

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ & ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΟΧΥΡΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ

Κ.ΠΙΤΙΛΑΚΗΣ

Καθηγητής

Α. ΣΕΞΤΟΣ

Πολ. Μηχανικός, Υποψ. Διδάκτωρ

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο της αντιμετώπισης των στερεωτικών προβλημάτων και για την ορθολογικότερη διαχείριση των εργασιών αποκατάστασης των οχυρωματικών κατασκευών της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου, επιδιώχθηκε η όσο το δυνατό αναλυτικότερη αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης στον ευρύτερο χώρο του συγκροτήματος των οχυρώσεων, η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων και η βαθμονόμηση των διαφορετικών τμημάτων του αναφορικά με τον βαθμό στατικής επικινδυνότητά τους. Για τον σκοπό αυτόν, αναπτύχθηκε μια πολυεπίπεδη βάση δεδομένων- λογισμικό με το οποίο επιτυγχάνεται η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης των οχυρώσεων και η αποτίμηση, βαθμονόμηση και ιεράρχηση των βλαβών κατά μήκος τους, αποτελώντας με χρονική αρχή το 2000, ένα λεπτομερέστατο σημείο αναφοράς για όλες τις μελλοντικές επεμβάσεις.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου αποτελεί ένα σημαντικότατο ελληνικό αλλά ταυτόχρονα και κυρηγμένο από την UNESCO μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς, για την αποκατάσταση και διαμόρφωση του οποίου χρηματοδοτείται την τελευταία πενταετία ένα ευρύ πρόγραμμα δράσης από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Υπουργείο Πολιτισμού. Στο πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνονται [1] έντεκα εκκλησίες, η αποπεράτωση της Παναγίας του Μπούργκου, το μουσουλμανικό τέμενος του Σουλεϊμάν, οι μεσαιωνικοί μώλοι των λιμανιών (Αγ. Νικολάου, Naillac και των μύλων), καθώς και τα στεριανά τείχη και η τάφος. Ειδικότερα για τα δύο τελευταία,

ιδιαίτερα σημαντικές αλλά και προσεκτικές επεμβάσεις έχουν επιτύχει την πλήρη αποκατάσταση του προμαχώνα της πύλης του Αγ. Ιωάννου [2], τμήματος της «γλώσσας» (θέσης μάχης) της Αραγώνας, τμημάτων του αναλημματικού τοίχου (contra scarp) της τάφρου στην θέση της γλώσσας της Αγγλίας καθώς και του προμαχώνα του Αγ. Γεωργίου. Παράλληλα, προχωρά με γοργούς ρυθμούς η διαμόρφωση του αρχαιολογικού χώρου της τάφρου, μήκους 2500μ., αλλάζοντας δραστικά μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα την μορφή του χώρου και προσφέροντας στους πολίτες και τους επισκέπτες της πόλης της Ρόδου έναν χώρο περιπάτου με ιστορικό βάθος και μοναδική ομορφιά. Στο πλαίσιο της αντιμετώπισης των στερεωτικών προβλημάτων στις ανωτέρω θέσεις αλλά και για την ορθολογικότερη διαχείριση των εργασιών αποκατάστασης των οχυρωματικών κατασκευών, το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σε συνεργασία με το Ταμείο Διαχείρισης Πιστώσεων για την Εκτέλεση Αρχαιολογικών Έργων (Τ.Δ.Π.Ε.Α.Ε.) ανέπτυξε ένα πολυεπίπεδο ερευνητικό πρόγραμμα το οποίο κινείται σε δύο βασικούς άξονες:

A. Την αναλυτική αποτύπωση, αξιολόγηση και τελικά βαθμονόμηση της στατικής επάρκειας και ευστάθειας του συνόλου των μεσαιωνικών οχυρώσεων με βάση την οποία διατυπώνεται το μακροπρόθεσμο σχέδιο ιεραρχημένων δράσεων (master plan) καθώς και συγκεκριμένες προτάσεις που αφορούν βραχυπρόθεσμα τοπικά μέτρα αντιμετώπισης ή γενικότερες επεμβάσεις στον ευρύτερο χώρο της τάφρου.

B. Την ανάπτυξη ενός πιλοτικού ειδικού λογισμικού / βάσης δεδομένων με στόχο:

- Την αρχειοθέτηση της ανωτέρω αποτύπωσης και βαθμονόμησης
- Την παρουσίαση των προβλημάτων και των προτάσεων μέτρων αντιμετώπισης
- Την αρχειοθέτηση των ολοκληρωμένων από την Υπηρεσία μελετών / εργασιών
- Τη διαχείριση και παρακολούθηση των υπό εξέλιξη επεμβάσεων καθώς και
- Την παρακολούθηση των μελλοντικών δράσεων αποκατάστασης, κατάλληλα ιεραρχημένων, στη βάση της ανωτέρω αποτίμησης της στατικής συμπεριφοράς κάθε τμήματος της οχυρωματικής κατασκευής.

