

ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΛΟΥΡΔΑΤΩΝ Ν. ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ*

Α. ΡΟΖΟΣ¹, Ε. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Στον παράλιο οικισμό των Λουρδατών στην Κεφαλλονιά, έχουν σημειωθεί κατά καιρούς αστοχίες πρανών. Οι πλέον πρόσφατες προκαλούν ανησυχίες στους κατοίκους, καθώς σε μια από τις τρεις θέσεις εκδήλωσης ήδη προσεγγίζουν το χώρο θεμελίωσης κατοικιών. Για τη μελέτη των αστοχιών αυτών εξετάστηκαν οι γεωμορφολογικές συνθήκες, η σεισμικότητα, η τεχνικογεωλογική διάθρωση, καθώς και το υδρογεωλογικό καθεστώς της περιοχής, με επιτόπιες εξετάσεις και εκτέλεση γεωτρητικού προγράμματος. Το τελευταίο βοήθησε στη γνώση των γεωμηχανικών χαρακτηρισιστικών των σχηματισμών μέχρι του βάθους των 30 μέτρων περίπου και κατ'επέκταση στην ανάλυση ευστάθειας πρανών που πραγματοποιήθηκε με χρήση ειδικού λογισμικού. Έτσι, έγινε κατανοητός ο μηχανισμός εκδήλωσης των αστοχιών και επιλέχθηκαν τα κατάλληλα μέτρα σταθεροποίησης, με σκοπό την προστασία του οικισμού.

ABSTRACT

The present study refers to the determination and the full examination of the slope failures, which were manifested at Lourdata village of Kephallonia island, and especially at the nearby slopes of the inhabited area.

Lourdata village is located south-east of Argostoli, the capital of Kephallonia in the south coast of the island at an altitude ranging between 40 and 100m. The whole area is a part of the southern abutment of Ainos, the main Mountain of Kephallonia island, while two hydrographic axes, which formulate usually steep slopes, dominate in the village area.

Referring to seismicity of the area, Kephallonia is one of the Eptanissa islands and is considered to be of the most seismogenic parts of the Greek territory. It belongs to the IV category of seismic risk, characterised by a general seismic acceleration equal to 0.36g.

From the geological point of view, the wider area of Lourdata village consists of Neogene deposits (marls and clayey marls), which are very susceptible to weathering and are usually covered by thick weathering mantle. Diluvial conglomerates at the top of the hills overlay the neogene deposits, while both formations are locally covered by lateral screes. These screes are products of erosion and weathering processes of carbonate rocks, which outcrop north to Lourdata inhabited area, consisting the south slopes of Ainos mountain.

As carbonate rocks, which are formation with secondary permeability, sink southwards below the neogene sediments (impermeable formations), overflow springs are developed at some places along their contact. Small season springs and seepage appear at the contact between neogene deposits and conglomerates. The water from those springs and seepage saturate the loose materials of weathering mantle of the Neogene deposits, conglomerates as well as screes, increasing their pore water pressure.

The combination of the aforementioned geomorphological, seismological, geological and hydrogeological conditions favour the manifestation of slope failures (old and new). The causes of new failures, which are manifested in three different places very near to the inhabited area, are examined in this study.

To this direction and for the better understanding of the engineering geological conditions in the area where slope failures were manifested, 5 sampling boreholes were drilled, up to the depth of 30m.

Based on the results of the drilling programme, as well as on the engineering-geological approach, the geological formations which structure the examined area were distinguished into seven (7) engineering geological types.

The site investigation, as well as the subsequent slope stability analyses using the appropriate software, helped in the study of the geomechanical characteristics of the formations involved and in the clarification of the instability causes in the area under study.

* SLOPE FAILURES IN LOURDATA VILLAGE OF KEPHALLONIA ISLAND, GREECE

LIGME, 70 Messogion Ave., Athens Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Thus, the necessary information for the understanding of the failure mechanism as well as the selection of the suitable remedial and stabilization measures were gained in order to protect the inhabited area from further catastrophic failures.

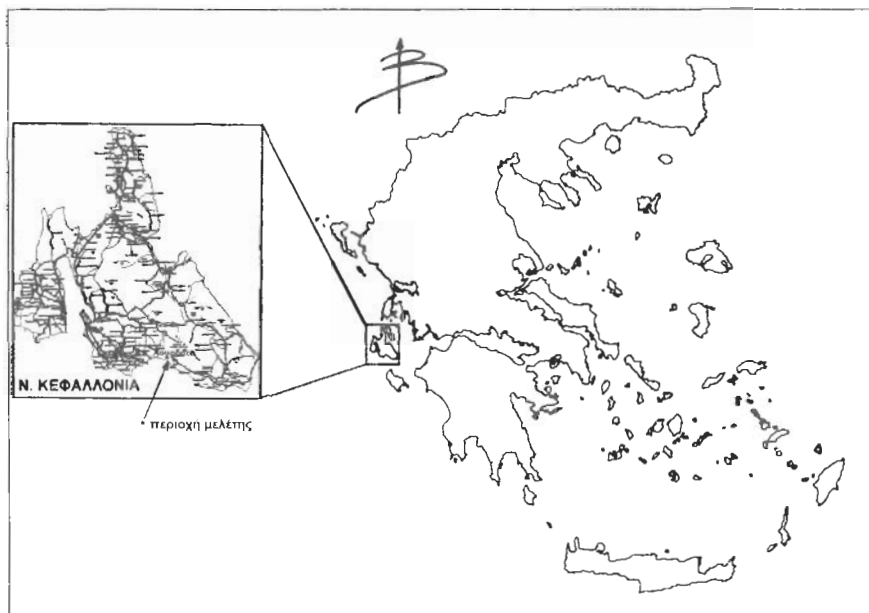
KEY WORDS: Lourdata village, Neogene deposits, Marls - Clayey marls, Slope failures, Geotechnical investigation, Slope stability analysis, Failure mechanism, Remedial measures.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Οικισμός Λουρδάτων, Νεογενείς αποθέσεις, Μάργες - Αργιλομάργες, Αστοχίες πρανών, Γεωτεχνική έρευνα, Ανάλυση ευστάθειας πρανών, Μέτρα αποκατάστασης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ- ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Ο οικισμός των Λουρδάτων εντοπίζεται νοτιοανατολικά του Αργοστολίου, στη νότια πλευρά της νήσου Κεφαλληνίας (Σχήμα 1), αναπτύσσεται δε σε ΝΔ/νό αντέρσειμα του όρους Αίνου ανάντι της παράκτιας ζώνης και σε υψόμετρο από 40 έως 100 m περίπου. Ο χώρος ανάπτυξης του οικισμού παρουσιάζει μέτριες έως ισχυρές κλίσεις, που γενικά είναι ηπιότερες στο δυτικό τμήμα αυτού, ενώ αυτές του κεντρικού και ανατολικού τμήματος είναι ισχυρότερες.

