενανθράκωσης

α/α	Δείγμα	Φωτογραφία Δείγματος	Αλκαλικότητα pH (Rainbow indicator)	Πετρογραφική Ανάλυση Δείγματος																		
1	K3		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Depth (cm)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>9</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>	Depth (cm)	pH	1	7	2	7	3	9	4	9	5	10	6	10	7	10	8	10	
Depth (cm)	pH																					
1	7																					
2	7																					
3	9																					
4	9																					
5	10																					
6	10																					
7	10																					
8	10																					
2	K2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Depth (cm)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> </tbody> </table>	Depth (cm)	pH	1	6	2	6	3	7	4	7	5	7	6	7	7	8	8	9	
Depth (cm)	pH																					
1	6																					
2	6																					
3	7																					
4	7																					
5	7																					
6	7																					
7	8																					
8	9																					
3	K7		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Depth (cm)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td></tr> <tr><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>9</td></tr> <tr><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>	Depth (cm)	pH	1	7	2	7	3	7	4	7	5	8	6	9	7	9	8	10	
Depth (cm)	pH																					
1	7																					
2	7																					
3	7																					
4	7																					
5	8																					
6	9																					
7	9																					
8	10																					



Μέτρηση Βάθους Ενανθράκωσης



Πρόβλεψη Βάθους Ενανθράκωσης

Κατασκευή	Υποσύλωμα Κ2 Νηπιαγωγείο Νίκαιας , Λάρισα	
Έτος Κατασκευής	1974	Notes
Έτος Επιθεώρησης	2016	
Ηλικία	42	
n =	0.5	

Βάθος Ενανθράκωσης
 $d_{c1}(\text{mm}) = K * (t_1)^{0.5}$

Statistics	Επικάλυψη (mm)	Βάθος Ενανθράκωσης (mm)	k	Χρόνος Έναρξης της διάβρωσης (Years)	Ενανθράκωση σε έτη
Average	28.0	20.6	3.2	38	31.9
S.D.	2.3	1.9	0.3	22	2.9
Maximum	31.0	24.0	3.7	83	37.0
Minimum	24.0	18.0	2.8	8	27.8

Survey Location	Επικάλυψη (mm)	Βάθος Ενανθράκωσης (mm)	k	Χρόνος Έναρξης της διάβρωσης (Years)	Ενανθράκωση σε έτη
Σημείο Κ3-1	31	22	3.39	41	33.9
Σημείο Κ3-2	30	21	3.24	44	32.4
Σημείο Κ3-3	28	23	3.55	20	35.5
Σημείο Κ3-4	28	24	3.70	15	37.0
Σημείο Κ3-5	27	20	3.09	35	30.9
Σημείο Κ3-6	31	18	2.78	83	27.8
Σημείο Κ3-7	30	18	2.78	75	27.8
Σημείο Κ3-8	29	21	3.24	38	32.4
Σημείο Κ3-9	25	21	3.24	18	32.4
Σημείο Κ3-10	24	20	3.09	18	30.9
Σημείο Κ3-11	28	19	2.93	49	29.3
Σημείο Κ3-12	28	18	2.78	60	27.8
Σημείο Κ3-13	29	22	3.39	31	33.9
Σημείο Κ3-14	24	22	3.39	8	33.9

Μελλοντική Πρόβλεψη

$$d_{c2} = d_{c1} \sqrt{\frac{t_2}{t_1}}$$

Πρόβλεψη Βάθους Ενανθράκωσης – Δείκτες Αξιοπιστίας (β)

Παράδειγμα Υπολογισμού Δείκτη Αξιοπιστίας Νηπιαγωγείο Νίκαιας Λάρισας

Table A2-2: Recommended minimum values for reliability index β for use in SLD (intended for the design life time)

Exposure Class – Eurocode 2	Description	Reliability Class	SLS ¹	ULS
			Depassivation ^{2,3}	Collapse
XC ³	Carbonation	RC1	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	3.7 ($p_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.2 ($p_f \approx 10^{-5}$)
		RC3	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.4 ($p_f \approx 10^{-6}$)
XD ³	Deicing salt	RC1	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	3.7 ($p_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.2 ($p_f \approx 10^{-5}$)
		RC3	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.4 ($p_f \approx 10^{-6}$)
XS ³	Seawater	RC1	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	3.7 ($p_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.2 ($p_f \approx 10^{-5}$)
		RC3	1.3 ($p_f \approx 10^{-1}$)	4.4 ($p_f \approx 10^{-6}$)

¹ A SLS reliability of $\beta = 1.3$ in consequence could lead to lower ULS reliabilities than usually required by the codes, cp. ISO 2394. That means for very aggressive climates, higher values for β_{SLS} are required, cp. Annex R, in order to fulfil the ULS requirements.

Όπως παρουσιάζεται στο φύλλο υπολογισμού, η επικάλυψη των οπλισμών στα δομικά στοιχεία μετρήθηκε με Μέση τιμή $\mu_c = 28\text{mm}$ και τυπική απόκλιση $\sigma_c = 2.3\text{mm}$.

Το βάθος ενανθράκωσης έχει μέση τιμή $\mu_{cb} = 20.6\text{mm}$ και τυπική απόκλιση $\sigma_{cb} = 1.9\text{mm}$

Η περίοδος έκθεσης είναι 42 έτη και το ζητούμενο είναι ο υπολογισμός του δείκτη αξιοπιστίας β (SLS) στα 60 χρόνια έκθεσης.

Συνεπώς:

$$\mu_{cb(60)} = \mu_{cb(42)} (60/42)^{0.5} = 24.62\text{mm}$$

$$\sigma_{cb(60)} = \sigma_{cb(42)} [\mu_{cb(60)}/\mu_{cb(42)}] = 2.27\text{mm}$$

$$\mu_{z60} = \mu_c - \mu_{cb60} = 28 - 24.62 = 3.38\text{m}$$

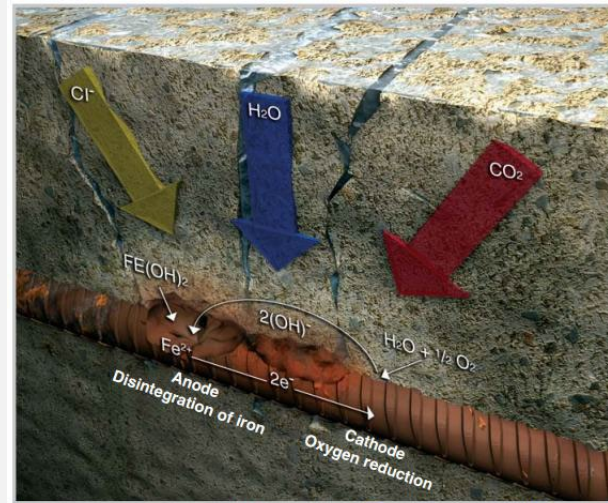
$$\sigma_{z60} = (\sigma_c^2 + \sigma_{cb60}^2)^{0.5} = (2.3^2 + 2.27^2)^{0.5} = 3.23\text{mm}$$

$$\text{Ο δείκτης αξιοπιστίας } (\beta) \text{ στα 60 έτη: } \beta_{60} = \mu_{z60}/\sigma_{z60} = 3.38/3.23 = 1.046 < 1.3$$

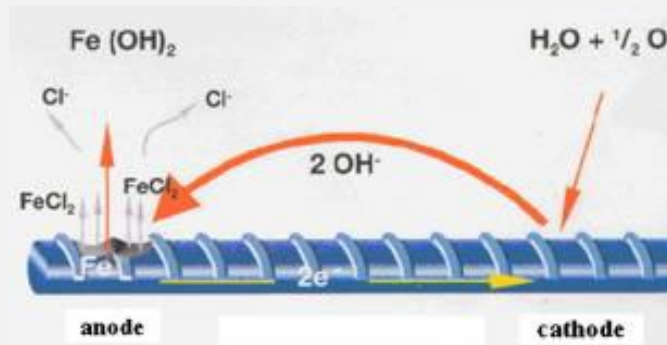
Προσβολή από Χλωριόντα

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η σύγχρονη θεωρία που περιγράφει την επίδραση των χλωριόντων στη διάβρωση του χάλυβα, είναι η **θεωρία του μεταβατικού συμπλόκου**. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, τα χλωριόντα μπορούν να διαπεράσουν το προστατευτικό στρώμα οξειδίων μέσα από τους πόρους του στρώματος με μεγαλύτερη ευκολία από τα άλλα ιόντα. Μπορεί ακόμα να διαλύσουν το στρώμα οξειδίων κάνοντας ευκολότερη τη διείσδυσή τους. Η επιφάνεια του μετάλλου απορροφά τα χλωριόντα, το δε δυναμικό μειώνεται δραματικά (ΑΝΟΔΟΣ), ενώ οι παραπλήσιες περιοχές έχουν μεγάλο δυναμικό (ΚΑΘΟΔΟΣ).

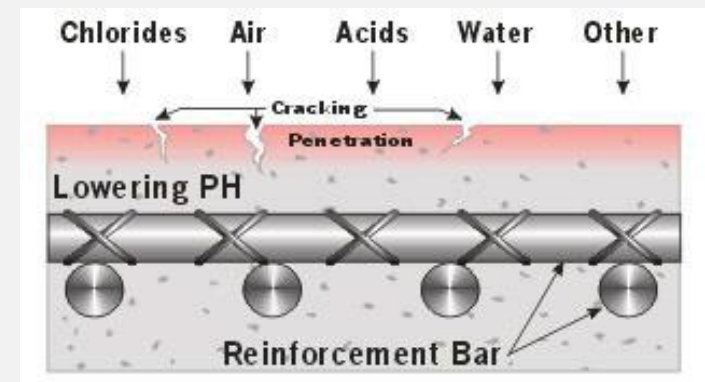


Principle of reinforcement corrosion: ■ = air (CO₂) ■ = moisture (H₂O) ■ = salts (Cl)



Στις μικρές ανοδικές περιοχές, τα χλωριόντα ενώνονται με τα ιόντα του σιδήρου για να σχηματίσουν ένα ευδιάλυτο σύμπλοκο μόριο χλωριούχου μετάλλου. Το σύμπλοκο αυτό μόριο μπορεί να απομακρυνθεί από την άνοδο, να οξειδωθεί σε κάποια περιοχή (κάθοδος) και να ελευθερώσει το χλωριόν, επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία διαβρώσεως.

(Θ.Π.Τασσιος – Κ.Αλιγιζάκη)



Προσβολή από Χλωριόντα

Σκυρόδεμα και Χλωριόντα

- ❑ Ικανότητα συγκράτησης των χλωριόντων σε μορφή αβλαβούς άλατος (Άλας Friedell). Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από τη περιεκτικότητα του Αργιλικού Τριασβεστίου C_3A στο τσιμέντο.
- ❑ Αλκαλικότητα Σκυροδέματος – Πτώση της αλκαλικότητας μειώνει την ικανότητα συγκράτησης – μεταφορά του μετώπου χλωριόντων σε μεγαλύτερο βάθος (συγκράτηση από υγιές σκυρόδεμα).
- ❑ Τύπος χλωριόντων ($NaCl$, $CaCl_2$). Το χλωριούχο νάτριο δεν μεταβάλλει το pH στους πόρους του σκυροδέματος, αντίθετα το χλωριούχο ασβέστιο το μεταβάλλει. Το χλωριούχο ασβέστιο προκαλεί μεγαλύτερη διάβρωση από το χλωριούχο νάτριο με συντελεστή διάχυσης $D_{CaCl_2} = 4 * D_{NaCl}$
- ❑ Λόγος $Cl/OH < 0.6$ σε αλκαλικό σκυρόδεμα ($pH > 11$).

Προσβολή από Χλωριόντα

Όρια Συγκέντρωσης (% κ.β σκυροδέματος ή τσιμέντου)

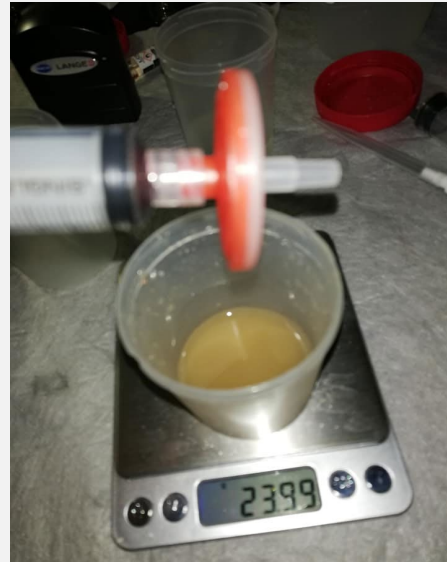
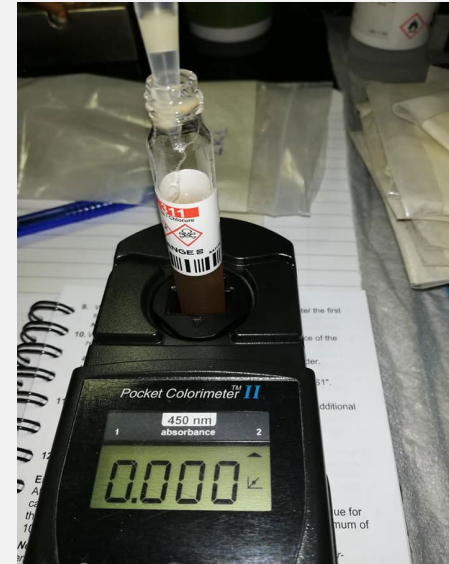
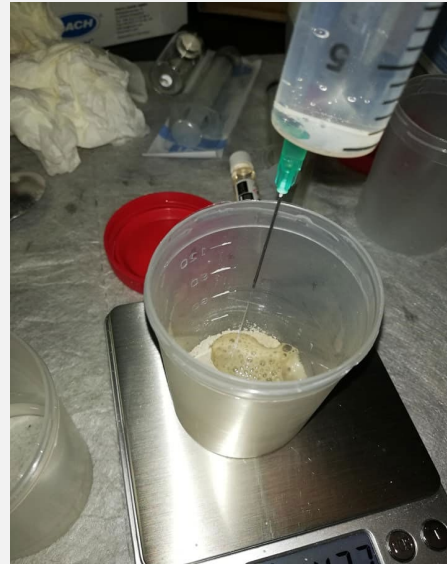
□ **AASHTO T -260-84:** 0.025% κ.β Σκυροδέματος σε αλκαλικό σκυρόδεμα

Γενικά υπάρχει μεγάλη διασπορά στα όρια που συναντάμε στη διεθνή βιβλιογραφία.

Διαφωνία μεταξύ ερευνητών σχετικά με τη μέτρηση των χλωριόντων
(Ελεύθερα - Συνολικά χλωριόντα)

Επικρατέστερη μέθοδος υπολογισμού – Συνολικά Χλωριόντα % κ.β σκυρ.

Προσβολή από Χλωριόντα



Προσβολή από Χλωριόντα

Υπολογισμός χρονοεπάρκειας K37 – ΚΤΙΡΙΟ Β:

Από(mm)	Μέχρι(mm)	Μέσος (mm)	Cl (%)	C-C _i	(C-C _i) ^{0.5}	Σχεδιασμός
0	15	7,5	0,062	0.0528	0.229783	0.229783
15	30	22,5	0,052	0.0428	0.206882	0.206882
30	45	37,5	0,046	0.0368	0.191833	0.191833

Η αρχική συγκέντρωση χλωριόντων σε βάθος απο 80mm μέχρι 91mm υπολογίστηκε στα:

$C_i = 0.0092\%$ Cl κ.β σκυροδέματος

Απο τη γραμμική παλινδρόμηση της συσχέτισης των $(C-C_i)^{0.5}$ και Μέσος (mm), προκύπτει η εξίσωση:

$Y = -0.0013X + 0,238$, απο τη οποία η αρχική συγκέντρωση χλωριόντων μπορεί να υπολογιστεί ως: $C_s = 0.238^2 + 0.0092 = 0.0658\%$ Cl κ.β σκυροδέματος.

Ο συντελεστής διάχυσης των χλωριόντων $D_o = (0.238/0.0013)^2 / (12 * t)$

Όπου t η ηλικία της κατασκευής ίση με $t = 31$ χρόνια

Συνεπώς $D_o = (0.238/0.0013)^2 / (12 * 31) = 90.1 \text{mm}^2/\text{χρόνο}$.

Για τον πρώτο χρόνο της μέγιστης συγκέντρωσης 0.025% η τιμή K1 είναι:

$K1 = (1 - ((0.025 - 0.0092) / (0.0658 - 0.0092))^{0.5} * (12 * 90,1)^{0.5} = 15.51 \text{mm ανα (χρόνο)}^{0.5}$

Συνεπώς για μέση επικάλυψη 25mm, χρόνο έναρξης διάβρωσης είναι:

$T = (25/15.51)^2 = 2.6$ χρόνια, δηλαδή η χρονοεπάρκεια χωρίς προστασία είναι 3 χρόνια (2018).

Προσβολή από Χλωριόντα



RCT – Ποτενσιομετρική Τιτλοδότηση.

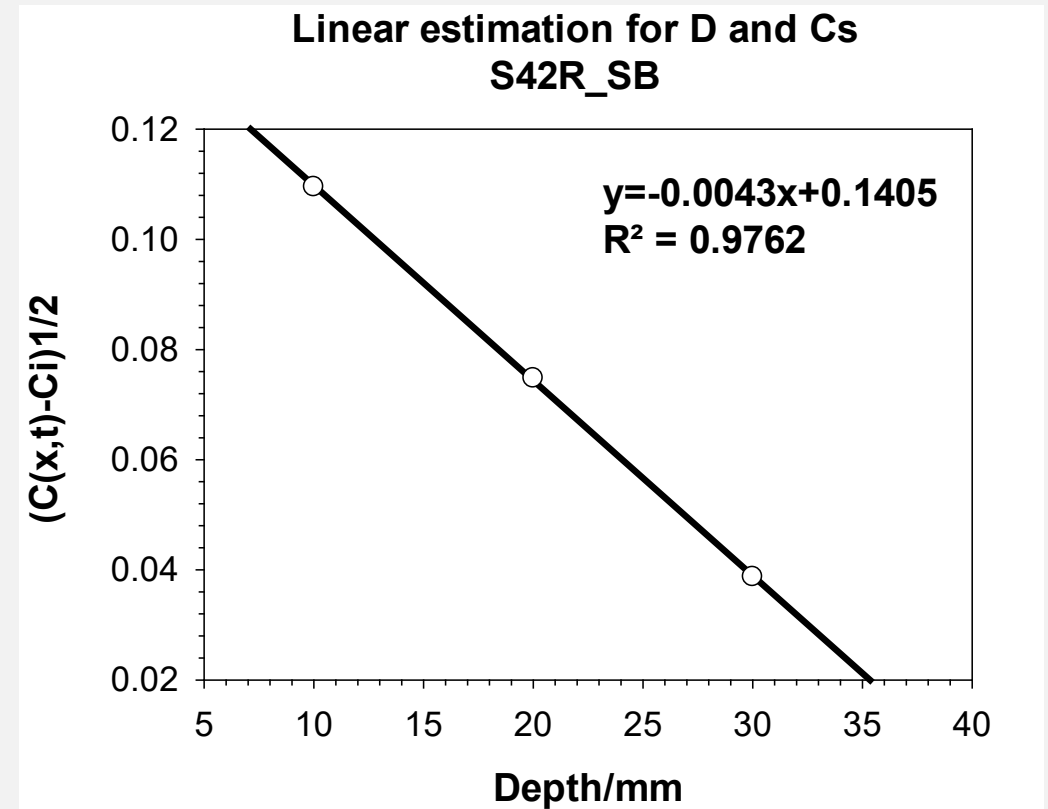
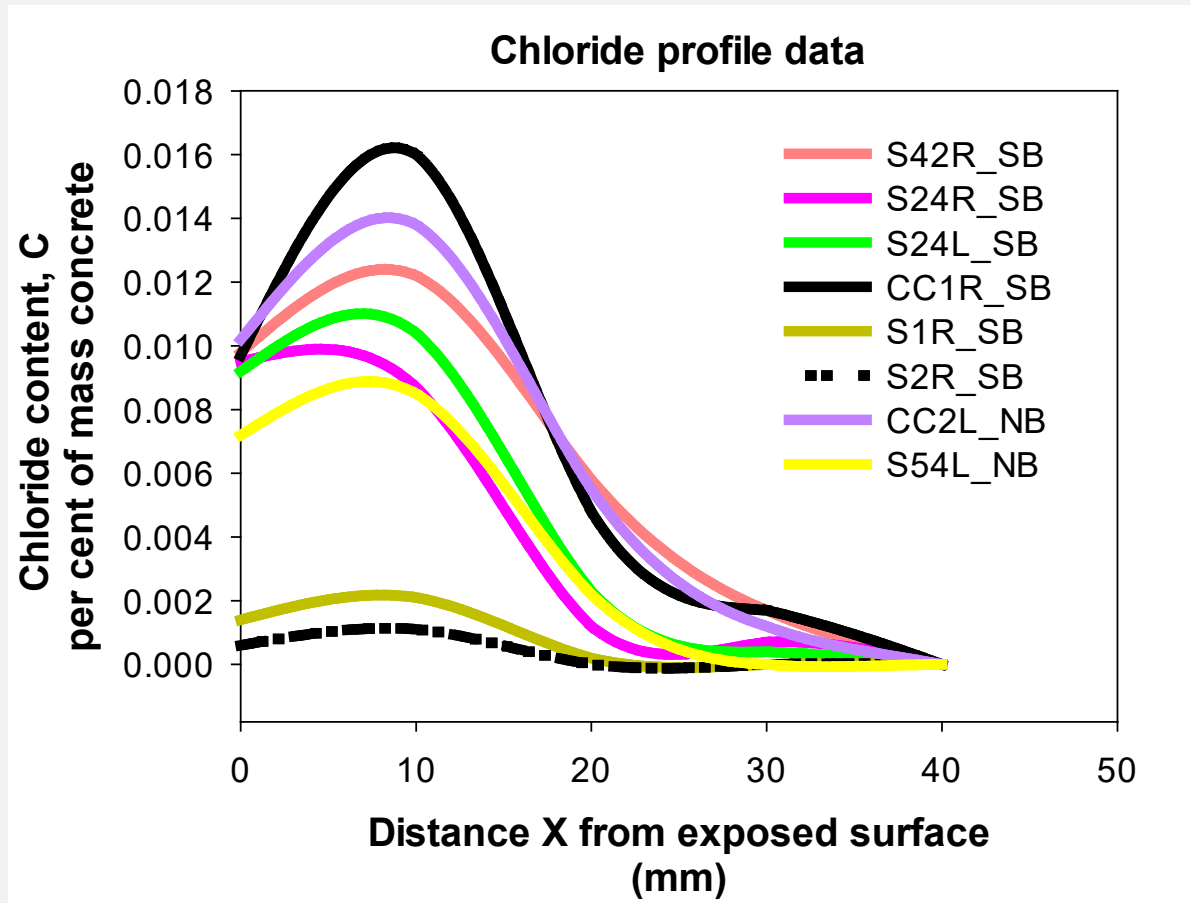


Ψεκασμός με διάλυμα AgNO_3 .













Τιτλοδότης Quantab.

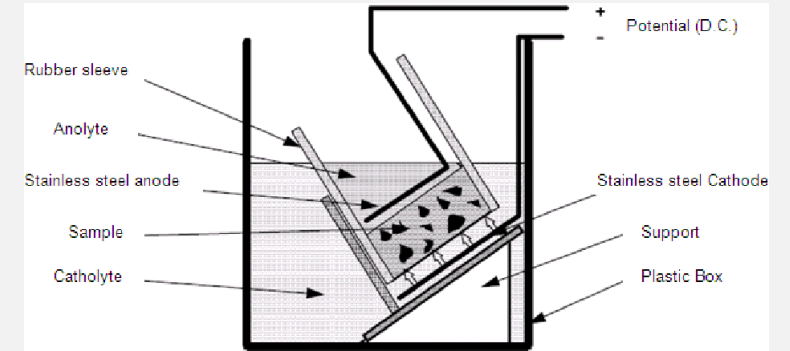
Προσβολή από Χλωριόντα



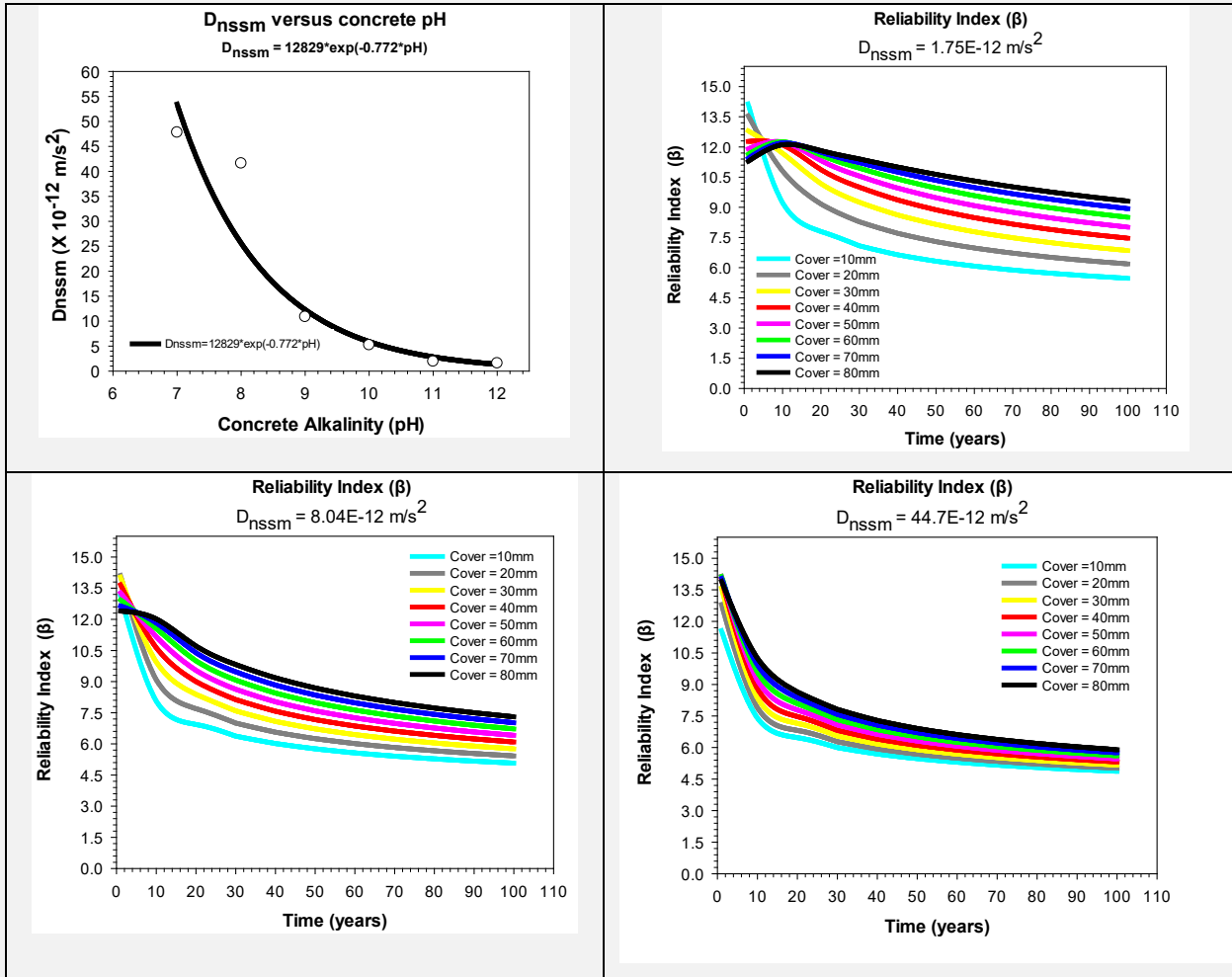
Προσβολή από Χλωριόντα

NT BUILD 492 Test Results – Determination of Chloride Diffusion Coefficient $D_{nssm} (\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}^2)$

Sample No	Core A		Core B	Core C	
S1					
		47.8	10.87		1.93
S2					
		41.6	5.2		1.57
Mean Values		44.7	8.03		1.75