## **2. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ**

Πρόκειται για μια εύχρηστη και πολυεπίπεδη βάση δεδομένων η οποία αποτελεί, σκόπιμα, συνδυασμό ευρείας χρήσης λογισμικού προκειμένου να είναι αξιοποιήσιμη και άμεσα ανανεώσιμη από την Υπηρεσία. Με βάση το Microsoft Powerpoint 2000, πληροφορίες αντλούνται τόσο από το Microsoft Word 2000 όσο και από το Autocad 2000. Οι μεσαιωνικές οχυρώσεις χωρίστηκαν σε 108 διακριτά τμήματα, καλύπτοντας το συνολικό μήκος όλων των επιφανειών των οχυρώσεων και δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα τμήματα εκείνα που παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό στατικής

επικινδυνότητας. Οι διακριτές αυτές θέσεις αποτυπώνονται σε σειρά από εξειδικευμένους χάρτες (Σχήμα 2). Το λογισμικό αλληλεπιδρά με τον εκάστοτε χρήστη δίνοντας του τη δυνατότητα να μετακινείται από τους γενικούς χάρτες σε κάθε διακριτή θέση των οχυρώσεων, με απευθείας επιλογή της κατάλληλης περιοχής. Κάθε χρονική στιγμή ο χρήστης μπορεί να επανέλθει στις αρχικές επιλογές και να διατρέξει την βάση με δύο τρόπους:

- (α) είτε (οριζόντια διάρθρωση) εστιάζοντας σε κάθε ένα τμήμα των οχυρώσεων χωριστά (Σχήματα 3,4)
- (β) είτε (κάθετη διάρθρωση) μελετώντας τα διαφορετικά τμήματα με βάση κοινά τους χαρακτηριστικά (Σχήμα 2).

## 2.1 Οριζόντια διάρθρωση της βάσης δεδομένων

Στην πρώτη περίπτωση, για κάθε σελίδα (τμήμα) συλλέχθηκαν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες και διαμορφώθηκε ένας ενιαίος για όλες τις θέσεις τρόπος παρουσίασης ο οποίος όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στα Σχήματα 3 και 4, περιλαμβάνει:

1. Τη γενική άποψη του τμήματος με υψηλής ανάλυσης ευρυγώνια φωτογραφία
2. Χρωματική ένδειξη επικινδυνότητας κατά μήκος της γενικής άποψης κλιμακούμενης σε τέσσερις βαθμίδες: Πράσινο (κατασκευή σε ικανοποιητική κατάσταση η οποία δεν χρήζει άμεσης αντιμετώπισης), Κίτρινο (περιορισμένης έκτασης φθορά και απαίτηση επιμέρους επεμβάσεων), Πορτοκαλί (αξιοσημείωτη φθορά όπου απαιτείται λήψη μέτρων), Κόκκινο (Περιοχή που έχει ήδη απωλέσει ή ενδέχεται να απωλέσει άμεσα την στατική της ισορροπία και χρήζει άμεσης αποκατάστασης κατόπιν ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής, γεωτεχνικής στατικής μελέτης ) καθώς και ένδειξη απαίτησης ανακατασκευής.
3. Την συνοπτική, κωδικοποιημένη τεχνική περιγραφή του προβλήματος (κυρίως σε σχέση με τα αίτια των βλαβών/αστοχιών) καθώς και κωδικοποιημένες προτάσεις τοπικής ή συνολικής αντιμετώπισης του.
4. Φωτογραφικές λεπτομέρειες στα σημεία που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Τα ανωτέρω τέσσερα στοιχεία είναι διαθέσιμα για όλες τις διακριτές θέσεις των οχρωματικών κατασκευών. Παράλληλα, εκεί όπου υπήρχαν διαθέσιμες πληροφορίες, πρόσθετα επίπεδα πληροφοριών έχουν συνδεθεί με τα αντίστοιχα τμήματα των οχυρώσεων, αρχειοθετώντας όλα τα διαθέσιμα δεδομένα της Υπηρεσία που αφορούν:

5. Γεωτεχνικές πληροφορίες στη συγκεκριμένη θέση
6. Υπάρχουσες μελέτες (τεχνικές εκθέσεις, κατασκευαστικά σχέδια) σε κάθε θέση επέμβασης / αποκατάστασης
7. Φωτογραφίες και εκθέσεις των διαφόρων φάσεων ανακατασκευής / αποκατάστασης

## 2.2 Κάθετη διάρθρωση της βάσης δεδομένων

Η ανωτέρω αναλυτική αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης των οχυρωματικών κατασκευών (τείχη, προμαχώνες, προχώματα και αναλληματικοί τοίχοι) και η αξιολόγηση του βαθμού επικινδυνότητας αυτών σε ότι αφορά την στατική τους ευστάθεια, αποτελεί σημαντικό εργαλείο αξιολόγησης. Ο μελλοντικός όμως σχεδιασμός και προγραμματισμός των αναγκαίων στερεωτικών εργασιών και επεμβάσεων, απαιτεί παράλληλα την απομόνωση ορισμένων κοινών στοιχείων, που χαρακτηρίζουν τις διακριτές θέσεις, ώστε να επιτυγχάνεται η εποπτική και συγκριτική παρουσίασή τους και κυρίως η διασπορά τους στον χώρο. Αυτό υλοποιείται μέσω ειδικών χαρτών όπου παρουσιάζονται οι θέσεις με κοινά χαρακτηριστικά όπως:

1. Τα **αίτια** της βλάβης (Σχήμα 1). Η τεκμηριωμένη αποτίμηση και αιτιολόγηση των βλαβών/αστοχιών επιτυγχάνεται με την αξιοποίηση της γενικότερης αποκτηθείσας εμπειρίας, των διαθέσιμων από ερευνητικό πρόγραμμα του Α.Π.Θ. γεωτεχνικών στοιχείων [3], καθώς και τις διαπιστώσεις της Υπηρεσίας και τις συνολικές μελέτες που έχουν εκπονηθεί. Γενική εικόνα των βλαβών έχει αποκτηθεί μέσω διαφόρων επιτόπου επισκέψεων. Με βάση τα παραπάνω, τα αίτια των βλαβών είναι δυνατό να κωδικοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:
  - Κακή αποστράγγιση / απορροή υπογείων υδάτων
  - Φυσική φθορά ή διάβρωση της λιθοδομής
  - Προβληματική θεμελίωση (ανομοιογενές έδαφος θεμελίωσης, θεμελίωση επί κακής γεωμετρίας υλικών ή επί επιφανειακού ασβεστόλιθου)
  - Ανάπτυξη πλευρικών ωθήσεων
2. Την **μορφή της αστοχίας** (Σχήμα 1) όπως αυτή εκδηλώνεται ως αποτέλεσμα των ανωτέρω αιτιών. Η μορφή αυτή έχει καταγραφεί αναλυτικά μέσω των επιτόπου επισκέψεων και της αποτύπωσης και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως:
  - Κατάρρευση
  - Αποδιοργάνωση λιθοδομής
  - Διόγκωση
  - Ρηγμάτωση
3. Την ευρύτερη **περιοχή** όπου ανήκουν
4. Την **ύπαρξη** αποπερατωμένων εργασιών αποκατάστασης, υπό εξέλιξη **επεμβάσεων** και διαθέσιμων **γεωτεχνικών πληροφοριών**
5. Την  **πρόταση για** μελλοντικές τοπικές ή συνολικές **επεμβάσεις**

Ιδιαίτερης σημασίας είναι ο **χάρτης στατικής επικινδυνότητας** των οχυρώσεων (Σχήμα 2) στον οποίο δίνεται εποπτικά ο βαθμός στατικής επάρκειας σε κάθε θέση, με ταυτόχρονη δυνατότητα άμεσης μετάβασης σε θέσεις με συγκεκριμένα προβλήματα καθώς και στις αντίστοιχες στατικές μελέτες, όπου αυτές υπάρχουν.

### **3. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Για την κατασκευή της βάσης πληροφοριών, συνολικού όγκου 310MB, απαιτήθηκε ο διαχωρισμός των οχυρώσεων σε 108 τμήματα τα οποία καλύπτουν όλη την επιφάνειά τους. Παράλληλα συνδέθηκαν στο ειδικό λογισμικό 11 ειδικοί χάρτες που αλληλεπιδρούν πλήρως με τον χρήστη. Για τον σκοπό αυτόν απαιτήθηκε η λήψη περισσότερων από 1500 φωτογραφιών (εκ των οποίων οι 700 ψηφιακές), η πραγματοποίηση πάνω από 800 σαρώσεων εικόνας και η δημιουργία περισσότερων από 200 συνθετικών, φωτορεαλιστικά επεξεργασμένων εικόνων αποτύπωσης κάθε μια από τις οποίες αποτελεί σύνθεση έως και 15 απλών φωτογραφιών προκειμένου η τελική συνθετική εικόνα να είναι ευρυγώνια και τόσο υψηλής ευκρίνειας ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα εστίασης στην επιφάνεια των οχυρώσεων με ακρίβεια 0.5m.

### **4. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ**

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της βάσεως πληροφοριών των μεσαιωνικών οχυρώσεων είναι οι πολύ μεγάλες δυνατότητες διεύρυνσης του αντικειμένου των δεδομένων και η εύκολη ένταξή τους από την Υπηρεσία στο αντίστοιχο λογισμικό. Έτσι, εκτός από τη συνεχή ενημέρωση όλων των πληροφοριών, γεγονός που αποτελεί άλλωστε πρώτη προτεραιότητα προκειμένου η βάση να είναι μια «ζωντανή» απεικόνιση της κατάστασης των μεσαιωνικών οχυρώσεων, αναμένεται πως το συγκεκριμένο λογισμικό θα επεκταθεί ώστε να καλύψει ένα σύνολο αντικειμένων που αφορούν την ιστορική, αρχιτεκτονική και κατασκευαστική συνέχεια του χώρου. Συνολικά λοιπόν οι μελλοντικές χρήσεις και βελτιώσεις του λογισμικού θα αφορούν:

- Τη συνεχή παρακολούθηση των εργασιών στον χώρο της τάφρου και την ενημέρωση των υπαρχόντων δεδομένων
- Την προσθήκη όλων των στοιχείων που σχετίζονται με τις μελλοντικές (συνολικές ή τοπικές) στερεωτικές επεμβάσεις για τον εμπλουτισμό των παρεχόμενων πληροφοριών
- Τη σύνδεση των 108 διακριτών τμημάτων με το υλικό των φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων των τειχών που είναι διαθέσιμο από την Υπηρεσία
- Την εισαγωγή καινούργιων, χωριστών επιπέδων για την αρχειοθέτηση ιστορικών στοιχείων (φάσεων κατασκευής, αρχαιολογικών στοιχείων, πληροφοριών αρχιτεκτονικού χαρακτήρα, παλαιότερων φωτογραφιών και σχεδίων αρχείου) σε κάθε θέση των οχυρωματικών κατασκευών.
- Την εξαγωγή (επιλεκτικά) δεδομένων στο δυαδίκτυο είτε με τη μορφή εικονικού περιπάτου στον χώρο της τάφρου είτε ως παρουσίασης του πραγματοποιούμενου έργου αποκατάστασης.

## 5. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ – ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΒΛΑΒΩΝ

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του εν λόγω λογισμικού αποτελεί το γεγονός ότι στην πολυεπίπεδη βάση δεδομένων έχει πλήρως ενταχθεί μια σειρά από τεχνικές πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση των οχυρώσεων, την έκταση και σημασία των βλαβών αλλά και τρόπους αποκατάστασης ή άμεσης αντιμετώπισης τους. Εκτός από μια λεπτομερή περιγραφή λοιπόν της υφιστάμενης στατικής επάρκειας των οχυρωματικών κατασκευών, το λογισμικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα ηλεκτρονικό τεχνικό εγχειρίδιο παραμβατικής δράσης.

Οι βλάβες που παρατηρούνται σήμερα στο οχυρωματικό συγκρότημα της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου και οι οποίες έχουν πλήρως βαθμονομηθεί, κατηγοριοποιηθεί και ενταχθεί στο λογισμικό, ταξινομούνται ως εξής κατηγορίες:

- Αποδιοργάνωση της λιθοδομής, η οποία εμφανίζεται ως μερική ή ολική καταστροφή του σώματος των λίθων ή/και του συνδετικού κονιάματος.
- Εμφάνιση διογκώσεων της λιθοδομής.
- Εμφάνιση ρηγματώσεων (συνήθως κατακόρυφων ή περίπου κατακόρυφων).
- Πλήρεις καταρρεύσεις μικρής ή μεγάλης έκτασης.

Θα πρέπει εδώ να τονιστεί πως συχνά, εμφανίζεται συνδυασμός βλαβών (π.χ. διόγκωση με ύπαρξη ρηγμάτωσης και μικρής ή μεγάλης έκτασης αποδιοργάνωση της λιθοδομής), οι οποίες οφείλονται προφανώς σε συνδυασμό αιτίων. Η κωδικοποίηση της τυπολογίας των βλαβών και η ερμηνεία τους, με βάση τα αίτια που τις προκάλεσαν και τις προκαλούν, είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς έχει ως στόχο την καλύτερη οργάνωση, τόσο των σωστικών όσο και των στερεωτικών επεμβάσεων. Αποτελεί επίσης απαραίτητο οδηγό για τη σωστή ανακατασκευή τμημάτων που έχουν καταρρεύσει. Τα αίτια που προκαλούν τις βλάβες μπορούν να κωδικοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες :

### 5.1 Κακές συνθήκες αποστράγγισης και απορροής επιφανειακών και υπογείων υδάτων

Το πρόβλημα αυτό ίσως είναι το σπουδαιότερο όλων, σε ότι αφορά τη στατική ευστάθεια των τειχών. Παρουσιάζεται στο σύνολο σχεδόν των οχυρώσεων, εμφανίζεται όμως με ιδιαίτερη έμφαση στην εξωτερική περίμετρο των τειχών της αναλημματικής τάφρου, όπως επίσης και σε όλες τις περιπτώσεις σημαντικών επιχώσεων (προχώματα, προμαχώνες κλπ). Η ύπαρξη και η ανεξέλεγκτη κυκλοφορία του νερού αυξάνει τις ωθήσεις σε όλη την επιφάνεια των τειχών, τα οποία στις περισσότερες θέσεις δεν είναι παρά τοίχοι αντιστήριξης, μειώνει τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης και επιτείνει τα πιθανά προβλήματα ολικής ευστάθειας των φυσικών και τεχνητών πρανών και αναβαθμών.

## **5.2 Φυσική φθορά και διάβρωση των λίθων, του κονιάματος και της λιθοδομής**

Πρόκειται για ένα γνωστό πρόβλημα, το οποίο σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα, μειώνει την ικανότητα της λιθοδομής στην ασφαλή παραλαβή οριζόντιων και κατακόρυφων φορτίων (ωθήσεις, ίδια βάρη, επιφορτίσεις, σεισμικά φορτία κλπ).