Δύο υδρογραφικοί άξονες, με διεύθυνση περίπου Β-Ν, βοηθούν στην απορροή των επιφανειακών νερών στην περιοχή του οικισμού, ο μικροχειμάρορος "Βρύση", στο κεντρικό τμήμα του οικισμού και ο "μεγάλος χειμάρορος" στα δυτικά αυτού. Οι άξονες αυτοί διαμορφώνουν πρανή με ισχυρές κλίσεις, αλλά γενικά όχι μεγάλου ύψους.



Σχήμα 1. Χάρτης εντοπισμού της περιοχής μελέτης.
Figure 1. Location map of the study area.

2. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η νήσος Κεφαλλονία, κατά το μεγαλύτερό της μέρος, δομείται από πετρώματα της Προαιτούλιας γεωτεκτονικής ζώνης (ή ζώνης Παξών) και μόνο στο ΝΑ/νό τμήμα της, όπου και η περιοχή έρευνας, απαντούν πετρώματα της Ιονίου ζώνης, τα οποία είναι επωθημένα πάνω στα Μειοκαινικά στρώματα της ζώνης Παξών.

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην γεωτεκτονική ζώνη Παξών και γεωλογικά δομείται από ιζήματα του Ανώτερου Ολιγόκαινου έως Ανώτερου Μειόκαινου. Ειδικότερα, ο οικιστικός χώρος, αλλά και η ευρύτερη περιοχή των Λουρδάτων, γεωλογικά δομούνται από νεογενή ιζήματα (μάργες και αργιλομάργες), τα οποία αποσαθρώνονται εύκολα και συνήθως δίνουν παχύ μανδύα. Γενικά, οι σχηματισμοί αυτοί του Νεογενούς διακρίνονται σε δύο επιμέρους φάσεις: η πρώτη είναι η "μεγάλη φάση" και η δεύτερη είναι η "μικρή φάση". Η πρώτη φάση αποτελείται από ερυθροκίτρινους χρώματος

και η δεύτερη, που είναι τερφού έως μελανότερφου χρώματος.

Στις κορυφές των αντρεσιμαίων και γενικά κατά μήκος της επαφής νεογενών και ανθρακικών ιζημάτων, οι σχηματισμοί καλύπτονται από ποικίλου πάχους διουβιακά κροκαλοπαγή, το μέγιστο πάχος των οποίων είναι της τάξης των λίγων δεκάδων μέτρων. Τα κροκαλοπαγή σε πολλές θέσεις καλύπτονται από χαλαρά πλευρικά κορημάτα, οριατού πάχους 2-5m.

Από πλευράς τεκτονικής, κυρίαρχο γεγονός στον ευρύτερο χώρο έρευνας κατά το Κατώτερο Πλειόκαινο ήταν η επόθεση των σχηματισμών της Ιονίου ζώνης στο θεωρούμενο αότοχθον σύστημα της ζώνης Παξών και η επαναδραστικοποίηση παλαιότερων συνιζηματογενών κανονικών ρηγμάτων σαν ανώστροφα - επιπλευτικά ρήγματα (B.P., 1966, Jenkins D., 1972, Sogel D., 1976, Νικολάου Κ., 1986, κ.ά.).

Όσον αφορά στην τεκτονική της ευρύτερης περιοχής μελέτης, σημειώνεται η παρουσία μειζόνων τεκτονικών διαρρήξεων (ρηγμάτων) με διεύθυνση κυρίως ΒΔ/κή - ΝΑ/κή και ΒΑ/κή - ΝΔ/κή. Σε αυτές και κυρίως στις δεύτερες, εντάσσονται τα ρήγματα εκείνα που διαμορφώνουν τα όρια των τεκτονικών λεκανών απόθεσης των νεογενών ιζημάτων, που επικρατούν στην παραλιακή ζώνη που εξετάζεται.

Από πλευράς σεισμικότητας, ο ευρύτερος χώρος της Κεφαλλονιάς, δηλαδή αυτός των Επτανήσων, θεωρείται από τους πλέον σεισμιογενείς στον Ελληνικό χώρο. Καθώς η περιοχή βρίσκεται κάτω από καθεστώς συμπίεστικών τάσεων, εκδηλώνονται έντονα σεισμικά γεγονότα. Έτσι, το σεισμικό της παρελθόν είναι πλούσιο (Παπαζάχος Β, Παπαζάχου Κ., 1989), με μεγαλύτερο σεισμό στον παρόντα αιώνα αυτόν της 12^{ης} Αυγούστου 1953 (μέγεθος Ms=7,2 βαθμοί της κλίμακας Richter), που προξένησε τεράστιες καταστροφές στο νησί.