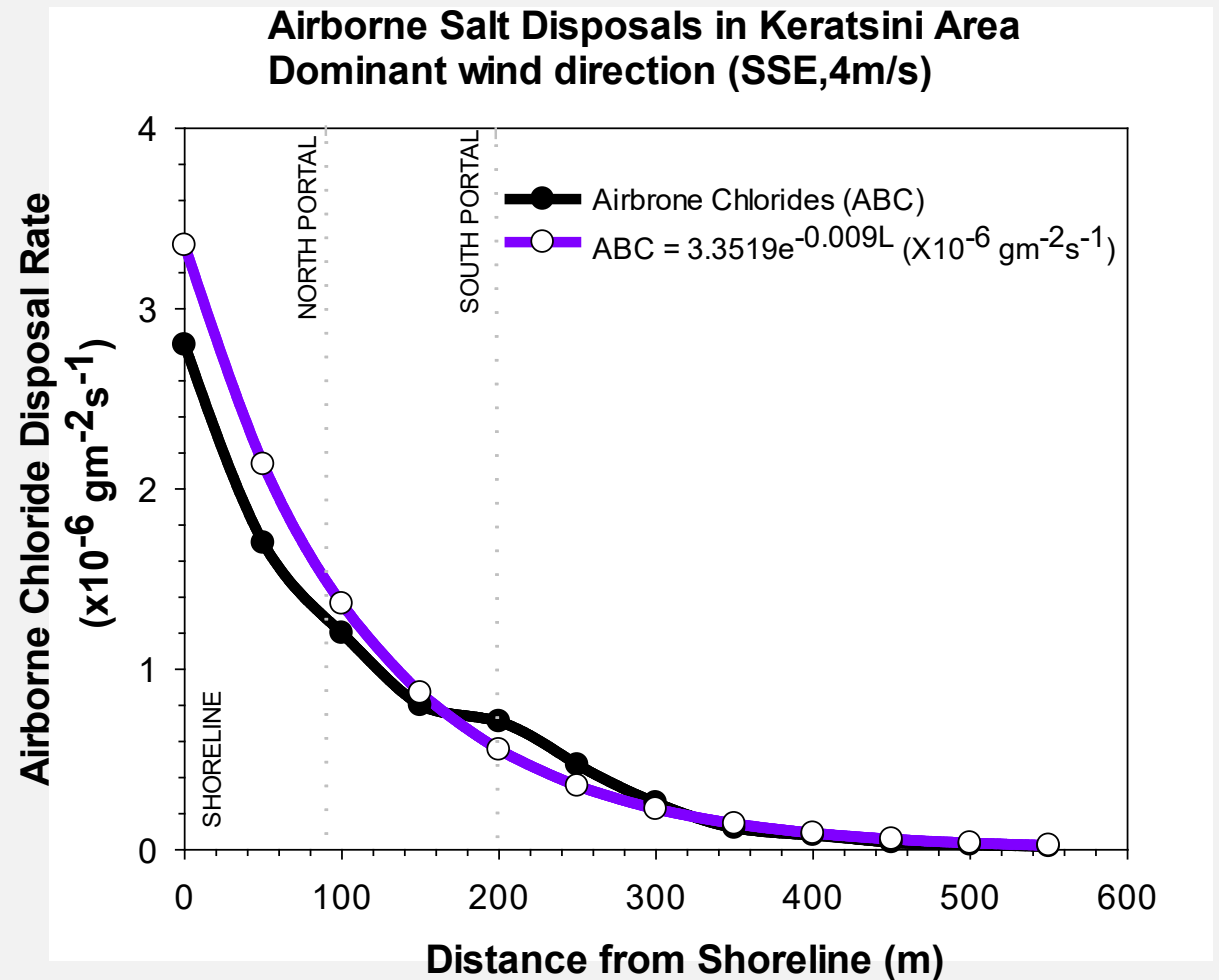
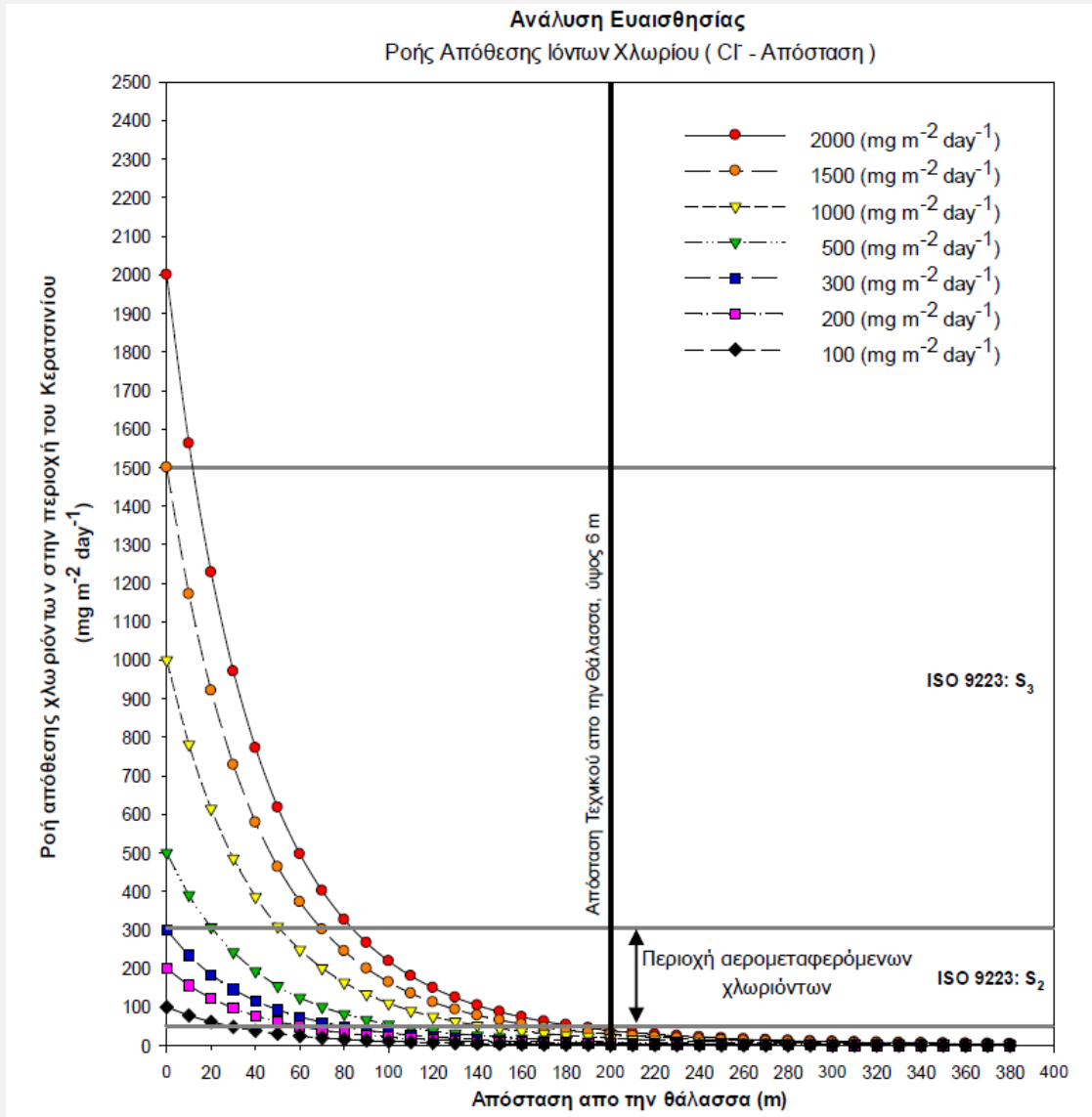


Προσβολή από Χλωριόντα

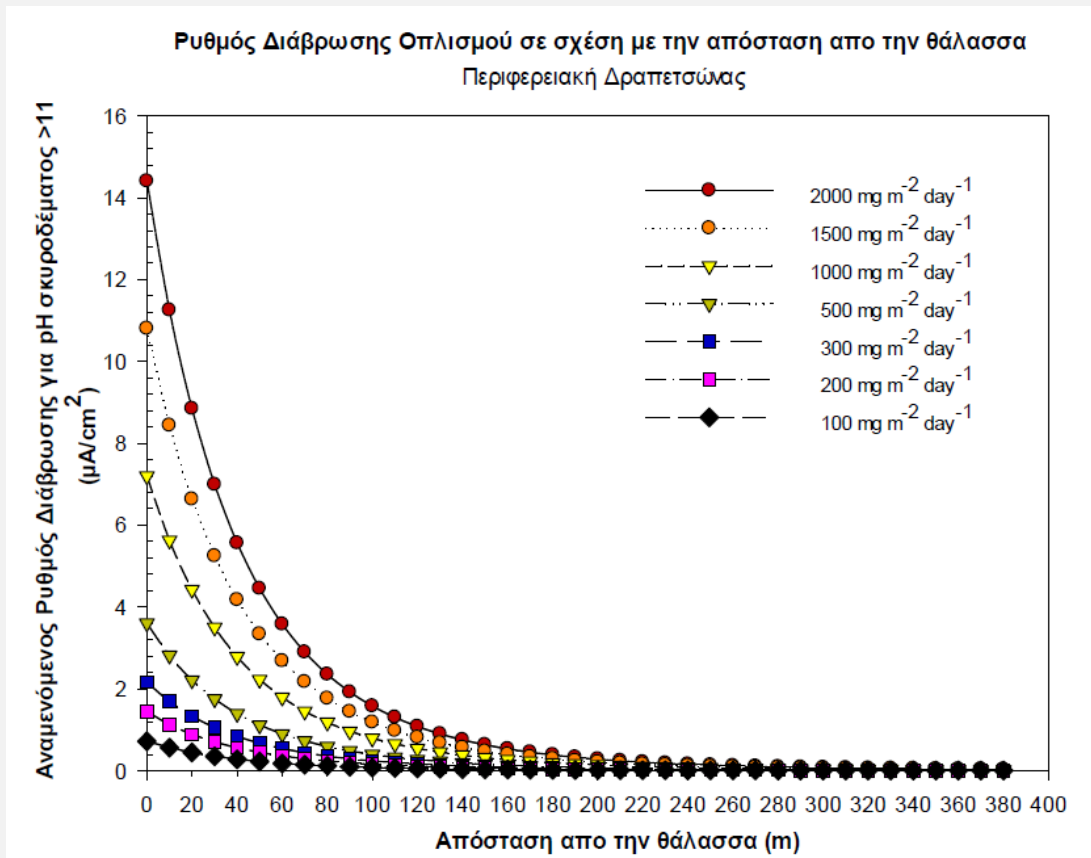


		Concrete Chloride Ion Concentrations									
No	Segment	Ppm Cl/Depth (mm)					% Cl w.t of concrete				
		0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
1	S42R_SB	98	122	58	17	0	0.0098	0.0122	0.0058	0.0017	0
2	S24R_SB	95	87	12	7	0	0.0095	0.0087	0.0012	0.0007	0
3	S24L_SB	92	104	23	4	0	0.0092	0.0104	0.0023	0.0004	0
4	CC1R_SB	97	160	48	17	0	0.0097	0.016	0.0048	0.0017	0
5	S1R_SB	14	21	2	0	0	0.0014	0.0021	0.0002	0	0
6	S2R_SB	6	11	0	0	0	0.0006	0.0011	0	0	0
7	CC2L_NB	102	138	55	12	0	0.0102	0.0138	0.0055	0.0012	0
8	S54L_NB	72	85	22	0	0	0.0072	0.0085	0.0022	0	0
9	S53L_NB	-	18	11	0	0	-	0.0018	0	0	0

Προσβολή από Χλωριόντα

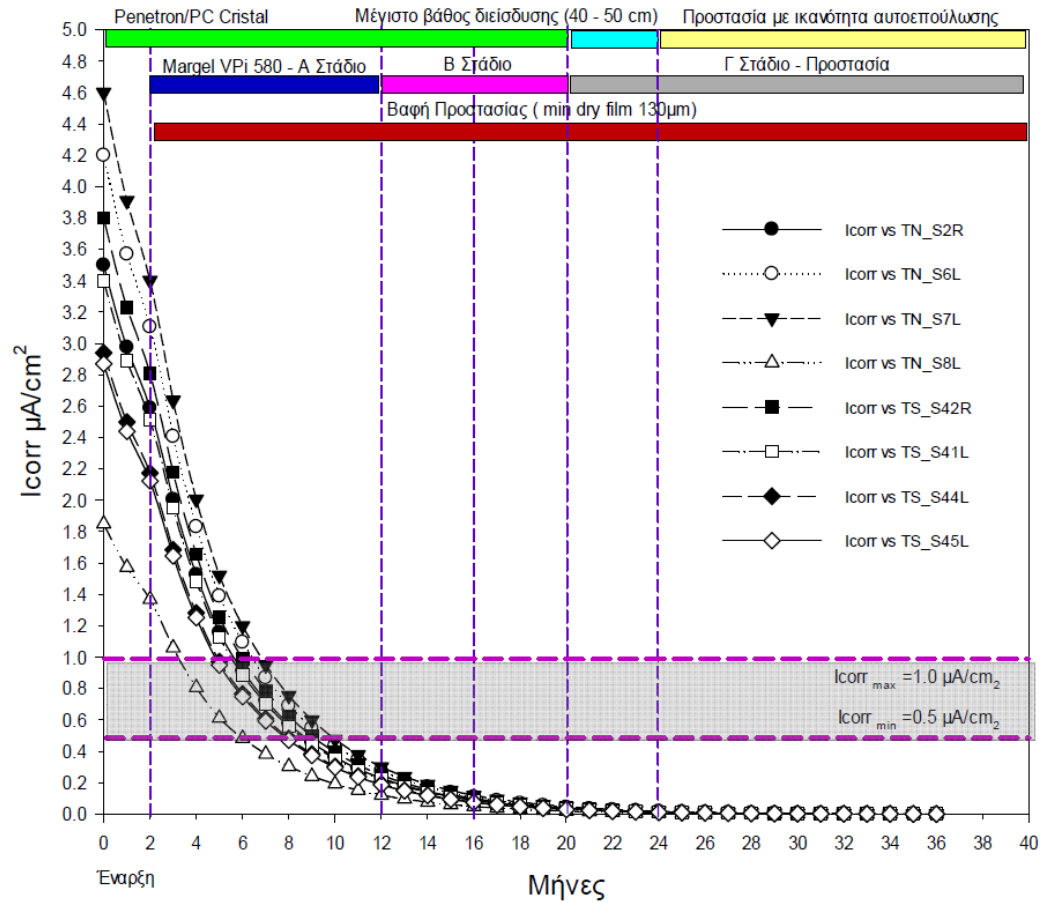


Προσβολή από Χλωριόντα



Προστασία έναντι διάβρωσης

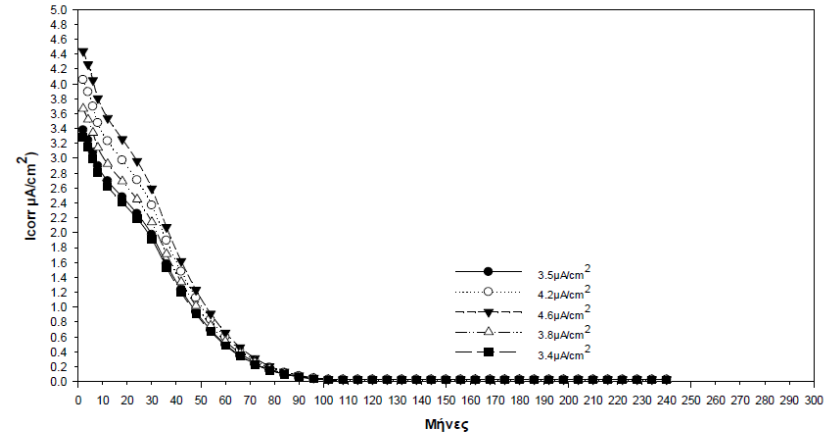
Απόδοση Επισκευών στον Χρόνο
Εμπειρική εξίσωση Concentral Group



Διάγραμμα 29: Απόδοση Συστήματος Προστασίας τους πρώτους 40 μήνες μετά την εφαρμογή του.

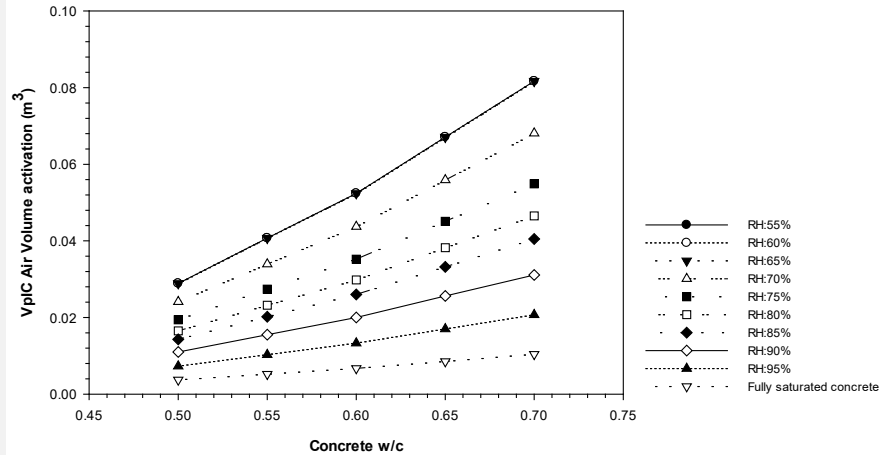
Μείωση ρυθμού Διάβρωσης Οπλισμών
Εφαρμογή Margel VPI 580 +Τσιμεντοειδές Ενεργών Κρυστάλλων + SPS

(Δεδομένα από εφαρμογές σε υφιστάμενες κατασκευές)



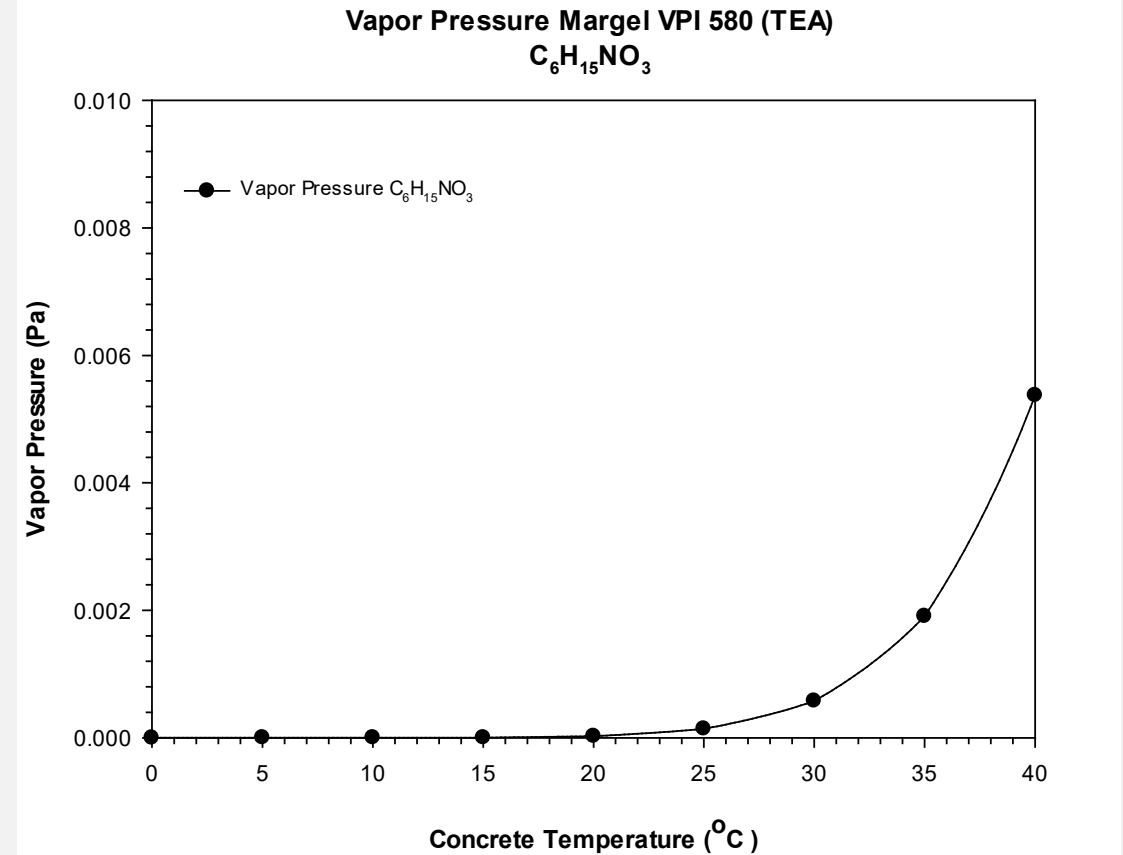
Εικόνα 46: Απόδοση Συστήματος Προστασίας για τους σπονδύλους. (Πρόταση επισκευής - Προστασίας).

Concrete Moisture Vs VpIC activation



Προστασία έναντι διάβρωσης

a/a	Sample	Amount of oxides gr/m ²	Margel VPI 580 efficiency
1	TsH(C1)	235.3	Yes (under consideration)
2	TsH(C2)	371.3	No
3	TsH (D)	668.1	No
4	TnH(C1)	190.6	Yes
5	TnH(C2)	725.0	No
6	TnH(C3)	111.5	Yes



Προστασία έναντι διάβρωσης

$$\text{Inhibitor Efficiency (\%)} = 100 \cdot (\text{CR}_{\text{uninhibited}} - \text{CR}_{\text{inhibited}}) / \text{CR}_{\text{uninhibited}}$$



Πριν την εφαρμογή του Αναστολέα Διάβρωσης Αέριας Φάσης 3 Σταδίων

$$I_{\text{corr max}} = 0.27 \mu\text{A}/\text{cm}^2 - I_{\text{corr min}} = 0.18 \mu\text{A}/\text{cm}^2$$

Προστασία έναντι διάβρωσης



1. Μετά απο 2 μήνες: efficiency 28%
2. Μετά απο 4 μήνες: efficiency 33,5%
3. Μετά απο 6 μήνες: efficiency 48%

Σε περιβάλλον με χλωριόντα - Επαλειφόμενος Βάθρο Γέφυρας – Προσβολή απο Χλωριόντα

μέση τιμή $I_{corr} = 8.78 \mu A/cm^2$

Συγκέντρωση $Cl^- = 0.32\%$ w.t concrete

pH = 6

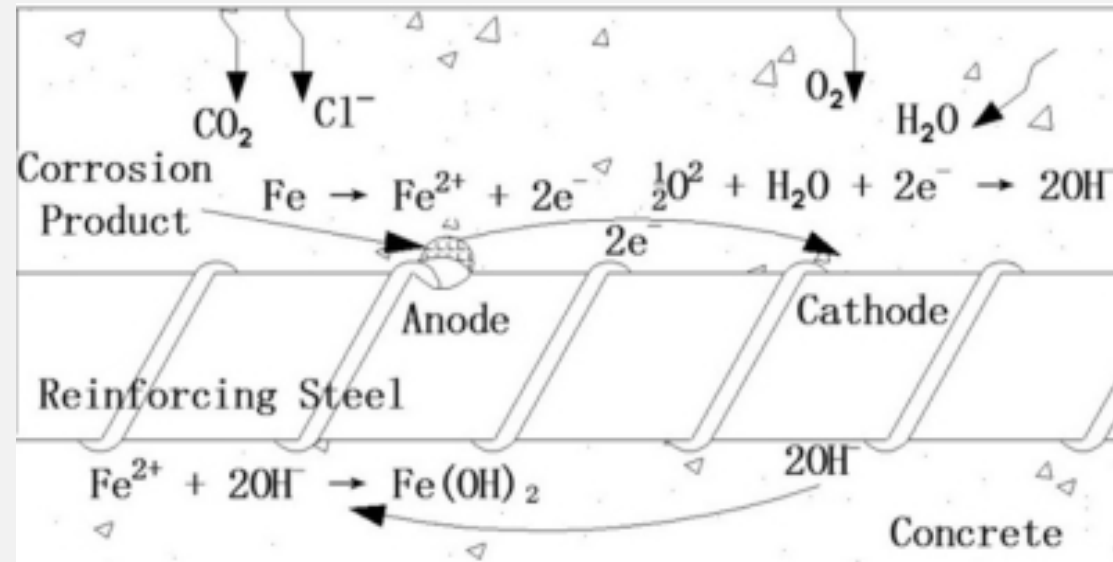
Μετά την εφαρμογή του αναστολέα διάβρωσης:

1 χρόνος: eff = 2%

2 Χρόνος: eff = 2%

3 Χρόνος: eff = -1.85% - Δεν λειτουργεί

Διάβρωση Οπλισμών - Ενανθράκωση



Άνοδος: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-}$

Κάθοδος: $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2(\text{OH})^{-}$

$\text{Fe}^{2+} + 2(\text{OH})^{-} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

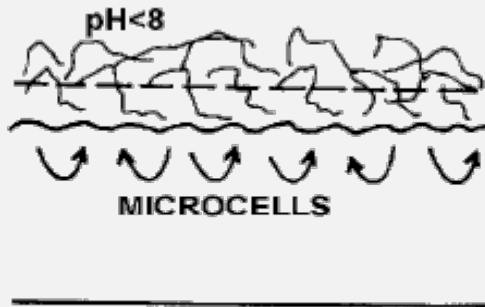
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO} \text{ ή } \text{Fe}_3\text{O}_4$ Προϊόντα Διάβρωσης

Το νερό των πόρων δρα ως ηλεκτρολύτης

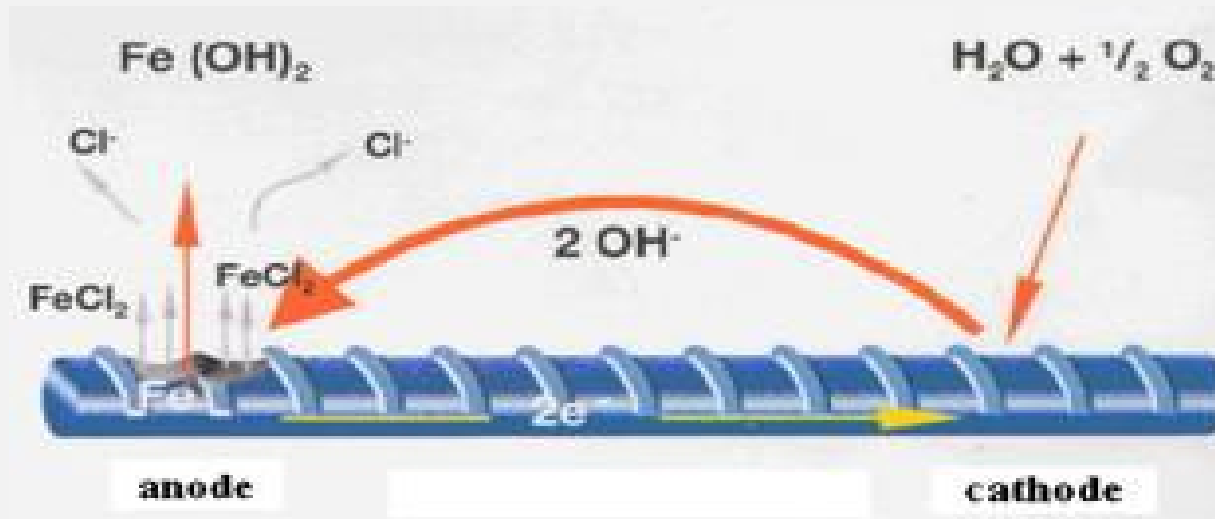
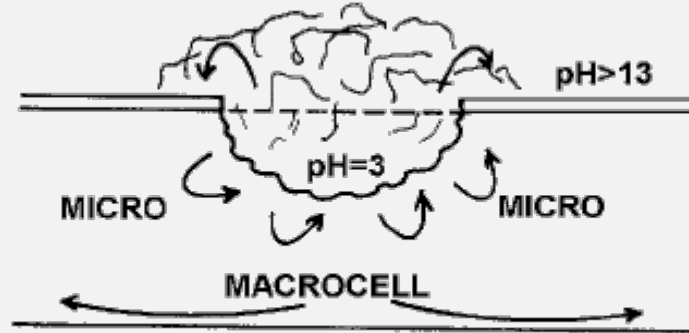
Ο οπλισμός προσφέρει την ηλεκτρική σύνδεση

Διάβρωση Οπλισμών - Χλωριόντα

Ενανθράκωση
Γενική Διάβρωση



Χλωριόντα
Τοπική Διάβρωση



Διάβρωση Οπλισμών – Ρυθμός Διάβρωσης

Έκφραση Ρυθμού Διάβρωσης $\mu\text{m}/\text{year}$

$$CR = \frac{\text{metal loss}}{\text{surface} \cdot \text{time}}$$

Έκφραση Ρυθμού Διάβρωσης, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

$$\frac{I \cdot t}{F} = \frac{\Delta w}{W_m / z} \quad [\text{C2}]$$

where I = electrical current in Amperes, t = time in seconds, F = Faraday's constant (96500 coulombs), Δw = mass or weight loss in grams, W_m = molecular weight of the metal and Z = valence exchanged.