## **5.3 Ανεπάρκεια θεμελιώσεων**

Τα προβλήματα που αφορούν την επάρκεια της θεμελίωσης, σχετίζονται άμεσα με τις γεωτεχνικές και γεωλογικές συνθήκες σε κάθε θέση και την ποιότητα της κατασκευής. Οι θεμελιώσεις των διαφόρων τμημάτων του οχυρωματικού συγκροτήματος δεν παρουσιάζουν την ίδια ποιότητα σε όλες τις θέσεις. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται πολύ πρόχειρη σχεδίαση και κατασκευή όταν οι ιστορικές συνθήκες (πόλεμοι, πολιορκίες κλπ) επέβαλαν τη γρήγορη δόμηση ή επισκευή. Σε συνθήκες ειρήνης οι κατασκευές και οι θεμελιώσεις τους ήταν σαφέστατα καλύτερης ποιότητας. Η αποτύπωση της ιστορικής αυτής διάστασης του προβλήματος είναι πολύ σημαντική. Δεν έχει καταγραφεί στη βάση πληροφοριών που δημιουργήθηκε, είναι όμως πολύ εύκολο να ενσωματωθεί, αφού προηγουμένως η Υπηρεσία δώσει τα σχετικά στοιχεία.

Ενα δεύτερο πολύ ουσιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των θεμελιώσεων είναι η ανομοιομορφία τους και κυρίως η έδραση σε ανομοιογενείς εδαφικούς σχηματισμούς. Στο ίδιο τμήμα της οχύρωσης βλέπουμε ότι η έδραση μπορεί να είναι μερικώς σε υγρή ασβεστόλιθο και μερικώς σε αποσαθρωμένο ασβεστόλιθο, ή ακόμη και στον αργιλικό υποκείμενο εδαφικό σχηματισμό. Απόρροια της ανομοιογενούς αυτής θεμελίωσης είναι η εμφάνιση διαφορικών καθιζήσεων και η εκδήλωση ρωγμών στη λιθοδομή.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι οι γεωλογικές ασυνέχειες που εκδηλώνονται στο υπέδαφος της Μεσαιωνικής Πόλης επιτείνουν ακόμη περισσότερο τα προβλήματα που σχετίζονται με την ανομοιογένεια της θεμελίωσης. Οι γεωτρήσεις και οι λοιπές γεωτεχνικές πληροφορίες, που είναι διαθέσιμες, τόσο για τη ζώνη της τάφρου, όσο και για το εσωτερικό της παλιάς πόλης και την παραλιακή ζώνη, αποτελούν ένα πολύτιμο και απαραίτητο βοήθημα για την εκπόνηση ολοκληρωμένων μελετών, ειδικά στα τμήματα που έχουν καταρρεύσει και πρόκειται να ανακατασκευασθούν. Στις υπόλοιπες θέσεις οι υπάρχουσες γεωτεχνικές πληροφορίες μπορούν επίσης να φανούν χρήσιμες για τη σχεδίαση των πιθανών έργων ενίσχυσης, εφόσον κρίνεται ότι οι γεωτεχνικές και γεωλογικές συνθήκες είναι παραπλήσιες. (Στο ηλεκτρονικό αρχείο πληροφοριών έχουν ήδη καταχωρηθεί οι σχετικές γεωτεχνικές πληροφορίες).

#### **5.4 Ανάπτυξη πλευρικών ωθήσεων**

Η ανάπτυξη σημαντικών εδαφικών και υδροστατικών ωθήσεων είναι μία από τις κύριες αιτίες εμφάνισης ρωγμών και διογκώσεων της λιθοδομής. Σε αρκετές μάλιστα περιπτώσεις αποτελεί τη γενεσιουργό αιτία των καταρρεύσεων. Είναι επίσης σημαντικό το ότι το πρόβλημα των πλευρικών ωθήσεων συνδέεται άμεσα με τα προβλήματα αποστράγγισης – απορροής των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, όπως επίσης και με την ποιότητα της κατασκευής και της θεμελίωσης. Σε αρκετές θέσεις του αναλληματικού τείχου και των προχωμάτων είναι φανερό ότι η λιθοδομή και η θεμελίωση της είναι τελείως ανεπαρκείς, ώστε να φέρουν με ασφάλεια το ύψος του ανάντι αντιστηριζόμενου εδάφους, ακόμη και όταν το επίχωμα είναι στεγνό. Η ύπαρξη του νερού μειώνει ακόμη περισσότερο τα περιθώρια ασφάλειας. Οι κακές συνθήκες απορροής των επιφανειακών υδάτων έχουν ως αποτέλεσμα την κατείδυση του νερού εντός του επίχωματος και σε συνδυασμό με την έλλειψη στραγγιστηρίων και άλλων μέτρων αποστράγγισης, την αύξηση των πλευρικών ωθήσεων επί της λιθοδομής. Η αύξηση των ωθήσεων, σε συνάρτηση με την πιθανώς μέτρια ποιότητα της λιθοδομής (μικρό πάχος, χαμηλή ποιότητα λίθων και κονιάματος) καταλήγει στην εμφάνιση ρηγματώσεων, φουσκωμάτων, αποδιοργάνωση της λιθοδομής και ίσως και καταρρεύσεις. Το ύψος των επίχωσεων είναι σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβολικό. Ίσως να δικαιολογείται ιστορικά, όμως σε ότι αφορά την ευστάθεια των τειχών, κρίνεται σκόπιμο να εξετασθεί η δυνατότητα μερικής «αποφόρτισης» των τειχών, ώστε να μειωθούν οι πλευρικές ωθήσεις.