Τέλος, ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ., 2000) κατατάσσει την περιοχή μελέτης στην κατηγορία IV ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας, με σεισμική επιτάχυνση εδάφους A = 0,36g.

3. ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ - ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο νησί, έχει τιμή 820,0 mm, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων σε ετήσια βάση παρατηρείται το διάστημα Οκτωβρίου - Απριλίου, με ετήσιο ποσοστό 89,9%. Επίσης, η μάλλον αυξημένη τιμή του μέσου ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους (8,2° C) διευκολύνει την αποσάθρωση των πετρωμάτων με μικρή θερμοχωρητικότητα, όπως είναι οι αργιλικές και μαργαίτιδες σύστασης σχηματισμοί, που συμμετέχουν στη γεωλογική δομή της περιοχής μελέτης. Έτσι δημιουργούνται στα νεογενή ιζήματα συνθήκες που οδηγούν, εφόσον συνιγροούν και άλλοι παράγοντες, όπως ισχυρές κλίσεις πρανών, παρουσία πηγών κλπ, στην εκδήλωση αστοχιών πρανών.

Αναφορικά με το υδρογεωλογικό καθεστώς, οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται σαν δευτερογενώς περατοί σχηματισμοί, κυρίως λόγω της ισχυρής τεκτονικής καταπόνησης. Επίσης, περατοί σχηματισμοί θεωρούνται τα κορημάτα και τα υλικά του μανδύα αποσάθρωσης των νεογενών ιζημάτων. Αντίθετα, τα νεογενή ιζήματα στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται ως σχηματισμοί χαμηλής περατότητας έως πρακτικά στεγανοί. Έτσι δημιουργούνται σημαντικές πηγές υπερπλήρωσης σε διάφορες θέσεις, όπως αυτή στο κέντρο του χωριού με την ονομασία "Βρύση". Πέρα από αυτές τις σημαντικές πηγές, στην ευρύτερη περιοχή που ερευνηθήκε, σημειώνεται μεγάλος αριθμός εποχιακών μικροπηγών και σημαντικών εκροών, στην επαφή των κροκαλοπαγών με τις υποκείμενες αργιλομαργαίτες νεογενών. Τα νερά όλων αυτών των πηγών, μικροπηγών και εκροών, ρέουν χωρίς διευθέτηση προς τα κατάντι, φορτίζοντας έτσι πρόσθετα τα κατά περίπτωση χαλαρά υλικά του μανδύα των νεογενών, των κροκαλοπαγών-νεογενών, των κορημάτων ή και των ανάμικτων φάσεων αυτών.

4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Για την πληρέστερη κατανόηση των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα γεωτρητικού προγράμματος (διανοίχτηκαν πέντε (5) δειγματοληπτικές γεωτρήσεις).

Τα αποτελέσματα των δοκιμών υδροπερατότητας (Maag) επιβεβαιώνουν τις επιτόπιες παρατηρήσεις, δηλαδή ότι τα υλικά της ζώνης έντονου κερματισμού και αποσάθρωσης χαρακτηρίζονται σαν χαμηλής έως μέσης υδροπερατότητας σχηματισμοί, ενώ οι μαργαίτοι-αργιλομαργαίτοι σχηματισμοί των νεογενών σαν πολύ χαμηλής υδροπερατότητας σχηματισμοί.

Από τα αποτελέσματα της δοκιμής πρότυπης διεύθυνσης που πραγματοποιήθηκε στους αργιλομαργαίτους σχηματισμούς, ο αριθμός των κρούσεων χαρακτηρίζει σκληρό σχηματισμό, με εκτιμώμενη (βιβλιογραφικά) αποχή σε ανεμπόδιση θλίψη, που κυμαίνεται από 4,00 έως 8,00 kg/cm² (Λοΐζος Α., 1985).

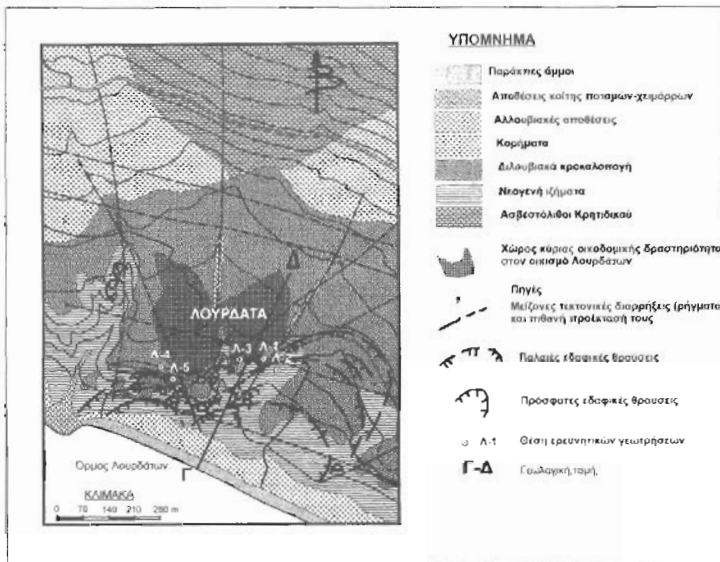
Με βάση τα πορίσματα της γεωτεχνικής έρευνας, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης, διακρίθηκαν σε επτά (7) τεχνικογεωλογικές ενότητες, σύμφωνα με τον οδηγό της UNESCO-IAEG, 1976 (Πίνακας 2). Οι τεχνικογεωλογικοί χαρακτήρες των τύπων αυτών, είναι οι ακόλουθοι:

Παράκτιες άμμοι: Άμμοι, ψηφίδες και χάλικες ποικίλων μεγέθους, που καλύπτουν τμήματα της παράκτιας ζώνης της περιοχής. Σχηματισμός μικρού γενικά πάχους (1-3m), συνήθως πτωχά διαβαθμισμένος, με μεγάλο πορώδες και μηδενική συνοχή.