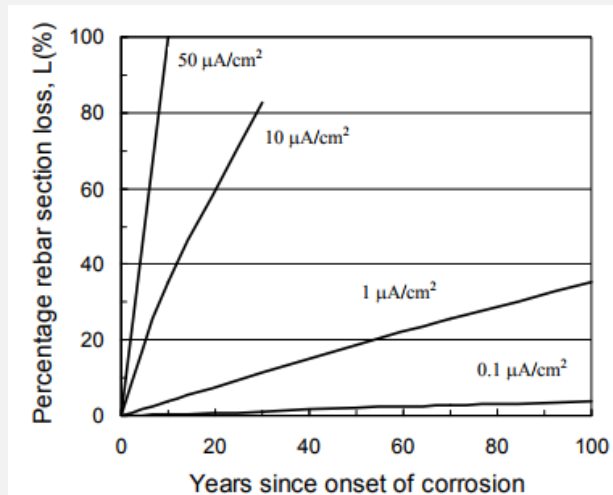
Διάβρωση Οπλισμών – Ρυθμός Διάβρωσης

Υπολογισμός διαμέτρου διαβρωμένου χάλυβα στο χρόνο

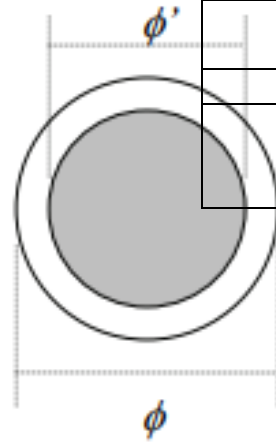
$$\phi' = \phi - 2 \cdot V_{corr} t = 2 \cdot 11.6 i_{corr} t$$

Υπολογισμός απώλειας διατομής (%) στο χρόνο

$$L(t, \phi) = 100 \{1 - (4 / \phi^2) (\phi / 2 - 0.0116 i_{corr} t)^2\}$$



Rebar dimension: 12 mm ϕ



Χαρακτηρισμός Κατηγορίας		I _{corr} (μA/cm ²)	
0	Κανένας κίνδυνος διάβρωσης		
	Ενανθράκωση	Μερικώς ενανθρακωμένα	Πλήρως ενανθρακωμένα
C1	Ξηρό ή μονιμα υγρό	0.01	0.01
C2	Υγρό, σπανίως ξηρό	0.1-0.5	0.2-0.5
C3	Μέτρια Υγρασία	0.05-0.1	0.1-0.2
C4	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης-ξήρανσης	0.01-0.2	0.2-0.5
Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα			
D1	Μέτρια Υγρασία		0.1-0.2
D2	Υγρό, σπανίως ξηρό		0.1-0.5
D3	Κυκλική εναλλαγή ύγρανσης - ξήρανσης		0.5-5
S1	Έκθεση σε αερομεταφερόμενα άλατα		0.5-5
S2	Μονίμως καλυμμένο με νερό		0.1-1.0
S3	Περιοχές υποκείμενες σε παλίρροια ή διαβροχή από κύματα ή ψεκασμό από θαλασσινό νερό.		1-10

Διάβρωση Οπλισμών – Ρυθμός Διάβρωσης

$$f_{\text{corr}} = (1 - 0.005 \times \text{A.M.}) \times f_y$$

Όπου:

f_{corr} : Όριο διαρροής διαβρωμένου χάλυβα, f_y : Όριο διαρροής αδιάβρωτου χάλυβα,

A.M: Απώλεια Μάζας (% απομείωσης διατομής)

Πίνακας 1. Αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού

α/α	Μάζα ανά μήκος (kg/m)	Ονομ. διάμετρος (mm)	Ονομ. διατομή (mm ²)	Πραγμ. διατομή (mm ²)	Τάση διαρροής f_y (MPa)	Εφελκυστική αντοχή f_t (MPa)	f_t/f_y	ϵ_s (%)
1	0,895	14	154	114	312	388	1,24	18
2	1,151	14	154	147	380	478	1,26	-
3	2,357	20	314	300	257	317	1,24	25

*Όπου υπάρχει (-) δεν ήταν δυνατή η μέτρηση.

$$f_{y(\text{corr})} = (1 - 0.005 \times 25.97) \times 380 = 331 \text{ MPa (312MPa)}, \text{ Διαφορά από εργαστήριο } 5.74\%$$

Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις

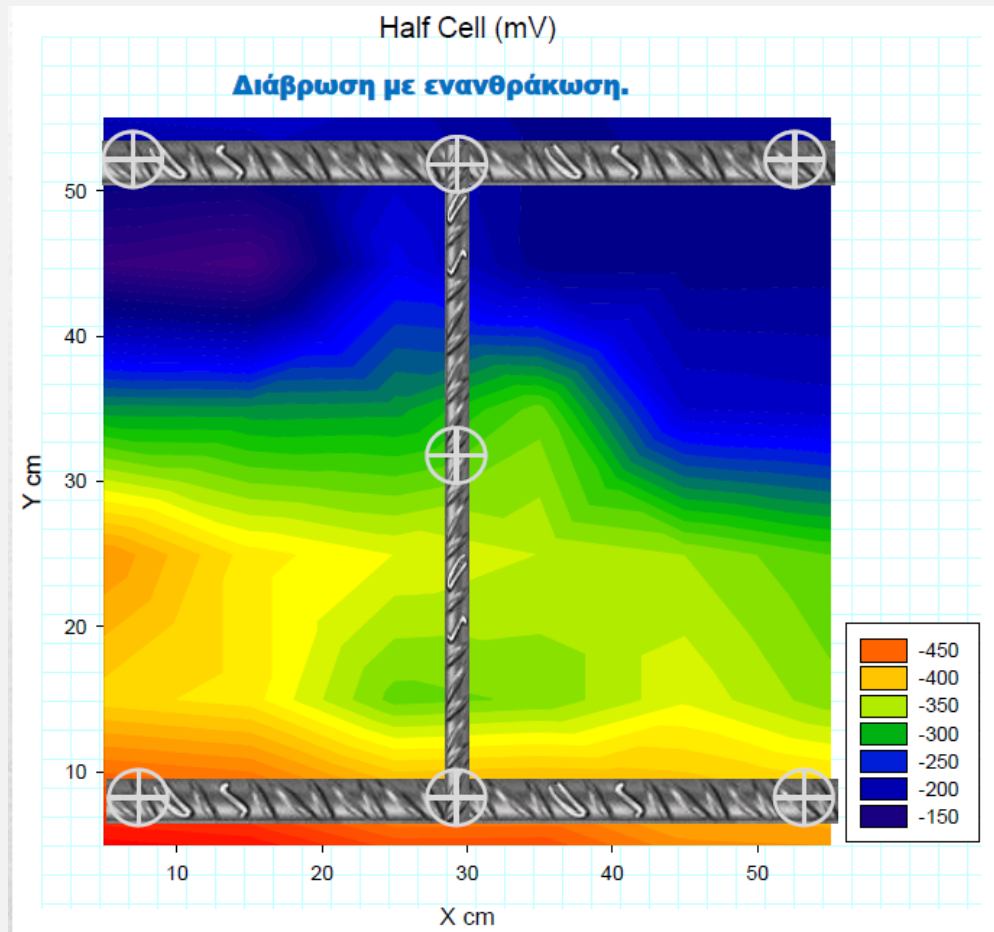


Table 1 Probability of corrosion vs Potential of corrosion

Probability of corrosion	Potential of corrosion vs electrode Cu/CuSO ₄ /V
10%	>0.2
Uncertainty	-0.2> to >-0.35
Greater than 90%	<-0.35



Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις



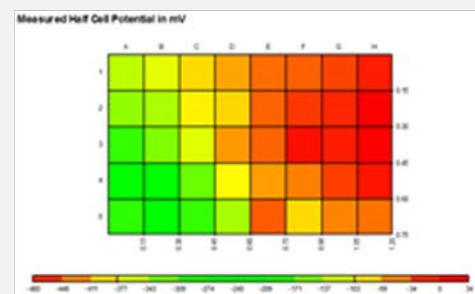
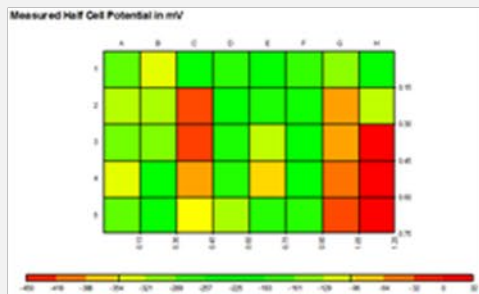
Η μέτρηση Ημι-Δυναμικού δίνει πληροφορίες σχετικά με τη πιθανότητα διάβρωσης.

Οι μετρήσεις εμπεριέχουν και σφάλματα λόγω της ενανθρακωμένης επιφάνειας του σκυροδέματος.

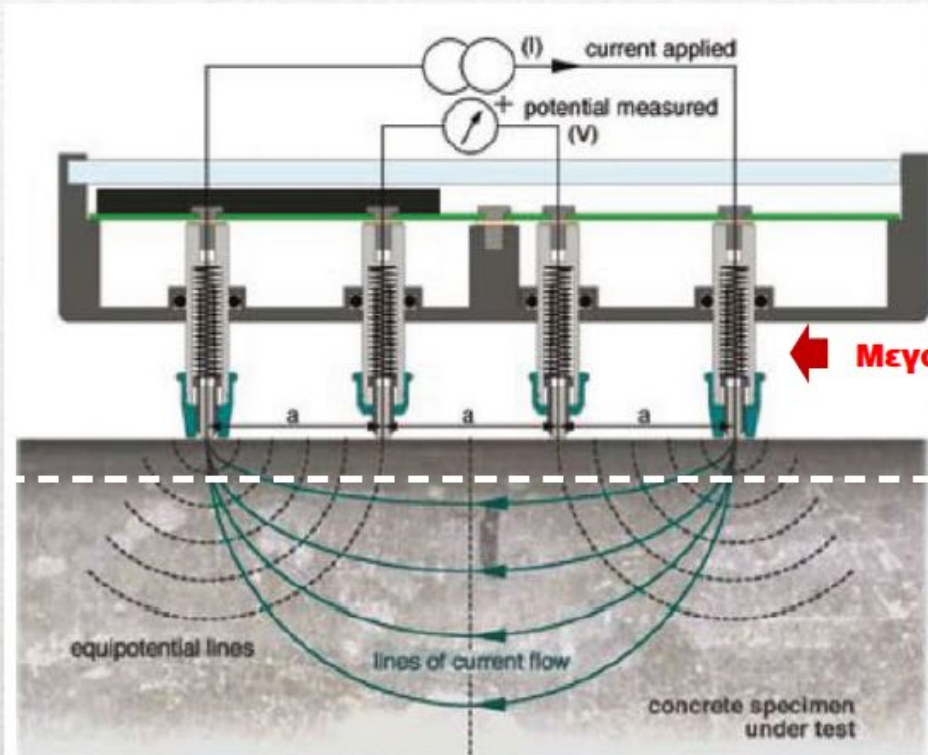
Για την επιλογή της κατάλληλης αρχής θα πρέπει να εξετάσω και άλλες παραμέτρους, όπως η αντίσταση του σκυροδέματος (ρ). Εφαρμογή της μεθόδου Αντίστασης.

Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις

Δομικό Στοιχείο	Μέτρηση Half Cell (mV)	Μέτρηση Αντίστασης (KΩhm.cm)	Ρυθμός Διάβρωσης $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Επίπεδο Βλάβης
4K12	-325	56	0.285	2
4K14	-321	48	0.112	1
4K11	-345	65	0.051	1
4Δ16	-285	72	0.324	2
4Δ6	-386	74	0.012	1
4T1	-340	45	0.108	1
4T2	-327	50	0.180	1
3K12	-320	55	0.015	1
3K11	-338	58	0.010	1
3K14	-334	81	0.360	3
3T1	-328	38	0.200	2
3T2	-350	36	0.170	2



Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις



Μεγαλώνω την απόσταση (α).

Βάθος ενανθράκωσης.



Αποφεύγει την ενανθρακωμένη ζώνη.

Resistivity [$k\Omega \cdot cm$]	Corrosion rate
< 5	very high
5 - 10	high
10 - 20	moderate - low
> 20	low

Global reference values at 20°C for the electrical resistivity of concrete of mature structures (age > 10 years).

Environment	Concrete resistivity ρ $k\Omega cm$	
	Ordinary Portland Cement (CEM I)	Blast furnace slag cement (>65% slag) or fly ash (>25%) or silica fume (5%)
Very wet, submerged, splash zone, fog room	5-20	30-100
Outside, exposed	10-40	50-200
Outside, sheltered, coated, hydrophobised (not carbonated) (20°C / 80% RH)	20-50	100-400
Outside sheltered as above (Carbonated)	100 and higher	200-600 and higher
Indoor climate (carbonated) 20°C / 50%RH	300 and higher	400-1000 and higher

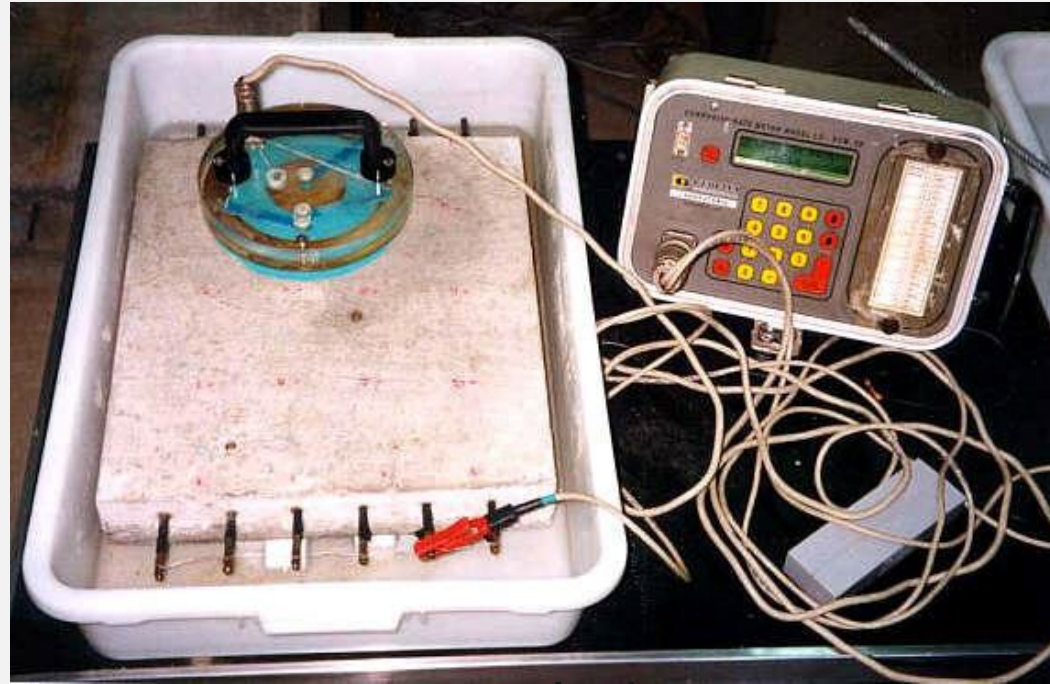
When $\geq 100 k\Omega cm$ Negligible risk of corrosion
 When = 50 to 100 $k\Omega cm$ Low risk of corrosion
 When = 10 to 50 $k\Omega cm$ Moderate risk of corrosion
 When $\leq 10 k\Omega cm$ High risk of corrosion

> 20 $k\Omega cm$ Low corrosion rate
 10-20 $k\Omega cm$ Low to moderate corrosion rate
 5-10 $k\Omega cm$ High corrosion rate
 < 5 $k\Omega cm$ Very high corrosion rate

Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις



Γαλβανοστατικοί Παλμοί.

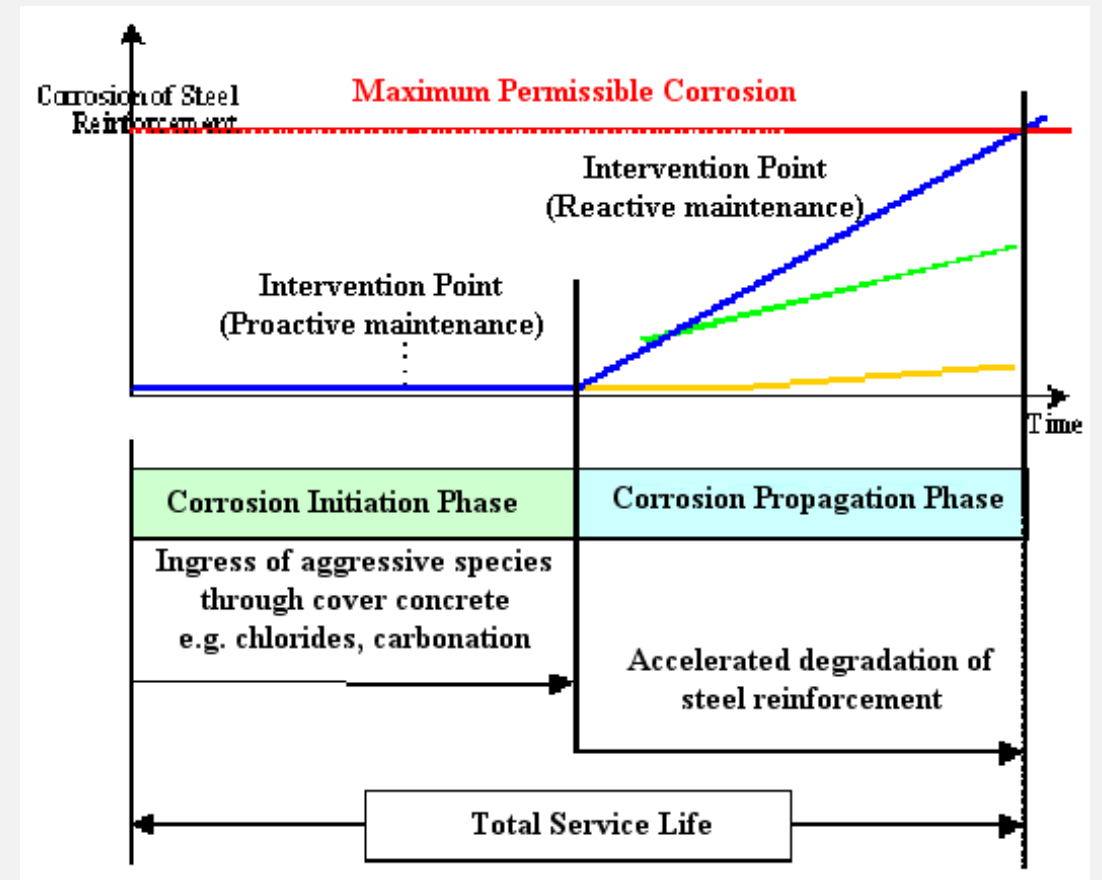
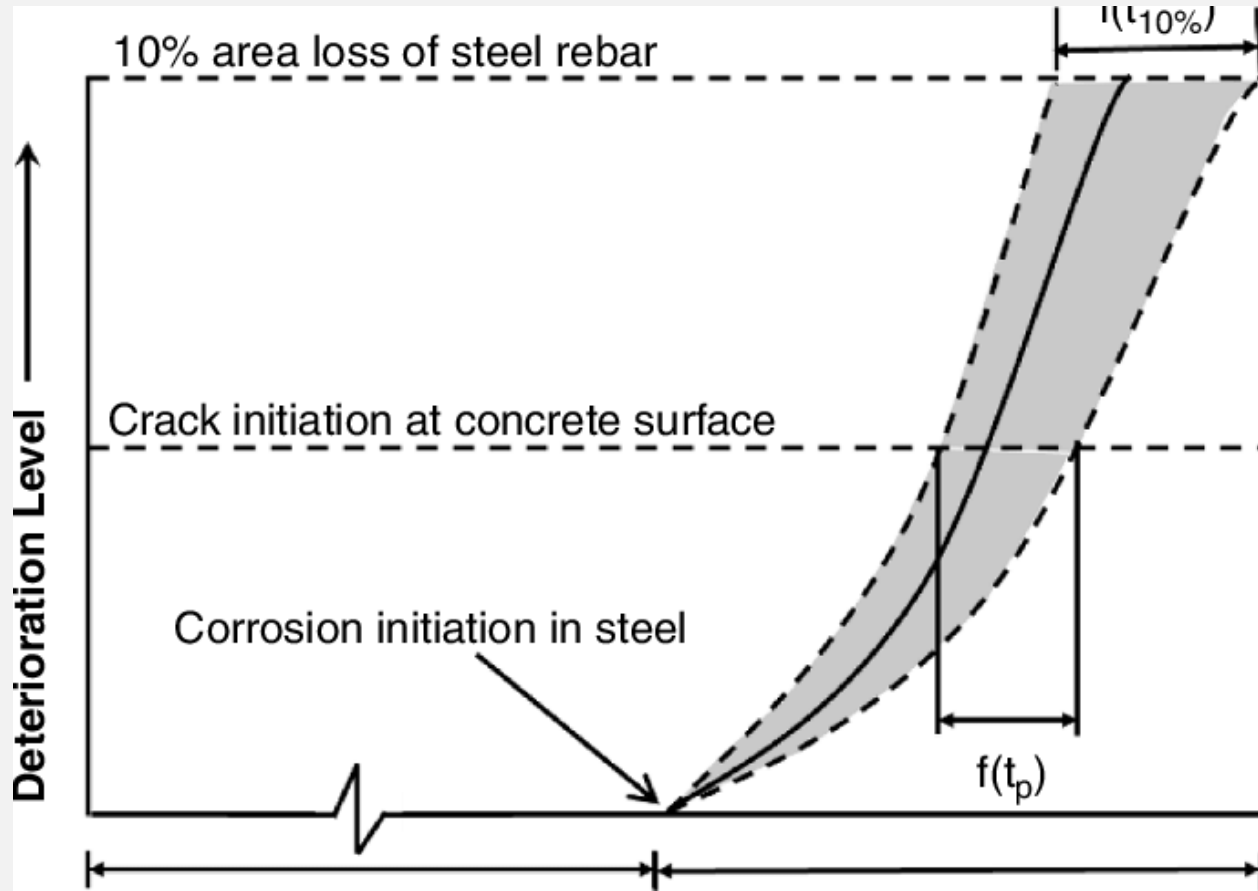


LPR – Γραμμική Πόλωση.

Table C1. Levels of corrosion rates measured in laboratory and on-site.

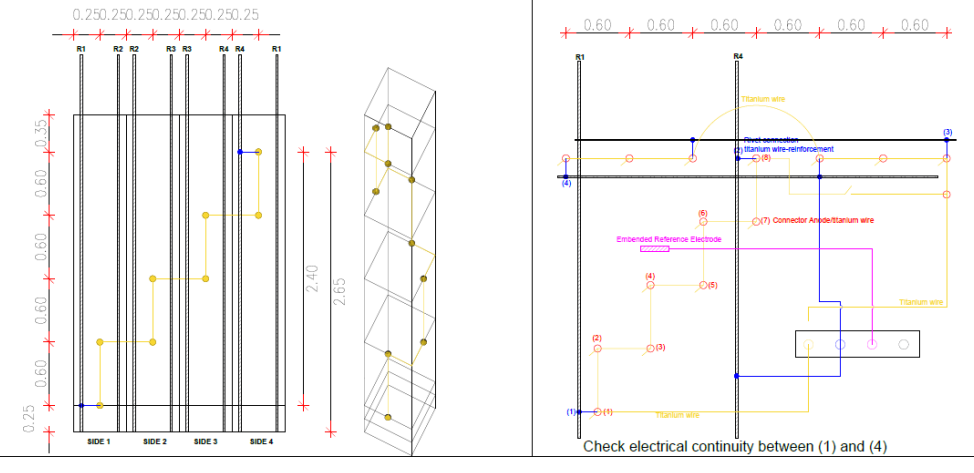
Corrosion rate ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Corrosion level
< 0.1	Negligible
0.1 - 0.5	low
0.5 - 1	moderate
> 1	high

Διάβρωση Οπλισμών - Μετρήσεις



Διάβρωση Οπλισμών – Καθοδική Προστασία

Galvanic Protection Of Steel In Concrete - Ierissos Project 2019



Design Calculations (Beams)

SDR beams <0.3, Hence max anode distance =600mm
 i_{corr} measured on site (mean value) = $2.87 \mu A/cm^2$
 or i_{corr} on site = $28.7 mA/m^2$ > max allowable $20 mA/m^2$
 Anode material used: Zn
 Coating: Inhibitor
 Coating (%): 95%
 Current Protection i_{corr} : $2.24 mA/m^2$ (in conjunction with inhibitor)
 Safety Factor: 1.2
 i_{corr} cathodic = $2.34 mA/m^2$
 ECC =780 Amp-hrs/Kg
 Performance =85%
 ECC design =663 Amp-hrs/Kgr
 ACR =296106 h/Kg
 Protection time =25 yrs
 RMCP = 1 Kgr
 Anode Zn = 120gr
 No of Anodes = 6
 Anode type: Sika Ferrogard 411

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| 1. Design Life: | 25yrs |
| 2. Corrosion Inhibitor: | Yes (Sika FerroGard) |
| 3. Design Current Density: | $2.34 mA/m^2$ |
| 4. CP Protection Criteria, Ecu: | -0.85V (IR free) |
| 5. Concrete Resistivity: | 58KOhm cm |

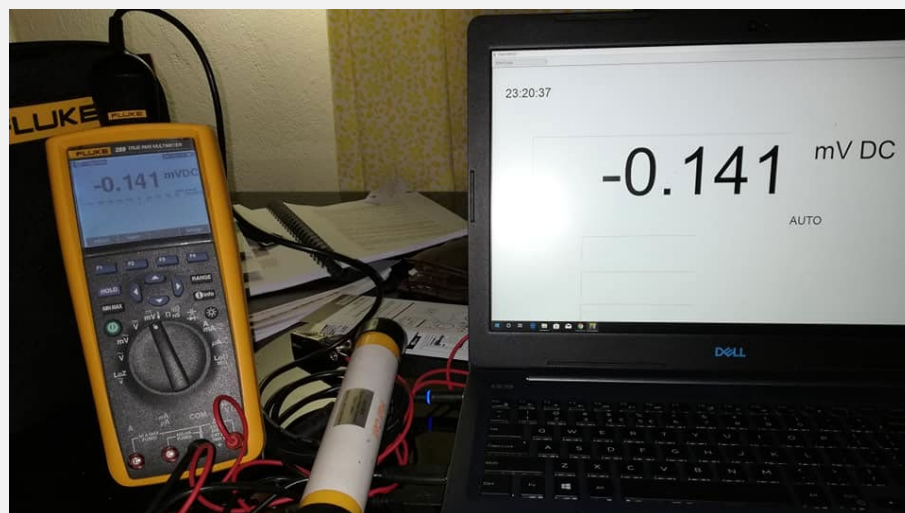


Διάβρωση Οπλισμών – Καθοδική Προστασία

Ενίσχυση Ξενοδοχειακής Μονάδας - Χαλκιδική

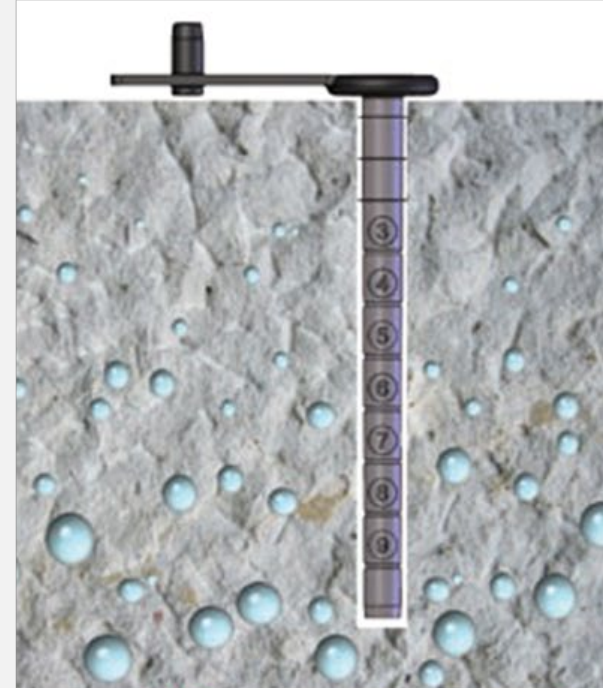
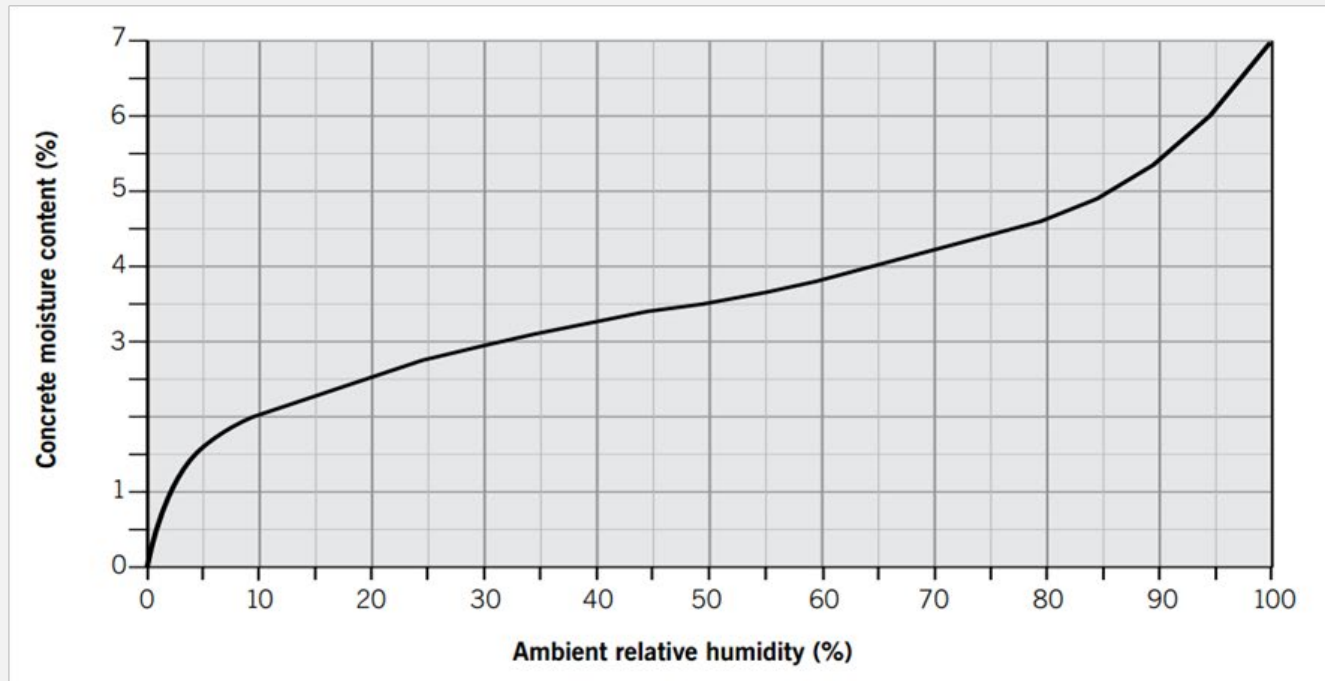


Διάβρωση Οπλισμών – Καθοδική Προστασία



Μέτρηση εσωτερικής υγρασίας σκυροδέματος.

Equilibrium Moisture Content (EMC %)



Μέτρηση εσωτερικής υγρασίας σκυροδέματος.

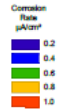


Μέτρηση Ρυθμού Διάβρωσης Οπλισμών.

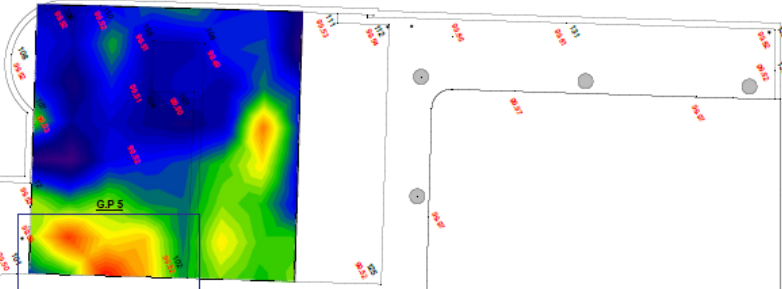
Design Calculations Slab 1 - Swimming Pool

SDR beams -0.3, Hence max anode distance =550mm
 Icorr measured on site (mean value) = 1-1.25 μ A/cm²
 or Icorr on site = 12.5mA/m² < max allowable 20mA/m²
 Anode material used: Zn
 Coating (%): None
 Current Protection Icorr: 2.5mA/m² Safety Factor: 1.2
 Icorr cathodic = 3.0mA/m²
 ECC =780 Amp-hrs/Kg
 Performance =55%
 ECC design =653 Amp-hrs/Kgr
 ACR =221000 h/Kg
 Protection time =25 yrs
 RMCP = 1 Kgr
 Anode Zn = 120gr
 NO of Anodes = 5
 Anode type: Silka Ferrogard 415

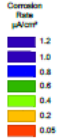
- DC resistance between bars should be ≤ 1 mVolt as per EN12696:2016 clause 7.1. If steel is discontinuous, it should be dealt with electrical continuity, using titanium wire where it is required.
- Make electrical connections to the reinforcing steel by first removing a small area of cover concrete before drilling a 4 mm hole and using a stainless steel rivet to connect the titanium feeder wire to the steel (rivet grip range 3.2 - 4.8 mm). At least two steel connections shall be made per zone of anodes.
- Anodes should be connected in series. Ensure connection of beam anodes series in one line. Provide an additional switch to control both lines in series, or use alternative junction connection before switch to ensure direct connection at junction box.



