<u>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ Ε.Μ.Π.</u> <u>ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ</u> <u>ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</u>



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΟΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ 2014. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.



ΜΑΡΚΟΥΙΖΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ Επιβλέπων καθηγητής: ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

<u>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ Ε.Μ.Π.</u> <u>ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ</u> <u>ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</u>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΟΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ 2014. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

ΜΑΡΚΟΥΙΖΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις:.....

- 1) Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,
 2) Αθανασάς Κωνσταντίνος, Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,
- 3) Τριανταφυλλίδης Σταύρος, Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την εκπλήρωση των σπουδών μου νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που με πλαισίωσαν όλα τα χρόνια και που με βοήθησαν να φέρω σε πέρας και αυτή την μαθητική διαδικασία της ζωής μου,

Τον επιβλέποντα καθηγητή αλλά και πνευματικό μου δάσκαλο, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Κωνσταντίνο Λουπασάκη.

Αποτέλεσε τον άνθρωπο που με πλαισίωσε με αγάπη και αληθινό ενδιαφέρον και μου πρόσφερε πράγματα τα οποία θα με στηρίζουν στην επαγγελματική μου καριέρα αλλά και την ζωή όπως ανάληψη ευθυνών, σεβασμό προς τους υπολοίπους, αυτοπεποίθηση.

Τέλος το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένεια μου, τη μητέρα μου, τον πατέρα μου και τον αδερφό μου, για την απεριόριστη αγάπη τους, την υπομονή τους κατά το διάστημα ολοκλήρωσης της διατριβής αυτής καθώς και την υλική τους υποστήριξη καθόλη τη διάρκεια των μακροχρόνιων σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σεισμοί είναι βασικό αίτιο πρόκλησης αστοχιών σε κατασκευές και κατ'επέκταση στα έργα οδοποιίας. Ως εκ τούτου τα φυσικά και τεχνικά πρανή αποτελούν σύνηθες τμήμα όπου προκαλούνται τέτοιες αστοχίες. Τα κατολισθητικά φαινόμενα μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα με ανθρώπινα θύματα για τον λόγο αυτό η μελέτη και αντιμετώπιση τους είναι απαραίτητη.

Στα πλαίσια της εργασίας γίνεται αναφορά σε 16 περιοχές της νήσου Κεφαλονιάς στις οποίες προκλήθηκαν κατολισθητικά φαινόμενα σε πρανή και που επηρέασαν το οδικό δίκτυο κατά τους σεισμούς του 2014.

Η εργασία έλαβε υπόψη την εκτενή βιβλιογραφία για την εν λόγω περιοχή και το σεισμικό γεγονός. Από το πλήθος των γεωλογικών και γεωτεχνικών στοιχείων επιλέχθηκαν εκείνα τα οποία δίνουν μιά ολοκληρωμένη εικόνα στον αναγνώστη των συνθηκών που επικρατούν για την γεωτεχνική αξιολόγηση της κάθεμίας περιοχής.

Προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης στην συνέχεια της εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωτεχνικές συνθήκες, το είδος των αστοχιών που σημειώθηκαν και τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν με αυτοποιημένα προγράμματα για την πιθανότητα εκδήλωσης διαφόρων τύπων αστοχιών. Σε αυτό το μέρος της εργασίας ανάλογα την περίπτωση δίνεται για την καλύτερη κατανόηση συνοπτικός αριθμητικός υπολογισμός του τρόπου αντιμετώπισης που προτείνεται ή περισσότερες πληροφορίες, εικόνες και σχήματα για τον σκοπό αυτό.

Τέλος επιχειρείται η ομαδοποίηση κατ'αρχή ανά λιθολογικό τύπο και είδος αστοχίας και κατόπιν ανά λιθολογικό τύπο, είδος αστοχίας και μέτρα αντιμετώπισης. Με αυτόν τον τρόπο εξάγωνται συμπεράσματα σχετικά με το είδος των κατολισθητικών φαινομένων εν σχέσει με τους λιθολογικούς τύπους και τις πιθανές κατασκευαστικές λύσεις αντιμετώπισης.

ABSTRACT

Landslides are phenomena with disastrous effects on infrastructure and highly dangerous for the human lives, the study of the phenomenon it deemes necessary so that the construction of effective protection works is possible. Earthquakes are a major cause of failures in construction and consequently in road construction projects.

This thesis concentrates on the case study about the island of Cephalonia. Reference is made to 16 areas of the island in which landslides were caused in natural and artificial slopes. The landslides affected the road network during the 2014 earthquakes.

The work took into account the extensive literature on the area and the seismic event. From the multitude of geological and geotechnical data available, those were selected which give a complete picture to the reader of the prevailing conditions for the geotechnical assessment of each area.

Remedial measures are then proposed, taking into account the geotechnical conditions, the type of failures noted and the controls carried out with automated specialised programs, software. The Checks were carried out with for the possibility of occurrence of various types of failures in Calcareous rocky or soil slopes. In this part of the dissertation depending on the case, is given for better understanding, a summary arithmetic calculation of the proposed treatment or more informations, images and figures.

Finally grouping the results is attempted first by lithological type and type of failure and then by lithological type, type of failure, land an construction remediation measures.

Conclusions are drawn about the type of landslides in relation to the lithological types and possible structural solutions.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	KE	ΕΦΑΛΑΙΟ. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1	
	1.1	Αντικείμενο και Στόχος της Διατριβής	1	
2	KE	ΕΦΑΛΑΙΟ. Η ΝΗΣΟΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ	2	
2	2.1	Γενικά	2	
2	2.2	Γεωγραφικά Στοιχεία	2	
2	2.3	Δημογραφικά Στοιχεία	3	
2	2.4	Ιστορικά Σεισμικά Γεγονότα	6	
2	2.5	Οδικό Δίκτυο	8	
3	KE	ΕΦΑΛΑΙΟ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	11	
	3.1	Γενικά	11	
	3.2	Γεωδυναμική Εξέλιξη και Γεωλογικοί Σχηματισμοί	11	
	3.3	Τεκτονική	15	
	3.4	Σεισμικότητα	17	
;	3.5	Σεισμική Επικινδυνότητα	21	
	3.6	Υδρολογικά Στοιχεία	23	
	3.7	Υδρογεωλογία	25	
4	KE	ΕΦΑΛΑΙΟ. ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΙ	ΗΣ26	
4	4.1	Γενικά	26	
4	4.2	Τύποι των Κατολισθήσεων	26	
4	4.3	Παράμετροι Γεωτεχνικής Μηχανικής	35	
	4.3	3.1 Φαινόμενο Βάρος	35	
	4.3	3.2 Αντοχή σε Ανεμπόδιστη Θλίψη	35	
	4.3	3.3 Μέτρο Παραμορφωσιμότητας	35	
	4.3	3.4 Διατμητική Αντοχή, Γωνία Εσωτερικής Τριβής και Συνοχή	36	
	4.3	3.5 Κριτήριο Αστοχίας Hoek-Brown, Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής, GSI	38	
	4.3	3.6 Ασυνέχειες, Συντελεστής Τραχύτητας JRC	41	
5	KE	ΕΦΑΛΑΙΟ. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ Γ	1PANΩN,	
ΔL	AXC	ΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	43	
ļ	5.1	Γενικά	43	
ł	5.2	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών	43	
	5.2	2.1 Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή		
	01	, Αγ.Βαρβάρα-Πετριά	43	
	5.2	2.2 Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή		
	02, Πετριά			

6	л I с Со Ма		90 06
, F	ιτωψη 3.1 Γε	ν νις, της ΓΓΑ ΑΤΥΤΤΙΝΕ 1321 ΠΖΕΙΖ ΤΑΤ ΖΤΙΝΠΙΕΓΑΖΙΝΑΤΑ	0 و ۹۵
	кефл	ανικών και απορασμωμένων αρέρτονισων	94 06
	5.3.4	Αστοχιες σε Σχηματισμους κροκαλοπαγων, Μαργων, Αργίλων,	0.4
	5.3.3	Αστοχίες σε Ηωκαινικούς Ασβεστολιθικούς Σχηματισμούς	94
	5.3.2	Αστοχίες σε Κρητιδικούς Ασβεστολιθικούς Σχηματισμούς	92
	5.3.1	Γενικά	92
5	5.3 Δı	αχωρισμός των Αστοχιών σε Ομάδες με Γεωτεχνικά Κριτήρια	92
	16, Mo	ουσάτα Βενζινάδικο	
	5.2.16	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	15, Mo	ουσάτα Λατομείο	87
	5.2.15	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	14, Eλ	ειός Πρόννοι	
	5 2 14	Ειρηνη Νοτα Γεωτεχνική Αξιολόνηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	5.2.13	Ι εωτεχνική Αξιολογήση και Συνθήκες Ευσταθείας Πρανών, Περιοχή	90
	12, Xó	ρακα	75
	5.2.12	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	11, Mü	ύρτου	74
	5.2.11	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	10, A6	έρας	72
	5.2.10	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	09, Пс	ιραλία Λιβάδι Βόρεια	
	529	Γεωτεννική Αξιολόγραρ και Συνθήκες Ευστάθειας Ποαγών, Περιογή	
	5.2.8	Ι εωτεχνική Αξιολογήση και Συνθήκες Ευσταθείας Πρανών, Περιοχή	65
	07, Ρέ	μα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια	62
	5.2.7	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	06, Pέ	μα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια	56
	5.2.6	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	
	5.2.5	Γεωτεχνική Αξιολόγηση της Περιοχής 05, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα	54
	04, Пс	ιραλία Αγ.Κων/ου Δυτικά	52
	5.2.4	Γεωτεχνική Αξιολόνηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών. Περιοχή	
	5.2.3	Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή	10

	6.2.1	Παρουσ	ίαση των Μέτρων	Αντιμ	ιετώπισης			96
	6.2.2	Μέτρα	Αντιμετώπισης	και	Συμπεράσματα	σε	Κρητιδικούς	
	Ασβεσ	τολιθικού	ις Σχηματισμούς					97
	6.2.3	Μέτρα	Αντιμετώπισης	και	Συμπεράσματα	σε	Ηωκαινικούς	
	Ασβεσ	τολιθικού	ις Σχηματισμούς					118
	6.2.4	Μέτρα	Αντιμετώπισης	και	Συμπεράσματα	σε	Σχηματισμούς	
	Κροκα	λοπαγών	ν, Μαργών, Αργί	λών,	Αμμοχάλικων και	Απο	οσαθρωμένων	
	Ασβεσ	τολίθων						123
6.	3 Γεν	νικά Συμ	περάσματα					143
7	ΒΙΒΛΙΟ	ΟΓΡΑΦΙΑ						146

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τουμασάτος Η., Οι σεισμοί της Κεφαλονιάς	9
Πίνακας 2: Το οδικό δίκτυο και η κωδικοποίηση των αστοχιών που παρουσιάζοντα	ι στην
παρούσα εργασία	10
Πίνακας 3: οι σεισμοί μεγέθους Μ ≥ 4.9 στην ευρύτερη περιοχή της κεφαλονιάς	21
Πίνακας 4: Οι κατηγορίες σεισμικής τρωτότητας σύμφωνα με τον τύπο του εδάφους	23
Πίνακας 5: Υδρολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία για το έτος 2019 στην Κεφαλονιά	25
Πίνακας 6: Το Σύστημα Αξιολόγησης Κινδύνου Βραχόπτωσης, Rock Hazard Rating S	ystem
RHRS	33
Πίνακας 7: Τυπολόγιο της διατμητικής αντοχής χωρίς και με την παρουσία νερού	38
Πίνακας 8: Εκτίμηση του δείκτη GSI της βραχόμαζας (Hoek & Brown, 1997)	41
Πίνακας 9: Η κλιμάκωση της αποσάθρωσης	42
Πίνακας 10: Τιμές της σταθεράς m _i για τον άθικτο βράχο. (Marinos & Hoek, 2000)	43
Πίνακας 11: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο ο	οιακής
ισορροπίας, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά	46
Πίνακας 12: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Αγ.Βαρβάρα - Γ	Ιετριά.
	46
Πίνακας 13: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο ο	οιακής
ισορροπίας, Πετριά	48
Πίνακας 14: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Πετριά	49
Πίνακας 15: Βαθμονόμηση κατά το σύστημα RHRS της περιοχής Πετριά	50

Πίνακας 16: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Παραλία Αγ.Κων/νου Ανατολικά51
Πίνακας 17: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισοροοπίας Παραλία Αν Κων/νου Δυτικά
Πίνακας 18: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής
Πίνακας 19: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα. 54
Πίνακας 20: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια
Πίνακας 21: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Ρέμα Κουρουκλάτα- Κοντογουράτα Νότια
Πίνακας 22: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια
Πίνακας 23: Συνοπτικά αποτελέσματα γεωτεχνικής έρευνας
Τ ΙΙνακας 24: Αποτελεσματά ελεγχου γενικής ευστάθειας της περιοχής Γιετανίοι
Τινακάς 25: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας για υψηλο πρανες, Πετανιοι
יוויטמעט צט. אווטובאבטווטו באבין גטט קביוגוון בטטוטטוטע מעשטבי וווג געוטאוטטוטוןטוןג, דובועיוטו.
Πίνακας 27: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Παραλία Λιβάδι Βόρεια64
Πίνακας 28: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, ύψος πρανούς Η = 15 m, Παραλία Λιβάδι Βόρεια
Πίνακας 29: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας.ύψος πρανούς Η = 28 m, Παραλία Λιβάδι Βόρεια
Πίνακας 30: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισοροοπίας Αθέρας
Πίνακας 31: Αποτελέσματα ελένχου νενικής ευστάθειας βραχομάζας. Αθέρας
Πίνακας 32: Αποτελέσματα των υπολογισμών ευστάθειας βραχοπρισμάτων σφηνών73
Πίνακας 33: Ενδεικτικό αποτέλεσμα των υπολογισμών ευστάθειας βραχοπρίσματος
σφήνας74
Πίνακας 34: Απλοποιημένη τομή του εδάφους, Αγ.Ειρήνη Νότια
Πίνακας 35: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου
πρανούς, Αγ.Ειρήνη Νότια77
Πίνακας 36: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη
διατομή, χ.θ.29+750, Αγ.Ειρήνη Νότια77

Πίνακας 37: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη
διατομή, χ.θ.29+750, Αγ.Ειρήνη Νότια με εφαρμογή πασσαλοστοιχίας
Πίνακας 38: Απλοποιημένη τομή του εδάφους, Ελειός Πρόννοι80
Πίνακας 39: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχους με την μέθοδο οριακής
ισορροπίας, Ελειός Πρόννοι80
Πίνακας 40: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη
διατομή χ.θ.29+020, Ελειός Πρόννοι81
Πίνακας 41: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου
πρανούς, Μουσάτα Λατομείο83
Πίνακας 42: Αποτελέσματα ευστάθειας του νέου διαμορφωμένου πρανούς, Μουσάτα
Λατομείο83
Πίνακας 43: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου
πρανούς, Μουσάτα Βενζινάδικο84
Πίνακας 44: Αποτελέσματα ανάλυσης ευστάθειας πρανούς για ύψος πρανούς 9 m85
Πίνακας 45: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας βραχόμαζας για ύψος πρανούς 13
m Αθέρας85
Πίνακας 46: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Κρητιδικών Ασβεστολίθων και τύποι
δυνητικών αστοχιών86
Πίνακας 47: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Ηωκαινικών Ασβεστολίθων και τύποι
δυνητικών αστοχιών87
Πίνακας 48: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Κροκαλοπαγών, Μαργών, Αργίλων,
Αμμοχάλικων, Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων και τύποι δυνητικών αστοχιών88
Πίνακας 49: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Αγ.Βαρβάρα
- Πετριά91
Πίνακας 50: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Πετριά92
Πίνακας 51: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Παραλία
Αγ.Κων/νου Ανατολικά93
Πίνακας 52: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Παραλία
Αγ.Κων/νου Δυτικά96
Πίνακας 53: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων,
Αγ.Σπυρίδων Φάρσα97
Πίνακας 54: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Ρέμα
Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια99
Πίνακας 55: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Ρέμα
Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια101

Πίνακας 56: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας βραχόμαζας, Παραλία Λιβάδι Βόρεια
Πίνακας 57: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Παραλία Λιβάδι Βόρεια
Πίνακας 58: Τμήμα των αποτελεσμάτων ανάλυσης καταπτώσεων βράχων με το λογισμικό
RocFall, διακρίνονται οι τροχιές πίπτοντων βράχων με κόκκινο χρώμα
Πίνακας 59: Τιμές συντελεστών (R _n , R _t , R _s)108
Πίνακας 60: Συνοπτικά αποτελέσματα ελέγχων καταπτώσεων βράχων - διαστασιολόγησης
φραχτών ανάσχεσης καταπτώσεων στην περιοχή Χάρακα
Πίνακας 61: Τα μέτρα αντιμετώπισης σε περιοχές όπου επικρατούν Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι
Πίνακας 62: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Αθέρας112
Πίνακας 63: Τα μέτρα αντιμετώπισης σε περιοχές όπου επικρατούν Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι
Πίνακας 64: Συνοπτικά αποτελέσματα ελέγχου διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης
τοίχου ανάσχεσης116
Πίνακας 65: Συνοπτικά αποτελέσματα διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης πασσάλων σκέπαστρου
Πίνακας 66: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Πετανιοί. 118
Πίνακας 67: Θλιπτικό και εφελκυστικό αξονικό φορτίο σχεδιασμού μικροπασσάλων120
Πίνακας 68: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 1 από 4122
Πίνακας 69: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 2 από 4123
Πίνακας 70: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 3 από 4124
Πίνακας 71: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 4 από 4125
Πίνακας 72: Συνπτικός υπολογισμός πασάλλων χαλύβδινων διατομών ΗΕΒ180, Αγ.Ειρήνη Νότια
Πίνακας 73: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας μετά την εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης, Ελειός Πρόννοι
Πίνακας 74: Ενδεικτικός υπολογισμός ευστάθειας πρανούς με το λογισμικό Larix-2S,
διακρίνεται ο συντελεστής ασφαλείας με τιμή, Fs = 1.52129
Πίνακας 75: Συνπτικός υπολογισμός πασάλλων χαλύβδινων διατομών ΗΕΒ180, Ελειός Πρόννοι
Πίνακας 76: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Μουσάτα
Λατομείο131
Πίνακας 77: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας μετά την εφαρμογή μέτρων
αντιμετώπισης, Μουσάτα Βενζινάδικο132

Πίνακας 78: Ενδεικτικός υπολογισμός ευστάθειας πρανούς με το λογισμικό	Larix-2S,
διακρίνεται ο συντελεστής ασφαλείας με τιμή, Fs = 1.26	133
Πίνακας 79: Τα μέτρα αντιμετώπισης σε περιοχές όπου επικρατούν Κροκαλοπαγή,	Μάργες,
Αργιλοι, Αμμοχάλικα με συμμετοχή Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων	134
Πίνακας 80: Συνοπτικός πίνακας των λιθολογικών τύπων των πιθανών αστοχιών	/ και των
προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης	136

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 19: Αποψη του κατάντη τμήματος του πρανούς στη θέση όπου κατέληξε ο ο	γκόλιθος
160 m ³	70
Εικόνα 20: Χαρακτηριστικές αποψεις από την περιοχή Χάρακα	71
Εικόνα 21: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Αγ.Ειρήνη Νότια	75
Εικόνα 22: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Ελειός Πρόννοι	79
Εικόνα 23: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Μουσάτα Λατομείο	81
Εικόνα 24: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Μουσάτα Βενζινάδικο	84
Εικόνα 25: Φράχτης μισγάγγειας κενός και μετά την πλήρωσή του με φερτά υλικά	102
Εικόνα 26: Μεταβολή της κίνησης τεμάχους βράχου που ολισθαίνει σε πρανές	106
Εικόνα 27: Απόσπασμα του υπολογισμού ευστάθειας συστήματος πρανούς και επι	χώματος
με το πρόγραμμα TalRen_v4	113

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Στατιστικά στοιχεία απογραφής 2011 για την Κεφαλονιά	6
Σχήμα 2: Η αλληλουχία των σεισμικών δονήσεων2	22
Σχήμα 3: Κατανομή των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στον Ελλαδικό χώρο ΕΑΚ2	24
Σχήμα 4: Οι τέσσερεις κύριοι τύποι αστοχίών σε ημιβραχώδη και βραχώδη πρανή και	ά
Hoek & Bray, 19742	28
Σχήμα 5: Ολίσθηση κατά επίπεδο σε γεωλογικό σχηματισμό με καθορισμένη εσωτερικ	ſή
δομή2	29
Σχήμα 6: παρουσία ανοικτής ασυνέχειας ή ρωγμής στην άνω επιφάνεια2	29
Σχήμα 7: Ρωγμή που βρίσκεται του εντός του μετώπου2	29
Σχήμα 8: Γεωμετρικά στοιχεία για την δημιουργία σφήνας σε πρανές	\$1
Σχήμα 9: Η περιστροφική ή κυκλική ολίσθηση, διαχωρισμός του πρανούς σε λωρίδες3	\$4
Σχήμα 10: Γραφική αναπαράσταση του μέτρου παραμορφωσιμότητας	57
Σχήμα 11: Γραφική αναπαράσταση του μέτρου συμπιεστότητας	57
Σχήμα 12: αναπαράσταση της διατμητικής αντοχής, γωνίας εσωτ.τριβής και συνοχής3	8
Σχήμα 13: Οι κύριες τάσεις στον κύκλο του Mohr και η περιβάλουσα Coulomb	9
Σχήμα 14: Η επιρροή της τραχύτητας στην διατμητική τάση του πετρώματος4	4
Σχήμα 15: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά…9	0
Σχήμα 16: Ιστογράμματα κατανομής της ολικής κινητικής ενέργειας και του ύψοι	Jς
αναπήδησης στη θέση του φράχτη ανάσχεσης)3
Σχήμα 17: Συνοπική απεικόνιση των μέτρων αντιμετώπισης, Παραλία Αγ.Κων/νου Δυτικά.§) 5
Σχήμα 18: Κατασκευή στην μισγάγγεια τοίχου, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρει	α.
	0

Σχήμα 19: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης στο μέτωπο του πρανο	ύς,
Παραλία Λιβάδι Βόρεια1	104
Σχήμα 20: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης στο ανώτερο τμήμα	του
πρανούς, Παραλία Λιβάδι Βόρεια1	105
Σχήμα 21: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης, Αθέρας1	112
Σχήμα 22: Συνοπική απεικόνιση του σκέπαστρου, Πετανιοί1	117

1 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>

1.1 Αντικείμενο και Στόχος της Διατριβής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην περίπτωση των αστοχιών που συνέβησαν στο οδικό δίκτυο στη νήσο Κεφαλονιά κατά την διάρκεια και κατόπιν των σεισμικών γεγονότων το 2014. Οι αστοχίες του οδικού δικτύου στην πλειοψηφία τους είχαν σχέση με κατολισθητικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν στα φυσικά και τεχνητά πρανή περιμετρικά των οδών, σε ολόκληρο το νησί. Στην εργασία αναφέρονται συνολικά 16 περιοχές με αστοχίες.

Αντικείμενο της διατριβής αποτελεί η παρουσίαση των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών των πρανών, του τρόπου αντιμετώπισης που επιλέχθηκε για την αποκατάσταση και τη διασφάλιση έναντι μελλοντικών γεγονότων που πιθανόν προκαλέσουν αστοχίες.

Η εργασία στοχεύει τελικά στην ανάδειξη ορισμένων συσχετισμών απ'όπου θα προκύπτει ο διαχωρισμός των μέτρων αντιμετώπισης αναλόγως των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν σε καθεμία περιοχή καθώς και την αποτελεσματικότητα αυτών των μέτρων.

Στο πλαίσιο της εργασίας δίνονται στο Κεφάλαιο 2 γενικά στοιχεία για τη νήσο Κεφαλονιά, στο κεφάλαιο 3 το γεωλογικό, τεκτονικό πλαίσιο και η σεισμικότητα. Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στην συστηματική ταξινόμηση των κατολισθήσεων και εξηγούνται ορισμένες βασικές παράμετροι της γεωτεχνικής μηχανικής και τεχνικής γεωλογίας που χρησιμοποιούνται στην εργασία. Το Κεφάλαιο 5 αναφέρεται στην γεωτεχνική αξιολόγηση των 16 περιοχών με αστοχίες, δίνονται ο λιθολογικός τύπος, οι γεωτεχνικές παράμετροι, ο τύπος της αστοχίας, οι εδαφοστατικοί έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν με αυτοποιημένα προγράμματα. Από τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα και τα τεύχη των τεχνικών μελετών των μελετήτριων εταιριών με εκτεταμένη παρουσίαση των γεωτεχνικών συνθηκών ανά θέση αστοχίας, επιλέγονται τα βασικότερα στοιχεία με την περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών και της αστοχίας συνθέτοντας την γεωτεχνική αξιολόγηση της θέσης. Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται επίσης ο διαχωρισμός των αστοχιών ανά γενικό λιθολογικό τύπο.

Στο Κεφάλαιο 6 αρχικά γίνεται αρίθμηση στους τρόπους αντιμετώπισής των κατολισθήσεων και στην συνέχεια αναφορά στα μέτρα αντιμετώπισης ή αποκατάστασης ανά γενικό λιθολογικό τύπο. Με στόχο την καλύτερη παρακολούθηση και κατανόηση των όσων περιγράφονται από τον αναγνώστη, δίνονται πρόσθετες πληροφορίες, ο τρόπος αντιμετώπισης και ανά περίπτωση συνοπτικός αριθμητικός υπολογισμός. Σε αυτή την λογική για θέσεις με παρόμοιες συνθήκες και παρόμοια αντιμετώπιση, δίνεται τουλάχιστον για την μία θέση αναλυτική περιγραφή.

Αναδεικνύονται τα κοινά σημεία και οι διαφορές και μέσα από πίνακες και όπως προαναφέρθηκε, επιχειρείται η συστηματικοποίηση των μέτρων αντιμετώπισης. Οι 16 περιοχές διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες λιθολογικών τύπων στους οποίους αντιστοιχούνται συγκεκριμένες δυνητικές ολισθήσεις και οι τρόποι αντιμετώπισης. Στο τέλος του Κεφαλαίου 5 στα γενικά συμπεράσματα δίνονται τα υπέρ και τα κατά κάθε διαφορετικής αντιμετώπισης.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ. Η ΝΗΣΟΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ

2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μιά σύντομη παρουσίαση της νήσου Κεφαλονιάς αλλά επίσης αναφέρονται ορισμένα στοιχεία που σχετίζονται άμεσα με το θέμα της εργασίας. Τα στοιχεία αυτά είναι ανασκόπιση των ιστορικών σεισμικών γεγονότων και η παρουσιάση του οδικού δίκτυου με την κωδικοποίηση των περιοχών όπου συνέβησαν αστοχίες.

2.2 Γεωγραφικά Στοιχεία

Η νήσος Κεφαλονιά βρίσκεται γεωγραφικά στο Ιόνιο Πέλαγος, στη δυτική περιοχή της ηπειρωτικής ελληνικής χώρας και ανήκει στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων, είναι το μεγαλύτερο σε έκταση από τα Επτάνησα και το έκτο κατά σειρά από τα ελληνικά νησιά. Η Κεφαλονιά βρίσκεται απέναντι από την είσοδο του Πατραϊκού Κόλπου, βόρεια της Ζακύνθου, νότια της Λευκάδας και δυτικά της Ιθάκης. Η πρωτεύουσα του νησιού είναι το Αργοστόλι με δεύτερη μεγαλύτερη πόλη σε πληθυσμό το Ληξούρι.



Εικόνα 1: Η Κεφαλονιά και η ευρύτερη περιοχή της δυτικής Ελλάδας.

Είναι ορεινή με μεγάλο κάθετο διαμελισμό. Σπουδαιότερο όρος του νησιού είναι ο Αίνος με την κορυφή Μεγάλος Σωρός, 1628 m. Ο Αίνος εκτείνεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού, με βορειοδυτικήνοτιοανατολική διεύθυνση. Την ίδια γενικά διεύθυνση ακολουθούν και οι προεκτάσεις του Αίνου στα Βόρεια, Ρούδι, Σέλλα, Βρόχωνας, Ξερακιάς, Μεροβίγλι, Αγία Δυνατή, Καλόν Όρος. Ο Αίνος στο μεγαλύτερο τμήμα του και ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά, είναι σκεπασμένος με έλατα, ενώ τα υπόλοιπα βουνά καλύπτονται με πλούσια βλάστηση θαμνοειδών. Οι προεκτάσεις του όρους τέμνουν τον κύριο κορμό του νησιού. Παράλληλα προς τον Αίνο στα ανατολικά υψώνεται η δεύτερη χαμηλότερη οροσειρά, με τις κορυφές Αβγό, Κόκκινη Ράχη και Άτρος. Μεταξύ των δύο οροσειρών σχηματίζεται ένα επίμηκες βύθισμα, που ξεκινά από τον κάμπο της Σάμης, προχωρεί στο Πυργί την ορεινότερη περιοχή της Κεφαλονιάς και καταλήγει στο νότιο τμήμα του νησιού, στην κοιλάδα

του Πόρου και στην πεδιάδα του Αρακλιού. Από εκεί, μια παράκτια πεδινή ζώνη οδηγεί στη Λιβαθώ, την περιοχή με τη μεγαλύτερη ναυτική παράδοση. Από τον κύριο κορμό της νήσου εκτείνονται δύο μεγάλες χερσόνησοι, της Ερίσσου στα βόρεια, ορεινή, και της Παλικής στα δυτικά που είναι πεδινή στο μεγαλύτερο μέρος της και επίσης η πιο εύφορη του νησιού. Το νησί παρουσιάζει γενικά περιορισμένο θαλάσσιο διαμελισμό. Στο βορειοανατολικό τμήμα σχηματίζονται οι κόλποι της Σάμης και της Αντισάμου, στο βορειοδυτικό ο κόλπος του Μύρτου, στο δυτικό ο κόλπος του Αργοστολίου και στο νότιο ο όρμος του Λουρδά. Οι ακτές είναι ως επί το πλείστον ψηλές και βραχώδεις. Σε αρκετά σημεία, κυρίως δυτικά και νοτιοδυτικά, σχηματίζονται θίνες με κίτρινη, λεπτόκοκη και χαλαρή άμμο. Τα παράκτια ρήγματα των δυτικών ακτών της Κεφαλονιάς αποτελούν το όριο της ζώνης της υφαλοκρηπίδας των Ιονίων, σε μικρή απόσταση από τις δυτικές ακτές, παρατηρούνται τεράστιες μεταπτώσεις 2000 3500 m, που απολήγουν στη ζώνη της αβύσσου.

Το κλίμα της Κεφαλονιάς είναι εύκρατο, με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Θερμοκρασίες 40°C ή και μεγαλύτερες παρατηρούνται μόνο σε ορισμένες κλειστές περιοχές στο εσωτερικό του νησιού. Η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία στο Αργοστόλι έχει φτάσει μόλις τους 3°C. Το φθινόπωρο η θερμοκρασία είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την άνοιξη, λόγω της μεγάλης συχνότητας των υφέσεων και των θερμών ανέμων κατά την εποχή αυτή. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος φτάνει τους 15.6°C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Αύγουστο. Γενικά, το Ιόνιο έχει ευνοϊκή επίδραση στις θερμομετρικές συνθήκες των νησιών του, γι' αυτό οι ισόθερμες καμπύλες, καθώς διέρχονται την ηπειρωτική Ελλάδα, κάμπτονται ισχυρά στα βόρεια, βαίνοντας σχεδόν παράλληλα προς τις ακτές. Η σχετική υγρασία είναι μεγάλη, ιδίως κατά την ψυχρή εποχή άνω των 70 βαθμών της υγρομετρικής κλίμακας από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Μάιο, εξαιτίας των υγρών ανέμων του νότιου τομέα, οι οποίοι επικρατούν αυτούς τους μήνες. Η νέφωση είναι μικρή, 3.5 της κλίμακας 010. Μεγάλος είναι ο αριθμός των αίθριων ημερών, 167 ετησίως και μικρός των νεφοσκεπών περίπου 55 ετησίως, τιμές που κατατάσσουν την Κεφαλονιά μεταξύ των περιοχών με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια σε όλη τη χώρα. Ως προς τους ανέμους, μεγάλη συχνότητα παρουσιάζουν ιδίως κατά την ψυχρή εποχή οι νοτιοδυτικοί, οι οποίοι ευθύνονται και για τις βροχοπτώσεις.

2.3 Δημογραφικά Στοιχεία

Η διοικητική διαίρεση της νήσου Κεφαλονιάς αποτελεί ένα δήμο σύμφωνα με το σχέδιο Καλλικράτη που εφαρμόστηκε το 2011, όπως και τα περισσότερα νησιά. Η Κεφαλονιά κατά το άρθρο 1 του νόμου 3852/2010 ΦΕΚ τεύχος Α 87 Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, Πρόγραμμα Καλλικράτης, περιλαμβάνει 3 δήμους.

Τον Δήμο Αργοστολίου με έδρα το Αργοστόλι, αποτελούμενος από τις δημοτικές ενότητες Αργοστολίου, Ελειού – Προνών, Λειβαθούς και Ομαλών.

Τον Δήμο Ληξουρίου με έδρα το Ληξούρι, αποτελούμενος από τη δημοτική ενότητα Παλικής.

Τον Δήμο Σάμης με έδρα τη Σάμη, αποτελούμενος από τις δημοτικές ενότητες: Ερίσου, Πυλαρέων και Σάμης.

Από το 2011, τα νησιά Κεφαλονιά και Ιθάκη, αποτελούν την Περιφερειακή Ενότητα Κεφαλληνίας – Ιθάκης στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων.

Οι σπουδαιότεροι οικισμοί του νησιού δίνονται στην συνέχεια.

Το Αργοστόλι είναι πρωτεύουσα του Νομού Κεφαλληνίας. Αποτελεί την πρωτεύουσα και το κέντρο δραστηριοτήτων του νησιού από το 1757. Κατά την απογραφή του 2011 είχε 9748 κατοίκους.

Ο κόλπος του Αργοστολίου που το περιβάλλει είναι ένα από τα ασφαλέστερα λιμάνια του κόσμου.

Από το 1757 το Αργοστόλι άρχισε να μεγαλώνει σταδιακά. Το 1810 τα Επτάνησα πέρασαν στους Άγγλους, η Κεφαλονιά όπως και τα άλλα Επτάνησα είχε το δικό της Άγγλο κυβερνήτη. Ο Ντε Μποσέ, ήταν ο δημιουργός της γέφυρας του Αργοστολίου μήκους περίπου ενός χιλιομέτρου, συνέδεε το Αργοστόλι με την απέναντι πλευρά του κόλπου του Αργοστολίου. Η παλαιά πόλη του Αργοστολίου περιείχε πολλά μεγάλα κτίρια με Ιταλικές επιρροές στην αρχιτεκτονική τους ενώ ήταν η δεύτερη πόλη στην Ελλάδα που ηλεκτροφωτίστηκε.

Το Ληξούρι είναι η κύρια πόλη στη χερσόνησο Παλική και η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Κεφαλονιάς. Η υψομετρική ανύψωση της πόλης είναι μηδενική. Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν πλήθος από όμορφες παραλίες, όπως οι Πετανοί, το Ξι, ο Αθέρας, η Πλατιά Άμμος.

Το Ληξούρι από τον 16° αιώνα αποκτά χαρακτήρα οργανωμένης κοινωνίας και καθίσταται κέντρο ναυτιλίας και εμπορίου. Ως αποτέλεσμα της ολοένα αυξανόμενης οικονομικής ανάπτυξης και επικοινωνίας με ευρωπαϊκά κέντρα, καθίσταται η πόλη ως ένα αξιόλογο πνευματικό κέντρο το οποίο απέδωσε προσωπικότητες οι οποίες ανεδείχθησαν στα γράμματα και στις επιστήμες. Περίπου το 1800 ήταν το μεγαλύτερο και πιο σημαντικό διοικητικό κέντρο της Κεφαλονιάς με εμπόριο, ναυτιλία, διάφορες υπηρεσίες και κοσμική ζωή. Το 1867 και το 1953 το Ληξούρι καταστρέφεται από σεισμούς. Τα ιστορικά κτήρια που απέμειναν είναι δείγματα μιας ανθηρής μικρής πόλης του 18ου και 19ου αιώνα.

Το Φισκάρδο είναι παραθαλάσσιο χωριό στη βόρεια Κεφαλονιά στο πλησιέστερο σημείο Κεφαλονιάς - Ιθάκης, βρίσκεται σε απόσταση 50. από το Αργοστόλι. Σύμφωνα με την απογραφή 2011 έχει πληθυσμό 189 κατοίκους. Το Φισκάρδο πήρε το όνομα του από τον Νορμανδό Σταυροφόρο Ροβέρτο Γυισκάρδο που το κατέλαβε το 1085. Τα περισσότερα από τα σπίτια χτίστηκαν κατά τον 18ο αιώνα και διατηρούν ως σήμερα τον αρχιτεκτονικό χαρακτήρα της εποχής. Είναι ο τόπος καταγωγής του ποιητή Νίκου Καββαδία και μέχρι σήμερα διασώζεται το πατρικό του σπίτι. Το λιμάνι του συνδέει την Κεφαλονιά με την Ιθάκη και την Λευκάδα.

Η Άσσος, είναι μικρό παραθαλάσσιο χωριό στο βορειοδυτικό μέρος της νήσου Κεφαλονιάς, πάνω στη χερσόνησο Έρισσο, σε απόσταση 40 βόρεια από το Αργοστόλι. Η Άσσος βρίσκεται πάνω και βόρεια από στενό ισθμό πλάτους 50 μέτρων, που ενώνει την κυρίως Κεφαλονιά με μικρή απόκρημνη χερσόνησο, τη χερσόνησο της Άσσου. Είναι κτισμένη σε υψόμετρο 20 μέτρα. Κτίσθηκε στα τέλη του 16ου αιώνα, στα χρόνια της Ενετοκρατίας. Το κέντρο του χωριού εντοπιζόταν αρχικώς στο φρούριο που κτίσθηκε από τους Ενετούς. Πολλοί από τους Σουλιώτες υπερασπιστές μετά την παράδοσή του Σουλίου το 1822 εγκαταστάθηκαν στην Άσσο. Ο μόνιμος πληθυσμός ήταν 88 κατοίκων, απογραφή 2011.

Η Σάμη είναι το μεγαλύτερο λιμάνι του νησιού και τουριστικό κέντρο. Απέχει από το Αργοστόλι 22 . Βρίσκεται στην ανατολική ακτή του νησιού, στο βάθος κόλπου ο οποίος

σχηματίζει ασφαλές λιμάνι, απέναντι από την Ιθάκη. Στη θέση του σημερινού οικισμού έχουν βρεθεί υπολείμματα κατοίκησης από την Πρωτοελλαδική περίοδο. Στις δύο φυσικές οχυρές θέσεις που διαθέτει, δύο λόφοι στα ανατολικά του σύγχρονου οικισμού, βρισκόταν η οχυρωμένη ακρόπολη και η κλασική πόλη, η οποία είναι κτισμένη σε μεγάλα τετράγωνα. Τα οχυρωματικά έργα σώζονται μέχρι σήμερα και αποτελούν παράδειγμα οχυρώσεων των κλασσικών και ελληνιστικών χρόνων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει 1025 κατοίκους.

Ο Πόρος είναι ένα γραφικό χωριό με πλούσια βλάστηση, γύρω από το οποίο βρίσκονται τα χωριά Τζανάτα, Ασπρογέρακας, Καμπιτσάτα και Ρίζα. Κτίστηκε μετά τους σεισμούς του 1953. Το λιμάνι του αποτελεί συγκοινωνιακό κόμβο της Κεφαλονιάς με την υπόλοιπη Ελλάδα.. Η περιοχή είναι φημισμένη σαν ψαρότοπος, έχει παρατηρηθεί η φώκια Monachus-Monachus στις θαλάσσιες σπηλιές και η χελώνα Caretta-Caretta. Το χωριό χωρίζεται σε τρεις κόλπους. Ο κεντρικός κόλπος βρίσκεται στην ίδια τοποθεσία με την κεντρική πλατεία και το λιμάνι του Πόρου. Φυσικά αξιοθέατα της Κεφαλονιάς βρίσκονται στην παραλία τους οποίους πιστεύεται ότι πέταξαν οι Κύκλωπες σε πειρατές που επιτίθονταν στο νησί. Ο Πόρος έχει πληθυσμό 1500 κατοίκους.

Η Σκάλα είναι ένα παραθαλάσσιο χωριό στη νοτιοανατολική άκρη της Κεφαλονιάς, 37 από την πρωτεύουσα Αργοστόλι του νησιού και 12 από τον Πόρο. Το σύγχρονο χωριό χτίστηκε το 1956, μετά τον ισχυρό σεισμό του 1953. Ως το μεγαλύτερο θέρετρο στο νότιο τμήμα της Κεφαλονιάς, η Σκάλα είναι πόλος έλξης για μεγάλο αριθμό τουριστών το καλοκαίρι. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, η Σκάλα έχει 760 κατοίκους. Κοντά στο παλιό χωριό βρίσκεται ναός του Απόλλωνα που χρονολογείται από τον 5ο αιώνα προ Χριστού.

Σχετικά με τη διαμόρφωση των δημογραφικών στοιχείων για όλο συνολικά το νησί της Κεφαλονιάς προκύπτει μια γενική εικόνα από το σχήμα 1 όπου απεικονίζεται ο μόνιμος πληθυσμός κατά ηλικία και φύλο με τα πιο πρόσφατα στοιχεία απογραφής του έτους 2011. Η απογραφή του μόνιμου πληθυσμού για το 2011 (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος ΕΣΥΕ, Στοιχεία απογραφής 2011), βοηθάει εν μέρει στην αντίληψη της υπάρχουσας κατάστασης το 2020 για το μόνιμο πληθυσμό που κατοικεί στην Περιφερειακή Ενότητα Κεφαλληνίας διότι είναι πολύ πιθανό να μην έχουν υπάρξει σημαντικές αλλαγές στον αριθμό των κατοίκων.



Σχήμα 1: Στατιστικά στοιχεία απογραφής 2011 για την Κεφαλονιά.

Σύμφωνα με τα στοιχεία απογραφής για το έτος 2011 η πλειοψηφία του πληθυσμού ανήκει στην ηλικιακή ομάδα των 40-44 ετών, ενώ η μειονότητα σε ηλικιωμένα άτομα άνω των 85 ετών όσον αφορά τον ανδρικό πληθυσμό. Στην ηλικιακή ομάδα των 65-69 ετών οι γυναίκες υπερισχύουν σε σύγκριση με τους άνδρες ενώ στις μεγαλύτερες τα ποσοστά είναι κοντινά. Γενικά διαπιστώνεται ότι ο πληθυσμός τρίτης ηλικίας είναι πιο αυξημένος από το νεανικό πληθυσμό, δηλαδή υπάρχει γήρανση του πληθυσμού, που πιθανόν είχε προκύψει και λόγω προτίμησης του ενεργού πληθυσμού να κατοικήσει σε άλλες περιοχές για καλύτερη ποιότητα ζωής.

Ο μέγιστος αυξανόμενος πληθυσμός παρατηρείται στην ηλικιακή ομάδα των 40-44 ετών στους άνδρες. Σε γενικές γραμμές για το έτος 2011 υπάρχει μείωση από παλαιότερες στατιστικές τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες και πιθανώς να έχουν μειωθεί ακόμα περισσότερο το 2020.

2.4 Ιστορικά Σεισμικά Γεγονότα

Οι σεισμοί που σημειώθηκαν προηγουμένως του 1600 με μέγεθος μεγαλύτερο από 6.0 R, έγιναν ιδιαίτερα αισθητοί στην Κεφαλονιά και προκάλεσαν μεγάλες ζημιές. Εκτός από την Κεφαλονιά, προέκυψαν προβλήματα στα νησιά της Ζακύνθου και της Λευκάδας. Μετά το έτος 1600, η πλειοψηφία των σεισμών είχε ως επίκεντρο τη Λευκάδα και εξαιτίας του μεγέθους τους έγιναν αισθητοί στην Κεφαλονιά. Σε πολλές περιπτώσεις εκδηλώθηκαν καταστροφές με θύματα όπως αναφέρεται στην συνέχεια Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and E.M. Scordilis. A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999, Publ. Geoph. Lab., Univ. of Thessaloniki, 1, 333pp, 2000).

(https://www.kefalonitis.com/news/item/25286-oi-seismoi-tis-kefalonias.html 27/01/2014)

Κατά το διάστημα από το 1700 έως το 1800 παρατηρήθηκαν εκτός από ανθρώπινα θύματα και σοβαρές καταστροφές. Οι σεισμοί που εκδηλώθηκαν εκείνη την εποχή είχαν προσεγγίσει ακόμα και το μέγεθος των 7 Richter με τη μοναδική εξαίρεση ενός από τους καταστροφικότερους σεισμούς στο Ληξούρι όπου ξεπέρασε το όριο αυτού του μεγέθους στις 22 Ιουλίου 1767. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτός ο σεισμός ήταν ο καταστροφικότερος στο νησί διότι υπήρξαν πολλοί νεκροί όχι μόνο στο Ληξούρι αλλά και στις υπόλοιπες περιοχές ενώ ακολούθησε μετασεισμική ακολουθία 40 ημερών.

Μεγάλες ζημιές αναφέρονται στον πίνακα 1 που προέκυψαν μετά το 1800 ιδιαίτερα στην Παλική όπου καταστράφηκαν χιλιάδες κατοικίες και υπήρξαν δεκάδες ανθρώπινα θύματα. Η συχνότητα εκδήλωσης των σεισμών μετά το 1800 ήταν πιο μειωμένη σε σύγκριση με τους σεισμούς που εκδηλώθηκαν πριν το 1800.

Οι καταστροφικοί σεισμοί που έπληξαν τα Ιόνια νησιά το 1953, κράτησαν σχεδόν 2 μήνες, τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο οι μικρότεροι μετασεισμοί όμως κράτησαν πάνω από ένα εξάμηνο. Στον πίνακα 1 δίνονται οι σπουδαιότεροι καταγεγραμμένοι σεισμοί μέχρι το έτος 1983. Τα σεισμικά γεγονότα από το1980 μέχρι σήμερα θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 1: Λιάκου, 2014. Διαχείριση φυσικών καταστροφών και η σημασία της πληροφόρησης: Η περίπτωση της νήσου Κεφαλληνίας το 2014.

1766, 24 Ιουλίου	7.0 R / Κεφαλονιά	Διήρκεσε 3 λεπτά και προκάλεσε το θάνατο 20 ατόμων και μεγάλες καταστροφές στην Παλική την Έρισο, αλλά και το Αργοστόλι μέχρι τη Ζάκυνθο.
1767, 22 Ιουλίου	7.2 R / Ληξούρι	Περισσότεροι από 300 νεκροί, καταστροφή των εκκλησιών, και μετασεισμική ακολουθία 40 ημερών.
1783, 23 Μαρτίοι	7.0 R / Λευκάδα	Προκάλεσε ζημιές στην Κεφαλονιά.
1791, 2 Νοεμβρίου	6.8 R / Ζάκυνθος	Μεγάλες καταστροφές στο νησί της Κεφαλληνίας.
1815	6.3 R / Λευκάδα	Μεγάλες ζημιές στο νησί της Κεφαλληνίας.
1820, 21 Φεβρουαρίου	6.4 R / Λευκάδα	Σεισμός προκαλεί μεγάλες ζημιές στο νησί.
1840, 30 Οκτωβρίου	6.5 R / Ζάκυνθος	Ο σεισμός «του Αγίου Λουκά» γίνεται αισθητός και στην Κεφαλονιά.
1862, 14 Μαρτίοι	6.6 R / Αργοστόλι	Σεισμός προκαλεί σοβαρές υλικές ζημιές.
1867, 4 Φεβρουαρίου	7.4 R / Παλική	3000 σπίτια καταστράφηκαν, πάνω από 200 νεκροί. Καταστροφή στην Παλική, Πύλαρο, Θηνιά, Έρισο Λειβαθώ.
1886, 27 Αυγούστου	7.5 R / Φιλιατρά	Γίνεται αισθητός στην Κεφαλονιά.
1905, 3 louvíou	5.5 R / Ληξούρι	Προκλήθηκαν υλικές ζημιές.
1912, 24 - 26 Ιανουαρίου	6.8 R / Ασπρογέρακας 5.9 R / Αργοστόλι	Μεγάλες καταστροφές στην περιοχή Ελειού – Πρόννων.
1915, 16 Μαΐου	5.6 R / Αργοστόλι	Ισχυρός σεισμός με ελάχιστες ζημιές.
1932, 9 Μαρτίου	5.6 R / Ληξούρι	Υλικές ζημιές στο Ληξούρι.
1943: 17 Ιαν., 14 Φεβρουαρίου 22 Μαΐου	5.6 R / βόρεια 5.8 R/ νοτιοδυτικά 5.6R/ νοτιοανατ/κά	Χρονιά με πολλούς σεισμούς στην Κεφαλονιά έχοντας επίκεντρο στη θάλασσα.
1951, 20 Δεκεμβρίου	5.3 R./ Αγία Θέκλη	Σεισμός με μικρές ζημιές.
1953, 12 Αυγούστου	7.2 R / Αργοστόλι	Η χρονιά της μεγάλης καταστροφής.
1972, 17 Σεπτεμβρίου	6.3 R / Παλική	Το νησί υπέστη υλικές ζημιές.
1976, 11 Μαΐου	6.5 R / Ζάκυνθος	Ισχυρός σεισμός γίνεται αισθητός στην Κεφαλονιά.