Αποθέσεις κοίτης ποταμών – χειμάρρων: Ψηφίδες, κροκάλες, ογκόλιθοι, χροκάλοπαρη, ανθρακικής κυρίως προέλευσης και λίγες άμμοι. Γενικά το πάχος τους είναι μικρό και μόνο στο δέλτα του κύριου υδροορέματος αποκτούν μεγάλο πάχος (7-8m).

Αλλουβιακές αποθέσεις: Αμμοίλιωδη υλικά με μικρό ποσοστό ψηφίδων και χαλίκων φραμιτιτικής – ασβεστολιθικής σύστασης, μεγέθους έως 4cm. Χαλαρός σχηματισμός, με πάχος 2-5m και πιθανώς μεγαλύτερο στις παράκτιες επίπεδες εκτάσεις.

Κορήματα: Γωνιώδη θραύσματα, κύρια ανθρακικής προέλευσης, ποικίλων διασπάσεων, καστανέυθρου χρώματος, ημισυνεκτικά, με λεπτές παρεμβολές αργιλικών υλικών. Το ορατό τους πάχος είναι της τάξης των 10m.



Σχήμα 1. Τεχνικογεωλογικός χάρτης περιοχής Λουρδάτων.
Figure 1. Engineering geological map of Lourdata area.

Διλουβιακά κροκάλοπαρη: Χαλαρός έως ημισυνεκτικός σχηματισμός με συμμετοχή αδρομερών και λεπτομερών υλικών σε ίσα περίπου ποσοστά (50%). Τα αδρομερή υλικά είναι κυρίως χάλικες, κροκάλες και σπανιότερα ογκόλιθοι, ενώ η λεπτομερής συνδετική ύλη αποτελείται από ερυθρού χρώματος ιλυοαμμώδη έως αμμοίλιωδη υλικά. Το πάχος του σχηματισμού αναμένεται της τάξης των λίγων δεκάδων μέτρων.

Νεογενή ιζημάτια: Διακρίνονται σε δύο φάσεις που εναλλάσσονται:

Α) Φάση των καστανοκίτρινων μαργών: Περιέχει χάλικες, κροκάλες, λεπτές φακοειδείς φραμιτικές ενστροφώσεις, ασβεστιτικά συγκρίματα και κελύφη οστράζων. Αποτελούν σχηματισμό ημισυνεκτικό έως σπαστό, πολύ χαμηλής έως χαμηλής υδροπερατότητας και μικρής έως μέσης πλαστικότητας. Στην ευρύτερη περιοχή το πάχος των οριζώντων της φάσης αυτής φτάνει τα 15m.

Β) Φάση των μελανότερων μαργών: Περιλαμβάνει υλικά αμμοίλιωδους σύστασης, ευαισθητά και εύκολα ρευστοποιήσιμα, με σημαντικό ποσοστό ασβεστιτικών συγκριμάτων και κελύφη οστράζων. Πρόκειται για σχηματισμό ημισυνεκτικό έως συνεκτικό κατά θέσεις, πολύ χαμηλής έως χαμηλής υδροπερατότητας και μικρής έως μέσης πλαστικότητας. Το πάχος των οριζώντων της φάσης αυτής ξεπερνά τα 20m.

Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού: Κιτρινόεφρου χρώματος, μέτρια έως ισχυρά κερματισμένοι και μέτρια αποκαρστωμένοι, με δακτυλιογλυφές και μικρά καρστικά έγκυλα. Σχηματισμός δευτερογενώς υδροπερατός, λόγω κερματισμού και καρστικότητας.

Τέλος, από την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών σε επιλεγμένα δείγματα από διάφορα βάθη σε όλες τις γεωτρήσεις, διαμορφώθηκαν τα εύρη τιμών για τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά, των δύο διακριτών φάσεων των νεογενών ιζημάτων, που δίνονται στον Πίνακα 1.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίνακας 1. Εύρη τιμών των κύριων φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών των δύο φάσεων των νεογενών ιζημάτων.

Table 1. Ranges of values of the main physicomchanical characteristics of the two phases of the neogene deposits.

Φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά ενοπίτων νεογενών σχηματισμών	Ενότητα καστανοκίτρινων μαργών	Ενότητα μελανότεφρων μαργών
Όριο Υδαρότητας	27,70-53,90 %	26,70-44,70 %
Δείκτης Πλαστικότητας	7,70-31,10 %	2,40-24,20 %
Φυσική Υγρασία	15,80-24,70 %	13,70-23,40 %
Υγρό Φαινόμενο Βάρος	1,87-3,05 gr/cm ³	1,98-2,34 gr/cm ³
Ξηρό Φαινόμενο Βάρος	1,60-2,51 gr/cm ³	1,63-1,99 gr/cm ³
Ιδιικό Βάρος	2,67-2,70	2,68-2,70
Λόγος Κενών	0,07-0,68	0,36-0,66
Άντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη	1,19-7,00 kg/cm ²	1,06-5,86 kg/cm ²
Συνοχή (άμεση διάτμωρος)	0,06-1,01 kg/cm ²	0,07-0,83 kg/cm ²
Γωνία τριβής (άμεση διάτμωση)	13,5°-39,5°	10,2°-42,9°
Δείκτης συμπίεστότητας	0,056-0,135	0,051-0,125

5. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ

Η ύπαρξη των χαλαρών ετερογενών υδροπερατών υλικών πάνω στους πρακτικά αδιαπερατούς μαργακούς-αργιλομαργακούς σχηματισμούς του νεογενούς, σε συνδυασμό με την μορφολογία και τον ισχυρό διατοπισμό τους μέχρι κορεσμό (ζυγώς από τα νερά της βροχής, αλλά και τον πηγών) διαμορφώνει συνθήκες ασταθούς ισορροπίας, με αποτέλεσμα την εκδήλωση αστοχιών στα πρανή.