### **6. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

Η βασική φιλοσοφία που πρέπει να διέπει όλες τις στερεωτικές επεμβάσεις στο οχυρωματικό συγκρότημα της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου πρέπει να συνδυάζει την άρση (μερική ή ολική) των αιτίων που προκαλούν τις βλάβες, την επιστημονικά και τεχνικά άρτια κατασκευή σύμφωνα με τη διαθέσιμη σήμερα τεχνογνωσία και τεχνολογία καθώς και το σεβασμό «στην αρχική υπόσταση και αυθεντικότητα των στοιχείων του αρχαίου μνημείου», σύμφωνα με τις γενικές αρχές του Χάρτη της Βενετίας [4] που διέπουν τις στερεωτικές επεμβάσεις, επισκευές και ανακατασκευές μνημείων αυτής της σπουδαιότητας. Κάτω από αυτό το πρίσμα λοιπόν, η χρήση νέων υλικών (π.χ. χρήση οπλισμένου σκυροδέματος, χάλυβα κλπ), που δεν είναι συμβατά με τον παραδοσιακό τρόπο δόμησης και δημιουργούν συνθήκες μη-αντιστρεπτές, θα πρέπει να γίνεται με εξαιρετικά μεγάλη φειδώ και μόνο όταν αποδειχθεί ότι δεν αντιβαίνουν τα παραπάνω και δεν υπάρχουν άλλες πρόσφορες λύσεις. Η ποικιλία των μορφών και των ειδικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε τμήμα του οχυρωματικού συγκροτήματος καθιστούν αδύνατη την πρόταση ενιαίων κανόνων διαμόρφωσης



προτάσεων στερεωτικών επεμβάσεων. Ανάλογα με το είδος του προβλήματος και το αίτιο, ή το συνδυασμό αιτίων, που το προκαλεί και για κάθε συγκεκριμένο τμήμα των οχυρώσεων χωριστά, θα πρέπει να προτείνεται και διαφορετικό πλέγμα μέτρων.

Εάν για παράδειγμα το πρόβλημα της διόγκωσης και της εμφάνισης ρηγματώσεων σε μία συγκεκριμένη θέση οφείλεται στην κακή αποστράγγιση του επιχώματος και στις κακές συνθήκες απορροής των επιφανειακών υδάτων, τότε θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για τη βελτίωση αυτής της κατάστασης όπως :

- Διαμόρφωση κατάλληλων κλίσεων στην ελεύθερη επιφάνεια.
- Δημιουργία σχετικά αδιαπέρατου χωμάτινου τάπητα στην ελεύθερη επιφάνεια για τη μείωση της κατείσδυσης των υδάτων.
- Κατασκευή πλήρους συστήματος απορροής των επιφανειακών υδάτων.
- Κατασκευή (διάνοιξη) στραγγιστηρίων, όπως καθ' ύψος του τείχους.

Τέτοια μέτρα έχουν προταθεί στο Πρόχωμα της Αγγλίας, το οποίο αποτελεί μία τυπική περίπτωση (Σχήματα 3,4). Επειδή η κατάρρευση αποδίδεται σ' ένα συνδυασμό μέτριας κατασκευής τείχους και θεμελίωσης, αυξημένων εδαφικών και υδροστατικών ωθήσεων και μειωμένης φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης, η μελέτη ανακατασκευής έλαβε υπόψη της όλα αυτά τα δεδομένα και πρότεινε μία τεχνικά άρτια λύση και ταυτόχρονα μία ασφαλή μέθοδο ανακατασκευής. Η νέα κατασκευή θα πρέπει να εντάσσεται αρμονικά στο περιβάλλον συνδυάζοντας :

- Την αύξηση του πάχους της λιθοδομής.
- Τη χρήση καλής ποιότητας λίθων και υψηλής αντοχής κονιάματος.
- Την αύξηση του πλάτους (και του βάθους) της θεμελίωσης.
- Την κατασκευή «κρυφών» (εσωτερικών) αντηρίδων για την ανακούφιση της εξωτερικής λιθοδομής.
- Την επίχωση με διαπερατό υλικό και τη χρήση γεωϋφάσματος.

Στη γενική περίπτωση είναι θεμιτή και η κατασκευή καθ' ύψος αρμών όταν το επιβάλλουν οι συνθήκες θεμελίωσης και οι γεωλογικές ιδιαιτερότητες της κάθε θέσης.