2.5 Οδικό Δίκτυο

Οι οδικές συγκοινωνίες στο εσωτερικό του νησιού ικανοποιούν τις βασικές ανάγκες επικοινωνίας επειδή και ο πιο απομακρυσμένος οικισμός συνδέεται με την πρωτεύουσα μέσω του επαρχιακού δικτύου. Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών όπου η κυκλοφορία στο νησί είναι μειωμένη το δίκτυο μπορεί να εξυπηρετήσει τον φόρτο της κυκλοφορίας. Κατά τους χειμερινούς μήνες συμβαίνουν αρκετές αστοχίες λόγω κατολισθήσεων ενώ η ελλιπής συντήρηση δημιουργεί αυξανόμενα προβλήματα από το κλείσιμο δρόμων και την έλλειψη εναλλακτικών διαδρομών. Το οδικό δίκτυο του νησιού χαρακτηρίζεται ως ανεπαρκές για τις σύγχρονες ανάγκες των κατοίκων και των επισκεπττών. Τους καλοκαιρινούς μήνες εξαιτίας της συμφόρησης πολλοί επισκέπτες προτιμούν την ακτοπλοϊκή επικοινωνία μεταξύ των τοποθεσιών του νησιού από το οδικό

δίκτυο. Σύγχρονα τεχνικά έργα οδοποϊίας όπως η γέφυρα του Χάρακα στο βόρειο τμήμα του νησιού βελτιώνουν τις συνθήκες κυκλοφορίας αλλά αποτελούν εξαίρεση.

Οι σεισμοί του 2014 είχαν επιφέρει πολλές καταστροφές στο οδικό δίκτυο του νησιού. Στην εικόνα 1 και στον πίνακα 2 δίνονται το οδικό δίκτυο με τις περιοχές όπου συνέβησαν οι σημαντικότερες αστοχίες και που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 2: Το οδικό δίκτυο και η κωδικοποίηση των αστοχιών που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

A/A	Οδικός	Δίκτυο	Χιλιομετρική	Κωδικός	Μελετήτρια
	Αξονας / Περιοχή		θέση άξονα, χ.θ.	αστοχίας	εταιρία
1	1/Αγ.Βαρβάρα Πετριά	E.O.50	3+100~3+200	K2	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
2	1/Πετριά	E.O.50	2+900~3+000	K1	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
3	3/Παραλία Αγ.Κων/ου	E.O.25	3+700~3+800	K3	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
	Ανατολικά				
4	3/Παραλία Αγ.Κων/ου	E.O.25	4+250~4+450	K4	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
	Λυτικά				
5	3/Αγ.Σπυρίδων Φάρσα	E.O.25	9+650~10+000	K11	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
6	3/Ρέμα Κουρουκλάτα-	E.O.25	10+800~11+000	K12	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
	Κοντογουράτα Νότια				
7	3/Ρέμα Κουρουκλάτα-	E.O.25	11+150~11+900	K13	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
	Κοντογουράτα Βόρεια				
8	22/Πετανιοί	Αλλο	1+750~2+150	K2	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
		δίκτυο			
9	2/Παραλία Λιβάδι,	E.O.39	5+700~5+800	K2	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
	Βόρεια				
10	14/Αθέρας	Αλλο	5+500~6+000	K2	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.
		δίκτυο			
11	Περιοχή Μύρτου	-	-	-	ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε.
					ΜΚαββαδάς
12	Περιοχή Χάρακα	E O 25	28+500~32+500		- Μ.Καρρασας.
12		L.0.23	201001021000	-	
13	4/Αγ.ΕΙρηνή Ινοτία	E.U.1	29+050~29+800	κö KZ	KALINP E.II.E.
14		E.U.1	29+000~29+200	K/	KAΣIΩP E.II.E.
15	4/Μουσάτα Λατομείο	E.O.1	11+600~11+750	КЗ	ΚΑΣΙΩΡΕ.Π.Ε.
16	4/Μουσάτα Βενζινάδικο	E.O.1	11+400~11+500	K2	ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε.



Εικόνα 2: Το οδικό δίκτυο και οι περιοχές των αστοχιών που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, γίνεται αναφορά της αρίθμησης στον πίνακα 2.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται στοιχεία που αφορούν την γεωλογία της ευρύτερης περιοχής αλλά και αποκλειστικά της νήσου Κεφαλονιάς. Τα στοιχεία περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα από τα γεωλογικά δεδομένα όπως την γεωδυναμική και τεκτονική της περιοχής, την λιθολογία, την σεισμικότητα και σεισμική επικινδυνότητα, αναφορά σε υδρολογικά και υδρογεωλογικά δεδομένα. Τα στοιχεία αυτά έχουν άμεση σχέση με τις αστοχίες που προκλήθηκαν.

3.2 Γεωδυναμική Εξέλιξη και Γεωλογικοί Σχηματισμοί

Η Ελλάδα συνιστά τμήμα του Αλπικού συστήματος ορογένεσης, εικόνα 3, το οποίο ξεωρίζει από τα υπόλοιπα, Βαρύσκιο & Καληδόνιο, είναι το πιο πρόσφατο γεωλογικά ορογενετικό σύστημα που ήταν ενεργό κατά το Μεσοζωικό – Καινοζωικό αιώνα και δημιούργησε τις μεγάλες οροσειρές, όπως τις Αλπεις, τα Ιμαλάια, οι οποίες γεννήθηκαν από τη σύγκρουση πλακών με τον ηπειρωτικό φλοιό της Ευρασίας από την διεύθυνση του βορρά και τμημάτων της πρώην Γκοντβάνας από το τη νότια διεύθυνση (Μουντράκης ,2005).



Εικόνα 3: Χάρτης που απεικονίζει το Αλπικό ορογενετικό σύστημα στην περιοχή της Μεσογείου.

Ανάμεσα στις πλάκες Ευρασία και τεμάχη Γκοντβάνας, στην αρχή του Μεσοζωικού αιώνα είχε δημιοργηθεί ο ωκεανός της Τηθύος, ο οποίος ξεκίνησε να κλείνει στο μέσο του Μεσοζωικού αιώνα εξαιτίας της σύγκλισης των δύο πλακών. Στο νότιο κλάδο της Τηθύος συναντάμε την Ελλάδα και συγκεκριμένα τις Ελληνίδες που σχηματίζουν το Ελληνικό τόξο. Το Ελληνικό τόξο είναι το μοναδικό κομμάτι του συστήματος της Τηθύος στο οποίο συνεχίζεται ακόμα σήμερα η ορογένεση και που εμφανίζει όλα τα γεωλογικά

χαρακτηριστικά ενός υπό εξέλιξη ορογενετικού τόξου. Ο χώρος του Ιονίου πελάγους είναι το σύγχρονο κομμάτι της Τηθύος που δεν έχει συμμετάσχει ακόμα στην εξέλιξη της αλπικής ορογένεσης, αποτελώντας το τελευταίο χωρίς παραμόρφωση περιθώριο της Αφρικανικής πλάκας.



Εικόνα 4: Χάρτης της Ελλάδα και της Τουρκίας με τις κινήσεις των πλακών και τη διαμόρφωση του Ελληνικού τόξου κατά Παπαζάχο, 1998.

Το Ελληνικό τόξο διαιρείται σε 12 γεωτεκτονικές ζώνες, εικόνα 5. Κάθε ζώνη συνίσταται από διαφορετικούς γωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίες ακολούθησαν διαφορετική πορεία εξέλιξης. Οι ζώνες μπορούν να χωριστούν στις εσωτερικές Ελληνίδες και τις εξωτερικές. Οι εσωτερικές υπέστησαν 2 φάσεις τεκτονισμού, μια κατά την παλαιοαλπική φάση ορογένεσης, δηλαδή κατά το Μέσο Τριαδικό – Άνω Ιουρασικό και μια κατά την κύρια φάση αλπικής ορογένεσης στο Ηώκαινο. Οι εσωτερικές Ελληνίδες ζώνες αποτελούνται από μεταμορφωμένες και αμεταμόρφωτες ζώνες. Οι εξωτερικές Ελληνίδες, οι οποίες τεκτονίστηκαν μονάχα μια φορά κατά την κύρια φάση της αλπικής ορογένεσης. Ο τεκτονισμός συνέβη κατά το Ηώκαινο, αποτελούνται από ζώνες με αμεταμόρφωτα πετρώματα (Λέκκας, Ανδρεαδάκης, 2015).

Η σεισμική δραστηριότητα που παρατηρείται στο Ελληνικό τόξο εικόνα 4, ξεκινώντας από την Κεφαλονιά, διασχίζει το νότιο Ιόνιο δυτικά της Πελοποννήσου και διέρχοντας νότια της Κρήτης προς ανατολικά περνάει από την νοτιο-ανατολική Ρόδο. Το τόξο αποτελεί το όριο επαφής και σύγκλισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την ευρασιατική πλάκα. Η αφρικάνικη λιθοσφαιρική βυθίζεται με ταχύτητα 4.5 εκατοστών τον χρόνο κάτω από την ευρασιατική με αποτέλεσμα την γέννηση των σεισμών στην Ελλάδα.

Το νοητό τρίγωνο που εσωκλείνει την Λευκάδα, Κεφαλονιά και τη Ζάκυνθο είναι η περιοχή με την υψηλότερη σεισμικότητα σε όλη την ευρώπη. Παρατηρώντας την εικόνα 4 είναι προφανές ότι η Κεφαλονιά βρίσκεται τεκτονικώς σε ένα ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης. Το ρήγμα είναι μέρος του βορειότερου τμήματος του ελληνικού τόξου και είναι η πιο ενεργή σεισμογενής περιοχή στην Ελλάδα.



Εικόνα 5: Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας.

Το υπόβαθρό της Κεφαλονιάς αποτελείται από δύο γεωτεκτονικές ενότητες, η πρώτη των Παξών καλύπτει το πιό μεγάλο τμήμα της νήσου και η δεύτερη της Ιόνιας ενότητας. Η σχέση μεταξύ αυτών ορίζεται από ένα ρήγμα επώθησης με διεύθυνση Βορρά - Νότου.

Η Ιόνια ενότητα καταλαμβάνει το νότιο-ανατολικό τμήμα της Κεφαλονιάς και το νησί της Ιθάκης, είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα Παξών. Συνοπτικά η Κεφαλονιά είναι τμήμα της Προ-Απούλιας πλάκας με ένα περιορισμένο τμήμα της Ιόνιας ζώνης.

Το τμήμα αυτό, στο νοτιοανατολικό άκρο της Κεφαλονιάς ενώνεται με την Προ- Απούλια με μια επώθηση μεγάλης έκτασης, την Ιόνια επώθηση (Μουντράκης 2010). Η επαφή των δύο ζωνών θεωρείται στο σημείο όπου ανθρακικά πετρώματα Μεσοζωικής ηλικίας της οροφής της επώθησης, εμφανίζονται επάνω σε Μειοκαινικές μάργες. Πιό νότια εμφανίζεται μια ευρείας ζώνης διαβρωμένων Τριαδικών εβαποριτών, οι οποίοι το πιό πιθανόν αντιπροσωπεύουν ζώνη αποκόλλησης η οποία χωρίζει τα ανθρακικά πετρώματα από τις Μειοκαινικές μάργες (Karakitsios, Rigakis, 2007).



Γεωλογικός – νεοτεκτονικός χάφτης νήσων Κεφαλλονιάς και Ιθάκης (1. Σύγχοονοι αλλουβιακοί σχηματισμοί και μεσοπαγετώδεις αποθέσεις Μέσου Πλειστοκαίνου, 2. Κορήματα και λατυποπαγή κλιτύων Μέσου Πλειστοκαίνου, 3. Θαλάσσιοι ασβεσταρενίτες Μέσου Πλειστοκαίνου, 4. Κλαστικοί σχηματισμοί Πλειοκαλάβριας σειράς, 5. Αργιλοκλαστική σειρά Μέσου Μειοκαίνου – Κατωτέρου Πλειοκαίνου, 6. Ανθρακικά ιζήματα νηριτικά και κατά θέσεις πελαγικά Τριαδικού – Μέσου Μειοκαίνου, 7. Φλύσχης Ιονίου ενότητας, 8. Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και ερυθροί κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι Ιουρασικού – Κρητιδικού, 9. Εβαποριτική σειρά Τριαδικού, 10. Επώθηση – Εφίππευση, 11. Ρήγμα). (BP Co. 1971 με συμπληρώσεις και τροποποιήσεις).

Εικόνα 6: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Κεφαλονιάς BP Co. 1971.

Η ενότητα Παξών αντιπροσωπεύεται από τα ανώτερα ανθρακικά στρώματα που περιλαμβάνουν την περίοδο Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Μειόκαινο. Στην συνέχεια η ενότητα Παξών αντιπροσωπεύεται από την αργιλική και κλαστική φλυσχική σειρά δηλαδή την κανονική μεταβολή της προηγούμενης και περιλαμβάνει την περίοδο Μέσο Μειόκαινο-Κατώτερο Πλειόκαινο. Η αργιλική και κλαστική σειρά του φλύσχη εκπροσωπεί την κανονική μεταβολή της ανθρακικής σειράς, με ηλικία Λάγγιο-Μεσσήνιο. Το πάχος της είναι μερικές εκατοντάδες μέτρα και συναντάται στη χερσόνησο της Παλικής, στον κόλπο του Αργοστολίου και στον όρμο Κατελειό. Στη σειρά εμφανίζονται μάργες με ενστρώσεις ψαμμιτών, αργίλων, κροκαλοπαγών, λατυποπαγών.

Η Ιόνια ενότητα περιλαμβάνει μονάχα τους ορίζοντες της μεσοζωικής ανθρακικής ακολουθίας. Οι πιό παλιοί γεωλογικοί σχηματισμοί είναι τριαδικοί εβαπορίτες, λατυποπαγή ανθρακικών πετρωμάτων, ασβεστολιθικά ενώ συναντώνται και αργιλοαμμώδεις στρώσες. Πάνω από τους ορίζοντες της μεσοζωικής ακολουθίας αναπτύσσεται μια σειρά που περιλαμβάνει δολομίτες,ασβεστόλιθους και πυριτόλιθους στην οροφή ηλικίας Ανώτερο Τριαδικό - Μέσο Λιάσιο. Κατόπιν στα ανώτερα στρώματα εμφανίζονται ασβεστόλιθοι με πυριτιολίθους, σχιστόλιθοι με φύκια του Δογγερίου και πελαγικοί Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι οι οποίοι μεταπίπτουν σε λατυποπαγή προς την οροφή (BP Co., 1971, Renz, 1955).

Στην οροφή εμφανίζονται μεταλπικοί σχηματισμοί ασύμφωνα τοποθετημένοι στους αλπικούς. Οι αλπικοί σχηματισμοί χωρίζονται σε μια κατώτερη σειρά από θαλάσσια ιζήματα του Κατώτερου Πλειόκαινου μέχρι Κατώτερου Πλειστοκαίνου (Γεωργιάδου-Δικαιούλια, 1965) καθώς επίσης μία ανώτερη σειρά αποθέσεων ηπειρωτικής προέλευσης (BP Co., 1971, Sorel, 1976, Underhill, 1985 και 1989). Ο Γεωλογικός χάρτης της Κεφαλονιάς με απλουστεύσεις των σχηματισμών δίνεται στην εικόνα 6.

3.3 Τεκτονική

Η Κεφαλονιά βρίσκεται στο σημείο τομής πολλών ρηξηγενών περιοχών. Τα ρήγματα του Ιονίου διασταυρώνονται ανάμεσα στους Παξούς και Λευκάδα με τα ρήγματα του κόλπου της Αρτας και τα ρήγματα του Πατραϊκού κόλπου ανάμεσα της Κεφαλονιάς και της Ζακύνθου (Μουντράκης 2010). Στην εικόνα 7, διακρίνονται τα σεισμικά ρήγματα της Κεφαλονιάς.

Η χερσόνησος του Ορους Καλόν στο βορειότερο τμήμα του νησιού συνίσταται από παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους της Ανω Κρητιδικής ηλικίας πτυχωμένοι σε ένα περίκλινο ανοιχτό με άξονα βορειοδυτικό, νοτιοανατολικό. Πτυχές και ανάστροφα ρήγματα αναδεικνύουν ότι η πτυχώσεις είναι πιό έντονες στο ανατολικό τμήμα της περιοχής από ότι στο δυτικό τμήμα, που βρίσκεται πιό μακρυά από την Ιόνια επώθηση.

Η περιοχή ενδιάμεσα του Ορμου Μύρτου και Κόλπου Αγίας Ευφημίας, περιλαμβάνει Μειοκαινικές μάργες οι οποίες έχουν πτυχωθεί σε ένα κλειστό σύγκλινο με ασυμετρία. Στην θέση του Ορμου Μύρτου που εντοπίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα του συγκλίνου, βρίσκονται ασβεστόλιθοι του Παλαιογενούς με ενστρώσεις κερατολίθων. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν στρώσεις με μεγάλες κλίσεις, Β-Α.



Εικόνα 7: Τα σημαντικότερα ρήγματα στην Κεφαλονιά (Lekkas, Mavroulis 2016.

Στην ίδια ενότητα εντοπίζονται Μειοκαινικές μάργες με στρώσεις προς τα B-A όπως προηγουμένως με αντίστοιχες κλίσεις. Η σχιστότητα είναι η ίδια πυκνή, τύπου διάλυσης εξαιτίας των τεκτονικών συμπιεστικών τάσεων. Στον παράλιο κόλπο Αγ.Ευφημίας απαντώνται στους Παλαιογενείς ασβεστόλιθους στυλολιθικοί σχισμοί παράλληλοι κατά τον άξονα με κατεύθυνση BΔ-NA, πτυχωμένοι. Συμπερασματικά των παρατηρήσεων, η ύπαρξη ενός ανάστροφου ρήγματος διαχωρίζει τους ελαφρά κεκλιμένους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους του Καλόν, από τις Μειοκαινικές μάργες οι οποίες έχουν πτυχωθεί στο κλειστό σύγκλινο με ασυμετρία. Στην βάση εντοπίζονται οι μάργες και στην οροφή οι ασβεστόλιθοι (Kokinou et al, 2006).

Η περιοχή γύρω από τον Αίνο εμφανίζεται τεκτονικά ως αντίκλινο με άξονα Β-ΒΔ και Ν-ΝΑ. Η Βορινή άκρη του περιλαμβάνει τον Όρμο Μύρτου, εδώ συναντώνται ανοικτές πτυχές, αντιθέτως Νότια οριοθετείται στον οικισμό Χιονάτα και ανατολικά αυτού. Αλλες παρατηρήσεις (Underhill 1989) δείχνουν ότι το δυτικό όριο των ασβεστολίθων από το αντίκλινο του Αίνου αντιπροσωπεύουν το επάνω μέρος από ένα ανάστροφο ρήγμα. Αναλυτικότερα στην περιοχή του Κόλπου Αγ.Κυριακής-Κοντογουράτα εντοπίζονται μαργαϊκοί σχηματισμοί με κλίση προς ΒΑ με τους ασβεστόλιθους του Αίνου να εναποθέτονται επάνω από τους μαργαϊκούς σχηματισμούς. Στη νότια Κεφαλονιά ΠλειοΠλειστοκαινικοί σχηματισμοί κροκαλοπαγών, ασβεστόλιθων, ψαμμιτών εμπεριέχουν ενστρώσεις χαρακτηριστικές ποτάμιων εκβολών δέλτα (Underhill, 1986, 1988, 1989).

Οι ακολουθίες αυτές έχουν κλίσεις 10°-15° με κατεύθυνση ΒΑ, και μεταπίπτουν μέχρι 45° όσο φθάνουν στο ρήγμα. Οι στρώσεις βαθμιαία εξελίσσονται προς μία ορισμένη κατεύθυνση παράλληλη με αυτήν από το ρήγμα σχηματίζοντας ένα σύγκλινο στην βάση του ρήγματος. Τα ρηγματα του Αίνου έχουν ενεργοποιηθεί κατά το Τεταρτογενές.

Κατάσταση συμπιεστικών τεκτονικών δυνάμεων στην Κεφαλονιά τυγχάνουν στο Λιβάδι, με πτυχές κατά άξονες B-N με ένα ή περισσότερα ανάστροφα ρήγματα. Προς τα δυτικά του Ορους Αίνου, ο αριθμός των πτυχών ελαχιστοποιείται με την πυκνότητα του σχισμού επίσης, συνάγοντας εξασθένηση των συμπιεστικών τεκτονικών δυνάμεων.

Στο Αργοστόλι και την ευρύτερη περιοχή, τα σπουδαιότερα τεκτονικά στοιχεία είναι το ρήγμα του Αργοστολίου και το ρήγμα κοντά στο ξενοδοχείο White Rocks, Ασπρα Βράχια (Underhill 1989). Το πρώτο ρήγμα εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα του Αργοστολίου και συνενόνεται με το ρήγμα Ασπρα Βράχια προς τα νότια στη περιοχή Λιάκα. Το ρήγμα Αργοστολίου ενεργούσε σαν ένα βυθιζόμενο κανονικό ρήγμα απο την ανατολή, με διάρκεια από το Μεσοζωικό εώς και το Ανω Μειόκαινο, κατά στρωματογραφικά δεδομένα.

Στην ευρύτερη περιοχή γύρω από το Αργοστόλι, οι Ανω-Μειοκαινικοί σχηματισμοί με τους Μεσο-Πλειοκαινικούς αποτελούμενους από ριπίδια χωρίζονται από ασυμφωνία ηλικίας Κατώτερο Πλειόκαινο. Αυτή εμφανίζεται με αρκετή κλίση των στρωμάτων.

Η ασυμφωνία υποδεικνύει τεκτονική ανύψωση με περιστροφή των σχηματισμών. Τα φαινόμενα οφείλονται στην επώθηση της Ιόνιας ζώνης άνωθεν της Προαπούλιας ζώνης.

Με άλλα λόγια η συμπιεστική τεκτονική εμφανίζεται σε ολόκληρο το πλάτος της Κεφαλονιάς και από τα δύο άκρα από τα ανατολικά μέχρι τα δυτικά.

Το ρήγμα Ασπρα Βράχια είναι μία επώθηση με μικρή γωνία, με κλίση προς την ανατολή. Στην άνω μέρος της επώθησης εμφανίζονται ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού και Παλαιογενούς με το κάτω μέρος να δομείται από Πλειο-Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς ιζηματτογενών λιθολογικών τύπων.

3.4 Σεισμικότητα

Η σειμικότητα όπως αναφέρθηκε είναι ιδιαίτερα αυξημένη στην περιοχή. Ενδεικτικά αναφέρονται οι σεισμοί μεγέθους Μ ≥ 4.9 στην ευρύτερη περιοχή της κεφαλονιάς κατά τα τελευταία 40 χρόνια, πίνακας 3, εικόνα 8.

Στις 26 Ιανουαρίου 2014 συνέβη ένας από τους πιο καταστρεπτικούς σεισμούς για τη νήσο Κεφαλονιά. Εκτός από την Κεφαλονιά η δόνηση έγινε αισθητή στην Ζάκυνθο, Κέρκυρα και την δυτική Ελλάδα. Το επίκεντρο βρισκόταν 5 χλμ Β-ΒΔ του Αργοστολίου με μεγέθος έντασης 5.8 R με το βάθος της εστίας στα 17 χλμ. Το Ευρωπαϊκό Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο υπολόγησε ότι ο σεισμός ήταν 6 Richter και εστιακό βάθος 24 χλμ με επίκεντρο 10 χλμ ΒΔ από το Αργοστόλι. Το Πανεπιστήμιο Πατρών υπολόγησε τον σεισμό 6.3 Richter, ο καθηγητής Σεισμολογίας κ.Κων.Παπαζάχος αποτίμησε τον σεισμό 6.1 Richter.

Πίνακας	3:	01	σεισμοί	μεγέθους	М	≥	4.9	στην	ευρύτερη	περιοχή	της	κεφαλονιάς
(Γεωδυνα	αμικ	ó Iv	στιτούτο,	1983 - 202	0).							

A/A	Χρόνος (GMT)	Επίκεντρο	Γεωγρ.	Γεωγρ.	Βάθος	M
			Πλάτος	Μήκος	(χλμ)	
			(°B)	(°A)		
1	2020/03/21 00:49	29.2 χλμ ΝΑ της Ηγουμενίτσας	39.33	20.52	8	5.6
2	2019/02/05 02:26	14.2 χλμ ΔΒΔ της Πρέβεζας	38.98	20.59	13	5.2
3	2018/11/19 13:05	79.4 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.15	20.50	10	5.1
4	2018/11/15 09:02	35.6 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.52	20.68	17	4.9
5	2018/11/04 03:12	62.6 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.38	20.41	5	4.9
6	2018/10/30 15:12	53.8 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.46	20.45	6	5.5
7	2018/10/30 02:59	40.6 χλμ ΔΝΔ της Ζακύνθου	37.59	20.51	7	5.4
8	2018/10/25 23:09	79.0 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.11	20.64	3	5.1
9	2018/10/25 22:54	60.7 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.35	20.49	13	6.6
10	2018/10/25 22:22	57.7 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.35	20.55	5	4.9
11	2017/09/11 16:20	41.4 χλμ ΝΔ της Καρδίτσας	39.15	21.53	8	4.9
12	2016/03/29 01:05	89.1 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.34	20.06	13	5.2
13	2016/02/15 18:55	25.9 χλμ ΑΝΑ του Πύργου	37.59	21.72	24	5.2
14	2015/11/18 12:15	14.2 χλμ ΒΒΔ της Λευκάδας	38.84	20.59	17	4.9
15	2015/11/17 08:33	9.8 χλμ ΝΔ της Λευκάδας	38.65	20.56	9	5.1
16	2015/11/17 07:10	5.9 χλμ ΝΝΔ της Λευκάδας	38.67	20.60	11	6.0
17	2014/11/08 23:15	8.9 χλμ ΝΝΔ του Αργοστολίου	38.10	20.44	18	5.0
18	2014/10/24 23:43	30.3 χλμ ΝΝΑ της Αρτας	38.92	21.15	12	5.2
19	2014/02/03 03:08	11.2 χλμ ΒΔ του Αργοστολίου	38.25	20.40	11	5.7
20	2014/01/26 18:45	8.9 χλμ ΒΔ του Αργοστολίου	38.23	20.41	17	5.1
21	2014/01/26 13:55	6.7 χλμ ΒΑ του Αργοστολίου	38.22	20.53	16	5.8
22	2013/02/17 03:12	77.6 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.16	20.52	15	5.0
23	2011/08/20 02:00	34.2 χλυ Ν της Πάτρας	37.94	21.68	25	4.9
24	2011/07/19 07:13	107.6 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.21	19.92	9	5.0
25	2011/05/25 23:27	13.6 χλυ ΔΒΔ της Ανδραβίδας	37.94	21.12	13	4.9
26	2010/08/22 10:22	103.5 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.24	19.95	24	5.4
27	2010/01/22 00:46	21.4 χλυ ΒΒΔ του Αινίου	38.42	21.97	12	5.1
28	2010/01/18 15:56	21.3 χλμ ΒΒΔ του Αινίου	38.41	21.95	20	5.2
29	2009/11/11 09:51	51.8 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.47	20.47	21	5.3
30	2009/11/03 05:25	65.6 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.39	20.35	39	5.6
31	2009/02/16 23:16	74.2 χλμ Ν της Ζακύνθου	37.13	20.78	15	5.5
32	2008/07/30 05:02	36.0 χλμ ΔΝΔ του Αργοστολίου	38.02	20.12	9	5.0
33	2008/06/08 12:25	23.1 χλυ ΑΒΑ της Ανδραβίδας	37.98	21.51	25	6.5
34	2008/02/04 22:15	16.4 χλυ ΔΒΔ των Καλαβούτων	38.09	21.94	25	5.0
35	2008/02/04 20:25	17.7 χλυ ΔΒΔ των Καλαβούτων	38.08	21.92	27	4.9
36	2007/06/29 18:09	28.2 χλυ Ν της Ηνουμενίτσας	39.25	20.26	19	5.2
37	2007/03/25 13:57	19.3 χλμ ΒΒΛ του Αργοστολίου	38.34	20.42	15	55
38	2006/04/12 16:52	20.7 χλμ ΝΝΑ της Ζακύνθου	37 61	20.95	19	5.4
39	2006/04/11 17:29	12.5 γλμ Ν της Ζακύνθου	37.68	20.00	18	5.4
40	2006/04/11 00:02	17.0 γλμ Ν της Ζακύνθου	37.64	20.01	18	5.2
41	2006/04/04 22:05	23.7 γλμ Ν της Ζακύνθου	37.58	20.02	18	5.2
42	2005/10/18 15:25	23.7 γλμ Ν της Ζακύνθου	37.58	20.86	22	5.6
43	2005/01/31 01:05	81 1 χλιμ ΛΝΛ της Ζακύνθου	37 41	20.00	16	5.7
44	2003/08/14 16.18	5 8 γλμ BBA της Λευκάδας	38 76	20.67	9	52
45	2003/08/14 12:18	5.8 γλιι BBA της Λευκάδας	38 76	20.67	8	5.1
46	2003/08/14 08.11	12.2 γλιι ΒΒΛ της Λευκάδας	38.81	20.56	14	<u></u>
<u></u> <u></u> <u></u>	2003/00/14 00.41	10.3 γλιι ΒΛ της Λευκάδας	38 70	20.00	12	+.J 50
- +/	2000/00/14 00.14	10.0 XVH DA IIK Neukuuus	00.19	20.00	14	0.0

40	2002/12/00 00.25	70.0 χλι ΝΑ του Λογοστολίου	27.76	10.75	6	ΕO
48	2002/12/09 09:35		37.70	19.75	0	5.0
49	2002/12/02 04:58	15.1 χλμ ΝΔ της Ανοραβιοας	37.80	21.15	17	5.3
50	2002/07/28 17:16	22.8 χλμ ΒΔ της Ζακυνθου	37.95	20.73	19	4.9
51	2000/05/26 01:20	15.4 χλμ ΔΝΔ της Πρεβεζας	38.91	20.58	5	5.3
52	1999/11/04 02:08	28.4 χλμ ΝΝΔ του Πύργου	37.45	21.32	12	4.9
53	1999/06/11 07:50	31.9 χλμ ΝΑ της Ζακύνθου	37.56	21.11	58	5.1
54	1998/10/08 03:50	46.5 χλμ ΝΝΔ του Αργοστολίου	37.79	20.27	5	5.2
55	1998/10/06 12:27	61.7 χλμ ΝΝΔ του Πύργου	37.19	21.13	5	5.2
56	1998/07/16 17:29	9.0 χλμ ΝΔ της Λευκάδας	38.66	20.56	5	5.1
57	1998/01/10 19:21	76.1 χλμ Ν της Ζακύνθου	37.12	20.73	5	5.2
58	1997/11/18 15:23	54.6 χλμ ΝΝΔ του Πύργου	37.25	21.16	16	5.0
59	1997/11/18 13:13	52.6 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.36	20.65	5	5.6
60	1997/11/18 13:07	69.1 χλμ ΝΝΔ της Ζακύνθου	37.26	20.49	5	6.1
61	1996/06/06 16:25	32.8 χλμ ΝΑ της Ζακύνθου	37.55	21.11	2	4.9
62	1996/02/01 17:57	74.9 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.72	19.85	1	5.2
63	1995/06/15 00:30	16.1 χλμ ΒΔ του Αιγίου	38.33	21.93	5	5.2
64	1995/06/15 00:15	14.7 χλμ ΒΒΑ του Αιγίου	38.37	22.15	26	5.6
65	1994/11/29 14:30	16.3 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας	38.66	20.46	5	4.9
66	1994/04/16 23:09	48.8 χλμ ΝΔ της Ζακύνθου	37.43	20.58	30	5.3
67	1994/02/25 02:30	4.9 χλμ ΔΒΔ της Λευκάδας	38.73	20.58	5	5.3
68	1993/07/14 12:31	9 7 χλυ ΝΝΑ της Πάτοας	38 16	21 76	13	51
69	1993/06/13 23:26	36.8 γλυ ΒΒΛ της Ποέβεζας	39.25	20.57	5	5.4
70	1993/03/26 11:58	3.8 χλιι ΝΝΛ του Πύονου	37.65	20.07	1	5.0
71	1002/01/23 04.24	13.4 χλι ΒΒΛ του Αργοστολίου	38.28	20.41	3	5.0
72	1000/06/16 02:16	$37.7 \text{ y}_{\text{M}} \Delta B \Delta$ the Definition	30.20	20.41	38	5.5
73	1990/00/10 02.10	45.3 χλμ ΝΔ του Δογοστολίου	37.80	20.30	1	5.2
73	1909/00/24 02.13	57.3 χλμ ΝΝΔ του Πύονου	27.09	20.11	1	5.2
74	1909/00/20 10.32		37.24	21.12	1	5.4
75	1900/10/10 12.34	13.3 χλμ ΒΔΑ της Δυδοσθίδας	37.90	20.90	4	5.5
70	1900/09/22 12.05	17.0 χλμ ΒΔ Της Ανοραριούς	37.99	21.11	1	5.0
70	1900/05/22 03.44		20.30	20.34	1	5.0
18	1988/05/18 05:17		38.35	20.47	1	5.3
79	1987/06/10 14:50	44.7 χλμ ΒΒΔ της Μεθωνης	37.17	21.40	12	5.0
80	1987/05/29 18:40	21.6 χλμ ΝΑ του Πυργου	37.53	21.60	29	5.0
81	1987/02/27 23:34	22.6 χλμ ΒΒΔ του Αργοστολίου	38.37	20.42	1	5.4
82	1985/09/07 10:20	52.4 χλμ ΝΝΔ του Πυργου	37.24	21.25	5	5.2
83	1985/08/13 13:49	13.7 χλμ Α της Ζακύνθου	37.78	21.05	60	4.9
84	1984/02/11 08:02	15.5 χλμ ΔΒΔ του Αιγίου	38.32	21.93	24	5.1
85	1983/09/08 22:04	20.7 χλμ ΝΝΑ της Ζακύνθου	37.61	20.95	5	5.0
86	1983/05/14 23:13	26.6 χλμ Β του Αργοστολίου	38.41	20.44	5	5.0
87	1983/05/13 23:50	33.6 χλμ ΒΔ του Αργοστολίου	38.35	20.17	5	5.1
88	1983/03/24 04:17	25.1 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	38.04	20.25	10	5.1
89	1983/03/23 23:51	7.4 χλμ ΔΒΔ του Αργοστολίου	38.19	20.40	10	5.7
90	1983/03/23 19:03	16.9 χλμ ΑΒΑ της Λευκάδας	38.78	20.81	10	4.9
91	1983/03/16 21:19	17.4 χλμ ΑΒΑ της Λευκάδας	38.79	20.81	9	5.0
92	1983/02/21 00:13	60.1 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.73	20.09	4	5.1
93	1983/02/20 12:42	19.7 χλμ ΝΔ της Ανδραβίδας	37.76	21.13	10	4.9
94	1983/01/31 15:27	15.1 χλμ ΝΝΔ του Αργοστολίου	38.05	20.41	2	5.3
95	1983/01/19 05:41	84.7 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.65	19.78	10	5.1
96	1983/01/19 00:02	15.1 χλμ ΝΝΔ του Αργοστολίου	38.05	20.41	6	5.5
97	1983/01/17 16:53	9.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	38.12	20.40	8	4.9
98	1983/01/17 15:53	13.4 χλμ ΒΑ του Αργοστολίου	38.25	20.60	4	4.9
99	1983/01/17 12:41	30.4 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.97	20.25	9	6.2
100	1982/09/28 13:38	40.8 χλμ ΔΝΔ της Ζακύνθου	37.60	20.50	10	4.9

1982/06/22 03:04	54.5 χλμ ΒΔ της Μεθώνης	37.10	21.20	10	5.7
1981/07/12 17:14	53.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.80	20.10	10	5.1
1981/06/30 15:09	52.0 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.90	20.00	10	5.0
1981/06/28 17:20	45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.90	20.10	10	5.5
1981/06/24 18:41	59.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου	37.80	20.00	10	5.2
1981/05/27 18:12	27.3 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας	38.80	21.00	10	5.0
1981/05/27 15:25	21.1 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας	38.80	20.90	10	5.0
1981/05/27 15:03	10.9 χλμ ΒΒΑ της Λευκάδας	38.80	20.70	10	5.0
1981/03/10 15:16	22.3 χλμ ΒΔ της Αρτας	39.30	20.80	10	5.3
1980/04/12 11:32	31.7 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας	38.60	20.30	10	5.1
1980/04/12 09:10	13.3 χλμ ΝΝΔ της Λευκάδας	38.60	20.60	10	4.9
	1982/06/22 03:04 1981/07/12 17:14 1981/06/30 15:09 1981/06/28 17:20 1981/06/24 18:41 1981/05/27 18:12 1981/05/27 15:25 1981/05/27 15:03 1981/05/27 15:16 1980/04/12 11:32 1980/04/12 09:10	1982/06/22 03:04 54.5 χλμ ΒΔ της Μεθώνης 1981/07/12 17:14 53.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/06/30 15:09 52.0 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/06/28 17:20 45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/06/28 17:20 45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/06/24 18:41 59.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/05/27 18:12 27.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 1981/05/27 18:12 27.3 χλμ ΝΔ της Πρέβεζας 1981/05/27 15:25 21.1 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας 1981/05/27 15:03 10.9 χλμ ΒΒΑ της Λευκάδας 1981/03/10 15:16 22.3 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας 1980/04/12 11:32 31.7 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας 1980/04/12 09:10 13.3 χλμ ΝΝΔ της Λευκάδας	1982/06/22 03:04 54.5 χλμ ΒΔ της Μεθώνης 37.10 1981/07/12 17:14 53.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 1981/06/30 15:09 52.0 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.90 1981/06/28 17:20 45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.90 1981/06/24 18:41 59.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 1981/05/27 18:12 27.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 1981/05/27 15:25 21.1 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας 38.80 1981/05/27 15:03 10.9 χλμ ΒΒΑ της Λευκάδας 38.80 1981/03/10 15:16 22.3 χλμ ΒΔ της Αρτας 39.30 1980/04/12 11:32 31.7 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας 38.60	1982/06/22 03:0454.5 χλμ ΒΔ της Μεθώνης37.1021.201981/07/12 17:1453.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου37.8020.101981/06/30 15:0952.0 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου37.9020.001981/06/28 17:2045.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου37.9020.101981/06/24 18:4159.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου37.8020.001981/05/27 18:1227.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου37.8020.001981/05/27 15:2521.1 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας38.8021.001981/05/27 15:0310.9 χλμ ΒΒΑ της Λευκάδας38.8020.701981/03/10 15:1622.3 χλμ ΒΔ της Αρτας39.3020.801980/04/12 11:3231.7 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας38.6020.30	1982/06/22 03:04 54.5 χλμ ΒΔ της Μεθώνης 37.10 21.20 10 1981/07/12 17:14 53.3 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 20.10 10 1981/06/30 15:09 52.0 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.90 20.00 10 1981/06/28 17:20 45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.90 20.10 10 1981/06/28 17:20 45.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 20.00 10 1981/06/24 18:41 59.2 χλμ ΝΔ του Αργοστολίου 37.80 20.00 10 1981/05/27 18:12 27.3 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας 38.80 21.00 10 1981/05/27 15:25 21.1 χλμ ΝΑ της Πρέβεζας 38.80 20.90 10 1981/05/27 15:03 10.9 χλμ ΒΒΑ της Λευκάδας 38.80 20.70 10 1981/03/10 15:16 22.3 χλμ ΒΔ της Αρτας 39.30 20.80 10 1980/04/12 11:32 31.7 χλμ ΔΝΔ της Λευκάδας 38.60 20.30 10 1980/04/12 09:10 13.3 χλμ ΝΝΔ της Λευκάδας 38.60 20.60 10



Εικόνα 8: Οι σεισμοί μεγέθους Μ ≥ 4.8 σε ακτίνα 150 km από το Αργοστόλι (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο,1983 - 2020).

Το βασικότερο αίτιο εκδήλωσης του σεισμού οφείλεται σε ρήγμα τεκτονικώς ενεργό, οριζόντιας ολίσθησης.

Οι σεισμοί στην εν λόγω περιοχή και περίοδο συνεχίστηκαν με ακολουθία μερικών ημερών σχήμα 2. Στις 3 Φεβρουαρίου 2014 εκδηλώθηκε σεισμός μεγέθους 5.9 R με επίκεντρο ΒΔ του Ληξουρίου. Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών όρισε ότι ο σεισμός είχε μέγεθος 5.7 R ενώ κατά το Ευρωπαϊκό Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο ο σεισμός ήταν 6.1 Richter.

Το επίκεντρο του σεισμού εντοπίστηκε στην χερσόνησο της Παλικής και στο ίδιο σεισμικό ρήγμα με τον προηγούμενο μεγάλο σεισμό. Συνεκτιμώντας σεισμολογικά δεδομένα περισσότερων χρόνων οι σεισμολόγοι συμπέραναν ότι το ρήγμα που προκάλεσε τη σεισμική δόνηση το έτος 1983 και τον εν λόγω του 2014, είναι τεκτονικώς ενεργό, σε έξαρση. Οι σεισμικές δονήσεις για περίπου μία εβδομάδα εμφάνισαν μέγεθος μεγαλύτερο από 4 R όπως προκύπτει στο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Η αλληλουχία των σεισμικών δονήσεων μεταξύ 26/01-03/02/2014 (Λιάκου 2014).

Σύμφωνα με το πλήθος των δεδομένων οι σεισμοί στην Κεφαλονιά είναι συχνό φαινόμενο και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τους αρμόδιους φορείς που πραγματοποιούν τεχνικά έργα ή επεμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον.

3.5 Σεισμική Επικινδυνότητα

Σύμφωνα με το χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας που περιέχεται στον ισχύοντα Αντισεισμικό Κανονισμό ΕΛΟΤ ΕΝ 1998-1:2005 «Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών – Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια», η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη σεισμική ζώνη Ζ3 με μέγιστη σεισμική επιτάχυνση στο βράχο agR=0.36g, σχήμα 3. Στους υπολογισμούς της παρούσας εργασίας έγιναν έλεγχοι χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g, α_v=0.18g καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g.

Η πιθανότητα υπέρβασης είναι 10% σε 50 χρόνια και περίοδο επαναφοράς T_0 ίση με 475 χρόνια και g, η επιτάχυνση της βαρύτητας 9.81 m/sec².

Κατά τον ΕΑΚ 2000, το έδαφος μπορεί να χωριστεί σε κατηγορίες σεισμικής τρωτότητας ανάλογα τις επιμέρους ιδιότητες του, πίνακας 4.

Στην ευρύτερη περιοχή οι συναντώμενοι σχηματισμοί στα τμήματα των οδικών αξόνων μπορούν να καταταγούν εως εξής: Τα υλικά καταπτώσεων και σαρρών κατατάσσονται στην κατηγορία Χ, τα πλευρικά κορήματα στην κατηγορία Β εώς Γ, οι μάργες στην κατηγορία Β, οι ασβεστόλιθοι στην κατηγορία Α, αργιλοαμμώδη υλικά τα οποία δεν έχουν μετακινηθεί, στην κατηγορία Γ.

Πίνακας 4: Οι κατηγορίες σεισμικής τρωτότητας σύμφωνα με τον τύπο του εδάφους, (ΕΑΚ 2000).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση
А	Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ.
	Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
	Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη.
Р	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
в	Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Г	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
	Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας $(1_p > 50)$ συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϊλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων)
х	Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]).
	Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.
	Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπυκνώσεως ή απώλειας αντοχής.
	Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.
	Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.


Σχήμα 3: Κατανομή των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στον Ελλαδικό χώρο,(ΕΑΚ 2000).

3.6 Υδρολογικά Στοιχεία

Η πορεία της βροχής στη διάρκεια του έτους είναι η συνηθισμένη και αναμενόμενη, με μέγιστο όριο τον Δεκέμβριο και ελάχιστο τον Ιούλιο. Κατά τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Φεβρουάριο η βροχόπτωση ξεπερνάει τα 135 mm ανά μήνα, πίνακας 5.

Οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά συχνές, περίπου 90 mm ετησίως στις πεδινές και παράκτιες περιοχές, εξαιτίας των κινουμένων από τα δυτικά προς τα ανατολικά υφέσεων και των συχνών υγρών ανέμων του νότιου τομέα. Το φαινόμενο του παγετού δεν είναι συχνό και παρατηρείται κατά την περίοδο του χειμώνα, όχι με μεγάλη ένταση και σε περιορισμένη έκταση, ενώ δεν έχει σημειωθεί ολικός παγετός. Το χιόνι δεν είναι συχνό και περιορίζεται μόνο κατά τους μήνες ΝοέμβριοΦεβρουάριο ενώ το χαλάζι εμφανίζεται συχνότερα σε σχέση με άλλες περιοχές, οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο.



Πίνακας 5: Υδρολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία για το έτος 2019 στην Κεφαλονιά (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).

3.7 Υδρογεωλογία

Οι ανθρακικοί γεωλογικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στην Κεφαλονιά με επακόλουθο την ανάπτυξη διαφόρων καρστικών γεωμορφών, επιφανειακών αλλά και υπόγειων. Το υδρογραφικό δίκτυο της Κεφαλονιάς δεν είναι επαρκώς αναπτυγμένο λόγω της έντονης καρστικοποίησης των ανθρακικών πετρωμάτων και το νησί δεν διαθέτει επιφανειακά υδάτινα ρεύματα εκτός από ορισμένους χείμαρρους κατά την χειμερινή κυρίως περίοδο. Το μεγαλύτερο ποσοστό του υπόγειου νερού μετακινείται μέσα από τους κατακερματισμένους γεωλογικούς σχηματισμούς και τις δευτερογενείς διαρρήξεις και τα έγκοιλα των ανθρακικών πετρωμάτων. Οι μεγαλύτερες υδρογεωλογικές ενότητες που σχηματίζονται είναι ελεύθερα ανοικτές από περισσότερες πλευρές προς τη θάλασσα, με την οποία βρίσκονται σε ελεύθερη υπόγεια υδραυλική επικοινωνία για μήκος χιλιομέτρων. Δημιουργούνται πολλές καρστικές πηγές με μεγάλη παροχή και ενδεικτικά αναφέρονται ο Καραβόμυλος, Λιβάδι. Πολλοί καρστικοί σχηματισμοί συλλέγουν και Κούταβος. συγκεντρώνουν υπόγεια ύδατα όπως καταβόθρες, σπήλαια, υπόγειοι αγωγοί κλπ. Στις καταβόθρες του Αργοστολίου, στην άκρη του ακρωτηρίου Άγ.Θεόδωροι, υπάρχει υπόγεια διακίνηση θαλλάσιου νερού που διεισδύει σε μια καταβόθρα και βγαίνει στην άλλη πλευρά στο νησί, πλησίον της Σάμης. Γεωλογικές έρευνες από το 1960 ανέδειξαν ότι το σύστημα καταβοθρών της ευρύτερης περιοχής του Αργοστολίου είναι σε επικοινωνία διά δαιδαλώδους συστήματος υπόγειων γεωμορφών σιφώνων, καταβοθρών, σηράγγων, αγωγών και κατόπιν ανάμίξης με γλυκά επιφανειακά νερά των ασβεστολίθων από τα γύρω βουνά, πηγάζει αρτεσιανά ως υφάλμυρο στην αντίθετη πλευρά του νησιού 15 km ανατολικά του Αργοστολίου. Με αυτόν τον τρόπο εμφανίζονται πηγές στην ευρύτερη περιοχή της παραλιακής ζώνης του Καραβόμυλου, στη λιμνη-σπήλαιο Μελισσάνης, σπήλαιο Καραβόμυλος. Εκτός από το σπήλαιο της Μελισσάνης στην περιοχή της Σάμης έχουν εντοπιστεί πολυάριθμα βαραθρώδη σπήλαια, υπόγεια λιμνο-σπήλαια και χοανοειδείς υπόγειοι αγωγοί.

Η σπηλιά Αγγελάκι σε σχηματισμένη σε χαράδρα - βάραθρο πλησίον της Σάμης διαθέτει λεβητοειδή είσοδο-έξοδο με βάθους 50 m και έχει υπόγεια έκταση περίπου 5 στρεμμάτων, λίμνη περίπου 3 στρεμμάτων και υπόγεια καρστική σήραγγα 7.5 στρεμμάτων. Το θαλλασοσπήλαιο Μελισσάνη, σπηλιά σχηματισμένη σε χαράδρα - βάραθρο στην ίδια περιοχή, με βάθος περίπου 25 m και λίμνη που επικοινωνεί με τη θάλασσα. Το σπήλαιο Ζερβάτη εξίσου στην ίδια περιοχή έχει βάθος 18 m. και μήκος περίπου 75 m διαχωρίζεται σε δύο μικρές λίμνες. Καρστικό έγκοιλο αποτελεί επίσης η λίμνη Αβυθος στην περιοχή του χωριού Διγαλέτο, αποτέλεσμα λεβητοειδούς κατακρήμνισης των ασβεστολιθικών σχηματισμών.

4 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ</u> <u>ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ</u>

4.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο δίνονται εν συντομία η κατηγοριοποίηση των αστοχιών καθώς και βασικές γεωτεχνικές παράμετροι που αναφέρονται με μεγάλη συχνότητα στην εργασία. Αποσκοπείται στο να γίνει υπενθύμιση και εξήγηση της ορολογίας που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να γίνουν ευκολότερα κατανοητές οι πληροφορίες που δίνονται στην συνέχεια.

4.2 Τύποι των Κατολισθήσεων

Οι κατολισθήσεις είναι πιθανόν να εκδηλωθούν από μιά πληθώρα αιτιών, όπως σεισμοί, έντονη βροχόπτωση, μεταβολές και αλλοίωση των χαρακτηριστικών της μάζας του εδάφους, κατά την εκτέλεση τεχνικών έργων και σε όλους τους τύπους εδαφών και βράχων. Βασική προϋπόθεση η ύπαρξη μιάς κεκλιμένης επιφάνειας που έχει δημιουργηθεί από φυσικές διεργασίες ή την ανθρώπινη επέμβαση (Δημητρίου 1998).