Στην περιοχή του οικισμού Λουρδάτων, εντοπίστηκαν τρεις κυρίως θέσεις αστοχιών πρανών (Σχήμα 2). Από τις θέσεις αυτές η πρώτη αναφέρεται σε αστοχίες που προέκυψαν από την σχετικά πρόσφατη διάνοιξη κοινοτικού χωματινού δρόμου στο πρανές που διαμορφώνεται στη θέση Πλεργές, στα νοτιοδυτικά του οικισμού. Οι άλλες δύο αφορούν επαναδραστηριοποίηση και επέκταση παλαιότερων αστοχιών στο νότιο και νοτιοανατολικό τμήμα του οικισμού. Αναλυτικότερα, για κάθε θέση εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων σημειώνονται τα ακόλουθα:

Θέση 1^η. Στο πρανές της θέσης "Πλεργιά" (που δομείται από τεφρές έως μελανότεφρες μάργες του νεογενούς, ο παχύς μανδύας των οποίων αναμιγνύεται, στα ανώτερα τμήματα του πρανού, με πλευρικά κορήματα) έχουν σημειωθεί στο παρελθόν αστοχίες, που οριοθετούνται από τις εκβολές του "μεγάλου χειμάρρου" στα Δ/κά του οικισμού, φθάνουν μέχρι το ύψος του δεύτερου ελιγμού του χωματινού δρόμου που οδηγεί στην παραλία και καταλήγουν στο κύριο ρέμα της "Βρύσης".

Αντίθετα, τα νέα φαινόμενα που σημειώνονται είναι μικρής έκτασης, συνδέονται με ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (όπως π.χ. διανοίξεις δρόμων) και με τον υπάρχοντα φρεάτιο ορίζοντα, ενώ προς το παρόν εντοπίζονται σε τέσσερις κυρίως θέσεις χωρίς να ενοποιούνται σε μεγάλες ζώνες αστοχιών. Εξ αυτών, οι τρεις σχετίζονται άμεσα με τη διαμόρφωση του κοινοτικού δρόμου, ο οποίος με δύο κλειστούς ελιγμούς καταλήγει στην παραλιακή ζώνη (Φωτ. 1), ενώ η άλλη εντοπίζεται ανατολικότερα σε αγροτική έκταση. Οι αστοχίες στο δρόμο αφορούν εδαφικές θραύσεις στα επιχώματα, στα υλικά αποσάθρωσης των μαργών, καθώς και στην επαφή κροκαλοπαγών - μαργών. Η εκτός του δρόμου αστοχία αποτελεί εδαφική θραύση μικρών διαστάσεων που έχει εκδηλωθεί στα χαλαρά υλικά της ζώνης αποσάθρωσης και κρηματισμού των μαργών.

Τα αίτια εκδήλωσης των αστοχιών στο χώρο του δρόμου είναι κατά περίπτωση, η δράση των επιφανειακών νερών που ρέουν χωρίς διεύθετηση, η ισχυρή γλίση του φυσικού πρανού, η κυκλοφορία του υπόγειου νερού στην επαφή κροκαλοπαγών-νεογενών, η δράση των επιφανειακών νερών που ρέουν χωρίς διεύθετηση προκαλώντας ρευστοποιήσεις, και τέλος οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (διάνοιξη δρόμου, επιχωματώσεις αυτού κλπ). Τέλος, η εκτός δρόμου αστοχία οφείλεται στο συνδυασμό της απότομης μορφολογίας με τον συνεχή εμποτισμό των υλικών του μανδύα αποσάθρωσης των μαργών από το υπόγειο νερό που εκρέει στην ανάντι της αποχιάς επαφή κροκαλοπαγών-νεογενών, αλλά κυρίως του νερού των έντονων βροχοπτώσεων που προκαλεί ρευστοποιήσεις και επιφέρει αστοχίες των υλικών στον υπόψη χώρο.



Φωτ. 1. Αστοχία στο τεχνητό πρανές του δρόμου (1^η θέση).
Photo 1. Failure at the artificial slope of the road (1st place).

Θέση 2^η. Η δεύτερη θέση αστοχιών εντοπίζεται στο ανατολικό πρανές του ρέματος “Βρύσης”. Πρόκειται για εδαφική θραύση και ολίσθηση η οποία φαίνεται να εκδηλώνεται στα υλικά της ζώνης αποσάθρωσης και ζεωματοσιμού των μαργών, που δομούν το εκεί διαμορφούμενο αντέρεισμα, στα ανάντη τμήματα του οποίου εντοπίζεται η επαφή κροκαλοπαγών και νεογενών. Η αστοχία αυτή, που είναι πετάλοειδούς μορφής, έχει εκδηλωθεί με πλάτος κεφαλής περίπου 30-40m και μήκος διαταραχής 60 m περίπου και σήμερα η οριακή της θραύση βρίσσεται στο υψόμετρο των 65m περίπου και απειλεί οικία που είναι θεμελιωμένη εκεί (Φωτ. 2).