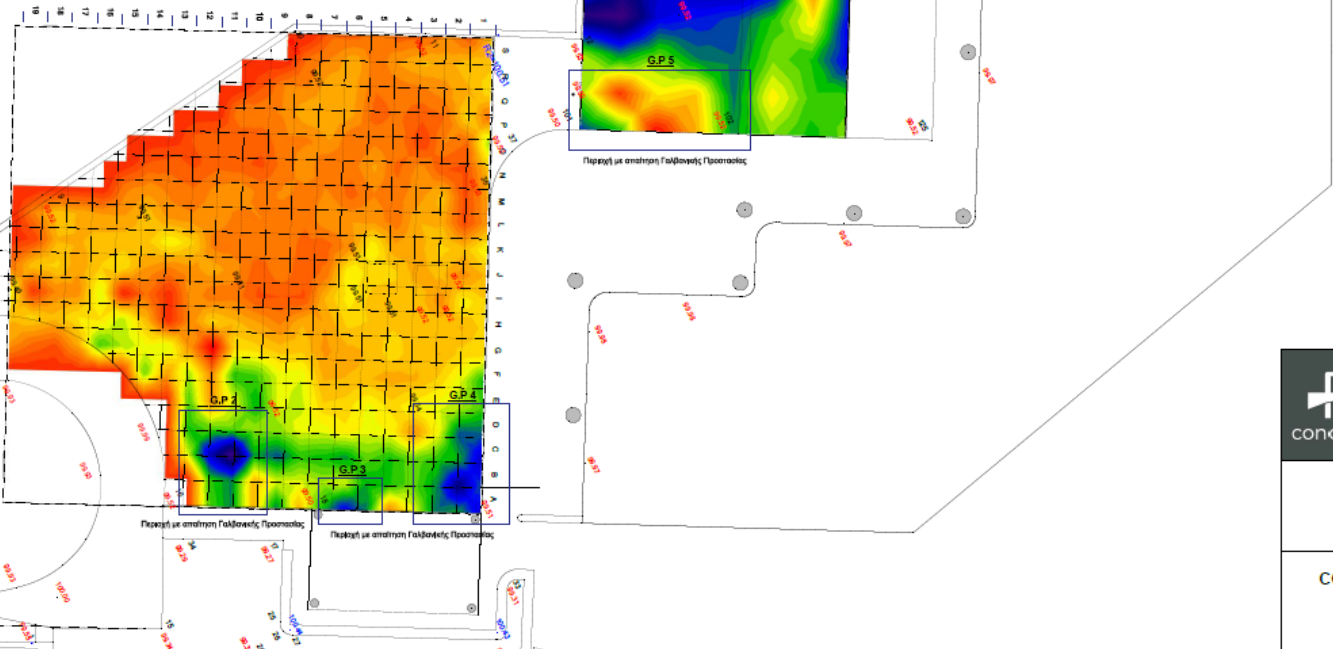
SLAB 2



Παράση με απώθηση Γαλβανικής Προστασίας



SLAB 1 - SWIMMING POOL



Παράση με απώθηση Γαλβανικής Προστασίας

Παράση με απώθηση Γαλβανικής Προστασίας

G.P 1



Παράση με απώθηση Γαλβανικής Προστασίας

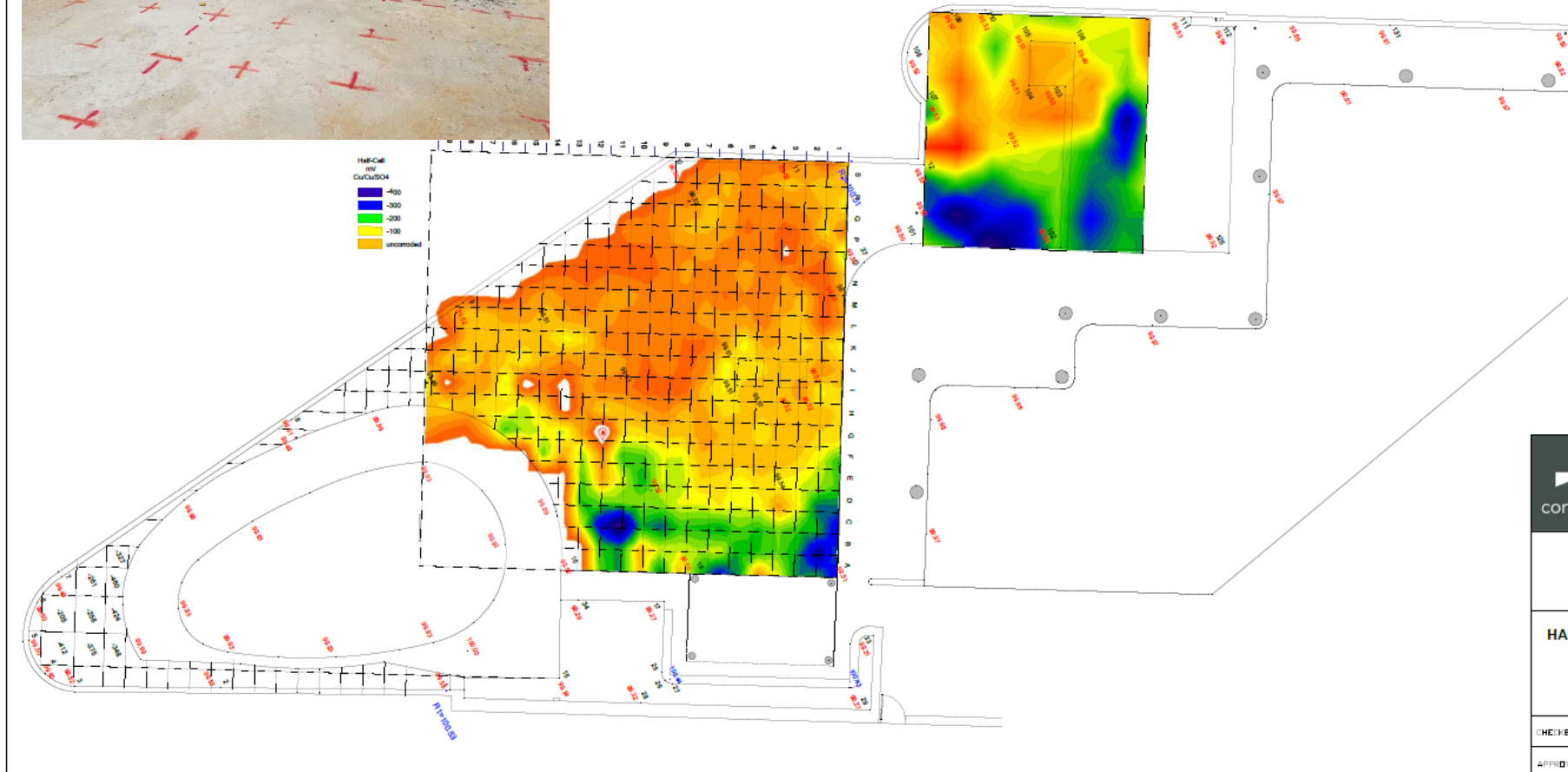
	Concentral Group Dimitrios Nikolaidis Structural Engineer BEng, MSc, DIC
	N.ERITHREA VILLA
CORROSION RATE MAPPING Icorr	
CHECKED BY:	
APPROVED BY:	


Μέτρηση Ημιδυναμικών.



Half-Cell
mV
Cu/CuSO4

Blue	<-100
Green	-100
Yellow	-200
Orange	-300
Red	>+300
White	uncontrolled



	Concentral Group Dimitrios Nikolaidis Structural Engineer SEng, MSc, DIC
N. ERITHREA VILLA	
HALF CELL POTENTIAL MAPPING	
CHECKED BY:	
APPROVED BY:	

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών από Αναλυτικά Μοντέλα Γέφυρες



Α) ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Μέλη	Rating
Ανωδομή	2
Υποδομή	2
Θεμελιώσεις	6
Εφέδρανα - Αποσβεστήρες	/

Β) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Μέλη	Rating
Επιφάνεια Οδοστρώματος	5
Μεταβατικά Επιχώματα	6
Άλλο	/

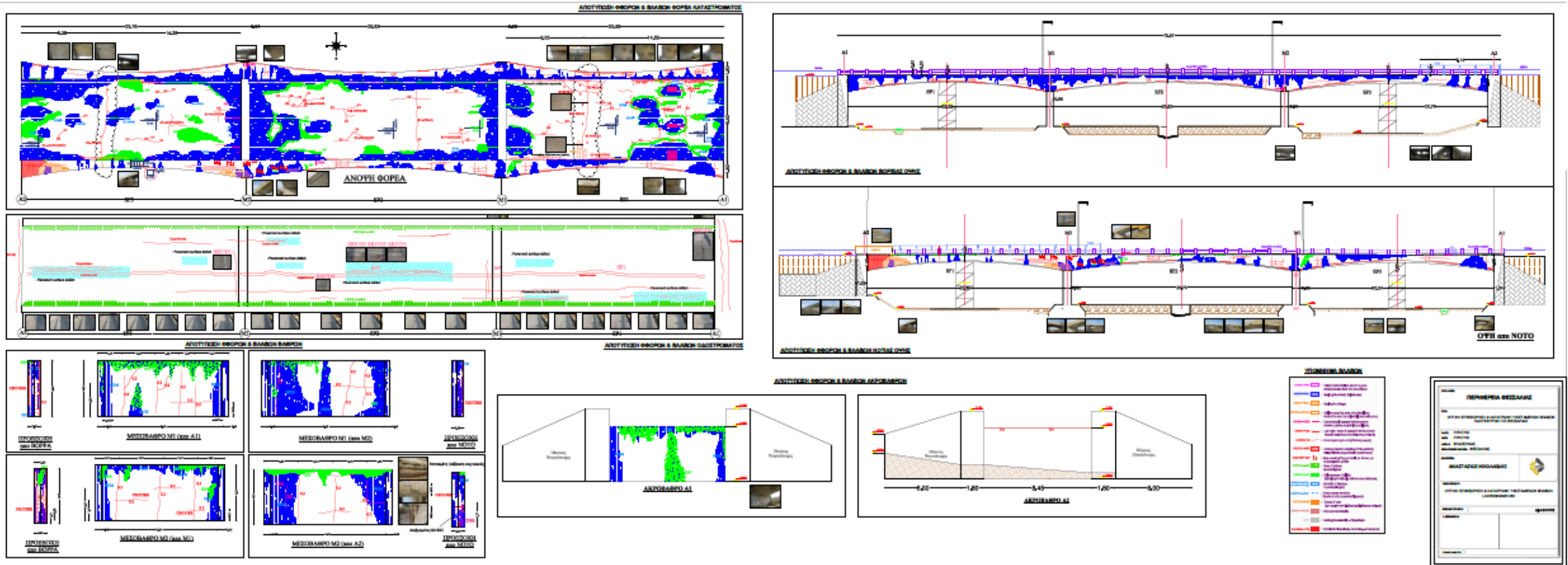
Δομική Βαθμολόγηση	2
--------------------	---

Λειτουργική Βαθμολόγηση	5
-------------------------	---

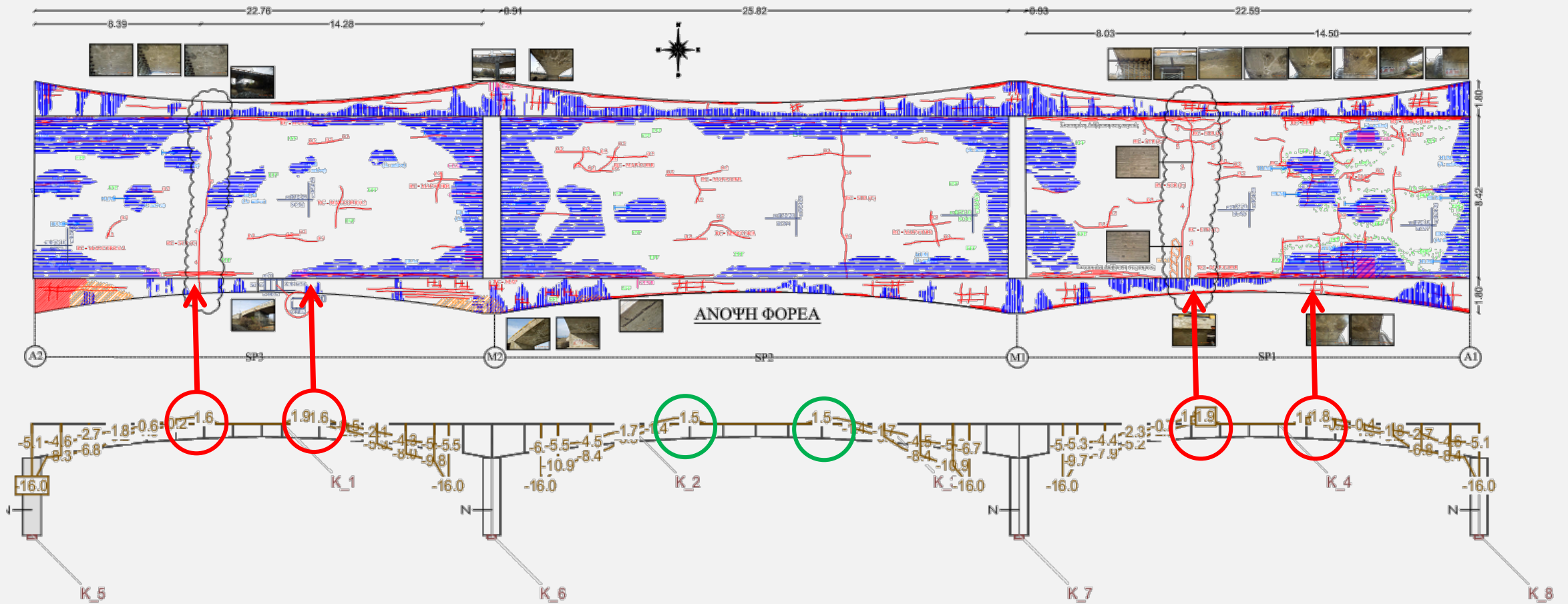


Condition	#	Condition Description	EXPERT
As-built	10	As-built condition	
Excellent	9	No problems noted or insignificance deterioration	
Very Good	8	Very good condition with light deteriorations	
Good	7	First signs of aging	
Satisfactory	6	Structure sound but with deficiencies	
Fair	5	Structure aging. Moderate deteriorations	
Poor	4	Advanced deterioration	X
	3	Advanced deterioration. Eventual influence in structural condition	X
Very poor	2	Severe condition with important deteriorations	X
Failed	1	Failed	X

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Γέφυρες



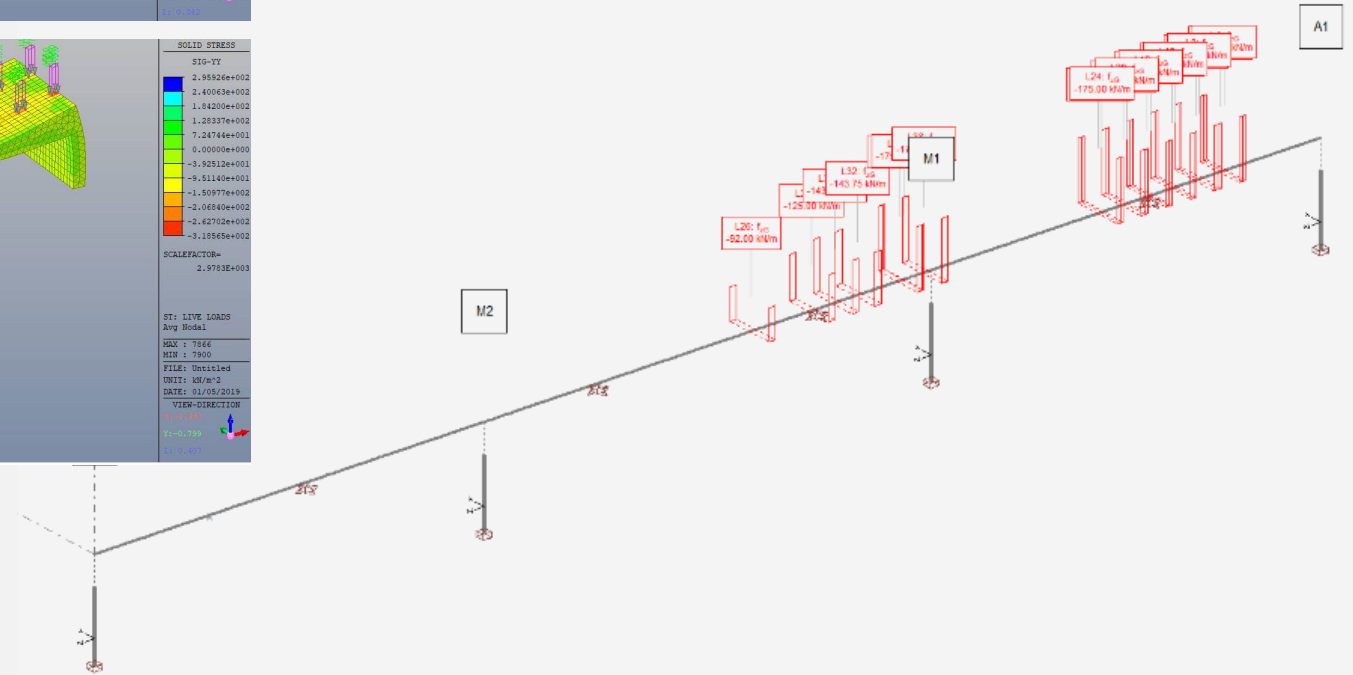
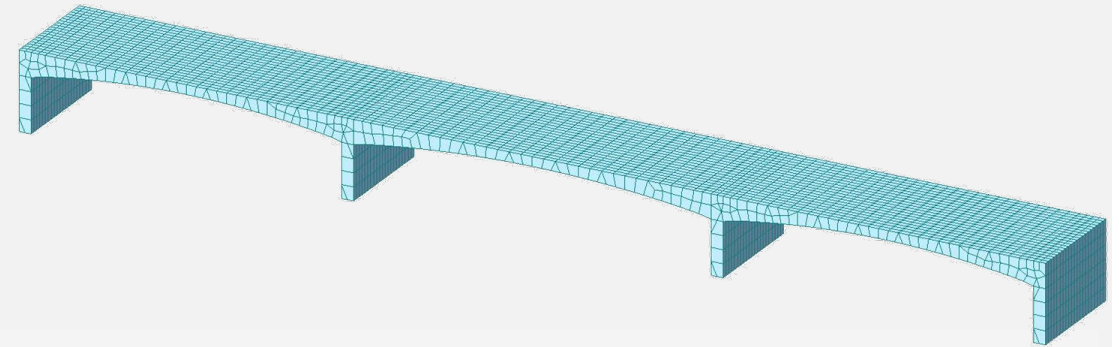
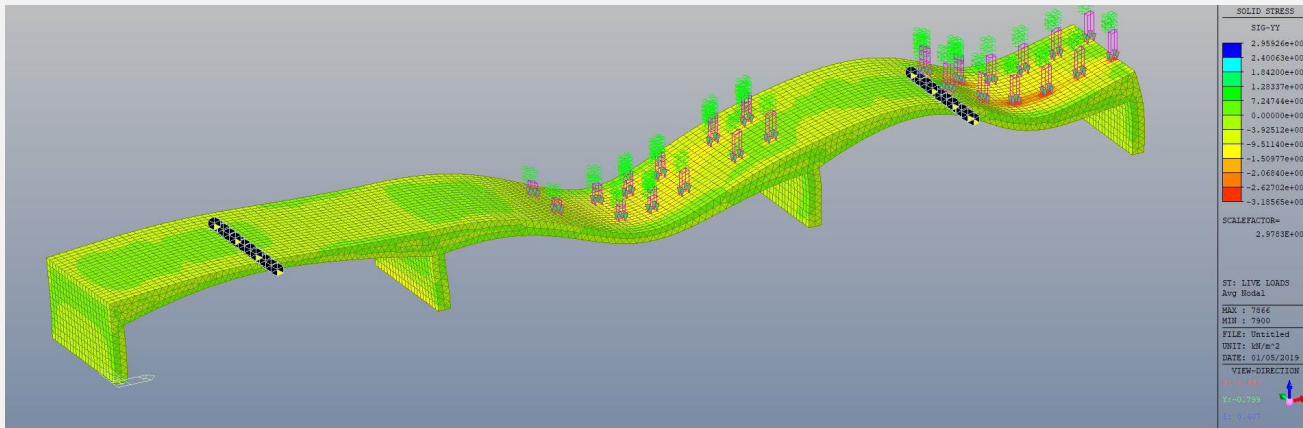
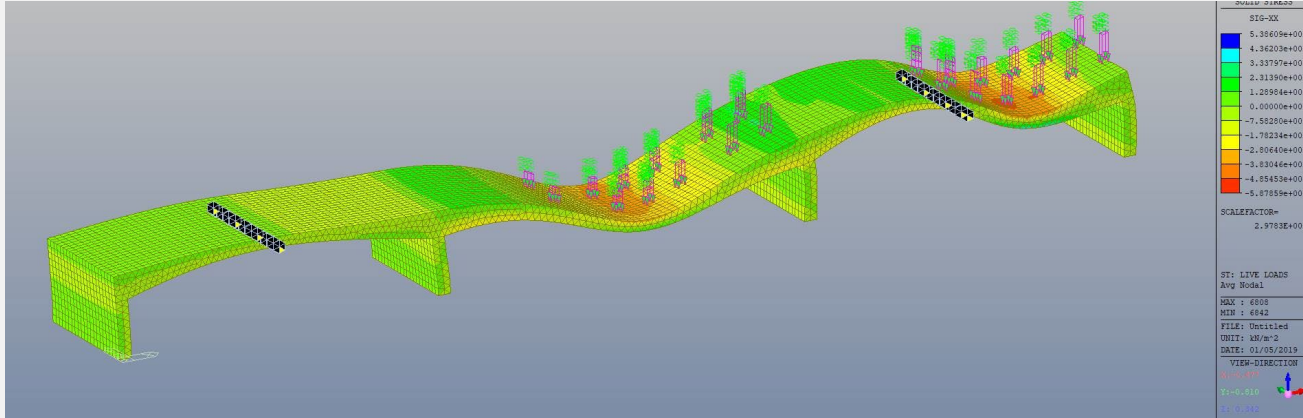
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Γέφυρες



Υπέρβαση $F_{ct} = 1.6 \text{ MPa}$ ΚΑΤΩ ΠΑΡΕΙΑ

SLW 30/30 και SLW 60

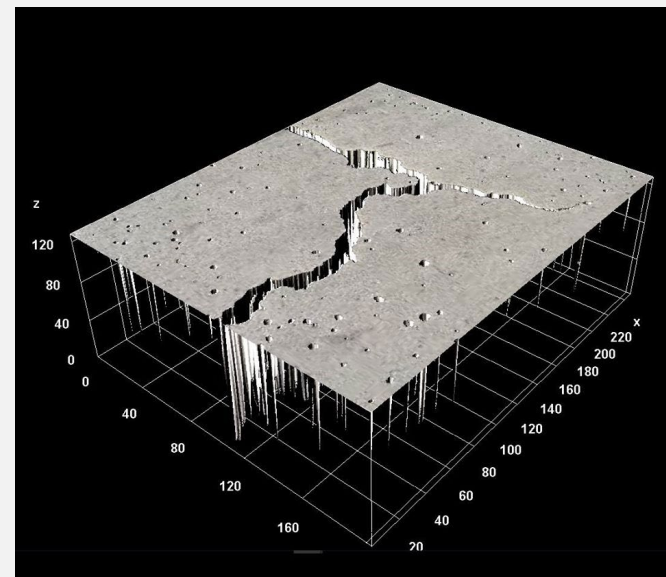
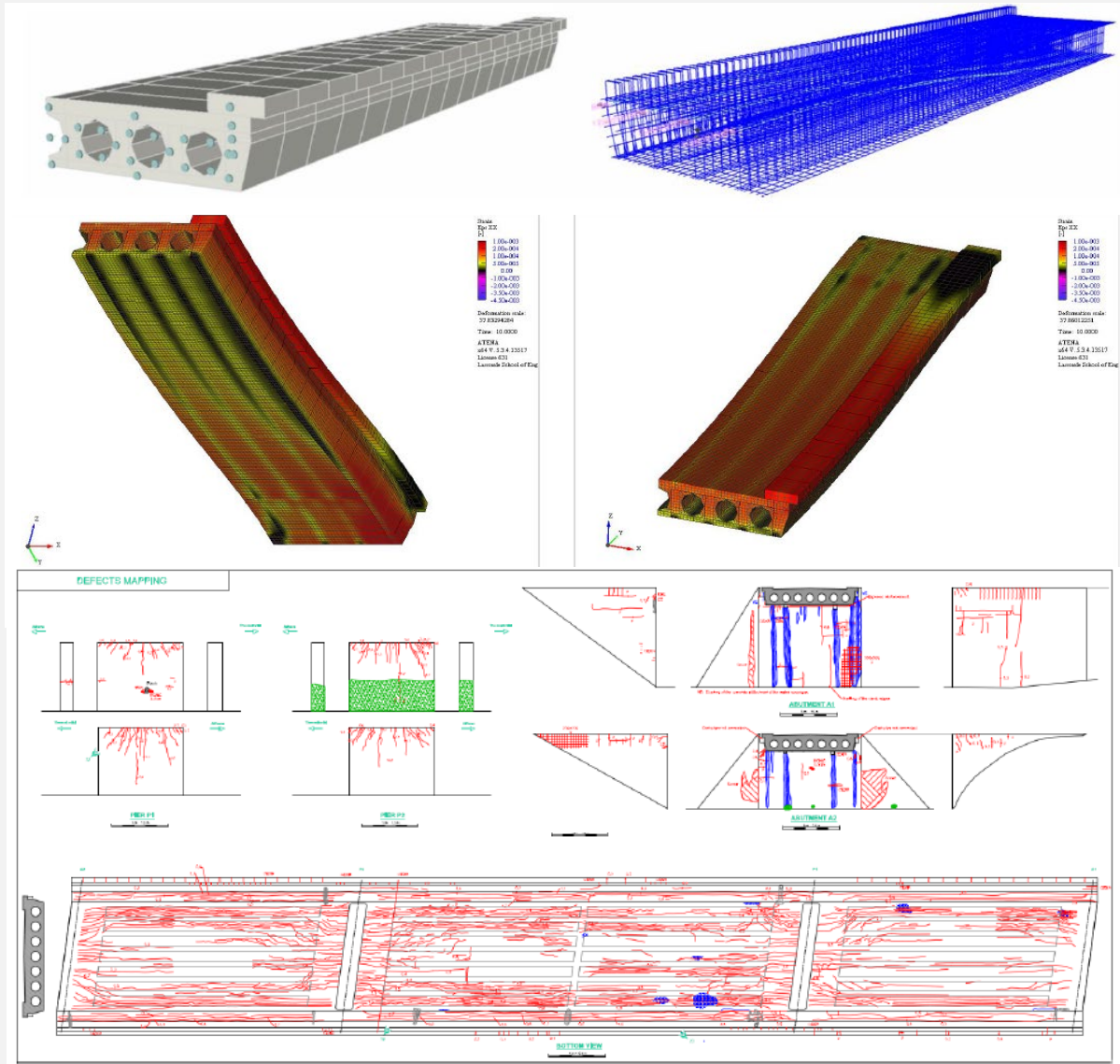
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Γέφυρες



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (AAR)

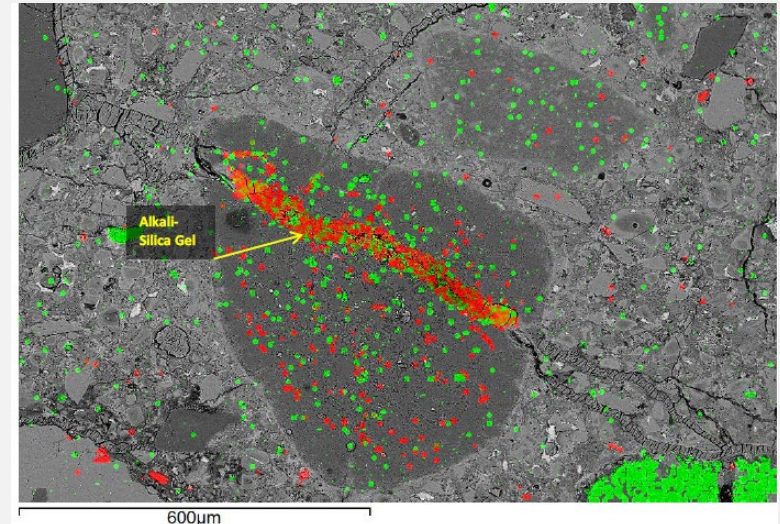
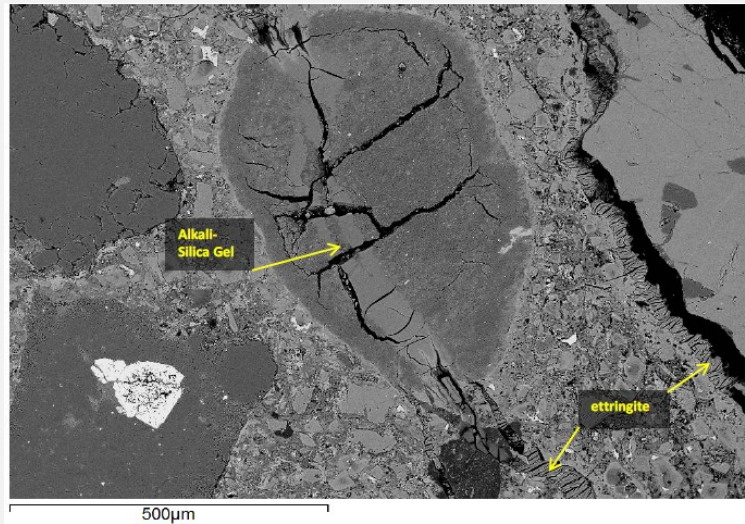
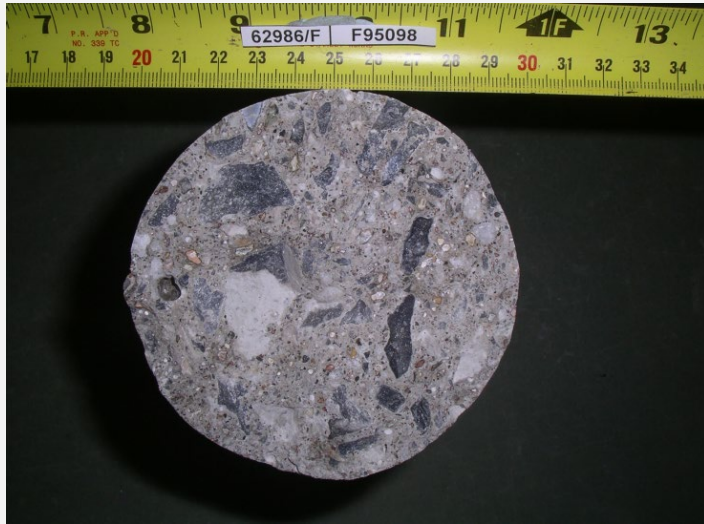
IABSE 2019 New York Tsiotsias – Pantazopoulou - Nikolaidis



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (AAR)