Τα κατολισθητικά φαινόμενα δημιουργούνται από τουλάχιστον δύο δυνάμεις που ασκούνται στα πετρώματα ή τα εδαφικά υλικά, τη διατμητική τάση και τη διατμητική αντοχή. Οι δυνάμεις είναι αντίρροπες μεταξύ τους, όταν δεν βρίσκονται σε ισορροπία οδηγούν μια μάζα υλικών να κινηθεί. Το βάρος του υλικού που βρίσκεται σε ένα πρανές, θα αναλύεται σε μια κάθετη συνιστώσα την ορθή τάση και σε μια συνιστώσα παράλληλη προς το πρανές την διατμητική τάση. Η διατμητική τάση αν ασκούνταν μόνη της θα έθετε σε κίνηση το πέτρωμα κατά μήκος του πρανούς προς τα κατάντη εάν ταυτόχρονα δεν υπήρχε η διατμητική αντοχή του πετρώματος, η οποία θα αντιστέκονταν στην κίνηση.

Το σχήμα 4 παριστάνει τους τέσσερεις κύριους τύπους αστοχίας σε ημιβραχώδη και βραχώδη πρανή κατά Hoek & Bray, 1974. Δίνονται οι τυπικές προβολές των πόλων των ασυνεχειών που είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε αστοχία του πρανούς. Για την εκτίμηση της ευστάθειας, το μέτωπο του πρανούς ή όψη, πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στο στερεοδιάγραμμα. Η κατολίσθηση θα εκδηλωθεί μόνο σαν μιά μετακίνηση προς το μέτωπο του πρανούς.

Ολίσθηση κατά επίπεδο σε γεωλογικό σχηματισμό με καθορισμένη εσωτερική δομή. Για να συμβεί πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα οι γεωμετρικές συνθήκες που ακλουθούν. Η διεύθυνση του επιπέδου κύριας ολίσθησης θα πρέπει να είναι περίπου παράλληλη ± 20° με τη διεύθυνση του πρανούς. Επίσης το επίπεδο ολίσθησης πρέπει να προβάλει στο μέτωπο του πρανούς, σχήμα 5. Η γωνία κλίσης του επιπέδου θα πρέπει να είναι πιό μεγάλη από τη γωνία εσωτερικής τριβής φ του γεωλογικού σχηματισμού.

Η ολίσθηση κατά επίπεδο είναι μία σπάνια περίπτωση διότι οι γεωμετρικές συνθήκες που απαιτούνται για τη δημιουργία μιας τέτοιας αστοχίας είναι δύσκολο να εμφανιστούν ταυτόχρονα στους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Μία ειδική περίπτωση είναι η ανάλυση ολίσθησης κατά ορισμένο επίπεδο με παρουσία ανοικτής ασυνέχειας ή ρωγμής.

Δύο περιπτώσεις θεωρούνται εφικτές. Η περίπτωση πρανούς με μία ρωγμή στην άνω επιφάνεια του, σχήμα 6 και πρανούς με ρωγμή που βρίσκεται κατά μήκος του εντός του μετώπου, σχήμα 7.

Η μετάβαση ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις θα συμβαίνει όταν η ρωγμή συμπίπτει με την κορυφή του πρανούς, δηλαδή όταν z/H = (1 - cot ψ_f* tanψ_p).

Αλλες συνθήκες που θα πρέπει να ισχύουν είναι η επιφάνεια ολίσθησης και η ρωγμή να είναι παράλληλες με την επιφάνεια τοι πρανούς. Η ρωγμή να είναι παρακατακόρυφη και να διέρχεται υδροφορία έως ένα βάθος z_w. Το νερό θα διεισδύει κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης και θα αναβλίζει στο μέτωπο. Η κατανομή της πίεσης στη ρωγμή και κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης φαίνεται στο σχήμα 6 και 7.

Οι δυνάμεις, W βάρος του πρίσματος ολίσθησης, U υδροστατικές πιέσεις στην επιφάνεια ολίσθησης και V στη ρωγμή, θα επιδρούν στο κέντρο της μάζας που ολισθαίνει. Θεωρείται ότι δεν υπάρχουν ροπές γιά να προκαλέσουν περιστροφή του εδαφικού πρίσματος και η αστοχία γίνεται με ολίσθηση. Το σφάλμα στον υπολογισμό από αυτή την παραδοχή είναι μικρό στην πράξη.

Η διατμητική αντοχή της επιφάνειας ολίσθησης θα συσχετίζεται με τη γωνία εσωτερικής τριβής και τη συνοχή μέσω του τύπου, τ = c + σ*tanφ.

Η ολίσθησης μιας βραχοσφήνας εξαρτάται από την τριβή, τη συνοχή και την πίεση του νερού. Η επίδραση της ρωγμής ή των εξωτερικών δυνάμεων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας των εξισώσεων.

Η γεωμετρία μιάς σφήνας, για το σκοπό της ανάδειξης του μηχανισμού ολίσθησης δίνεται στο σχήμα 8. Στην ανάλυση έχουν γίνει οι παραδοχές.

Η συνθήκη για να συμβεί ολίσθηση θα είναι ψ_{fi} > ψ_i > φ, όπου ψ_{fi} η γωνία κλίσης από το πρανές, ψ_i η γωνία κλίσης της τομής των δύο επιπέδων ως προς την οριζόντιο. Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ αυτών δίνεται σαν ξ. Η γωνία που θα σχηματίζεται από τη διάμεσο της γωνίας ξ με το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από την εκατέρωθεν βάση της σφήνας θα δίνεται ως γωνία β. Αν Α και Β τα επίπεδα δύο επιφανειών ασυνέχειας, Β θα λέγεται αυτό με τη μεγαλύτερη κλίση. Η ολίσθηση σφήνας θα εξαρτάται μονάχα από τη τριβή. Η γωνία εσωτερικής τριβής φ συνήθως λαμβάνεται με τιμή παρόμοια για τα δύο επίπεδα.

Ο τύπος ολίσθησης σφήνας είναι η αστοχία ενός πρανούς όπου η ολίσθηση θα γίνεται κατά μήκος της τομής δύο επιφανειών με αποκόλληση σφήνας.



Σχήμα 4: Οι τέσσερεις κύριοι τύποι αστοχίών σε ημιβραχώδη και βραχώδη πρανή κατά Hoek & Bray, 1974.



Σχήμα 5: Ολίσθηση κατά επίπεδο σε γεωλογικό σχηματισμό με καθορισμένη εσωτερική δομή.



Σχήμα 6: παρουσία ανοικτής ασυνέχειας ή ρωγμής στην άνω επιφάνεια.



Σχήμα 7: Ρωγμή που βρίσκεται του εντός του μετώπου.



Σχήμα 8: Γεωμετρικά στοιχεία για την δημιουργία σφήνας σε πρανές.

Ο συντελεστής ασφάλειας F θα ορίζεται, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ολίσθηση ελέγχεται από την τριβή, c=0 και η γωνία εσωτερικής τριβής φ είναι ίδια στα δύο επίπεδα, από τον τύπο:

$$F = \frac{(R_A + R_B) \cdot \tan \phi}{W \cdot \sin \psi_i}$$

 $R_{A} \cdot \sin(\beta - \frac{1}{2}\xi) = R_{B} \cdot \sin(\beta + \frac{1}{2}\xi)$

$$R_A \cdot \cos (\beta - \frac{1}{2}\xi) - R_B \cdot \cos (\beta + \frac{1}{2}\xi) = W \cdot \cos \psi_i$$

Επιλύοντας τις εξισώσεις ως προς R_A, R_B και κατόπιν αθροίζονας λαμβάνουμε:

$$R_{A} + R_{B} = \frac{W \cdot \cos \psi_{i} \cdot \sin \beta}{\sin 1/2\xi}$$

όπου R_A, R_B θα είναι οι ορθές αντιδράσεις του κάθε επιπέδου.

Ανατροπή σε βραχόμαζα που σχηματίζει στυλοειδή ή πτυχωμένη δομή, που διακόπτεται από συστήματα ασυνεχειών με μεγάλες κλίσεις.

Μια μορφή ανατροπής σε βραχώδες πρανές με μεγάλη κλίση είναι η κύλιση τεμάχων βράχου η οποία αποτελεί το αντικείμενο μελέτης κατά το Σύστημα Αξιολόγησης Κινδύνου Βραχόπτωσης, Rock Hazard Rating System (RHRS). Η βαθμονόμηση που γίνεται περιλαμβάνει την εξέταση του πρανούς σε δέκα κριτήρια μεταξύ αυτών και η οδική ασφάλεια του οχήματος, τα οποία δίνονται στον πίνακα 6 και στην συνέχεια.

- 1. Ύψος πρανούς, θα λαμβάνεται υπόψη το τεχνητό όσο και το φυσικό ύψος του πρανούς.
- 2. Αποτελεσματικότητα της τάφρου αναχαίτισης στην άκρη της οδού ή του πόδα.
- Μέση διακινδύνευση οχήματος, αφορά το ποσοστό του χρόνου που ένα όχημα μπορεί να βρίσκεται μέσα στο επικίνδυνο τμήμα της οδού όπου μπορεί να συμβούν καταπτώσεις.
- Απόσταση μήκους αντίδρασης οδηγού, υπολογίζεται μεταξύ της απόστασης αυτοκινήτου - εμπόδιου και του χρόνου αντίδρασης του οδηγού να αποφύγει την σύγκρουση.
- 5. Πλάτος οδού είναι ο διαθέσιμος χώρος που θα έχει το όχημα για να πραγματοποιήσει έναν ελιγμό για αποφυγή.
- 6. Γεωλογικές συνθήκες. Λαμβάνονται υπόψη δύο βασικές περιπτώσεις, η πρώτη αφορά πρανή με σπουδαιότερο παράγοντα τις ασυνέχειες και η δεύτερη, πρανή με σπουδαιότερο παράγοντα την αποσάθρωση και διάβρωση.
- 7. Διαστάσεις των τεμάχων που είναι πιθανόν να ολισθήσουν.
- 8. Η ποσότητα των δυνητικών τεμαχών σε κάθε ολίσθηση.
- 9. Κλίμα και παρουσία νερού στο πρανές.
- 10. Ιστορικό προηγούμενων ολισθήσεων.

Οι τιμές που προκύπτουν για κάθε κατηγορία αθροίζονται και δίνουν μία βαθμολογία ως προς την επικινδυνότητά του πρανούς. Όσο πιο υψηλή είναι η βαθμολογία, τόσο πιο αναγκαία είναι η λήψη μέτρων προστασίας. Παραδείγματα της βαθμονόμησης στα πλαίσια της παρούσης εργασίας δίνονται στις παραγράφους §5.2.1 και §5.2.3.

Πίνακας 6: Το Σύστημα Αξιολόγησης Κινδύνου Βραχόπτωσης, Rock Hazard Rating System RHRS (Pierson, L.A., Davis S.A., Van Vickle R.1990).

				ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΑΘΜΟ	ΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ	
			3 BAOMOI	9 BAOMOI	27 BAOMOI	81 BAOMOI
ΎΨΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ			7.60 m	15.20 m	22.90	30.50 m
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΑΦΡΟΥ			Καλή	Μέτρια	Περιορισμένη	Μηδενική
M	ίεΣΗ Δ Ο	ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΧΗΜΑΤΟΣ	25%	50%	75%	100%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ			Επαρκής ορατότητα 100%	Μέτρια ορατότητα, 80%	Περιορισμένη ορατότητα, 60%	Πολύ περιορισμένη ορατότητα, 40%
ΠΛΑΤΟΣ ΟΔΟΥ			13.40 m	11.00 m	8.50 m	6.10 m
HKEZ	ιπτωση	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	Μεμονωμένες ασυνέχειες, ευνοϊκός προσανατολισμός	Μεμονωμένες ασυνέχειες, τυχαίος προσανατολισμός	Μεμονωμένες ασυνέχειες, δυσμενής προσανατολισμός	Συστήματα ασυνεχειών, δυσμενής προσανατολισμός
ΙΚΕΣ ΣΥΝΘ	ΠEP	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	Τραχείες, ακανόνιστες	Κυματοειδείς	Επίπεδες	Με άργιλο ή αποσαθρωμένες
reanor	ΓΩΣΗ 2	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	Μικρή αποσάθρωση	Περιστασιακή αποσάθρωση	Πολλή αποσάθρωση	Σημαντική αποσάθρωση
	ПЕРІП	ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	Μικρή διαφορά	Μέτρια διαφορά	Μεγάλη διαφορά	Ακραία διαφορά
1	ΔΙΑΣΤΑ	ΑΣΗ ΤΕΜΑΧΩΝ	0.30 m	0.60 m	0.90 m	1.20 m
0	ΓΚΟΣ	ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΗΣ	2.30 m³	4.60 m ³	6.90 m³	9.20 m³
ΚΛΙΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΝΕΡΟΥ		. ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΥΣΙΑ ΝΕΡΟΥ	Μικρή έως μέτρια βροχόπτωση, απουσία παγετού, απουσία νερού στο πρανές	Μέτρια βροχόπτωση ή μικρές περίοδοι παγετού ή διακοπτόμενη παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση ή μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση και μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές και μακρές περίοδοι παγετού
ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ			Λίγες πτώσεις	Περιστασιακές πτώσεις	Πολλές πτώσεις	Συνεχείς πτώσεις

Η περιστροφική - κυκλική ολίσθηση σε διαταραγμένα εδάφη ή ισχυρά κερματισμένο βράχο χωρίς εμφανή συστήματα ασυνεχειών είναι παρόμοια με τη μορφή περιστροφικής ολίσθησης που εκδηλώνεται σε συνεκτικά και αμμώδη εδάφη, σχήμα 9.

Η ευστάθεια των πρανών για περιστροφική - κυκλική μορφή ολίσθησης μελετάται συνήθως με τη χρήση μεθόδων οριακής ισορροπίας, limit equilibrium method. Αποτέλεσμα της εφαρμογής των μεθόδων είναι ο προσδιορισμός της τιμής του συντελεστή ασφάλειας Fs, για τη δυσμενέστερη επιφάνεια ολίσθησης.



Σχήμα 9: Η περιστροφική ή κυκλική ολίσθηση, διαχωρισμός του πρανούς σε λωρίδες.

Η τιμή του συντελεστή ασφαλείας αποτελεί μαθηματική έκφραση της συνολικής ασφάλειας, που έχει το πρανές.

Ο συντελεστής Ασφαλείας Fs δίνεται από την σχέση:

Fs = <u>Δυνάμεις & ροπές αντίστασης σε ολίσθηση</u> Δυνάμεις & ροπές σύμφωνες σε ολίσθηση

Για να μην εκδηλώνονται κατολισθήσεις, θα πρέπει οι δυνάμεις συγκράτησης, οι οποίες οφείλονται στη διατμητική αντοχή του εκάστοτε εδαφικού σχηματισμού, να είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις ολίσθησης. Στις περιπτώσεις όπου Fs=1 τότε το πρανές βρίσκεται σε οριακή ισορροπία.

Εκτός από τις μεθόδους οριακής ισορροπίας, έχει γίνει χρήση και από άλλες μέθοδους που βασίζονται στην ελαστοπλαστικά θεωρήματα, με τις οποίες υπολογίζονται σε κρίσιμα σημεία οι μέγιστες διατμητικές τάσεις, για σύγκριση με τη διατμητική αντοχή. Οι μέθοδοι οριακής ισορροπίας βασίζονται στην πλαστική ισορροπία δοκιμαστικών επιφανειών ολίσθησης άρχισαν από τη Σουηδία στις αρχές του 1900. Με την πάροδο του χρόνου αναπτύχθηκε η μέθοδος τον κύκλου τριβής, friction circle method, όπου συμπεράσματα από δοκιμές άμεσης διάτμησης χωρίς στράγγιση χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της ευστάθειας πρανών. Την ίδια περίπου περίοδο αναπτύχθηκε η μέθοδος των λωρίδων, method of slices, από τον Fellenius 1927, 1936. Η εξήγηση της πίεσης των πόρων του νερού και η μέθοδος ανάλυσης που περιλαμβάνουν τις πλευρικές δυνάμεις μεταξύ των λωρίδων προτάθηκαν από τους Fellenius 1936, Bishop 1955. Πιο ακριβείς αλλά αντίστοιχα πολύπλοκες αναλυτικές μέθοδοι που συνήθως εμπλέκουν τη χρήση Η/Υ προτάθηκαν από τους Morgenstern & Price 1965, Nonveiller 1965, Spencer 1967, Bailey & Christian 1969 και Janbu 1973.

Το σώμα ολίσθησης χωρίζεται σε κατακόρυφες λωρίδες, όπως φαίνεται στο σχήμα 9. Οι δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε λωρίδα δίνονται επίσης στο σχήμα 9.

W_i θα είναι το βάρος της λωρίδας.

X_i και E_i θα είναι η συνισταμένη δύναμη των διατμητικών και ορθών ενεργών τάσεων αντίστοιχα κατά μήκος της πλευράς της κάθε λωρίδας.

T_i (W_i*sinθ_i) και N_i (W_i*cosθ_i) θα είναι η συνισταμένη δύναμη των διατμητικών και ορθών ενεργών τάσεων κατά το μήκος του τόξου του κύκλου ολίσθησης.

U_i και Ur η πίεση του νερού των πόρων στις πλευρές της κάθε λωρίδας.

U (ui*Δ1i) η πίεση πόρων στο τόξο του κύκλου ολίσθησης.

Γίνεται αντιλιπτό ότι οι άγνωστοι είναι περισσότεροι από τις υπάρχουσες μαθηματικές σχέσεις, εάν η δυνητική μάζα χωρίζεται σε η λωρίδες, οι υπάρχουσες σχέσεις είναι 4*n ενώ οι άγνωστοι 6n-2. Για κάθε λωρίδα i μπορούν να διατυπωθούν 4 μαθηματικές σχέσεις, οι 3 εξισώσεις ισορροπίας και μια σχέση μεταξύ των δυνάμεων Ni, Ti και των φi, ci η οποία προκύπτει με εφαρμογή της σχέσης του Coulomb στη βάση της λωρίδας. Συμπερασματικά στο σύστημα των η λωρίδων λαμβάνονται 4*n μαθηματικές σχέσεις. Το διαμορφωμένο μοντέλο έχει λύση μονάχα για n=1, ενώ για κάθε άλλη μεγαλύτερη τιμή θα είναι αόριστο και δεν έχει ορισμένη λύση.

Για την επίλυση του προβλήματος γίνονται ορισμένες παραδοχές. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη ευστάθειας σε διαδιχικά στάδια, ενώ μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν η επιφάνεια ολίσθησης δεν είναι κυκλική.

Η Σουηδική μέθοδος των λωρίδων, Fellenius (Chowdury R. 1978).

Είναι η πρώτη μέθοδος με την οποία γίνεται υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας Fs. Στη μέθοδο αυτή αγνοούνται όλες οι δυνάμεις που δρούν μεταξύ των λωρίδων και το βάρος της λωρίδας διαχωρίζεται σε συνιστώσες παράλληλες και κάθετες στη βάση της λωρίδας. Η δύναμη που είναι κάθετη στη βάση θα είναι η N που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διατμητικής αντοχής. Η συνιστώσα που είναι παράλληλη με τη βάση της λωρίδας είναι η δύναμη που κινητοποιεί το πρανές. Λαμβάνονται ροπές ως προς ένα σταθερό σημείο και υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας, ως πηλίκο της διατμητικής αντοχής προς τη διατμητική τάση.

Η πιό απλή μορφή της εξίσωσης αγνοώντας επίσης τις πιέσεις των πόρων θα είναι:

$$F.S. = \frac{\sum [c'\beta + Ntan\varphi']}{\sum W \sin \alpha} = \frac{\sum S_{resis \ tan \ ce}}{\sum S_{mobilised}}$$

Η μέθοδος δεν συνηθίζεται στην πράξη εξαιτίας των πολλών απλοποιήσεων που περιλαμβάνει και που οδηγούν σε λάθη υπολογισμού.

Η απλοποιημένη μέθοδος του Bishop (Chowdury R. 1978).

Περιλαμβάνει τις ορθές δυνάμεις μεταξύ των λωρίδων όμως αγνοεί τις διατμητικές δυνάμεις μεταξύ τους. Ο Bishop ανέπτυξε μιά εξίσωση για την κάθετη δύναμη N στη βάση της λωρίδας αθροίζοντας τις δυνάμεις κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Η πιό απλή μορφή της εξίσωσης είναι:

$$F.S. = \frac{\sum \left\{ \left(c'\beta + W \tan \phi' \right) \left[\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{m_{\alpha}} \right] \right\}}{\sum W \sin \alpha} \qquad \qquad m_{\alpha} = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F.S.}$$

Απαιτείται μιά επαναληπτιή διαδικασία για τον υπολογσιμό του Fs του πρανούς.

Αυτή γίνεται ως ακολούθως. Χρησιμοποιείται αρχικά μιά τιμή του Fs για τον υπολογισμό του m_α. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται στην εξίσωση για τον υπολογσιμό μιάς τιμής του Fs. Με την νέα τιμή του Fs υπολογίζεται ξανά το m_α και η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι δύο διαδοχικές τιμές του Fs να έχουν κοντινές τιμές.

Η απλοποιημένη μέθοδος του Janbu (Chowdury R. 1978).

Η μέθοδος είναι παρόμοια με του Bishop με τη διαφορά ότι ικανοποιεί ισορροπία δυνάμεων κατά την οριζόντια διεύθυνση αντί για ισορροπία ροπών. Η μέθοδος Janbu δίνει ελαφρώς μειωμένες τιμές του Fs. Αυτό συμβαίνει διότι η ισορροπία δυνάμεων έχει σχέση με την παρουσία των διατμητικών δυνάμεων μεταξύ των λωρίδων και αγνοώντας τις δυνάμεις αυτές θα προκύπτει μικρότερος συντελεστής Fs ανάλογα και με την κλίση του πρανούς και την θέση του τόξου ολίσθησης.

4.3 Παράμετροι Γεωτεχνικής Μηχανικής

4.3.1 <u>Φαινόμενο Βάρος</u>

Το φαινόμενο βάρος ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του εδάφους

γ = W/V (gr/cm³), Οπου W το συνολικό βάρος του δείγματος όπου συμπεριλαμβάνονται και οι πόροι με το περιεχόμενο αέρα και νερό, V ο συνολικός όγκος του εδαφικού δείγματος. Το ξηρό φαινόμενο βάρος είναι το βάρος του ξηρού υλικού προς τον συνολικό όγκο του δείγματος.

4.3.2 Αντοχή σε Ανεμπόδιστη Θλίψη

Με τον όρο αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη εννοούμε τη θραύση μετά από πίεση ενός δείγματος κατά μία μόνο κατεύθυνση την κατακόρυφη, ενώ πλευρικά μπορεί να επεκτείνεται χωρίς κανένα εξωγενή προσδιορισμό.

4.3.3 Μέτρο Παραμορφωσιμότητας

Αναφέρεται στη δυνατότητα παραμόρφωσης των στερεών υλικών υπό συγκεκριμένη φόρτιση. Στα ισότροπα μέσα, ορίζεται συνήθως

 $E = \sigma/(\Delta I/I)$

σ: αξονική συμπιεστική τάση

ΔΙ/Ι: ανοιγμένη αξονική παραμόρφωση

Το μέτρο παραμόρφωσης, η κλίση της εφαπτόμενης σε διάφορα σημεία της καμπύλης, μειώνεται με την αύξηση της τάσης, σχήμα 10.



Σχήμα 10: Γραφική αναπαράσταση του μέτρου παραμορφωσιμότητας.

4.3.4 Διατμητική Αντοχή, Γωνία Εσωτερικής Τριβής και Συνοχή

Η διατμητική αντοχή - αντίσταση ενός εδαφικού στοιχείου σε οποιαδήποτε διεύθυνση είναι η μέγιστη διατμητική τάση η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στο στοιχείο κατ'αυτήν τη διεύθυνση. Η διατμητική αντίσταση κινητοποιείται σταδιακά με την ανάπτυξη παραμόρφωσης. Η τιμή της αστοχίας μπορεί να οριστεί σε διάφορα σημεία ανάπτυξης της διατμητικής αντίστασης, σχήμα 11. Η διατμητική αντοχή εκφράζεται συνήθως σε όρους ενεργών τάσεων αφόσον η αντοχή του νερού και τον πόρων είναι μηδενική.

Η συνοχή c εκφράζει τον βαθμό συγκόλλησης μεταξύ των κόκκων του υλικού, οφείλεται σε ηλεκτροχημικό κεθεστώς των λεπτόκοκκων σωματιδίων.

Η γωνία διατμητικής αντοχής Φ' αυξάνεται με το μέγεθος των κόκκων, με την αύξηση του γωνιώδους των κόκκων, με την παρουσία ισχυρών ορυκτών, την πυκνότητα της δομής, την πλευρική τάση, την τασική όδευση και τον ρυθμό επιβολής των τάσεων.

Η ερμηνεία των φαινομένων αυτών θα πρέπει να αποδοθεί στον βαθμό ελευθερίας που έχουν οι εδαφικοί κόκκοι να μετατοπιστούν σε σχέδη με τους γειτονικούς τους.

Στα περισσότερα σκληρά πετρώματα και σε πολλά αμμώδη εδάφη και χάλικες, οι ιδιότητες c και φ των υλικών δεν μεταβάλλονται σημαντικά από την παρουσία του νερού και επομένως η μείωση της διατμητικής αντοχής σ' αυτά τα υλικά οφείλεται στη μείωση της ορθής τάσης. Συνεπώς, η πίεση του νερού και όχι η περιεχόμενη υγρασία είναι σημαντική για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών αντοχής τέτοιων υλικών.



Σχήμα 11: αναπαράσταση της διατμητικής αντοχής, γωνίας εσωτ.τριβής και συνοχής.

Πίνακας 7: Τυπολόγιο της διατμητικής αντοχής χωρίς και με την παρουσία νερού.



Η σχέση μεταξύ διατμητικής αντοχής και ορθής τάσης με την παρουσία νερού u, γίνεται: τ = c + (σ-u) tanφ

Αναφορικά με την ευστάθεια των πρανών τέτοιων υλικών, η παρουσία μικρής ποσότητας νερού υπό ισχυρή πίεση, παγιδευμένης στη βραχομάζα, είναι πιο σημαντική, παρά η παρουσία μεγάλης ποσότητας νερού που μπορεί να αποστραγγίζεται ελεύθερα. Στην περίπτωση μαλακών πετρωμάτων όπως ιλυόλιθων, αργιλικών σχιστολίθων και αργίλων, η συνοχή και η γωνία εσωτερικής τριβής μπορούν να μεταβληθούν σημαντικά με τη μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας.

4.3.5 Κριτήριο Αστοχίας Hoek-Brown, Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής, GSI

Οι Hoek-Brown 1981, διατύπωσαν ένα εμπειρικό κριτήριο αστοχίας με παράμετρους την αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_c και δύο αδιάστατες παραμέτρους m, και s που εξαρτώνται από χαρακτηριστικά του πετρώματος. Η γενική διατύπωση του κριτηρίου είναι,

 $\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c^* ((m^* \sigma'_3 / \sigma'_c) + S)^{\alpha}$

m=m₁για άρρηκτο πέτρωμα.

m=m₅για κερματισμένο πέτρωμα.

S, α = σταθερές που εξαρτώνται απο τα χαρακτηρισικά της βραζομάζας.

σ_c = η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη του υγιούς πετρώματος, πίνακας 10.

σ'₃ + σ'₁ είναι η αξονική και η πλευρική ενεργή τάση αντίστοιχα.

Διαπίστωσαν ότι το κριτήριο πέρα από τα υγιή πετρώματα έχει αξία και για πολύ κατακερματισμένες βραχομάζες.

Πρότειναν τη χρήση ενός νέου δείκτη με εύρος τιμών μεταξύ 10 - 100 που τον ονόμασαν GSI.

Για GSI>25

mb = mi*exp(GSI-100/28) S=EXP(GSI-100/9) α =0.5

Για GSI<25

S=0 α=0.65-(GSI/200)

Με τον πίνακα 8 στην ύπαιθρο προσδιορίζεται το GSI. Γίνονται ακριβείς παρατηρήσεις των λιθολογικών συνθηκών, της δομής της βραχομάζας και της κατάστασης των ασυνεχιών που τη διασχίζουν. Επίσης χρησιμοποιείται ο όρος της αποσάθρωσης, Μια συνοπτική περιγραφή της αποσάθρωσης δίνεται στον πίνακα 9 ενώ στον πίνακα 10 δίνεται η παράμετρος m₁. Πρόσθετα στοιχεία για την χρησιμοποίηση του κριτηρίου στην παρούσα εργασία δίνονται στην παράγραφο §5.2.6.

RQD

Ο δείκτης RQD, rock quality designation εκφράζει την επι της εκατό (%) αναλογία του συνολικού μήκους που έχουν τα τμήματα - τεμάχια απολήψιμου πυρήνα γεώτρησης με μέγεθος 10 cm και μεγαλύτερα, σε σχέση, εν συγκρίσει με το ολικό μήκος του απολήψιμου πυρήνα λ και συνήθως αναφέρεται ως ορισμένη ποιότητα του πετρώματος.

Πίνακας 8: Εκτίμηση του δείκτη GSI της βραχόμαζας (Hoek & Brown, 1997).

		·		i	
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣΔΕΙΚΤΗΣΑΝΤΟΧΗΣΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΟΥΣ ΒΡΑΧΟΥΣ (Hoek and Marinos, 2000) Βασιζόμενοι στην εμφάνιση της βραχόμαζας (περιγραφή δομής και κατάσταση επιφάνειας ασυνεχειών) εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI, χωρίς υποχρεωτικά μεγάλη ακρίβεια. Το να επιλέξετε ενα εύρος τιμών από 33 ως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δήλώσετε ότι GSI=35. Σημειώνεται ότιο Πίνακας δεν εφαρμόζεται σε κινηματικά ελεγχόμενες αστάθειες. Στην περίπτωση που οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες έχουν μη ευνοϊκό προσανατολίσμο σε σχέση με το πρανές εκσκαφής, τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχόμαζας. Η διατμητική αντοχή επιφανειών σε βράχους που υπόκεινται σε εξασθένιση λόγω διακύμανσης της περιεκτικότητας σε υγρασία, είναι περαιτέρω μειωμένη όταν υπάρχει νερό. Ο ταν, οι βραχόμαζες ανήκουν στις μέτριες έως πτω χές και ηγορίες και υπάρχει νερό τότε μετακινούμαστε προς τα δέξια. Η υδροστατική πιέση λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων. ΔΟ Μ Η	🗮 ΠΟΛΥΚΑΛΗ 云 Πολύ τραχείες, μη αποσαθρωμένες επιφάνειες	 ΚΑΛΗ Τραχείες, ελαφρά αποσαθρωμένες και ο δειδωμένες επιφάνειες 	Η ΜΕΤΡΙΑ Υ Λείες, μετρίως αποσαθρωμένες και Κείαλλοιωμένες επιφάνειες	 ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης, πολύ αποσαθρωμένες με συμπαγή επιφλοιώ ματα ή υλικό πλήρω σης με γωνιώ δη 	ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ Επιφάνειες ολίσθησης πολύ αποσαθρωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης
ΙΝ ΤΑ C Τ Ο R ΜΑ S S IV Ε - Άρρηκτα βραχώδη τεμάχη ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση	90			N /A	N/A
Β L O C K Y - Αδιατάρακτη βραχόμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχη οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών		70			
VERY BLOCKY-Μερικώς διαταρα- γμένη βραχόμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχη (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών		5			
Β L O C K Y / D IS T U R B E D / S E A M Y Πτυχωμένημε γωνιώδη τεμάχη που σχηματίζονται απο πολλές αλληλο- τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ήσχιστότητας				0	
DISINTEGRATED - Ισχυρά κερματι- σμένη βραχόμαζα με πτω χό αλληλο- κλείδω μα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιωδών και αποστρογ- γυλω μένων τεμαχών				20	
LAMINATED/SHEARED - Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχόμαζα. Η σχιστότητα επικρατεί έναντι οποιασδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιωδών τεμαχών	N /A	N /A			10

Πίνακας 9: Η κλιμάκωση της αποσάθρωσης.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ
	ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΑΠΟΣ/ΣΗΣ W

Η αποσάθρωση του πετρώματος δεν είναι μακροσκοπικά ορατή.	ΥΓΙΕΣ	IA
Αλλαγή χρώματος στις κυριότερες επιφάνειες ασυνέχειων του πετρώματος.	ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ	IB
Ολο το πέτρωμα μπορεί να έχει αλλάξει χρώμα από την αποσάθρωση και είναι ασθενέστερο σε αντοχή από την υγιή κατάσταση.	ΕΛΑΦΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ	II
Λιγότερο από το μισό πέτρωμα εξαλλοιώνεται σε έδαφος. Το υγιές ή με αλλαγμένο χρώμα πέτρωμα παρουσιάζεται σαν συνεχές πλέγμα ή με τη μορφή απομονωμένων πυρήνων και τεμαχίων.	ΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ	III
Περισσότερο από το μισό πέτρωμα εξαλλοιώνεται ή μεταβάλεται σε έδαφος.	ΙΣΧΥΡΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ	IV
Ολόκληρο το πέτρωμα εξαλλοιώνεται ή μεταβάλεται σε έδαφος. Η αυθεντική δομή του πετρώματος παραμένει ωστόσο ορατή και κατά μεγάλο μέρος αναλλοίωτη.	ΤΕΛΕΙΩΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ	V
Ολόκληρο το βραχώδες υλικό μεταβάλεται σε έδαφος. Η δομή και ο ιστός του πετρώματος έχουν καταστραφεί και δεν διακρίνονται. Εδαφος με μή συνδεδεμένα υλικά.	ΠΑΡΑΜΕΝΟΝ ΕΔΑΦΟΣ	VI

Πίνακας 10: Κατηγορίες των	[,] πετρωμάτων με βάση	την αντοχή, ISRM 1981.
----------------------------	---------------------------------	------------------------

Περιγραφή	σ с (МРа)	Επιτόπου εκτίμηση αντοχής	Παραδείγματα
Εξαιρετικά ισχυρό	R6 >250	Δεν θραύεται με γεωλογικό σφυρί.	Υγής βασάλτης, χαλαζίτης, διάβασης, γνεύσιος, γρανίτης, πυριτιόλιθος
Πολύ ισχυρό	R5 100-250	Θραύεται μετά από πολλούς κτύπους με γεωλογικό σφυρί.	Αμφιβολίτης, ψαμμίτης, βασάλτης, γάββρος, γνεύσιος, γρανοδιορίτης, περιδοτίτης, ρυόλιθος, τόφος
Ισχυρό	R4 50-100	Θραύεται με περισσότερο από ένα κτύπους με γεωλογικό σφυρί.	Ασβεστόλιθος, μάρμαρο, ψαμμίτης, σχιστόλιθος
Μετρίως ισχυρό	R3 25-50	Δεν χαράσσεται με μαχαίρι. Θραύεται με ένα μόνο κτύπο με γεωλογικό σφυρί.	Σκυρόδεμα, φυλλίτης, σχιστόλιθος, ιλυόλιθος
Ασθενές	R2 5-25	Χαράσσεται δύσκολα με μαχαίρι.	Κιμωλία, αργιλόλιθος, ποτάσα, μάργα, αργιλικός σχιστόλιθος, ορυκτό αλάτι
Πολύ ασθενές	R1 1-5	Θρυμματίζεται με ισχυρά χτυπήματα με γεωλογικό σφυρί. Χαράσσεται με μαχαίρι.	Έντονα αποσαθρωμένος ή εξαλλοιωμένος βράχος
Εξαιρετικά ασθενές	R0 0.25-1	Χαράσσεται με το νύχι.	Στιφρό υλικό πλήρωσης ρήγματος

4.3.6 Ασυνέχειες, Συντελεστής Τραχύτητας JRC

Η γεωμηχανική συμπεριφορά της βραχομάζας καθορίζεται κυρίως από το καθεστώς των διαρρήξεων που την χαρακτηρίζουν. Οι κυριότερες κατηγορίες των ασυνεχειών είναι οι ακόλουθες.

Η στρώση, χαρακτηριστικό πλάνο μεταβολής των ιδιοτήτων του υλικού, η σχιστότητα, οι διαρρήξεις - διακλάσεις, ο σχισμός, η φύλλωση, τα ρήγματα.

Οι ασυνέχειες συνήθως ομαδοποιούνται σε συστήματα των οποίων ανήκουν στην ίδια κατηγορία, έχουν περίπου τις ίδιες παραμέτρους σε ότι αφορά τον προσανατολισμό, το μήκος - συνέχεια, την απόσταση, το άνοιγμα, το υλικό πλήρωσης, την τραχύτητα των τοιχωμάτων, τις συνθήκες του νερού.

Απο τις προαναφερομένες παραμέτρους η τραχύτητα έχει σημαντικό ρόλο στην αντοχή σε διάτμηση της βραχόμαζας. Για να γίνει κατανοητή η σημασία της τραχύτητας της ασυνέχειας στην αντοχή της βραχομάζας θεωρούμε την περίπτωση της λείας ασυνέχειας. Τότε και σύμφωνα με τον νόμο Mohr-Coulomb η διατμητική τάση Τ θα είναι ίση με,

T = σ_n*εφ φb, σχήμα 12.

σ_n = η κατακόρυφη τάση.

φb = η γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού.

Αν υπάρχει τραχύτητα στην ασυνέχεια αλλά όχι συγκόλληση των τοιχωμάτων τότε η διατμητική τάση Τ θα είναι ίση με

T = σn*εφ (φb+i), σχήμα 12.

i = γωνία της τραχύτητας.

Θα επιτυγχάνεται με μιά αρχική διατολή και ακολούθως με τη θραύση των προεξοχών λόγω τραχύτητας. Σε ευτή την περίπτωση η διαστολή επιτυγχάνεται μόνο όταν η διατμητική τάση είναι τόση ώστε να μπορεί να εξουδετερωθεί η κατακόρυφη τάση που αντιστέκεται στη διαστολή. Στην περίπτωση επουλωμένης ασυνέχειας, εισάγεται η παράμετρος της συνοχής c και ο τύπος διατμητικής τάσης θα είναι,

T = c+ σ_n *εφ φb, σχήμα 12.

Από το σχήμα 12 φαίνεται ότι σε αυτή την περίπτωση εμπλέκονται οι καμπύλες Α και Β. Συνεπώς η συμπεριφορά μιάς όχι επουλωμένης ασυνέχειας που χαρακτηρίζεται από τραχύτητα μετά τη διαστολή συμπεριφέρεται σαν να είχε συνοχή. Στην περίπτωση αυτή η συνοχή αναφέρεται στην τραχύτητα. Με άλλα λόγια η ασυνέχειες έχουν μιά συνοχή που οφείλεται στην τραχύτητα της επιφάνειάς τους. Η διάκριση των ασυνεχειών από πλεράς τραχύτητας είναι ποιοτική μέ όρους πολύ τραχεία, τραχεία, ελαφρώς, ομαλή, λεία, ολισθηρή. Σύμφωνα με τους Barton - Bandis 1990, η σχέση διατμητικής και κατακόρυφης τάσης δίνεται από τον τύπο,

T = σn εφ (φb + JRC log₁₀ (jcs/ σn))

Οπου

JRC = Συντελεστής τραχύτητας, joint Roughness Coefficient υπολογίζεται από τυπικά προφίλ τραχύτητας και JCS = Αντοχή των τοιχωμάτων της ασυνέχειας, Joint wall Compression Strength.

Πίνακας 11: Τιμές της σταθεράς m_i για τον άθικτο βράχο. (Marinos & Hoek, 2000).

Rock	Class	Group		Textu	ire	
type	1 States	New York States	Coarse	Medium	Fine	Very fine
TARY	Clastic	Sug all	Conglomerates Breccias	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2 Greywackes (18 ± 3)	Claystones 4 ± 2 Shales (6 ± 2) Marls (7 ± 2)
SEDIMEN		Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
S	Non- Clastic	Evaporites		Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
		Organic				Chalk 7 ± 2
ORPHIC	Non Foliated		Marble 9 ± 3	Hornfels (19 \pm 4) Metasandstone (19 \pm 3)	Quartzites 20 ± 3	
ETAM	Slightly foliated		Migmatite (29 ± 3)	Amphibolites 26 ± 6	Gneiss 28 ± 5	
M	Foliated**			Schists 12 ± 3	Phyllites (7 ± 3)	Slates 7 ± 4
		Light	Granite 32 ± 3 Gra	Diorite 25 ± 5 nodiorite 29 ± 3)		
Sí	Plutonic	Dark	Gabbro 27 ± 3 Norite 20 ± 5	Dolerite (16 ± 5)		
GNEOI	Нур	babyssal	Porph (20	nyries ± 5)	Diabase (15 ± 5)	Peridotite (25 ± 5)
=	Volcanic	Lava		Rhyolite (25 ± 5) Andesite 25 ± 5	Dacite (25 ± 3) Basalt (25 ± 5)	
		Pyroclastic	Agglomerate (19 ± 3)	Breccia (19 ± 5)	Tuff (13 ± 5)	



Σχήμα 12: Η επιρροή της τραχύτητας στην διατμητική τάση του πετρώματος.

5 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ</u> <u>ΠΡΑΝΩΝ, ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</u>

5.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γεωτεχνικές παράμετροι και οι συνθήκες ευστάθειας των πρανών στις θέσεις όπου σημειώθηκαν αστοχίες στο οδικό δίκτυο κατά την περίοδο των σεισμών του 2014. Στην παράγραφο 2.4., εικόνα 2, έχει δοθεί το οδικό δίκτυο και οι περιοχές των αστοχιών. Δίνονται τα βασικότερα σημεία της γεωτεχνικής αξιολόγησης από το τεύχος της τεχνικής έκθεσης που συντάχθηκε για κάθε μία περιοχή. Στην συνέχεια του κεφαλαίου γίνεται διαχωρισμός των αστοχιών ανά περιοχή με γεωτεχνικά κριτήρια και δίνεται συγκριτικός πίνακας.

5.2 Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών

5.2.1 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 01,</u> <u>Αγ.Βαρβάρα-Πετριά</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 1(ΕΠ50)/Κ2.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο ΝΝΑ άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού Ε.Ο.50, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με την Σάμη στην χ.θ. 3+100 έως χ.θ. 3+200. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από πεδινή, δασική περιοχή. Το ύψος του πρανούς στην θέση της αστοχίας κυμαίνεται μεταξύ των 7-11 m με κλίση μεταξύ των 75°-80° περίπου.

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν αποκολλήσεις και καταπτώσεις τεμάχων βράχων, ανατροπές, σφηνοειδείς ολισθήσεις και μικρές εδαφικές θραύσεις στο φρύδι του ορύγματος σε όλο το μήκος της υπό μελέτην περοχής.

Η περιοχή δομείται από ανθρακικά ιζήματα και ασβεστολιθικά υλικά τα οποία αποτελούν και το σώμα της κατάπτωσης τεμάχων και σφηνών. Στα ανώτερα σημεία των πρανών εντοπίστηκαν μάζες πλευρικών κορημάτων που κατά θέσεις συμμετείχαν στις καταπτώσεις. Συναντώνται οι ακόλουθες στρώσεις.

Στρώση Ι: Κορήματα κύρίως στο φρύδι του πρανούς, αποτελούμενα από ερυθρούς αργιλώδεις χάλικες πάχους 0.20-0.50 m.

Στρώση ΙΙ: Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, κερματισμένοι, με τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες είναι ανοικτές ή μερικώς πληρωμένες με αργιλικό υλικό, τραχείες έως λείες κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο έως μέτρια αποσαθρωμένοι W2-W3 είναι πτωχής ποιότητας βραχομάζα και μέσης αντοχής R3.

Στην είκόνα 9 παρουσιάζεται άποψη του εν λόγω πρανούς.

				ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΑΘΝ	ΙΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΜΕ	Σ
			3 BAOMOI	9 BAOMOI	27 BAOMOI	81 BAOMOI
ΥΨΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ		ΠΡΑΝΟΥΣ	7.60 m	15.20 m	22.90 m	30.50 m
АПО	TEAE TA	ΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΡΟΥ	Καλή	Μέτρια	Περιορισμένη	Μηδενική
ΜΕΣ	ΑΙΔΗ ΟΧΙ	ΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΙΜΑΤΟΣ	25%	50%	75%	100%
	ΟΣΤΟ ΓΙΔΡΑ	Ο ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ	Επαρκής ορατότητα, 100%	Μέτρια ορατότητα, 80% (18	Περιορισμένη ορατότητα, 60% βαθμοί)	Πολύ περιορισμένη ορατότητα, 40%
	ΠΛΑΤ	ΌΣ ΟΔΟΥ	13.40 m	11.00 m	8.50 m	6.10 m
HKEE	ΠΤΩΣΗ 1	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	Μεμονωμένες ασυνέχειες, ευνοϊκός προσανατολισμός	Μεμονωμένες ασυνέχειες, τυχαίος προσανατολισμός	Μεμονωμένες ασυνέχειες, δυσμενής προσανατολισμός	Συστήματα ασυνεχειών, δυσμενής προσανατολισμός
E EYNG	ПЕРІ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	Τραχείες, ακανόνιστες	Κυματοειδείς	Επίπεδες	Με άργιλο ή αποσαθρωμένες
QAOFIKE	ΩΣH 2	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	Μικρή αποσάθρωση	Περιστασιακή αποσάθρωση	Πολλή αποσάθρωση	Σημαντική αποσάθρωση
LE	UEPINT	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	Μικρή διαφορά	Μικρή διαφορά Μέτρια διαφορά Μεγάλη διαφορά		Ακραία διαφορά
414	ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΕΜΑΧΩΝ		0.30 m	0.60 m	0.90 m	1.20 m
оги	ίος Β	ΡΑΧΟΠΤΩΣΗΣ	2.30 m ³	4.60 m ³	6.90 m ³ (54 βαθμοί)	9.20 m ³
КЛІ П	ΙΜΑ Π ΑΡΟΊ	ΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ ΝΕΡΟΥ	Μικρή έως μέτρια βροχόπτωση, απουσία παγετού, απουσία νερού στο πρανές	Μέτρια βροχόπτωση ή μικρές περίοδοι παγετού ή διακοπτόμενη παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση ή μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση ή μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές και μακρές περίοδοι παγετού
E	ΙΣΊ ΒΡΑΧΟ	ΓΟΡΙΚΟ ΟΠΤΩΣΕΩΝ	Λίγες πτώσεις	Περιστασιακές πτώσεις	Πολλές πτώσεις	Συνεχείς πτώσεις
Ύų	ιος Γ	Ιρανούς:			3 βαθμοί	
Aπ	οτελε	σματικότητα	τάφρου:		81 βαθμοί	
Μέση διακινδύνευση			οχήματος:		9 βαθμοί	
По	σοστ	ό απόστασης	αντίδρασης οδηγ	αντίδρασης οδηγού:		
Πλάτος οδού:					27 βαθμοί	
Δομική κατάσταση:					27 βαθμοί	
Κατάσταση επιφανειώ			ύν:		81 βαθμοί	
Δıó	ίστας	ση τεμαχών ή	Όγκος βραχόπτω	οσης:	54 βαθμοί	
Κλί	ίμα π	εριοχής και π	αρουσία νερού:		27 βαθμοί	
Ιστ	ορικά	ό βραχοπτώσε	εων:		+ 27 βαθμοί	
Συ	νολιι	ιό άθροισμα:	:		354 βαθμοί	

Πίνακας 12: Βαθμονόμηση κατά το σύστημα RHRS της περιοχής Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.



Εικόνα 9: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.

Με βάση την κατάταξη επικινδυνότητας κατά RHRS η εν λόγω θέση βαθμολογείται με 354 βαθμούς και είναι θέση μεσαίου κινδύνου, πίνακας 12.

Η ταξινόμηση της βραχόμαζας κατά GSI προέκυψε 40-60.

Προτείνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού που ακολουθούν.

Για την στρώση Ι, Αργιλώδεις χάλικες

C'=5-10kPa, Φ' = 33°, γ = 21kN/m³, E_{oed} = 15000kPa.

Λόγω του περιορισμένου πάχους της, η στρώση Ι δεν λαμβάνεται υπόψη στους γεωτεχνικούς υπολογισμούς.

Για την στρώση ΙΙ, Ασβεστόλιθος

RQD = 30%, E_m = 3000-6000kPa, σ_{ci} = 30-50MPa

Για την βραχόμαζα

C'=150kPa, Φ ' = 35°, γ = 26.5kN/m³,

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Σύμφωνα με αυτό για σφήνες 1.5m*1.4m προκύπτουν ικανοποιητικοί συντελεστές ασφαλείας:

Χωρίς σεισμό: Fs=4.45>1.30

Με σεισμό κατά ΝΕΑΚ (0.36g): Fs=2.80>1.00

Με μεγάλο σεισμό (0.50g): Fs=2.45>1.00

Εγιναν έλεγχοι ανατροπής τεμάχων για τη δυσμενέστερη διατομή και με μέγιστο ύψος πρανούς H=11 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g. Στους υπολογισμούς αυτούς ελέγχθηκε η ευστάθεια για μπλόκ βραζομάζας 1.5 m * 1.5 m και για μπλόκ βραχομάζας 1 m * 3 m, πίνακας 13.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	3.69 > 1.30	Όχι
2	Markey 1 Far y 1 Far	Με Σεισμό ΝΕΑΚ, για c'=15kPa	Janbu	ναι	2.07 > 1.00	ΰχι
3		Με Σεισμό ΝΕΑΚ, για c'=10kPa	Janbu	ναι	1.61 > 1.00	Όχι
4		Με Μεγάλο Σεισμό, για c'=10kPa	Janbu	ναι	1.37 > 1.00	Όχι
5		για c'=15kPa	Janbu	όχι	1.65 > 1.30	Όχι
6	Μπλοκ 1m x 3m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.05 < 1.00	Όχι
7		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.96 < 1.00	Ναι

Εγιναν έλεγχοι γενικής ευστάθειας πρανούς με τα ίδια δεδομένα όπως στο προϋγούμενο σημείο, με αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα 14.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα	ι ελέγχου γενικής	ευστάθειας βραχομά	ζας, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.
--------------------------	-------------------	--------------------	---------------------------

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	3.83 > 1.40	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	2.35 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	2.00 > 1.00	όχι

Τα αποτελέσματα κρίνονται γενικά ασφαλή εκτός από 2 περιπτώσεις με τον συντελεστή ασφαλείας οριακά κοντά στην μονάδα, για την ασφάλεια θα προταθούν ορισμένα μέτρα αντιμετώπισης.