Εάν το πρόβλημα (π.χ. κατάρρευση τμήματος του τείχους) εντοπίζεται στην ανεπάρκεια της θεμελίωσης, τότε θα πρέπει να μελετηθούν μέτρα ενίσχυσης της θεμελίωσης και ίσως της φέρουσας ικανότητας του εδάφους. Η μείωση των φορτίων (π.χ. αποφόρτιση επιχώσεων) είναι δυνατόν να αποτελέσει ένα θετικό μέτρο για την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας της θεμελίωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η ανεπάρκεια της θεμελίωσης αναφέρεται κυρίως στην αδυναμία ασφαλούς παραλαβής των οριζόντιων φορτίων, που προκαλούν οι ωθήσεις και οι ανάντι επιχωματώσεις, τότε θα πρέπει να εξετάζεται και η περίπτωση κατασκευής βαθειών θεμελιώσεων με πασσάλους, μικροπασσάλους, ριζοπασσάλους κλπ. Μία τέτοια λύση προτάθηκε και υλοποιήθηκε στον Προμαχώνα του Αγ. Ιωάννη και ήταν ίσως η

μοναδική περίπτωση στα τελευταία χρόνια, που έγινε σχετικά εκτεταμένη χρήση οπλισμένου σκυροδέματος. Οι μικροπάσσαλοι και ο κεφαλόδεσμος σύνδεσης των πασσάλων κατασκευάστηκαν από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στην περίπτωση που η κατάρρευση δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί, αλλά όλες οι ενδείξεις πείθουν ότι ο κίνδυνος είναι υπαρκτός, τότε θα πρέπει να ληφθούν μία σειρά μέτρων, τα οποία θα αποβλέπουν στην ολική ή έστω μερική άρση των αιτίων καθώς και στην ενίσχυση της λιθοδομής και της θεμελίωσης εφόσον αυτό απαιτείται. Η λήψη προσωρινών μέτρων υποστήριξης είναι σε κάθε περίπτωση επιβεβλημένη.

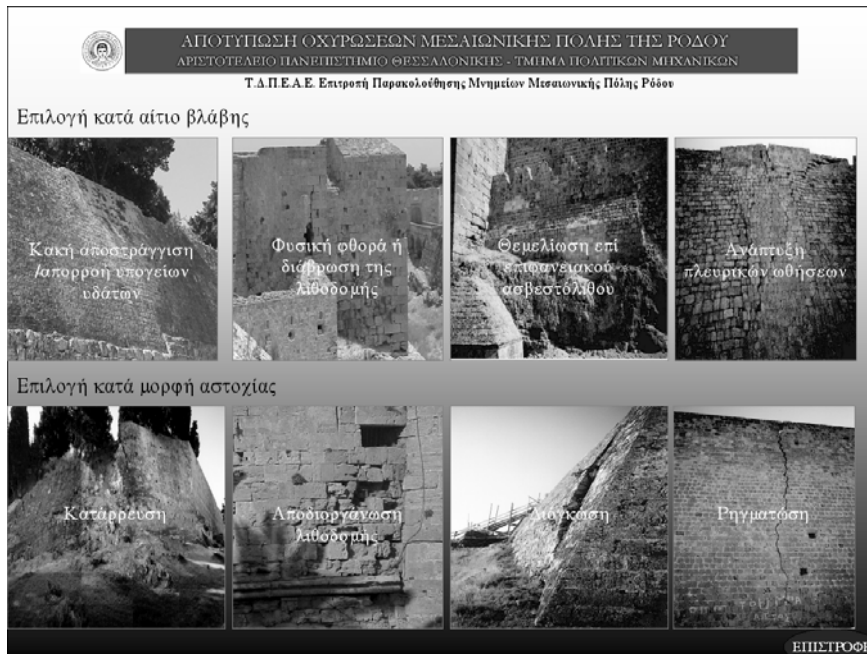
Στον ειδικό χάρτη του προγράμματος παρουσιάζονται όλες οι θέσεις καταρρέψεων, όπως και οι θέσεις όπου η ευστάθεια των οχυρώσεων κρίνεται επισφαλής. Στις θέσεις αυτές θα πρέπει να ξεκινήσει ένα εκτεταμένο πρόγραμμα ολοκληρωμένων – αρχαιολογικών, αρχιτεκτονικών, γεωτεχνικών και στατικών – μελετών, για τη στερέωση των επικίνδυνων τμημάτων και την ανακατασκευή των τμημάτων που έχουν καταρρεύσει.