IABSE 2019 New York Tsiotsias – Pantazopoulou - Nikolaidis



APPENDIX E – X-RAY MICROANALYSIS OF THE POLISHED SURFACES PREPARED FROM CORES 3 AND 6

Table E1 of 2: Area analyses of the cement paste in Core 3 (F95098)

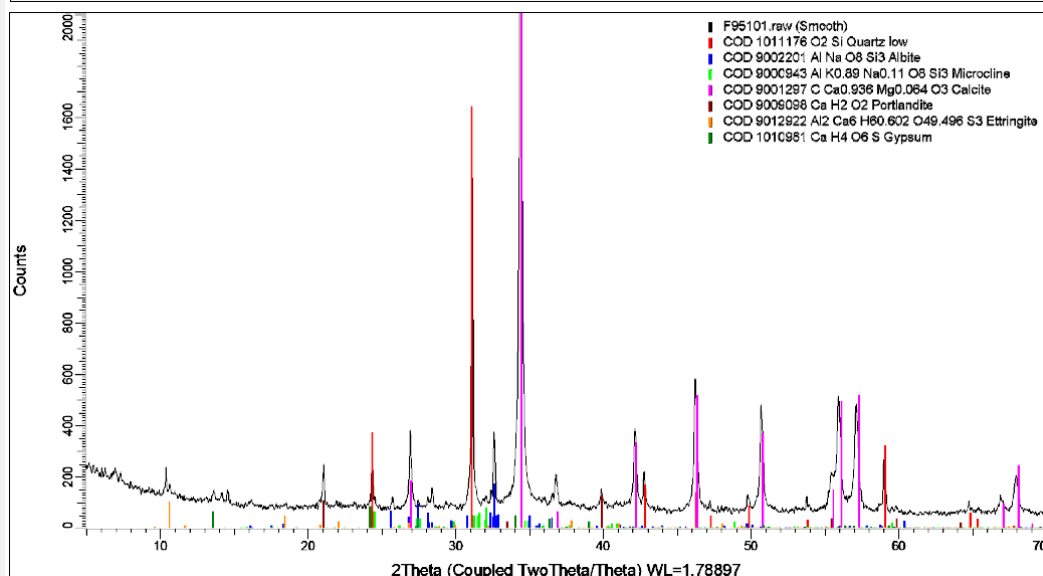
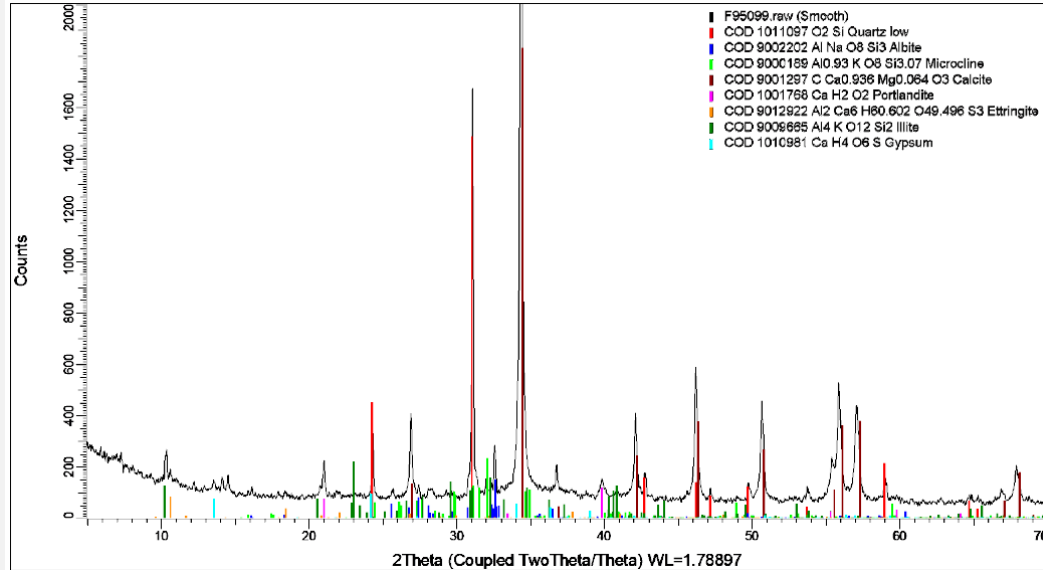
	<i>Paste area analysis 1</i>	<i>Paste area analysis 2</i>	<i>Paste area analysis 3</i>	<i>Paste area analysis 4</i>	<i>Paste area analysis 5</i>	<i>Paste area analysis 6</i>	<i>Paste area analysis 7</i>	<i>Paste area analysis 8</i>	<i>Paste area analysis 9</i>	<i>Paste area analysis 10</i>
Na ₂ O	0.2	0.4	0.3	0.4	2.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5
MgO	2.5	2.8	3.8	1.9	1.5	2.6	2.3	1.9	1.9	1.4
Al ₂ O ₃	6.4	5.3	4.0	4.5	6.0	3.1	4.9	4.1	4.8	4.1
SiO ₂	25.2	23.9	26.5	25.1	31.9	24.9	27.5	22.6	23.6	29.2
SO ₃	1.5	1.2	1.2	1.7	1.4	1.6	1.6	2.0	1.3	1.2
K ₂ O	0.1	0.5	0.4	0.5	0.4	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3
CaO	61.3	63.0	61.0	63.8	55.1	64.8	61.6	66.3	65.9	61.0
TiO ₂	0.4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.0	0.4	0.1	0.4
Fe ₂ O ₃	2.4	2.9	2.5	1.9	1.3	2.2	1.5	2.1	1.7	1.9

Note: The analyses are in weight %, are normalised to 100% and exclude CO₂ and H₂O.

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (AAR)

IABSE 2019 New York Tsiotsias – Pantazopoulou - Nikolaidis



1. Υψηλή περιεκτικότητα σε αλκάλια (Na_2O).
2. Υψηλή υγρασία
3. Πυριτικά αδρανή



Table 1. Limits for concrete containing high reactivity aggregate

Alkali level in concrete # ($\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$)	$\leq 2.5\text{-}3.0 \text{ kg/m}^3$
Low-lime fly ash ($<8\% \text{ CaO}$ and $<5\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$.)	$>40\%^*$
Ground granulated blastfurnace slag ($<1.5\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$)	$>50\%^{*†}$

Total releasable alkalis from all mix constituents, including cement, any SCMs, any admixtures, mix water and all the aggregates.

* % by mass of total cementitious material. Provided that these minimum proportions are used, and subject to local experience with particular materials, the alkali content of the fly ash or slag need not be included in the calculation of the “reactive” alkalis in the concrete.

† In France, a minimum proportion of 60% ggbs is being applied.

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (AAR)

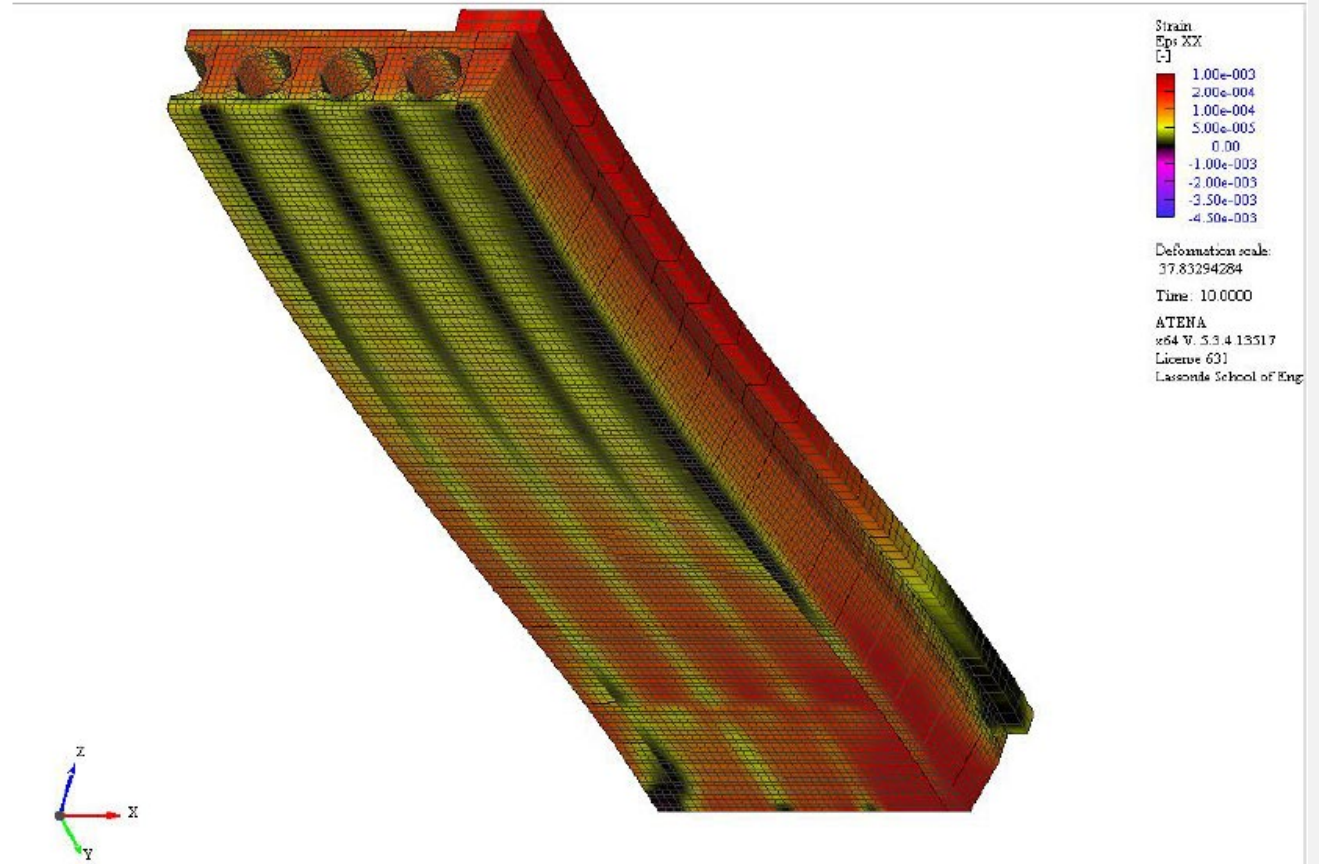
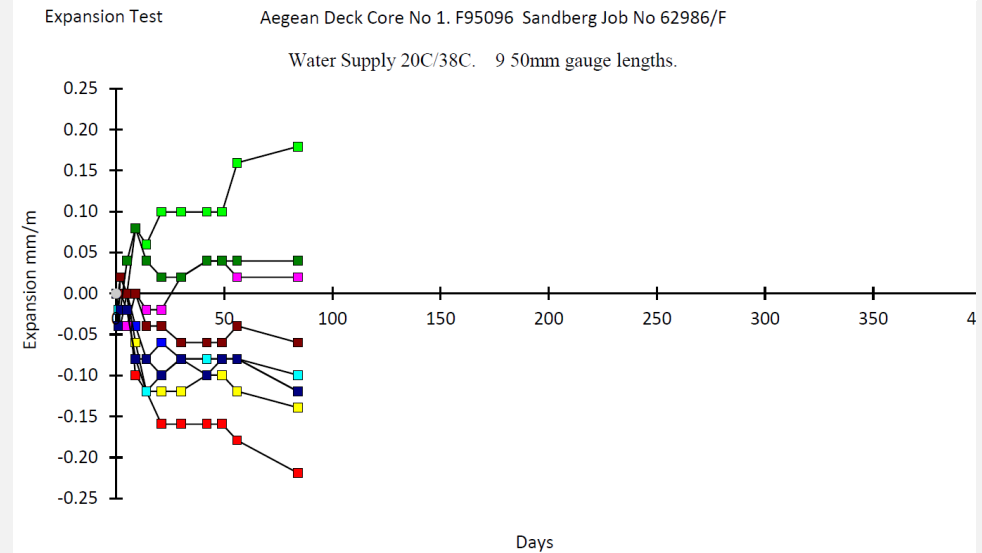
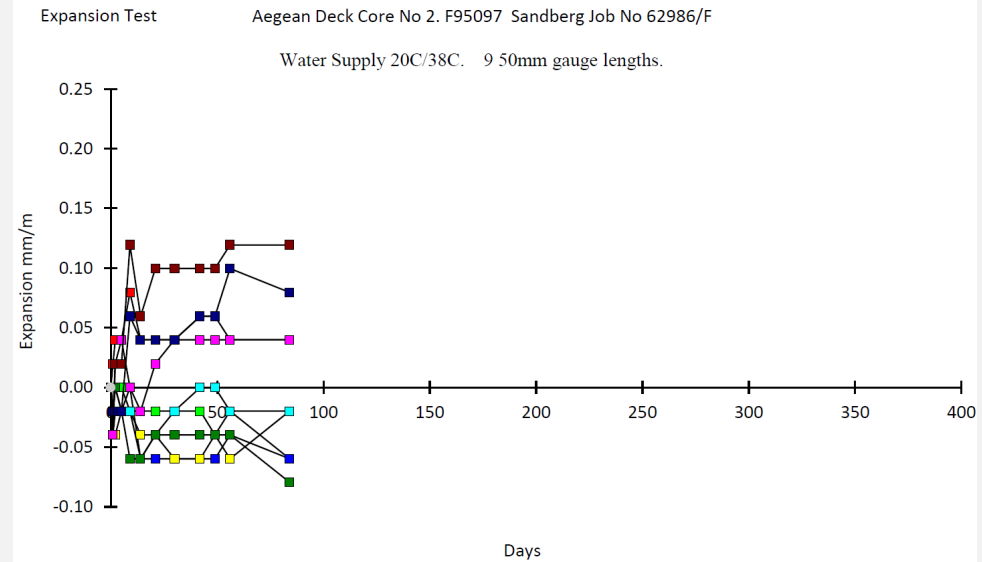
IABSE 2019 New York Tsiotsias – Pantazopoulou - Nikolaidis



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (AAR)

IABSE 2019 New York Tsiotsias – Pantazopoulou - Nikolaidis



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Ενόργανη Παρακολούθηση με αισθητήρες Οπτικών Ινών



Εικόνα 10: Διαμητική αστοχία ΔΔ2 - θέση Β2



Εικόνα 13: Διαμητική αστοχία ΔΔ2 - άνοιγμα Μ1-Μ2, θέση Μ2



Εικόνα 11: Εκτεταμένη διάβρωση οπλισμών και αποτίναξη επικάλυψης οπλισμού - Άνοιγμα Α1Μ1



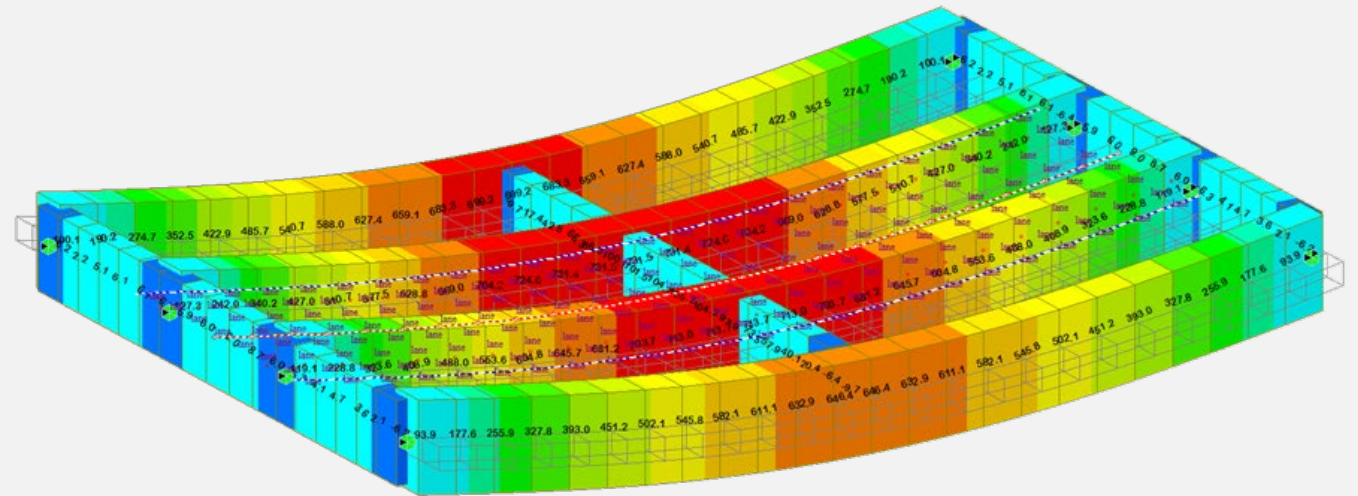
Εικόνα 14: Διαμητική Αστοχία Διαδοκίδας ΔΔ1 -Α2Μ2.



Εικόνα 12: Διαμητική Αστοχία Διαδοκίδας ΔΔ1 -Α2Μ2



Εικόνα 15: Διαμητική Αστοχία Διαδοκίδας ΔΔ1 -Α2Μ2.



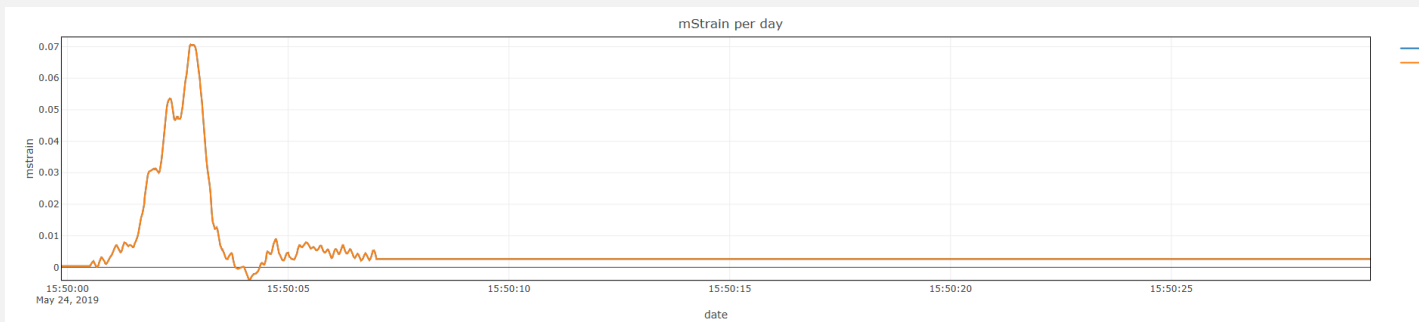
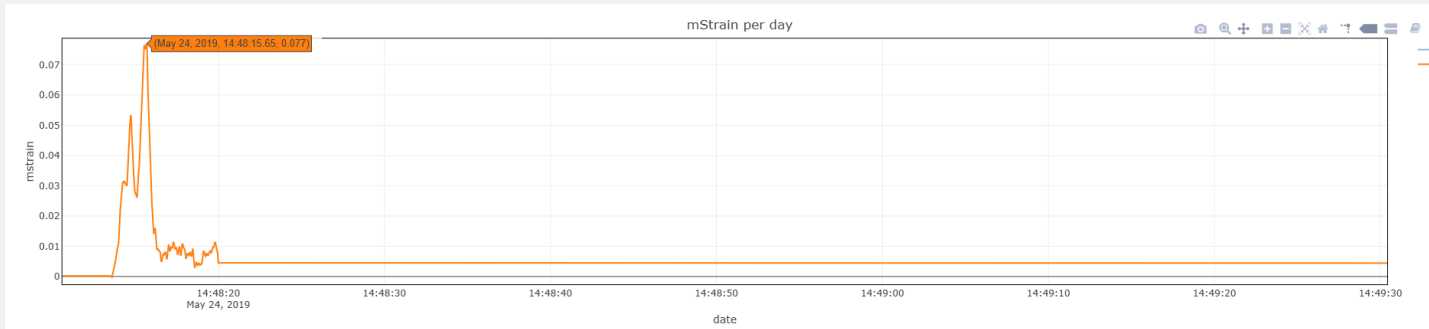
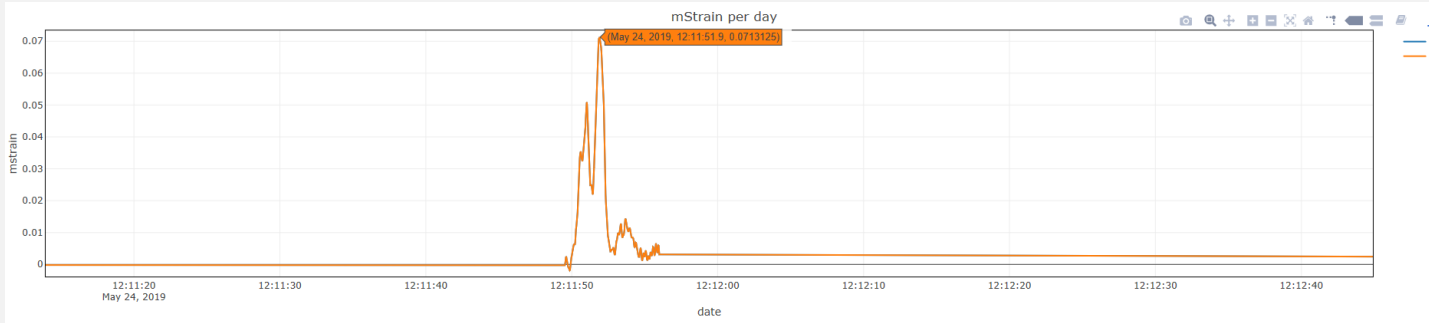
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Ενόργανη Παρακολούθηση με αισθητήρες Οπτικών Ινών



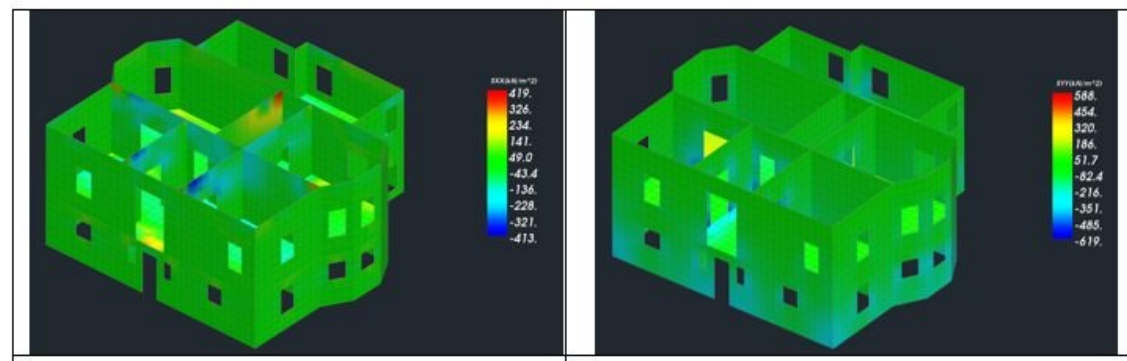
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Γέφυρες – Ενόργανη Παρακολούθηση με αισθητήρες Οπτικών Ινών



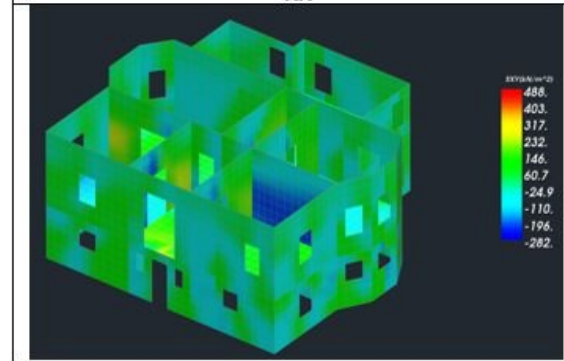
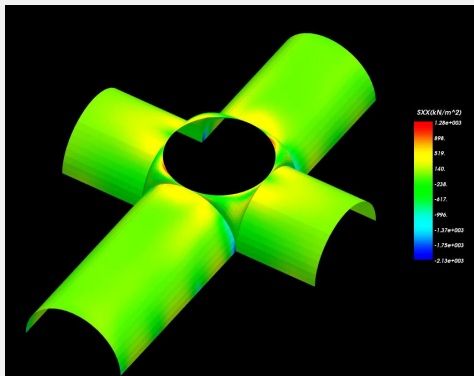
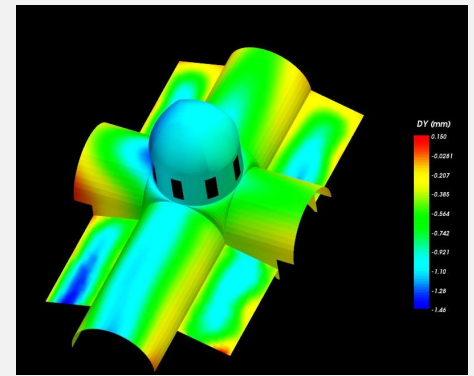
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Κτιριακά – Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων

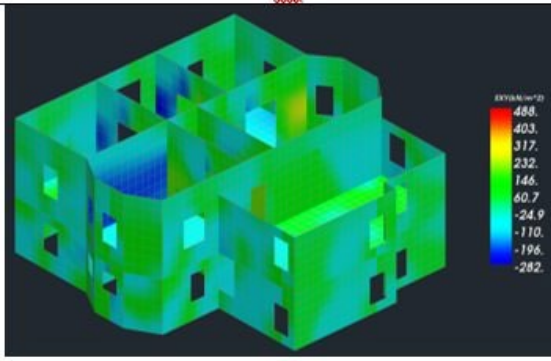


σ_{xx}

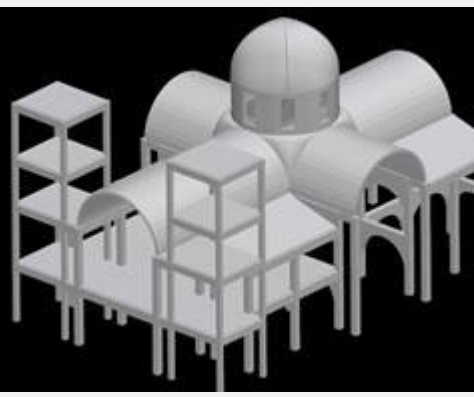
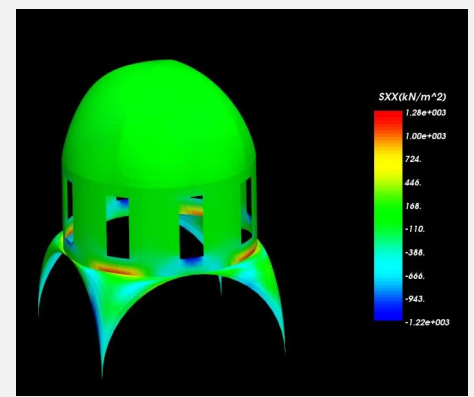
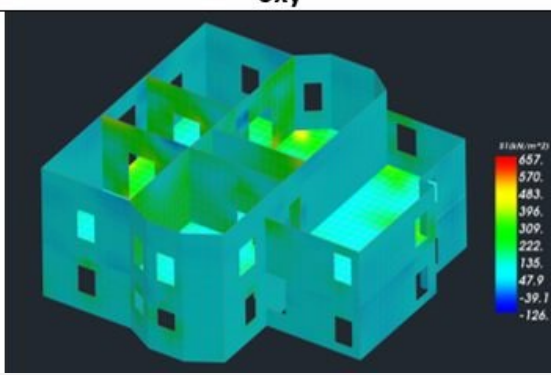
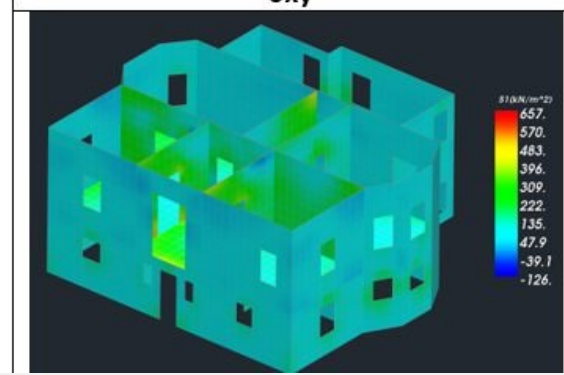
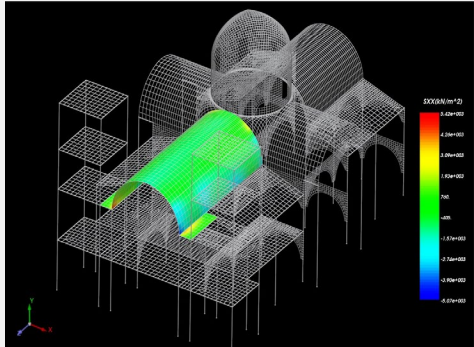
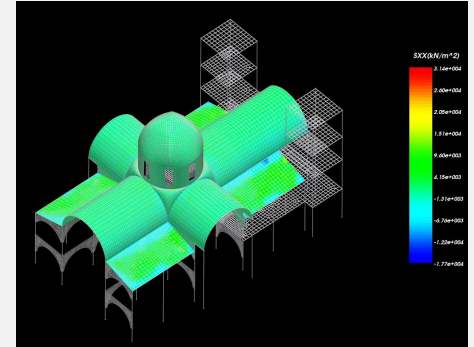
σ_{yy}



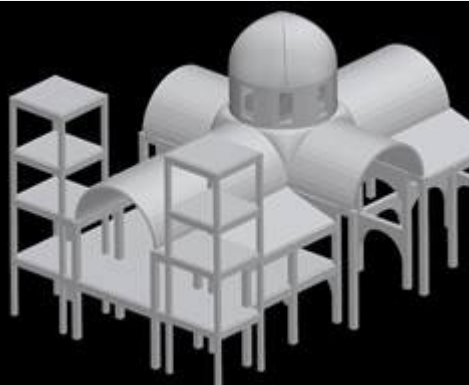
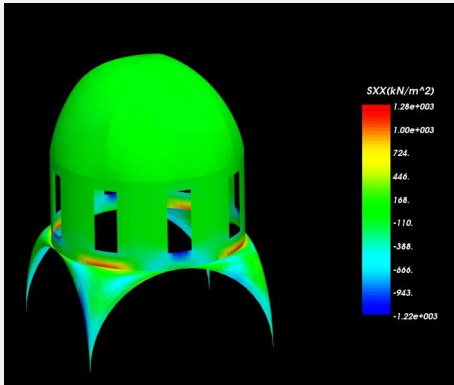
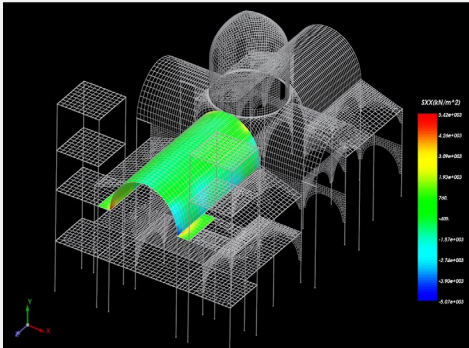
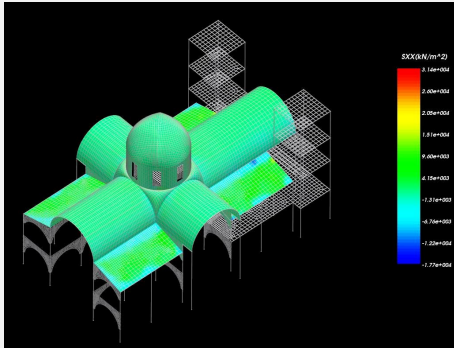
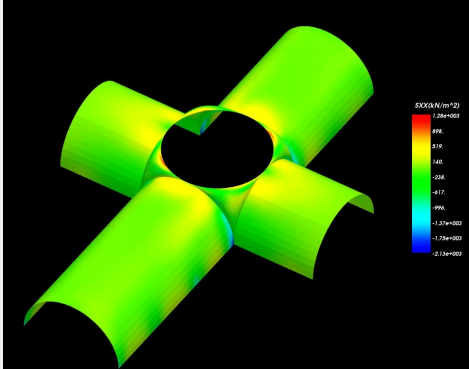
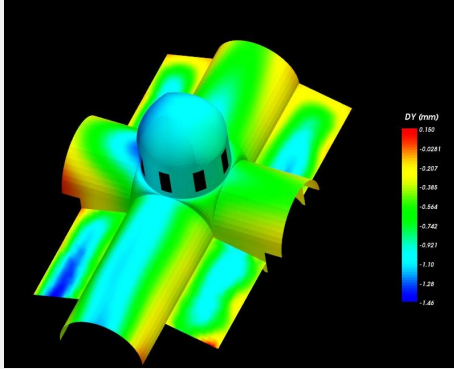
σ_{yy}



σ_{xx}



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Κτιριακά



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο



Αρχική κατάσταση των εγκαταστάσεων της SUNLIGHT A.E



Έναρξη Πυρκαγιάς στο μεσαίο κτίριο και εξαπλωση της στο παρακείμενο κτίριο, Κτίριο 10β. Παρατηρούμε πως η φωτιά ξέσπασε περίπου στη μέση του ενδιάμεσου κτιρίου και εξαπλώθηκε Νότιο- Ανατολικά του Κτιρίου 10β.