5.2.2 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 02,</u> <u>Πετριά</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 1(ΕΠ50)/Κ1.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο ΝΝΑ άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού Ε.Ο.50, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με την Σάμη στην χ.θ. 2+900 έως χ.θ. 3+000. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από πεδινή, δασική περιοχή. Το ύψος του ορύγματος στην θέση της αστοχίας κυμαίνεται κυρίως μεταξύ των 7 και 11 m περίπου, με κλίση μεταξύ 75° και 90°. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι σχετικά ήπιο με κλίση φυσικού πρανούς 15°.

Ως συνέπεια των σεισμών έγιναν αποκολλήσεις και καταπτώσεις τεμαχών βράχων, ανατροπές και σφηνοειδείς ολισθήσεις καθώς και εδαφικές θραύσεις στο φρύδι του ορύγματος σε όλο το μήκος του πρανούς.

Η θέση βαθμολογείται με 342 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεσαίου κινδύνου.

Η περιοχή δομείται κατά κύριο λόγο από ασβεστολιθικά πετρώματα τα οποία αποτελούν το σώμα της κατάπτωσης. Στα ανώτερα σημεία των τεχνητών πρανών εντοπίζονται και μάζες από πλευρικά κορήματα που ανάλογα την περίπτωση συμμετείχαν στις καταπτώσεις.



Εικόνα 10: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Πετριά.

Συναντώνται οι ακόλουθες στρώσεις.

Στρώση Ι: Κορήματα κύρίως στο φρύδι του πρανούς, αποτελούμενα από ερυθρούς αργιλώδεις χάλικες πάχους 0.20-0.50 m.

Στρώση ΙΙ: Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, κερματισμένοι, με τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες είναι ανοικτές ή μερικώς πληρωμένες με αργιλικό υλικό, τραχείες έως λείες κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο έως μέτρια αποσαθρωμένοι W2-W3 είναι πτωχής ποιότητας βραχομάζα και μέσης αντοχής R3.

Η ταξινόμηση της βραχομάζας κατά GSI είναι 40-60.

Προτείνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού που ακολουθούν.

Για την στρώση Ι, Αργιλώδεις χάλικες

C'=5-10kPa, Φ ' = 33°, γ = 21kN/m³, E_{oed} = 15000kPa.

Λόγω του περιορισμένου πάχους της, η στρώση Ι δεν λαμβάνεται υπόψη στους γεωτεχνικούς υπολογισμούς.

Για την στρώση ΙΙ, Ασβεστόλιθος

RQD = 50%, E_m = 3000-6000kPa, σ_{ci} = 30-50MPa

Για την βραχόμαζα

C'=150kPa, Φ' = 37°- 40°, γ = 27kN/m³,

Για τις ασυνέχειες

C'=10-15kPa, Φ' = 35°- 37°, γ = 26.5kN/m³,

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Σύμφωνα με αυτό για σφήνες 1.5m *0.3m προκύπτουν ικανοποιητικοί συντελεστές ασφαλείας:

Χωρίς σεισμό: Fs=6.1>1.30

Με σεισμό κατά ΝΕΑΚ (0.36g): Fs=4.40>1.00

Με μεγάλο σεισμό (0.50g): Fs=3.9>1.00

Εγιναν έλεγχοι ανατροπής τεμάχων για τη δυσμενέστερη διατομή και με μέγιστο ύψος πρανούς H=11 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g. Στους υπολογισμούς αυτούς ελέγχθηκε η ευστάθεια σφήνας 1*1 m, για μπλόκ βραζομάζας 1 m * 2 m και για μπλόκ βραχομάζας 1.5 m * 2.5 m, πίνακας 15.

Πίνακας	15:	Αποτελέσματα	ελέγχων	ανατροπής	τεμάχων	με	την	μέθοδο	οριακής
ισορροπί	ας, Π	Ιετριά.							

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλη σης
1			Janbu	όχι	1.80 > 1.30	Όχι
2	Σφήνα 1m x 1m,	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.00 = 1.00	Όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.88 < 1.00	Ναι
4			Janbu	όχι	1.30 = 1.30	Όχι
5	Μπλοκ 1m x 2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.84 < 1.00	ναι
6		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	, ναι	0.71 < 1.00	ναι
7			Janbu	όχι	3.3 > 1.30	όχι
8	Μπλοκ 1.5m x 2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.63 > 1.00	όχι
9		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.36 > 1.00	όχι
10			Janbu	όχι	1.17 < 1.30	ναι
11	Μεγάλο τέμαχος 3m x 1m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.77 < 1.00	ναι

Εγιναν έλεγχοι γενικής ευστάθειας πρανούς με τα ίδια δεδομένα όπως στο προηγούμενο σημείο, με αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα 16.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Πετριά.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντ/στής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	3.07 > 1.30	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.86 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.53 > 1.00	όχι

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προκύπτει η ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας καθόσον υπάρχει κίνδυνος αποκόλλησης και κατάπτωσης βράχων στην περίπτωση σεισμού.

5.2.3 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 03,</u> <u>Παραλία Αγ.Κων/ου Ανατολικά</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ3.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Ανατολικό άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού ΕΠ25, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με τους οικισμούς Φάρσαλα-Καρδακάτα-Αγκώνα-Διβαράτα-Άσσος-Φισκάρδο στην χ.θ. 3+700 έως την χ.θ. 3+800, εικόνα 11. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από περιοχή με οικιστική ανάπτυξη και τουριστικές επιχειρήσεις κατάντη της οδού.



Εικόνα 11: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Παραλία Αγ.Κων/νου Ανατολικά.

Πίνακας 17: Βαθμονόμηση κατά το σύστημα RHRS της περιοχής Πετριά.

			ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ						
			3 BAOMOI	9 BAOMOI	27 BAOMOI	81 BAOMOI			
	γψοΣ	ΠΡΑΝΟΥΣ	7.60 m	15.20 m	22.90 m	30.50 m			
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΑΦΡΟΥ			Καλή	Μέτρια	Περιορισμένη	Μηδενική			
MEΣ	ΑΙΔΗ ΟΧΙ	ΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΙΜΑΤΟΣ	25%	50%	75%	100%			
	ΈΟΣΤΟ ΓΙΔΡΑ	Ο ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ	Επαρκής ορατότητα, 100%	Μέτρια ορατότητα, 80%	Περιορισμένη ορατότητα, 60%	Πολύ περιορισμένη ορατότητα, 40%			
	ΠΛΑΤ	ΌΣ ΟΔΟΥ	13.40 m	11.00 m	8.50 m	6.10 m			
HKEZ	ΠΤΩΣΗ 1	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Μεμονωμένες ασυνέχειες, ευνοϊκός προσανατολισμός Μεμονωμένες ασυνέχειες, τυχαίος προσανατολισμός		Μεμονωμένες ασυνέχειες, δυσμενής προσανατολισμός	Συστήματα ασυνεχειών, δυσμενής προσανατολισμός				
ε ΣΥΝΘ	LEPI	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	Τραχείες, ακανόνιστες	Κυματοειδείς	Επίπεδες	Με άργιλο ή αποσαθρωμένες			
DAOLIKE	ΩΣH 2	ΔΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	Μικρή αποσάθρωση	Περιστασιακή αποσάθρωση	Πολλή αποσάθρωση	Σημαντική αποσάθρωση			
Ë	ПЕРІПТ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	Μικρή διαφορά	Μέτρια διαφορά	Μεγάλη διαφορά	Ακραία διαφορά			
ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΕΜΑΧΩΝ		Η ΤΕΜΑΧΩΝ	0.30 m	0.60 m	0.90 m	1.20 m			
огк	(ΟΣ Β	ΡΑΧΟΠΤΩΣΗΣ	2.30 m ³	4.60 m ³	6.90 m ³	9.20 m ³			
ΚΛΙΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΝΕΡΟΥ			Μικρή έως μέτρια βροχόπτωση, απουσία παγετού, απουσία νερού στο πρανές	Μέτρια βροχόπτωση ή μικρές περίοδοι παγετού ή διακοπτόμενη παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση ή μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές	Υψηλή βροχόπτωση ή μακρές περίοδοι παγετού ή συνεχής παρουσία νερού στο πρανές και μακρές περίοδοι παγετού			
ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ			Λίγες πτώσεις	Περιστασιακές πτώσεις	Πολλές πτώσεις	Συνεχείς πτώσεις			
Ύψ	ιος Π	ρανούς:			81 βαθμοί				
Аπ	οτελε	σματικότητα τα	άφρου:		81 βαθμοί				
Μέση διακινδύνευση ο			χήματος:		27 βαθμοί				
По	σοστα	ό απόστασης α	αντίδρασης οδηγα	DÚ:	81 βαθμοί				
Πλα	άτος α	οδού:			27 βαθμοί				
Δοι	μική κ	ατάσταση:			27 βαθμοί				
Και	τάστα	ιση επιφανειών	v :		9 βαθμοί				
Διά	στασ	η τεμαχων:			27 βαθμοι				
	μα πε	βοαγοπτιώσου			27 ραθμοί + 27 βαθμοί				
<u>1010</u>			ων.		414 Baßucí				
20\	OVIK	ο αθροισμα:			414 βαθμοι				

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν κυλίσεις βράχων υπό μορφή ογκόλιθων διαμέτρου 0.5 - 1 m.

Οι αστοχίες εμφανίστηκαν στο όρυγμα της οδού με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας υπό κανονικές συνθήκες. Η θέση βαθμολογείται με 414 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου, πίνακας 17.

Το ύψος του τεχνητού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 3 και 5 m με κλίση από 50° μέχρι παρακατακόρυφη. Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις διαχωρίζεται μία στρώση του εδάφους, ο ίδιος σχηματισμός επεκτείνεται μέχρι μεγαλύτερο βάθος.

Πρόκειται για Κρητιδικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους, κερματισμένων σε μπλόκ περίπου ίσων διαστάσεων, με τρία συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι μερικώς πληρωμένες με αργιλικό υλικό, οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πτωχής ποιότητας ως βραχομάζας με μέτρια προς υψηλή αντοχή R3-R4 και GSI 40-65.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

RQD = 40%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-6000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 50MPa Ενεργή συνοχή c' = 150 - 250KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° - 40° Φαινόμενο βάρος γ = 26 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5 - 10KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 1.5 m*1.5 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 4.18 >1.30, με σεισμό κατά NEAK 0.36g, Fs = 2.67 >1.00.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S, ανατροπής τεμάχων για ύψος πρανούς Η = 4 m και επίσης με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 18.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεν προκύπτει άμεση ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας, παρόλα ταύτα επειδή συνέβησαν κυλίσεις βράχων θα προταθούν ορισμένα μέτρα για την πιθανή κατάπτωση από βραχώδη τεμάχη.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Παραλία Αγ.Κων/νου Ανατολικά.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1		Χωρίς Σεισμό	Janbu	όχι	2.43 > 1.30	όχι
2	Мπλοκ 1.5m x 1m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.04 <u>~</u> 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό, μετά από βροχή	Janbu	ναι	1.00 = 1.00	όχι

5.2.4 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 04,</u> <u>Παραλία Αγ.Κων/ου Δυτικά</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ4.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Ανατολικό άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού ΕΠ25, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με τους οικισμούς Φάρσαλα-Καρδακάτα-Αγκώνα-Διβαράτα-Άσσος-Φισκάρδο στην χ.θ. 4+250 έως την χ.θ. 4+450, εικόνα 12. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από περιοχή με ήπιο βραχώδες ανάγλυφο, κατάντη της οδού υπάρχει απότομο πρανές που καταλήγει στην θάλασσα.



Εικόνα 12: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Παραλία Αγ.Κων/νου Δυτικά.

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν κυλίσεις βράχων υπό μορφή ογκόλιθων διαμέτρου 0.5 - 1.1 m.

Οι αστοχίες εμφανίστηκαν στο όρυγμα της οδού με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας θέτοντας σε κίνδυνο τα οχήματα κατά την διέλευσή τους. Η θέση βαθμολογείται με 468 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου.

Το ύψος του τεχνητού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 2 και 17 m με κλίση από 70° μέχρι παρακατακόρυφη. Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις διαχωρίζεται μία στρώση του εδάφους, ο ίδιος σχηματισμός επεκτείνεται μέχρι μεγαλύτερο βάθος.

Πρόκειται για Κρητιδικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους, κερματισμένων σε μπλόκ περίπου ίσων διαστάσεων, με τρία συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου

προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι μερικώς πληρωμένες με αργιλικό υλικό, οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πτωχής ποιότητας ως βραχομάζας με μέτρια αντοχή R3 και GSI 40-65.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

RQD = 40% Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-6000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 50MPa Ενεργή συνοχή c' = 150 - 250KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° - 40° Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5 - 10KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 1.5 m*1.5 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 2.70 >1.30, με σεισμό κατά ΝΕΑΚ 0.36g, Fs = 1.07 >1.00.

Εγινε έλεγχος για μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 0.90 <1.00, υπάρχει πρόβλημα καταπτώσεων.

Με την αντιμετώπιση μέσω τοποθέστησης πλήρως αγκυρούμενων συρματοπλεγμάτων προκύπτει επαρκής συντελεστής ασφαλείας,

Με σεισμό κατά NEAK 0.36g, Fs = 1.92 >1.00, με μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 1.65 >1.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S, ανατροπής τεμάχων για ύψος πρανούς Η = 7 m και επίσης με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 19.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Παραλία Αγ.Κων/νου Δυτικά.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	2.48 > 1.30	όχι
2	Τέμαχος 0.8m x 2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.00 = 1.00	όχι (οριακή ισορροπία)
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.89 < 1.00	ναι

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει άμεση ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας, θα προταθούν ορισμένα μέτρα για τις καταπτώσεις από βραχώδη τεμάχη.

5.2.5 Γεωτεχνική Αξιολόγηση της Περιοχής 05, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ11.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Ανατολικό άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού ΕΠ25, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με τους οικισμούς Φάρσαλα-Καρδακάτα-Αγκώνα-Διβαράτα-Άσσος-Φισκάρδο στην χ.θ. 9+650 έως την χ.θ. 10+000, εικόνα 13. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από ημιορεινή περιοχή, κατάντη του τμήματος το ανάγλυφο είναι απότομο προς την θάλασσα.



Εικόνα 13: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Αγ.Σπυρίδων Φάρσα.

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν κυλίσεις βράχων υπό μορφή ογκόλιθων διαμέτρου 0.5 - 0.9 m. Οι κυλίσεις έφθασαν μέχρι το οδόστρωμα με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας. Η θέση βαθμολογείται με 486 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου.

Το ύψος του τεχνητού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 6 και 12 m με κλίση από 70° μέχρι παρακατακόρυφη. Το φυσικό πρανές έχει κλίση μεταξύ 35° - 40°.

Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις υφίσταται μία στρώση του εδάφους.

Στρώση Ι: Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, κερματισμένοι σε μπλοκ διαφόρων και ίσων διαστάσεων, με τέσσερα συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι κενές ή μερικώς πληρωμένες με αργιλικό υλικό και ασβεστίτη. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πτωχής ποιότητας βραχομάζας με μέτρια αντοχή R3 και GSI 40-65.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

Στρώση Ι: RQD = 20-50%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας $E_m = 2000-4000MPa$ Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη $\sigma_{ci} = 25 - 40MPa$ Ενεργή συνοχή c' = 200KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 38° Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5 - 10KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 36°

Κατά την σεισμική επικινδυνότητα οι ασβεστόλιθοι κατατάσσονται στην κατηγορία Α.

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 1.5 m*1.1 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 3.10 >1.30, με σεισμό κατά ΝΕΑΚ 0.36g, Fs = 2.00 >1.00.

Εγινε έλεγχος για μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 1.80 >1.00, δεν υπάρχει πρόβλημα καταπτώσεων.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S, ανατροπής τεμάχων για ύψος πρανούς Η = 10 m, με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_v=0.18g και α_h=0.36g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 20.

Πίνακας 20: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	1.27 ≈ 1.30	όχι
2	Τέμαχος 2.0m x 1.0m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.82 < 1.00	Ναι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.69 < 1.00	ναί

Εγιναν έλεγχοι γενικής ευστάθειας πρανούς με τα ίδια δεδομένα όπως στο προϋγούμενο σημείο, με αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα 21.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	6.14 > 1.30	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	4.17 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	3.67 > 1.00	όχι

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προκύπτει η ανάγκη ορισμένων μέτρων προστασίας καθόσον υπάρχει κίνδυνος κατάπτωσης βράχων στην περίπτωση σεισμού.

5.2.6 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 06, Ρέμα</u> Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ12.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Ανατολικό άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού ΕΠ25, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με τους οικισμούς Φάρσαλα-Καρδακάτα-Αγκώνα-Διβαράτα-Άσσος-Φισκάρδο στην χ.θ. 10+800 έως την χ.θ. 11+000, εικόνα 14. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από ημιορεινή περιοχή.



Εικόνα 14: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Ρέμα Κουρουκλάτα - Κοντογουράτα Νότια.

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν κυλίσεις βράχων υπό μορφή ογκόλιθων διαμέτρου 0.5 - 1.0 m. Οι κυλίσεις έφθασαν μέχρι το οδόστρωμα με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας. Η θέση βαθμολογείται με 594 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση πολύ μεγάλου κινδύνου.

Το ύψος του τεχνητού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8 m με κλίση από 80° μέχρι παρακατακόρυφη. Το φυσικό πρανές έχει κλίση μεταξύ 35° - 40°.

Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις υφίσταται μία στρώση του εδάφους.

Στρώση Ι: Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, κερματισμένοι σε μπλοκ διαφόρων και ίσων διαστάσεων, με τρία συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι μερικώς

πληρωμένες με αργιλικό υλικό. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς εως επίπεδες.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πτωχής ποιότητας βραχομάζας με μέτρια αντοχή R3 και GSI 45-65.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

Στρώση Ι: RQD = 40%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-6000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 50MPa Ενεργή συνοχή c' = 200KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 40°

Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 10 - 20KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Πίνακας 22: Εύρεση των παραμέτρων Φ', c' με το κριτήριο αστοχίας Hoek-Brown και το πρόγραμμα Roclab της εταιρίας rocscience.


⁽Πίνακας 22, συνέχεια).



Σύν	οψη Αποτελ	εσμάτων							
Έργο:	Ο: Αποκατάσταση βλαβών στο οδικό δίκτυο Ν. Κεφαλληνίας από σεισμούς-Σύμβαση 5-3Κ1								
Σχηματισμός:	Ac	ιβεστόλιθος 🤇	Ks.k)						
Μονοαξονική Θλίψη Ακεραίου Δοκιμίου σ _{ci} =	35.000	MPa							
Μονοαξονικὴ Θλίψη Τυχαίου Δοκιμίου σ _c =	2.581	MPa							
Ολική Αντοχή Βραχομάζας στη Θλίψη σ _{εm} =	5.875	MPa							
Φαινόμενο Βάρος γ=	0.0270	MN/m ³							
Πυκνότητα ρ= Συντελεστής m _i =	2752.29 8	kg/m ³							
Βαθμὀς Αποσάθρωσης= GSI=	W2 55								
JRC= Γωνία Ασυνεχειών=	5 45°	Επίπεδη Τραχεία							
Βάθος Υπολογισμού= Συντελεστής Διατάραξης D=	3 0.1	m							
Δείκτες και Μέτρα Παραμορφωσιμότητας									
Μέτρο Παραμορφωσιμότητας Ε _m ≃	749	5 MPa							
	Jacky's Formula	Sheorey (1994)							
Διατμητικό Μέτρο G=	3332 MPa	n/a							
Μέτρο Συμπιεστότητας E _{oed} =	7770 MPa	n/a							
Λόγος Poisson v≖	0.12	n/a							
k _o =	0.14	n/a							
Παράμετροι Mohr-Coulomb									
Συνοχή c'= Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ'=	Θεμελιώσεις 1717 kPa 29°	Праv ή 345 kPa 59°	Σήραγγες 341 kPa 60°						
Παραμετροι Mohr-Coulomb επί Ασυνεχειών									
	Δι	ερευνηθέν Βάθο	pç						
	3.0 m	1.3 m	0 m						
Συνοχη c'= Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ'=	4 KPa 36°	2 kPa 38°	0.15 KPa 43°						

Πίνακας 23: Σύνοψη αποτελεσμάτων μεθόδου κριτηρίου Hoek-Brown.

Οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού c, φ και Ε, που προαναφέρθηκαν υπολογίστηκαν ακολουθώντας μία σειρά από εξισώσεις οι οποίες έχουν προταθεί από τους Hoek & Brown (1997) με την χρησιμοποίηση του προγράμματος Roclab της εταιρίας rocscience. Γιά τον προσδιορισμό των παραπάνω παραμέτρων αρχικά έγινε ταξινόμηση της βραχόμαζας στο σύστημα ταξινόμησης GSI βάσει του πίνακα που προτείνουν οι Hoek & Brown (1997). Η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη UCS προσδιορίστηκε με βάση τον πίνακα που προτείνουν οι Hoek & Brown (1997). Η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη UCS προσδιορίστηκε με βάση τον πίνακα που προτείνουν οι Hoek & Brown και ISRM 1981. Ο πίνακας αυτός αντιστοιχεί, τη λιθολογική περιγραφή του πετρώματος και την αντοχή του σε θραύση και χάραξη με γεωλογικό σφυρί και σουγιά αντίστοιχα, σε αποτελέσματα δοκιμών σημειακής φόρτισης και σε εύρος τιμών αντοχής σε μονοαξονική θλίψη. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη UCS προσδιορίστηκε με την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών μονοαξονική θλίψης. Για να προσδιοριστεί η παράμετρος *m_i* χρησιμοποιήθηκε ο σχετικός πίνακας που προτείνουν οι Marinos & Hoek (2000). Στον πίνακα αυτό η κάθε λιθολογία αντιστοιχείται σε ένα εύρος τιμών της παραμέτρου, εύρος το οποίο έχει προκύψει από τριαξονικές δοκιμές.

Με την εισαγωγή των δεδομένων στα πεδία του προγράμματος, εξάγωνται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού c, φ και E, πίνακας 22 και 23. Η παραπάνω διαδικασία για τον

προσδιορισμό των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε στο μεγαλύτερο μέρος των μελετών την βοήθεια των οποίων τεκμηριώθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία.

Κατά την σεισμική επικινδυνότητα οι ασβεστόλιθοι στην παρούσα περιοχή Ρέμα Κουρουκλάτα - Κοντογουράτα Νότια, κατατάσσονται στην κατηγορία Α.

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 1.5 m*0.5 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 6.80 >1.30, με σεισμό κατά NEAK 0.36g, Fs = 4.80 >1.00.

Εγινε έλεγχος για μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 4.30 >1.00, δεν υπάρχει πρόβλημα καταπτώσεων.

Γιά σφήνες 1.5 m*1.4 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 2.66 >1.30, με σεισμό κατά ΝΕΑΚ 0.36g, Fs = 1.75 >1.00.

Εγινε έλεγχος για μεγάλο σεισμό κατά ΝΕΑΚ 0.50g, Fs = 0.95 <1.00, υπάρχει πρόβλημα καταπτώσεων.

Με την αντιμετώπιση μέσω τοποθέστησης ενεργού αγκυρίου Φ25/76 προκύπτει επαρκής συντελεστής ασφαλείας, με μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 4.24 >1.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S, ανατροπής τεμάχων για ύψος πρανούς Η = 8 m, με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_v=0.18g και α_h=0.36g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 24.

Πίνακας	24:	Αποτελέσματα	ελέγχων	ανατροπής	τεμάχων	με	την	μέθοδο	οριακής
ισορροπί									

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	2.94 > 1.30	όχι
2	Τέμαχος 0.5m x 0.8m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.81 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.55 > 1.00	όχι
4		Με Μεγάλο Σεισμό μετά από βροχή	Janbu	ναι	1.10 > 1.00	όχι
4			Janbu	όχι	1.19 <1.30	vai
5	Τέμαχος 4m x 1m	Με σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.74 < 1.00	ναι

Εγιναν έλεγχοι γενικής ευστάθειας πρανούς με τα ίδια δεδομένα όπως στο προηγούμενο σημείο, με αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα 25.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	6.85 > 1.40	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	4.56 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	3.99 > 1.00	όχι

Επίσης έγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προκύπτει η ανάγκη ορισμένων μέτρων προστασίας καθόσον υπάρχει κίνδυνος κατάπτωσης βράχων στην περίπτωση μεγάλου σεισμού.

5.2.7 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 07, Ρέμα</u> Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ13.

Η περιοχή βρίσκεται στο Ανατολικό άκρο του κόλπου Αργοστολίου, επί της οδού ΕΠ25, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με τους οικισμούς Φάρσαλα-Καρδακάτα-Αγκώνα-Διβαράτα-Άσσος-Φισκάρδο στην χ.θ. 11+150 έως την χ.θ. 11+900, εικόνα 15. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από περιοχή με λοφώδες βραχώδες ανάγλυφο, κατάντη της οδού υπάρχουν καλλιέργειες. Στην χ.θ. 11+200 υπάρχει μισγάγγεια φυσικού ρέματος που λειτουργεί τους χειμερινούς μήνες την στιγμή πολύ έντονης βροχόπτωσης. Η μισγάγγεια καταλήγει σε οχετό ο οποίος διέρχεται κάτω από την οδό.



Εικόνα 15: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Ρέμα Κουρουκλάτα - Κοντογουράτα Βόρεια.

Ως συνέπεια των σεισμών παρατηρήθηκαν κυλίσεις βράχων υπό μορφή ογκόλιθων διαμέτρου 0.5 - 1.2 m.

Σημειώθηκαν καταπτώσεις και ανατροπές παρόμοιου μεγέθους τεμαχών από χαμηλά σημεία καθώς και σφηνοειδείς ολισθήσεις. Πολλά τεμάχη κατέπεσαν στο οδόστρωμα ενώ ο

οχετός της μισγάγγειας πληρώθηκε με φερτά υλικά με αποτέλεσμα το φράξιμό του. Η θέση βαθμολογείται με 648 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου.

Το ύψος του τεχνητού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 4 και 20 m με κλίση από 70° μέχρι παρακατακόρυφη. Το φυσικό πρανές έχει κλίση μεταξύ 30° - 40°. Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις διαχωρίζονται δύο στρώσεις του εδάφους.

Στρώση Ι: χ.θ. 11+150 έως την χ.θ. 11+600, πρόκειται για Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, πολύ κερματισμένων με διακυμάνσεις των διαστάσεων του σχήματος των τεμάχων, με τέσσερα συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι κενές έως μερικώς πληρωμένες με αργιλικό και ασβεστιτικό υλικό. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς εως επίπεδες.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πολύ πτωχής ποιότητας βραχομάζας με μέτρια αντοχή έως μέση αντοχή R3 - R4 και GSI 36-60.

Στρώση ΙΙ: χ.θ. 11+600 έως την χ.θ. 11+900, πρόκειται για Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους, πολύ κερματισμένων με διακυμάνσεις των διαστάσεων του σχήματος των τεμάχων, με τέσσερα συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα.

Οι ασυνέχειες είναι κυρίως πληρωμένες με αργιλικό υλικό. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς εως επίπεδες. Η αντοχή και το GSI λαμβάνουν τις τιμές της στρώσης Ι.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

Στρώση Ι: RQD = 30-50%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-7000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 35 - 60MPa Ενεργή συνοχή c' = 120 - 150 KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5 - 10KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Στρώση ΙΙ: RQD = 30-50% Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 2000-4000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 40MPa Ενεργή συνοχή c' = 120 KPa Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5 - 10KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 35°

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 2.5 m*0.6 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 3.13 >1.30, με σεισμό κατά NEAK 0.36g, Fs = 2.25 >1.00.

Εγινε έλεγχος για μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 0.50 <1.00, υπάρχει πρόβλημα καταπτώσεων.

Με την αντιμετώπιση μέσω τοποθέστησης ενεργού αγκυρίου Φ25/76 προκύπτει επαρκής συντελεστής ασφαλείας, με μεγάλο σεισμό κατά NEAK 0.50g, Fs = 3.51 >1.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S, ανατροπής τεμάχων για διαφορετικά ύψη πρανούς Η, με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με

σεισμό α_v=0.18g και α_h=0.36g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 26.

Πίνακας	26:	Αποτελέσματα	ελέγχων	ανατροπής	τεμάχων	με	την	μέθοδο	οριακής
ισορροπί									

α/ α	Περίπτω	Περίπτωση		έθοδος	Σι	εισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1				Janbu		όχι	2.23 > 1.30	όχι
2	Τέμαχος 1m x 2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ		Janbu		ναι	1.37 > 1.00	όχι
3	H=8 m	Με Μεγάλο Σεισμό		Janbu		ναι	1.17 > 1.00	όχι
4				Janbu		όχι	1.47 > 1.30	όχι
5	Τέμαχος 3m x 1m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ		Janbu		ναι	0.92 < 1.00	ναι
6	H=8 m	Με Μεγάλο Σεισμό		Janbu		ναι	0.79 < 1.00	ναι
7	Τέμαχος 2.5m x 1m			Janbu		όχι	1.46 > 1.30	όχι
8	H=20m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ		Janbu		ναι	0.91 < 1.00	ναι
9		Με Μεγάλο Σεισμό		Janbu		ναι	1.71 < 1.40	ναι
α/α	Περίπτωση			Μέθοδα	s	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1				Janbu		όχι	1.70 > 1.30	όχι
2	Μπλοκ 0.7m x 2.5m	Με Σεισμό ΝΕΑ	ĸ	Janbu		ναι	1.05 ≥ 1.00	όχι
3	H=6 m	Με Μεγάλο Σεισ	μó	Janbu		ναι	0.95 < 1.00	ναι

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει άμεση ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας, θα προταθούν ορισμένα μέτρα για τις καταπτώσεις από βραχώδη τεμάχη.

5.2.8 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 08,</u> <u>Πετανιοί</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 22(Αλλο Δίκτυο)/Κ2.

Η θέση βρίσκεται στο δυτικό άκρο της Κεφαλονιάς επί της οδού ΕΠ40 η οποία συνδέει την παραλία Πετανιοί με το υπόλοιπο οδικό δίκτυο από την χ.θ. 1+750 εώς την χ.θ. 2+150. Στο

εν λόγω τμήμα η οδός διέρχεται με ανακάμπτοντες ελιγμούς τύπου φουρκέτα, εικόνα 16. Στην θέση της κατολίσθησης χ.θ. 1+930 εώς την χ.θ. 1+970 η οδός βρίσκεται σε υψόμετρο +52 m. Οι κλίσεις του φυσικού αναγλύφου ανάντη του φρυδιού της κατολίσθησης είναι της τάξεως των 37° - 42°. Το πρανές της κατολίσθησης έχει ύψος περίπου 40 m. Ανάντη της οδού, εκτός της περιοχής που επηρεάστηκε από την κατολίσθηση, υπάρχει ρήγμα που διέρχεται παράλληλα με την οδό.

Τα πλευρικά κορήματα και τα υλικά της κατακλαστικής ζώνης του ρήγματος είναι υδροπερατά, ενώ το υποκείμενο ημιβραχώδες και βραχώδες υπόβαθρο των μαργαϊκών ασβεστολίθων και των αμμούχων μαργών είναι πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός με αποτέλεσμα τα νερά της επιφανειακής απορροής αφού κατεισδύσουν στα υδροπερατά υλικά να εισέρχονται εντός των ρωγμών και ασυνεχειών αών και να δημιουργούν υψηλές υδροστατικές πιέσεις με αποτέλεσμα περαιτέρω χαλάρωση του σχηματισμού.

Τον Μάρτιο 2014 μετά τους σεισμούς συνέβησαν κατολισθήσεις και αποκολλήσεις τεμαχών. Η θέση βαθμολογείται με 684 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου.

Μετά την εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων στην περιοχή πραγματοποιήθηκε

Γεωτεχνική έρευνα μέσω 4 ερευνητικών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Το έδαφος είναι ανομοιογενές κατά τα αποτελέσματα της έρευνας πίνακας 27.

Οι αστοχίες στην περιοχή πέραν των σεισμών, οφείλονται στις μεγάλες μορφολογικές κλίσεις των φυσικών και τεχνητών πρανών, τις έντονες βροχοπτώσεις, την ανομοιογένεια των σχηματισμών.

Το υπέδαφος χωρίζεται σε 5 διαφορετικές στρώσεις, όπως συνοπτικά ακολουθούν.

Στρώση Ι, η σύσταση αποτελείται από πλευρικά κορήματα με κροκάλες και τεμάχη ασβεστολιθικής σύστασης. Τα εδαφικά υλικά είναι κυρίως αδρομερή υλικά πολύ πυκνής απόθεσης των ομάδων GM και SC κατά USCS, ιλυώδεις χάλικες και αργιλώδης άμμος καστανού χρώματος. Το ποσοστό λεπτοκόκκων είναι μεταξύ 15-21 τοις εκατόν με φυσική υγρασία 8 τοις εκατόν.

Στρώση ΙΙ, η σύσταση είναι μαργαϊκός ασβεστόλιθος κατακερματισμένος, τύπου κύβος ζάχαρης. Χρώμα υπόλευκου, πολύ χαμηλής αντοχής για βραχομάζα. Αποτελείται από χάλικες πολύ πυκνής απόθεσης των ομάδων GM και GW κατά USCS.

Το ποσοστό λεπτόκοκκων κυμαίνεται μεταξύ 3 και 20 τοις εκατό και η φυσική υγρασία μεταξύ 1.9 και 11 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm κυμαίνεται μεταξύ 10 κρούσεις και άρνησης.

Στρώση III, η σύσταση είναι αργιλώδη αμμοχάλικα πολύ πυκνής απόθεσης των ομάδων SC, SW, GC και άργιλος CL τα οποία σχετίζονται με την κατακλαστική ζώνη του ρήγματος. Το ποσοστό των λεπτόκκοκων στα αργιλώδη αμμοχάλικα κυμαίνεται μεταξύ 11 και 25 τοις εκατόν και η φυσική υγρασία είναι της τάξεως του 10 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm κυμαίνεται μεταξύ 64 κρούσεις και άρνησης. Το ποσοστό των λεπτόκκοκων στην άργιλο είναι 50 τοις εκατόν και η φυσική υγρασία είναι της τάξεως του 15-21 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm είναι 50 τοις εκατόν και η φυσική υγρασία είναι της τάξεως του 15-21 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm είναι 50 τοις εκατόν και η φυσική υγρασία είναι της τάξεως του 15-21 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm είναι 31 κρούσεις και άρνησης.

Στρώση IV, η σύσταση είναι αργιλική μάργα και άργιλος CL σκληρή. Το ποσοστό των λεπτόκκοκων στην άργιλο είναι 92 τοις εκατόν και η φυσική υγρασία είναι της τάξεως του 21 τοις εκατόν. Η αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση Nspt 30 cm είναι 50 κρούσεις. Στρώση V, αποτελείται από ασβεστόλιθο παχυστρωματώδη, γκρίζου ως υπόλευκου χρώματος, πολύ διακλασμένο, κατά θέσεις κατακερματισμένο, υγιή εώς λίγο αποσαθρωμένο, χαμηλής εώς μέτριας αντοχής.



Εικόνα 16: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Πετανιοί, διακρίνεται η κατολίσθηση.

Δίνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού για 2 θέσεις όπου θα προταθούν επεμβάσεις αντιμετώπισης των κατολισθήσεων.

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 30000kPa

Θέση, πρανές εκδήλωσης κατολίσθησης

Ενεργή συνοχή c' = 40-60KPa				
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°				
Φαινόμενο βάρος γ = 24 KN/m³				
Μέτρο παραμορφωσιμότητας Ε _m = 300MPa				
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ _{ci} = 1 - 2MPa				
Ενεργή συνοχή c' = 100 - 120KPa				
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 36 ° - 38°				
Φαινόμενο βάρος γ = 24 KN/m³				
Μέτρο παραμορφωσιμότητας Ε _m = 500MPa				
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ _{ci} = 3MPa				
ς πασσάλων τοίχου ανάσχεσης με σκέπαστρο.				
3.2 - 7.70 m. όπως προηγουμένως.				
Αντοχή σε τυποπ.διείσδυση Ν _{spt} = 50				
Ενεργή συνοχή c' = 20 ΚΡα				
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 35°				
Φαινόμενο βάρος γ = 21 KN/m³				

Πίνακας 27: Συνοπτικά αποτελέσματα γεωτεχνικής έρευνας.

A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	a la	AZZZZIZIO JEWI	Sm
А22-Г2	ПГ-3	ПГ-1	A22-Г1
-	Στρώση Ι. Πλευρικά κορήματα, 0.00-5.20 m.	Στρώση Ι. Πλευρικά κορήματα, 0.00- 3.00 m.	Στρώση Ι. Πλευρικά κορήματα, 0.00- 2.50 m.
Στρώση ΙΙ. Μαργαϊκός ασβεστόλιθος, κύβος ζάχαρης, 0.00-7.70 m.	Στρώση ΙΙ. Μαργαϊκός ασβεστόλιθος, κύβος ζάχαρης, 5.20-8.00 m.	Στρώση ΙΙ. Μαργαϊκός ασβεστόλιθος, κύβος ζάχαρης, 3.00-6.00 m.	-
Στρώση ΙΙΙ. Κατακλαστική ζώνη με αργιλικά και αμμώδη υλικά, 7.70 - 10.10 m πέρας γεώτρησης.	Στρώση ΙΙΙ. Κατακλαστική ζώνη με αργιλικά και αμμώδη υλικά, 8.0 - 15.00 m πέρας γεώτρησης.	Στρώση ΙΙΙ. Κατακλαστική ζώνη με αργιλικά και αμμώδη υλικά, 6.00-28.00 m.	-
-	-	Στρώση ΙV. Αργιλική μάργα σκληρή, 28.0 - 35.00 m πέρας γεώτρησης.	-
-	-	-	Στρώση V. Ασβεστόλιθος, 2.50 - 5.00 m πέρας γεώτρησης.

Εγιναν ανάδρομοι έλεγχοι ευστάθειας των πρανών για περιστροφικές ολισθήσεις με το πρόγραμμα Larix-2S με την μέθοδο της οριακής ισορροπίας limit equilibrium, από όπου προέκυψαν οι πιθανές γεωτεχνικές παράμετροι κατά την αστοχία, πίνακας 28.

Πίνακας 28: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας της περιοχής Πετανιοί.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Σεισμός	Νερό	2001/στης Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης	Γεωτεχνικές παράμετροι
1			ΟΧΙ	OXI	1.34 > 1.30	OXI	c'=60kPa, φ'=37°· γ=24kN/m ³
2	4	Janbu	NAI	OXI	1.14 > 1.00	ΟΧΙ	c'=40kPa, φ'=37° [,] γ=24kN/m ³
3			ΟΧΙ	NAI	0.85 << 1.20	NAI	c'=40kPa, φ'=37° [,] γ=24kN/m ³

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας των πρανών στην Χ.Θ.1+949 με μέγιστο ύψος πρανούς 45 m, τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 29.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικες παράμετροι ασυνεχειών	Σεισμός	Νερό	Συντ/στης Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης
1		Janbu	Ελάχιστες c'=100kPa, φ'=37 ^{°.} γ=24kN/m ³	ΟΧΙ	οχι	1.30 = 1.30	ΟΧΙ (Οριακά)
2		Krey		NAI	OXI	1.02 > 1.00	OXI
3		Bishop		NAI	OXI	1.04 > 1.00	OXI
4	4	Bishop		ΝΑΙ (α _h =0.36g)	OXI	0.84 < 1.00	NAI
5		Krey		NAI	οχι	1.07 > 1.00	OXI
6	-	Krey	c'=120kPa, φ'=37°, γ=24kN/m ³	NAI (α _h =0.36g)	охі	0.93 < 1.00	NAI
7		Krey		NAI (α _h =0.50g)	OXI	0.85 < 1.00	NAI

Πίνακας 29: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας γιά υψηλό πρανές, Πετανιοί.

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας στο ανώτερο τμήμα του πρανούς άνωθεν της κατολίσθησης, πίνακας 30.

Τέλος πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για την κύλιση καταπίπτοντων βραχωδών τεμάχων με το πρόγραμμα Rocfall.

Από τα προηγούμενα προκύπτει κίνδυνος ολίσθησης στην περίπτωση σεισμού. Θα προταθούν μέτρα για την προστασία από κατολισθήσεις και ενίσχυση της ευστάθειας.

Πίνακας 30: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας άνωθεν της κατολίσθησης, Πετανιοί.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης
1		Janbu	Μέγιστες c'=60kPa, ω'=37°	ΟΧΙ	OXI	1.45 > 1.30	OXI
2		Janbu		OXI	NAI	1.43 > 1.20	OXI
3		Janbu		NAI	OXI	1.10 > 1.00	OXI
4	4	Janbu	γ=24kN/m ³	NAI (α _h =0.36g)	OXI	0.89 < 1.00	NAI
5		Janbu		OXI	NAI	1.14 < 1.20	NAI
6		Bishop	Ελάχιστες c'=40kPa, φ'=37 ^{°,} γ=24kN/m ³	OXI	NAI	0.99 < 1.20	NAI

5.2.9 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 09,</u> <u>Παραλία Λιβάδι Βόρεια</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 2(ΕΠ39)/Κ2.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο BB∆ άκρο του κόλπου Αργοστολίου, στην διασταύρωση της Επ. Οδού 25 με την ΕΠ. 39, η οποία συνδέει τους οικισμούς Καρδακάτα – Πετρικάτα – Λιβάδι – Ληξούρι στην χ.θ. 5+700 έως χ.θ. 5+800. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από μια πεδινή περιοχή, στη βάση ενός ψηλού πρανούς μήκους περίπου 100 m, το οποίο αποτελεί και την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 17: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

Το ύψος του πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 11 και 28 m με κλίση παρακατακόρυφη ενώ στα ανάντι του πρανούς μεταπίπτει σε 33°.

Στο μέτωπο του πρανούς ως συνέπεια των σεισμών έγιναν καταπτώσεις βραχωδών τεμάχων και σφηνοειδής ολίσθηση, αρκετοί ογκόλιθοι κύλισαν μέχρι το οδόστρωμα.

Η θέση βαθμολογείται με 447 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεγάλου κινδύνου.

Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις διαχωρίζεται μία στρώση του εδάφους, ο ίδιος σχηματισμός επεκτείνεται μέχρι μεγαλύτερο βάθος.

Πρόκειται για Κρητιδικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους, κατακερματισμένους με μεγάλες διακυμάνσεις σχήματος των τεμάχων, με τρία συστήματα ασυνεχειών και επιπλέον ασυνέχειες τυχαίου προσανατολισμού που δεν ανήκουν σε κάποιο σύστημα. Οι ασυνέχειες είναι κενές οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο αποσσαθρωμένοι W2 και είναι υλικό πτωχής ποιότητας ως βραχομάζας κατά GSI μεταξύ 35-55 και χαμηλής μέχρι πολύ χαμηλής αντοχής. R1-R2.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

RQD = 30%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 2000-4000MPa

Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 20 - 30MPa

Ενεργή συνοχή c' = 100 ΚΡα

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 35°

Φαινόμενο βάρος γ = 26 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 15KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 33°

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Γιά σφήνες 3.5 m*0.5 m προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας ως ακολούθως.

Χωρίς σεισμό, Fs = 8.82 >1.30, με σεισμό κατά ΝΕΑΚ 0.36g, Fs = 0.00 <1.00.

Εγιναν έλεγχοι μέσω του προγράμματος Larix-2S ανατροπής τεμάχων για ύψος πρανούς Η = 15 m και επίσης για H = 28 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον ΕΑΚ2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g όπου ελέγθηκε η ευστάθεια τεμάχων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους πίνακες 31 και 32.

Επίσης έγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall. Προκύπτουν προβλήματα αστάθειας και καταπτώσεων, για τον λόγο αυτό θα προταθεί η τοποθέστηση αγκυρούμενου συρματοπλέγματος.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, ύψος πρανούς Η = 15 m, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	1.16 < 1.30	ναι
2	Μπλοκ 1.5m x 3.2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.73 < 1.00	ναι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.61 < 1.00	ναι
4			Janbu	όχι	1.11 < 1.30	ναι
5	Τέμαχος 1m x 10m	Με σεισμό NEAK	Janbu	ναι	0.81 < 1.00	ναι
6		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.72 < 1.00	ναι
7			Janbu	όχι	4.74 > 1.30	όχι
8	Мπλок 2m x 2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	2.15 > 1.00	όχι
9		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.74 > 1.00	όχι

Πίνακας 32: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας.ύψος πρανούς Η = 28 m, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

α/α	Περίτ	πωση	Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1	Μπλοκ 1.5m x		Janbu	όχι	1.39 > 1.30	όχι
2	3m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.90 < 1.00	ναι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.77 < 1.00	ναι

5.2.10 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 10,</u> <u>Αθέρας</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 14(Αλλο Δίκτυο)/Κ2.

Η περιοχή βρίσκεται στο ΒΔ άκρο της Κεφαλονιάς, επί της οδού η οποία συνδέει τους οικισμούς Λιβάδι-Αγιάννης-Μάγγανα-Π.Αθέρας στην χ.θ. 5+500 έως χ.θ. 6+000. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από λοφώδη περιοχή με βοσκότοπους ανάντη και το χωριό Αθέρας κατάντη. Ως συνέπεια των σεισμών έγιναν αποκολλήσεις και καταπτώσεις τεμαχών βράχων, ανατροπές ογκολίθων με διάμετρο μέχρι 2 m οι οποίες κατέπεσαν μέχρι τα όρια του χωριού.



Εικόνα 18: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Αθέρας.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι μέτριο με κλίση φυσικού πρανούς 21°-30°. Ανάντη του χωριού Αθέρας υπάρχει αγροτική οδός με το ύψος του ορύγματος - τεχνητού πρανούς να κυμαίνεται μεταξύ των 2 - 4 m και κλίσεις 80°-90°. Η οδός αυτή εκβαθύνθηκε από τις τοπικές αρχές ώστε να χρησιμοποιηθεί επίσης ως βραχοπαγίδα για την προστασία το χωριού.

Μία ακόμη οδός ανάντη και παράλληλη της προηγούμενης σε απόσταση περίπου 80 m, διανοίχθηκε με σκοπό την πρόσβαση χωματουργικών μηχανημάτων σε εξάρσεις του ασβεστολιθικού ανάγλυφου στις πλαγιές του λόφου ώστε ο χώρος να καθαριστεί από αυτές για προστασία από κατολισθήσεις.

Η θέση βαθμολογείται με 702 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση πολύ μεγάλου κινδύνου.

Η περιοχή δομείται κατά κύριο λόγο από ασβεστολιθικά πετρώματα τα και μάζες από πλευρικά κορήματα.

Το υπέδαφος αποτελείται από μία στρώση των Ηωκαινικών ασβεστόλιθων. Κερματισμένοι, με μεγάλες διακυμάνσεις στο σχήμα και στις διαστάσεις των τεμαχών, εώς πολύ διακλασμένοι λαμβάνοντας κατά τόπους την μορφή κύβου ζάχαρης με τέσσερα ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες είναι πληρωμένες με αργιλικό υλικό, τραχείες έως κυματοειδείς και κλιμακωτές.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται λίγο έως μέτρια αποσαθρωμένοι, W2-W3 είναι πτωχής ως μέσης ποιότητας βραχομάζα και μέσης αντοχής, R3.

Η ταξινόμηση της βραχομάζας κατά GSI είναι 40-60.

Προτείνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού που ακολουθούν.

Για την στρώση Ι, Ασβεστόλιθος, σεισμική επικινδυνότητα κατηγορία Α.

RQD = 30-60%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-6000MPa

Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 60 MPa

Για ενιαία βραχομάζα: Ενεργή συνοχή c' = 150-200KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° - 40°

Φαινόμενο βάρος γ = 25-26 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 20KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Εγιναν έλεγχοι της δυσμενέστερης διατομής πιθανής σφήνας με το πρόγραμμα Swedge. Σύμφωνα με αυτό για σφήνες 1.5 m *1.5 m προκύπτουν ικανοποιητικοί συντελεστές ασφαλείας:

Χωρίς σεισμό: Fs=6.85>1.30

Με σεισμό κατά ΝΕΑΚ (0.36g): Fs=4.38>1.00

Με μεγάλο σεισμό (0.50g): Fs=3.84>1.00

Εγιναν έλεγχοι ανατροπής τεμάχων για τη δυσμενέστερη διατομή και με μέγιστο ύψος πρανούς H=30 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g. Στους υπολογισμούς αυτούς ελέγχθηκε η ευστάθεια τεμάχους 0.5*1.2 m, πίνακας 33.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχων με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Αθέρας.