Κύριες αιτίες εκδήλωσης της αστοχίας αυτής φαίνεται ότι είναι η υποσφαγή του ρέματος από τα επιφανειακά νερά, αλλά και αυτά της πηγής “Βρύσης” που είναι συνεχούς ροής και παρουσιάζει μεγάλη παροχή και ο συνεχής εμποτισμός των υλικών του μανδύα αποσάθρωσης των νεογενών από τη δράση του νερού των εκροών-μικροπηγών της επαφής κροκαλοπαγών-νεογενών, αλλά και τα νερά οικιακής χρήσης από παραζείμενο σπύτι, που χύνονται ανεξέλεγκτα στον αγρό αμέσως ανάντι της οριακής θραύσης της υπόψη αστοχίας.

Θέση 3^η. Η θέση αυτή εντάσσεται σε μία ζώνη παλαιών εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων που είχαν στο παρελθόν επηρεάσει το πρανές της υπόψη θέσης, καθώς και τις ΝΑ/ζές απολήξεις του οικισμού, μέχρι του υψόμετρου των 80m περίπου.

Πρόκειται για διαδοχικές εδαφικές θραύσεις πετάλοειδούς μορφής, οι οποίες εκδηλώνονται σε κλιμακωπή διάταξη στα υλικά της ζώνης αποσάθρωσης και ζεωματοσιμού των νεογενών ιζημάτων, που δομούν το εκεί διαμορφούμενο αντέρεισμα.

Κύρια αιτία εκδήλωσης των διαδοχικών αστοχιών στο υπόψη πρανές, φαίνεται ότι είναι ο συνεχής και μέχρι πλήρους κορεσμού εμποτισμός των υλικών του μανδύα αποσάθρωσης των νεογενών από τα νερά των εκροών-μικροπηγών της επαφής κροκαλοπαγών-νεογενών, τα οποία ρέουν ανεξέλεγκτα επιφανειακά χωρίς καμιά διευθέτηση.



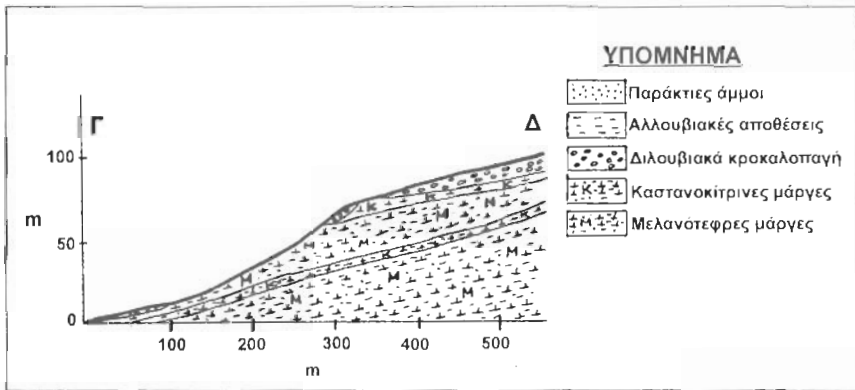
Φωτ. 2. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. Ρέματος (2^η θέση).
Photo 2. Landslide view of the Eastern slope of the main ravine (2nd place)

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

Με βάση τα ανωτέρω κρίθηκε σκόπιμο, με χρησιμοποίηση των δεδομένων της γεωτεχνικής έρευνας, να γίνει ανάλυση ευστάθειας σε δύο θέσεις πρανών με χρήση κατάλληλου λογισμικού.

Η ανάλυση ευστάθειας πρανών περιελάβη, εκτός από τις γεωτεχνικές παραμέτρους, όπως αυτές καθορίστηκαν από τις εργασίες πεδίου και τις εργαστηριακές δοκιμές, τον απαραίτητο συντελεστή σεισμικής επιτάχυνσης (α), ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση ελήφθη ίσος με 0,36 g (Κατηγορία Σεισμικής Επιχειδυνότητας IV, σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ., 2000). Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ευστάθειας πρανών είναι το πρόγραμμα Larix-3 της εταιρείας Cubus Hellas.

Ενδεικτική γεωλογική τομή που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή του σχετικού λογισμικού, δίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Ενδεικτική γεωλογική τομή στα Α/κά-ΝΑ/κά της οικιστικής περιοχής.
Figure 3. Geological cross-section in the E-SE part of the main dwelling area.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παραπάνω ανάλυσης (Πίνακας 2) προέκυψε συντελεστής ασφάλειας του πρανού, που για μεν το πρανές του κοινοτικού χωματινού δρόμου που οδηγεί στην παραλία (τομή Α-Β) κυμαίνεται από 0,70 (στην χειρότερη περίπτωση) έως 1,29 (στην καλύτερη περίπτωση), για δε το πρανές Α/κά-ΝΑ/κά της κεντρικής οικιστικής περιοχής (τομή Γ-Δ) κυμαίνεται από 0,70 (στην χειρότερη περίπτωση) έως 1,71 (στην καλύτερη περίπτωση).

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Ανάλυσης Ευστάθειας Πρανών.

Table 2. Slope stability analysis results.

Τμήμα	Συντελεστής ασφάλειας υπό ξηρές συνθήκες	Συντελεστής ασφάλειας υπό υγρές συνθήκες	Συντελεστής ασφάλειας υπό ξηρές συνθήκες και σεισμό	Συντελεστής ασφάλειας υπό υγρές συνθήκες και σεισμό
Τομή Α-Β	1,29	1,06	0,92	0,70
Τομή Γ-Δ	1,71	1,22	1,10	0,70

Σύμφωνα με τα δεδομένα των αναλύσεων των διαφόρων σεναρίων, οι θραύσεις φαίνεται να επηρεάζουν και τις μάργες, ενώ σε τμήματα των υπό εξέταση περιοχών μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις (κυρίως σεναρίο με υγρές συνθήκες και σεισμό) να εκδηλωθούν βαθύτερες και πλέον εκτεταμένες κατολισθητικές κινήσεις.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Με βάση τις παραπάνω αναφορές, στον οικισμό των Λουρδατών της Κεφαλονιάς διαπιστώνεται η παρουσία πρόσφατων αστοχιών πρανών σε τρεις κυρίως θέσεις, που εντοπίζονται στις νότιες απολήξεις του οικιστικού χώρου.