## **7. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

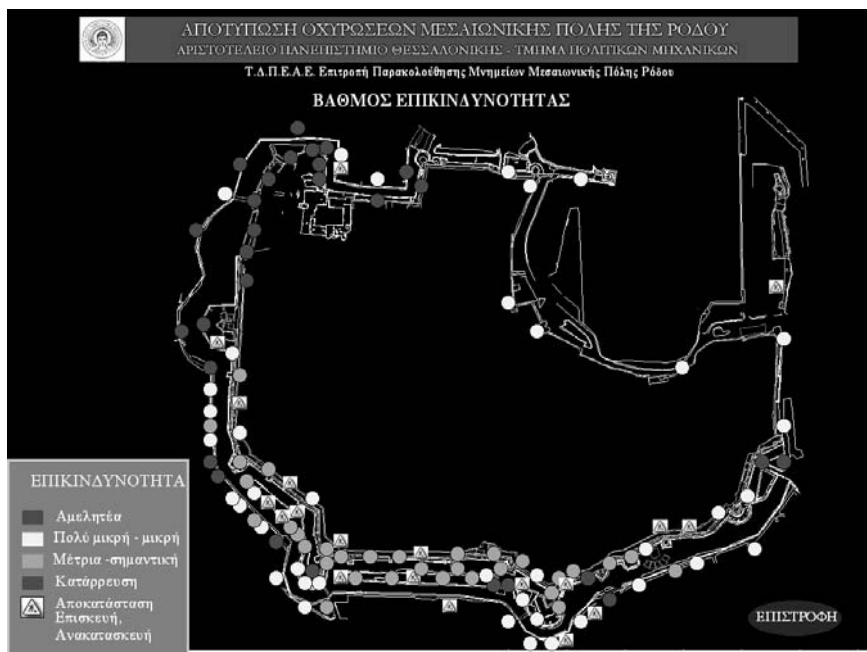
Σκοπός του παρόντος άρθρου ήταν η παρουσίαση του λογισμικού αποτύπωσης, κατηγοριοποίησης, και ιεράρχησης των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μεσαιωνικές οχυρώσεις κατόπιν βαθμονόμησης της στατικής επικινδυνότητας σε κάθε θέση. Παράλληλα είχε ως στόχο την πρόταση γενικών αρχών σχεδιασμού και κατασκευής μέτρων αντιμετώπισης, στερεωτικών επεμβάσεων και ανακατασκευών, σύμφωνα με τα αίτια που προκαλούν τον κάθε τύπο βλάβης. Αναπτύχθηκε μία ειδική βάση πληροφοριών, η οποία παρέχει μεγάλες δυνατότητες αποτύπωσης, καταγραφής, ταξινόμησης και διαχείρισης των πάσης φύσεως στερεωτικών επεμβάσεων. Η εποπτικότητα του λογισμικού και της βάσης δεδομένων προσφέρει απεριόριστες δυνατότητες εμπλουτισμού της με ιστορικά και τεχνικά στοιχεία, όπως και άλλες πληροφορίες, χρήσιμες για τη συνολική ανάδειξη του μνημείου και του έργου που επιτελείται τα τελευταία χρόνια. Η βάση πληροφοριών θα είναι επίσης ένα σημείο αναφοράς για όλες τις μελλοντικές επεμβάσεις και ανακατασκευές.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

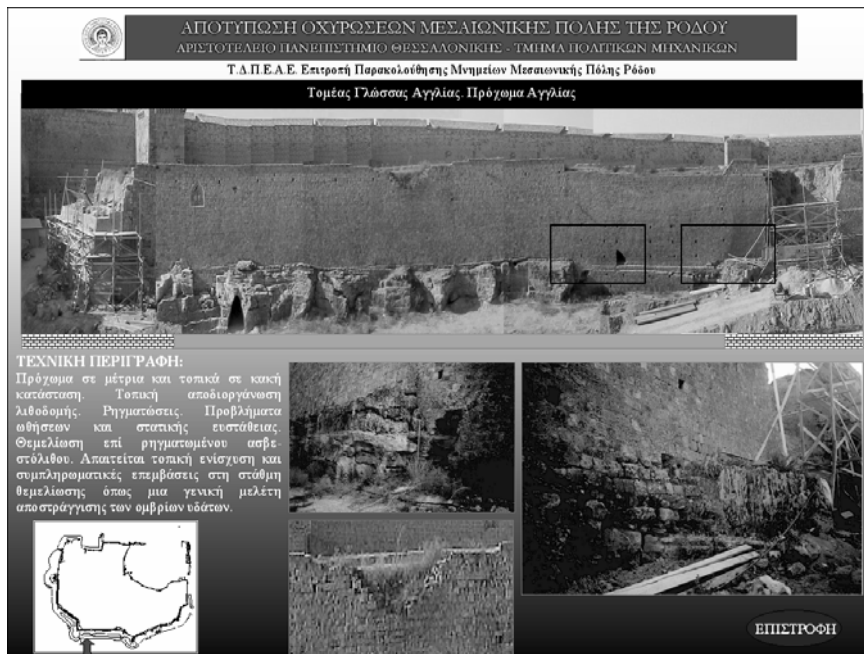
- [1] Κόλλιας, Η. Η Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου, **Καθημερινή, Επτά Ημέρες : Αναστυλώσεις Μνημείων**, 2000, σελ. 29.
- [2] Kasdagli, A.-M. & Manoussou-Della, K., The defences of Rhodes and the Tower of St John, **Fort** 1998, p.p. 15-34.
- [3] Α.Π.Θ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργ. Εδαφομηχανικής & θεμελίσεων, Στερεωτικά Προβλήματα οχυρώσεων της Μεσαιωνικής Πόλης της Ρόδου, **Ερευνητικό Πρόγραμμα**, 2000.
- [4] Η ηθική της Συντήρησης και ο Χάρτης της Βενετίας, **Νέα Οικολογία**, 1989, σελ. 22.



**Σχήμα 1:** Πλοήγηση κατά αίτιο βλάβης και μορφή αστοχίας



**Σχήμα 2:** Αλληλεπιδρών χάρτης στατικής επικινδυνότητας



**Σχήμα 3:** Τεχνική περιγραφή στον Τομέα της Γλώσσας της Αγγλίας



**Σχήμα 4:** Τεχνική περιγραφή στον Τομέα της Γλώσσας της Αγγλίας με υπερσύνδεση στην στατική μελέτη