α/α	Περίπτ	ωση	Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	2.59 > 1.40	όχι
2	Τέμαχος 0.5m x 1.2m	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.61 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.37 > 1.00	όχι

Εγιναν έλεγχοι γενικής ευστάθειας πρανούς με τα ίδια δεδομένα όπως στο προηγούμενο σημείο, με αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα 34.

Πίνακας 34: Αποτελέσματα ελέγχου γενικής ευστάθειας βραχομάζας, Αθέρας.

α/α	Πε	ρίπτωση	Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1			Janbu	όχι	7.00 > 1.40	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	3.84 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	3.25 > 1.00	όχι

Επίσης έγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν προκύπτει η ανάγκη άμεσης λήψης μέτρων προστασίας, όμως επειδή συνέβησαν ολισθήσεις βράχων θα προταθούν ορισμένα μέτρα για την προστασία του οικισμού.

5.2.11 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 11,</u> <u>Μύρτου</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με τίτλο, Περιφέρεια Ιονιων Νήσων, Δ/νση Τεχνικών Εργων, Τμήμα Συγκοινωνιακών Εργων. Αντιμετώπιση Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Κεφαλληνίας με Αποκατάσταση Καταπτώσεων Κατα Θέσεις (Β' Φάση). Αρ.Εργου: 2014ΣΕΟ7100000. Αύγουστος 2015. Αντιμετώπιση Επικινδυνότητας Επισφαλών Ογκόλιθων στην Περιοχή Μύρτου.

Γίνεται αναφορά στην περιοχή κατάντη του οδικού δικτύου όπου συνέβησαν εντονότερα κοτολισθητικά φαινόμενα. Κατά τον σεισμό του Ιανουαρίου 2014 μεγάλοι ογκόλιθοι είχαν αποσπασθεί από το ανάντι πρανές της τοπικής οδού που κατεβαίνει στην παραλία και αφού κινήθηκαν στο πρανές, κατέπεσαν στο ανάντι άκρο της παραλίας, εικόνα 19 και 20.

Οι ογκόλιθοι περίπου 160 και 20 κυβικών μέτρων προκάλεσαν βλάβες στο οδόστρωμα ευτυχώς χωρίς ατυχήματα.

Στην περιοχή το πρανές δομείται από κερματισμένους και κατακερματισμένους παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους της ζώνης Παξών ηλικίας Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου με τουλάχιστον 4 συστήμτα ασυνεχειών. Η βραχόμαζα δημιουργεί ασταθώς συγκρατούμενους ογκόλιθους οι οποίοι ευνοούν συνθήκες αποκόλλησης και κατάπτωσης κατά μήκος της απότομης κλίσης του πρανούς μέχρι την παραλία.

Η περιοχή έχει εύρος 150 μέτρα και μήκος κατά την κλίση του πρανούς μέχρι 80 μέτρα. Εγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall. Η ενέργεια πτώσης αυτών των ογκόλιθων μπορεί να φθάσει τα 15000 KJ τιμή που υπερβαίνει κατά πολύ τις ενέργειες που μπορούν να απορροφηθούν απο τους φράκτες ανάσχεσης βραχοπτώσεων, ως περίπου 5000 - 8000 KJ. Θα προταθούν μέτρα αντιμετώπισης.



Εικόνα 19: Αποψη της παραλίας του Μύρτου από ορθοφωτοχάρτη. Με κίτρινο πλαίσιο σημειώνεται η περιοχή μεγάλης επικινδυνότητας κατάπτωσης ογκολίθων που μπορούν να φθάσουν στην οδό πρόσβασης της παραλίας.



Εικόνα 20: Αποψη του κατάντη τμήματος του πρανούς στη θέση όπου κατέληξε ο ογκόλιθος 160 m³.

5.2.12 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 12,</u> <u>Χάρακα</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με τίτλο, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς 2014 Σύμβαση 6, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη, Τμήμα Οδος Χαρακας - Ασσος, χ.θ.28+500- χ.θ.32+500.

Η παρούσα περιοχή αναφέρεται στο τμήμα χ.θ.28+500 - χ.θ.32+500 της οδού Αργοστολίου - Φισκάρδου, εξαιρούμενου του υποτμήματος της γέφυρας Χάρακα. Κατά την διάρκεια των σεισμών της 26-01-2014 και 03-02-2014 σε όλο το τμήμα της οδού η διατομή της οποίας είναι σε μονόπλευρο κλίσης βραχώδες όρυγμα ύψους 10-12 m με κλίσεις πρανών συνήθως 2:1 και σχεδόν κατακόρυφες κατά θέσεις, συνέβησαν κατολισθήσεις βραχοπρισμάτων και καταπτώσεις βραχοτεμαχίων, εικόνα 20. Τα βραχοτεμάχη μεγέθους 0.6-0.8 m κατέληξαν τόσο στην πλευρική τάφρο πλάτους 2 m παρά τον πόδα του ορύγματος όσο και επί του οδοστρώματος της οδού, καταλαμβάνοντας κατά θέσεις στο σύνολο του πλάτους του οδοστρώματος περίπου 7 m.

Σύμφωνα με τα γεωλογικά δεδομένα, τα πρανή των ορυγμάτων δομούνται από ασβεστόλιθους γενικά υγιείς, κερματισμένους και μόνο κατά θέσεις ισχυρά κατακερματισμένους, αποσαθρωμένους και εδαφοποιημένους, βαθμός αποσάθρωσης Ι_Α-Ι_Β και ΙΙ συστηματικά και τοπικά ΙΙΙ έως και ΙV.

Επιλέγονται οι παρακάτω τιμές παραμέτρων σχεδιασμού για τη βραχόμαζα που δομεί την περιοχή των ορυγμάτων του εν λόγω τμήματος.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

GSI= 45-74

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000MPa

Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 65MPa

Ενεργή συνοχή c' = 200 ΚΡα

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 45°

Φαινόμενο βάρος γ = 26 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 5KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 35°

Τα γεωϋλικά κατατάσσονται στην κατηγορία Α εδαφικής τρωτότητας, βραχώδεις σχηματισμοί.

Η βραχόμαζα είναι κερματισμένη, διατρεχόμενη από συστήματα ασυνεχειών διαρρήξεων J_i και σχιστότητας S_i τα οποία ξεπερνούν τα 4 συστήματα ανά θέση.

J-F1:	16/101	J-F9:	12/323	J-F5:	15/204	J13:	64/51
J-F2:	8/140	J-F10:	8/5	J-F6:	36/231	SS1:	60/100
J3:	37/164	J-F11:	15/33	J-F7:	12/230	J-F14:	55/130
J-F4:	10/170	J12:	41/50	J-F8:	13/267	SS2:	72/332

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου δεν συναντήθηκε μόνιμη στάθμη υπόγειων υδάτων. Η περιοχή καλύπτει μεγάλο τμήμα οδού όπου συναντώνται πολλές περιπτώσεις αστάθειας των πρανών.

Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ευστάθειας βραχοσφηνών με το λογισμικό Swedge, Rocscience Inc, και αφορούσαν τις δυνητικές περιπτώσεις που γεωμετρικά σχηματιζονται σφήνες κατά τις διευθύνσεις των επιπέδων ασυνεχειών, πίνακας 35.



χ.θ..31+746- χ.θ.31+906

Εικόνα 21: Χαρακτηριστικές αποψεις από την περιοχή Χάρακα.

Ως ελάχιστος αποδεκτός συντελεστής ασφαλείας θεωρείται Fs=1.20 σε στατικές συνθήκες φόρτισης με συνήθη νερά, Fs=1.10 σε στατικές συνθήκες με max νερά 50ετίας και FS=1.00 σε σεισμό, OMOE, Τεύχος 11, Κεφάλαιο 4, παράγραφος 1.2.2.

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό Ε.Α.Κ. 2000 και την ισχύουσα τροποποίησή του με το ΦΕΚ Β' 1154/12-08-2003, η περιοχή του έργου εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ, με σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0.36g, με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη. Η σεισμική δράση σχεδιασμού τελικώς θεωρείται αυξημένη κατά 25%, A=1.25*0.36=0.45g λόγω άμεσης γειτονίας του έργου με σεισμικώς ενεργό ρήγμα.

Σχετικά με τη σεισμική δράση, στους ελέγχους ευστάθειας λαμβάνονται κατά Ε.Α.Κ. 2000, οριζόντια σεισμική επιτάχυνση: A_h = 0.50 A = 0.225g και συνυπάρχουσα κατακόρυφη σεισμική επιτάχυνση, A_v = ±0.50 A_h = ±0.113 g συνισταμένη, A_{h-v}=0.252g.

Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών ευστάθειας βραχοπρισμάτων σφηνοειδούς μορφής πίνακας 35 και 36, στην υφιστάμενη κατάσταση χωρίς τη λήψη μέτρων ενίσχυσης της ευστάθειας, διαπιστώθηκε ότι κατά θέσεις απαιτείται η λήψη μέτρων για την αύξηση των περιθωρίων ασφάλειας.

Επίσης έγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall.

Για την εν λόγω περιοχή θα επιλεχθούν διαφορετικές λύσεις αντιμετώπισης ανάλογα την κατάσταση του γεωλογικού σχηματισμού.

Πίνακας 35: Αποτελέσματα των υπολογισμών ευστάθειας βραχοπρισμάτων σφηνών.

Γ	T	_							διεύθι	von				δι	ατμητικ	ή αντο	χή
	u/a d	ισυνέχει	a 1	ασυν	έχεια 2		νυθυзιο μέγιστ	ης	μέγια κλία	της ης	ύψος πρανούς	βάρ		ασυνέ	χεια 1	ασυνε	έχεια 2
					- 55/11/6		πρανο	ύς	ανά επιφά	ητη νειας	(m)	(kN/r	m ³)	(°)	C'	φ' (°)	C'
1	1EPIOX	ΗΑαπ	ó X.O	. 28+658	έως Χ.	O. 2	8+795	1	-			I		T 17	(KPa)	• 17	(кРа)
t	1 J-F	2 (82 ,	320	J12 (49 , 23	30)	71/	270	35 /	270	9,2	26	0	35	5	35	5
ŀ	2 J-F 3 J-F	7 (78, 9 (78,	50 143	J-F14 (J12 (35,31	10) 30)	71/71/	270	35 /	270	9,2	26	0	35	5	35	5
l	4 J-F	1 (74 ,	281	J12 (49 , 23	30)	71 /	270	35 /	270	9,2	26	0	35	5	35	5
	5 J-F	1 (74 ,	281	J13 (26 , 23	31)	71/	270	35 /	270	9,2	26,	0	35	5	35	5
F	IEPIOX	HBan	0.X 0	. 29+070	70 t	9+12	71 /	270	20 /	070	26.5	06	0	35	F	35	5
ŀ	2 J-F	2 (82	320	J12 (49 . 23	30)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
l	3 J	3 (53 ,	344	J-F5 (75 , 2	24)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
ŀ	4 J	3 (53,	344	J-F11 (75, 21	13)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
ŀ	6 J	3 (53)	344	J-F14 (35 , 31	10)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
ľ	7 J-F	4 (80 ,	350	J-F10 (82 , 18	85)	71 /	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	8 J-F	4 (80 ,	350	J-F11 (75, 2	13)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
ŀ	9 J-F	5 (75)	24	SS1 (30, 28	80)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	11 J-F	5 (75 ,	24	J-F14 (35 , 3	10)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	12 J-F	6 (54	51	SS1 (30, 28	80)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
-	13 J-F	7 (78	50	SS1 (30 . 28	80)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	15 J-F	9 (78	143	J12 (49 , 23	30)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	16 J-F	9 (78	143	J13 (26, 23	31)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	17 J-F1 18 J-F1	1 (75	213	SS1 (30 . 2	80)	71/	270	30 /	270	36.5	26	0	35	5	35	5
	19 J-F1	1 (75	213	J-F14 (35 , 3	10)	71/	270	30 /	270	36,5	26	,0	35	5	35	5
	20 J1	2 (49	230	SS1 (30, 28	80)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	21 J1 23 J-F	2 (49)	230	J-F-14 (J12 (49 . 2	30)	71/	270	30 /	270	36,5	26	,0	35	5	35	5
	24 J-F	1 (74	281	J13 (26 , 23	31)	71/	270	30 /	270	36,5	26	,0	35	5	35	5
	25 J-F	1 (74	281	SS2 (18, 15	52)	71/	270	30 /	270	36,5	26	0	35	5	35	5
	0 in an						ΣΥΝΔ	ΥΑΣ	ΜΟΣ Φ	OPTI	ΣΗΣ						
	σφήνας (t)	LC1: o	LC1: συνήθη δυσμενής στάθμη νερών			μη	LC2	2: ανι νερώ	ώτατη ον 50/ε	στάθ τίας	μη		LC3	: σεισι	ιός		
		FS		όνομα αρ	νοίαχε		FS		όνομα	αρχε	iou	FS		όνομα	αρχεία	DU	
_													_				
ſ	1,04	2,59	CL	JT.A.BK.LC	1-03.swd	d i	2,43	CU	T.A.BK	LC2-0	3.swd	1,94	CL	JT.A.BK	LC3-03	swd	
	0,52	3,24	CL	JT.A.BK.LC	1-13.swd		3,01	CU	TA BY	LC2-1	3.swd	2,27	CL	IT A BY	LC3-13	.swd	
	0,45	2,41	CI	JT.A.BK.LC	1-17.sw	d	1.30	CU	T.A.BK	LC2-1	7.swd	1,01	CL	JT.A.BK	LC3-17	.swd	
t	0,41	3,67	CL	JT.A.BK.LC	1-18.swo	d :	3,21	CU	T.A.BK	LC2-1	B.swd	2,41	CL	JT.A.BK	LC3-18	.swd	
-																	
Т	11,13	2,72	CL	JT.B.BK.LC	1-01.swo	d i	2,12	CU	T.B.BK	LC2-0)1.swd	2,08	CL	JT.B.BK	LC3-01	.swd	
t	105,34	1,07	CL	JT.B.BK.LC	1-03.swo	d (0,94	CU	T.B.BK	LC2-0)3.swd	0,80	CL	JT.B.BK	LC3-03	.swd	
	27,58	2,20	CI	JT.B.BK.LC	1-05.swo	d i	1,88	CU	T.B.BK	LC2-0)5.swd	1,64	CL	JT.B.BK	LC3-05	.swd	
1	36,40	2,30	CI	JT.B.BK.LC	1-06.swo		2,07	CU	T.B.BK	LC2-0	6.swd	1,64	CL	JT.B.BK	LC3-06	.swd	
	19,37	2,61	CI	JT.B.BK.LC	1.07.swo		5.02	CU	TREK	102-0	W.SWd	1,80	CL	JI.B.BK	103-07	swd	
	10 46	6.46	CI	JT.B.BK.LC	1-10.sw		5,79	CU	T.B.BK	LC2-1	0.swd	4,63	CL	JT.B.BK	LC3-10	.swd	
1	33.51	1.70	CI	JT.B.BK.LC	1-11.swo	d	1,43	CU	T.B.BK	LC2-1	1.swd	1,31	CL	JT.B.BK	LC3-11	.swd	
1	69,26	1,75	CI	JT.B.BK.LC	1-12.swo	d ·	1,57	CU	T.B.BK	LC2-1	12.swd	1,27	CL	JT.B.BK	LC3-12	.swd	
1	16,62	3,52	CI	JT.B.BK.LC	1-13.swo	d i	2,94	CU	T.B.BK	LC2-1	13.swd	2,37	CL	JT.B.BK	LC3-13	swd	
	49,63	1,91	CI	JT.B.BK.LC	1-14.swo	d i	1,46	CU	T.B.BK	LC2-1	I4.swd	1,33	CL	JT.B.BK	LC3-14	.swd	
	29,46	2,55	CI	JT.B.BK.LC	1-15.swo		2,28	CU	T.B.BK	LC2-1	5.swd	1,85	CL	JT.B.BK	LC3-15	.swd	
-	3,41	2,70	CL	JT.B.BK.LC	1-10.SW0		1,97	CU	TBBK	102-1	17 swd	1,93	CL	IT B BK	LC3-16	swd	
	39.14	2,58	CI	JT.B.BK.LC	21-18.sw		0.86	CU	T.B.BK	LC2-1	18.swd	0.76	CL	JT.B.BK	LC3-18	swd	
	8,81	3,36	CI	JT.B.BK.LC	1-19.swo		2,91	CU	T.B.BK	LC2-1	19.swd	2,13	CL	JT.B.BK	LC3-19	.swd	
	58,51	2,10	CI	JT.B.BK.LC	1-20.swo	d	1,88	CU	T.B.BK	LC2-2	20.swd	1,53	CL	JT.B.BK	LC3-20	.swd	
	9,85	4,21	CI	JT.B.BK.LC	1-21.swa	4 ;	3,42	CU	T.B.BK	LC2-2	21.swd	2,82	CL	JT.B.BK	LC3-21	.swd	
	31,87	2,20	CI	JT.B.BK.LC	1-22.swo		1,94	CU	T.B.BK	LC2-2	2.swd	1,52	CL	JT.B.BK	LC3-22	.swd	
	7,13	4,62	CI	JI.B.BK.LC	1-23.swo		3,63	CU	TREE	102-2	CJ.SWC	3,08	CI	IT B BK	LU3-23	swd	
	34.96	0.84	C	JT.B.BKIC	1-24.5W0	d	0.58	CU	T.B.BK	LC2-2	26.swd	0.63	CL	JT.B.BK	LC3-26	swd	
	40,93	1,90	CI	JT.B.BK.LC	1-27.sw	d	1,62	CU	T.B.BK	LC2-2	27.swd	1,25	CL	JT.B.BK	LC3-27	.swd	
	10,00	7,56	CI	JT.B.BK.LC	1-28.swo	d i	7,11	CU	T.B.BK	LC2-2	28.swd	3,62	CL	JT.B.BK	LC3-28	.swd	
1	54,69	1,45	CI	JT.B.BK.LC	01-29.swo	d	1,30	CU	T.B.BK	LC2-2	29.swd	1,02	CL	JT.B.BK	LC3-29	.swd	

Πίνακας 36: Ενδεικτικό αποτέλεσμα των υπολογισμών ευστάθειας βραχοπρίσματος σφήνας.

Swedge Analysis Informatio	on				Т	race L	engths:		1
Gwedge Analysis informatio					Γ		Slope Fa	ace [m] l	Upper Face [m]
Document Name						Joint 1	5.04	3	3.00
Document Name:						Joint 2	6.10	1	.52
 CUT.A13.BK.LC3-01.swd 					L				
Project Summary:						oreies	ence:		
Job Title: ANO MERIA - ASSOS / A	REA 13					•	loint 1 [m]:	: 7.00	
Applysis Popultar						• •	Joint 2 [m]:	: 7.00	
Analysis Results:					I	nterse	ction Ang	les:	
 Analysis type: Deterministic Wedge is scaled, scale factor: 0.59 	21				Γ			Slope F	ace Upper Fac
Safety Factor: 0.7402						Joint 1	& Joint 2	2 29.01	74.28
 Weage neight (on slope) [m]: 4.74 Bench width (on upper face) [m]: 1 	.21				E	Joint 1	& Crest	95.81	29.47
Wedge volume [m ³]: 2.156						Joint 2	& Crest	55.18	76.25
Wedge weight [tonnes]: 5.605					Ľ	o o i i i i	a orest	00.10	10.20
 vvedge area (joint1) [m²]: 6.61 Wedge area (joint2) [m²]: 3.00 									
 Wedge area (slope) [m²]: 7.45 									
Wedge area (upper face) [m ²]: 2.2	0				Dip ar	nd Dij	Directi	ion:	
Effective Normal and Strength P	roperties	:					Dip [dea]	Dip Dire	ection [dea]
	loint 1	loint 2			Joint S	Set 1	74.00	281.00	131
Effective Normal force Itonnes	0.00	3.37			Joint S	Set 2	53.00	344.00	
Effective Normal stress [t/m ²]	0.00	0.85			Slope		71.00	301.00	
Shear Strength [t/m ²]	0.00	1.09			Upper	Face	35.00	301.00	
Strength due to Waviness [t/m ²]	0.00	0.00							
 Resisting force [tonnes]: 4.3 Seismic Force: Seismic force [tonnes]: 1.41 Failure Mode: Sliding on joint2 Joint Sets 1&2 line of Intersection Plunge [deg] Trend [deg] Leng 52.91 348.71 7.00 	on: ith [m]				Joint Slope	Set 2 Cohesi Friction Cohesi Friction Data Slope I Rock u Water Overha Externa Tensio	on [t/m ²]: (Angle [de Data: on [t/m ²]: (Angle [de height [m]: nit weight pressures anging sloy ally applied n crack: N ata:	0.50 	50 ipe: NO iO
					 Dir Se Tre Wedge Co 1= 	ection ismic end [de Verti ordina Joint1	ices: ates in Ea , 2=Joint2	ntersection it: 0.252 71, Plung sting,Nor 2, 3=Upp	on J1&J2 ge [deg]: 52.91 rthing,Up Form ger Face, 4=Slo
Top - Scaled	Perspective - :	Scaled		_	Point	x	У	z	
					124 0. 134 1. 234 -0 123 0.	000 135 .397 826	0.000 0. -1.277 4. -3.827 4. -4.140 5.	000 737 737 584	
Front - Scalari	Side - Scaled			•					
I TOTAL OF THE OWNER				1					

5.2.13 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 13,</u> <u>Αγ.Ειρήνη Νότια</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 4(ΕΠ1)/Κ8.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Νότιοανατολικό άκρο της Ν.Κεφαλλονιάς επί της οδού ΕΠ1 η οποία συνδέει το Αργοστόλι με το λιμάνι του Πόρου και τους οικισμούς Περατάτα-Μουσάτα - Βλαχάτα - Ατσουτιάδες - Πάστρα- Ασπρογέρακα - Τζανάτα - Πόρος από την χ.θ.29+650 εώς την χ.θ.20+800.

Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από λοφώδη περιοχή στο υψόμετρο +185 m. Από την χ.θ.29+650 εώς την χ.θ.20+700 οι κλίσεις του φυσικού αναγλύφου είναι της τάξεως των 20°. Στο υπόλοιπο τμήμα εώς την χ.θ.20+800 το ύψος των πρανών ήταν της τάξεως των 7-20 m και κλίσεις 20° έως παρακατακόρυφες έχει διαμορφωθεί τεχνητό πρανές με ενδιάμεσους αναβαθμούς σε 5-12 m, πλάτους 4.5 m και 3.0 m με ενδιάμεσες κλίσεις πρανών 3:2 στα κατώτερα τμήματα και 2:1 στο ανώτερο τμήμα, εικόνα 22.



Εικόνα 22: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Αγ.Ειρήνη Νότια.

Στην περιοχή όπου διαμορφώθηκε το πρανές υπήρχαν ογκόλιθοι ψηφιδοπαγών και κροκαλο-λατυποπαγών συγκολλημένων, κατά θέσεις κατακερματισμένων και έντονα αποσαθρωμένων οι οποίοι με τις εκσκαφές απομακρύνθηκαν με αποτέλεσμα στο διαμορφωμένο πρανές να εμφανίζεται ο κατώτερος σχηματισμός από αργιλικές μάργες αποσαθρωμένες.

Εντονη παρουσία νερού υπάρχει στις χ.θ.29+650 εώς την χ.θ.20+700.

Από τον χειμώνα του 1994 μέχρι τον Μάρτιο του 2014 στην περιοχή εκδηλώνονται κατολισθητικά φαινόμενα ανάντη και κατάντη του δρόμου με καταστροφές τμημάτων του οδικού άξονα.

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης εμφανίχονται αργιλο-κλαστικά ιζήματα, αργιλικές μάργες γκρίζου χρώμτος, με υπερκείμενα ψηφιδοπαγή και κροκαλο-λατυποπαγή ασβεστολιθικά,

συγκολλημένα, καστανότεφρου χρώματος με επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης καστανέρυθρου χρώματος.

Συνοπτικά το υπέδαφος διαχωρίζεται σε δύο κύριες στρώσεις ως ακολούθως.

Στρώση Ι: Συναντάται από βάθος 0.0 ως 3.0 και κατά τόπους 6.50 m. Αποτελείται από αργιλώδεις χάλικες GC και αμμώδη άργιλο CL καστανότεφρου χρώματος. Κατά θέσεις συναντώνται ψηφιδοπαγή και κροκαλο-λατυποπαγή συγκολλημένα, κατά θέσεις κατακερματισμένα και έντονη αποσάθρωση έως παραμένον έδαφος.

Στρώση ΙΙ: Συναντάται από βάθος 3.00 - 6.50 ως 25.00 m. Αποτελείται από αμμώδη άργιλο CL γκρίζου χρώματος σκληρή, κατά θέσεις αμμοχαλικώδης και αργιλική μάργα με εγκλωβισμένους κατά θέσεις αμμοχαλικώδεις ορίζοντες. Οι μηχανικές παράμετροι δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 37.

Πίνακας 37: Απλοποιημένη τομή του εδάφους, Αγ.Ειρήνη Νότια.

	ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΟΜΗ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ										
Βάθος											
0.0m	Φυσικό έδαφος										
<u>Στρωση Ι</u>	Αργιλωοεις χαλικες (GC), και (Ψηφιδοπαγές έως κροκαλοπ	Αργιλος (CL) αμμωοης, πυκνης αποθεσεως ιαγές, παραμένον έδαφος)									
2.5m έως 5.3m	$N_{SPT} = 30$	c _u = 150kPa									
<u> </u>	c′ = 15kPa	$\phi_{u} = 0^{\circ}$									
	$\varphi' = 30^{\circ}$	E _{oed} = 12000kPa									
3.0m έως 6.5m	$\gamma = 21 \text{kN/m}^3$										
Στρώση II	Άργιλος (CL), κατά θέσεις αμ	μοχαλικώδης, σκληρή (Αργιλόμαργα μαλακή)									
	Ν _{SPT} = Άρνηση										
	c´ = 30 έως 40kPa	c _u = 400kPa									
	φ´ = 30° έως 32°	$\phi^n = 0^{\circ}$									
	$\gamma = 23$ kN/m ³	E _{oed} = 50000kPa									
		σ _{ci} = 0.5MPa									
25.0m											
	Ι έλος Ι εωτρησεων (χωρίς κλίμακα)										
Υπόμνημα											
c´ = Ενεργός συν	νοχή	γ = Υγρό φαινόμενο βάρος									
φ΄ = Ενεργός γω	νία εσωτερικής τριβής	E _{oed} = Ειδικό μέτρο συμπιεστότητας									
c _u = Αστράγγιστη	η διατμητική αντοχή	σ _{ci} = Αντοχή ημίβραχου σε μονοαξονικr									
Φ _u = Αστράγγιστη γωνία εσωτερικής τριβής <u></u> Στάθμη υπογείων υδάτων											

Εγιναν έλεγχοι ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα αποτελέσματα του πίνακα 38.

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή G315, χ.θ.29+750, μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα αποτελέσματα του πίνακα 39.

Το μέγιστο ύψος πρανούς ελήφθησε 17.50 m με δύο ενδιάμεσους αναβαθμούς πλάτους 6 και 2.5 m σε ύψος 5 m και 11.50 m περίπου και ενδιάμεσα κλίση 3:2 περίπου με βάση τις μέσες και ελάχιστες αναλυτικές παράμετρους αντοχής που προέκυψαν από τις ανάδρομες αναλύσεις για την ευστάθεια του πρανούς με την μέθοδο Janbu της οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium.

Οι συντελεστές ασφαλείας που προκύπτουν είναι μικρότεροι από τους απαιτούμενους, συνεπώς απαιτείται η υποστήριξη του πόδα του πρανούς.

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας διαμρφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή G315, χ.θ.29+750, με υποστήριξη του πόδα του πρανούς με πασσάλους Φ500 με σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25, με χαλύβδινες διατομές HEB180 ανά 1.80 m αξονική απόσταση και L_{πακτ} = 10 m πίνακας 40.

Πίνακας 38: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς, Αγ.Ειρήνη Νότια.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης	Γεωτεχνικές παράμετροι
1			ΟΧΙ	NAI	0.94 < 1.40	NAI	c'=15kPa, φ'=30° γ=21kN/m³
2			NAI	NAI	0.79 < 1.00	NAI	c'=20kPa, φ'=30 ^{o,} γ=21kN/m ³
3	G315	Janbu	OXI	NAI	1.04 < 1.40	Οριακή Ισορροπία	c'=20kPa, φ'=30 ^{o.} γ=21kN/m ³
4			OXI	NAI	1.15 < 1.40	Λίγο επάνω από την Οριακή Ισορροπία	c'=25kPa, φ'=30 ^{o.} γ=21kN/m ³
5			NAI	NAI	0.90 < 1.00	NAI	c'=25kPa, φ'=30° γ=21kN/m³

Πίνακας 39: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή, χ.θ.29+750, Αγ.Ειρήνη Νότια.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης
1			Μέσες c'=20kPa,	ΟΧΙ	ΟΧΙ	1.28 < 1.40	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
2		Janbu	φ'=30°. γ=21kN/m ³	NAI	ΟΧΙ	0.93 < 1.00	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
3	G315		Μέσες c'=15kPa, φ'=30°, v=21kN/m ³	ΟΧΙ	OXI	1.31 < 1.40	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
4				охі	NAI	1.22 < 1.30	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
5			1	NAI	NAI	0.92 < 1.00	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)

Πίνακας 40: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή, χ.θ.29+750, Αγ.Ειρήνη Νότια με εφαρμογή πασσαλοστοιχίας.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης									
1				OXI	OXI	1.53 > 1.40	OXI									
2				OXI	ΟΧΙ	1.44 > 1.40	OXI									
3				OXI	NAI	1.48 > 1.30	OXI									
4				NAI	NAI	1.06 > 1.00	OXI									
5	G315	Janhu	Ελάχιστες c'=15kPa,	OXI	NAI	1.37 > 1.30	OXI									
6	0010	Janba	φ'=30°. γ=21kN/m ³	NAI	OXI	1.05 > 1.00	OXI									
7				NAI	NAI	1.00 = 1.00	охі									
8														OXI	ΟΧΙ	1.64 > 1.40
9				OXI	NAI	1.44 > 1.30	OXI									
10				NAI $(q_{r}=0.30q)$	OXI	1.05 > 1.00	OXI									

Τα αποτελέσματα μετά την κατασκευαστική λύση κρίνονται ικανοποιητικά.

5.2.14 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 14,</u> <u>Ελειός Πρόννοι</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 4(ΕΠ1)/Κ7.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Νότιο άκρο της Ν. Κεφαλληνίας, επί της οδού ΕΠ1, η οποία συνδέει το Αργοστόλι με το λιμάνι του Πόρου και τους οικισμούς Περατάτα-Μουσάτα-Βλαχάτα-Ατσουτιάδες-Πάστρα-Ασπρογέρακα-Τζανάτα-Πόρος στην χ.θ. 29+000 έως την χ.θ. 29+300. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από λοφώδη περιοχή, με υψόμετρο +236 m.

Απο τον χειμώνα του 1994 εκδηλώθηκαν κατολισθητικά φαινόμενα μέχρι τον Μάρτιο του 2014 μετά τους σεισμούς όταν προκλήθηκαν αποκολλήσεις τεμάχων και ογκόλιθων που έφτασασν στο ρείθρο στην άκρη του οδοστρώματος. Πριν τις αστοχίες το μέγιστο ύψος των πρανών ήταν 17 m με κλίσεις μεταξύ 45° και παρακατακόρυφες.

Στην παρούσα κατάσταση έχει διαμορφωθεί ένα νέο πρανές με ενδιάμεσο αναβαθμό σε ύψος 6 m πλάτους 2.5 m ως 4 m στο τμήμα χ.θ. 28+990 - χ.θ. 29+070 και αντίστοιχα με ενδιάμεσο αναβαθμό σε ύψος 10 m πλάτους 3.5 m στο τμήμα χ.θ. 29+040 - χ.θ. 29+070.

Ενδιάμεσες κλίσεις πρανών 1:1 στα κατώτερα τμήματα και 3:2 στο ανώτερο τμήμα, εικόνα 23.



Εικόνα 23: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Ελειός Πρόννοι.

Συνοπτικά το υπέδαφος διαχωρίζεται σε δύο κύριες στρώσεις ως ακολούθως.

Στρώση Ι: Συναντάται από βάθος 0.0 ως 5.0 και κατά τόπους 7.0 m. Αποτελείται από αργιλώδεις χάλικες GC και αμμώδη άργιλο CL καστανότεφρου χρώματος. Ψηφιδοπαγή και κροκαλο-λατυποπαγή ασβεστολιθικής σύστασης, συγκολλημένα, καστανότεφρα, κατά θέσεις κατακερματισμένα με έντονη αποσάθρωση έως παραμένον έδαφος. Βαθμός αποσάθρωσης W4-W6 και αντοχή πολύ χαμηλή R0-R1.

Στρώση ΙΙ: Συναντάται από βάθος 5.00 - 6.50 ως 27.00 m. Αποτελείται από αμμώδη άργιλο CL γκρίζου χρώματος σκληρή, κατά θέσεις αμμοχαλικώδης και αργιλική μάργα με εγκλωβισμένους κατά θέσεις αμμοχαλικώδεις ορίζοντες. Επίσης εμφανίζονται ενστρώσεις ιλύος ML.

Οι μηχανικές παράμετροι δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 41.

Στην περιοχή μελέτης οι πρακτικά αδιαπέρατες αργιλόμαργες καλύπτονται από υδροπερατούς σχηματισμούς ψηφιδοπαγών και κροκαλο-λατυποπαγών με αποτέλεσμα στην επαφή τους και όπου η μορφολογία το επιτρέπει να δημιουργείται εκφόρτιση των υδάτων με την μορφή πηγαίων αναβλήσεων και μικροαναβλύσεων. Τα νερά αυτά αλλά και άλλα από την μάζα των αργιλομαργών, εμποτίζουν τους υποκείμενους εδαφικούς σχηματισμούς απομειώνοντας τις γεωμηχανικές τους παράμετρους.

Εγιναν έλεγχοι ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα δεδομένα και αποτελέσματα του πίνακα 42.

Οι έλεγχοι έγιναν για μέγιστο ύψος πρανούς H=18 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g.

	ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ	ΤΟΜΗ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ				
Βάθος						
0.0m	Φυσικό έδαφος					
<u>Στρώση Ι</u>	Αργιλώδεις χάλικες (GC), και	ογιλος (CL) αμμώδης, μέσης πυκνότητας				
3.0m έως 10.0m	$N_{SPT} = 20$	c _u = 80kPa				
<u> </u>	c´ = 20 έως 30kPa	$\varphi_u = 5^{\circ}$				
	φ´ = 30°	E _{oed} = 10000kPa				
5.0m έως 7.0m	$\gamma = 21$ kN/m ³					
Στρώση II	Άργιλος (CL), κατά θέσεις αμι	ιοχαλικώδης, σκληρή (Αργιλόμαργα μαλακή)				
	Ν _{SPT} = 40 έως Άρνηση					
	c´ = 25 έως 30kPa	c _u = 250kPa				
	φ´ = 30° έως 32°	$\varphi_u = 5^{\circ}$				
	$\gamma = 23 \epsilon \omega \varsigma 24 k N/m^3$	E _{oed} = 30000kPa				
27.0m						
	Τέλος Γεωτρήσεων	,				
V-former a	(χωρις κλιμακα)					
$\underline{\mathbf{r}} = \mathbf{F} \mathbf{v} \mathbf{c} \mathbf{v} \mathbf{v} \mathbf{c} \mathbf{c} \mathbf{r} \mathbf{u}$	VOVÓ	ν = Χυρό φαινόμενο βάρος				
c = Evepyog oo		γ = Τγρο φαίνομενο ράρος Ε , = Ειδικό μέτοο συμπιεστότατας				
$\varphi = \Box v c p v 0 \zeta v \omega$	and comichicity initially					
0₀− Αστραγγιστή	ι οιατμητική αντοχή	Σταθμη υπογειων υόατων				
Φս ⁼ Αστράγγιστη	η γωνία εσωτερικής τριβής					

Πίνακας 41: Απλοποιημένη τομή του εδάφους, Ελειός Πρόννοι.

Οπως και συνέβει τα πρανή δεν ευσταθούν στην περίπτωση σεισμού προκαλώντας τις παρατηρούμενες επιφανειακές ολισθήσεις.

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή G207, χ.θ.29+020, μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα αποτελέσματα του πίνακα 43.

Το πρανές με ύψος 17.7 m με ενδιάμεσο αναβαθμό σε ύψος 6 m πλάτους 2.4 m με κλίσεις 1:1 στο κατώτερο τμήμα και 3:2 στο ανώτερο τμήμα δεν ευσταθεί στην περίπτωση σεισμού. Θα απαιτηθεί κατασκευαστική λύση ώστε να προκύψει επαρκής συντελεστής ασφαλείας.

Πίνακας 42: Αποτελέσματα ελέγχων ανατροπής τεμάχους με την μέθοδο οριακής ισορροπίας, Ελειός Πρόννοι.

α/α	Περίπτ	ωση	Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Αστοχία
1		c' = 30kPa φ' =32° γ = 24kN/m ³	Janbu	όχι	1.39 ≈ 1.40	οριακή ισορροπία
2	Εδαφοποιημένο - ημιβραχώδες	Με Σεισμό ΝΕΑΚ c' = 30kPa φ' =32° γ = 24kN/m ³	Janbu	ναι	0.91 < 1.00	ναι
3	τέμαχος	Με Μεγάλο Σεισμό c' = 30kPa φ' =32° γ = 24kN/m ³	Janbu	ναι	0.77 < 1.00	ναι
4		Με Μεγάλο Σεισμό c' = 40kPa φ' =32° γ = 24kN/m ³	Janbu	ναι	0.99 ≤ 1.00	ναι

Πίνακας 43: Αποτελέσματα ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς στην δυσμενέστερη διατομή χ.θ.29+020, Ελειός Πρόννοι.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικές παράμετροι	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης	
1		9207 Janbu	c'=25kPa, φ'=30 ^{o,} γ=24kN/m ³	OXI	ΟΧΙ	1.36 < 1.40	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)	
2	— G207			c'=25kPa,		NAI	1.23 < 1.30	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
3				φ=30 γ=24kN/m ³	NAI	NAI	0.89 < 1.00	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)
4				NAI (a _h =0.22g)	NAI	0.84 < 1.00	ΝΑΙ (Απαιτείται υποστήριξη στον πόδα)	

5.2.15 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 15,</u> <u>Μουσάτα Λατομείο</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 4(ΕΠ1)/Κ3.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Νότιο άκρο της Ν. Κεφαλληνίας, επί της οδού ΕΠ1, η οποία συνδέει την ΕΟ50 Αργοστόλι, με τους οικισμούς Περατάτα-Μουσάτα-Βλαχάτα-Ατσουτιάδες-Πάστρα-Ασπρογέρακα-Τζανάτα-Πόρος στην χ.θ. 11+600 έως την χ.θ. 11+760. Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από πεδινή έως λοφώδη περιοχή, με οικονομική δραστηριότητα, λατομείο.



Εικόνα 24: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Μουσάτα Λατομείο.

Στην περιοχή εμφανίζεται φυσικό πρανές με μέγιστο ύψος 8 m με κλίση κυμαινόμενη 70°-80°. Ως συνέπεια των σεισμών εκδηλώθηκαν ολισθήσεις στη Χ.Θ.11+710 κατά μήκος της επαφής των ασβεστολίθων με τα υπερκείμενα χαλαρά κροκαλοπαγή του τεταρτογενούς. Επίσης μεταξύ στην χ.θ. 11+720 έως την χ.θ. 11+760 σημειώθηκαν ολισθήσεις επί ασυνεχειών του ασβεστόλιθου, εικόνα 24.

Η θέση βαθμολογείται με 303 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μεσαίου κινδύνου.

Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις ανά θέση, διαχωρίζονται 2 στρώσεις του εδάφους.

Στρώση Ι: Πρόκειται για Πλειστοκαινικά, μέτρια συγκολλημένα κροκαλοπαγή εμφανιζόμενα ως χάλικες ερυθροκάστανου χρώματος με ενστρώσεις άμμου πυκνής απόθεσης και άργιλου με τεμάχη κροκαλοπαγούς κατά θέσεις.

Στρώση ΙΙ: Πρόκειται για Κρητιδικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους, κατακερματισμένους με μεγάλες διακυμάνσεις σχήματος των τεμάχων, με τέσσερεις ή και περισσότερα συστήματα ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες είναι πληρωμένες με αργιλικό υλικό ή ασβεστίτη. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κλιμακωτές έως κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται μετρίως αποσσαθρωμένοι W3 και είναι υλικό πολύς πτωχής ποιότητας ως βραχομάζας κατά GSI μεταξύ 15-30 και πολύ χαμηλής αντοχής, R1.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως.

Για τη

Ι ια την στρώση Ι:	$N_{spt} = 40$					
	Ενεργή συνοχή c' = 0-5ΚΡa					
	Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 33° - 34°					
	Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ _{ci} = 5 - 10MPa					
	Φαινόμενο βάρος γ = 21 KN/m³					
	Μέτρο συμπιεστότητας Ε _{oed} = 15000-16000MPa					
Για την στρώση ΙΙ:	RQD = 20%					
	Μέτρο παραμορφωσιμότητας Ε _m = 1000-2500MPa					
	Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ _{ci} = 5 - 25ΜΡa					
Για ενιαία βραχομάζα:	Ενεργή συνοχή ϲ' = 35-50ΚΡα					
	Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 32°					
	Φαινόμενο βάρος γ = 25-26 KN/m³					
Για την διεπιφάνεια ασυνε	χειών: Ενεργή συνοχή c' = 20-30KPa					

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 32°

Σύμφωνα με την σεισμική τους επικινδυνότητα οι ασβεστόλιθοι κατατάσσονται στην κατηγορία Α ενώ τα κροκαλοπαγή στην κατηγορία Β.

Εγιναν έλεγχοι ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς με την μέθοδο Janbu της οριακής ισορροπίας limit equilibrium μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα αποτελέσματα του πίνακα 44.

Πίνακας 44: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς, Μουσάτα Λατομείο.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Αποκόλλησης	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών
1	C1172	Janbu	οχι	OXI	1.27 < 1.30	NAI	c'=40kPa, φ'=30°
2	GTTZ	Janbu	NAI	OXI	0.94 < 1.00	NAI	γ=24kN/m ³

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας νέου διαμορφωμένου πρανούς στην Χ.Θ.11+730 με μέγιστο ύψος πρανούς H=21.5 m και κλίση 50°με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu και Bishop μέσω του προγράμματος Larix-2S, χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, πίνακας 45.

Πίνακας 45: Αποτελέσματα ευστάθειας του νέου διαμορφωμένου πρανούς, Μουσάτα Λατομείο.

α/α	Διατομή	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών	Μέθοδος	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1		a'=40kDa	Janbu	OXI	OXI	1.34 > 1.30	OXI
2	G1173	c'=40kPa, $\phi'=30^{\circ}$	Bishop	OXI	OXI	1.37 > 1.30	OXI
3		γ-24KN/III	Bishop	NAI	OXI	1.02 > 1.00	OXI

Τέλος πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για την κύλιση καταπίπτοντων βραχωδών τεμάχων με το πρόγραμμα Rocfall.

Για την εν λόγο περιοχή θα προταθούν ορισμένα μέτρα αντιμετώπισης έναντι των καταπτώσεων.

5.2.16 <u>Γεωτεχνική Αξιολόγηση και Συνθήκες Ευστάθειας Πρανών, Περιοχή 16,</u> <u>Μουσάτα Βενζινάδικο</u>

Την βιβλιογραφική πηγή της παραγράφου αποτελεί η Τεχνική Εκθεση με θέμα, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς - Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 4(ΕΠ1)/Κ2.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο Νότιο άκρο της Ν. Κεφαλονιάς, επί της οδού ΕΠ1, η οποία συνδέει την ΕΟ50 Αργοστόλι, με τους οικισμούς Περατάτα-Μουσάτα-Βλαχάτα-Ατσουτιάδες-Πάστρα-Ασπρογέρακα-Τζανάτα-Πόρος στην χ.θ. 11+400 έως την χ.θ. 11+500.

Στην θέση αυτή η οδός διέρχεται από πεδινή έως λοφώδη περιοχή, με οικονομική δραστηριότητα, βενζινάδικο και σπίτια.

Στην περιοχή εμφανίζεται φυσικό πρανές σε απόσταση 2-5 m από το οδόστρωμα. Το πρανές έχει μέγιστο ύψος μετά τους σεισμούς 10 m με κλίση κυμαινόμενη 60°-70°. Ως συνέπεια των σεισμών εκδηλώθηκαν ολισθήσεις μεγάλων τεμάχων από τα ψηλότερα σημεία του φυσικού πρανούς που είχε ύψος 13 m τα οποία συσσωρεύτικαν στην άκρη του δρόμου, εικόνα 25.

Η θέση βαθμολογείται με 222 βαθμούς κατά RHRS και είναι θέση μικρού κινδύνου.

Με βάση τις επιτόπου παρατηρήσεις διαχωρίζονται 2 στρώσεις του εδάφους.

Στρώση Ι: Πρόκειται για Πλειστοκαινικά, μέτρια συγκολλημένα κροκαλοπαγή εμφανιζόμενα ως χάλικες ερυθροκάστανου χρώματος με ενστρώσεις άμμου πυκνής απόθεσης και άργιλου με κροκάλες κατά θέσεις.



Εικόνα 25: Χαρακτηριστική άποψη από την περιοχή Μουσάτα Βενζινάδικο.

Στρώση ΙΙ: Πρόκειται για Κρητιδικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους, κατακερματισμένους με μεγάλες διακυμάνσεις σχήματος των τεμάχων, με τέσσερεις ή και περισσότερα συστήματα ασυνεχειών. Οι ασυνέχειες είναι πληρωμένες με αργιλικό υλικό ή ασβεστίτη. Οι επιφάνειές τους είναι τραχείες, κλιμακωτές έως κυματοειδείς.

Επιφανειακά οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται μετρίως αποσσαθρωμένοι, W3-W4 και είναι υλικό πολύς πτωχής ποιότητας ως βραχομάζας κατά GSI μεταξύ 20-35 και πολύ χαμηλής αντοχής, R1.

Με βάση την επιτόπου έρευνα μέσω των κριτηρίων αστοχίας Hoek & Brown οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού προτείνεται να ληφθούν ως ακολούθως,

Για την στρώση ΙΙ: RQD = 20%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 500-2500MPa

Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 5 - 10ΜΡa

Για ενιαία βραχομάζα: Ενεργή συνοχή c' = 30KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 32°

Φαινόμενο βάρος γ = 25 KN/m³

Για την διεπιφάνεια ασυνεχειών: Ενεργή συνοχή c' = 20-25KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 32°

Εγιναν έλεγχοι ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς μέσω του προγράμματος Larix-2S με τα αποτελέσματα του πίνακα 46.

Πίνακας 46: Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας του φυσικού αδιαμόρωτου πρανούς, Μουσάτα Βενζινάδικο.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Κατολίσθησης
1			Janbu	όχι	1.77 > 1.30	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.08 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.95 < 1.00	ναι

Οι έλεγχοι έγιναν για μέγιστο ύψος πρανούς H=13 m με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h =0.36g και α_v =0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h =0.50g και α_v =0.25g. Οι παράμετροι του εδάφους που δόθηκαν για τον υπολογισμό ήταν c' = 30KPa, φ' = 32° και γ = 25 KN/m³. Το πρανές όπως και συνέβη δεν ευσταθεί στην περίπτωση σε σεισμό.

Εγιναν έλεγχοι αναλύσεων ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς μέ ύψη 9 και 13 m και κλίση 2:1 που αντιπροσωπεύει την σημερινή κατάστασταση όπου έχει γίνει μιά πρώτη διευθέτηση - καθαρισμός του πρανούς. Οπως φαίνεται στους πίνακες 47, 48 προκύπει η ανάγκη για περαιτέρω ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας στην εν λόγω περιοχή.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Κατολίσθησης
1			Janbu	όχι	1.70 > 1.30	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.03 > 1.00	όχι (οριακά)
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.89 < 1.00	ναι

Πίνακας 47: Αποτελέσματα ανάλυσης ευστάθειας πρανούς για ύψος πρανούς 9 m.

Πίνακας 48: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας βραχόμαζας για ύψος πρανούς 13 m Αθέρας.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Κατολίσθησης
1			Janbu	όχι	1.49 > 1.40	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	0.98 ≈ 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	0.87 < 1.00	ναι

5.3 Διαχωρισμός των Αστοχιών σε Ομάδες με Γεωτεχνικά Κριτήρια

5.3.1 <u>Γενικά</u>

Από τις περιπτώσεις των συνολικά 16 περιπτώσεων με αστοχίες που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, οι 8 εντοπίζονται σε βραχώδεις περιοχές με Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, 2 σε περιοχές με Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους, 5 σε περιοχές με εδαφικούς σχηματισμούς ή σε εδαφικούς σε επαφή αποσαθρωμένων ασβεστόλιθων ή κροκαλοπαγών. Επιπλέον η περιοχή του Χάρακα εμφανίζει ένα τμήμα με Κρητιδικούς ασβεστόλιθους και ένα τμήμα με εδαφικούς σχηματισμούς.

Οι κατηγορίες που αντιστοιχούν σε ασβεστολιθικά πετρώματα έχουν μικρή διακύμανση των τιμών μεταξύ τους με τις τιμές των Κρητιδικών Ασβεστόλιθων συγκριτικά να υπερτερούν ελαφρά των Ηωκαινικών. Δίνεται για παράδειγμα προς σύγκριση από την γεωτεχνική αξιολόγηση, η περιοχή 07, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια, όπου εμφανίζονται και οι δύο σχηματισμοί, με τους Ηωκαινικούς να βρίσκονται στο όριο της περιοχής εκτός της θέσης αστοχίας.