Κατεστραμμένες περιοχές των εγκαταστάσεων.

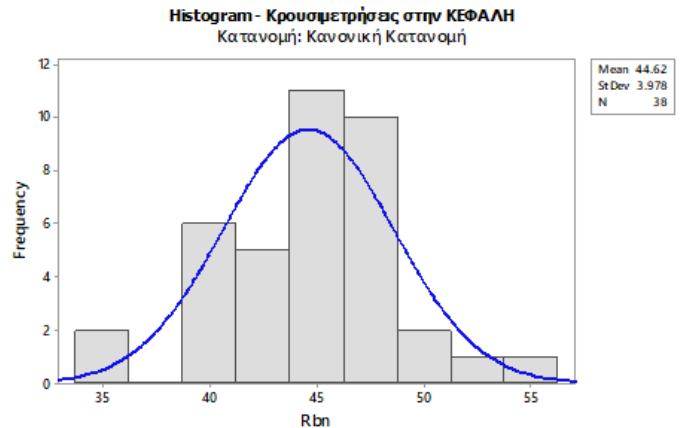
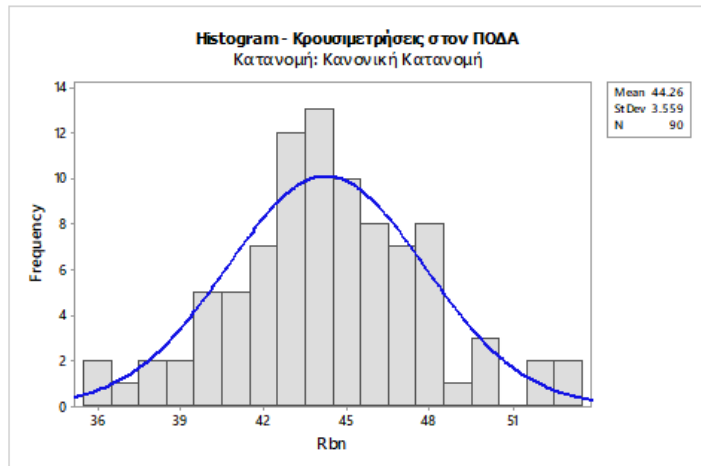


Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο - Κρουσιμέτρηση



Εικόνα 5: Ενδεικτικές μετρήσεις με κρουσίμετρο.



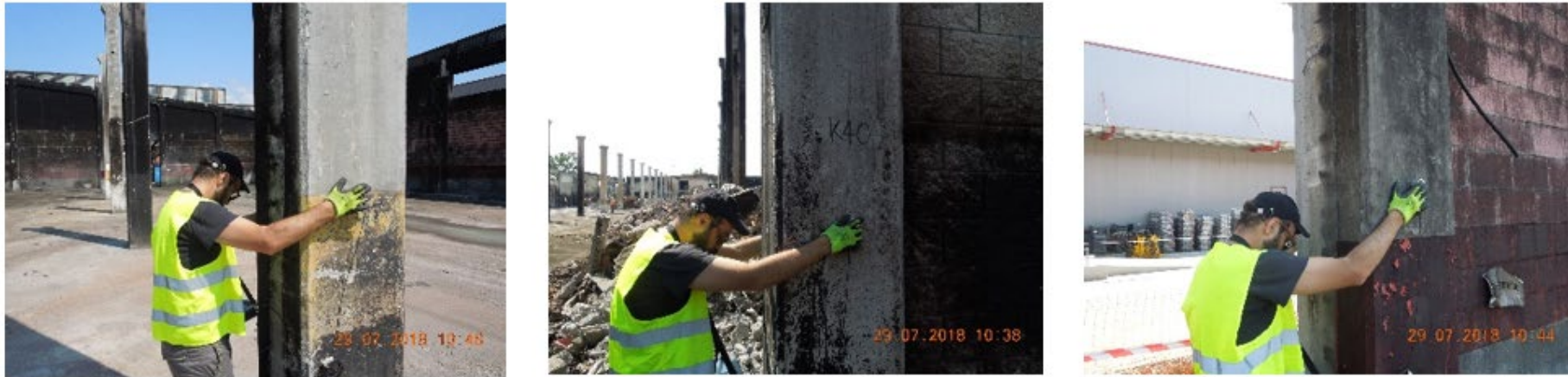
Mean	44.26	Mean	44.62
S.D	3.56	S.D	3.98
CoV	0.08	CoV	0.09

Διάγραμμα 1: Κατανομή Κρουσιμετρήσεων ΠΟΔΑ

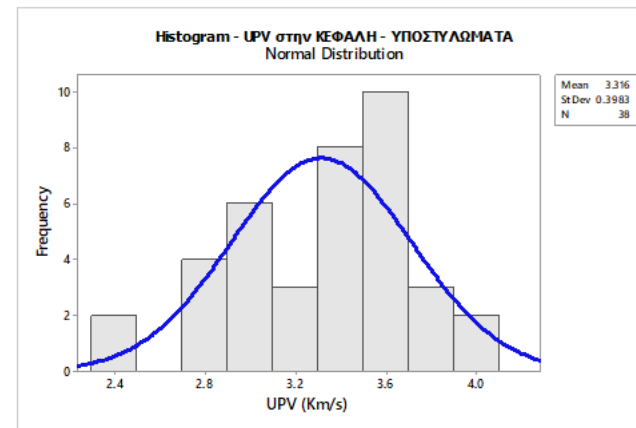
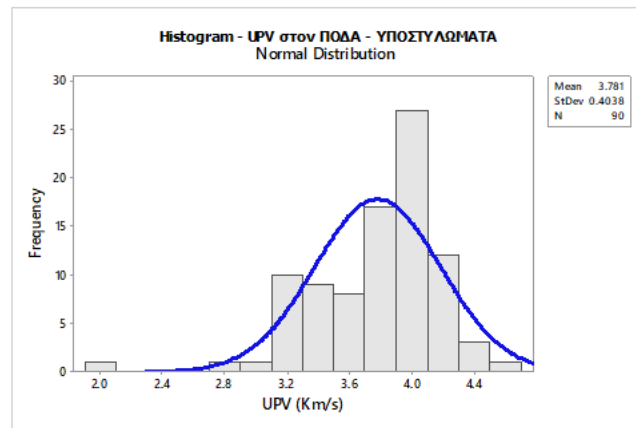
Διάγραμμα 2: Κατανομή Κρουσιμετρήσεων ΚΕΦΑΛΗ

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο - UPV



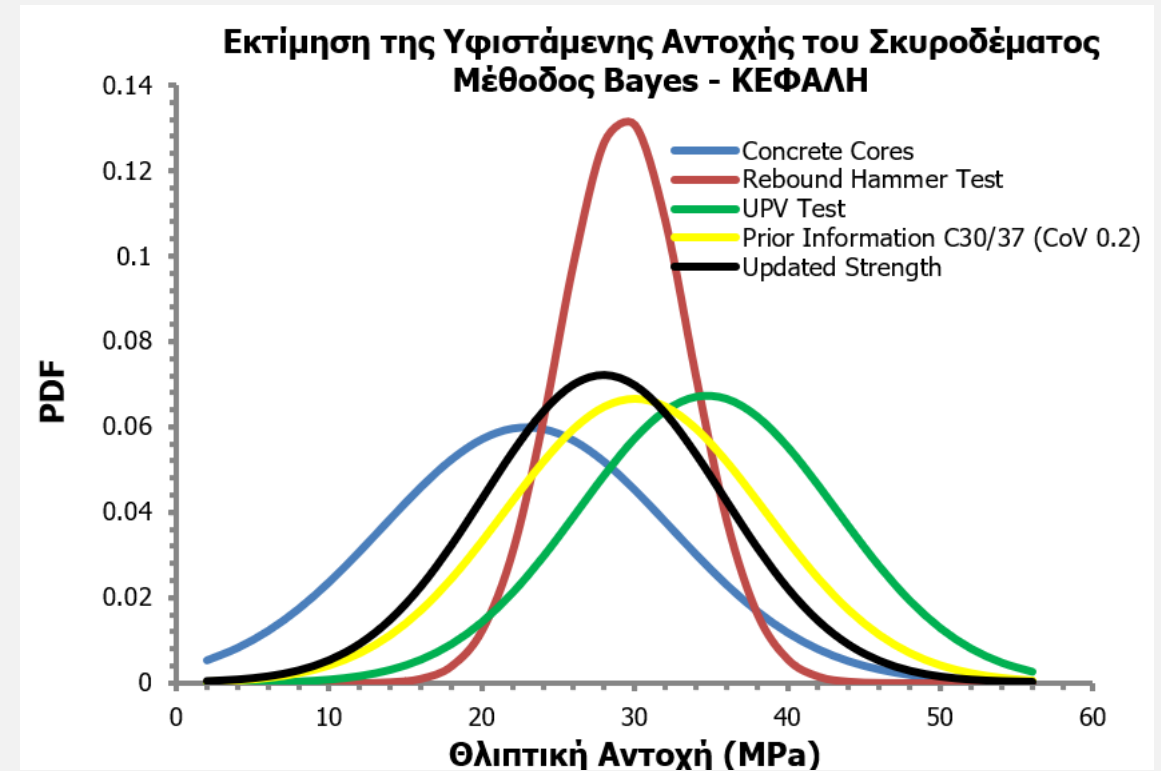
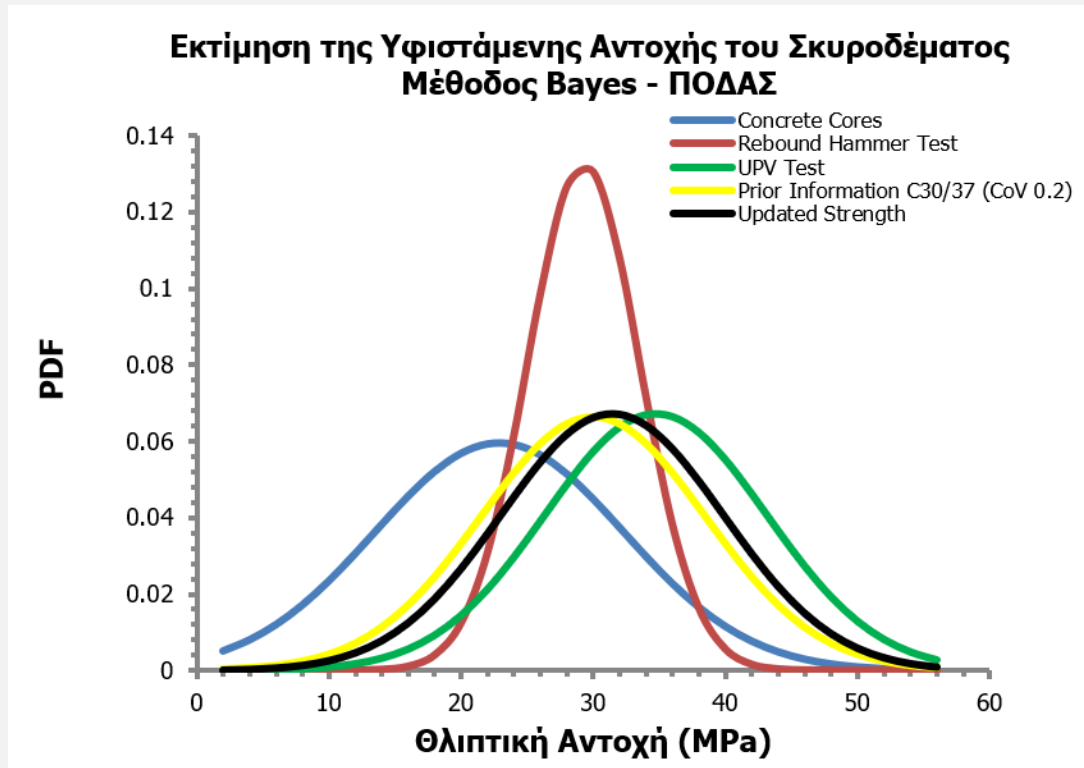
Εικόνα 8: Ενδεικτικές μετρήσεις με υπέρηχο.



Mean	3.78	Mean	3,32
S.D	0.40	S.D	0.40
CoV	0.11	CoV	0.12

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Αντοχή Σκυροδέματος (Bayes)



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

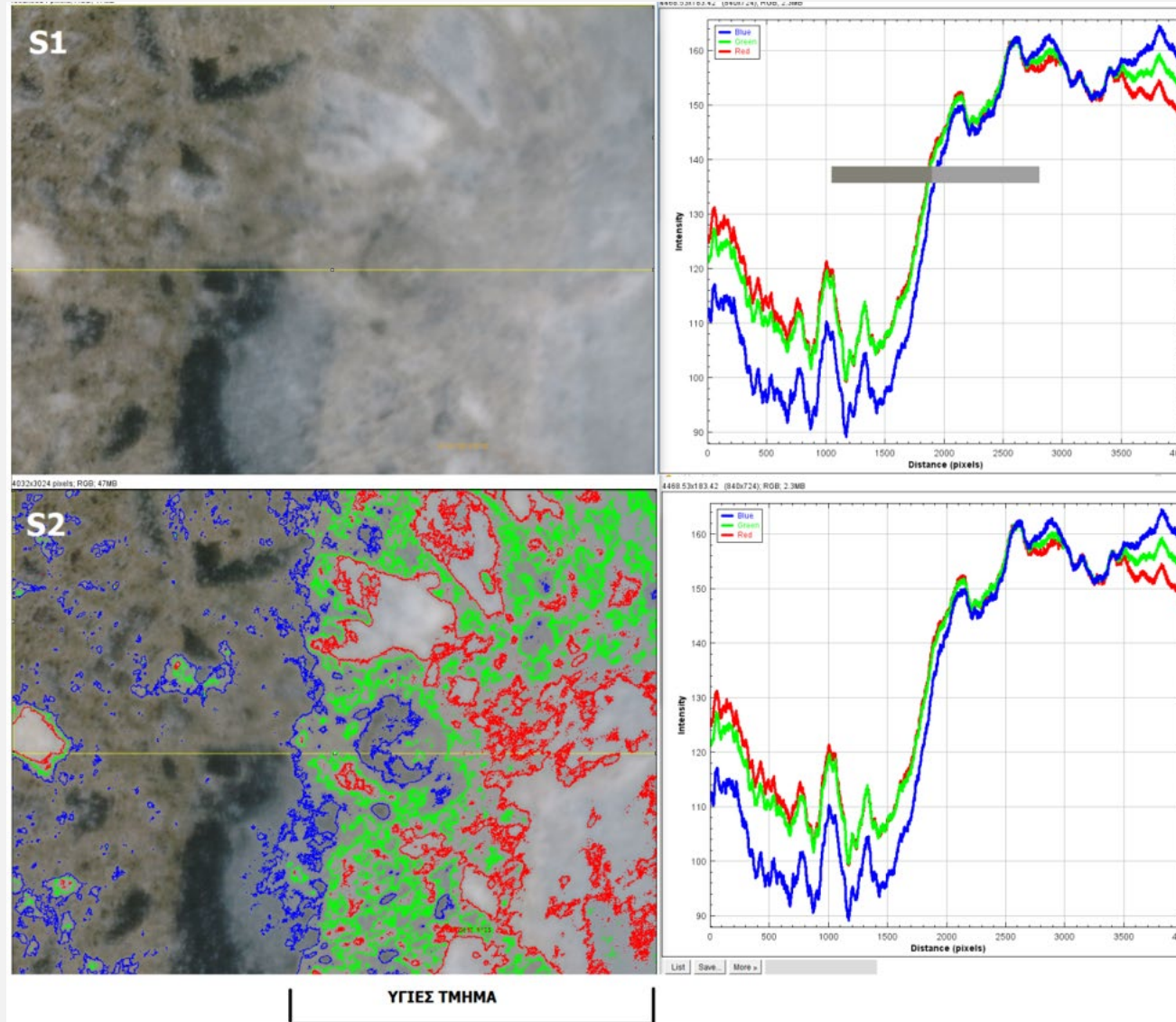
Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Ασβεστοποίηση Αδρανών

6.1. Πετρογραφική ανάλυση.

Δείγμα	Πετρογραφική Ανάλυση	Εκτίμηση Θερμικού Φορτίου - Ασβεστοποίηση
K47 Micro- Core		600-800 °C Παρατηρήθηκε ασβεστοποίηση των αδρανών έως και τα 20mm από την εκτεθειμένη πλευρά, σε αρχικό στάδιο. <i>Καθάρως ασβεστολιθικά αδρανή.</i>
Π1		300-500 °C Δεν παρατηρήθηκε ασβεστοποίηση αδρανών.
K26		300-500 °C Δεν παρατηρήθηκε ασβεστοποίηση αδρανών.

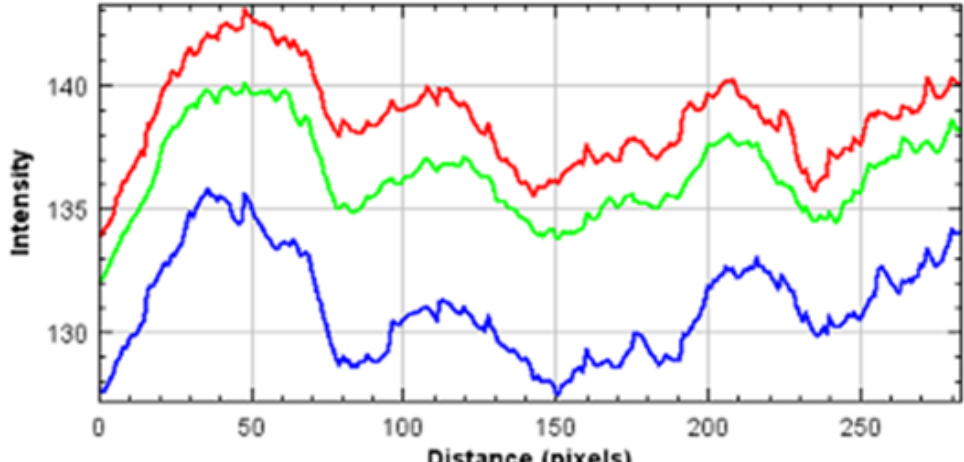
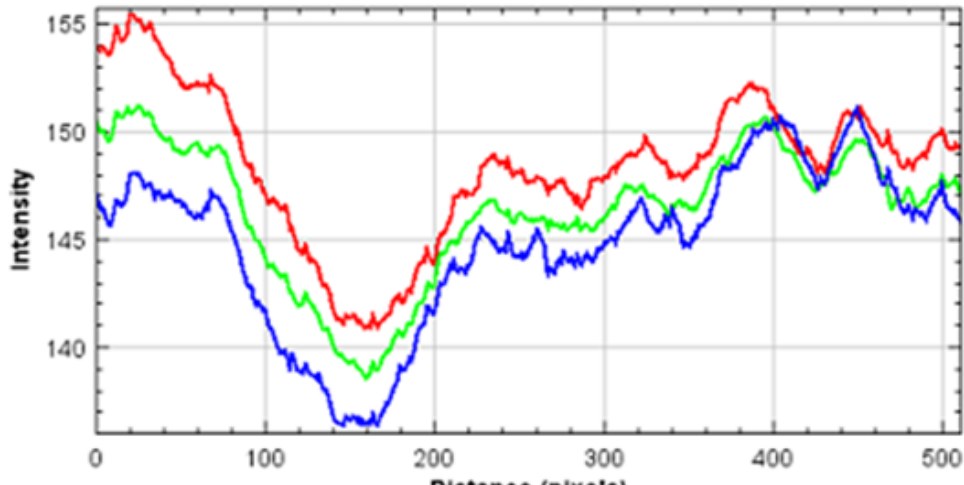
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Υπολογισμός Θερμικού Φορτίου (RGB μέθοδος)



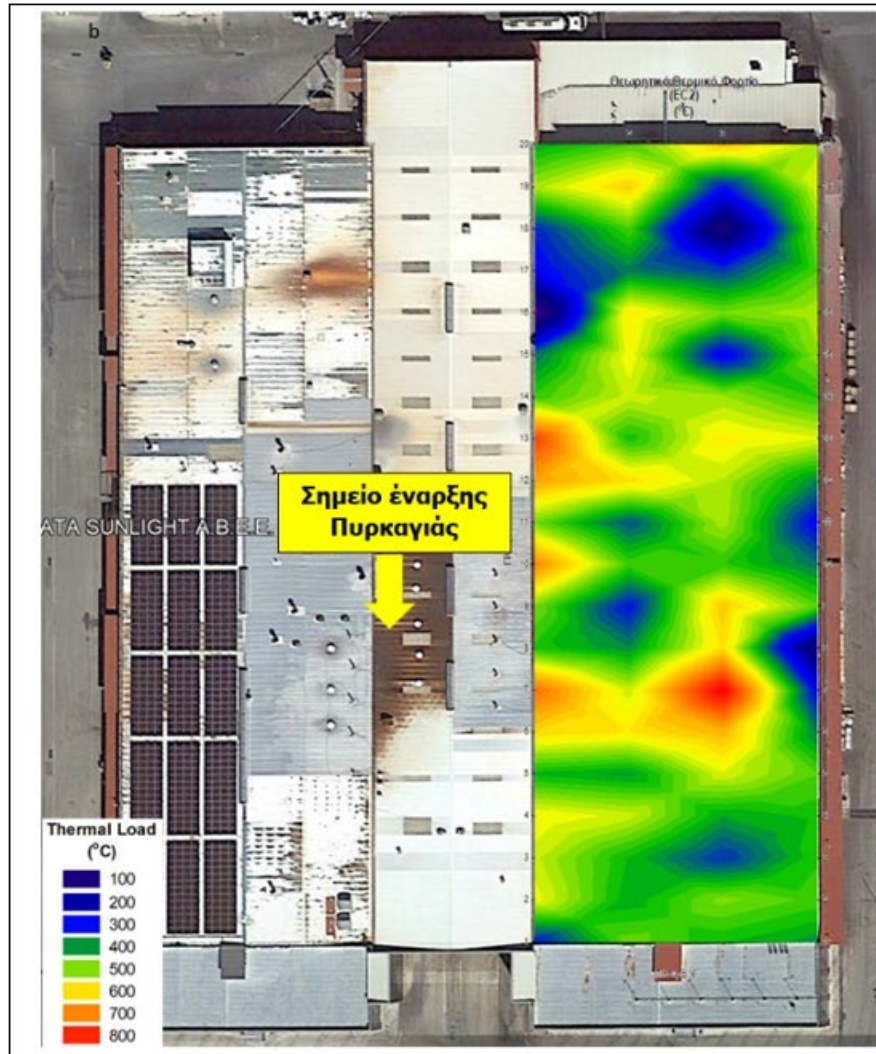
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Υπολογισμός Θερμικού Φορτίου (RGB μέθοδος)

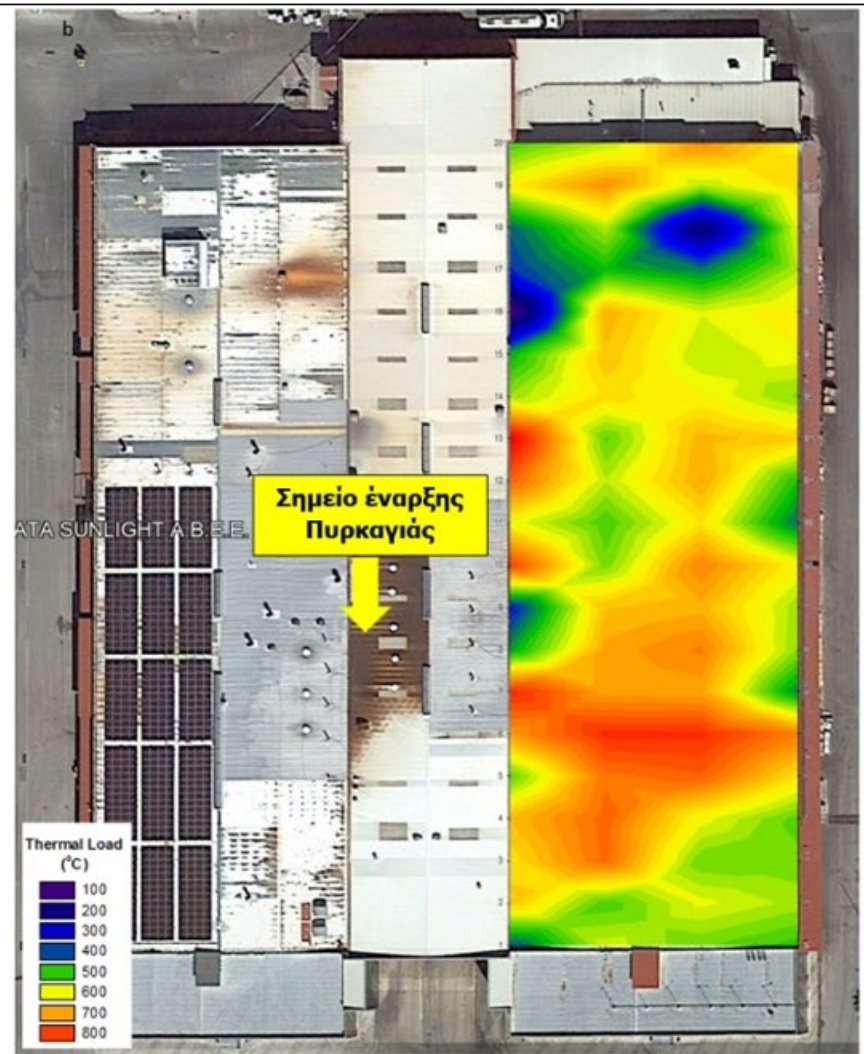
Δ.Σ	Ανάλυση RGB	Θερμικό Φορτίο
Κ24		<p>Εξωτερική πλευρά : Εκτιμώμενη θερμοκρασία 400-600 °C_0-25mm.</p>
		<p>Υγιές Τμήμα Πυρήνα : Εκτιμώμενη θερμοκρασία 100-200 °C _60-80mm.</p>

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Υπολογισμός Θερμικού Φορτίου (RGB μέθοδος)



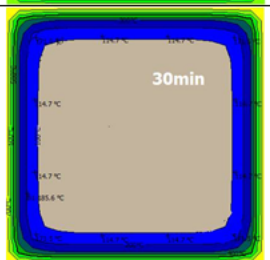
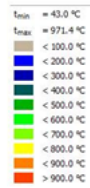
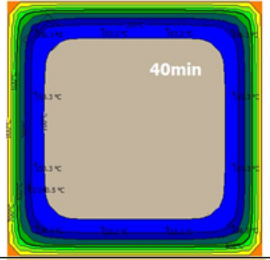
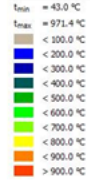
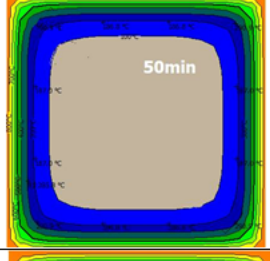
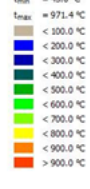
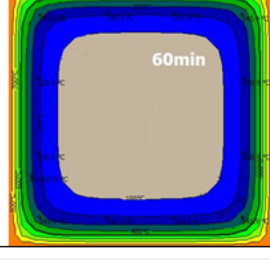

Θερμικό φορτίο στον Πόδα

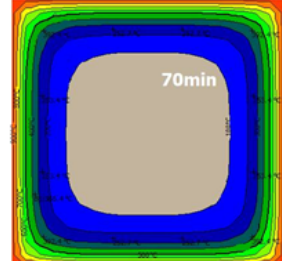
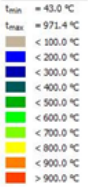
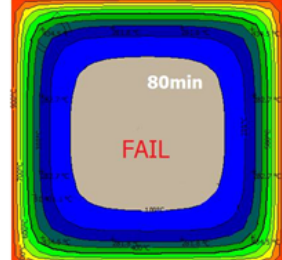
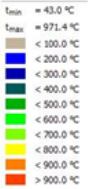
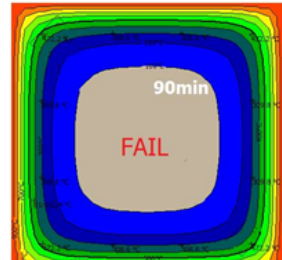
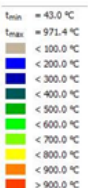