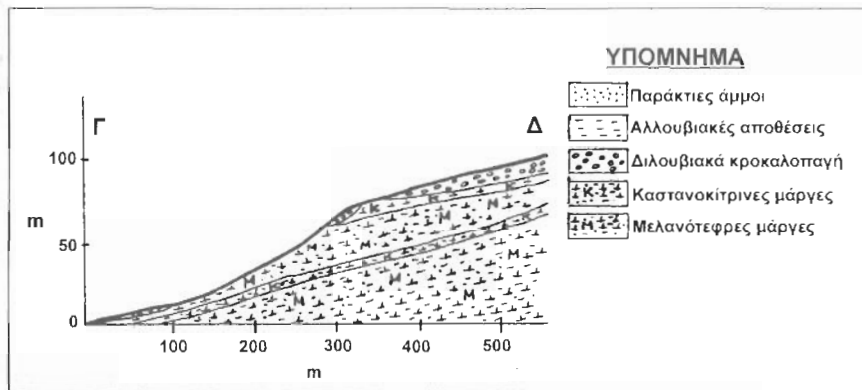
Για την προστασία της οικιστικής περιοχής και την αντιμετώπιση των εκδηλωθέντων κατολισθητικών κινήσεων, καθώς επίσης την αποφυγή μελλοντικής επέκτασης των φαινομένων αυτών, με πρόκληση ζημιών σε κατασκευές, προτείνονται, με βάση τη φύση των παραγόντων που συμμετέχουν στην εκδήλωση των φαινομένων, αλλά και το μηχανισμό εκδήλωσης αυτών, οι παρακάτω, με την προϋπόθεση, τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

Με βάση τα ανωτέρω χρήθηκε σκοπότιμο, με χρησιμοποίηση των δεδομένων της γεωτεχνικής έρευνας, να γίνει ανάλυση ευστάθειας σε δύο θέσεις πρανών με χρήση κατάλληλου λογισμικού.

Η ανάλυση ευστάθειας πρανών περιέλαβε, εκτός από τις γεωτεχνικές παραμέτρους, όπως αυτές καθορίσθηκαν από τις εργασίες πεδίου και τις εργαστηριακές δοκιμές, τον απαραίτητο συντελεστή σεισμικής επιτάχυνσης (α), ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση ελήφθη ίσος με 0,36 g (Κατηγορία Σεισμικής Επιχειδυνότητας IV, σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ., 2000). Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ευστάθειας πρανών είναι το πρόγραμμα Lagix-3 της εταιρείας Cubus Hellas.

Ενδεικτική γεωλογική τομή που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή του σχετικού λογισμικού, δίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Ενδεικτική γεωλογική τομή στα Α/κά-ΝΑ/κά της οικιστικής περιοχής.

Figure 3. Geological cross-section in the E-SE part of the main dwelling area.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παραπάνω ανάλυσης (Πίνακας 2) προέκυψε συντελεστής ασφάλειας του πρανού, που για μεν το πρανές του κοινοτικού χωμάτινου δρόμου που οδηγεί στην παραλία (τομή Α-Β) κυμαίνεται από 0,70 (στην χειρότερη περίπτωση) έως 1,29 (στην καλύτερη περίπτωση), για δε το πρανές Α/κά-ΝΑ/κά της κεντρικής οικιστικής περιοχής (τομή Γ-Δ) κυμαίνεται από 0,70 (στην χειρότερη περίπτωση) έως 1,71 (στην καλύτερη περίπτωση).

Πίνακας 2. Συγκριτικά αποτελέσματα Ανάλυσης Ευστάθειας Πρανών.

Table 2. Slope stability analysis results.

Τμήμα	Συντελεστής ασφάλειας υπό ξηρές συνθήκες	Συντελεστής ασφάλειας υπό υγρές συνθήκες	Συντελεστής ασφάλειας υπό ξηρές συνθήκες και σεισμό	Συντελεστής ασφάλειας υπό υγρές συνθήκες και σεισμό
Τομή Α-Β	1,29	1,06	0,92	0,70
Τομή Γ-Δ	1,71	1,22	1,10	0,70

Σύμφωνα με τα δεδομένα των αναλύσεων των διαφόρων σεναρίων, οι θραύσεις φαίνεται να επηρεάζουν και τις μάργες, ενώ σε τμήματα των υπό εξέταση περιοχών μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις (κυρίως σεναριο με υγρές συνθήκες και σεισμό) να εκδηλωθούν βαρύτερες και πλέον επιταχυνόμενες κατολισθητικές κινήσεις.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Με βάση τις παραπάνω αναφορές, στον οικισμό των Λουρδάτων της Κεφαλονιάς διαπιστώνεται η παρουσία πρόσφατων αστοχιών πρανών σε τρεις κυρίως θέσεις, που εντοπίζονται στις νότιες απολήξεις του οικοδομικού χώρου.