Στρώση Ι, Κρητιδικούς ασβεστόλιθους: RQD = 30-50%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας E_m = 3000-7000MPa

Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 35 - 60MPa

Ενεργή συνοχή c' = 120 - 150 KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37°

Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Στρώση ΙΙ, Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους: RQD = 30-50%

Μέτρο παραμορφωσιμότητας Ε_m = 2000-4000MPa Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_{ci} = 30 - 40MPa

Ενεργή συνοχή c' = 120 KPa

Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής φ' = 37° Φαινόμενο βάρος γ = 27 KN/m³

Στα επόμενα γίνεται ο διαχωρισμός των αστοχιών βάσει των γεωλογικών σχηματισμών και του ελέγχου δυνητικής αστοχίας που πραγματοποιήθηκε ό οποίος είναι χαρακτηριστικός του τύπου του εδάφους ή του πετρώματος.

5.3.2 Αστοχίες σε Κρητιδικούς Ασβεστολιθικούς Σχηματισμούς

Στις περιοχές όπου εμφανίζονται κατά κύριο λόγο Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι με ως επί το πλείστον καλύτερα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά από άλλους τύπους σχηματισμών, παρατηρείται η δημιουργία βραχοσφηνών και κατολισθήσεις ως μπλοκ, τεμάχους ή βραχομάζας σε καθορισμένη επιφάνεια αστοχίας. Η επιφάνεια καθορίζεται από τις επιτόπου

παρατηρήσεις, τις εκτιμήσεις των μελετητών και αφορά τις διαστάσεις και την θέση στο πρανές του μπλόκ, τεμάχους, βραχομάζας που ελέγχεται ως προς τον συντελεστή ασφαλείας μέσω του υπολογιστικού προγράμματος. Στους Κρητιδικούς Ασβεστόλιθους ο διαχωρισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών των επιφανειών ασυνεχειών ή μίας καθορισμένης επιφάνειας από τα χαρακτηριστικά του υπόλοιπου πετρώματος έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία τμημάτων που ολισθαίνουν ενιαία ως βραχόσφηνες και κατολισθήσεις σε καθορισμένη επιφάνεια.

Επίσης παρατηρείται κύλιση τεμάχων επιφανειακά στο πρανές ενώ απουσιάζουν οι περιπτώσεις των περιστροφικών - κυκλικών ολισθήσεων. Στον πίνακα 49 βάσει των όσων ειπώθηκαν στην γεωτεχνική αξιολόγηση των περιοχών δίνονται οι αστοχίες στον γεωλογικό σχηματισμό των Κρητιδικών Ασβεστόλιθων και οι τύποι δυνητικών αστοχιών για κάθε περιοχή.

Πίνακας 49: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Κρητιδικών Ασβεστολίθων και τύποι δυνητικών αστοχιών.

A/A	Περιοχή	Γεωλογικός Σχηματισμός	Υψος πρανούς προς έλεγχο ευστάθειας	Τύπος Δυνητικής Αστοχίας
1	Αγ.Βαρβάρα	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	≤ 11 m.	Καθορισμένη
	Πετριά	≥ 4 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες.
2	Πετριά	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	≤ 11 m.	Καθορισμένη
		≥ 4 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες.
3	Παραλία	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	l ≤ 5 m.	Καθορισμένη
	Αγ.Κων/ου	≥ 3 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες,
	Ανατολικά			κύλιση τεμάχους.
4	Παραλία	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	l ≤ 17 m.	Καθορισμένη
	Αγ.Κων/ου	≥ 3 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες,
	Δυτικά			κύλιση τεμάχους.
5	Αγ.Σπυρίδων	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	l ≤ 12 m.	Καθορισμένη
	Φάρσα	≥ 4 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες,
				κύλιση τεμάχους.
6	Ρέμα	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	≤ 8 m.	Καθορισμένη
	Κουρουκλάτα-	≥ 3 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες,
	Κοντογουράτα			κύλιση τεμάχους.
	Νότια			
7α	Ρέμα	Κρητιδικοί και	l ≤ 20 m.	Καθορισμένη
	Κουρουκλάτα-	περιορισμένης		επιφάνεια, σφήνες,
	Κοντογουράτα	εμφάνισης Ηωκαινικοί		κύλιση τεμάχους.
	Βόρεια	Ασβεστόλιθοι, ≥ 4		
		συστ.ασυνεχειών.		
7β	Ρέμα	Κρητιδικοί και	≤ 20 m.	Καθορισμένη
	Κουρουκλάτα-	περιορισμένης		επιφάνεια, σφήνες,
	Κοντογουράτα	εμφάνισης Ηωκαινικοί		κύλιση τεμάχους.
	Βόρεια.	Ασβεστόλιθοι, ≥ 4		
	Μισγάγγεια	συστ.ασυνεχειών.		
	του ρέματος			
9	Ιαραλία	Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι,	≤ 28 m.	Καθορισμένη
	/\ιβάδι, Βόρεια	≥ 3 συστ.ασυνεχειών.		επιφάνεια, σφήνες,
		·		κύλιση τεμάχους.
12	Χάρακας	Ηωκαινικοί	≤ 12 m.	Σφήνες, κύλιση

α	Ασβεστόλιθοι,	≥	4	τεμάχους.
	συστ.ασυνεχειών.			

5.3.3 Αστοχίες σε Ηωκαινικούς Ασβεστολιθικούς Σχηματισμούς

Στις περιοχές όπου εμφανίζονται κατά κύριο λόγο Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι, οι οποίοι παρουσιάζουν ελαφρώς μειωμένες τιμές φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών από τους Κρητιδικούς Ασβεστόλιθους με τους οποίους σε πολλές περιπτώσεις βρίσκονται σε άμεση επαφή, οι επιφάνειες των ασυνεχειών στο πέτρωμα που αποκόπτουν και διαχωρίζουν τη μάζα του δεν δημιουργούν σε αυτήν την περίπτωση συνθήκες που να διευκολύνουν με μεγάλο βαθμό την δημιουργία βραχοσφηνών.

Η διαφορά των μηχανικών χαρακτηριστικών μεταξύ των ασυνεχειών από το υπόλοιπο πέτρωμα, δεν είναι τό ίδιο έντονη και καθοριστική όπως στην περίπτωση των Κρητιδικών Ασβεστόλιθων, έτσι σε αυτήν την περίπτωση οι τύποι δυνητικών αστοχιών είναι κατολισθήσεις σε καθορισμένη επιφάνεια και κύλιση τεμάχων επιφανειακά στο πρανές. Επίσης σημειώνονται περιστροφικές - κυκλικές ολισθήσεις σε κατακερματισμένους και αποσαθρωμένους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Για τις 2 περιοχές σε Ηωκαινικούς Ασβεστόλιθους οι τύποι δυνητικών αστοχιών δίνονται στον πίνακα 50.

A/A	Περιοχή	Γεωλογικός Σχηματισμός	Υψος πρανούς προς έλεγχο ευστάθειας	Τύπος Δυνητικής Αστοχίας
10	Αθέρας	Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι, ≥ 4 συστ.ασυνεχειών.	≤ 30 m.	Καθορισμένη επιφάνεια, περιστροφική ολίσθηση, κύλιση τεμάχους.
11	Μύρτος	Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι, ≥ 4 συστ.ασυνεχειών.	≥ 30 m.	Κύλιση τεμάχους.

Πίνακας 50: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Ηωκαινικών Ασβεστολίθων και τύποι δυνητικών αστοχιών.

5.3.4 <u>Αστοχίες σε Σχηματισμούς Κροκαλοπαγών, Μαργών, Αργίλων,</u> <u>Αμμοχάλικων και Αποσαθρωμένων Ασβεστολίθων</u>

Στις περιοχές όπου εμφανίζονται σχηματισμοί από υλικά μειωμένης ώς μέτρια αντοχής με αντίστοιχα παράμετρους διατμητικής αντοχής μεγάλης διακύμανσης και χαρακτηριστικά των εδαφικών στρώσεων ανομοιογενή όπως είναι τα κροκαλοπαγή, μάργες, άργιλοι και αμμοχάλικα κυμαινόμενης πυκνότητας οι δυνητικές αστοχίες είναι κατά κύριο λόγο περιστροφικής μορφής. Ασβεστολιθικά πετρώματα με βαθμό αποσάθρωσης ≥ W3 με 4 ή περισσότερα συστήματα ασυνεχειών τα οποία βρίσκονται σε επαφή ή σε εδαφικές εναλλαγές με τα προαναφερόμενα, αποκτούν την ίδια γεωτεχνική συμπεριφορά με πιθανότερες τις περιστροφικές ολισθήσεις. Σε αυτούς τους λιθολογικούς τύπους η επιρροή των υδάτων που κατεισδύουν είναι η μεγαλύτερη συμβάλλοντας στην δημιουργία των
επιφανειών αστοχίας. Στον πίνακα 51 βάσει των όσων ειπώθηκαν στην γεωτεχνική αξιολόγηση των περιοχών, δίνονται οι αστοχίες για τον σχετικό γεωλογικό σχηματισμό με τον τύπο της περιστροφικής ολίσθησης.

Πίνακας 51: Αστοχίες σε γεωλογικό σχηματισμό Κροκαλοπαγών, Μαργών, Αργίλων, Αμμοχάλικων, Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων και τύποι δυνητικών αστοχιών.

A/A	Περιοχή	Γεωλογικός Σχηματισμός	Υψος πρανούς προς έλεγχο ευστάθειας	Τύπος Δυνητικής Αστοχίας
8	Πετανιοί	4 διαφορετικές στρώσεις, Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος, αργιλοαμμώδη εδάφη.	≤ 28 m.	Περιστροφική ολίσθηση, καθορισμένη επιφάνεια.
12 β	Χάρακας	Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι πολύ αποσαθρωμένοι υπό μορφή ογκόλιθων, κροκάλων και αδρομερών υλικών.	≤ 12 m.	Περιστροφική ολίσθηση.
13	Αγ.Ειρήνη Νότια	Αποσαθρωμένα Κροκαλοπαγή - Λατυποπαγή και αργιλοαμμώδη υλικά	≤ 11.50 m.	Περιστροφική ολίσθηση.
14	Ελειός Πρόννοι	Αποσαθρωμένα Κροκαλοπαγή - Λατυποπαγή και αργιλοαμμώδη υλικά	≤ 18 m.	Περιστροφική ολίσθηση.
15	Μουσάτα Λατομείο	Κροκαλοπαγή και Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι αποσαθρωμένοι.	≤ 21.50 m.	Περιστροφική ολίσθηση.
16	Μουσάτα Βενζινάδικο	Κροκαλοπαγή και Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι αποσαθρωμένοι.	≤ 13 m.	Περιστροφική ολίσθηση.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 **Γενικά**

Στο παρόν κεφάλαιο αρχικά δίνονται επιγραμματικά τα μέτρα αντιμετώπισης στην περίπτωση κατολισθήσεων. Στην συνέχεια βάσει των όσων ειπώθηκαν στο κεφάλαιο 5 όπου διαχωρίζονται οι αστοχίες με γεωτεχνικά κριτήρια, εδώ συμπληρώνονται τα μέτρα αντιμετώπισης από τα τεύχη των τεχνικών εκθέσεων. Γίνεται αντιληπτό ότι παρά την μικρή διακύμανση των τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων σε πολλές περιπτώσεις, είναι σαφής η ταύτηση των προτεινόμενων λύσεων με συγκεκριμένες κατηγορίες γεωλογικών σχηματισμών.

6.2 Μέτρα αντιμετώπισης

6.2.1 Παρουσίαση των Μέτρων Αντιμετώπισης

Τα μέτρα αντιμετώπισης περιλαμβάνουν μέτρα πρόληψης που λαμβάνονται πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης και μέτρα αναχαίτισης, τα οποία λαμβάνονται για την παρεμπόδιση μιας νέας αστοχίας να πλήξει την περιοχή ενδιαφέροντος. Ανάλογα την περίπτωση ορισμένα από τα μέτρα μπορεί να έχουν τόσο ρόλο προληπτικό όσο και ανάσχεσης και δίνονται στην συνέχεια.

- Μεταλλικά πλέγματα κάλυψης του πρανούς, ελεύθερα ή αγκυρωμένα.
- Φυτοκάλυψη της περιοχής.
- Τάφροι ανάσχεσης στον πόδα του πρανούς.
- Αλλαγή της γεωμετρίας του πρανούς όπως μείωση κλίσης, κατασκευή αναβαθμών.
- Αποφόρτιση του πρανούς και της στέψης από ίδιο βάρος ή εξωτερικά φορτία.
- Επιφανειακή αποστράγγιση, διευκόλυνση επιφανειακής απορροής με ταυτόχρονη εμπόδιση της κατείσδυσής, κατασκευή περιφερειακής τάφρου, εξομάλυνση της επιφάνειας του πρανούς, κλείσιμο των ρωγμών, απαγόρευση της καλλιέργειας στην επικίνδυνη περιοχή, επιφανειακές τάφροι, αύλακες συλλογής υδάτων.
- Διάνοιξη φρεάτων για άντληση των υπόγειων νερών με στόχο τη ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- Στηθαίο ανάσχεσης κίνησης και συγκράτησης μαζών.
- Φράχτες ανάσχεσης.
- Τοποθέτηση συρματοκιβωτίων σεραζανέτια.
- Καθαίρεση επισφαλών ογκόλιθων, ξεσκαρώματα.
- Χρήση γεωυφασμάτων.
- Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρανούς.
- Κατασκευή πασσαλοστοιχίας στη βάση ή σε ενδιάμεσο ύψος του πρανούς.
- Κατασκευή αναχώματος ποδός, άοπλου ή οπλισμένου.
- Σκέπαστρα κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων, στις περιπτώσεις που άλλο μέτρο προστασίας δεν αποδίδει, δαπανηρές κατασκευές.
- Αγκυρώσεις.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, συνήθως σε απότομα βραχώδη πρανή, πρέπει να έχει προηγηθεί απολέπιση - φρεζάρισμα της επιφάνειας, ενώ συνοδεύεται και από κατάλληλο δίκτυο αποστραγγιστικών οπών.

Τα προαναφερόμενα μέτρα μπορούν να συνδιαστούν για την βέλτιστη τεχνική αλλά και οικονομική λύση.

6.2.2 <u>Μέτρα Αντιμετώπισης και Συμπεράσματα σε Κρητιδικούς Ασβεστολιθικούς</u> Σχηματισμούς

<u>Για την περιοχή 01, **Αγ.Βαρβάρα - Πετριά** προτείνεται η επένδυση του πρανούς με ελεύθερο μεταλλικό πλέγμα, δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία και ο υπολογισμός αντοχής των αγκυρίων, σχήμα 13.</u>

Μέσο ύψος πρανούς = 8 m

Μήκος αντιμετώπισης = 30 m

Επιφάνεια κάλυψης = 330 m²

Υψος δικτύων (επιπλέον 2 m στο φρύδι και 1 m στον πόδα) = 11 m

Θα απαιτηθούν οριζόντιοι τένοντες Φ14 στο σύστημα στην κορυφή και στον πόδα του πρανούς.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}200$ kPa = 47.7KN/m \rightarrow

Tult = 2m*47.7KN/m = 95.5 KN/αγκύριο

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους

 $\label{eq:Final} \ensuremath{\mathsf{Fig}} \ensure$

2 αγκύρια / 3 m \rightarrow 2*65 = 130 KN, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 200kPa

Αυτά αντέχουν τέμαχος όγκου (120kN/26kN /m³) = 4.6 m³ σε εφελκυσμό το οποίο είναι μεγαλύτερο από (3 m*1.5 m*0.5 m) = 2.25 m³ του μέγιστου αναμενόμενου τεμάχους, συνεπώς είναι εντάξει.

Σε διάτμηση ένα τέμαχος (3 m*1.5 m*0.5 m)* 26kN /m³ = 58.5kN<120kN, συνεπώς είναι εντάξει αφού Fs = 120/58.5 = 2.0

Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25, (30 m+30 m)/3 m = 20 τεμάχια * 2 m = 40 m



Σχήμα 13: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.

Στο εν λόγω τμήμα προτείνονται επίσης ξεσκαρώματα δηλαδή ο τεμαχισμός και απομάκρυνση τεμάχων βράχου επισφαλή για κατάπτωση, στην προκειμένη περίπτωση με όγκο περίπου 6 m³. Η κατάπτωση και ανατροπή τεμάχων εξαιτίας της πυκνότητας και κλίσης των ασυνεχειών είναι πιθανή στην περίπτωση σεισμού. Τα αποτελέσματα αντιμετώπισης συνοψίζονται στον πίνακα 52.

Πίνακας 52: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Αγ.Βαρβάρα - Πετριά.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Ελεύθερα πλέγματα (άρθρο Β-17)	330m ²
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 (άρθρο Β-23.1)	40m
Συρματόσχοινα Φ14 (άρθρο Β-31.2)	60m
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	6m ³

Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας έχουν εύκολη και σχετικά γρήγορη εφαρμογή προστατεύοντας τον δρόμο αποτρέποντας τις καταπτώσεις και την κύλιση στο οδόστρωμα τεμάχων βράχου.

<u>Για την περιοχή 02, **Πετριά**</u> προτείνεται η επένδυση του πρανούς με ελεύθερο μεταλλικό πλέγμα, δίνονται τα γεωμετρικά στοιχεία και ο υπολογισμός αντοχής των αγκυρίων. Μέσο ύψος πρανούς = 9 m

Μήκος αντιμετώπισης = 61 m

Επιφάνεια κάλυψης = 564 m² εντός ορίων της μελετηθήσας περιοχής συν 175 m² εκτός των ορίων.

Υψος δικτύων (επιπλέον 2 m στο φρύδι και 1 m στον πόδα) = 12 m.

Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25, (61 m+61 m)/3 m = 41 τεμάχια * 2 m = 82 m.

Θα απαιτηθούν οριζόντιοι τένοντες Φ14 στο σύστημα στην κορυφή και στον πόδα του πρανούς.

Ο υπολογισμός της αντοχής αγκυρίων Φ25 κορυφής και πόδα είναι ο ίδιος όπως και στην περιοχή Αγ.Βαρβάρα - Πετριά και δεν δίνεται ξανά.

Στην χ.θ. 2+910 έως την χ.θ. 2+920 προτείνεται η επισκευή του τοιχίου ανάσχεσης.

Στο εν λόγω τμήμα προτείνονται επίσης ξεσκαρώματα, τεμαχισμός και απομάκρυνση τεμάχων βράχου επισφαλή για κατάπτωση με όγκο περίπου 30 m³. Τα αποτελέσματα αντιμετώπισης συνοψίζονται στον πίνακα 53.

Προτείνεται επίσης η δενδροφύτευση με 30 κυπαρίσσια ανά 2 m στον πόδα του πρανούς.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Ελεύθερα πλέγματα (άρθρο Β-17)	739m ²
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 (άρθρο Β-23.1)	82m
Συρματόσχοινα Φ14 (άρθρο Β-31.2)	122m
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	30m ³
Επισκευή τοιχίου κατάντη οδού (σχ. άρθρο Β-6)	3m

Πίνακας 53: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Πετριά.

Για την περιοχή 03, Παραλία Αγ.Κων/νου Ανατολικά

Εγινε έλεγχος καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών σε πρανή με το πρόγραμμα Rocfall. Από τα αποτελέσματα του προγράμματος επιβεβαιώθηκε η πιθανότητα κυλίσεως βράχων στο εν λόγω πρανές.

Ενδεικτικά για Fs = 1.3, διάμετρο 1.2 m και Smax = 345 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 317*1.3 = 412 KJ και ύψος αναπήδησης 2.24 m, σχήμα 14.

Για διάμετρο 0.8 m και Smax = 80 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 125 KJ και ύψος αναπήδησης 2.9 m.

Για Fs = 3, επιλέγεται $E_{σ_{\chi \epsilon \delta i \alpha \sigma \mu o \dot{\nu}}}$ = 125*3 = 375 KJ

Προτείνεται η τοποθέστηση φράχτη ανάσχεσης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500 KJ.

Ο φράχτης θα έχει ύψος 3 m και μήκος 160 m, από την χ.θ. 3+660 έως την χ.θ. 3+820. Θα χωριστεί σε 3 τμήματα μήκους 60, 30, 70 m με ανοίγματα ανάμεσά τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου - εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m . Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς

4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = 2* π *0.038*200kPa = 47.7KN/m \rightarrow

Tult = 2.5m*47.7KN/m = 119 KPa

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους.

Για Fs=1.5 \rightarrow T_{επιτρ} = 119/1.5 = 80KN = 8 tons, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 200kPa

Στο εν λόγω τμήμα προτείνονται επίσης ξεσκαρώματα, τεμαχισμός και απομάκρυνση τεμάχων βράχου επισφαλή για κατάπτωση με όγκο περίπου 40 m³. Τα αποτελέσματα αντιμετώπισης συνοψίζονται στον πίνακα 54.



Σχήμα 14: Ιστογράμματα κατανομής της ολικής κινητικής ενέργειας και του ύψους αναπήδησης στη θέση του φράχτη ανάσχεσης.

Πίνακας 54: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Παραλία Αγ.Κων/νου Ανατολικά.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ETAG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500kJ, ύψους 3m (άρθρο Β-18.2)	160m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	252.5m
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	40m ³

Για την περιοχή 04, Παραλία Αγ.Κωνου Δυτικά

Εγινε έλεγχος καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών σε πρανή με το πρόγραμμα Rocfall γιά ύψος πρανούς 6 m και κλίση ίση με 30°. Από τα αποτελέσματα του προγράμματος επιβεβαιώθηκε η πιθανότητα κυλίσεως βράχων στο εν λόγω πρανές.

Ενδεικτικά, για διάμετρο 1.2 m και Smax = 250 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 380 KJ και ύψος αναπήδησης 2.5 m. Για συντελεστή ασφαλείας Fs = 1.3 προκύπτει Ε_{σχεδιασμού} = 1.3*380 = 494 KJ.

Για διάμετρο 1 m και Smax = 100 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 150 KJ και ύψος αναπήδησης 2.8 m. Για Fs = 3, επιλέγεται Ε_{σχεδιασμού} = 150*3 = 450 KJ.

Προτείνεται η τοποθέστηση φράχτη ανάσχεσης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500 KJ σε μήκος 200 m ύψος 3 m και σε απόσταση 8 m μέσα από το φρύδι του πρανούς.

Θα χωριστεί σε 4 τμήματα μήκους 50, 50, 60 και 40 m, με ανοίγματα ανάμεσά τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου - εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς 4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}200$ kPa = 47.7KN/m \rightarrow

Tult = 2.5m*47.7KN/m = 119 KPa

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους.

Για Fs=1.5 \rightarrow T_{επιτρ} = 119/1.5 = 80KN = 8 tons, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 200kPa

Προτείνεται η τοποθέτηση στο πρανές πλήρους αγκυρούμενου γαλβανισμένου πλέγματος με άνοιγμα 16 m όσο δηλαδή το ύψος πρανούς 12 m σύν 3 m μέσα από το φρύδι και 1 m στον πόδα και μήκους 35 m, στην χ.θ. 4+420 - χ.θ. 4+455. Θα καλύπτει μιά επιφάνεια πρανούς ίση με 560 m².

Τα πλέγματα θα αγκυρώνονται με αγκύρια στο πρανές σε τριγωνικό κάνναβο 3*3 m, ολόσωμης πάκτωσης σε ράβδο Φ25 μήκους 1.5 m. Τα συρματόσχοινα στην κορυφή και στον πόδα θα είναι Φ14 συνολικού μήκους 35+35 = 70 m.



Σχήμα 15: Συνοπική απεικόνιση των μέτρων αντιμετώπισης, Παραλία Αγ.Κων/νου Δυτικά.

Για τον έλεγχο επάρκειας αγκρίων πλήρως αγκυρούμενου συρματοπλέγματος δίνονται οι υπολογισμοί.

Ο κάνναβος των αγκυρίων Φ25/76 θα είναι 3*3 m, 4 αγκύρια. Συνεπώς για αποκόλληση τεμάχους ύψος 2 m* πλάτος 2 m* πάχος 1 m, προκύπτουν,

Vτέμαχος = 2-2*1 = 4m³*2.6t/m³ → βάρος W = 10.4 tons = 104 KN →

Τανγκύρωσης = 104/4 = 26 KN = 2.6 tons.

Μήκος οπής αγκύρωσης 1.5 m →

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}1.5$ m^{*}200kPa = 71KN/m = 7.1 tons→

Fs min = 7.1/2.6 = 2.7 > 1.5 → ΟΚ για ελάχιστη τριβή Tmin = 200kPa

Eλεγχος σε διάτμηση, Fs = 3.5 / 2.6 = 1.3 > 1.1 → OK.

Τα 2 ανάντη αγκύρια στην κορυφή Φ25/76, L=3 m θα έχουν,

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}3 \text{ m}^{*}200\text{kPa} = 142\text{KN/m} = 14.2 \text{ tons} \rightarrow$

Fs _{min} = Tult /W = 14.2 tons/10.4 tons/2 αγκύρια = 2.73 > 1.5 για την παραλαβή του φορτίου του τέμαχους.

Στο εν λόγω τμήμα προτείνονται επίσης ξεσκαρώματα, τεμαχισμός και απομάκρυνση τεμάχων βράχου επισφαλή για κατάπτωση με όγκο περίπου 10 m³. Τα αποτελέσματα αντιμετώπισης συνοψίζονται στο σχήμα 15 και στον πίνακα 55.

Πίνακας	55:	Συνοπτικά	μέτρα	αντιμετώπισης	και	προμέτρηση	των	ποσοτήτων,	Παραλία
Αγ.Κων/ι	/OU 1	Δυτικά.							

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α' κατά ETAG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500kJ, ύψους 3m (άρθρο B-18.2)	200m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	320m
Πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα (άρθρο Β-16.Α)	560m ²
Αγκύρια Φ25 ολόσωμης πάκτωσης για το πλέγμα (άρθρο Β-23.1)	193m
Συρματόσχοινα Φ14 (άρθρο Β-31.2)	70m
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	10m ³

<u>Για την περιοχή 05</u>, **Αγ.Σπυρίδων Φάρσα** έγινε στατιστική κινηματική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall.

Για το υποτμήμα χ.θ. 9+650 - χ.θ. 9+750 προτείνεται η κατασκευή φράχτη ανάσχεσης 1000 KJ, για την προστασία από καταπτώσεις.

Ελήφθησε υπόψη το ύψος τεχνητού πρανούς H=12 m και κλίση του φυσικού πρανούς 40°.

Για Fs = 1.3, διάμετρο 1.1 m και Smax = 190 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 346KJ, Ε_{σχεδ} = 346*1.3 = 450 KJ και ύψος αναπήδησης 3.90 m.

Για Fs = 3.0, διάμετρο 0.9 m και Smax = 100 m και κλίση του φυσικού πρανούς 35° προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 144KJ, E_{σχεδ} = 144*3 = 432 KJ και ύψος αναπήδησης 2.60 m.

Ο φράχτης θα έχει ύψος 4 m και σε απόσταση 8 m μέσα από το φρύδι του ορύγματος και συνολικό μήκος 100 m.

Θα χωριστεί σε 2 τμήματα μήκους 30 και 70 m με ανοίγματα ανάμεσα τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου-εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς 4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και

στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως, Tult = 160 KN και Τ_{επιτρ} = 120 KN

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους.

Για το υποτμήμα χ.θ. 9+750 έως την χ.θ. 10+000 προτείνεται η κατασκευή φράχτη ανάσχεσης 500 KJ, για την προστασία από καταπτώσεις.

Ελήφθησε υπόψη το ύψος τεχνητού πρανούς H=6 m και κλίση του φυσικού πρανούς 37°.

Για Fs = 1.3, διάμετρο 1.1 m και Smax = 190 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 322KJ, Ε_{σχεδ} = 322*1.3 = 419 KJ και ύψος αναπήδησης 3.50 m.

Για Fs = 3.0, διάμετρο 0.9 m και Smax = 100 m και κλίση του φυσικού πρανούς 37° προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 154KJ, E_{σχεδ} = 154*3 = 462 KJ και ύψος αναπήδησης 2.90 m.

Ο φράχτης θα έχει ύψος 3.5 m και σε απόσταση 8 m μέσα από το φρύδι του ορύγματος και συνολικό μήκος 250 m.

Θα χωριστεί σε 2 τμήματα μήκους 50, 70 και 130 m με ανοίγματα ανάμεσα τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου-εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη και η αντοχή σε εφελκυσμό των αγκυρίων πάπτωσης των συρματόσχοινων θα είναι ΄πως και για τον φράχτη των 1000 KJ. Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 56.

Πίνακας 56: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Αγ.Σπυρίδων Φάρσα.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ETAG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000kJ, ύψους 4m (άρθρο Β-18.5)	100m
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ETAG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500kJ, ύψους 3.5m (άρθρο Β-18.2α)	250m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 των φραχτών ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	525m

<u>Για την περιοχή 06</u>, **Ρέμα Κουρουκλάτα - Κοντογουράτα Νότια** έγινε στατιστική κινηματική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall. Ελήφθησε υπόψη το ύψος τεχνητού πρανούς H=6 m και κλίση του φυσικού πρανούς 40°.

Ενδεικτικά για Fs = 1.3, διάμετρο 1.2 m και Smax = 450 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 716KJ, Ε_{σχεδ} = 716*1.3 = 930 KJ και ύψος αναπήδησης 3.90 m.

Ενδεικτικά για Fs = 3.0, διάμετρο 1.0 m και Smax = 80 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 290 KJ, E_{σχεδ} = 290*3 = 870 KJ και ύψος αναπήδησης 4 m. Για την προστασία από καταπτώσεις προτείνεται η τοποθέστηση φράχτη ανάσχεσης και απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000KJ.

Ο φράχτης θα έχει ύψος 4 m και σε απόσταση 8 m μέσα από το φρύδι του ορύγματος και συνολικό μήκος 200 m.

Θα χωριστεί σε 4 τμήματα μήκους 50, 30, 90 και 40 m έκαστο με ανοίγματα ανάμεσα τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου-εξόδου.

Στην χ.θ. 10+800 - χ.θ. 10+850 προτείνεται επιπλέον η τοποθέστηση συρματοπλέγματος περίφραξης βρόχου 5 cm σε ύψος 2 m πίσω από τον φράχτη ανάσχεσης.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς 4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = $2^*\pi^*0.038^*300$ kP = 71.5KN/m \rightarrow

Tult = 2.5m*71.5KN/m = 179 KPa

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους.

Για Fs=1.5 \rightarrow T_{επιτρ} = 179/1.5 = 120KN = 12 tons, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 300kPa

Πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα στην χ.θ. 10+980 - χ.θ. 11+030 για κάλυψη ύψους πρανούς 15 m και μήκους 50 m.

Τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης στο φρύδι και στον πόδα από ράβδους Φ25/76 θα έχουν μήκος 3 m και απόσταση μεταξύ τους 3 m ενώ θα τοποθετούνται μέσα από το φρύδι του πρανούς 3 m. Οι οριζόντιοι τένοντες στην κορυφή και τη βάση θα είναι Φ14. Οπου υπάρχει δένδρο θα γίνεται οπή κοντά σε αυτό και πρόσδεση με τένοντα.

Στο μέτωπο του πρανούς σε κάνναβο 3*3 m θα τοποθετηθούν αγκύρια ολόδωμης πάκτωσης Φ25/76 m μήκους 1.5 m.

Ξεσκαρώματα επισφαλών για κατάπτωση τεμαχών θα απαιτηθούν σε διάφορες θέσεις. Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 57.

Πίνακας 57: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Νότια.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ΕΤΑG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000kJ, ύψους 4m (άρθρο Β-18.5)	210m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	333m
Συρματόπλεγμα περίφραξης μικρού βρόχου (≈ 5cm) (σχ. άρθρο Ε-5.2)	100m ²
Πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα (άρθρο Β-16.Α)	750m ²
Συρματόσχοινο Φ14 (άρθρο Β-31.2)	100m
Αγκύρια Φ25 ολόσωμης πάκτωσης για το πλέγμα (άρθρο Β-23.1)	193m
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	20m ³

Για την περιοχή 07, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια

Εγινε έλεγχος καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών σε πρανή με το πρόγραμμα Rocfall γιά ύψος πρανούς 5m και κλίση ίση μεταξύ 30° - 40°. Από τα αποτελέσματα του προγράμματος επιβεβαιώθηκε η πιθανότητα κυλίσεως βράχων στο εν λόγω πρανές.

Ενδεικτικά, για διάμετρο 1.4 m και Smax = 350 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 757 KJ και ύψος αναπήδησης 3.3 m. Για συντελεστή ασφαλείας Fs = 1.3 προκύπτει Ε_{σχεδιασμού} = 1.3*757 = 984 KJ.

Για διάμετρο 1 m και Smax = 100 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια 289 KJ και ύψος αναπήδησης 3.9 m. Για Fs = 3, επιλέγεται Ε_{σχεδιασμού} = 289*3 = 867 KJ.

Προτείνεται η τοποθέστηση φράχτη ανάσχεσης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000 KJ σε μήκος 730 m ύψος 4 m και σε απόσταση 8 m μέσα από το φρύδι του πρανούς.

Θα χωριστεί σε τμήματα μήκους μεταξύ 70 - 100 m, με ανοίγματα ανάμεσά τους που θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου - εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς 4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}300$ kPa = 71.5KN/m \rightarrow

Tult = 2.5m*71.5KN/m = 180 KPa

Για Fs=1.5 \rightarrow T_{επιτρ} = 180/1.5 = 120KN = 12 tons, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 300kPa

Προτείνεται η τοποθέτηση στο πρανές πλήρους αγκυρούμενου γαλβανισμένου πλέγματος όπως ακολουθεί. Στην χ.θ. 11+195 - χ.θ. 11+235, με άνοιγμα 12.5 m και μήκους 40 m, θα καλύπτει μιά επιφάνεια πρανούς ίση με 500 m². Στην χ.θ..11+280 - χ.θ. 11+340, με άνοιγμα 19 m και μήκους 60 m, θα καλύπτει μιά επιφάνεια πρανούς ίση με 1140 m².

Και για τα δύο πλέγματα τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης από ράβδο Φ25, στο φρύδι και στον πόδα θα έχουν μήκος 3 m θα τοποθετούνται ανά 3 m και σε απόσταση 3 m μέσα από το φρύδι του ορύγματος,

Τα συρματόσχοινα οριζόντιοι τένοντες στην κορυφή και στον πόδα θα είναι Φ14. Στο μέτωπο του πρανούς και σε κάνναβο 3*3 m θα τοποθετηθούν αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25, μήκους 1.5 m.

Στο εν λόγω τμήμα προτείνονται επίσης ξεσκαρώματα, τεμαχισμός και απομάκρυνση τεμάχων βράχου επισφαλή για κατάπτωση με όγκο περίπου 180 m³.

Περί την χ.θ. 11+250 προτείνεται η κατασκευή στην μισγάγγεια τοίχου πρόβολου από οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25, σε μήκος 30 m ύψους 2 m, 2.8m²/m*30 m = 84 m³, με χαλύβδυνες διατομές HEA140, 16 τεμάχια* ύψος 2.5 m = 40 m, με εύκαμπτο μεταλλικό συρματόπλεγμα, ύψος 1.5 m * μήκος 30 m = 45 m², σχήμα 16.



Σχήμα 16: Κατασκευή στην μισγάγγεια τοίχου, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια.

Προτείνεται η τοποθέστηση στη μισγάγγεια φράχτη ανάσχεσης βραχοπτώσεων χωρίς ορθοστάτες barrier, απορρόφησης ενέργειας 500KJ ύψους 3 m και συνολικού μήκους 25 m, εικόνα 26, παράδειγμα από την βιβλιογραφία (Wendeler, Salzmann, Feiger 2018). Στα εκατέωθεν πρανή για την στήριξη το φράχτη τοποθετείται πλάκα σκυροδέματος C20/25 διαστάσεων 0.3*0.5*0.4 m και 4 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης ανά πρανές, δηλαδή επί 2. Τα αγκύρια θα είναι με ράβδους Φ30 σε οπές Φ90 μήκους 6 m έκαστο. Επίσης αγκύρια Φ30 σε οπές Φ90 μήκους 3 m έκαστο τοποθετούνται στην βάση ανά 2 m. Ο τένοντας στην κορυφή του φράχτη θα είναι συρματόσχοινο ≥Φ50 και στη βάση Φ18. Τα αποτελέσματα αντιμετώπισης συνοψίζονται στον πίνακα 58.

Πίνακας 58: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Ρέμα Κουρουκλάτα-Κοντογουράτα Βόρεια.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ΕΤΑG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000kJ, ύψους 4m (άρθρο Β-18.5)	730m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	~1040m
Πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα (άρθρο Β-16.Α)	1640m ²
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του συρματοπλέγματος (αρ. Β-23.1)	550.5m
Συρματόσχοινο Φ14 (άρθρο Β-31.2)	200m
Φράχτης ανάσχεσης βραχοπτώσεων μισγάγγειας χωρίς ορθοστάτες (barrier), απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500kJ, ύψους 3m (σχ. άρθρο B-18.2)	25m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ30 του φράχτη ανάσχεσης χωρίς ορθοστάτες (barrier) (σχ. άρθρο Β-23.2, Β-23.3)	81m
Πλάκα σκυροδέματος στα πρανή. (για την στήριξη του φράχτη ανάσχεσης χωρίς ορθοστάτες) (άρθρο B-29.4.4)	1.2m ³
Ξεσκαρώματα (άρθρο Α-17)	180m ³
Τοίχος από σκυρόδεμα C20/25, ύψους 2m, σε μήκος 30m (άρθρο B-29.4.5)	84m ³
Εκσκαφή για την θεμελίωση του τοίχου (0.5m x 3m x 30m) (άρθρο B-1)	45m ³
Σκυρόδεμα καθαριότητας C8/10 πάχους 10cm (0.1m x 3m x 30m) (άρθρο B-29.1.2)	9m ³
Διάτρητος σωλήνας στραγγιστηρίου Φ200 (άρθρο ΥΔΡ 12.03.01)	30m
Αμμοχάλικο στραγγιστηρίου (άρθρο ΥΔΡ. 5.10)	6 m ³
Γεωύφασμα στραγγιστηρίου (άρθρο Β-64.1)	30m ²
Χαλύβδινες διατομές ΗΕΑ140, μήκους 2.5m (άρθρο ΟΙΚ 61.05)	40m
Εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα ύψους 1.5m (σχ. άρθρο Β-15.1)	45m ²



Εικόνα 26: Φράχτης μισγάγγειας κενός και μετά την πλήρωσή του με φερτά υλικά.

<u>Για την περιοχή 09</u>, **Παραλία Λιβάδι, Βόρεια** προτείνονται πλήρως αγκυρούμενα μεταλλικά πλέγματα, φράχτης ανάσχεσης-απορρόφησης σε 2 σημεία του πρανούς.

Στην εν λόγω περιοχή τον κύριο ρόλο στην εκδήλωση φαινομένων κατάπτωσης και ολίσθησης έχουν η πυκνότητα, οι κλίσεις των ασυνεχειών και οι στρώσεις των γεωλογικών σχηματισμών σε σχέση με την γεωμετρία των τεχνητών πρανών. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η επιφανειακή δράση του νερού με επιφανειακή απορροή και κατείσδυση μέσω των συστημάτων των ασυνεχειών.

Μετά την εφαρμογή της προστασίας στην όψη του πρανούς, θεωρείται ότι συμπεριφέρεται ως ενιαία βραχομάζα, έγιναν έλεγχοι ευστάθειας για μέγιστο ύψος πρανούς H = 28 m μέσω του προγράμματος Larix-2S με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu χωρίς και με σεισμό α_h=0.36g και α_v=0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h=0.50g και α_v=0.25g. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προκύπτουν αποδεκτοί συντελεστές ασφαλείας έναντι μεγάλης κατολίσθησης της βραχομάζας, πίνακας 59.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Αποκόλλησης
1	-		Janbu	όχι	2.00 > 1.30	όχι
2	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.27 > 1.00	όχι
3		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.03 > 1.00	όχι

Πίνακας 59: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας βραχόμαζας, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

Παρακάτω δίνονται συνοπτικοί υπολογισμοί και συμπεράσματα.

Τα πλήρως αγκυρούμενα μεταλλικά πλέγματα στην όψη του πρανούς σχήμα 17, θα έχουν ύψος όσο αυτό του πρανούς συν 3 m μέσα από το φρύδι και 1 m στον πόδα.

Μέσο ύψος πρανούς = 23 m

Aνοιγμα - πλάτος δικτύων = 27 m \rightarrow Επιφάνεια πλέγματος = 1620 m²

Τα αγκύρια θα είναι ολόσωμης πάκτωσης, Φ25/76, L=1.5 m, σε κάνναβο 3*3 m.

Τα συρματόσχοινα στην κορυφή και πόδα θα είναι Φ14, συνολικού μήκους 60+60=120 m.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76 στο μέτωπο του πρανούς για πιθανή αποκόλληση τεμάχους διαστάσεων 2*2*1 m, προκύπτει,

Vτέμαχος = 2*2*1 m = 4 m³*2.6t/m³ →

Bάρος W = 10.4 t = 104 KN → T_{anc} = 104/4 = 26 KN = 2.6 t.

 $T_{\text{ult}} = 2\pi 0.038^* 1.5 \text{ m}^* 200 \text{KPa} = 71 \text{ KN} \rightarrow$

FS = 7.1 t / 2.6 t = 2.7 > 1.5 \rightarrow OK για ελάχιστη τριβή T_{mi min} = 200 KPa

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76 στήν κορυφή και στον πόδα του πρανούς για πιθανή αποκόλληση τεμάχους διαστάσεων 2*2*1 m, προκύπτει,

Vτέμαχος = 2*2*1 m = 4 m³*2.6t/m³ \rightarrow

Βάρος W = 10.4 t / 2 αγκύρια = 5.2 t / αγκύριο →

T_{ult} = 2π0.038*3 m*200KPa = 143 KN = 14.3 t

FS = 14.3 t / 5.2 t = 2.75 > 1.5 → ΟΚ για ελάχιστη τριβή T_{mi min} = 200 KPa

Ο συνολικός αριθμός απαιτούμενων αγκύριων στο μέτωπο του πρανούς προκύπτει,

Αγκύρια Φ25, L= 1.5 m, σε κάνναβο 3*3 m = 9 m²

 $E_{\pi\lambda\epsilon\gamma\mu\alpha}$ = 1620 m² / 9 m² = 180 τεμάχια + 30 τεμάχια = 210 τεμάχια*1.5 m = 315 m.

Ο συνολικός αριθμός απαιτούμενων αγκύριων στην κορυφή και στον πόδα του πρανούς προκύπτει,

Αγκύρια Φ25, L= 3 m, (60+60)/3 = 40 τεμάχια*3 m = 120 m.

Θα τοποθετηθούν 2 ξεχωριστοί φράχτες ανάσχεσης στο τμήμα του αδιαμόρφωτου φυσικού πρανούς, σχήμα 18.

Ο φράχτης ανάσχεσης-απορρόφησης στο χαμηλότερο σημείο υπολογίζεται αφού έχει πρώτα εκτιμηθεί η μέγιστη διάμετρος του ολισθαίνοντος τεμάχους και η απόσταση - ύψος αναπήδησης μέσω του συστήματος Rock Hazard Rating System και το πρόγραμμα Rocfall. Για Fs = 1.3, ύψος αναπήδησης 1.48 m, D_{max} = 1.2 m με κλίση 33° και S_{max} = 25 m προκύπτει,

Μέγιστη ολική κινητική ενέργεια: 135 KJ

Γιά συντελεστή ασφαλείας Fs = $1.3 \rightarrow E_{\text{σχεδιασμού}}$ = 1.3*135 = 176 KJ

Για Fs = 3.0, ύψος αναπήδησης 1.58 m, D_{max} = 1.0 m με κλίση 33° και S_{max} = 25 m προκύπτει,

Μέγιστη ολική κινητική ενέργεια: 78 KJ

Γιά συντελεστή ασφαλείας Fs = 1.3 $\rightarrow E_{\text{σχεδιασμού}}$ = 3*78 = 234 KJ

Επιλέγεται φράκτης 250 KJ και ύψους 2 m για μήκος τοποθέτησης 60 m. Ο φράκτης θα χωριστεί σε 2 τμήματα μήκους 30 m έκαστο με άνοιγμα ανάμεσά τους που θα λειτουργήσει ως τμήμα εισόδου-εξόδου.



Σχήμα 17: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης στο μέτωπο του πρανούς, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

Η στήριξη της κορυφής των ορθοστατών θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπή Φ76 με L= 2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη του φράκτη θα γίνει με 2 αγκύρια Φ25/76 και L= 2.5 m. Η απόσταση των ορθοστάτων θα είναι 10 m, συνεπώς κάθε τμήμα θα έχει 4 ορθοστάτες 2 ακραίους και 2 μεσαίους.

Οι ακραίοι θα στηρίζονται από 2 στη βάση + 1 στο ανάντη συρματόσχοινο + 1 στο κατάντι συρματόσχοινο + 2 πλαϊνά = 6 τεμάχια αγκύρια Φ25.

Τα τμήματα φράκτη 2*2 μεσαίοι ορθοστάτες ανά φράχτη = 4 ορθοστάτες*6 αγκύρια ανά ορθοστάτη = 24 τεμάχια αγκύρια Φ25.

24 τεμάχια Φ25*2.5 m = 60 m αγκύρια Φ25.

Οι μεσαίοι θα στηρίζονται από 2 στη βάση + 2 στο ανάντη συρματόσχοινο + 1 στο κατάντι συρματόσχοινο = 5 τεμάχια αγκύρια Φ25.

Τα τμήματα φράκτη 2*2 μεσαίοι ορθοστάτες ανά φράχτη = 4 ορθοστάτες*5 αγκύρια ανά ορθοστάτη = 24 τεμάχια αγκύρια Φ25.

20 τεμάχια Φ25*2.5 m = 50 m αγκύρια Φ25.

Τα αγκύρια με Φ25/76 και L= 2.5 m έχουν εφελκυστική αντοχή

T_{ult} = 2π0.038*3 m*200KPa = 120 KN ανά αγκύριο = 20 t

Γιά συντελεστή ασφαλείας Fs = 1.5 \rightarrow Tεπ = 8 t = 80 KN

Σε διάτμηση έχουν αντοχή 6 t = 60 KN

Ο φράχτης ανάσχεσης-απορρόφησης στο ψηλότερο σημείο του πρανούς είναι όμοιος του προαναφερομένου, προκύπτει με αντίστοιχη υπολογιστική διαδικασία, από όπου εξάγονται σχεδόν ίδια αριθμητικά αποτελέσματα.



Σχήμα 18: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης στο ανώτερο τμήμα του πρανούς, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 60.

Πίνακας 60: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Παραλία Λιβάδι Βόρεια.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα (άρθρο Β-16.Α)	1620m ²
Συρματόσχοινο Φ14 του συρματοπλέγματος (άρθρο Β-31.2)	120m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του συρματοπλέγματος (άρθρο Β-23.1)	435m
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ΕΤΑG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 250kJ, ύψους 2m (σχ. άρθρο Β-18.1)	60m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	110m
Δεύτερος Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ETAG/ELOT, απορρόφησης ενέργειας μέχρι 250kJ, ύψους 2m (σχ. άρθρο Β-18.1)	70m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 του δεύτερου φράχτη ανάσχεσης (άρθρο Β-23.1)	110m
Απομάκρυνση υλικών από το πλάι του δρόμου (άρθρο Α-16)	10m ³

Για την <u>περιοχή 12, **Χάρακα** σε</u> βραχώδεις ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με περιορισμένο μανδύα, λίγη βλάστηση προτείνεται η ακόλουθη αντιμετώπιση για την αντιμετώπιση βραχοσφηνών και καταπτώσεων.

Πραγματοποιήθηκαν Αναλύσεις καταπτώσεων βράχων με το λογισμικό Rocfall της εταιρείας Rocscience για την διαστασιολόγηση έργων προστασίας της οδού, πίνακας 61.

Το πρόγραμμα βασισμένο στην διεθνή βιβλιογραφία εικόνα 19, χρησιμοποιεί κλασσικές εξισώσεις της φυσικής για να διαγράψει την μεταβολή της κίνησης τεμάχους βράχου που ολισθαίνει σε πρανές, καθορίζοντας τα δεδομένα για κάθε τροχιά με τυχαίο στατιστικό τρόπο εντός των ορίων μεταβολής τυπικής απόκλισης των τιμών των δεδομένων που έχουν προκαθορισθεί.

Με το πρόγραμμα επιδιώκεται μία στοχαστική ανάλυση γιά έναν τυχαίο αριθμό βράχων που αποκολλώνται, συνήθως εισάγονται 100 τεμάχια, επιλύονται οι τροχιές μετακίνησης κάθε βράχου προς τα κατάντη. Ως δεδομένο, εισάγεται η γεωμετρία της διατομής στην εξεταζόμενη θέση για όσο μήκος απαιτείται, ώστε να περιλαμβάνονται οι περιοχές όπου υπάρχουν ογκόλιθοι ή εξάρσεις της βραχόμαζας, απ' όπου είναι δυνατόν να αποσπασθούν τεμάχη βράχου.



Σχήμα 19: Μεταβολή της κίνησης τεμάχους βράχου που ολισθαίνει σε πρανές.

Πίνακας 61: Τμήμα των αποτελεσμάτων ανάλυσης καταπτώσεων βράχων με το λογισμικό Rocfall, διακρίνονται οι τροχιές πίπτοντων βράχων με κόκκινο χρώμα.



Ορίζονται ορισμένα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αυτής, είναι οι συντελεστές αναπήδησης κατά την κάθετη προς την επιφάνεια έννοια R_n και κατά την εφαπτομενική έννοια R_t καθώς επίσης και ο συντελεστής τραχύτητας - απόκλισης γεωμετρίας R_s.