Θερμικό φορτίο στην Κεφαλή

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

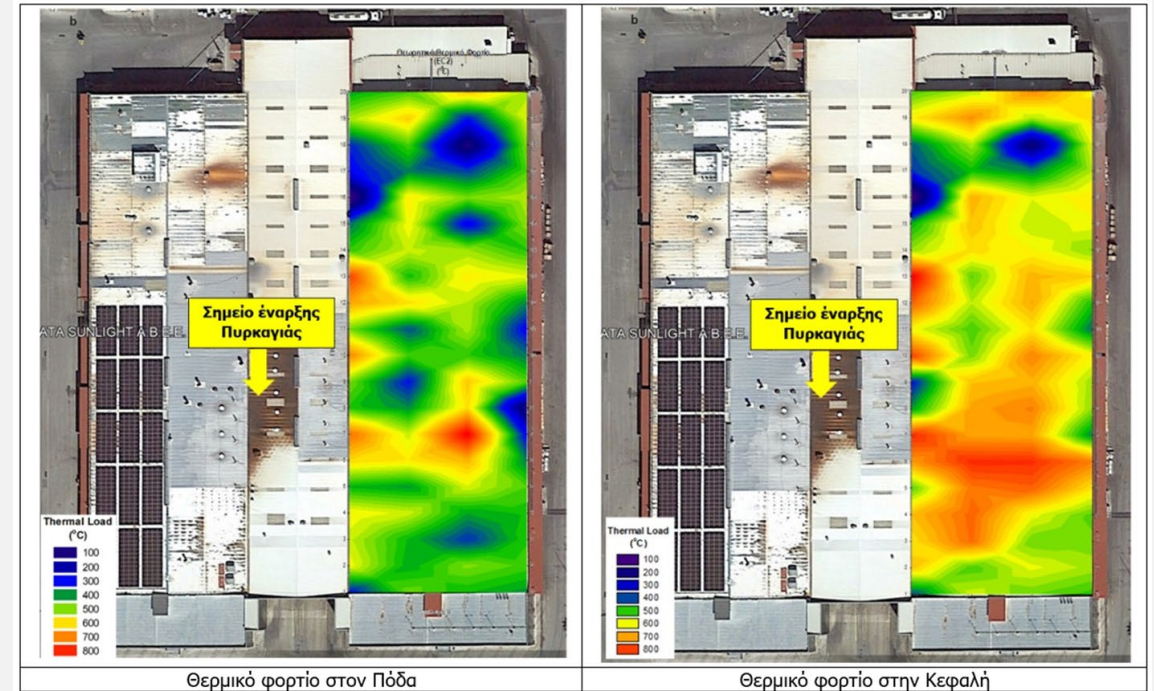
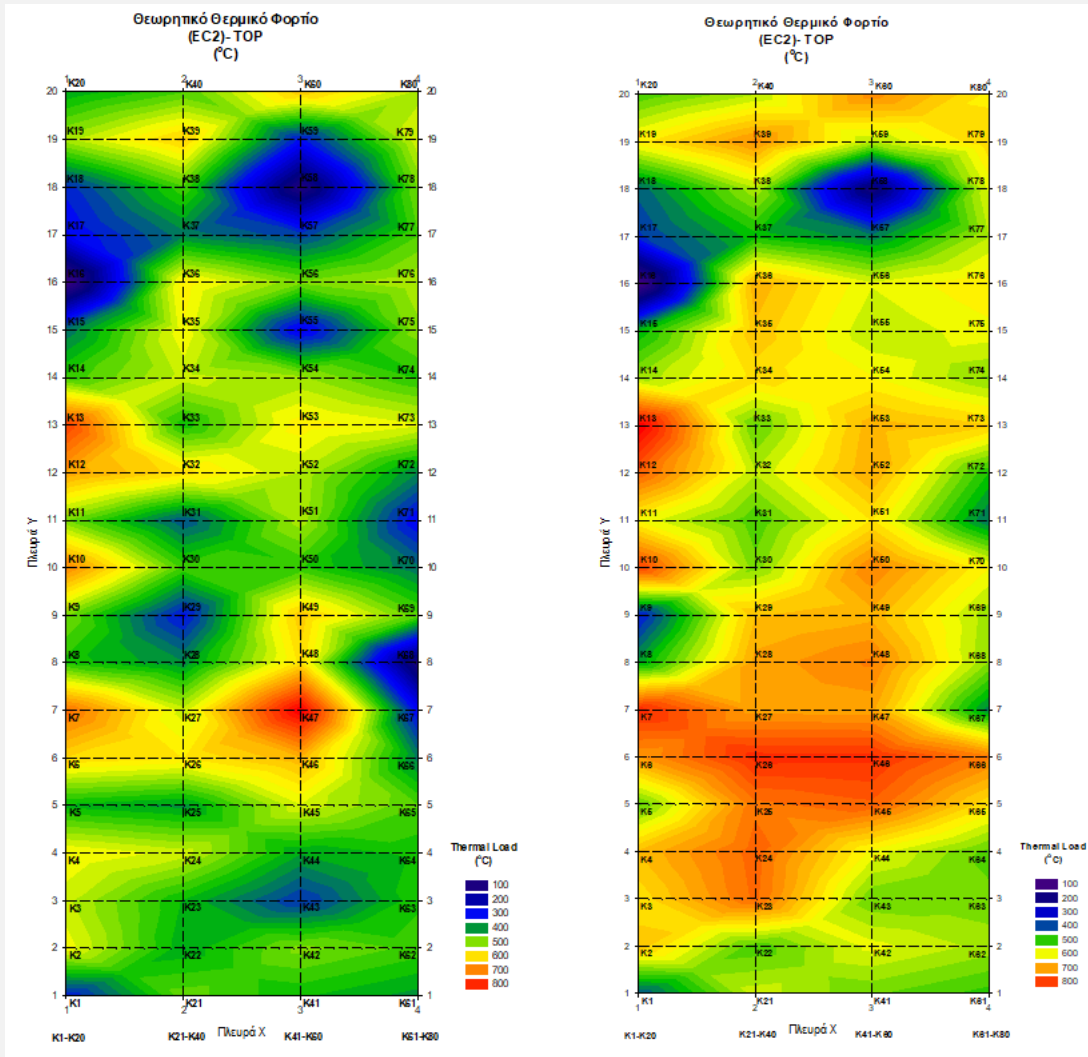
Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Υπολογισμός Θερμικού Φορτίου (RGB μέθοδος)

 <p>30min</p>		<800	121,5 Γ 114,7 Π	80
 <p>40min</p>		<900	236,3 Γ 153,3 Π	82
 <p>50min</p>		<900	290,9 Γ 187,0 Π	85
 <p>60min</p>		<900	343,9 Γ 220,9 Π	90

 <p>70min</p>		>900	392,4 Γ 253,4 Π	97
 <p>80min FAIL</p>		>900	434,5 Γ 282,7 Π	104
 <p>90min FAIL</p>		>900	472,2 Γ 308,6 Π	117

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Πυρόπληκτα – Βιομηχανικό Κτίριο – Υπολογισμός Θερμικού Φορτίου (RGB μέθοδος)

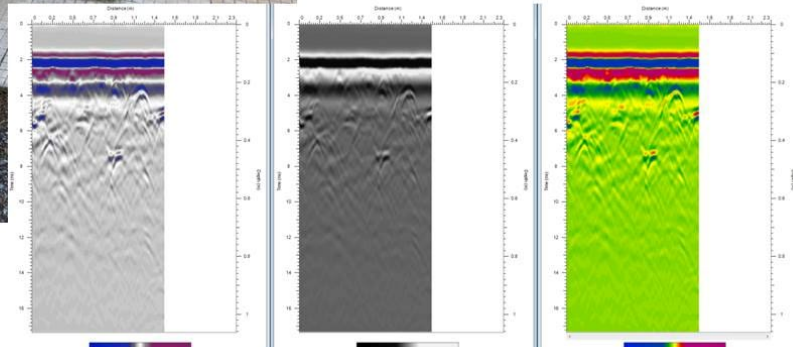
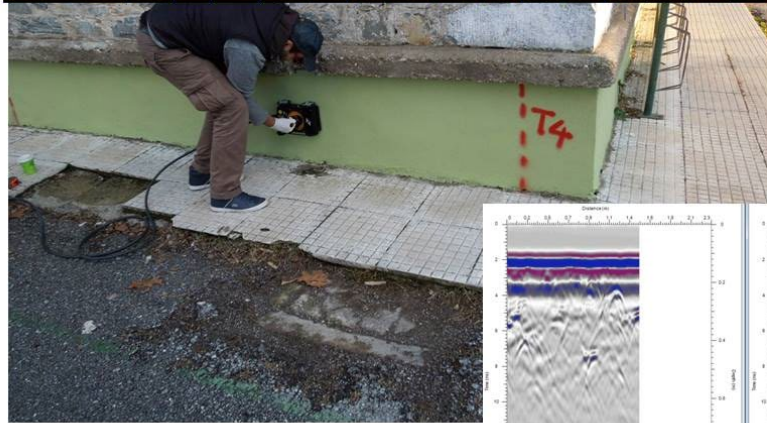


Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – 3D GPR Scanning

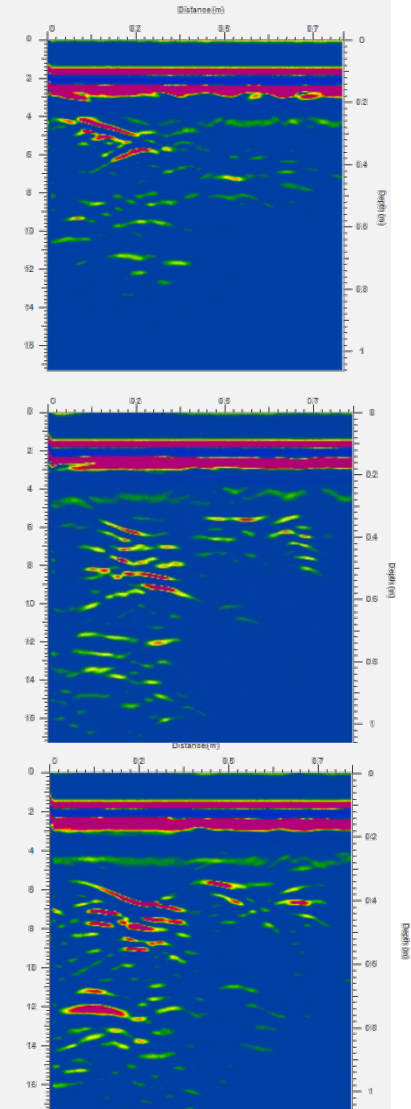
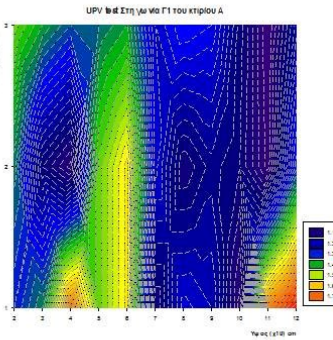
Πίνακας Βλαβών T4

(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
10			CR							CR					
20	CV					CV						CV			
30	CV			CR		CV					CR	CV		CV	CV
40		CV													
50					CR										
60										CR					CR
ΑΤΙΟΝ	R	R			R				R			R		R	R



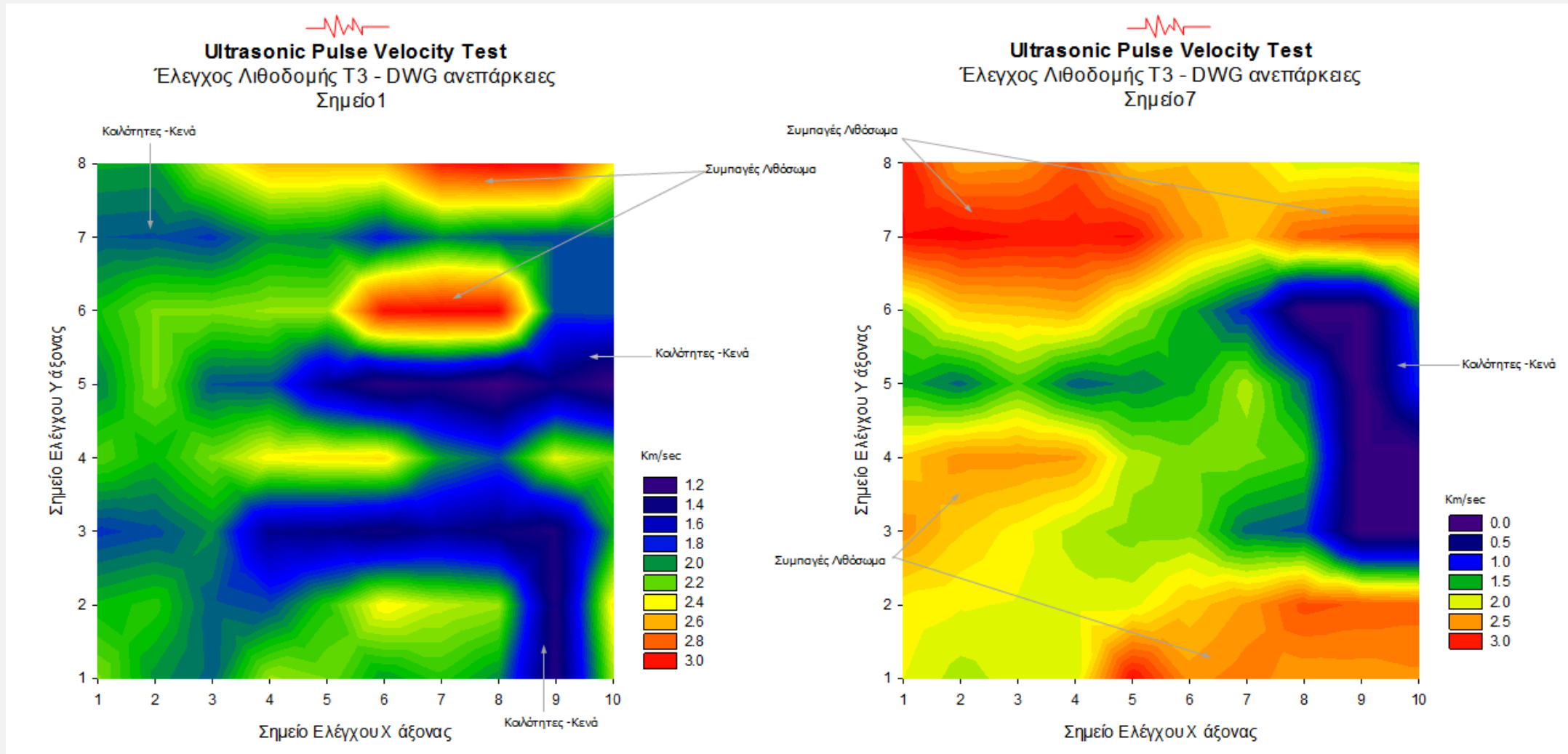
ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ ΒΛΑΒΩΝ

CR: CRACK (ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ)
CV: CAVITIES (ΚΕΝΑ)



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – Ultrasonic Pulse Velocity



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – Ultrasonic Pulse Velocity



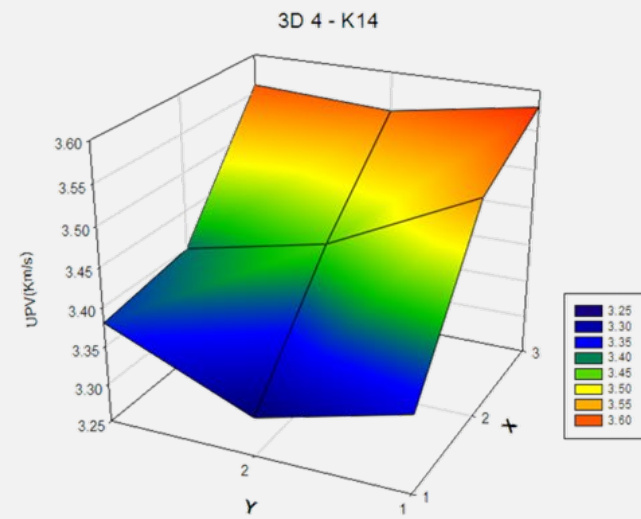
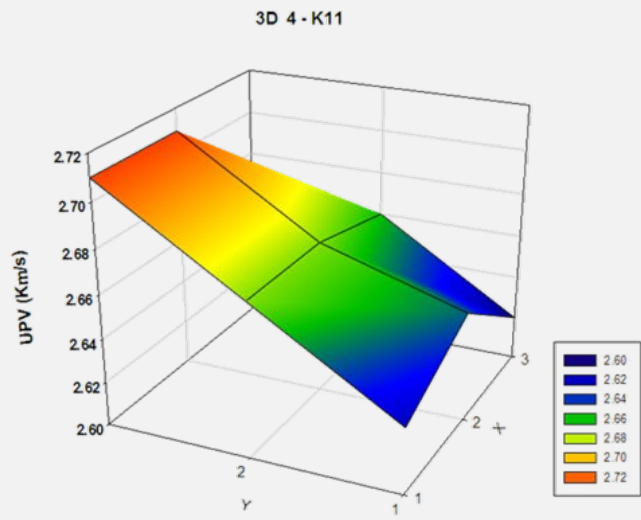
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – Ultrasonic Pulse Velocity



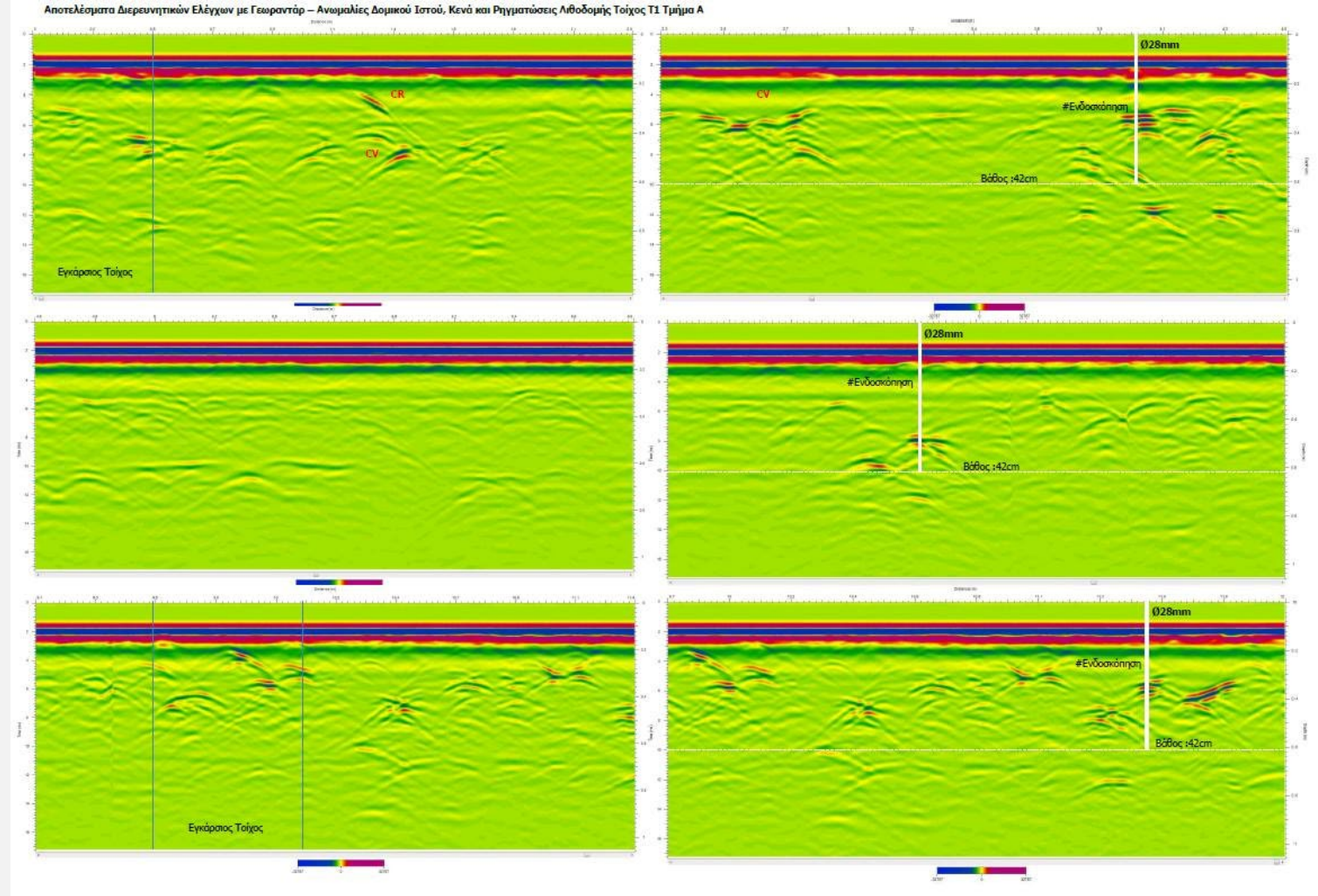
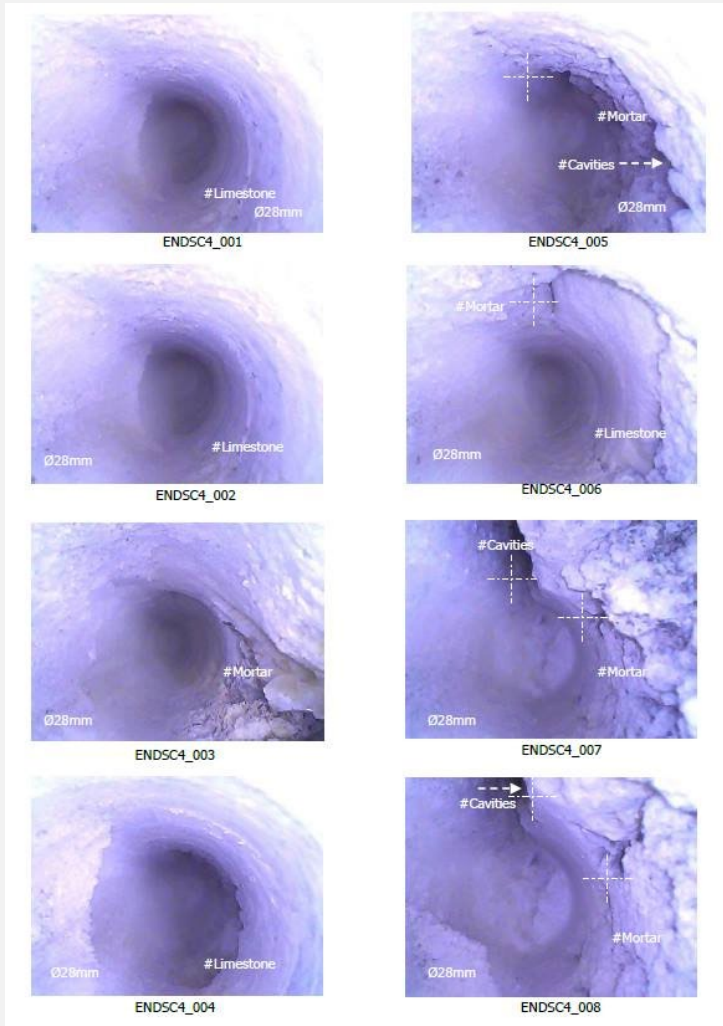
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – Ultrasonic Pulse Velocity



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – Endoscopic Inspection



Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Ενόργανοι Έλεγχοι

Επιβεβαίωση ευρημάτων με διάνοιξη οπών Φ28mm ,βάθους 50 cm και έλεγχο με ενδοσκοπική κάμερα.

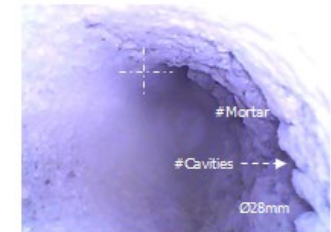
Τεκμηρίωση Τύπου Λιθοδομής και βλαβών.



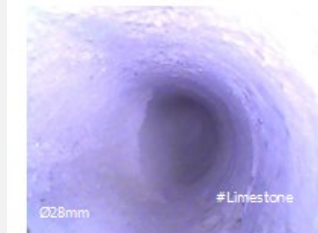
Αποτελέσματα E4:Endoscopic Camera HILTI professional



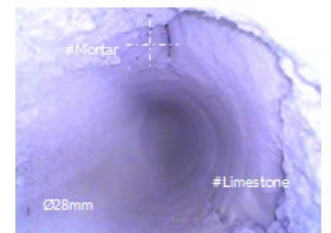
ENDSCH_001



ENDSCH_005



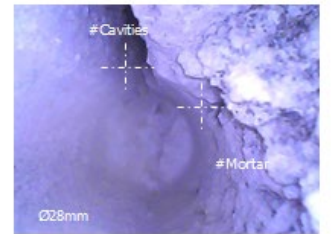
ENDSCH_002



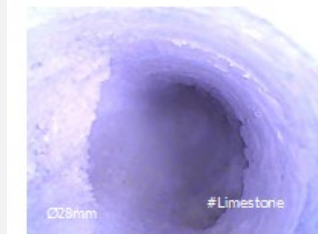
ENDSCH_006



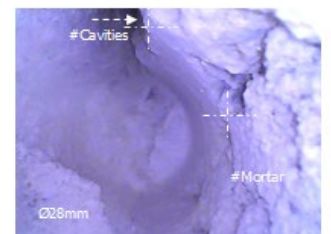
ENDSCH_003



ENDSCH_007



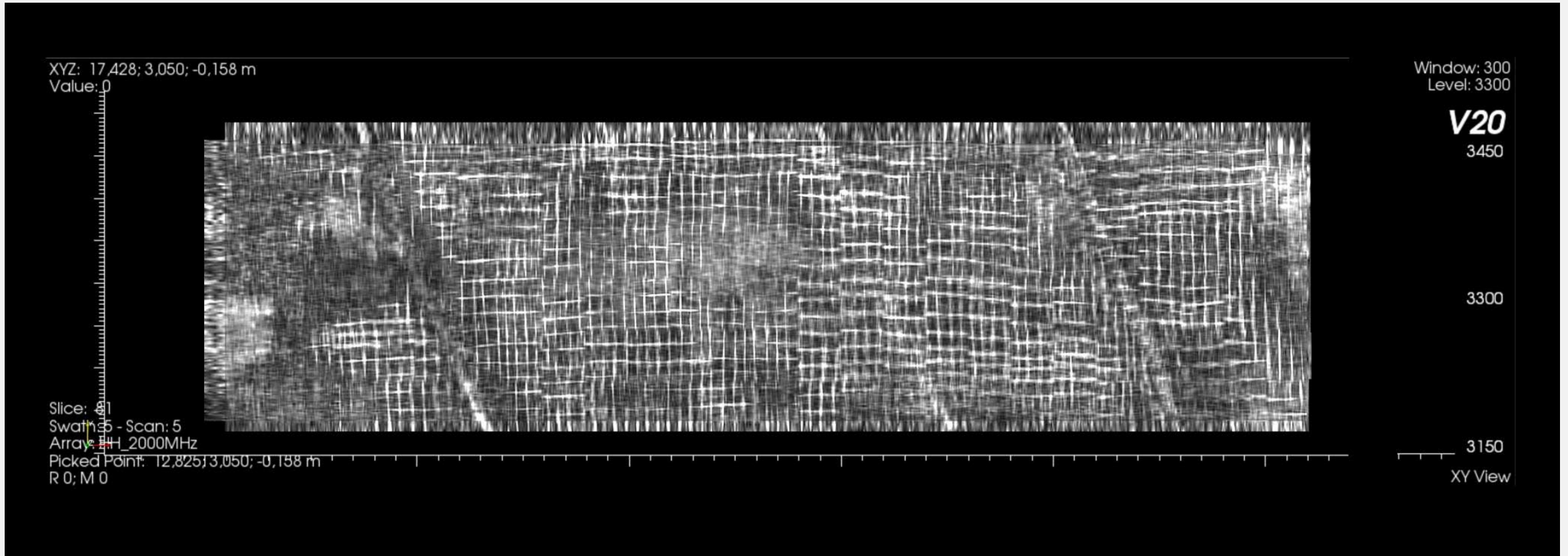
ENDSCH_004



ENDSCH_008

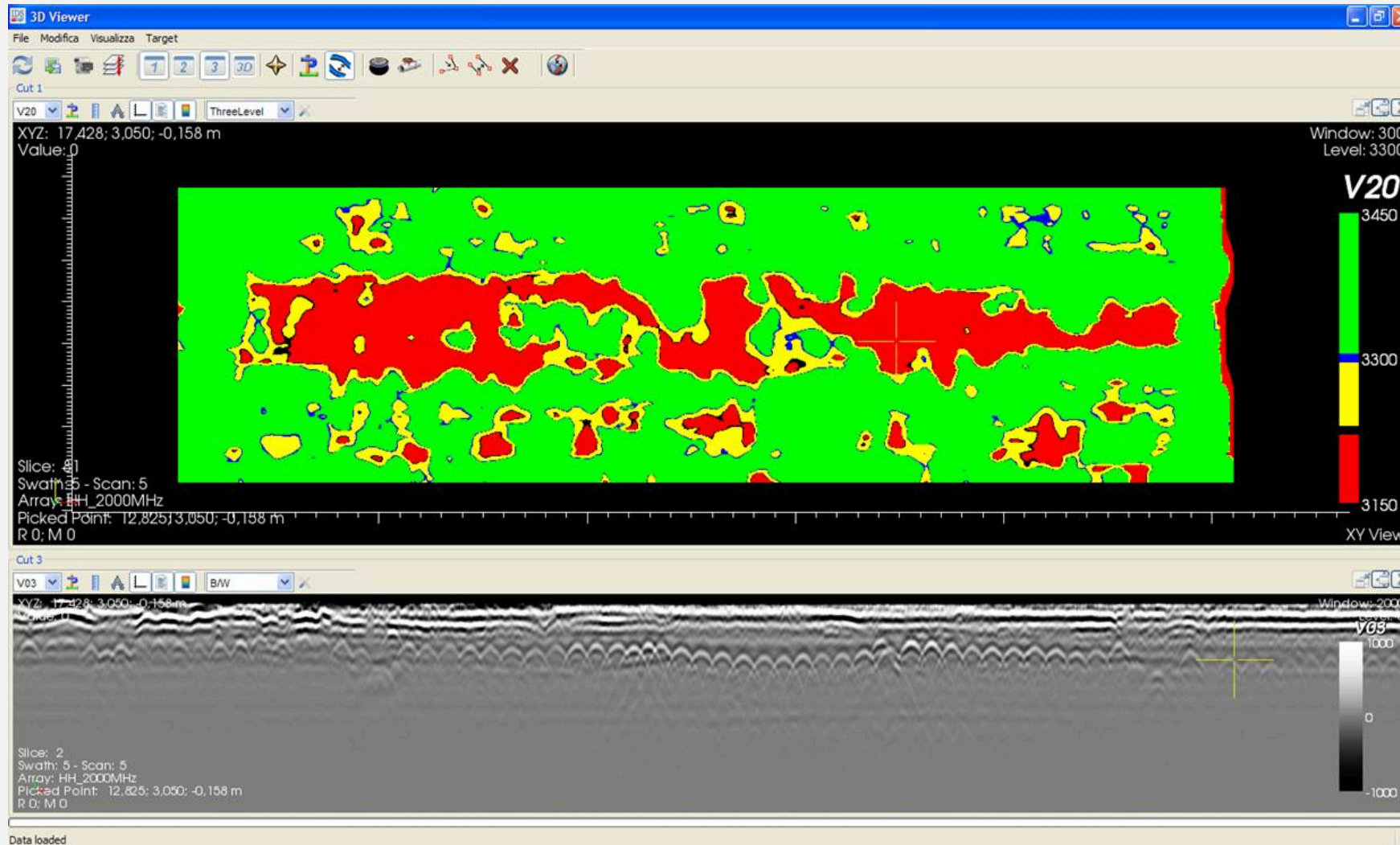
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – GPR Scanning