Για την προστασία της οικιστικής περιοχής και την αντιμετώπιση των εκδηλωθέντων κατολισθητικών κινήσεων, καθώς επίσης την αποφυγή μελλοντικής επέταξης των φαινομένων αυτών, με πρόκληση ζημιών σε κατασκευές, προτείνονται, με βάση τη φύση των παραγόντων που συμμετέχουν στην εκδήλωση των φαινομένων, αλλά και το μηχανισμό εμφάνισής τους, οι ακόλουθα μέτρα προστασίας. Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

- Διευθέτηση των επιφανειακών νερών στο χώρο του οικισμού, με την κατασκευή επενδεδυμένης αύλακας στο εσωτερικό τμήμα όλων των δρόμων της οικιστικής περιοχής, για την παροχέτευση τους εκτός οικιστικής περιοχής στους φυσικούς άξονες απορροής (ρέματα). Όλες οι αύλακες πρέπει περιοδικά να καθαρίζονται και να εξασφαλίζεται η συνεχής και ομοιόμορφη λειτουργία τους.
- Συγκέντρωση-υδρομάστευση των νερών όλων των πηγών και εκροών που αναβλύζουν και την κατάλληλη (στεγανή) παροχέτευση τους στους φυσικούς άξονες απορροής (ρέματα).
- Κατασκευή στραγγιστηρίων, για την ταπείνωση του εποχιακού υδροφόρου ορίζοντα και την παροχέτευση όλων των νερών στους φυσικούς άξονες απορροής. Αυτά θα κατασκευάζονται με βαθειά θεμελίωση στο εσωτερικό των τμημάτων του οδικού δικτύου που έχουν επηρεαστεί από τις πρόσφατες αστοχίες. Κατάλληλη στεγανή επένδυση (π.χ. από γεωμεμβράνη) θα τοποθετείται στη βάση τους και στο κατάντι τμήμα της διατομής τους, σε συνδυασμό με την κατασκευή επενδεδυμένης αύλακας επιφανειακά. Το έργο αυτό είναι οικιστικής σημασίας για τον κεντρικό δρόμο του χωριού όπου υπάρχουν οιζιές, οι οποίες, εφ' όσον οι αστοχίες εξελιχθούν, θα υποστούν και αυτές τις συνέπειές τους.
- Εργιολογικός της κοίτης του κεντρικού ρέματος της "Βρύσης" και προστασία των πρηνών αυτού με την τοποθέτηση εύκαμπτων κατασκευών (π.χ. συμμοτακτοβιοτίων) σε κλιμακωτή διάταξη, σε συνδυασμό με την κατασκευή μικρών δαυτοτεχνικών φραγμάτων εγκάρσια της κοίτης αυτού. Έτσι θα αποφεύγεται η διάβρωση των πρηνών και κατ' επέκταση η εκδήλωση των αστοχιών.
- Κατασκευή, μέσα στην διαταραγμένη ζώνη της τρίτης θέσεις αστοχιών, τάφρου αποστράγγισης με διαβαθμισμένο υλικό και με τη μορφή "ψαροζοκάλιου". Η τάφρος αυτή θα απάγει όλα τα νερά προς τα κατάντι στους φυσικούς άξονες απορροής (ρέματα).
- Τοπικές αντισηψιολογικές πρηνών δρόμων στα οποία έχουν εκδηλωθεί αστοχίες, με εύκαμπτες κατασκευές (π.χ. συμμοτακτοβιοτία) σε κλιμακωτή διάταξη και με βαθειά θεμελίωση.
- Πυκνή δενδροφύτευση (με βαθύρριζα και γρήγορα αναπτυσσόμενα δένδρα) των διαταραγμένων ζωνών του πρηνούς, για την προστασία από μελλοντικές κατολισθητικές κινήσεις.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- B. P. Co LTD, (1966): *Γεωλογικός χάρτης Κεφαλλονιάς, κλίμακας 1:100.000*
- B. P. Co LTD, (1966): *Γεωλογικά αποτελέσματα εκ της ερεύνης δι' αναζήτησιν πετρελαίων εις Δυτικήν Ελλάδα*. Έκδοση ΙΓΜΕ, Νο 10, 73 σελίδες, Αθήνα.
- Commission of Engineering Geological Mapping of the IAEG (1979,1981): *Classification of rocks and soils for Engineering Geological mapping*. Bulletin of IAEG, Vol. 19, pp. 364-371 & Vol. 24, pp. 235-274, Krefeld Germany.
- ΙΓΜΕ (1985): *Γεωλογικός χάρτης Κεφαλλονιάς, κλίμακας 1:50.000*.
- JENKINS D.A. (1972): *Structural development of Western Greece*, A.A.P.G. 56/1 pp. 128-149.
- ΛΟΪΖΟΣ Α. (1985): *Εδαφομηχανική-θεμελιώσεις*. Έκδοση ΕΜΠ, 494 σελίδες, Αθήνα.
- ΝΙΚΟΛΑΟΥ Κ. (1986): *Συμβολή στη γνώση του νεογενοῦς και της γεωλογίας και οριοθέτησης των ζωνών Ιόνιας και Προαιπούλιας σε σχέση με πετρελαιογεωλογικές παρατηρήσεις κυρίως στα νησιά Στροφαίδες, Ζάκυνθο, Κεφαλλονία*. Διδακτορική διατριβή Πανεπιστημίου Αθηνών, 228 σελίδες, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ Β., ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ Κ. (1989): *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Εκδόσεις Ζήτη, σελίδες 356. Θεσσαλονίκη.
- SOREL D. (1976): *Etude Ntetectonique dans l' arc Egthe externe occidentale: les iles de Cephalonie et Zanthe et l' Eide occidentale*. Univ. Paris XI, Sud-Orsay, Thèse 30mc cycle, 196 pp. Paris.
- Υ.Π.Ε.Χ.Δ.Ε.- Ο.Α.Σ.Π. (2000): *Ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός (Ε.Α.Κ.-2000)*, 152 σελίδες, Αθήνα.
- UNESCO / IAEG, 1976. *Engineering geological maps. A guide to their preparation*. The UNESCO Press, Paris, 79 p.