Στον πίνακα 52 συνοψίζονται οι τιμές των συντελεστών R_n, R_t και R_s καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις των τιμών, οι οποίες εκτιμήθηκαν με τον παραπάνω τρόπο και χρησιμοποιούνται τελικά στους υπολογισμούς εκτίμησης των απαιτούμενων ενεργειών συγκράτησης των φραχτών προστασίας.

Είδος επιφάνειας	Rn	S _{td} (R _n)	Rt	S _{td} (R _t)	Rs
Ασβεστόλιθος με περιορισμένο μανδύα,	0.32	0.01	0.82	0.01	1.00
λίγη βλάστηση και με παρουσία λίθων (Κ)					
Βραχώδεις καταπτώσεις	0.30	0.01	0.70	0.01	1.00
Κερματισμένος ασβεστόλιθος	0.30	0.02	0.80	0.02	2.00
Σκυρόδεμα τοίχου	0.48	0.19	0.53	0.17	1.00
Ασφαλτος	0.40	0.04	0.90	0.04	1.00

Πίνακας 62: Τιμές συντελεστών (R_n, R_t, R_s)

Επιλέχθηκαν χαρακτηριστικές διατομές κατά μήκος του έργου, εξετάσθηκαν δύο τυπικά μεγέθη βράχων σε κάθε διατομή, 0.5m³ και 1.0m³. Στον Πίνακα 63, περιλαμβάνεται η σύνοψη των αποτελεσμάτων, απ' όπου διαπιστώνεται ότι φράχτες ανάσχεσης καταπτώσεων, ύψους 2 m και με ικανότητα απορρόφησης ενέργειας 150kJ και 250kJ κατά περίπτωση, είναι ικανοί να εξασφαλίσουν τη συγκράτηση των βραχοπτώσεων από τα ανάντη.

Πίνακας 63: Συνοπτικά αποτελέσματα ελέγχων καταπτώσεων βράχων - διαστασιολόγησης φραχτών ανάσχεσης καταπτώσεων στην περιοχή Χάρακα.

			Ογκος	Βάρος	Μέγιστη	Κινητική	Φράχτης	
Περιοχή		Διατομή	πρί	πρίσματος	αναπήδησ	ενέργεια	Ύψος	Απορρόφηση
		ελέγχου	σματος	(kg)	η (m)	E (kJ)	φράχτη	ενέργειας
			(m³)				(m)	E (kJ)
από	χ.θ.		0.50	1.325	0.50	110		
28+658		11	1.00	2.650	0.50	120	2	
έως	χ.θ.		0.50	1.325	0.50	60		150
28+795		12	1.00	2.650	0.50	130	2	
από	χ.θ.		0.50	1.325	0.50	130		
29+125		31	1.00	2.650	0.50	180	2	
έως	χ.θ.		0.50	1.325	0.50	120		250
29+210		32	1.00	2.650	0.50	240	2	
Φράχτης								
χ.θ. 29+3	330	45	7.00	18.550	0.55	240	2	250
έως	χ.θ.							
29+390								

<u>Επενδύσεις με ελεύθερο πλέγμα</u> έναντι καταπτώσεων βραχοτεμαχίων, με την επένδυση της παρειάς των υφιστάμενων ορυγμάτων από χ.θ. 28+658 έως χ.θ. 28+795 με

συρματόπλεγμα συγκράτησης καταπτώσεων, αγκυρωμένο μόνο στο χείλος του πρανούς, έτσι ώστε οι καταπτώσεις να οδηγούνται ελεγχόμενα στον πόδα του πρανούς.

Το συρματόπλεγμα θα συνίσταται από σύρμα διαμέτρου 3 mm εφελκυστικής αντοχής 380-550MPa διπλής στρέψης με διάσταση βρόχου 8*10 cm.

Θα κατασκευάζονται δύο σειρές ηλώσεων Φ25/50mm μήκους 3 m στο χείλος του πρανούς. Στην απόληξη του πλέγματος στον πόδα, τοποθετείται γαλβανισμένος σωλήνας Φ50 mm, σε τμήματα των 3 m ως αντίβαρο.

Επενδύσεις με αγκυρούμενο πλέγμα για τη σταθεροποίηση της παρειάς των πρανών έναντι αποσάθρωσης, αποκολλήσεων, καταπτώσεων. Πλέγμα γαλβανισμένων συρματοσχοίνων που θα στερεώνεται επί της κεκλιμένης επιφάνειας του πρανούς τοποθετούμενο κατά τρόπο ώστε να αποκαθίσταται η επαφή με την παρειά του πρανούς, θα αγκυρώνεται με την κατασκευή παθητικών αγκυρίων, ηλώσεων. Το πλέγμα διαμέτρου 10 mm, εφελκυστικής αντοχής 1700MPa, με διάσταση βρόχου 30*30 cm.

Τα διατρήματα των πάνω σειρών των αγκυρίων θα έχουν διάμετρο οπής Φ=50 mm και θα εκτελεσθούν με αερόσφυρες, διά χειρός, τα διατρήματα των κάτω σειρών θα έχουν διάμετρο οπής Φ=75÷90 mm και θα κατασκευαστούν με διατρητικό φορείο από προσωρινό δάπεδο εργασίας, επίχωμα. Οι χαλύβδινες ράβδοι των αγκυρίων θα είναι διαμέτρου Φ25mm, ολόσωμες, από χάλυβα ποιότητας τουλάχιστον B500c με χαρακτηριστικό όριο διαρροής χάλυβα fy_{o,2k}=500Mpa. Το μήκος L της ράβδου των αγκυρίων και αντίστοιχα μήκος Lο των διατρημάτων των αγκυρίων, θα είναι μετάξύ L=4 m /Lo=3.95 m, L=4.50 m /Lo=4.45 m. Η αγκύρωση των απολήξεων του πλέγματος θα γίνεται με συρματόσχοινο και γαλβανισμένα πασσαλάκια - βλήτρα Φ20, B500c, μήκους της τάξης του 1 m και πακτωμένου τμήματος 0.7 m πακτωμένα στη βραχόμαζα, εντός διατρημάτων ελάχιστης διαμέτρου Φ40mm, πληρωμένα με τσιμεντένεμα W:C=0.50.

<u>Φράχτες ανάσχεσης</u> βραχοπτώσεων ύψους 2 m και ονομαστικής ικανότητας απορρόφησης ενέργειας 150 kJ - 250 kJ. Οι χαλύβδινοι ορθοστάτες - στύλοι κάθε φράχτη θα απέχουν όσο προβλέπεται από το πιστοποιημένο σύστημα φράχτη ενδεικτικά 8-10 m και η θεμελίωσή τους θα πρέπει να γίνεται μέσω ειδικών χαλύβδινων πλακών έδρασης με αγκύρια, ο αριθμός και η διάταξη των οποίων θα είναι σύμφωνα με τις διαστάσεις της ειδικής χαλύβδινης πλάκας έδρασης.

Συνοπτικά στους γεωλογικούς σχηματισμούς των Κρητιδικών Ασβεστολίθων τα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης περιλαμβάνουν ελέυθερα ή πλήρως αγκυρωμένα πλέγματα καθώς και φράχτες ανάσχεσης κυμαινόμενης ενέργειας απορόφησης. Τα μέτρα αντιμετώπισης δίνονται ανά περιοχή στον πίνακα 64.

Γεωλογ	Γεωλογικός Σχηματισμός Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι						
A/A	Περιοχή	Τύπος	Δυνητικής	Προτεινόμενα Μέτρα			
		Αστοχίας					
1	Αγ.Βαρβάρα	Καθορισμένη	επιφάνεια,	Ελεύθερο συρμάτινο πλέγμα.			
	Πετριά	σφήνες.		Ξεσκαρώματα.			
2	Πετριά	Καθορισμένη	επιφάνεια,	Ελεύθερο πλέγμα.			
		σφήνες.		Ξεσκαρώματα.			

Πίνακας 64: Τα μέτρα αντιμετώπισης σε περιοχές όπου επικρατούν Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι.

3	Παραλία Αγ.Κων/ου Ανατολικά	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Φράχτης ανάσχεσης 500 KJ. Ξεσκαρώματα.	
4	Παραλία Αγ.Κων/ου Δυτικά	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης 500 KJ. Ξεσκαρώματα.	
5	Αγ.Σπυρίδων Φάρσα	Προκαθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Φράχτης ανάσχεσης 1000 KJ. Φράχτης ανάσχεσης 500 KJ.	
6	Ρέμα Κουρουκλάτα- Κοντογουράτα Νότια	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Συρματόπλεγμα περίφραξης. Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης 1000 KJ. Ξεσκαρώματα.	
7α	Ρέμα Κουρουκλάτα- Κοντογουράτα Βόρεια	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης 1000 KJ.	
7β	Ρέμα Κουρουκλάτα- Κοντογουράτα Βόρεια Εντός της μισγάγγειας του ρέματος	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Εντός της μισγάγγειας κατασκευή τοίχου πρόβολου επέκταση προς τα πάνω από δοκούς ΗΕΑ 140. Εντός της μισγάγγειας φράχτης από συρμάτινο πλέγμα.	
9	Παραλία Λιβάδι, Βόρεια	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης 250 KJ σε ανώτερο σημείο στο πρανές. Φράχτης ανάσχεσης 250 KJ σε κατώτερο σημείο στο πρανές.	
12α	Χάρακας	Σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Ελεύθερο συρμάτινο πλέγμα. Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης 500 KJ.	

6.2.3 <u>Μέτρα Αντιμετώπισης και Συμπεράσματα σε Ηωκαινικούς Ασβεστολιθικούς</u> Σχηματισμούς

<u>Για την περιοχή 10, **Αθέρας**</u> έγινε στατιστική ανάλυση καταπιπτόντων βραχωδών τεμαχών με το πρόγραμμα Rocfall. Ελήφθησε υπόψη το ύψος τεχνητού πρανούς H=3 m και κλίση του φυσικού πρανούς 30°.

Ενδεικτικά για Fs = 1.3, διάμετρο 2 m και Smax = 300 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 740KJ, E_{σχεδ} = 740*1.3 = 962 KJ και ύψος αναπήδησης 1.90 m.

Για διάμετρο 1.1 m και Smax = 100 m προκύπτει μέγιστη ολική κινητική ενέργεια πτώσης επι του φράχτη 258 KJ και ύψος αναπήδησης 3.94 m.

Για Fs = 3, επιλέγεται Ε_{σχεδιασμού} = 258*3 = 774 KJ

Για την προστασία από καταπτώσεις προτείνεται η τοποθέστηση φράχτη ανάσχεσης και απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000KJ

Ο φράχτης θα έχει ύψος 4 m και σε απόσταση 6 m προς τα ανάντη της επάνω νέας διανοιγόμενης οδού και συνολικό μήκος 470 m.

Θα χωριστεί σε 10 τμήματα μήκους 50 m έκαστο με ανοίγματα ανάμεσα τους που Θα λειτουργήσουν ως τμήματα εισόδου-εξόδου.

Η στήριξη της κορυφής του ορθοστάτη του φράχτη θα γίνει με 2 συρματόσχοινα προς τα ανάντη και 1 προς τα κατάντη τα οποία θα στερεώνονται από αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 σε οπές Φ76 με μήκος L=2.5 m. Η στήριξη της βάσης του ορθοστάτη θα γίνει με 2 εώς 4 αγκύρια ανάλογα τον τύπο που θα επιλεγεί, ολόσωμης πάκτωσης Φ25 ανάλογα όπως και στην κορυφή. Η μέση απόσταση των ορθοστατών θα είναι 10 m. Κάθε τμήμα φράχτη θα συνδέεται στο πλάι με 2 συρματόσχοινα τα οποία θα στερεώνονται από 2 αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25/76, L=2.5 m ανά πλευρά.

Η αντοχή των αγκυρίων Φ25/76, L=2.5m πάκτωση, σε εφελκυσμό θα είναι της τάξεως,

Tult = $2^{*}\pi^{*}0.038^{*}300$ kPa = 71.5KN/m \rightarrow

Tult = 2.5m*71.5KN/m = 179 KPa

Τα αγκύρια τοποθετούνται με 3 m απόσταση αναμεταξύ τους.

Για Fs=1.5 \rightarrow T_{επιτρ} = 179/1.5 = 120KN = 12 tons, για ελάχιστη τριβή T_{min} = 300kPa

Ως μέτρα για την αντιμετώπιση, προτείνεται απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής τα οποία προέκυψαν κατά την διάνοιξη της νέας αγροτικής οδού πρόσβασης χωματουργικών μηχανημάτων καθώς και του αγροτικού δρόμου κατάντη.

Στην αγροτική οδό προτείνεται η τοποθέτηση σιδηροσωλήνων φ60/2.5 m μήκους L=2.5 m που θα πακτωθούν 0.5 m εντός του εδάφους με σκυρόδεμα. Ενδιάμεσα των σωλήνων θα τοποθετηθεί συρματόπλεγμα περίφραξης ύψους 2 m με ελάχιστο πάχος 2 mm και 310 m μήκος, γιά την σταθεροποίηση των προϊόντων εκσκαφής που χρησιμεύουν ως τάφρος εγκιβωτισμού ογκόλιθων.

Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας δίνονται συνοπτικά στο σχήμα 20 και στον πίνακα 65.



Σχήμα 20: Συνοπτική αναπαράσταση των μέτρων αντιμετώπισης, Αθέρας.

Πίνακας 65: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Αθέρας.

Προτεινόμενο Μέτρο Προστασίας	Ποσότητα
Φράχτης ανάσχεσης κατηγορίας Α κατά ΕΤΑG/ELOT, 1000kJ, ύψους 4m (άρθρο Β-18.5)	470m
Αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25 (άρθρο Β-23.1)	800m
Συρματόπλεγμα περίφραξης ύψους 2m με σιδηροσωλήνες ανά 2.5m (άρθρο E-5.1)	310m
Απομάκρυνση υλικών εκσκαφής (άρθρο Α-16)	400m ³
Τεμαχισμός και αφαίρεση επισφαλών ογκολίθων (άρθρο Α-17)	14m ³

Για την περιοχή 11. Μύρτου εκατέρωθεν του οδικού δικτύου, προτείνεται η κατασκευή οπλισμένου επιχώματος με κλίσεις πρανών 2.75:1, εύρος στέψης 3.5m, ύψους 8.5 m στην ανάντη πλευρά και περίπου 17 m στην κατάντη, λόγω της έντονης κλίσης του πρανούς, εικόνα 27. Το επίχωμα θα έχει δύο τμήματα μήκους 65 και 125 m αντιστοίχως. Το επίχωμα με την μάζα του και την δυνατότητα παραμόρφωσης του εδαφικού υλικού κατασκευής του θα προκαλέσει την απορρόφηση της ενέργειας από τα ογκώδη τεμάχη ενώ το ύψος του είναι επαρκές ώστε να αποφευχθεί η υπερπήδηση του από τους κατολισθαίνοντες ογκόλιθους. Για τις αναλύσεις αντοχής και ευστάθειας του επιχώματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα TalRen_v4 της εταιρίας Terrasol France. Απόσπασμα των υπολογισμών δίνεται στην εικόνα 27, όπου οι γεωτεχνικές παράμετροι των υλικών αποδίδονται με αριθμητικές τιμές και χρωματική κλίμακα.



Εικόνα 27: Απόσπασμα του υπολογισμού ευστάθειας συστήματος πρανούς και επιχώματος με το πρόγραμμα TalRen_v4.

Για την προσωρινή ασφάλεια μέχρι να ολοκληρωθεί το επίχωμα προτείνεται η κάλυψη επιφάνειας 8176 m² με ελεύθερο πλέγμα και επίσης πλέγμα συρματόσχοινων κατάλληλα αγκυρωμένο. Προτείνεται επίσης η κατασκευή φράχτη ανάσχεσης, ύψους 6 m και δυνατότητας απορρόφησης ενέργειας 5000 KJ με σκοπό την συγκράτηση βραχοπτώσεων μικρού έως μέσου μεγέθους οι οποίες είναι περισσότερο πιθανές.

Τα μέτρα προσωρινής ασφάλειας θα υλοποιηθούν σε δύο φάσεις όπως περιγράφονται στην συνέχεια.

Κάλυψη με ελέυθερο πλέγμα διαμέτρου 3 mm και πλέγμα συρματόσχοινων και στήριξή του στα ανάντη.

Για την διευκόλυνση της αγκύρωσης σε σταθερούς βράχους επιλέχθηκε η αγκύρωση της ανάντη πλευράς του πλέγματος μέσω συρματόσχοινων, 2 φ18 mm σε αποστάσεις μεταξύ 2.5 m και μήκους 15 m τα οποία θα αγκυρώνονται στο έδαφος με αγκύρωση μήκους 5 m. Τα συρματόσχοινα θα εισάγονται εντός των οπών αγκύρωσης και στη συνέχεια η οπή θα πληρούται με τσιμεντένεμα.

Τα συρματόσχοινα αγκύρωσης θα συνδέονται με αυτό που οριοθετεί την ανάντη πλευρά του πλέγματος συρματόσχοινων, διπλό 24 mm και την ανάντη πλευρά του ελεύθερου πλέγματος, μονό συρματόσχοινο των 24 mm. Συνεπώς θα υπάρχουν τρία συρματόσχοινα Φ24 mm στο ανάντι όριο των πλεγμάτων και ακόμη δύο συρματόσχοινα Φ24 mm στο πέρας των συρματόσχοινων αγκύρωσης σε απόσταση 15 m από τα προηγούμενα. Αγκύρια με σιδηρά ράβδο Φ20 mm μήκους 5 m για την αγκύρωση των δύο άκρων των συρματόσχοινων Φ24 mm.

Στήριξη του ελεύθερου πλέγματος στην κατάντη πλευρά, στο πέρας θα τοποθετηθεί συρματόσχοινο Φ24 mm.

Στήριξη του ελεύθερου πλέγματος στην επιφάνεια κάλυψης, κατά περίπτωση με αγκύρια σιδηράς ράβδου Φ20 mm και μήκος 2 m.

Κάλυψη του πρανούς με πλέγμα συρματόσχοινων με φατνώματα 4*10 m που συρράπτονται μεταξύ τους με συρματόσχοινα Φ14 mm και ναυτικά κλειδιά σε αποστάσεις 2 - 2.5 m. Εκαστο φάτνωμα αποτελείται από κρίκους διαμέτρου 35 cm, συρματόσχοινο 6 mm. Στήριξη του πλέγματος συρματόσχοινων στην κατάντη και στις δύο πλευρές.

Τέλος προτείνεται η περίδεση με δύο συρματόσχοινα διαμέτρου 25 mm έκαστο, ρηγματωμένου ογκόλιθου. Τα δύο άκρα έκαστου συρματόσχοινου θα αγκυρωθούν στο έδαφος με αγκυρώσεις 3-4 m αντίστοιχες με αυτές για την αγκύρωση των πλεγμάτων. Οι αγκυρώσεις, δύο για κάθε συρματόσχοινο θα γίνουν σε σταθερό έδαφος 10-12 m ανάντη του ογκόλιθου.

Συνοπτικά στους γεωλογικούς σχηματισμούς των Ηωκαινικών Ασβεστολίθων στις περιοχές Αθέρας και Μύρτος τα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης περιλαμβάνουν ελέυθερα ή πλήρως αγκυρωμένα πλέγματα καθώς και φράχτες ανάσχεσης κυμαινόμενης ενέργειας απορόφησης. Στις 2 αυτές περιοχές που δομούνται από Ηωκαινικούς Ασβεστόλιθους στην εργασία, εξαιτίας του μεγάλου μήκους του πρανούς, προτείνονται η επέμβαση σε αυτό με εργασίες για την διασφάλιση της εκατέρωθεν περιοχής. Για την περιοχή Αθέρας η διάνοιξη οδού χωματουργικών μηχανημάτων με ρόλο αναβαθμού προστασίας και στην περιοχή Μύρτος την κατασκευή οπλισμένου επιχώματος ποδός. Τα μέτρα αντιμετώπισης δίνονται ανά περιοχή στον πίνακα 66.

Πίνακας	66:	Τα	μέτρα	αντιμετώπισης	σε	περιοχές	όπου	επικρατούν	Ηωκαινικοί
Ασβεστόλ	ιθοι.								

Γεωλογ	Γεωλογικός Σχηματισμός Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι							
A/A	Περιοχή	Τύπος	Δυνητικής	Προτεινόμενα Μέτρα				
		Αστοχιας						
10	Αθέρας	Καθορισμένη	επιφάνεια,	Συρματόπλεγμα περίφραξης.				
		περιστροφική	ολίσθηση,	Φράχτης ανάσχεσης 1000 KJ.				
		κύλιση τεμάχα	ους.	Ξεσκαρώματα.				
				Διάνοιξη οδού χωματουργικών				
				μηχανημάτων με ρόλο αναβαθμού				
				προστασίας.				
11	Μύρτος	Κύλιση τεμάχα	ους.	Ελεύθερο πλέγμα.				
				Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο				
				πλέγμα.				
				Φράχτης ανάσχεσης 5000 KJ.				
				Περίδεση ογόλιθου με				
				συρματόσχοινο.				
				Κατασκευή οπλισμένου				
				επιχώματος ποδός.				

6.2.4 <u>Μέτρα Αντιμετώπισης και Συμπεράσματα σε Σχηματισμούς Κροκαλοπαγών,</u> <u>Μαργών, Αργίλών, Αμμοχάλικων και Αποσαθρωμένων Ασβεστολίθων</u>

<u>Για την περιοχή 08, **Πετανιοί**</u>, τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας των πρανών και της οδού προτείνεται να κατασκευαστούν σε δύο φάσεις Α και Β όπως περιγράφεται παρακάτω. Για τα έργα Α φάσης θα κατασκευαστεί προσωρινός φράχτης ανάσχεσης από κατακόρυφες χαλύβδινες διατομές ΗΕΑ140 μήκους 5 m, ήτοι ύψος 3 m υπέργεια και 2 m πακτώνονται με σκυρόδεμα C20/25 σε οπές Φ250 υπόγεια, ανά 1.7 m αξονικές αποστάσεις.

Μεταξύ των χαλύβδινων διατομών θα τοποθετηθεί συρματόπλεγμα εύκαμπτου μεταλλικού πλέγματος φ 3 mm, εφελκυστικής αντοχής 10KN/m και ύψους 2.5 m καθώς στο έδαφος θα συνδεθούν οι χαλύβδινες διατομές με δοκό οριζόντια ύψους 50 cm και πάχους 25 cm από οπλισμένο σκυρόδεμα C20/25.

Μπροστά από το μεταλλικό συρματόπλεγμα θα τοποθετηθεί μη υφαντό γεωύφασμα των 300 gr/m², ώστε να εμποδίζονται οι μικροί χάλικες να διέρχονται από το συρματόπλεγμα καθόσον οι διαστάσεις των αδρομερών υλικών μικροκαταπτώσεων είναι μεταξύ 1 - 25 cm.

Θα κατασκευαστεί τριγωνικό ρείθρο ομβρίων κατά μήκος του τμήματος, επενδεδυμένο με σκυρόδεμα C12/15 πάχους 15 cm και 1T96 με καθαρό ύψος 20 cm και άνοιγμα 1.75 m γιά την απορροή των ομβρίων και υπογείων υδάτων το οποίο θα συνδέεται με τον πλησιέστερο κατάντη οχετό.

Για τα έργα Β φάσης θα κατασκευαστεί αρχικά τοίχος ανάσχεσης επί ανάντη φρεατοπασσάλων στον πόδα του πρανούς και επίχωση πίσω από τον τοίχο. Οι ανάντη πάσσαλοι θα είναι Φ800 ανά 1.1 m, σκυρόδεμα C20/25, με διαμήκη οπλισμό 18Φ20, μήκους 9.5 m εκ των οποίων το πακτωμένο μήκος θα είναι 8 m. Θα κατασκευαστεί τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 πάχους 0.8 m, το ύψος του τοίχου επί των πασσάλων θα είναι 5 m. Θα γίνει επίχωση πίσω από τον πρόβολο με κοκκώδη υλικά και θα τοποθετηθεί σωλήνας αποστράγγισης.

Για τα έργα Β φάσης θα κατασκευαστεί στην συνέχεια σκέπαστρο επί κατάντη φρεατοπάσσαλων, σχήμα 22. Οι κατάντη πάσσαλοι θα είναι Φ800 ανά 1.1 m, σκυρόδεμα C20/25, με διαμήκη οπλισμό 20Φ20, μήκους 9 m εκ των οποίων το πακτωμένο μήκος θα είναι 7.5 m. Θα κατασκευαστούν υποστηλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 επί των πασσάλων με ύψος 4.5 m. Το σκέπαστρο θα έχει οροφή από οπλισμένη πλάκα πάχους 1 m.

Ελεγχος διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης τοίχου ανάσχεσης, πίνακας 67.

Ο τοίχος ύψους 5 m από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 επί φρεατοπασσάλων Φ800 και μπακτ = 8 m με επίχωση πίσω από αυτόν 3 m ύψος.

α/α1. Αποτελέσματα χωρίς σεισμό, με βραχοπαγίδα μισογεμάτη 3 m ύψος.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 13KN/m*1.1 m = 14.3 KN/πάσσαλο.

Μέγιστη ροπή κάμψης Mz max = 25KNm/m *1.1 m = 27.5 KNm/πάσσαλο.

α/α2. Αποτελέσματα σε σεισμό α_h=0.30g, a_y =0.15g, με βραχοπαγίδα μισογεμάτη 3 m ύψος.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 64KN/m*1.1 m = 70.4 KN/πάσσαλο.

Μέγιστη ροπή κάμψης Mz _{max} = 122KNm/m *1.1 m = 134.2 KNm/πάσσαλο.

α/α3. Αποτελέσματα σε μεγάλο σεισμό α_h=0.41g, a_y=0.20g, με βραχοπαγίδα μισογεμάτη 3 m ύψος.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx max = 91KN/m*1.1 m = 100.1 KN/πάσσαλο. Μέγιστη ροπή κάμψης Mz max = 171KNm/m *1.1 m = 188.1 KNm/πάσσαλο. α/α4. Αποτελέσματα χωρίς σεισμό, με βραχοπαγίδα γεμάτη 5 m ύψος. Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx max = 71KN/m*1.1 m = 78.1 KN/πάσσαλο. Μέγιστη ροπή κάμψης Mz max = 204KNm/m *1.1 m = 224.4 KNm/πάσσαλο. α/α5. Αποτελέσματα σε σεισμό α_h =0.30g, a_y =0.15g, με βραχοπαγίδα γεμάτη 5 m ύψος. Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx max = 187KN/m*1.1 m = 205.7 KN/πάσσαλο. Μέγιστη ροπή κάμψης Mz max = 532KNm/m *0.8 m = 585.2 KNm/πάσσαλο. α/α6. Αποτελέσματα σε μεγάλο σεισμό α_h =0.41g, a_y =0.20g, με βραχοπαγίδα γεμάτη 5 m ύψος.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 247KN/m*1.1 m = 271.7 KN/πάσσαλο. Μέγιστη ροπή κάμψης Mz _{max} = 698KNm/m *0.8 m = 767.8 KNm/πάσσαλο.

Πίνακας 67: Συνοπτικά αποτελέσματα ελέγχου διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης τοίχου ανάσχεσης.

α/α	Περίπτωση	Vx kN/πάσσαλο	Mz kNm/πάσσαλο
1	Χωρίς σεισμό	14	28
2	Με σεισμό κατά ΕΑΚ α _h =0.30g, α _v =0.15g	70	134
3	Με μεγάλο σεισμό α _h =0.41g, α _v =0.20g	100	188
4	Χωρίς σεισμό (γεμάτη)	78	224
5	Με σεισμό κατά ΕΑΚ α _h =0.30g, α _v =0.15g (γεμάτη)	206	585
6	Με μεγάλο σεισμό α _h =0.41g, α _v =0.20g (γεμάτη	272	768
	Προκύπτει :	Οπλισμέν	οι Φ800 / 1.1m

Ελεγχος διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης σκέπαστρου, πίνακας 68.

Ο τοίχος ύψους 4.5 m από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 επί φρεατοπασσάλων Φ800 και L_{πακτ} = 7.5 m με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος - σκέπαστρο.

α/α1. Αποτελέσματα χωρίς σεισμό.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 36KN/m*1.1 m = 39.6 KN/πάσσαλο.

Μέγιστη ροπή κάμψης Mz _{max} = 23KNm/m *1.1 m = 25.3 KNm/πάσσαλο.

α/α2. Αποτελέσματα σε σεισμό α_h=0.30g, a_y =0.15g.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 86KN/m*1.1 m = 94.6 KN/πάσσαλο.

Μέγιστη ροπή κάμψης Mz _{max} = 110KNm/m *1.1 m = 121 KNm/πάσσαλο.

α/α3. Αποτελέσματα σε μεγάλο σεισμό α_h=0.41g, a_y=0.20g.

Μέγιστη διατμητική δύναμη Vx _{max} = 125KN/m*1.1 m = 137.5 KN/πάσσαλο.

Μέγιστη ροπή κάμψης Mz _{max} = 155KNm/m *1.1 m = 170.5 KNm/πάσσαλο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω επιλέγονται φρεατοπάσσαλοι οπλισμένοι Φ800/1.1 m αφού Μ_{RΦ800} = 800 KNm

Δυσκαμψία Elx = 26000000*ΠD⁴/64 = 522496KNm²/πάσσαλο

Πάκτωση ή ελαστική έδραση του πόδα με οριζόντιο δείκτη εδάφους

Kh $_{min}$ = E $_{oed}$ /D = 300000kPa/0.8 m = 270000KN/m³ = 270MN/m³ \rightarrow

συντηρητικά Kh _{min} = 200MN/m³.

Η επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα πασσάλου θα είναι κατά DIN4014/90, Qεπιτρ = 1000 KN

Σε σεισμό, 2130/1.3 = 1540 KN.

Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων δίνονται στον πίνακα 69.

Πίνακας 68: Συνοπτικά αποτελέσματα διατμητικής δύναμης και ροπής κάμψης πασσάλων σκέπαστρου.

α/α	Περίπτωση	Vx kN/πάσσαλο	Mz kNm/πάσσαλο
1	Χωρίς σεισμό	40	25
2	Με σεισμό κατά ΕΑΚ α _h =0.30g, α _v =0.15g	95	121
3	Με μεγάλο σεισμό α _h =0.41g, α _v =0.20g	138	171
	Προκύπτει :	Οπλισμένα	οι Φ800 / 1.1m



Σχήμα 21: Συνοπική απεικόνιση του σκέπαστρου, Πετανιοί.

α/α	Είδος Εργασίας	Ζχετικο άρθρο τιμολογίου	Άρθρο αναθεώρησης	Μονάδα	Ποσότητα
	ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ Α	΄ ΦΑΣΗΣ (Πρ	οσωρινά και άμ	ιεσα)	
1	Διάνοιξη ρείθρου σε έδαφος γαιώδες- ημιβραχώδες	A-4.1	OAO-1212	m ³	107.91
2	Σκύρόδεμα C12/15 (ρείθρο)	B-29.2.1	ODO-2531	m ³	8.91
3	Χαλύβδινο δομικό πλέγμα Τ196	B-30.3	YΔP-7018	kg	184.30
4	Διατομές ΗΕΑ – IPB 140	61.05	OIK-6104	kg	2593.50
5	Διάτρηση Φ250	σχ. Β-26.1		m	42
6	Δοκός Σύνδεσης ΗΕΑ, με C20/25	B-29.4.5	ODO-2551	m ³	4.25
7	10kN/m Συρματόπλεγμα	σχ. Β-15.1	O∆O 2311 50% O∆O 2312 50%	m²	85
8	Γεωύφασμα μη υφαντό 300gr/m ²			m ²	85
9	Απλό συρματόπλεγμα περίφραξης	11.13	YΔP-6812	kg	2.104/m ²
	den men en e				
	ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ Β΄	ΦΑΣΗΣ (Ολοκ	λήρωση Σκέπα	αστρου)	
1	Προμήθεια κοκκώδους υλικού μεγέθους κόκκων έως 200mm	A-19	O∆O-3121B	m³	124.74
2	Κατασκευή επίχωσης	A-20	O∆O-1530	m ³	124.74
3	Διάτρηση και σκυροδέτηση φρεατοπασσάλων Φ800, C20/25 (ανάντη πλευρά του δρόμου)	B-26.2	O∆O-2731	m	248.00
3α	Διάτρηση και σκυροδέτηση φρεατοπασσάλων Φ800, C20/25 (κατάντη πλευρά του δρόμου)	B-26.2	O∆O-2731	m	97.50
4	Τοίχος από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37, ύψους 5m	B-29.4.8	O∆O-2551	m³	143.31
5	Χάλυβας φρεατοπασσάλων B500C, κάτω από το έδαφος (ανάντη)	B-30.2	O∆O-2612	kg	14210.40
6	Οπλισμός τοίχου ύψους 5m	B-30.2	O∆O-2612	kg	19410.00
7	Γεωύφασμα	B-64.1	OIK-7914	m ²	31.35
8	Διάτρητος τσιμεντωσωλήνας κατά ΕΛΟΤ ΕΝ 1916 D=0.2m	ΥΣΦ 5.34	Y∆P-6201.1	m	33.00
9	Κεφαλόδεσμος 801150, Υποστηλώματα Φ80, Δοκός 801120 από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37	B-29.4.8	O∆O-2551	m ³	65.28
10	Πλάκα από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37, πάχους 1m και στηθαίο ανάσχεσης	B-29.4.8	O∆O-2551	m³	295.09
11	Χάλυβας φρεατοπασσάλων B500C, κάτω από το έδαφος (κατάντη)	B-30.2	OΔO-2612	kg	10743.75
12	Οπλισμός κολώνων ύψους 4.5m και πλάκας πάχους 1m	B-30.2	O∆O-2612	kg	50000.00

Πίνακας 69: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Πετανιοί.

Για την <u>περιοχή 12, **Χάρακα** σε βραχώδεις ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με ανεπτυγμένο</u> μανδύα αποσάθρωσης αποτελούμενος από αδρομερή υλικά, κορήματα, ογκόλιθους, σε βάθος όσο το ήμιση του ύψους του πρανούς ή και περισσότερο, προτείνεται για την αντιμετώπιση καταπτώσεων και μικρο-ολισθήσεων η κατασκευή δομικού στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

<u>Παράπλευρος τοίχος επί πασσάλων με βραχοπαγίδα</u> προστασίας στη θέση από χ.θ. 29+330 έως χ.θ. 29+390 μήκους 60 m, για την υλοποίηση ικανού όγκου βραχοπαγίδας.

Ο τοίχος ύψους 3.7 m, θεμελιώνεται με μία σειρά μικροπασσάλων, διαθέτει και μία σειρά αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης. Ως υλικά κατασκευής του τοίχου και του κεφαλοδέσμου χρησιμοποιούνται οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και χάλυβας B500c.

Οι μικροπάσσαλοι της θεμελίωσης είναι διαμέτρου 250 mm, τοποθετούνται υπό τον κεφαλόδεσμο.

Τα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης θα έχουν διάμετρο οπής 110 mm και κλίση 15° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Το μήκος των διατρημάτων των αγκυρίων θα είναι 6 m. Τα αγκύρια θα περιλαμβάνουν ράβδο νευροχάλυβα Φ32 B500c. Η τσιμεντενεμάτωση των αγκυρίων θα γίνεται με τσιμεντένεμα W:C=0.50:1 ισοδύναμης αντοχής C20/25, διοχετευόμενο με βαρύτητα ή με ελαφρά πίεση με αντλία. Τα μήκη τους με την παραδοχή επίτευξης πλευρικής τριβής μεταξύ παρειάς πασσάλου και υπεδάφους ίσης προς q_{s1,k}=300kN/m². Η τιμή αυτή θα πρέπει να επιτευχθεί με διεξαγωγή τριών τουλάχιστον δοκιμών εξόλκευσης.

Στη στέψη του τοίχου θα τοποθετηθεί φράχτης ανάσχεσης βραχοπτώσεων ύψους 2 m και ικανότητας απορρόφησης ενέργειας 250 kJ. Οι χαλύβδινοι ορθοστάτες - στύλοι του φράχτη θα τοποθετούνται επί του τοίχου σε ειδικούς στύλους που θα διαμορφώνονται στον τοίχο ανά 6 m περίπου κατά μήκος του τοίχου. Οι στύλοι αυτοί, είναι ορθογωνικής διατομής 0.60 m*0.70 m εγκάρσια του τοίχου και είναι ενσωματωμένοι στον κορμό δηλαδή η εξωτερική τους παρειά συμπίπτει με την εξωτερική παρειά του τοίχου, το δε ύψος τους συμπίπτει με το ύψος του τοίχου.

Η συνεισφορά των ηλώσεων βράχου στην αύξηση της ευστάθειας των πρανών των ορυγμάτων, δεδομένου ότι τοποθετείται και επένδυση συρματοπλέγματος λαμβάνεται υπόψη με επιτρεπόμενο φορτίο εφελκυσμού ανά αγκύριο:

 $TA_{\epsilon\pi} = min[(\pi d^2/4)(f_{ys}/\gamma_s)^* \pi D L_{\pi} q_s / \gamma_{qs}]$

όπου:

q₅=300 kN/m² η οριακή τριβή βράχου – αγκυρίου

D=50 mm η διάμετρος του διατρήματος των αγκυρίων

L_π το ενεργό μήκος πάκτωσης του αγκυρίου μήκος πίσω από τα επίπεδα της σφήνας, όπως αυτό προκύπτει από το συνολικό επιλεγέν μήκος των αγκυρίων ανά περιοχή και τις διαστάσεις των βραχοπρισμάτων που σχηματίζονται.

γ_{qs}=2 σε στατικές συνθήκες και γ_{qs}=1.60 σε σεισμό, ο συντελεστής ασφαλείας επί της οριακής τριβής

d=23 mm η ενεργός διάμετρος ράβδου αγκύρωσης Φ25, μείωση κατά 2 mm λόγω οξείδωσης, επιπροσθέτως της προστασίας γαλβανισμού της ράβδου.

 f_{ys} =500 MN/m² ποιότητα χάλυβα S500s.

γ_s=1.15 συντελεστής ασφαλείας για το χάλυβα.

Προκύπτουν οι παρακάτω δυνάμεις σταθεροποίησης, οι οποίες και λαμβάνονται υπόψη στις περιπτώσεις των ορυγμάτων που κατασκευάζονται ηλώσεις βράχου.

Για παθητικά αγκύρια μήκους 3 m, L_π=1.50 m

σε στατικές συνθήκες: ΤΑ_{επ}=35.3 kN/αγκύριο, ήτοι για κάνναβο κατασκευής ηλώσεων

 $S_h^*S_v = 3.0^*3.0 \text{ m} \rightarrow TA_{επ}/(S_h^*S_v) = 35.3/(3^*3) = 3.9 \text{ kN} / \text{m}^2$ όψης πρανούς

σε σεισμό: TA_{επ}=44.2 kN/αγκύριο, ήτοι για κάνναβο κατασκευής ηλώσεων

 $S_h^*S_v = 3^*3 m → TA_{επ}/(S_h^*S_v) = 44.2/(3^*3) = 4.9 kN / m^2 όψης πρανούς$

Για παθητικά αγκύρια μήκους 4.5 m, L_π=3 m

σε στατικές συνθήκες: TA_{επ}=70.6 kN/αγκύριο, για κάνναβο S_hxS_ν = 3*3 m →

 $TA_{επ}/(S_h*S_v) = 7.8 \text{ kN} / m^2 όψης πρανούς$

σε σεισμό: TA_{επ}=88.8 kN/αγκύριο, για κάνναβο S_h*S_ν = 3*3 m →

 $TA_{επ}/(S_h*S_v) = 9.8 \text{ kN} / m^2 όψης πρανούς$

Το θλιπτικό ή εφελκυστικό επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο των μικροπασσάλων και των αγκυρίων. η εξωτερική φέρουσα ικανότητα μικροπασσάλου, για τη θεμελίωση των παράπλευρων τοίχων προστασίας, υπολογίζονται κατά DIN 1054:2005-01,

R1,d = R1,k / γ p = qs1,k (π D Lef) / γ p

όπου:

D : η διάμετρος του μικροπασσάλου.

L_{ef} : το ενεργό μήκος του μικροπασσάλου. Λαμβάνεται L_{ef}=L-1 m, όπου L το μήκος του μικροπασσάλου, ώστε να ληφθεί υπόψη πιθανή διατάραξη της βραχόμαζας με μειωμένη αντοχή.

q_{s1,k} : η χαρακτηριστική τιμή της πλευρικής τριβής ενέματος-βράχου, σύμφωνα με τους γαλλικούς κανονισμούς λαμβάνεται συντηρητικά q_{s1,k}=0.300 MPa.

γ_p : μερικός συντελεστής ασφάλειας: γ_p=1,40 κατά DIN 1054:2005 για στατική φόρτιση και γ_p=1.30 κατά Ε.39/99 και ΟΑΓΜ-FB σε σεισμό.

Στον πίνακα 70 παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα αξονικά φορτία μικροπασσάλων διαμέτρου Φ250mm και αγκυρίων ολικής πάκτωσης διαμέτρου Φ110mm, για στατική φόρτιση και σε σεισμό.

Διάμετρος D (mm)	Μήκος L	Αξονικό φορτίο σχεδιασμού R _{1,d} (kN)		
	(m)	Στατική φόρτιση	Σεισμός	
Φ250 μικροπάσσαλοι	4			
θεμελίωσης (θλίψη)		504.9	543.7	
Φ110 αγκύρια ολικής	6			
πάκτωσης (εφελκυσμός)		370.3	398.7	

Πίνακας 70: Θλιπτικό και εφελκυστικό αξονικό φορτίο σχεδιασμού μικροπασσάλων.

Στούς πίνακες 71 ως 73 παρουσιάζονται οι υπολογισμοί επίλυσης αγκυρωμένου τοίχου θεμελιωμένου σε μικροπασσάλους. Οι επιλύσεις διεξάγονται κατά DIN 1054:2005 σε στατικές συνθήκες και κατά Ε.Α.Κ 2000 - Ε.93/99 για τη σεισμική φόρτιση. Για την πλευρική τριβή ενέματος-βράχου θεωρείται q_{s1,k}=300 kPa.

Η βραχοπαγίδα πίσω από τον τοίχο θεωρείται πλήρης από υλικά καταπτώσεων έως τη στέψη του τοίχου. Για την επίχωση αυτή θεωρείται: γ=20 kN/m³, φ'=35° και c'=0. Η γωνία του πρανούς που σχηματίζεται από την επιφάνεια της επίχωσης με το οριζόντιο επίπεδο θεωρείται α=32°.

Στις επιλύσεις σε σεισμό, οι πρόσθετες ωθήσεις επί του τοίχου υπολογίζονται με τις διατάξεις της Ε.39/99 των «πρακτικώς αμετακίνητων» τοίχων U/H<0.05%, τοίχος εδραζόμενος σε πασσάλους σε βράχο. Οι αγκυρώσεις ολικής πάκτωσης μεταφέρουν μόνο αξονικές δυνάμεις, μηδενική τέμνουσα και ροπή στην κεφαλή τους. Στη επίλυση σε στατικές συνθήκες λαμβάνονται οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας επί των φορτίσεων κατά DIN 1054:2005, GZ 1B, STR και GEO-2, LC 1, γ_G=1.35 στα μόνιμα φορτία και γ_{E0g}=1.20 στα μόνιμα από ωθήσεις ηρεμίας.

Τέλος, μεταξύ της υφιστάμενης οριογραμμής του ασφαλτικού και των τοίχων του τοίχου θα κατασκευαστεί κανάλι αποχέτευσης ομβρίων πλάτους 0.50 m.

Πίνακας 71: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 1 από 4.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΘΕΜΕΛΙΩΜΕΝΟΥ ΣΕ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ Έργο: ΧΑΡΑΚΑΣ - ΑΣΣΟΣ / ΠΛΕΥΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ Σχήμα: 4 **ΤΟΙΧΟΣ : Π4.0** ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΙΧΟΣ - ΚΕΦΑΛΟΔΕΣΜΟΣ H_T= 3,00 m H_K= 1,00 m H_E= 0,00 m 8 L_{TU}= 0,30 m L_{TD}= 0,60 m Le= 0,80 m н, 6 L_K= 1,80 m L_M= 0.40 m 2 γωνία εσωτερικής παρειάς τοίχου ί1= 5,71 γωνία εσωτερικής παρειάς τοίχου i2= 0,00 ειδικό βάρος γ_b= 25,0 kN/m3 3 HE 4 ΕΠΙΧΩΣΗ κλίση πρανούς a1= 30.0° φαινόμενο βάρος γ1= 20.0 kN/m3 6 γωνία τριβής φ'= 33,0° $\delta_1/\phi' = 0.20$ ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ φαινόμενο βάρος γ2= 26,0 kN/m3 γωνία τριβής φ2'= 45.0° (2 1) συνοχή c2'= 200 kPa YNOFEIA NEPA : W= 0.00 m qs1.k= 300 kPa ΣΕΙΣΜΟΣ : σεισμική επιτάχυνση a= 0,45 $\delta_2/\phi_2 = 0.20$ συντελεστής συμπεριφοράς qw= 1,00 ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΟΙ - ΑΓΚΥΡΙΑ D S L ω Lactive R_{ik} θλιψη R_{ik}εφελκ. Πάσσαλος (1): L_{P1}= 0.25 m 0.0° 0.250 m 2.50 m 7.00 m 6,00 m 1.414 kN 1.414 kN Πάσσαλος (2): Lp2= 0,25 m 0.0° 0.250 m 2,50 m 7,00 m 6,00 m 1.414 kN 1.414 kN Αγγύριο (3): H_{P3}= 0,18 m 50.0° 0,200 m 2.50 m 7,00 m 6,00 m 1.414 kN 1.131 kN Αγγύριο (4): Hp4= ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ - ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΟΗΚΕΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣ Νο 1 2 3 4 C1 (kN/m) = $P_w/\delta_w = P_v/\delta_v =$ στατικά 24.590 24.590 ελατήριο μετακίνησης εγκάρσια στον άξονα του πασσάλου 24.590 σεισμός 24.590 C2 (kN/rad) = $P_w/\theta_w = P_v/\theta_v =$ στατικά 21.810 21.810 ελατήριο στροφής - εγκάρσιας δύναμης σεισμός 21.810 21.810 C3 (kNm/m) = $M_w/\delta_v = M_v/\delta_w =$ στατικά ελατήριο εγκάρσιας μετακίνησης - ροπής σεισμός C4 (kNm/rad) = $M_w/\theta_w = M_v/\theta_v =$ στατικά στροφικό ελατήριο πασσάλου σεισμός $C5 (kN/m) = P_u/\delta_u =$ στατικά 538.250 538.250 264.370 αξονικό ελατήριο πασσάλου - αγκυρίου 538.250 σεισμός 538.250 264.370 EINAI ENEPLO LO ZLOIXEIO 3 NAI NAI NAI OXI ΤΥΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΗ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΑΡΘΡΩΣΗ ΑΡΘΡΩΣΗ ΚΥΛΙΣΗ

Οι αστοχίες του οδικού δικτύου της Κεφαλονιάς μετά τον καταστροφικό σεισμό του 2014. Περιγραφή και αποτίμηση των έργων αποκατάστασης.

Πίνακας 72: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 2 από 4.