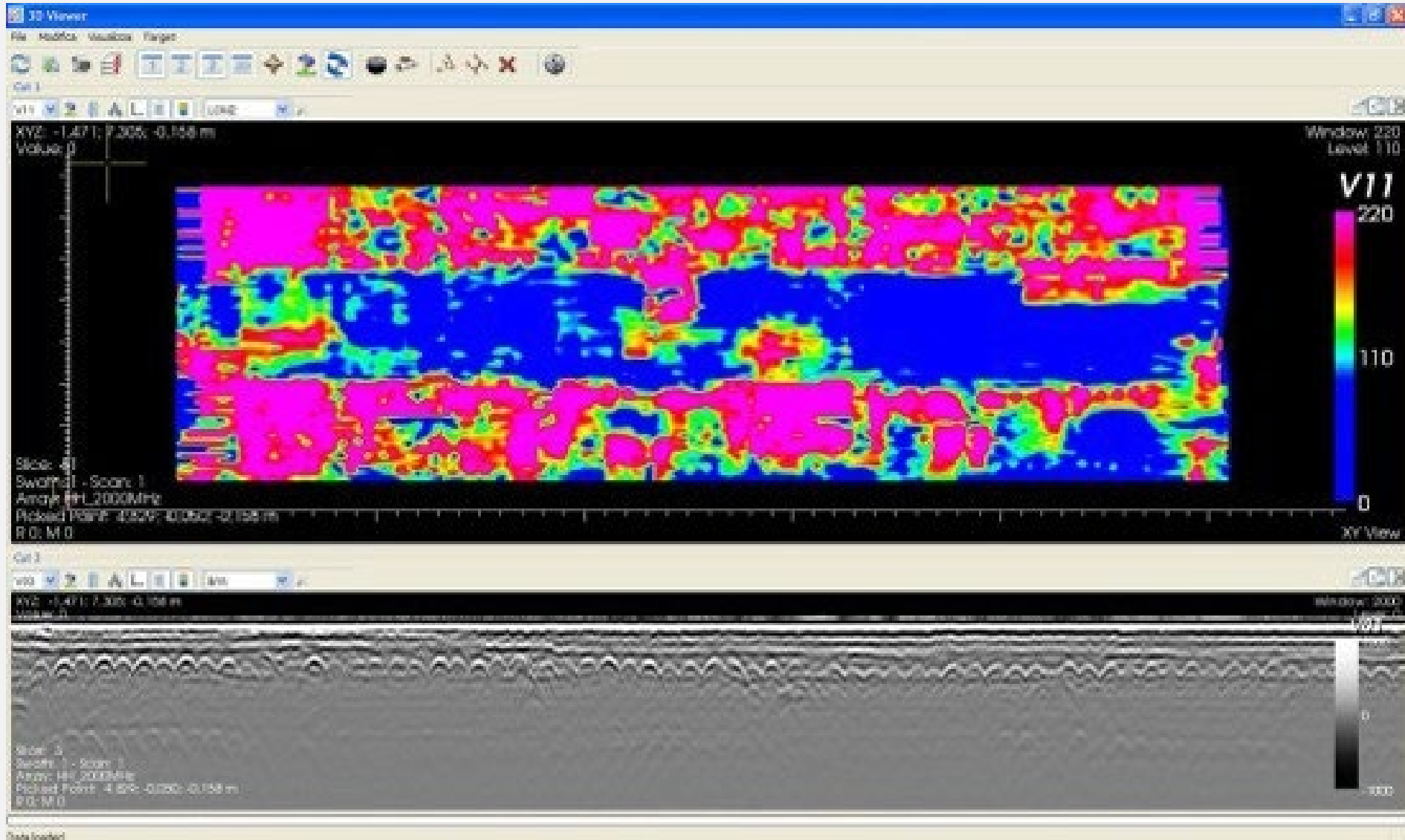
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – GPR Bridge Deck Moisture Map



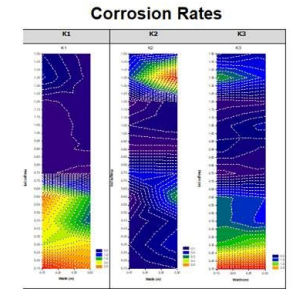
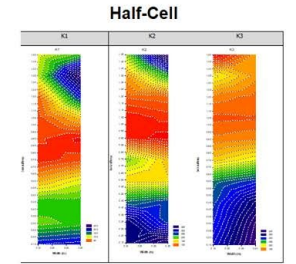
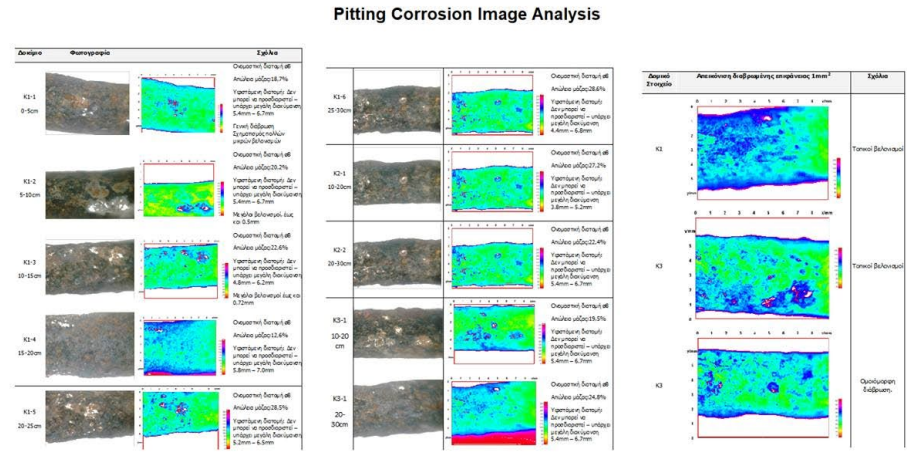
Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι – GPR Bridge Power Map with rebar deterioration

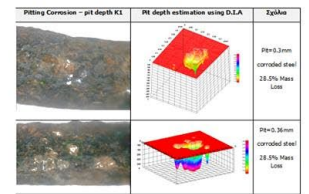
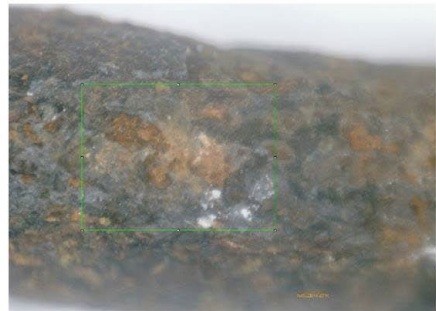
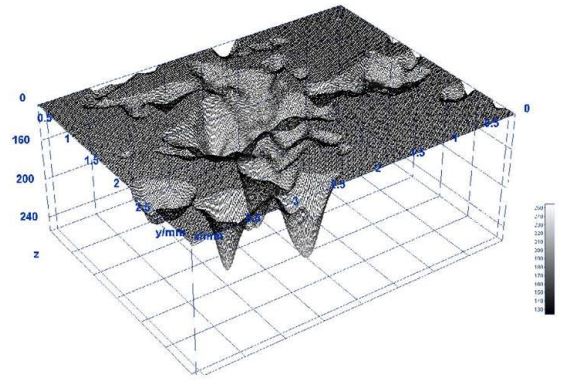
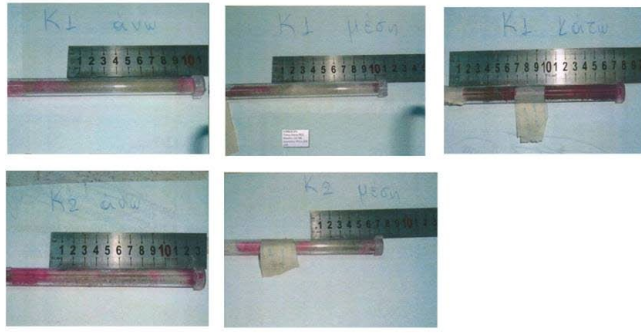


Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών Ενόργανοι Έλεγχοι

ΧΗΜΙΚΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟ ΟΞΥ



Concrete Alkalinity



ConcentralGroup

Τεκμηρίωση Δομικών Βλαβών

Ενόργανοι Έλεγχοι



Δοκιμαστική Φόρτιση Πλάκας



Επίπεδοι Γρύλοι – Flat Jacks
(Φέρουσα Λιθοδομή – Υπολογισμός μέτρου
Ελαστικότητας)

Δομική Υποβάθμιση Μέθοδος R_{eff} (Scada Pro)

Editor Υποσταυμάτων

Γεωμετρία

Κύριος Οπλισ

Συνδέτηρες

Διαγράμματα

Εντασκά

Αποτελέσματα

Διερεύνηση

Παραμορφώσεις

Ελεγχος

Επαναυπολογισμός

Ελεγχος Κόμβου

Y = 1245.00

+ M-N -

Copy

Paste

Δομητική Αξιολόγηση

OK

Cancel

Επικάλυψη 35 mm

Υψος (m)

H 2.9

h1 0

h2 0

Τοποθέτηση Διαστάσεων

X Y XYZ

Ανάπτυγμα

Σχεδιασμός Αναπτύγματος

Πάνω

Κάτω

Συνέχεια

Συνέχεια

Πάχος (cm) 70

Πάχος (cm) 70

Επικάλυψη (mm) 35

Επικάλυψη (mm) 35

Κλίμακες Σχεδίασης

Λεπτομέρεια 1: 20

Ανάπτυγμα 1: 50

Όνομασία	K72 - 48
Τύπος	ΤΟΙΧΕΙΟ
Διαστάσεις (cm)	40 /200
Κολωνάκια (cm)	bz : 60
H - Hcr (cm)	290 /400
Εμβαδόν (cm ²)	8000.00 / 8000.00
ρ _{max} % - cm ²	4.0 - 320.00
ρ _{calc} % - cm ²	0.48 - 38.64

Ράβδοι

10Φ10+20Φ14

Δομητική Αξιολόγηση υφιστάμενων κατασκευών

Αρχή

Να μην ληφθεί υπόψη η Δομική Αξιολόγηση

Rebar mm

Όνομαστική 3.1 Μετρούμενη 16.58 Συνδέτηρας

Μέθοδος reff

Μ.Τ. 284 Enter Service Life duration 50

T.A. 37 Age of structure 41

Κατηγορία σπουδαιότητας I

Κατηγορία Εκθέσεως XC4

Carbonation Depth [CRB] mm 42

Chloride Front [CL] mm 22

% Cl w.t of concrete (at cover) [CLC] 0.24

Cracks (Structural Non-Structural) [CR] mm 0.4

Concrete Resistivity (kΩcm) [R] 18

Half - Cell (mV)(Cu/CuSO4) [HC] -360

Corrosion Rate (I_{corr}, LPR) [CORR] 1.08

% rebar mass loss [RD] 17

Concrete Moisture Content ,EMC (%) [MST] 3.2

Τεύχος

Υπολογισμός

reff = 0.77

f_y measured = 284.00

f_y predicted (today) = 259.49

f_ycorr predicted = 219.05

I_{corr} predicted = 4.04

% deviation = 0.14

Μ-N

OK

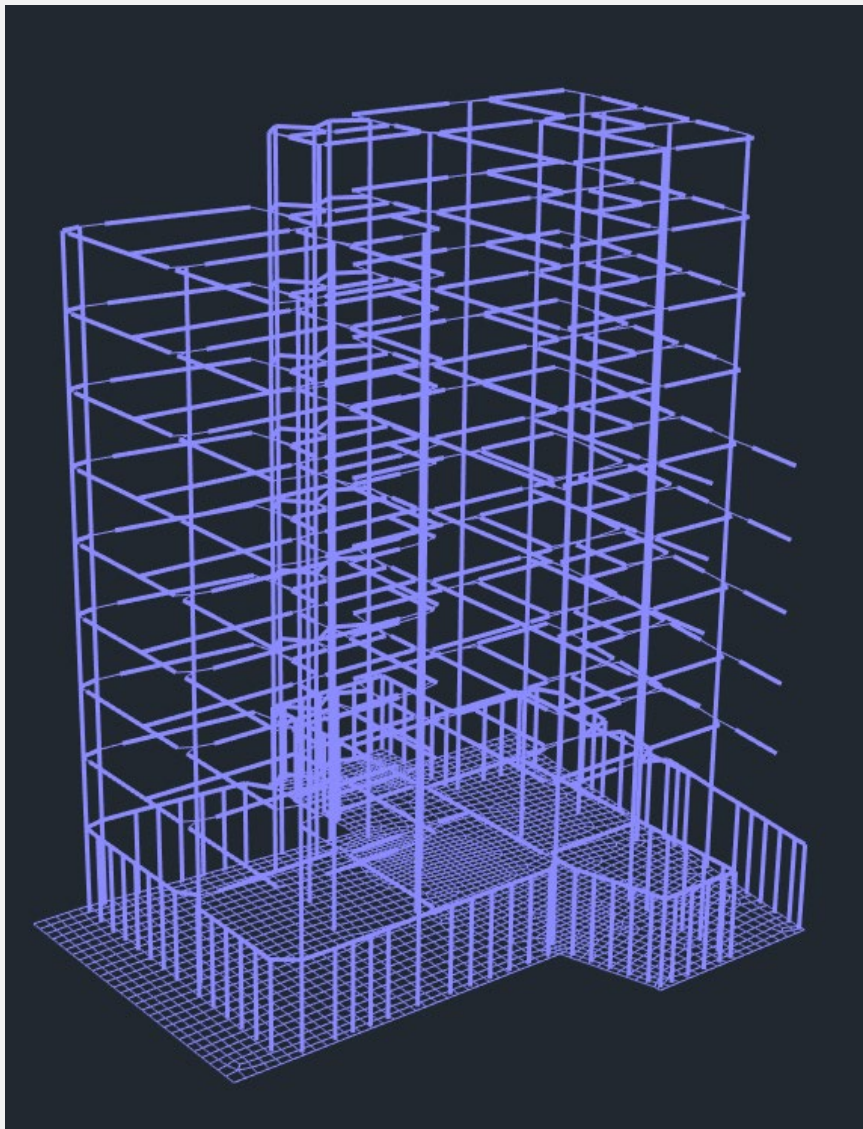
Cancel

Παρασκευή, 6 Δεκεμβρίου 2019

8:12 μμ

6/12/2019

Δομική Υποβάθμιση Μέθοδος R_{eff} (Scada Pro)



Δομητική Αξιολόγηση Υφιστάμενων Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος						
Μέλος :	48	Αρχή	Όνομαστική Διάμετρος (mm) :	18	Μετρούμενη Διάμετρος (mm) :	17
Δοκίμια Χάλυβα	Μέση Τιμή (MPa)	284.00	Τυπική Απόκλιση	37.00		
Στοιχεία Υλικών					Τιμή	
Κατηγορία Σπουδαιότητας					I	
Κατηγορία Έκθεσης					XC4	
Ηλικία Κατασκευής (έτη)					50	
Χρονοστόχος (έτη)					41	
Ποιότητα Σκυροδέματος					B500C	
Ποιότητα Χάλυβα					C25/30	
Όριο Διαρροής f_y αδιάβρωτου οπλισμού (MPa)					284	
Damage	Code	Damage Index				
		1	2	3	4	
Carbonation Depth (mm)	CRB				42.000	
Chloride Front (mm)	CL		22.000			
% Cl wt of concrete (at concrete cover)	CLC		0.240			
Cracks (Structural & Non Structural) (mm)	CR			0.400		
Concrete Resistivity (KΩcm)	R		18.000			
Half - Cell (mV)(Cu/CuSO4)	HC	-360.000				
Corrosion Rate (I _{corr} , LPR)	CORR				1.080	
Ømm (Rebar Diameter)	D	18.100				
% rebar mass loss	RD				17.000	
Concrete Moisture Content ,EMC (%)	MST		3.200			
Concrete Strength	CS	25.000				
Στοιχεία Υλικών	Μέθοδος Υπολογισμού					
	Απλοποιητική I _{corr}	Μέθοδος r_{eff}				
Δείκτης Αξιοπιστίας (β)		3.30				
CDI		2.50				
EI		0.75				
GDI		1.63				
Τιμή r_{eff}		0.77				
Πρόβλεψη Μέσης τιμής πυκνότητας ρεύματος I _{corr} (μA/cm ²) (Για χρονοστόχο)		4.04				
Πρόβλεψη f_y διαβρωμένου οπλισμού (Mpa) (Για χρονοστόχο)	max min	219.05				
Απομείωση διατομής χάλυβα για χρονοστόχο (%)		0.45				
Πρόβλεψη διατομής διαβρωμένου χάλυβα (mm ²) για χρονοστόχο		13.42				
Συνολικό ποσοστό οπλισμού As αδιάβρωτου χάλυβα (mm ²)		257.30				
Συνολικό ποσοστό οπλισμού As διαβρωμένου χάλυβα (mm ²)		141.37				
Διάγραμμα Τάσεων Παραμορφώσεων						
E (Gra)	200.00					
Αδιάβρωτο	500.00					
Εργαστηριακό	284.00					
Διαβρωμένο	219.05					

Ενισχύσεις και Επισκευές

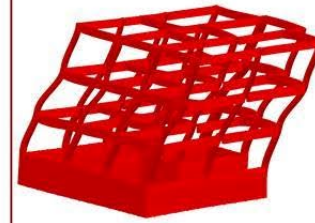
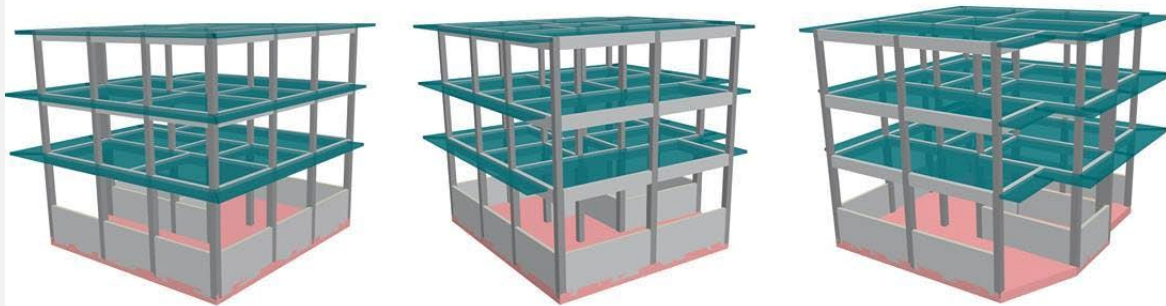


Ενισχύσεις και Επισκευές

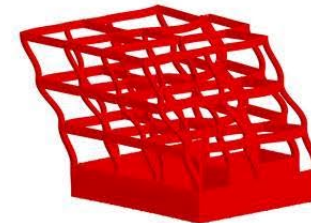


Ενισχύσεις και Επισκευές

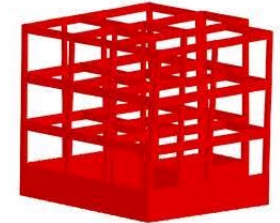
Εφαρμογή Μεταλλικών Δύσκαμπτων Συνδέσμων



1η

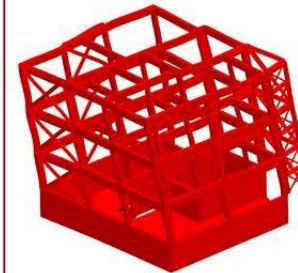
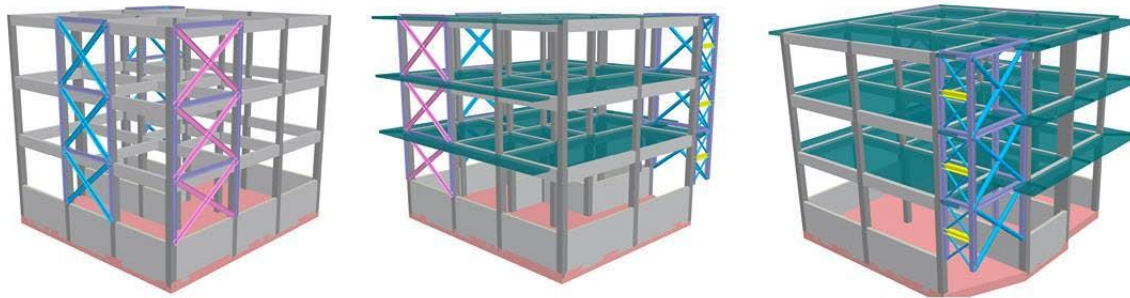


2η

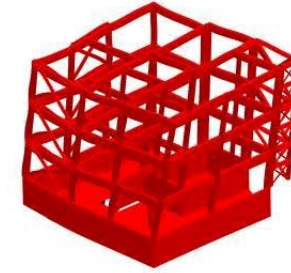


3η

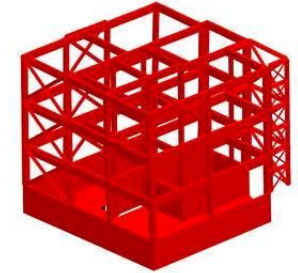
Υφιστάμενος Φορέας



1η

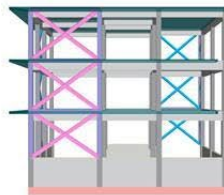
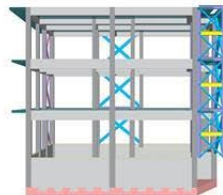
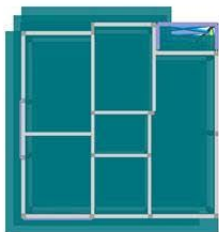


2η

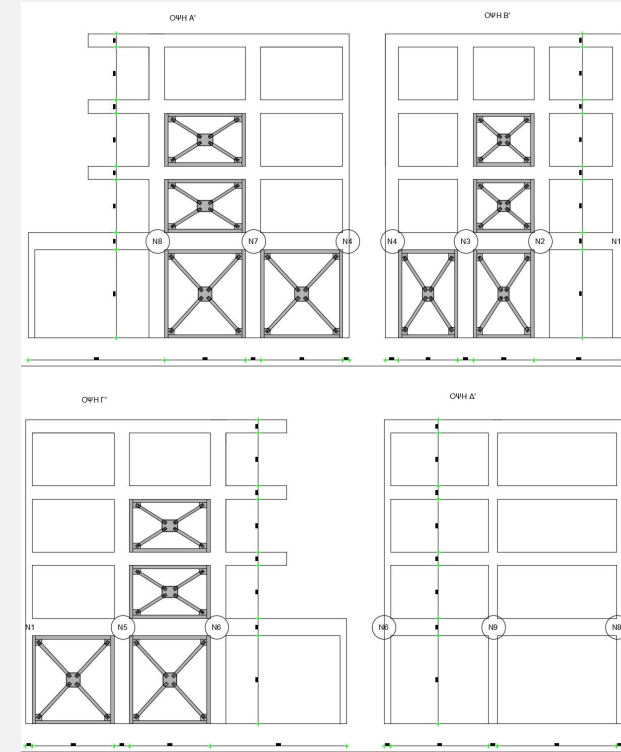


3η

Ενισχυμένος Φορέας



Ενισχύσεις και Επισκευές Εφαρμογή Μεταλλικών Δύσκαμπτων Συνδέσμων



Ενίσχυση Υφιστάμενου Πλασιωτού Φορέα
Διπλομένου Σιμεντέματος με προσηθή
Μεταλλικών Δύσκαμπτων Συνδέσμων Τύπου Χ,
χωρίς εκκενρότητα.

Ενίσχυση Υφιστάμενων Κάμβων Ισογείου με
μονής κατεύθυνσης κορδόνι από ίνες άνθρακα



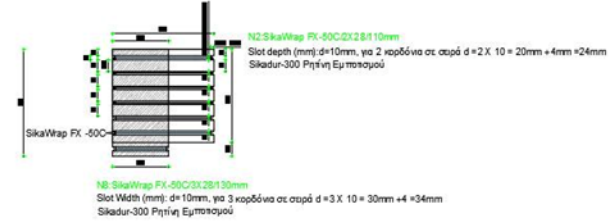
Έργο: Μελέτη Ενίσχυσης Ζέρουρου Κτιρίου με
Ισόγειο Κατάστημα

Για την Υλοποίηση της Μελέτης
ευχαριστούμε τους Νίκο
Αναγνωστόπουλο, Sika Hellas και Δρ
Θεόδωρο Ρουσόκη, Επικ Καθηγητής
ΔΠΕ.



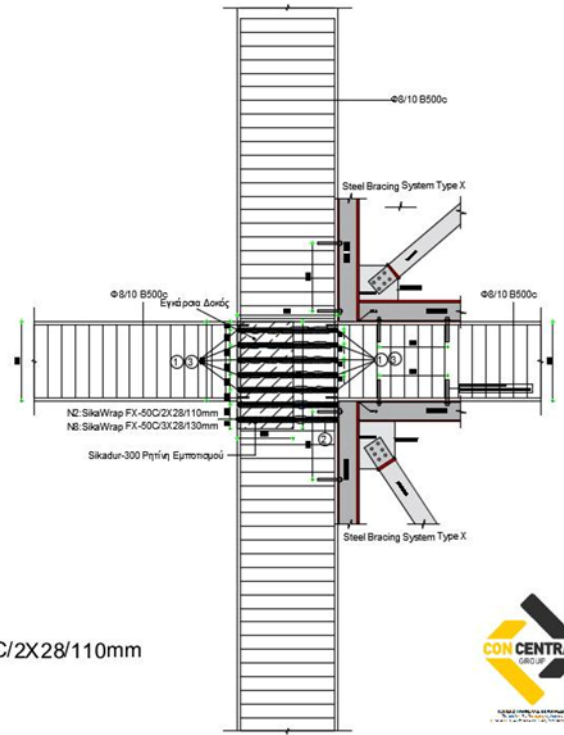
Ενισχύσεις και Επισκευές

Ενίσχυση κόμβου με κορδόνι SikaWrap



N2 SikaWrap FX-50C/2X28/10mm
Slot depth (mm) $\phi=10\text{mm}$, για 2 κορδόνια σε σειρά $d=2 \times 10 = 20\text{mm} + 4\text{mm} = 24\text{mm}$
Sikadur-300 Πηγή Εμπιστοσύνης

N8 SikaWrap FX-50C/3X28/130mm
Slot Width (mm) $\phi=13\text{mm}$, για 3 κορδόνια σε σειρά $d=3 \times 10 = 30\text{mm} + 4 = 34\text{mm}$
Sikadur-300 Πηγή Εμπιστοσύνης



Steel Bracing System Type X

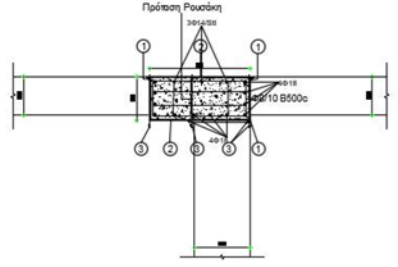
$\phi 8/10 \text{ B500c}$

Εγκέφαλος δοκού

$\phi 8/10 \text{ B500c}$

N2 SikaWrap FX-50C/2X28/10mm
N8 SikaWrap FX-50C/3X28/130mm
Sikadur-300 Πηγή Εμπιστοσύνης

Steel Bracing System Type X



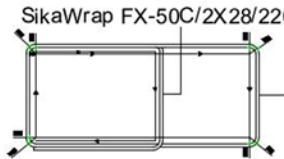
Πρόσβαση Ρουσάκη

$\phi 8/10 \text{ B500c}$


$\phi 8/10 \text{ B500c}$


1. Καθαίρεση τμημάτων ακυρωθέντων και καμπύλωση των γωνιών των υποσιμωμάτων
2. Δημιουργία επαρκούς επαρκούς βάθους ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί το κορδόνι ενώ ν'ά θρακα
3. Δημιουργία από ν' για την δέλευση του κορδονίου.Οι σπές θα πρέπει να απαλλαγούν από σκόνες.

SikaWrap FX-50C/2X28/220mm



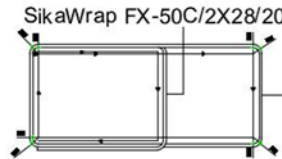
SikaWrap FX-50C/2X28/110mm



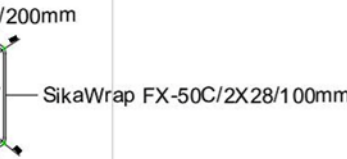


1. Καθαίρεση τμημάτων ακυρωθέντων και καμπύλωση των γωνιών των υποσιμωμάτων
2. Δημιουργία επαρκούς επαρκούς βάθους ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί το κορδόνι ενώ ν'ά θρακα
3. Δημιουργία από ν' για την δέλευση του κορδονίου.Οι σπές θα πρέπει να απαλλαγούν από σκόνες.

SikaWrap FX-50C/2X28/200mm



SikaWrap FX-50C/2X28/100mm



“Quality is not an act, it is a habit.”
Aristotle


“Η ποιότητα δεν είναι μια πράξη,
είναι μια συνήθεια.”
Αριστοτέλης



Ευχαριστώ

 Δημήτριος Νικολαΐδης

 6943900038

 d.nikolaidis@concentral.gr

 www.concentral.gr