Πίνακας 73: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 3 από 4.
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΩΝ - ΟΠΛΙΣΜΟΙ

		ΣΤΑΤΙΚΗ	ΦΟΡΤΙΣΗ			ΣΕΙΣΙ	ΔΟΣ	
	0EME/	ΛΙΩΣΗ	ALKAD	ΩΣΕΙΣ	ØEME/	ΛΙΩΣΗ	ΑΓΚΥΡ	ΩΣΕΙΣ
	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 1	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 2	ΑΓΚΥΡΙΟ 3	ΑΓΚΥΡΙΟ 4	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 1	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 2	ΑΓΚΥΡΙΟ 3	AFKYPIO 4
AEONIKH METAKINHΣH D _U (mm) =	0,8	0,3	-1,0		2,0	-0,4	-3,2	
EΓΚΑΡΣΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ D _w (mm) =	1,4	1,4	1,1		3,1	3,1	1,6	
ΣΤΡΟΦΗ A _v (rad) =	3,9E-04	3,9E-04	-3,9E-04		1,8E-03	1,8E-03	-1,8E-03	
ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ (ΣΤΙΣ ΚΕΦΑΛΕΣ	Ε ΤΩΝ ΜΙΚΡΟ	ΠΑΣΣΑΛΩΝ ·	ΑΓΚΥΡΙΩΝ)					
		ΣΤΔΤΙΚΗ	ΦΟΡΤΙΣΗ			2EI2	MO2	
	ØEME	ΛΙΩΣΗ	AFKYP	ΩΣΕΙΣ	ØEME	ΛΙΩΣΗ	AFKYP	ΩΣΕΙΣ
	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 1	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 2	ΑΓΚΥΡΙΟ 3	ΑΓΚΥΡΙΟ 4	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 1	ΠΑΣΣΑΛΟΣ 2	ΑΓΚΥΡΙΟ 3	ΑΓΚΥΡΙΟ 4
AEONIKH ΔΥΝΑΜΗ F _U (kN)=	438,9	166,8	-257,8		1.076,7	-202,2	-845,7	
TEMNOYΣA ΔΥΝΑΜΗ F _w (kN)=	25,5	25,5			37,5	37,5		
ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ Μ _V (kNm) =								
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚ΄ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _ρ =1,	Υ ΡΙΩΝ R _{id} = R _{ik} /γ _p 40 σε στατική	φόρτιση (DI)	N 1054:2005, 1	Table 3) kai	γ _p =1,30 σε σ	εισμό (Ε39/9	9)	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚ΄ Εξωτερική φέρουσα ικανότητα: μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _ρ =1,	Υ ΡΙΩΝ R _{id} = R _{ix} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ	φόρτιση (DI) • ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ	N 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ	Table 3) και Υ ΣΑΣ ΙΚΑΝ	γ _ρ =1,30 σε σι ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΙ	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ	9) 1 0N - A FKYF	PIΩN
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1,	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ik} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα	Ν 1054:2005, Έ ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά	Table 3) και ΙΥΣΑΣ ΙΚΑΝ	γ _p =1,30 σε σι ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΡ	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σειο	9) Ι ΩΝ - ΑΓΚΥΓ Τμός	ΡΙΩΝ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1,	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ik} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ	φόρτιση (DI) ΈΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα Ιψη	Ν 1054:2005, Έ ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι	Table 3) και ΙΥΣΑΣ ΙΚΑΝ	γ _p =1,30 σε σι ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ	εισμό (Ε39/9 (ΡΟΠΑΣΣΑΛ σεια	9) Ω Ν - ΑΓΚΥΡ πμός εφελκ	ναν νσμός
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} =	YPIΩN R _{id} = R _{ix} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN	φόρτιση (DI) • ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα Ιψη >438,9	Ν 1054:2005, ΄ Έ ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι	Table 3) και ΙΥ ΣΑΣ ΙΚΑΝ υσμός	γ _p =1,30 σε σ ΝΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ 1.087,5 κΝ	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεια ίψη >1.076,7	9) Ι ΩΝ - ΑΓΚΥΓ Γμός εφελκ	ΡΙΩΝ υσμός
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} =	YPIΩN R _{id} = R _{ik} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807.8 μμ	Table 3) και ΙΥΣΑΣ ΙΚΑΝ υσμός	γ _p =1,30 σε σ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΡ Θλ 1.087,5 κΝ	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεια ίψη >1.076,7	9) Δ Ν - ΑΓΚΥΓ τμός εφελκ 1.087,5 kN	2ΙΩΝ υσμός >202,2
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R _{4,d} =	YPIΩN R _{id} = R _{ix} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8	Ν 1054:2005, ΈΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN	Table 3) και ΙΥΣΑΣ ΙΚΑΝ υσμός >257,8	γ _p =1,30 σε σι ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ 1.087,5 κΝ	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεια ίψη >1.076,7	9) πμός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN	21ΩN υσμός >202,2 >845,7
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R _{4,d} = <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> :	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ix} /γ _ρ 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN 1.009,8 kN	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8 λων: C25/30,	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ υσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (τ αντοχή: Ν _{Rd}	γ _p =1,30 σε σ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ 1.087,5 kN πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ _i = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{yk} =	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α _s (f _{yk} /γ _c) 25 MPa 500 MPa	9) πμός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN γ _c = γ _c =	21ΩN νσμός >202,2 >845,7 1,50 1,15
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,a} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,a} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,a} = <u>ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R_{4,a}=</u> <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> :	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ix} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN ματος πασσά	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8 λων: C25/30,	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ε	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ Jσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} λυβα: Β500α	γ _p =1,30 σε σ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ 1.087,5 kN πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{yk} = ΕΩΤΕΡΙΚΗΣ Ο	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α _s (f _{yk} /γ _ε) 25 MPa 500 MPa ΣΕΡΟΥΣΑΣ Ι	9) πμός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN Υε= Υε=	PIΩN >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R _{4,d} = <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> :	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ik} /γ _ρ 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN ματος πασσά Τοποθετείη οπλ	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8 λων: C25/30, ται διαμήκης ισυός	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ πικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ε	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ Jσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} Αυβα: Β500α ΛΕΓΧΟΣ ΕΣ Θλίψη	γ _p =1,30 σε στ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Βλ 1.087,5 κΝ πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{yk} = ΣΩΤΕΡΙΚΗΣ Ο	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α _s (f _{yk} /γ _s) 25 MPa 500 MPa ΣΕΡΟΥΣΑΣ Ι	9) ¹ ΩΝ - ΑΓΚΥΡ ^{τμός} εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN 870,0 kN γ _c = γ _c = γ _c = ΚΑΝΟΤΗΤΑ εφελκυσμός	21ΩN νσμός >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,d} = <u>ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R_{4,d}=</u> <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> :	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ix} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN ματος πασσά Τοποθετείη οπλ	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8 λων: C25/30, ται διαμήκης ισμός	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ν _{Rd}	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ Jσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} Αυβα: Β500α ΛΕΓΧΟΣ ΕΣ Θλίψη στατικά	γ _p =1,30 σε σ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ θλ 1.087,5 κΝ πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{yk} = ΣΩΤΕΡΙΚΗΣ Ο σεισμός	εισμό (E39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α ₂ (f _{yk} /γ _ε) 25 MPa 500 MPa ΣΕΡΟΥΣΑΣ Ι N _{Rd}	9) μός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN γ _c = γ _s = ΚΑΝΟΤΗΤΑ εφελκυσμός στατικά	202,2 >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,d} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,d} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,d} = <u>ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R_{4,d}=</u> <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : ποιότητα σκυροδέ	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ik} /γ _ρ 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN 1.009,8 kN τοποθετείη οπλ 5 φ14 (A:	φόρτιση (DI) ΧΟΣ ΕΞΩΤΕ στα ίψη >438,9 >166,8 Δων: C25/30, ται διαμήκης ισμός s=7,70 cm ²)	Ν 1054:2005, ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκα 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ν _{Rd} 1.139,9 kN	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ υσμός νομός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} = (1 λυβα: Β500α ΛΕΓΧΟΣ ΕΣ θλίψη στατικά >438,9	γ _p =1,30 σε στ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΡ Θλ 1.087,5 κΝ πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{yk} = ΣΩΤΕΡΙΚΗΣ Φ σεισμός >1.076,7	εισμό (Ε39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α _s (f _{yk} /γ _c) 25 MPa 500 MPa ΣΕΡΟΥΣΑΣ Ι N _{Rd}	9) Δ N - ΑΓΚΥΡ τμός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN 870,0 kN γ _c = γ _s = ΚΑΝΟΤΗΤΑ εφελκυσμός στατικά	21ΩΝ νσμός >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ σεισμός
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,a} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,a} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,a} = ΑΓΚΥΡΙΟ (4): R _{4,a} = <u>Εσωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : ποιότητα σκυροδέ	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{ix} /γ _ρ 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN 1.009,8 kN Τοποθετείη οπλ 5 Φ14 (Α: 5 Φ14 (Α:	φόρτιση (DI) XΟΣ ΕΞΩΤΕ στα iψη >438,9 >166,8 λων: C25/30, ται διαμήκης ισμός s=7,70 cm²) s=7,70 cm²)	Ν 1054:2005, ⁻ ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ν _{Rd} 1.139,9 kN 1.139,9 kN	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ Jσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} Αυβα: B5000 ΛΕΓΧΟΣ ΕΣ Θλίψη στατικά >438,9 >166,8	γ _p =1,30 σε σ ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ Θλ 1.087,5 kN πD ² /4-A _s)(f _{ck} /γ i = A _s (fy _k /γ _s) c f _{ck} = f _{ck} = f _{ck} = σεισμός >1.076,7	εισμό (Ε39/9 (ΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α _s (f _{yk} /γ _ε) 25 MPa 500 MPa DEPOYΣΑΣ Ι N _{Rd} 334,6 kN	9) μός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN 870,0 kN γ _c = γ _s = ΚΑΝΟΤΗΤΑ εφελκυσμός στατικά	21ΩΝ υσμός >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ σεισμός >202,2
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΠΑΣΣΑΛΩΝ - ΑΓΚΥ <u>Εξωτερική φέρουσα ικανότητα</u> : μερικός συντελεστής ασφαλείας γ _p =1, ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): R _{1,a} = ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): R _{2,a} = ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R _{3,a} = <u>ΑΓΚΥΡΙΟ (3): R_{4,a}=</u> Εσωτερική φέρουσα ικανότητα: ποιότητα σκυροδέ ΠΑΣΣΑΛΟΣ (1): ΠΑΣΣΑΛΟΣ (2): ΑΓΚΥΡΙΟ (3):	ΥΡΙΩΝ R _{id} = R _{i,k} /γ _p 40 σε στατική ΕΛΕΙ θλ 1.009,8 kN 1.009,8 kN 1.009,8 kN τοποθετεία οπλ 5 Φ14 (A: 5 Φ14 (A: 5 Φ14 (A:	φόρτιση (DI) XΟΣ ΕΞΩΤΕ στα iψη >438,9 >166,8 λων: C25/30, ται διαμήκης ισμός s=7,70 cm ²) s=7,70 cm ²) s=19,63 cm ²)	Ν 1054:2005, ⁻ ΡΙΚΗΣ ΦΕΡΟ τικά εφελκι 807,8 kN Θλιπτική αντα εφελκυστική κατηγορία χά Ν _{Rd} 1.139,9 kN 1.139,9 kN	Table 3) και ΥΣΑΣ ΙΚΑΝ Jσμός >257,8 οχή: Ν _{Rd} = (1 αντοχή: Ν _{Rd} Αυβα: Β500α ΛΕΓΧΟΣ ΕΣ Θλίψη στατικά >438,9 >166,8	γ _p =1,30 σε σι ΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΗ	εισμό (E39/9 ΚΡΟΠΑΣΣΑΛ σεισ ίψη >1.076,7 c) + Α ₅ (f _{yk} /γ _c) 25 MPa 500 MPa ΣΕΡΟΥΣΑΣ Ι N _{Rd} 334,6 kN 853,7 kN	9) μός εφελκ 1.087,5 kN 870,0 kN γ _c = γ _c = ΚΑΝΟΤΗΤΑ εφελκυσμός στατικά >257,8	202,2 >202,2 >845,7 1,50 1,15 Σ σεισμός >202,2 >845,7

Πίνακας 74: Υπολογισμός τοίχου αντιστήριξης στην περιοχή Χάρακα, φύλλο 4 από 4.

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (Διατο	μή κ-κ)								
ποιότητα σκυροδέματος τοίχου: C20/25, κατηγορία χάλυβα: B50				υβα: B500c	f _{ck} ≡ 20 MPa		f _{yk} =	f _{yk} = 500 MPa	
[στατικά				σεισμός				
	M _{sd} kNm/m	µ _{sd} kNm/m =M _{sd} /(h ² f _{cd})	CEB ω	A _s ^{req} (cm ² /m) =ωh(f _{od} /f _{ed})	M _{sd} kNm/m	µ _{sd} kNm/m =M _{sd} /(h ² f _{cd})	CEB ω	A _s ^{req} (cm ² /m) =wh(f _{cd} /f _{vd})	
	93,4	0,0232	0,023	3,95	265,5	0,0658	0,070	11,74	
Tot	τοθετείται οπ	λισμός κορμα	ú: ¢16/15 (1	3,40 cm²/m)	> 11,74 cm ² /	ím			
ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (Διατο	μή ε-ε)								
		στα	τικά			σεισ	μός		
	M _{sd} kNm/m	µ _{sd} kNm/m ≠M _{ad} /(h ² f _{ot})	CEB ω	A _s ^{req} (cm ² /m)	M _{sd} kNm/m	µ _{sd} kNm/m =M _{ed} /(h ² f _{ed})	CEB w	As ^{req} (cm ² /m)	
	04.0	0.0070	0.000	=wh(f _{od} /f _{yd})	000.0	0.0040	0.000	=wh(f _{od} /f _{yd})	
	94,8	0,0079	0,008	2,25	263,3	0,0219	0,022	6,43	
ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΜΕΛΙΟΥ (Διατομή ε-π)	στα	τικά			σεισ	μός		
	Ms _d kNm/m	µ _{sd} kNm/m =M _{sd} /(h ² f _{cd})	CEB ω	As ^{req} (cm ² /m) =wh(f _{cd} /f _{yd})	Ms _d kNm/m	µ _{sd} kNm/m =M _{sd} /(h ² f _{cd})	CEB ω	As ^{req} (cm²/m) ≃ωh(f _{cd} /f _{yd})	
	85,8	0,0071	0,007	2,03	228,9	0,0190	0,019	5,56	
Έλεγχος σε διάτμηση (κατά ΟΑΜΓ -	DIN FB102:2 A _{sw} (cm²)	003): s _w (cm)	V _{Rd.ct}	Y _{Bd1} =	1,25 V _{Rd,sy} (kN)	V _{Ed} (kN)]		
στατικά			655.0	55 760 9	2 289 0	438.9	1		
σεισιιός	6,16	10,0	524.0	44 608 7	1 831 2	1.076.7	1		
Τοποθετού	vtai TETPAT	Ι ΜΗΤΟΙ συνδε	τήρες: Φ14/1	0 (6,16 cm ²)	1.001,2	1.070,7]		
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΡΑ για C20	ΒΔΩΝ ΑΓΚΥ 25, περιοχή ((ΡΙΩΝ (κατά συνάφειας Ι κ	ΟΑΜΓ - DIN F αι φ≤32: f _{bd} =	B102:2003) 2,3 MPa	E	υθύγραμμη αι	γκύρωση: α:	= 1,0	
		δύναμη F (kN)	βασικό μήκος αγκύρωσης (m)	A _{s,req} /A _{s,prov}	λ _{o,min} (m)	λ _{b.net} (m)	απαιτού, αγκύρι	ιενο μήκος υσης (m)	
ΠΑΣΣΑΛΟΣ Νο 1	θλίψη εφελκυσμός	1076,7	0,66	1,3	0,40	0,86	0	,86	
	θλίψη	166,8		-1,5	0,40	0,40			
ΠΑΣΣΑΛΟΣ Νο 2	εφελκυσμός	202,2	0,66	0,6	0,20	0,20	0	,40	
ΑΓΚΥΡΙΟ Νο 3	θλίψη εφελκυσμός	845,7	1,18	1,0	0,35	1,17	1	,17	
ΑΓΚΥΡΙΟ Νο 4	θλίψη εφελκυσμός	0,0	0,00	0,0	0,05	0,05			

<u>Για την περιοχή 13. **Αγ.Ειρήνη Νότια**</u>, ως βασικό μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η στερέωση και υποστήριξη του πόδα του πρανούς με πασσαλοστοιχία Φ500 με σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25, με χαλύβδινες διατομές HEB180 ανά 1.80 m αξονική απόσταση και L_{πακτ} = 10 m. Στον πίνακα 75 δίνεται συνοπτικός υπολογισμός.

Πίνακας 75: Συνπτικός υπολογισμός πασάλλων χαλύβδινων διατομών ΗΕΒ180, Αγ.Ειρήνη Νότια.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ HEB180/1.8 m, L_{0λ}=12 m, L_{πακτ}=10 m, ΟΠΕΣ Φ500 (0.5 m), C20/25

(α) ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Κατακόρυφες Χαλύβδινες Διατομές ΗΕΒ180

- Δυσκαμψία EI_x =
$$\frac{3830}{10^8}$$
 x 210 x 10⁶ = 8043kNm²/πάσσαλο →
EI_x = $\frac{8043 \ kNm^2}{1.8 \ m}$ = 4468 kNm²/ m

(β) ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Πάκτωση πόδα ή ελαστική έδραση του πόδα με οριζόντιο δείκτη εδάφους

στην περιοχή του πόδα ίσο με: $K_h = \frac{E_{oed}}{D} = \frac{50000 kPa}{0.5m} = 100000 kN / m^3 = 100 MN/m^3$

Λαμβάνεται συντηρητικά <u>k_h = 100MN/m³</u> και <u>k_{hσεισμού} = 200MN/m³</u>

(γ) ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΗΕΒ180

MR=
$$\frac{W_{\chi} \times f_{y}}{1.1} = \frac{(4.26 \times 10^{-4} m^{3}) \times (23.5 \times 10^{4} kN/m^{2})}{1.1} = 91 kNm$$

Omou: $W_{\chi} = 426 \text{ cm}^{3} = 426^{*} 10^{-6} \text{m}^{3} = 4.26^{*} 10^{-4} \text{m}^{3}$

fy=235000kN/m²=23.5*10⁴ kN/m²

Επιτρεπόμενη ροπή Κάμψης: <u>Μ_R=91 kNm</u>

$$VR= (1.04 \times h \times t_w) \times \frac{f_y}{\sqrt{3} \times 1.1} = (1.04 \times 18 cm \times 0.85 cm) \times \frac{23.5 kN/cm^2}{\sqrt{3} \times 1.1} = 196 kN$$

Αντοχή σε τέμνουσα δύναμη: VR = 196 KN

Ανακατανομή των οθήσεων μέχρι την στάθμη εκσκαφής

Ελεύθερη κεφαλή των πασσάλων

Συντελεστής τριβής πασσάλου και εδάφους = 0.5 Φ'

Τα ευρύτερα μέτρα προστασίας περιλαμβάνουν επίσης τις ακόλουθες εργασίες.

Κατασκευή αποστραγγιστικών οπών Φ150 στο νέο πρανές σε ύψος 2 m από τον πόδα και τοποθέτηση στραγγιστηρίου Φ100, L=10 m ανά 4 m σε οριζόντια απόσταση και κλίση 10°.

Οι αναβαθμοί να διαμορθωθούν με εγκάρσια κλίση 6% αντίρροπη προς τα πρανή και να επενδυθούν με σκυρόδεμα C12/15 πάχους 15 cm και οπλισμό 1T 196 με αρμούς διαστολής ανά 8-10 cm.

Θα γίνει επένδυση των πρανών με άοπλα τρισδιάστατα γεωπλέγματα τα οποία θα αγκυρωθούν με αγκύρια Φ16, L=1.5 m κατά το μήκος στέψης και του πόδα αλλά και στους ενδιάμεσουςαναβαθμούς σε οριζόντιες αποστάσεις μεταξύ τους ανά 3.5 - 4.0 m.

Κατά μήκος των αγκυρίων θα τοποθετηθεί συρματόσχοινο Φ10. Η αγκύρωση θα γίνει 3 m μέσα από την στέψη του πρανούς και σε 1 m μέσα από τον αναβαθμό.

Για επιπλέον ασφάλεια των τρισδιάστατων γεωπλεγμάτων θα τοποθετηθούν ηλώσεις Φ12 μήκους 0.70 m, εκ των οποίων 10 cm άγκιστρο, σε κάνναβο 2*2 m στα πρανή.

Θα κατασκευαστεί τριγωνικό ρείθρο ομβρίων κατά μήκος του τμήματος, επενδεδυμένο με σκυρόδεμα C12/15, πάχους 15 cm και οπλισμό 1T 196, με καθαρό ύψος 0.20 m άνοιγμα 1.75 m για την απορροή των ομβρίων και υπόγειων υδάτων το οποίο θα συνδέεται με τον πλησιέστερο οχετό.

Τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας έχουν χρονοβόρα εφαρμογή και προτείνεται η κατασκευή αυτών σε 2 φάσεις. Στην Α φάση θα γίνουν η διαμόρφωση του πρανούς και οι εργασίες που προαναφέρθηκαν ενώ στην Β φάση η κατασκευή της πασσαλοστοιχίας υποστήριξης του πόδα του πρανούς.

<u>Για την περιοχή 14</u>, **Ελειός Πρόγνοι** ως βασικό μέτρο αντιμετώπισης προτείνεται η διαμόρφωση του πρανούς με ταυτόχρονη ενίσχυση με πασσαλοστοιχία Φ500 ανά 2 m με σκυρόδεμα C20/25 και οπλισμό από χαλύβδινες διατομές HEA180 και μήκος πάκτωσης L = 6 m.

Εγιναν έλεγχοι ευστάθειας κατά την μεθοδολογία που δόθηκε στην παράγραφο της αξιολόγησης. Το πρανές με ύψος 17.7 m με ενδιάμεσο αναβαθμό σε ύψος 6 m πλάτους 2.4 m με κλίσεις 1:1 στο κατώτερο τμήμα και 3:2 στο ανώτερο τμήμα μετά την κατασκευαστική αντιμετώπιση ευσταθεί, αυξάνονται οι συντελεστές ασφαλείας και γίνονται σύμφωνα με τα όρια των κανονισμών, πίνακας 76 και 77.

Τα μέτρα προστασίας προτέινεται να κατασκευαστούν σε δύο φάσεις Α και Β. Στην Α φάση θα κατασκευστούν αποστραγγιστικές οπές Φ150 σε ύψος 2 m από τον πόδα του πρανούς και πλαστικού ή γαλβανισμένου φιλτροσωλήνα Φ100, μήκος L=10 m ανά 4 m οριζόντια απόσταση και κλίση σε σχέση με την οριζόντια +10°.

Οι αναβαθμοί να διαμορθωθούν με εγκάρσια κλίση 6% αντίρροπη προς τα πρανή και να επενδυθούν με σκυρόδεμα C12/15 πάχους 15 cm και οπλισμό 1T 196 με αρμούς διαστολής ανά 8-10 cm.

Θα γίνει επένδυση των πρανών με άοπλα τρισδιάστατα γεωπλέγματα τα οποία θα αγκυρωθούν με αγκύρια Φ16, L=1.5 m κατά το μήκος στέψης και του πόδα αλλά και στους ενδιάμεσους αναβαθμούς σε οριζόντιες αποστάσεις μεταξύ τους ανά 3.5 - 4.0 m.

Πίνακας 76: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας μετά την εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης, Ελειός Πρόννοι.

α/α	Διατομή	Μέθοδος	Γεωτεχνικές παράμετροι ασυνεχειών	Σεισμός	Νερό	Συντ/στής Ασφαλείας FS	Κίνδυνος Ολίσθησης
1		Janbu Ελάχιστες c'=25kPa, φ'=30 ^{ο,} γ=24kN/m ³	Ελάχιστες c'=25kPa, φ'=30 ^{°,} γ=24kN/m ³	OXI	OXI	1.64 > 1.40	OXI
2				OXI	ΝΑΙ (χαμηλό)	1.52 > 1.40	OXI
3	G207			c'=25kPa, φ'=30°, γ=24kN/m ³	Janbu $c'=25kPa, \\ \phi'=30^{\circ}, \\ \gamma=24kN/m^3$ OXI NAI 1 NAI $NAI (\mu \sigma \delta)$ 1	1.50 > 1.30	OXI
4						NAI	ΝΑΙ (μισό)
5				NAI (α _h =0.22g)	ΝΑΙ (μισό)	1.02 > 1.00	OXI

Κατά μήκος των αγκυρίων θα τοποθετηθεί συρματόσχοινο Φ10. Η αγκύρωση θα γίνει 3 m μέσα από την στέψη του πρανούς και σε 1 m μέσα από τον αναβαθμό.

Για επιπλέον ασφάλεια των τρισδιάστατων γεωπλεγμάτων θα τοποθετηθούν ηλώσεις Φ12 μήκους 0.70 m, εκ των οποίων 10 cm άγκιστρο, σε κάνναβο 2*2 m στα πρανή.

Θα κατασκευαστεί τριγωνικό ρείθρο ομβρίων κατά μήκος του τμήματος, επενδεδυμένο με σκυρόδεμα C12/15, πάχους 15 cm και οπλισμό 1T 196, με καθαρό ύψος 0.20 m άνοιγμα 1.75 m για την απορροή των ομβρίων και υπόγειων υδάτων το οποίο θα συνδέεται με τον πλησιέστερο οχετό.

Στην Β φάση θα κατασκευστεί πασσαλοστοιχία Φ500 με κατακόρυφες χαλύβδινες διατομές όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στον πίνακα 78 δίνεται συνοπτικός υπολογισμός.

Πίνακας 77: Ενδεικτικός υπολογισμός ευστάθειας πρανούς με το λογισμικό Larix-2S, διακρίνεται ο συντελεστής ασφαλείας με τιμή, Fs = 1.52.



Πίνακας 78: Συνοπτικός υπολογισμός πασσάλων χαλύβδινων διατομών ΗΕΒ180, Ελειός Πρόννοι.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ HEB180/2.0 m, L_{oλ}=8 m, L_{πακτ}=6 m, ΟΠΕΣ Φ500 (0.5 m), C20/25 (α) ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ Κατακόρυφες Χαλύβδινες Διατομές ΗΕΑ180 - Δυσκαμψία $EI_x = \frac{2649}{10^8} \times 210 \times 10^6 = 5563 \text{kNm}^2 / πάσσαλο \rightarrow EI_x = \frac{5563 \text{ kNm}^2}{2.0 \text{ m}} = 2782 \text{ kNm}^2 / \text{m}^2 + 100 \text{ m}^2 + 1$ (β) ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ Πάκτωση πόδα ή ελαστική έδραση του πόδα με οριζόντιο δείκτη εδάφους στην περιοχή του πόδα ίσο με: $K_h = \frac{E_{oed}}{D} = \frac{30000 kPa}{0.5m} = 60000 kN / m^3 = 60 MN/m^3$ Λαμβάνεται <u>k_h = 60MN/m³</u> και <u>k_{hσεισμού} = 120MN/m³</u> (γ) ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ HEA180 MR= $\frac{W_X \times f_y}{1.1} = \frac{(2.94 \times 10^{-4} m^3) \times (23.5 \times 10^4 kN/m^2)}{1.1} = 63kNm$ Orrou: $W_X = 294 \text{cm}^3 = 294^* 10^{-6} \text{m}^3 = 2.94^* 10^{-4} \text{m}^3$ f_=235000kN/m2=23.5*104 kN/m2 Επιτρεπόμενη ροπή Κάμψης: M_R=63 kNm VR= $(1.04 \times h \times t_w) \times \frac{f_y}{\sqrt{3} \times 1.1} = (1.04 \times 17.1 cm \times 0.60 cm) \times \frac{23.5 kN/cm^2}{\sqrt{3} \times 1.1} = 131 kN$ Αντοχή σε τέμνουσα δύναμη: VR = 131 KN Ανακατανομή των οθήσεων μέχρι την στάθμη εκσκαφής Ελεύθερη κεφαλή των πασσάλων Συντελεστής τριβής πασσάλου και εδάφους = 0.5 Φ'

Για την περιοχή 15, **Μουσάτα Λατομείο,** σύμφωνα με την γεωτεχνική αξιολόγηση προτείνεται η διαστασιολόγηση βραχοπαγίδας και τοίχου ανάσχεσης. Ο τοίχος θα είναι από χαλύβδινες διατομες IPE80/2 m, θα έχει εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα διαμέτρου 3 mm με βρόχους 80*100 mm, εφελκυστικής αντοχής 10KN/m, ενδιάμεσα των χαλύβδινων διατομών IPE80/2 m. Θα αντέχει σε πτώση βραχομάζας βάρους 1000 kg από μέγιστο ύψος στο φρύδι του πρανούς Hmax = 21.5 m. Η ενέργεια πτώσης υπολογίστηκε μέχρι 25KJ και ο τοίχος με το εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα επαρκούν.

Στον πίνακα 79 δίνεται συνοπτική προμέτρηση του νέου τοίχου και απεικόνιση της λύσης.

Πίνακας 79: Συνοπτικά μέτρα αντιμετώπισης και προμέτρηση των ποσοτήτων, Μουσάτα Λατομείο.



Για την <u>περιοχή 16, **Μουσάτα Βενζινάδικο**</u> προκύπτει η ανάγκη εκσκαφής και διαμόρφωσης των πρανών σε κλίση μικρότερη από 2:1 καθόσον σύμφωνα με τα όσα ειπώθηκαν στην αξιολόγηση των γεωτεχνικών συνθηκών υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων σε περίπτωση σεισμού.

Εγιναν επιπρόσθετα έλεγχοι αναλύσεων ευστάθειας διαμορφωμένου πρανούς μέ ύψη 9 m και 13 m και κλίση αυτήν τη φορά 1:1. Οι έλεγχοι έγιναν με την μέθοδο οριακής ισορροπίας Limit Equilibrium κατά Janbu μέσω του προγράμματος Larix-2S χωρίς και με σεισμό α_h =0.36g και α_v =0.18g κατά τον EAK2000, τροποποίηση 2003, καθώς επίσης για μεγάλο σεισμό με α_h =0.50g και α_v =0.25g. Οι παράμετροι του εδάφους που δόθηκαν και σε αυτήν την περίπτωση ήταν c' = 30KPa, φ' = 32° και γ = 25 KN/m³.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 80 και 81 προκύπτουν ικανοποιητικοί συντελεστές ασφαλείας έναντι ενδεχόμενης κατολίσθησης οπότε σε αυτήν την περίπτωση τα μέτρα αντιμετώπισης θα περιοριστούν στην διαμόρφωση των πρανών με κλίση 1:1.

α/α	Περίπτωση		Μέθοδος	Σεισμός	Συντελεστής Ασφαλείας	Κίνδυνος Κατολίσθησης
1			Janbu	όχι	2.11 > 1.40	όχι
2		Με Σεισμό ΝΕΑΚ	Janbu	ναι	1.26 > 1.00	όχι
3	Βραχομάζα	Με Σεισμό ΝΕΑΚ, μικρότερος όγκος	Janbu	ναι	1.50 > 1.00	όχι
4		Με Μεγάλο Σεισμό	Janbu	ναι	1.29 > 1.00	όχι
5		Με Μεγάλο Σεισμό, μεγάλος όγκος	Janbu	ναι	1.09 > 1.00	όχι

Πίνακας 80: Αποτελέσματα ανάλυσης γενικής ευστάθειας μετά την εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης, Μουσάτα Βενζινάδικο.

Στο σημείο εφαρμογής δεν υπάρχουν χωροταξικοί περιορισμοί και ιδιοκτησίες που θα καθιστούσαν δύσκολη την αλλαγή γεωμετρίας του πρανούς με ηπιότερες κλίσεις καθότι με αυτήν την λύση η στέψη απομακρύνεται από τον πόδα μεγαλώνοντας την επιφάνεια που καταλαμβάνει το πρανές.

Συνοπτικά στους γεωλογικούς σχηματισμούς των Κροκαλοπαγών, Μαργών, Αργίλων, Αμμοχάλικων καθώς και των αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων που βρίσκονται σε επαφή με τους υπόλοιπους τύπους εδαφών και επηρεάζεται η συμπεριφορά τους από αυτά, τα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης περιλαμβάνουν κατασκευατικές λύσεις. Σε αυτόν τον τύπο εδαφών η εδαφική μάζα που ολισθαίνει εξολοκλήρου πρέπει να παραληφθεί από μία κατασκευή θεμελιωμένη με τέτοιον τρόπο ώστε αυτή να την συγκρατήσει, να μην ολισθήσει ή ανατραπεί. Στις περιοχές που ελήφθησαν υπόψη στην εργασία προτείνονται κατά κύριο λόγο διαφορετικού τύπου πασσαλοστοιχίες, τοίχοι αντιστήριξης καθώς επίσης αλλαγή στην γεωμετρία του πρανούς. Στην περίπτωση στους Πετανιούς προτείνεται η κατασκευή σκέπαστρου κατά μήκος του οδικού άξονα, δαπανηρή λύση υπέρ της ασφάλειας των διερχομένων.

Σαν δευτερεύουσες αλλά εξίσου σημαντικές λύσεις προτείνονται στραγγιστήρια εντός του εδάφους και τρισδιάστατα συνθετικά γεωπλέγματα.

Τα προτεινόμενα μέτρα δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 82.

terrain 5 1:1 h=-0.36 max=13m v=0.18 φ=32.0 γ=25.0 c=35.0 0 1.26 5 30 10 20 ENTRY DATA group: KEFALLL project: AX4 variant: K2EXSK course: 8 TERRAIN-SURFACE x [m] y [m] x [m] y [m] x [m] y [m] _____ ******* 0.00 0.00 2 3.00 3.00 3 13.00 3.00 27.46 16.51 5 31.74 16.51 1 4 SOIL LAYER LIMIT phi=32.0 [°] gamma=25.0 [kN/m3] c=35.0 [kN/m2] x [m] y [m] x [m] y [m] _____ _____ 27.46 16.51 2 31.74 16.51 1 earthquake load horizontal= -0.36 [g] vertical= -0.18 [g] POLYGONAL SLIDING LINE(S) subdivision=1 x [m] y [m] x [m] y [m] x [m] y [m] ______ _____ _____ _____ 12.95 4.28 2 19.49 5.94 3 25.62 11.79 1 4 28.55 17.30 CALCULATION-PARAMETER _____ method: Janbu desired safety for dimensioning of anchors: 1.4 number of lamella: 50

Πίνακας 81: Ενδεικτικός υπολογισμός ευστάθειας πρανούς με το λογισμικό Larix-2S, διακρίνεται ο συντελεστής ασφαλείας με τιμή, Fs = 1.26.

Πίνακας 82: Τα μέτρα	α αντιμετώπισης σε περιοχές όπου επικρατούν Κροκαλοπαγή, Μα	άργες,
Αργιλοι, Αμμοχάλικα	με συμμετοχή Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων.	

Γεωλογικός Σχηματισμός Κροκαλοπαγή, Μάργες, Αργιλοι, Αμμοχάλικα με συμμετοχή Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων				
A/A	Περιοχή	Τύπος Δυνητικής Αστοχιας	Προτεινόμενα Μέτρα	
8	Πετανιοί	Περιστροφική ολίσθηση, καθορισμένη επιφάνεια.	Συρματόπλεγμα περίφραξης. Προσωρινός φράχτης από δοκούς ΗΕΑ 140. Κατασκευή πασσαλοστοιχίας ανάσχεσης Φ800. Κατασκευή σκέπαστρου κατά μήκος του οδικού αξόνα.	
12β	Χάρακας	Περιστροφική ολίσθηση.	Τοίχος αντιστήριξης επί κεκλιμένων πασσάλων με βραχοπαγίδα.	
13	Αγ.Ειρήνη Νότια	Περιστροφική ολίσθηση.	Τρισδιάστατα συνθετικά γεωπλέγματα. Στραγγιστήρια εντός του εδάφους. Κατασκευή πασσαλοστοιχίας ανάσχεσης Φ500 με ΗΕΒ180.	
14	Ελειός Πρόννοι	Περιστροφική ολίσθηση.	Αλλαγή γεωμετρίας του πρανούς και διαμόρφωση αναβαθμού. Κατασκευή πασσαλοστοιχίας ανάσχεσης Φ500 με ΗΕΒ180.	
15	Μουσάτα Λατομείο	Περιστροφική ολίσθηση.	Εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα ανάσχεσης 25 KJ. Ελαφρού τύπου πασσαλοστοιχία IPE80.	
16	Μουσάτα Βενζινάδικο	Περιστροφική ολίσθηση.	Αλλαγή γεωμετρίας του πρανούς σε ηπιότερη κλίση.	

6.3 Γενικά Συμπεράσματα

Στην συγκεκριμένη εργασία αναφέρονται συνολικά 16 περιοχές με αστοχίες στις οποίες προκλήθηκαν κατολισθητικά φαινόμενα σε πρανή και που επηρέασαν το οδικό δίκτυο κατά τους σεισμούς του 2014. Εξαιτίας της ιδιομορφίας των γεωλογικών σχηματισμών και των γεωτεχνικών συνθηκών στις περιοχές που ελήφθησαν υπόψη, συνεκτιμώντας τα δεδομένα έγινε ο διαχωρισμός σε 3 κατηγορίες λιθολογικών τύπων. Παρότι από αυτές, οι 2 κατηγορίες αντιστοιχούν σε ασβεστολιθικά πετρώματα, η μικρή διακύμανση των τιμών μεταξύ τους με τις τιμές των Κρητιδικών Ασβεστόλιθων συγκριτικά να υπερτερούν ελαφρά των Ηωκαινικών, έχει ως αποτέλεσμα τον διαφορετικό τύπο δυνητικής αστοχίας που εμφανίζεται κατά κύριο λόγο.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους Κρητιδικούς Ασβστόλιθους με χαρακτηριστική την δημιουργία ολισθήσεων βραχοσφηνών. Επίσης άλλοι τύποι δυνητικής ατοχίας είναι αυτοί σε καθορισμένη επιφάνεια και η κύλιση τεμάχους στην επιφάνεια του πρανούς. Εδώ προτιμούνται ελαφρού τύπου επεμβάσεις αφού η κατολίσθηση που μπορεί να εκδηλωθεί είναι σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, δεν καταλαμβάνει μεγάλο όγκο και έκταση ενώ μιά μικρή παθητική τάση πρός το πρανές αρκεί για να αυξηθεί ο συντελεστής ασφαλείας ή να περιοριστεί το μέγεθος της δυνητικής αστοχίας σε τέτοιον βαθμό που να μην αποτελεί τον κίνδυνο ατυχήματος.

Οι λύσεις που αναφέρονται είναι εύκολες και γρήγορες στην εφαρμογή δεν διαταράσσουν την υπάρχουσα ισορροπία του πρανούς και έχουν μικρό οικονομικό κόστος.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τους Ηωκαινικούς Ασβεστόλιθους όπου είναι δυνατόν να συμβούν αστοχίες σε καθορισμένη επιφάνεια, κύλιση τεμάχους αλλά και περιστροφική ολίσθηση. Εδώ προτιμούνται όπως και προηγουμένως ελαφρού τύπου επεμβάσεις καθώς επίσης σε πρανή με μεγάλα μήκη, η κατασκευή οπλισμένου επιχώματος ποδός και η δημιουργία αναβαθμού.

Το οπλισμένο επίχωμα και η δημιουργία αναβαθμών είναι εύκολες και γρήγορες στην εφαρμογή λύσεις, διαταράσσουν σε μικρό βαθμό την υπάρχουσα ισορροπία του πρανούς με την εκσκαφή για την έδραση του επιχώματος και τις διαμορφώσεις αναβαθμών με μικρό σχετικά οικονομικό κόστος.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει περισσότερους λιθολογικούς τύπους με συμπεριφορά όμως ανάλογη όταν πρόκειται για την περίπτωση πρανών. Σε αυτήν την περίπτωση ο βασικός τύπος δυνητικής αστοχίας είναι η περιστροφική ολίσθηση ή τοξοειδής. Εδώ περιλαμβάνονται τα αργιλικά και αμμώδη πετρώματα με τις ενδίαμεσες μεταβάσεις στην σύστασή τους, οι μάργες, τα κροκαλοπαγή και τα αποσαθρωμένα ασβεστολιθικά πετρώματα που βρίσκονται σε επαφή με τους υπόλοιπους τύπους εδαφών και επηρεάζεται η συμπεριφορά τους από αυτά. Σε αυτήν την περίπτωση τα όρια της κατολίσθησης είναι πιό δύσκολο να εκτιμηθούν, η αστοχία φθάνει σε μεγάλο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, καταλαμβάνει μεγάλο όγκο και έκταση. Εδώ προτείνονται κατασκευαστικές λύσεις με δομικά στοιχεία, υπόγεια και επιφανειακά, πασαλλοστοιχίες, τοίχοι αντιστήριξης, ξεχωριστά ή σε συνδιασμούς με ελαφρού τύπου επεμβάσεις. Λόγο της πολυπλοκότητας οι εργασίες συνήθως γίνονται σε διαφορετικές κατασκευαστικές φάσεις με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη απαιτούμενη χρονική διάρκεια για την ολοκλήρωσή τους.

Οι κατασκευαστικές λύσεις με δομικά στοιχεία είναι απαιτητικές στην εφαρμογή λύσεις, διαταράσσουν σε μεγάλο βαθμό την υπάρχουσα ισορροπία του πρανούς με τις εκσκαπτικές εργασίες όσο και με την παρουσία μεγάλων και βαρειών μηχανημάτων έργου στα πρανή ή πλησίον αυτών. Καθόλη την διάρκεια των κατασκευών χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην διαταραχθεί η ισορροπία του πρανούς.

Για μελλοντική έρευνα και εμπλουτισμό των στοιχείων της εργασίας είναι δυνατόν να επεκταθούν οι βιβλιογραφίκες πηγές με περισσότερες καταγεγραμμένες αστοχίες που ακολούθησαν τα σεισμικά γεγονότα του 2014 που θα να επιτρέψουν μιά εκτενέστερη ανασκόπιση των γεγονότων και καλύτερη τεκμηρίωση.

Τέλος δίνεται ο πίνακας 83 με τα συμπεράσματα της εργασίας, την σύνοψη των λιθολογικών τύπων, των πιθανών αστοχιών και των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης. Πίνακας 83: Συνοπτικός πίνακας των λιθολογικών τύπων των πιθανών αστοχιών και των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης.

Λιθολογικός Τύπος	Βασικός Τύπος Δυνητικής Αστοχιας	Προτεινόμενα Μέτρα Αντιμετώπισης
Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι	Καθορισμένη επιφάνεια, σφήνες, κύλιση τεμάχους.	Ελεύθερο συρμάτινο πλέγμα. Πλήρως αγκυρωμένο συρμάτινο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης. Ξεσκαρώματα.
Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι	Καθορισμένη επιφάνεια, περιστροφική ολίσθηση, κύλιση τεμάχους.	Συρματόπλεγμα περίφραξης. Ελεύθερο πλέγμα. Φράχτης ανάσχεσης. Ξεσκαρώματα. Σε μεγάλου μήκους πρανών με ύψος ≥30 m, κατασκευή οπλισμένου επιχώματος ποδός, αναβαθμός.
Κροκαλοπαγή, Μάργες, Αργιλοι, Αμμοχάλικα με συμμετοχή Αποσαθρωμένων Ασβεστόλιθων	Περιστροφική ολίσθηση.	Συρματόπλεγμα περίφραξης. Τρισδιάστατα συνθετικά γεωπλέγματα. Εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα ανάσχεσης έως 25 KJ. Αλλαγή γεωμετρίας του πρανούς σε ηπιότερη κλίση, διαμόρφωση αναβαθμών. Κατασκευή πασσαλοστοιχιών ανάσχεσης. Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης. Κατασκευή σκέπαστρου.

7 <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>

Α. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αναγνωστόπουλος Α. & Παπαδόπουλος Β., (1989). «Επιφανειακές Θεμελιώσεις», Εκδόσεις ΕΜΠ.
- E.A.K. 2000, Ο.Α.Σ.Π 2001.
- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς Σύμβαση 5, Μάρτιος 2014. Γεωλογική Μελέτη, Γεωτεχνική Μελέτη. Αξονας 1(ΕΠ50)/Κ2, Κ1, . Αξονας 2(ΕΠ39)/Κ2. Αξονας 3(ΕΠ25)/Κ3, Κ4, Κ11, Κ12, Κ13, Αξονας 4(ΕΠ1)/Κ2, Κ3, Κ7, Κ8. Αξονας 14(Αλλο Δίκτυο)/Κ2. Αξονας 22(Αλλο Δίκτυο)/ Κ2.
- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς 2014 Σύμβαση 6, Μάρτιος 2014. Γεωτεχνική Μελέτη, Τμήμα Οδος Χαρακας - Ασσος, χ.θ.28+500- χ.θ.32+500.
- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργων Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς 2014 Σύμβαση 8, Ιούλιος 2014. Μέτρα Αντιμετώπισης Βραχοπτώσεων και Ενίσχυσης Πρανών Περιοχών χ.θ.28+658 - χ.θ.28+795 και χ.θ.29+070 - χ.θ.29+480 στην Περιοχή του Ρήγματος Χάρακα.
- Γεωλογικός Χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50000, φύλλα 181 Βόρεια Κεφαλληνία, 197 Νότια Κεφαλληνία.
- Γεώργιάδου Δικαιούλια Ευφροσύνη (1965). Το Νεογενές της Κεφαλονιάς,
 Διδακτορική διατριβή Πανεπιστημίου Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Εργων, Δ/νση Μελετών Εργών Οδοποϊίας. Μελέτη Αποκατάστασης Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Ν.Κεφαλληνίας από τους Σεισμούς 2014 Σύμβαση 6, Μάρτιος 2014. Γεωλογική - Τεκτονική - Ερευνα - Μελέτη.
- Γραμματικόπουλος, Μάνου, Χατζηγώγος (1998). Εδαφομηχανική, ασκήσεις και προβλήματα, Εκδοτικός οίκος Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Δημητρίου Α. (1998). Μηχανισμοί γένεσης και ταξινόμηση των κατολισθητικών φαινομένων. Παραδείγματα από τη Β.Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης ΑΠΘ, Τμήμα Γεωλογίας.
- Κωστόπουλος Σ.Δ., (2005). Πειραματική γεωτεχνική μηχανική, Εκδοτικός όμιλος Ιων.
- Λέκκας Ε., Ανδρεαδάκης Ε., (2015). Γεωδυναμικές Καταστροφές. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών. Διαχείριση Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων. Αθήνα, ΕΚΠΑ.
- Λιάκου Στεργιανή, (2014). Διαχείριση φυσικών καταστροφών και η σημασία της πληροφόρησης: Η περίπτωση της νήσου Κεφαλληνίας το 2014. Πτυχιακή Εργασία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.
- Μουντράκης Δ. Μ., (2005). Συνοπτική γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου ελληνικού χώρου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- Μουντράκης Δ. Μ., (2010). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπαζάχος Κ.Β., Κυρατζή, Α., Κοντοπούλου, Δ., (1998). Ενεργός τεκτονική στο Αιγαίο και τη γειτονική περιοχή. Βασικά αποτελέσματα της σεισμολογικής έρευνας στην Ελλάδα. Ειδική Εκδοση Εργαστηρίου Γεωφυσικής ΑΠΘ και ΙΤΣΑΚ.
- Παπαζάχος Β., Παπαζάχου Κ.(2002). Σεισμοί της Ελλάδας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Περιφέρεια Ιονιων Νήσων, Δ/νση Τεχνικών Εργων, Τμήμα Συγκοινωνιακών Εργων.
 Αντιμετώπιση Βλαβών στο Οδικό Δίκτυο Κεφαλληνίας με Αποκατάσταση Καταπτώσεων Κατα Θέσεις (Β' Φάση). Αρ.Εργου: 2014ΣΕΟ7100000. Αύγουστος 2015. Αντιμετώπιση Επικινδυνότητας Επισφαλών Ογκόλιθων στην Περιοχή Μύρτου.
- Ρόζος Δ. (2007) Τεχνική γεωλογία Ι, ΙΙ, ΕΜΠ, Σχολή Μηχ.Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών.
- Τσότος Σ. (1991). Εδαφομηχανική Θεωρία, Μέθοδοι και Εφαρμογές, Εκδόσεις Φ.
 Βεβερίδης και Π. Πολυχρονίδης α.ε, Θεσσαλονίκη.

B. EENH

- Barton and Bandis, (1990). Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model in Engineering Practice. Loen.
- Bell, F. G. (1992). «Engineering properties of soils and rocks», 3rd edn, Butterworth Heinemann, Oxford.
- BP Co. (1971). The geological results of petroleum exploration in Western Greece.
 Ειδ.Μελέται Γεωλογίας της Ελλάδος, No 10, IΓΕΥ, Αθήνα.
- Brown E., Ed., (1981). ISRM Rock Characterization Testing and Monitoring. Pergamon Press, Oxford.
- Chowdury R. (1978). Slope Analysis, Elsevier.
- Davis M., Cambannella (1994). «Selecting design values of undrained strength for cohesionless soils».
- Duncan C. Wyllie (2017). Rock Slope Engineering: Civil Applications, Fifth Edition, CRC Press.
- Fang & Winterkorn (1975). «Foundation Engineering Handbook», Van Nostrand Reinhold Ltd N.Y.
- Hoek E., Bray J.(1974). Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy.
- Karakitsios V., Rigakis N. Evolution and Petroleum Potential of Western Greece, Journal of Petroleum Geology, Vol. 30(3), July 2007, pp 197-218.
 Kokinou E., Papadimitriou E., Karakostas V., Kamperis E. The Kefalonia Transform Zone (offshore Western Greece) with special emphasis to its prolongation towards the Ionian Abyssal Plain Marine Geophysical Researches 27(4):241-252 · January 2006.
- Lekkas E. (1996). Neotectonic Map od Greece, Cephalonia-Ithaki sheet, scale 1:100000, University of Athens.
- Lekkas E., Mavroulis S.D. (2016). Fault zones ruptured during the earty 2014 Cephalonia Island (Ionian Sea, Western Greece) earthquakes (January 26 and February 3, Mw 6.0) bases on the associated co-seismic surface ruptures, Journal of Seismology, vol.20, no 1, p.63-78.
- Marinos V., Marinos P., Hoek E.(2005). The geological strength index, applications and limitations.
- Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and E.M. Scordilis. A catalogue of

earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999, Publ. Geoph. Lab., Univ. of Thessaloniki, 1, 333pp, 2000.

- Terzaghi, Ê. and Peck, R.B.(1967). «Soil Mechanics in Engineering Practice», Wiley, 2nd edition. 1967.
- Pierson, L.A., Davis S.A., Van Vickle R. (1990). Rockfall Hazard Rating System Implementation Manual. Federal Highway Administration (FHWA) Report FHWA-OR-EG-90-01. FHWA U.S.Department of Transportation.
- Underhill J., R. Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland, western Greece, GSA Bulletin (1989) 101 (5): 613–634.
- Underhill, J. R. (1988). Triassic evaporites and Plio-Quaternary diapirism in western Greece. Journal of the Geological Society, 145(2), 269-282.
- Underhill J., R. Neotectonics in Western Greece and the Ionian Islands, March 1986, Journal of the Geological Society 143:326-326.
- Waltham, A.C. (1994). Foundations of Engineering Geology, Blackie Academic & Professional, UK.
- Wendeler C., Salzmann H., Feiger N.(2018). Flexible debris flow barriers and their service ability proof, Second JTC1 Workshop on Triggering and Propagation of Rapid flow-line Landslides, Hong Kong.
- William Lambe, Robert Whitman (1979). Soil Mechanics SI Version , John Wiley.
 Γ. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ
- http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα, Περιφέρεια Νησιά Ιονίου, Αργοστόλι.
- http://www.gein.noa.gr/el/seismikotita/xartes/. Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Σεισμικότητα, Προβολή στον χάρτη, Αργοστόλι.
- https://el.wikipedia.org/wiki/Κεφαλονιά.
- https://www.kefalonitis.com/news/item/25286-oi-seismoi-tis-kefalonias.html 27/01/2014. Ανακτήθηκε 03/09/2020.